

PĂMÂNTUL CA MATERIAL DE CONSTRUCȚIE. TRADIȚIE CONSTRUCTIVĂ ȘI INOVAȚIE ECOLOGICĂ

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor arhitect
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul ARHITECTURĂ
de către

arh. Elena-Roxana FLORESCU

Președintele comisiei:	prof.univ.dr.ing. Marius MOȘOARCĂ
Conducător științific:	prof.univ.dr.arh. Smaranda Maria BICA
Referenți științifici:	prof.univ.dr.arh. Teodor GHEORGHIU conf.univ.dr.arh. Dan-Ionuț JULEAN conf.univ.dr.ing. Vasile MEIȚĂ

Ziua susținerii tezei: 27.10.2021

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|---|
| 1. Automatică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 2. Chimie | 12. Ingineria Sistemelor |
| 3. Energetică | 13. Inginerie Energetică |
| 4. Inginerie Chimică | 14. Calculatoare și Tehnologia Informației |
| 5. Inginerie Civilă | 15. Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | 16. Inginerie și Management |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 17. Arhitectură |
| 8. Inginerie Industrială | 18. Inginerie Civilă și Instalații |
| 9. Inginerie Mecanică | 19. Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale |
| 10. Știința Calculatoarelor | |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2021

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300223 Timișoara, Bd. Vasile Pârvan 2B
Tel./fax 0256 404677
e-mail: editura@upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Arhitectură al Universității Politehnica Timișoara. Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof.dr.arh. Bica Smaranda Maria, prietenilor mei și familiei mele care m-au susținut în acest demers. Fără suportul moral al acestora, activitatea mea de cercetare nu ar fi avut loc.

Activitatea de cercetare m-a ajutat în formarea profesională continuă ca arhitect în ideea în care mi-a permis o specializare aparte în ceea ce privește latura tehnică. De asemenea, aș vrea să le mulțumesc colaboratorilor din cadrul UPT care m-au susținut pentru a-mi finaliza partea tehnică a acestei lucrări. Conlucrarea dintre diferitele specializări a permis realizarea unui studiu cu adevărat interdisciplinar.

Consider că această lucrare este un exemplu coerent de abordare a unui subiect de cercetare și vreau să adresez în acest mod mulțumiri Universității Politehnica pentru susținerea acordată pe parcursul studiilor. Teza în sine reprezintă o sinteză a studiilor efectuate în cadrul Universității Politehnica din Timișoara, dar și a experienței acumulate în cadrul stagiului ERASMUS efectuat în Nottingham, Marea Britanie. De aceea, vreau să mulțumesc colectivului UPT și Ordinului Arhitecților, filiala Timiș, pentru că mi-au permis o deschidere către centrele de cercetare internaționale.

Timișoara, octombrie 2021

FLORESCU Elena-Roxana

Florescu, Elena-Roxana

Pământul ca material de construcție.

Tradiție constructivă și inovație ecologică.

Teze de doctorat ale UPT, 2021, 414 pagini, 245 figuri, 30 tabele, 12 grafice.

ISSN:2393-3178

ISSN-L:2393-3178

ISBN:978-606-35-0437-2

Cuvinte cheie: Tradiție constructivă, Inovație, Ecologie, Sustenabilitate

Rezumat,

Teza de doctorat «Pământul ca material de construcție. Tradiție constructivă și inovație ecologică» propune o privire critică asupra tendințelor actuale de construcție din Banat care nu respectă reglementările arhitecturale ale mediului în care sunt amplasate și pune în discuție tehnicile tradiționale, pornind de la utilizarea pe plan local a pământului ca material principal de construcție. Având la bază conceptul de sustenabilitate ca metodă interdisciplinară de studiu, se analizează maniera în care pământul și tehnicile tradiționale reprezintă o alternativă ecologică pentru materialele de construcție contemporane. Prin articularea unui punct de vedere care mobilizează istoria locului, științele exacte și aplicații concrete, acest studiu ajută la crearea unei opinii informate referitoare la calitățile materialului de construcție, precum și prezentarea unor moduri inovative de implementare în arealul studiat, regiunea Banatului din vestul României și nu numai.

Prin urmare, pornind de la tradiția construcțiilor din pământ care a început din secolul al XVIII-lea, odată cu colonizarea teritoriului de către Imperiul Habsburgic, demersul urmărește documentarea specificului local și reevaluarea materialului tradițional prin intermediul caracterului său ecologic. Conștientizând necesitatea unei abordări fezabile în contextul actual, studiul este direcționat către determinarea proprietăților materialului pământ, respectiv interpretarea contemporană a unor stratificații de perete, capabile să răspundă noilor cerințe de confort impuse de standardele actuale de locuire. Sunt amintite, de asemenea, modalități de valorificare a practicilor constructive și a materialelor tradiționale, având la bază această cultură constructivă specifică regiunii Banatului.

În acest context, sunt prezentate beneficiile sociale, economice și de mediu asociate cu reintroducerea practicilor tradiționale, ceea ce permite realizarea unei perspective de ansamblu asupra potențialului pământului și a tehnicilor constructive asociate acestui material în comparație cu materialele utilizate în mod convențional pe plan local. Sunt analizate în detaliu avantajele ecologice ale materialelor naturale pentru a sugera maniera în care acestea corespund noilor tendințe privind energia încorporată redusă, absorbția poluanților și îmbunătățirea confortului interior prin intermediul proprietăților higroscopice. Studiul de față se încadrează într-o acțiune mai amplă referitoare la valorificarea elementelor ce țin de peisajul cultural al regiunii, având ca și contribuții personale, prezentarea unei variante tehnice contemporane de reinterpretare a tradiției constructive locale. În această manieră, este oferită o opțiune ecologică de construcție care se aliază practicilor internaționale privind sustenabilitatea, ca și tendință generală spre care se îndreaptă demersurile de cercetare și proiectare.

CUPRINS

Cuvânt înainte	1
CUPRINS	5
1.Introducere	8
1.1. Considerații principale prezentate în cadrul demersului de cercetare.....	11
1.2. Pământul ca material ecologic și sustenabil: considerații generale	13
1.3. Adaptarea tehnicilor tradiționale la soluții constructive contemporane	16
1.4. Obiective ale cercetării.....	17
1.5. Structura studiului și metodologia de cercetare	20
2. Valori simbolice și considerații teoretice ale pământului ca material de construcție	24
1.1. Valoarea simbolică a pământului	25
1.2. Formele naturale și integrarea percepțiilor corporale în experimentarea spațiului arhitectural.....	26
1.3. Regionalism și regionalism critic.....	27
1.4. Tectonică și materialitate	29
3. Construcții remarcabile din pământ în Europa	33
3.1. Preistorie	33
3.2. Grecia și Imperiul Roman în Epoca Antică.....	34
3.3. Europa de Sud în Epoca Medievală	36
3.4. Europa de Vest și Europa Centrală în Epoca Modernă.....	39
3.5. Țările Nordice	44
4. Tehnici constructive folosind pământul ca resursă principală	49
4.1. Bulgări din pământ.....	52
4.2. Cărămida nearsă.....	54
4.3. Pământ compactat	56
4.4. Pământul utilizat ca material de umplură în cadrul struct. din lemn	58
5. Peretele ca element constructiv realizat în cadrul edificiilor din pământ	64
5.1. Alcătuirea pereților din pământ	64
5.2. Soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ	74
5.2.1. Realizare pereților din pământ folosind tehnologia imprimării 3D	78
6. Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile	86
6.1. Stadiul actual al cercetărilor în Europa și inițiativele existente pe plan local.....	88
6.1.1. Dachverband Lehm, Germania.....	89
6.1.2. CRATerre ENSAG, Franța	90
6.2. Strategii de aplicare a sustenabilității prin raportarea la considerații ecologice	97

6.3. Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor	104
6.3.1. Etapele ciclului de viață pentru elementele constructive din pământ.....	108
6.3.2. Considerații referitoare la analiza caracterului ecologic al materialelor din pământ prin intermediul indicatorilor de mediu	109
7. Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane	121
7.1. Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice și pereți realizați din cărămidă nearsă. Proprietăți termice	123
7.1.1. Proprietățile termice la nivel de material de construcție	124
7.1.2. Proprietățile termice la nivel de stratificații propuse	132
7.2. Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice și pereți realizați din cărămidă nearsă. Indicatori ecologici	156
7.2.1. Indicatori ecologici la nivel de material de construcție	158
7.2.2. Indicatori ecologici la nivel de stratificații propuse.....	162
7.3. Indicatori de cost pentru stratificațiile propuse	186
8. Concluzii	194
8.1. Concluziile demersului de cercetare	194
8.2. Concluzii ale studiului teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse	200
8.2.1. Proprietăți termice	200
8.2.2. Indicatori ecologici	205
8.2.3. Indicatori de cost.....	207
8.3. Contribuții personale	208
8.4. Viitoare direcții de studiu.....	211
8.5. Considerații finale.....	214
9. Anexe.....	218
9.1. Arhitectura din pământ în diferite zone geografice	218
9.1.1. Orientul Apropiat.....	220
9.1.2. Africa	224
9.1.3. Extremul Orient.....	228
9.1.4. America	230
9.2. Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane	233
9.2.1. Ghadamès	236
9.2.2. Shibam.....	241
9.2.3. Hassan Fathy	248
9.3. Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.....	254
9.3.1. Context politic și social începând cu secolul al XVI-lea	256
9.3.2. Apariția și perpetuarea construcțiilor folosind pământul local în zona Banatului în noile sate sistematizate începând cu secolul al XVIII-lea.....	260
9.3.3. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor cu pământ din Banat	264

9.4. Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție	275
9.4.1. Avantaje și dezavantaje ale folosirii pământului ca material de construcție.....	276
9.4.2. Compoziția pământului	282
9.4.3. Proprietățile caracteristice ale pământului ca material de construcție.....	284
9.4.4. Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului	289
9.4.5. Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ	293
9.4.6. Studiu de caz – Proiect de diplomă.....	297
9.4.7. Studiu referitor la caracteristicile pământului local	306
9.4.8. Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane	330
9.5. Workshop-uri.....	336
9.5.1. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”	336
9.5.2. Congresul Mondial referitor la arhitectura din pământ – TERRA 2016.....	339
9.5.3. Expoziția “Ma terre première” – Muzeul Confluențelor, Lyon – Franța.....	348
9.5.4. Workshop Buzad, Timiș – Regio EARTH 2018	349
9.5.5. Workshop Stanciova.....	354
9.6. Construcții contemporane din pământ.....	357
9.6.1. Casa Rauch din Voralberg, Austria,	357
9.6.2. Centrul Ricola din Elveția,	360
9.6.3. L’Orangerie, spațiu de birouri în Lyon	362
9.6.4. Cycle Terre, Fabrica Sevran și ecocartierul Ivry sur Seine	367
Bibliografie	369
Listă tabele și grafice:	402
Listă figuri:	403

1. Introducere

Pământul este un material de construcție natural și disponibil în majoritatea regiunilor lumii. Construcțiile din pământ au la bază tradiții milenare, drept dovadă exemplele constructive remarcabile, ilustrate în anexa 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice*. Există regiuni unde fondul construit existent din pământ s-a menținut, fiind vorba de construcții rezidențiale sau ansambluri la scară mare. Chiar și astăzi, o treime [1] din populația umană locuiește în construcții din pământ. În țările în curs de dezvoltare, mai mult de jumătate din fondul construit este realizat folosind pământul ca material principal de construcție. În acest context, cerințele pentru clădiri rezidențiale pot fi îndeplinite prin utilizarea tehnicilor locale. De exemplu, după cel de-al Doilea Război Mondial, din considerații sociale și economice, construcțiile cu pământ au devenit un mijloc ieftin și accesibil de a reconstrui siturile afectate de distrugerii, în special în Europa.

În România, precum și în Europa Centrală, construcția cu pământ era o tehnică obișnuită până acum un secol și jumătate. Întrebarea este dacă trebuie continuată această tradiție constructivă sau materialul în sine necesită o reconfigurare fundamentală pentru a explora posibilitățile sale din punct de vedere socio-cultural, tehnic și de mediu. Din acest punct de vedere, subiectul pământului ca material de construcție se poate trata din perspectiva adoptării tehnicilor tradiționale sau pot fi considerate alternative contemporane de punere în operă folosind tehnologiile actuale (printarea 3D, de exemplu).

Construcțiile din pământ au avantajul de a continua tehnicile constructive tradiționale, în timp ce, în paralel, apar soluții inovative de utilizare a materialului. Cercetările contemporane permit o mai bună cunoaștere a proprietăților materialelor din pământ, iar noile variante de punere în operă reprezintă o sursă de inovație pentru a construi ecologic, ținând cont de impactul redus asupra mediului asociat materialelor de construcție tradiționale. Cunoștințele referitoare la proprietățile termotehnice ale materialului permit o mai bună utilizare a acestuia, iar noile variante de punere în operă reprezintă direcții de inovație în domeniul construcțiilor.

Construcțiile noi realizate folosind elemente constructive contemporane din pământ reprezintă modele de reinterpretare a tehnicilor constructive tradiționale într-o manieră care utilizează proprietățile materialului, în timp ce formele propuse se pot încadra într-un limbaj arhitectural contemporan. Construcțiile din pământ revin în actualitate deoarece reprezintă răspunsuri ecologice adecvate în condițiile actuale, marcând necesitatea de adoptare a unor soluții sustenabile. În acest sens, un aspect important se referă la tendința actuală de reducere a energiei încorporate în materialele de construcție ca cerință privind economia de resurse, atât în etapa de producție, cât și în etapa de reciclare și demontare [2].

¹ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag.16;

² Atishay Jain, 2012, "Performance of Earth as a Building Material";

Conform ultimelor tendințe în cercetare referitoare la analiza materialelor de construcție naturale, respectiv specificul construcțiilor din pământ, studiul de față s-a structurat în jurul următoarelor tematici:

- A. Pământul ca material tradițional,** reevaluarea practicilor constructive din punct de vedere al standardelor contemporane.
- B. Considerarea pământului ca principală resursă locală în Banat,** tradiție locală care face referire la practicile constructive regăsite atât în etapa de antecolonizare a regiunii, dar dezvoltate mai ales în etapa de colonizare începută încă din secolul al XVIII-lea.
- C. Adecvarea reintroducerii tehnicilor tradiționale** prin intermediul conceptelor contemporane privind ecologia, sustenabilitatea, consumul de resurse din domeniul constructiv.
- D. Cercetări actuale și soluții inovative referitoare la pereți** ca elemente constructive realizate din pământ.
- E. Analiza proprietăților termotehnice, a impactului asupra mediului, cât și a indicatorilor de cost pentru stratificațiile propuse cu scopul** de a determina maniera în care materialele tradiționale se pot adapta cerințelor actuale referitoare la ecologie și sustenabilitate.

În ceea ce privește demersul de cercetare, **au fost parcurse următoarele etape, grupate în funcție de caracterul teoretic sau latura practică** a activităților desfășurate. Structura finală a studiului și metodologia de cercetare utilizată sunt prezentate pe larg în cadrul subpunctului 1.5. a prezentului capitol. Descrierea demersului de cercetare reprezintă o etapă a studiului în sine deoarece ilustrează limitele care au determinat varianta actuală a tezei de doctorat:

I. Abordarea teoretică a subiectului de cercetare

- **Pentru a fundamenta studiul, în fazele incipiente, s-a pornit de la analiza fondului construit din pământ existent în regiunea Banatului,** dezvoltat încă din perioada de colonizare a teritoriului de către Imperiul Habsburgic (începută în secolul al XVIII-lea). Modelele constructive implementate în perioada de colonizare s-au păstrat până în prezent, oferind diverse variațiuni formale de-a lungul timpului. În cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.*, s-a evidențiat evoluția tehnicilor constructive și a caracteristicilor arhitecturale ale construcțiilor specifice din regiune.
- **În partea de introducere se realizează o trecere în revistă a modului în care pământul ca material de construcție este folosit și cercetat,** în momentul actual. Urmează prezentarea noțiunilor privind simbolistica pământului ca material de construcție utilizat pentru realizarea primelor adăposturi umane încă din preistorie, respectiv evoluția construcțiilor din pământ pe continentul european. Complementar cu aceste noțiuni, este necesară prezentarea calităților materialului constructiv și a manierei în care a reprezentat o opțiune fezabilă de construcție pe parcursul secolelor. O dată cu evidențierea celor mai des folosite tehnici constructive tradiționale, este realizată și o paralelă privind opțiunile contemporane de punere în operă.

- **Prin urmare, studiul construcțiilor cu pământ reprezintă o problemă complexă din mai multe motive**, deoarece nu este strict un nou material de construcție sau o nouă aplicație a unui material existent.
- **Se consideră utilizarea pământului drept o reinterpretare contemporană a tradiției constructive locale.** În acest context, tradiția și dezvoltarea contemporană nu trebuie văzute ca diametral opuse una față de cealaltă. Cu toate acestea, impunerea noilor standarde de construcție privind termoizolarea și reducerea necesarului de energie pot elimina din caracteristicile benefice specifice materialelor de construcție tradiționale [3]. De exemplu, necesitatea de etanșeitate a construcțiilor pentru economie de energie poate reduce din capacitatea pereților masivi din pământ de a regla umiditatea și temperatura în spațiile interioare.

II. Analiza practică întreprinsă de-a lungul demersului de cercetare

- **Pentru a realiza o perspectivă completă asupra subiectului**, se propune analiza materialelor tradiționale prin intermediul conceptului de sustenabilitate în domeniul construcțiilor.
- **În paralel cu cercetărilor actuale efectuate la nivel european, s-a considerat necesară promovarea tradiției constructive**, respectiv a soluțiilor inovative de punere în operă.
- Pornind de la elementele care au direcționat studiul în etapele inițiale, cercetarea se axează pe maniera practică în care se pot reintroduce elementele constructive din pământ.
- **Pentru a direcționa studiul către un subiect punctual**, s-a recurs la opțiunea de a analiza în detaliu pereții ca element constructiv în cadrul edificiilor din pământ.
- **În cazul de față este vorba despre exemplul particular al pereților de zidărie din cărămidă nearsă ca variantă ecologică** pentru opțiunea utilizată în mod convențional pe plan local: blocurile ceramice cu goluri verticale. Din acest motiv, este considerată necesară o analiză a proprietăților termice, a indicatorilor privind impactul asupra mediului și a indicatorilor de cost, urmărind posibilitatea de a reutiliza o tradiție constructivă. Pentru a determina fezabilitatea demersului, studiul are la bază studii tehnice, demonstrând pe baza valorilor înregistrate, măsura în care elementele constructive din pământ reprezintă o variantă ecologică materialelor de construcție utilizate în mod convențional.
- **Scopul este de a analiza fezabilitatea utilizării materialelor ecologice specifice locului prin intermediul conceptului de sustenabilitate** ca metodă interdisciplinară de studiu. Prin urmare, sunt subliniate beneficiile socio-culturale, economice și de mediu asociate cu utilizarea materialelor tradiționale de construcție, regăsite pe plan local și a modului în care acestea au potențialul de a se transforma în viitoare subiecte de studiu.
- Pentru a contura un discurs complet referitor la potențialul materialelor tradiționale din pământ, **demersul constituie o pârgie de dezvoltare având la bază fundamente tehnice, cât și considerente socio-culturale** prin afilierea la inițiativele existente deja pe plan local.

³ Otto Kapfinger, Marko Sauer, 2015 , „Martin Rauch. Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth”, pag. 6-12;

1.1. Considerații principale prezentate în cadrul demersului de cercetare

În partea de început, lucrarea mizează pe o prezentare a **considerațiilor simbolice și teoretice ale materialului pământ**, dat fiind faptul că reprezintă una dintre primele resurse folosite în realizarea adăposturilor umane. Din acest motiv, din punct de vedere arhitectural, pământul ca material de construcție trezește și alte valențe în afara celor pur tehnice. Prin urmare, este realizată o prezentare a aspectelor simbolice asociate materialului pământ, explicarea necesității de a se raporta la formele naturale și integrarea percepțiilor corporale în experimentarea spațiului arhitectural. Prin intermediul noțiunilor de teoria arhitecturii, precum regionalismul și regionalismul critic, se demonstrează maniera în care materialele tradiționale sunt utilizate în diferite etape istorice și de ce este necesară reluarea acestora. Deși general, acest prim demers ajută la configurarea unui discurs complet, capabil să facă trimiteri la considerațiile care pot ajuta la înțelegerea valențelor materialelor tradiționale în domeniul arhitectural.



Fig. 1. Arhitectură de interior – Lorna de Santos, Madrid, Spania, sursă: © <https://worldarchitecture.org/article-links/efzfc/lorna-de-santos-creates-topography-of-interiors-with-smooth-surfaces-for-a-house-in-madrid.html>;

Fig. 2. Un mod de viață interiorizat și subiectiv care face referire la materialele naturale, sursă: © <https://worldarchitecture.org/article-links/efzfc/lorna-de-santos-creates-topography-of-interiors-with-smooth-surfaces-for-a-house-in-madrid.html>;

Pământul este asociat cu tehnici tradiționale din mediul rural, care se bazează pe materiale și cunoștințe locale, pe spirit comunitar. Discursul mizează pe referințele istorice care demonstrează potențialul reluării practicilor

tradiționale de construcție și a modului în care acestea sunt aduse în actualitate în diferite momente de criză economică. În cazul specific al pământului, se pune accentul pe caracterul organic și materialitatea caracteristică. Cu această ocazie, este realizată și o privire critică referitoare la practica arhitecturii contemporane prin comparația cu materialele utilizate în mod convențional.

Prezentarea referitoare la ansamblurile remarcabile realizate din pământ aduce în prim plan dezvoltarea acestor construcții în diverse regiuni, admițând caracterul universal al pământului ca material de construcție. Exemplele prezentate în anexa 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice*, relevă modul în care diferite culturi și-au creat medii inerent ecologice, folosind materialul aflat la îndemână pentru a-și construi adăposturi adaptate mediului în care sunt amplasate [4]. Studiul acestor elemente stă la baza multor inițiative internaționale de cercetare care își fondează demersurile pornind de la elemente ale vernacularului, analizate prin intermediul tehnologiilor actuale. Din acest amestec între cunoștințe arhaice și posibilitățile tehnologice noi, se dezvoltă inovații capabile să răspundă cerințelor de ecologie și sustenabilitate.

Studiul realizează o trecere în revistă a elementelor care definesc specificul constructiv al regiunii Banatului, început o dată cu colonizarea teritoriului, respectiv sistematizarea întregului fond construit. În urma acestei investigații, se poate observa o identitate regională specifică prin coerența și funcționalitatea așezărilor realizate, având la bază pământul ca principală resursă locală. Prin urmare, eficiența procesului de colonizare este transpusă, mai întâi, la nivel urbanistic, prin intermediul sistematizării localităților, și ulterior, la nivelul construcțiilor rezidențiale individuale, prin introducerea unor module constructive specifice, realizate din materiale naturale.

Datorită transferului de cunoștințe între diversele naționalități întâlnite în teritoriu, dezvoltarea regională a Banatului devine sustenabilă pe termen mediu și lung. Una dintre problemele principale este depopularea mediului rural, fenomen ce a dus la dispariția practicilor constructive și a tradițiilor culturale specifice. Inițiativele locale își propun să transforme aceste tehnici constructive într-un element de identitate regională. Cu toate acestea, fără o analiză clară a performanțelor materialului în comparație cu alternativele concurente existente pe piață, așa cum s-a realizat în partea aplicativă a acestui studiu, promovarea pământului rămâne în sarcina câtorva susținători, fără a avea argumente suficiente pentru a susține utilizarea materialului în mod frecvent, drept alternativă ecologică.

În țările dezvoltate, acolo unde atenția este îndreptată spre patrimoniul prin acțiuni ce vizează conservarea, restaurarea și reabilitarea acestuia, inițiativele care fac referire la valori ale tradițiilor locale sunt încurajate și prețuite pentru importanța socio-culturală pe care o aduc în rândul comunității. Mediul construit, adesea impersonal, specific arhitecturii contemporane necesită reluarea unei legături mult mai puternice cu natura, cu tot ce ține de nevoi umane de bază, implicit cu tradiția locului [5]. Din acest punct de vedere, reconsiderarea materialelor naturale ține cont de necesități de a se reconecta cu istoria și tradițiile constructive specifice unui loc, precum și prin capacitatea de a oferi un refugiu într-o lume contemporană, tehnologizată și impersonală.

⁴ Rania Daher, 2015, „L'Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, pag. 36-37;

⁵ Paulo Costa, 2013, "Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development", CRC Press/ Taylor & Francis, pag. 727-729;

Sunt prezentate, în cadrul tezei, cele mai des întâlnite tehnici constructive care sunt utilizate la nivel internațional, în capitolul 4. Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă, alternând prezentarea graduală a caracteristicilor tradiționale cu posibilitățile contemporane în ceea ce privește punerea în operă. Pentru a crea o legătură între proprietățile tradiționale ale materialului și posibilitățile inovative de punere în operă, sunt analizate în anexele acestui studiu, proprietățile fizico-chimice ale materialului pământ – 9.4. *Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție.* Sunt prezentate particularitățile materialului pământ prin referire la modul în care, prin intermediul pereților ca element constructiv, sunt realizate experimente referitoare la tehnica pământului turnat sau printarea 3D.

1.2. Pământul ca material ecologic și sustenabil: considerații generale

"Dezvoltarea sustenabilă este acel proces de dezvoltare care răspunde nevoilor actuale, fără a periclita capacitatea generațiilor viitoare de a răspunde propriilor lor nevoi. [.....] Pentru ca dezideratul dezvoltării sustenabile să poată fi atins, protecția mediului va constitui parte integrată a procesului de dezvoltare și nu poate fi abordată independent de acesta." [6]

Practica arhitecturii sustenabile a fost în mare parte înțeleasă ca o problemă a tehnologiei și a performanței energetice, considerându-se necesitatea de a atinge standarde de locuire contemporane privind consumul de energie, proprietățile termice ale diverselor materiale. În timp ce normele actuale abordează obiectivul important al eficienței energetice, definirea sustenabilității devine prea limitată pentru a capta specificul locului, o componentă importantă în definirea conceptului într-un context mai amplu, în care se abordează probleme referitoare la adecvarea regională și culturală. Din acest motiv, componentele sociale și culturale ale specificului local pot fi exploatate pentru a determina soluții care să dezvolte un sentiment al apartenenței, încurajând formarea unor comunități cu interese comune referitoare la promovarea elementelor ce țin de practicile tradiționale locale.

Dezbaterile despre sustenabilitate au rămas separate într-o oarecare măsură de tema arhitecturii ca proiect cultural, dar arhitectura trebuie înțeleasă în sfera largă a culturii pe care o întruchipează. În consecință, tradițiile culturale arhitecturale și materialele regionale definesc practicile constructive specifice unei anumite populații, drept răspunsuri la condițiile existente în teritoriu. Pentru a defini sustenabilitatea, nu numai din punct de vedere cantitativ, ci și calitativ, trebuie luate în considerare și caracteristicile culturii regionale și locale. Conform acestei abordări, arhitectura trebuie să se raporteze mai întâi la specificul locului, să fie autentică. Responsabilitatea este aceea de a rezista fenomenului globalizării, predominant în cultura contemporană, deoarece propunerile arhitecturale sustenabile bazate doar pe tehnologie, nu coincid întotdeauna cu valorile culturale ale unui loc [7].

⁶ Volker Hauff, Raport Brundtland din 1987 al Comisiei Mondiale a Mediului și Dezvoltării (WCED);

⁷ Paola Sassi, 2006, "Strategies for Sustainable Architecture", pag.6-12;

Tradițiile locale au inspirat tehnicile constructive vernaculare, fiind modalități de adaptare la condițiile specifice unui anumit mediu. Din acest motiv, clădirile tradiționale, în esența lor, răspund unei game variate de nevoi fizice și spirituale, fiind perfect integrate în contextul comunităților în care sunt amplasate. În acest sens, noțiunea de a fi nativ într-un loc implică o relație complexă cu mediul înconjurător prin adoptarea unei game largi de obiceiuri și tradiții locale. Elementele enumerate definesc baza comună de valori ce formează practicile culturale specifice unei comunități [8].

În concluzie, **abordarea problemei sustenabilității ca discurs cultural, definește o perspectivă mai vastă prin care trebuie privită arhitectura,** începând de la nivel regional, până la un nivel local. Se conturează ideea conform căreia cea mai adecvată manieră de a proiecta este prin a conștientiza toate aspectele ce țin de specificul zonei. Din acest motiv, în cadrul tezei, s-a realizat un studiu referitor la contextul în care s-au dezvoltat construcțiile din pământ în regiunea Banatului.

Pentru a pune în acord construcțiile cu ideile de sustenabilitate, privite din punct de vedere cultural și al patrimoniului local, este necesar să existe o conștientizare a condițiilor specifice unui loc, pornind de la aspecte ce țin de istorie, context politic și social, tehnici constructive și evoluții contemporane ale utilizării materialelor tradiționale. Fără această preocupare îndreptată către tendințele actuale, există riscul de a limita obiectivele de cercetare asupra unor intervenții punctuale, fără a propune strategii sau elemente care sunt adecvate unui context amplu, capabile să creeze efecte benefice pe termen lung. Este important a observa avantajele construcțiilor cu pământ, atât pe termen scurt, cât și evaluarea lor pe o durată mai îndelungată pentru a determina, în ce măsură, aceste construcții au rezistat de-a lungul timpului. Scopul este de a demonstra faptul că tehnicile tradiționale folosind pământul ca material de construcție, au dus la realizarea unor soluții sustenabile, chiar înainte de a exista acest concept în forma contemporană. Sustenabilitatea este percepută, în acest stadiu incipient, ca o adaptare la condițiile locale, respectiv o economie de resurse și o continuitate a tradițiilor culturale.

Legătura naturală între materiale și mediul construit, bazată pe observații și tradiții reiterate pe parcursul secolelor, permite surprinderea aspectelor ce țin de sustenabilitate prin intermediul utilizării resurselor locale într-un mod eficient. Prin studierea contextului local, și anume, caracteristicile construcțiilor cu pământ din Banat, se urmărește aplicarea demersurilor internaționale de cercetare a proprietăților pământului la un specific constructiv existent pe plan local. Conturarea elementelor identitare ale arhitecturii din pământ permite realizarea unei imagini generale asupra arhitecturii rurale, cu posibilitatea de a transpune valorile tradiționale în cadrul unor dezvoltări contemporane. În acest context sunt exemplificate particularitățile utilizării materialului pământ în mediul tradițional, dar și soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ, precum printarea 3D, modelarea parametrică, pulverizarea tencuielilor etc.

Studiul întreprins vine în contextul în care exploatarea actuală a resurselor naturale, într-un mod intensiv, nu este sustenabilă. Reducerea impactului asociat cu proiectarea, construcția, operarea și managementul mediului construit necesită un efort din partea mai multor profesioniști implicați în toate etapele ciclului de viață al clădirilor. Metodele contemporane de construcție sunt caracterizate prin modele de prag de performanță care evaluează impactul asupra

⁸ Vintilă Mihăilescu, 2017, "De ce este România astfel? avatarurile excepționalismului românesc";

mediului al unei construcții, printr-o serie de indicatori. Prin conștientizarea acestor aspecte, se stârnește un nou interes pentru sistemele de construcție alternative care folosesc materiale naturale de proveniență locală. Reevaluarea materialelor tradiționale este stimulată la nivel internațional prin intermediul conceptelor de ecologie și sustenabilitate și se dezvoltă în jurul subiectelor referitoare la energia încorporată scăzută, performanța termică, crearea unui climat interior sănătos etc.

Problemele ecologice și de sustenabilitate sunt de actualitate în domeniul construcțiilor datorită impactului asupra mediului pe care îl are această industrie. Clădirile solicită din ce în ce mai multă energie și eficientizarea propusă prin noile standarde (nZEB și Casă pasivă) vizează reducerea consumului de energie operațională, dar lasă deschis subiectul energiei încorporate în materialele de construcție. În acest sens, pământul ca material de construcție prezintă un interes aparte, deoarece înregistrează valori scăzute ale energiei încorporate, precum și alte caracteristici relevante ale materialului de construcție:

- capacitatea de a înmagazina căldura (masa termică inerentă),
- filtrarea aerului interior și controlul umidității,
- adaptabilitatea în orice zonă climatică [9].

În schimb, utilizarea elementelor constructive din pământ cu rol portant este cel mai controversat subiect deoarece materialele contemporane convenționale, precum cărămida și betonul, reprezintă rezolvări constructive mai ușor de pus în operă, cu o rezistență la compresiune mult mai bună. Inginerii de structură sunt în favoarea adăugării de ciment, cu scopul de a crește stabilitatea și pentru a duce pământul la standardele actuale ale materialelor de construcție. Pentru a avea o amprentă ecologică cât mai redusă, similară construcțiilor tradiționale, materialele trebuie să fie cât mai puțin procesate [10].

Calitatea ecologică a unui material de construcție este evaluată prin compararea consumului de resurse și al fluxurilor care sunt utilizate în cadrul procesului de fabricare, având un impact asupra mediului cuantificat în funcție de aceste variabile [11]. Elementele constructive din pământ reprezintă o variantă ecologică deoarece materia primă poate fi procurată din imediata proximitate și are un număr mare de cicluri de viață – construcțiile pot fi demolate, iar materialul poate fi refolosit de mai multe ori sau returnat solului. Datorită proprietăților speciale asociate argilei din compoziția elementelor constructive, tencuielile din pământ și mortarele, pot fi replastificate și refolosite. În comparație cu cimentul sau cu alte materiale utilizate în mod convențional, elementele constructive din pământ prezintă un mare potențial din punct de vedere ecologic și economic datorită energiei încorporate reduse, așa cum s-a prezentat în cadrul subcapitolului 6.3. *Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici privind impactul asupra mediului și utilizarea resurselor.* Folosirea pământului în combinație cu alte resurse disponibile pe plan local, precum fibrele naturale, prezintă oportunitatea de a realiza o economie a energiei primare încorporate, în timp ce noile variante de punere în operă propun eficientizarea procesului constructiv.

⁹ Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 19-25;

¹⁰ Goodhew, Steve, 2016, „Sustainable construction processes: a resource text”;

¹¹ Lola Ben Alon,, Vivian Loftness, Kent A Harries, Erica Cochran Hameen, 2020, „Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)”, LEHM Erde International Conference on Building with Earth, Weimar, Germany;

Centrele de cercetare menționate în cadrul capitolului 6. *Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile*, dezvoltă ideea introducerii pământului în jurul conceptului de sustenabilitate, pentru a justifica utilizarea acestui material tradițional și a practicilor constructive conexe. De aceea, este necesară studierea caracteristicilor materialelor naturale prin intermediul sustenabilității, amintind și de potențialul de reciclare al materialelor

care intră în compoziția diverselor stratificații. Scopul este de a realiza o imagine de ansamblu asupra fezabilității introducerii unor variante constructive tradiționale, adaptate la cerințele ecologice actuale, fără a neglija aspectele ce țin de confort. Ulterior, prin realizarea unui studiu complet care include toate etapele ciclului de viață, se pot evalua beneficiile care rezultă din amprenta ecologică [12] redusă, specifică elementelor constructive realizate din pământ.

1.3. Adaptarea tehnicilor tradiționale la soluții constructive contemporane

Sustenabilitatea în contextul studiului de față, a permis studierea aspectelor ce țin de caracterul socio-cultural, economic și de mediu pornind de la un singur material, analiza fiind concentrată pe studierea proprietăților termotehnice, ecologice și a indicatorilor de cost, în ceea ce privește materialele și stratificațiile de pereți propuse. Partea experimentală pornește de la studiul pământului local utilizat ca materie primă pentru realizarea pereților, cu scopul de a evalua proprietățile caracteristice ale materiei prime și se concentrează spre cea mai răspândită tehnică utilizată în teritoriu, văiuga (pământ local amestecat cu fibre naturale, utilizat pentru realizarea cărămizilor nearse). Prin urmare, studiul teoretic prezentat în această lucrare propune o analiză comparativă a posibilelor stratificații de perete, pentru a rezolva confortul termic din interiorul unei locuințe. Sunt comparate varianta convențională de realizare a pereților folosind blocuri ceramice cu goluri, utilizate pentru realizarea construcțiilor rezidențiale, respectiv cărămizile nearse cu adaos de fibre naturale.

Se propune o analiză comparativă a două stratificații de perete cu o structură portantă din lemn: prima stratificație are drept strat de umplutură blocurile ceramice cu goluri verticale, în timp ce a doua stratificație, este compusă din cărămizi nearse produse la standarde contemporane, izolate cu fibre din lemn. În fiecare etapă a studiului, au fost luate în considerare elemente cu proprietăți similare sau compatibilitate optimă cu materialele de bază folosite. Scopul este de a evidenția faptul că prin utilizarea tradițiilor locale cu materiale ecologice, se pot atinge valori acceptabile de stabilitate și confort termic.

Utilizând calcule termotehnice, analiza a prezentat modul în care proprietățile tradiționale ale materialului (referitoare la stocarea căldurii sau absorbția poluanților) pot fi exploatate pentru a oferi soluții în conformitate cu

¹² Conform <https://www.britannica.com/science/ecological-footprint>, accesat on-line: 04.2021,

Amprenta ecologică măsoară cerințele realizate de către o persoană sau un grup asupra cerințelor naturale globale. Amprenta ecologică a devenit una dintre cele mai des utilizate măsuri ale efectelor antropice asupra mediului și este folosită pentru a reliefa caracterul nesustenabil al practicilor curente, precum și inegalitățile în ceea ce privește consumul între și în cadrul națiunilor.;

standardele actuale, prin considerarea proprietăților termice precum temperatura și umiditatea relativă interioară, capacitatea de stocare termică, valoarea transmitanței termice etc. Această primă analiză este însoțită de prezentarea beneficiilor ecologice prin referirea la indicatorii de mediu, respectiv potențialul economic asociat reintroducerii elementelor constructive în contextul local din Banat.

1.4. Obiective ale cercetării

Prin articularea unui punct de vedere care mobilizează istoria, știința și exemplele semnificative, această analiză prezintă calitățile pământului de construcție și a modului de implementare în cadrul arealului studiat – regiunea Banatului din vestul României. Studiul abordează tema sustenabilității prin referire la coeziunea determinată de adoptarea unor tradiții comune, proprietățile termotehnice ale materialului pământ, cât și prin sublinierea oportunităților economice de revalorificare a unor activități industriale care au existat pe plan local. Este prezentată atât o tehnică tradițională, promovată în cadrul comunităților drept specifică, precum și modalități de reinventare a materialului pământ prin utilizarea unor mijloace tehnice contemporane.

Prin urmare, lucrarea de față realizează o examinare amănunțită a materialului și a utilizării acestuia în domeniul construcțiilor. Dilemele importante care apar se referă la maniera de a reintroduce tehnicile constructive tradiționale într-o lume în continuă schimbare și înțelegerea faptului că industria construcțiilor are repercusiuni negative asupra mediului datorită materialelor care consumă multă energie în etapa de producție și duc la emisii considerabile de gaze cu efect de seră, aspecte care contribuie la fenomenele asociate schimbărilor climatice, noțiuni prezentate în cadrul capitolului 6. *Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile.* După o privire de ansamblu asupra construcțiilor existente din pământ, se discută despre proprietățile materialului, avantajele sale, tehnicile tradiționale și modul în care pământul este reinventat pentru a răspunde noilor provocări referitoare la conceptele de ecologie, sustenabilitate și ciclu de viață.

În contextul actual este necesară o arhitectură contemporană care să adopte strategii de sustenabilitate, deoarece acestea reprezintă o tendință necesară în condițiile actuale, în ceea ce privește cultura și tehnologia arhitecturii. Este nevoie de adaptare, nu numai din punct de vedere tehnic, ci și din punct de vedere cultural. Prin menționarea noțiunii de peisaj cultural [13], se promovează caracteristici ce definesc identitatea teritorială în cadrul regiunii. Prin crearea unei imagini de ansamblu asupra tematicii pământului și a modului cum a fost folosit ca material de construcție, se prezintă prin intermediul conceptului de sustenabilitate, maniera în care diverse culturi s-au adaptat condițiilor climatice specifice, rezultând răspunsuri coerente din punct de vedere formal, cât și funcțional, aspecte prezentate în cadrul:

- capitolului 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa și a*
- anexei 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane.*

¹³ Conform <https://whc.unesco.org/en/culturallandscape/>:

Noțiunea de peisaj cultural se referă la varietatea peisajelor care sunt reprezentative pentru diferitele regiuni ale lumii, combinând elementele ce țin de caracteristicile naturale și cele referitoare la resursele umane, exprimând o legătură aparte între oameni și mediul înconjurător. Anumite situri prezintă tehnici specifice care garantează utilizarea propice a terenului și susțin diversitatea biologică, în timp ce altele sunt asociate cu tradițiile culturale ale comunităților, sugerând o relație strânsă între oameni și natură.

Studiul întreprins vine în contextul în care utilizarea actuală a resurselor naturale într-un mod intensiv, nu este sustenabilă. Reducerea impactului asociat cu proiectarea, construcția, operarea și managementul mediului construit necesită un efort concentrat din partea mai multor profesioniști implicați în toate etapele ciclului de viață al clădirilor. Metodele contemporane de construcție sunt caracterizate prin modele de prag de performanță care evaluează impactul asupra mediului al unei clădiri printr-o serie de indicatori. Aceste aspecte au stârnit un nou interes pentru metodele de construcție alternative care folosesc materiale naturale de proveniență locală.

Partea aplicativă a acestui studiu sugerează o variantă în care este reinterpretată tehnica constructivă locală pentru a răspunde noilor standarde privind confortul termic, încercând să ofere alternative ecologice la variantele de construcție actuale. Se evidențiază modul în care o tradiție constructivă oferă un răspuns coerent atât din punct de vedere cultural, cu implicații sociale asupra comunităților vizate, cât și tehnic, prin potențialul de exploatare al proprietăților de izolare termică, specifice acestor materiale tradiționale. Studiul teoretic realizează o analiză amănunțită a unei propuneri de utilizare a materialelor de construcție, respectiv maniera în care materialele convenționale pot fi substituite cu variante ecologice pentru a avea aceleași beneficii din punct de vedere al proprietăților termotehnice [14], dar cu un impact asupra mediului mult mai scăzut. La acestea se adaugă pe termen lung și aspectele ce țin de ciclul de viață prin considerarea unei energii încorporate cât mai reduse, a potențialul de recondiționare, re folosire și reciclare. Din acest punct de vedere, dacă se reușește utilizarea pământului excavat de pe sit ca materie primă pentru realizarea elementelor constructive:

- se extinde disponibilitatea materiilor prime,
- se economisește timp și spațiu de depozitare (75% din deșeurile aferente construcțiilor sunt soluri de diferite tipuri) [15].

Toate aceste avantaje ale pământului reprezintă obiectul unei analize mai extinse ce ține de tot ciclul de viață al materialului, în timp ce în cazul de față, studiul se concentrează pe etapa de produs, folosind metoda "Cradle to Gate", așa cum acestea au fost prezentate în cadrul subpunctului 6.3. *Considerații referitoare la ciclului de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor.* Prin urmare, diferitele etape ale ciclului de viață pot fi cuantificate și interpretate în funcție de cazuri specifice.

Simulările referitoare la proprietățile termice și la analiza ciclului de viață realizate pe parcursul acestui studiu demonstrează impactul redus asupra mediului al cărămizilor nearse, fără a sacrifica standardele referitoare la confortul termic. Luând în considerare calitățile intrinseci ale materialului, o nouă perspectivă a eficienței energetice poate fi definită, în care masa materialului este considerată din nou ca o valoare, nu un consum inutil de material. Grosimea pereților din pământ permite stocarea termică cu posibilitatea de eliberare a căldurii de-a lungul unui

¹⁴ Bruno Andres, Philippe Devillers, Eric Defrenne, 2018, „Influence de la conception architecturale et du climat sur les transferts d’humidité dans une paroi,„ Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre;

¹⁵ Isabelle Moulis, Mary Jamin, Alain Marcom, 2018, „Quand les travailleurs de la terre apprennent à la bâtir,„;

interval de timp extins, respectiv prin capacitatea de reglare a umidității și a temperaturii interioare.

Prin urmare, subiectul tezei de doctorat vizează o prezentare a pământului ca și material de construcție, a modului în care se poate pune în operă, a avantajelor sociale (reintroducerea unei tehnici constructive prin considerarea practicilor tradiționale din zona Banatului) și practice (proprietăți termice, impact asupra mediului și considerații financiare) pe care le poate aduce în discuție. Pentru a realiza acest obiectiv, a fost necesar un studiu amplu asupra a ceea ce înseamnă construcțiile din pământ, evoluția acestora și a tipologiilor principale întâlnite în teritoriu. În cazul construcțiilor din pământ realizate la nivel regional în Banat, s-a dezvoltat o practică particulară între ceea ce poate fi identificat drept tradiție constructivă locală și influențele externe atribuite colonizării.

Din punct de vedere al obiectivelor de cercetare considerate în faza inițială, studiul are la bază premisele pedagogice, așa cum au fost introduse de către institutul CRATerre din Franța și Getty Institute din Statele Unite ale Americii, prin considerarea specificului construcțiilor din pământ realizate în Banat. Obiectivele se referă la prezentarea tehnicilor și a proprietăților materialului pământ pentru a înțelege importanța sa în context istoric, pornind de la dezvoltarea primelor așezări umane, până la ansambluri mai recente. Obiectivul principal abordat în cadrul tezei se referă la realizarea unei analize a sustenabilității reintroducerii construcțiilor cu pământ, urmărind trei aspecte principale, și anume, considerentele socio-culturale, impactul asupra mediului și identificarea unor oportunități de exploatare din punct de vedere economic a acestor practici constructive tradiționale.

Studiul de față s-a concentrat pe latura tehnică, având ca scop obținerea unei variante ecologice pentru metodele și materialele de construcție convenționale existente pe plan local. În acest mod, s-a justificat reintroducerea acestor tehnici tradiționale prin abordarea multidisciplinară a sustenabilității (aspecte socio-culturale, economice și de mediu), cu scopul de a lămuri câteva dintre noțiunile complexe asociate acestui concept și maniera în care un material tradițional se poate adapta tendințelor existente în practica arhitecturală actuală. Pentru realizarea obiectivului principal, pe parcursul studiului doctoral, s-au considerat mai multe obiective specifice:

- **Obiectivul 1:** Modul în care pământul ca material de construcție este analizat în momentul actual, precum și valențele simbolice ale arhitecturii din pământ, făcând referire la concepte teoretice și curente arhitecturale care să reprezinte fundamentele studiului.
- **Obiectivul 2:** Recunoașterea importanței arhitecturii din pământ în cadrul diferitelor civilizații, încă din cele mai vechi timpuri.
- **Obiectivul 3:** Descrierea specificului local de construcție cu pământ în vederea parcurgerii tehnicilor constructive și a caracteristicilor arhitecturale întâlnite în zona Banatului.
- **Obiectivul 4:** Prezentarea celor mai importante tehnici constructive tradiționale, dar și o tranziție către noile variante de punere în operă.
- **Obiectivul 5:** Concentrarea studiului asupra unui element constructiv pentru a evidenția proprietățile termotehnice caracteristice materialelor tradiționale, dar și în context contemporan.
- **Obiectivul 6:** Definirea modului în care industria construcțiilor se raportează la criteriile de sustenabilitate și măsura în care pământul ca material alternativ poate răspunde pozitiv acestor noi solicitări.
- **Obiectivul 7:** Identificarea unei tehnici constructive specifice întâlnite la nivel regional și maniera în care poate fi reinterpretată în context contemporan.

- **Obiectivul 8:** Studiu realizat la nivel de material de construcție și la nivel de stratificație pentru a analiza proprietățile termotehnice și ecologice ale materialelor tradiționale în comparație cu variantele utilizate în mod convențional.
- **Obiectivul 9:** Posibilitățile de promovarea a fondului construit existent și maniera în care poate aduce beneficii comunităților locale prin alinierea la inițiativele existente, respectiv direcții viitoare de studiu.

1.5. Structura studiului și metodologia de cercetare

În ceea ce privește structura studiului, obiectivele menționate în primă instanță constituie capitolele după care s-a organizat cercetarea. S-a realizat o prezentare a caracteristicilor teoretice, precum și a aspectelor practice referitoare la construcțiile din pământ. Abordarea interdisciplinară a permis utilizarea conceptului de sustenabilitate pentru a putea studia aspectele socio-culturale, economice și de mediu ale pământului ca material de construcție. O parte dintre aceste subiecte sunt prezentate în anexe, rezultând în cadrul tezei, următoarea structură pe capitole:

Capitolul "1. Introducere" rezumă temele dezbătute pe parcursul tezei și oferă o imagine de ansamblu asupra metodologiei de cercetare. Principala idee se referă la definirea caracterului sustenabil al construcțiilor din pământ prin intermediul studiului de caz întâlnit în Banat, unde există o lungă tradiție constructivă în folosirea acestui material. Se evidențiază modul în care practicile tradiționale, care sunt fundamentale ecologice, pot fi adaptate aspectelor actuale ale sustenabilității (considerațiile socio-culturale, economice și de mediu).

Capitolul "2. Valori simbolice și considerații teoretice ale pământului ca material de construcție" urmărește, în primă fază, prezentarea implicațiilor simbolice ale pământului, precum și referințe către conceptele de tectonică și materialitate. Trimiterile la tradiție sunt puse în legătură cu formele naturale, în încercarea de a defini un spectru mai larg al materialității pământului, dar și prin valoarea sa simbolică asociată ideii de adăpost. Menționarea acestor aspecte susține demersul din punct de vedere teoretic, deoarece scoate în evidență recurența întoarcerii la tradiție prin intermediul conceptelor arhitecturale precum regionalismului și regionalismului critic, respectiv existența unei practici constructive cu o dezvoltare continuă pe continentul european. Se analizează în continuare latura practică referitoare la proprietățile materialului și a manierei de punere în operă în contextul actual.

Capitolul "3. Construcții remarcabile din pământ în Europa" propune o trecere în revistă a unor exemple importante în ceea ce privește construcțiile din pământ întâlnite pe continentul european. Este evidențiat faptul că materialul este resursa principală utilizată în cadrul tehnicilor tradiționale în diferite zone geografice și maniera în care acestea au evoluat. Marea varietate de construcții și ansambluri de edificii realizate din pământ, dovedește modul de folosire în funcție de contexte sociale, culturale și economice diferite, aceste aspecte fiind dezbătute în cadrul anexelor:

- 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice,*
- 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane.*

Se pune în discuție sustenabilitatea pe termen lung a construcțiilor din pământ, maniera în care acestea s-au adaptat sau nu cerințelor contemporane din punct de vedere al standardelor de locuire (rezistența elementelor constructive din pământ). Exemplele sugerează avantajele, dar și problemele care au apărut o dată cu suprapopularea localităților sau, așa cum s-a întâmplat în cazul Banatului,

abandonarea acestora. Acest capitol este susținut și de o prezentare generală a principalelor avantaje și dezavantaje în ceea ce privește folosirea pământului ca material de construcție, regăsită în anexa 9.4.1. *Avantaje și dezavantaje ale folosirii pământului ca material de construcție.*

Capitolul "4. Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă" prezintă principalele tehnici utilizate și maniera în care acestea s-au dezvoltat de-a lungul timpului. Pornind de la varietatea tehnicilor întâlnite la nivel internațional, sunt descrise în detaliu cele mai utilizate dintre acestea: *bulgări din pământ (cob), cărămidă nearsă, pământ compactat și pământul ca umplutură în cadrul structurilor din lemn.* Se realizează o descriere referitoare la fiecare tehnică în parte și a modului în care acestea au fost implementate în cadrul construcțiilor tradiționale. În acest mod, se realizează o primă legătură între tehnicile tradiționale asociate materialelor din pământ și variantele contemporane de punere în operă.

Capitolul "5. Peretele ca element constructiv în cadrul edificiilor din pământ" dezvoltă modul în care proprietățile materialului au determinat utilizarea sa sub diferite forme pentru realizarea pereților în cadrul construcțiilor tradiționale, cât și soluții inovative de punere în operă a elementelor constructive. Paralela realizată ilustrează maniera în care pământul ca material de construcție se adaptează ultimelor tehnologii din punct de vedere al proiectării și al punerii în operă, prin referire la practicile de proiectare parametrică și imprimare 3D. Se pune în discuție introducerea agregatelor naturale în compoziția pereților cu scopul de a îmbunătăți proprietățile pământului (9.4.4. *Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului*) și de a reduce energia încorporată în materialele de construcție folosite.

Capitolul "6. Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii tradiționale" conține o descriere a modului în care subiectul pământului ca material de construcție este dezbătut în cadrul centrelor de cercetare din Europa. Sunt prezentate proiecte de cercetare avansate, respectiv cele din Germania și Franța, precum și inițiativele de conservare a patrimoniului din pământ și a peisajului cultural, întreprinse de organizații internaționale. Reluarea acestor tehnici tradiționale reprezintă un subiect interesant din punct de vedere al cercetării actuale referitoare la sustenabilitate ca mod de a răspunde schimbărilor climatice, economiei de resurse etc., dar și din punct de vedere al conservării fondului construit deja existent din pământ. Sunt introduse strategii de aplicare a sustenabilității și a ciclului de viață care fac trimitere la impactul asupra mediului al materialelor de construcție, prin prezentarea cazului particular al elementelor constructive din pământ.

Este prezentată metoda de evaluare a ciclului de viață LCA în limitele conceptului "Cradle to Gate", respectiv indicatorii ecologici care permit evaluarea impactului asupra mediului, utilizați în cadrul părții aplicative a cercetării propuse. Prin urmare, este necesară considerarea tehnicilor constructive din pământ prin referire la indicatorii sociali, economici și de mediu pentru a susține fezabilitatea reintroducerii acestora în practica actuală. Poate fi considerată utilizarea materialelor de construcție în cadrul unui efort extins de reconfigurare a metodelor de producție tipice industriei. În acest sens, reintroducerea construcțiilor din pământ, poate fi văzută ca un indicator al unui proces de transformare în arhitectură care include relația cu mediul și comunitatea în care sunt amplasate proiectele, efectele pe termen lung ale proiectării, respectiv tranziția către

sustenabilitate ca subiect important în cadrul cercetării și practicii arhitecturale contemporane [16].

Capitolul "7. Studiu teoretic referitor la proprietățile ecologice ale pământului ca material de construcție. Reinterpretarea unei tradiții constructive în regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane", are la bază analiza specificul local, realizată în cadrul anexelor:

- 9.3. *Pământul ca principală resursă locală.*

Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din pământ,

- 9.4.3. *Proprietățile caracteristice ale pământului ca material de construcție,*
- 9.4.7. *Studiu referitor la proprietățile pământului local.*

Pornind de la aceste analize preliminare referitoare la calitățile materialului tradițional, se propune o comparație între materialele convenționale utilizate acum, blocurile ceramice cu goluri verticale și o varianta actuală a principalei tehnici constructive utilizate în Banat, cărămizile nearse din argilă, produse conform standardelor actuale. Sunt urmărite proprietățile termice, indicatorii ecologici și indicatorii de cost cu scopul de a dovedi maniera în care se poate construi eficient din punct de vedere al performanțelor termice, economice, precum și în ceea ce privește indicatorii de mediu, folosind materiale tradiționale reinterpretate. Prin introducerea indicatorilor de cost, se crează o imagine asupra considerațiilor economice care intervin în alegerea unor materiale în detrimentul altora, acesta fiind principalul argument în ceea ce privește arhitectura propusă.

Capitolul "8. Concluzii" prezintă sintetic și argumentat rezultatele obținute în urma studiului teoretic realizat în cadrul capitolului anterior, atât la nivelul materialelor de construcție, cât și la nivelul stratificațiilor propuse. Sunt evidențiate contribuțiile personale privind documentarea, analiza și diseminarea informațiilor în cadrul workshop-urilor și prezentărilor locale, cât și perspectiva internațională din punct de vedere a tendințelor de cercetare din industria construcțiilor. În cadrul studiului, sunt indicate direcțiile de analiză pentru cercetări viitoare referitoare la proprietățile termotehnice și ecologice, precum și variantele de promovare a fondului construit existent și a practicilor constructive tradiționale, regăsite pe plan local.

Se realizează o perspectivă de ansamblu asupra tezei prin prezentarea sustenabilității cu referire la aspectele principale ale conceptului, în măsura în care acestea au fost identificate în cadrul analizei de față. În urma acestui studiu extins, s-au conturat o serie de concluzii din punct de vedere al beneficiilor referitoare la considerentele socio-culturale, economice și de mediu. Sunt prezentate variante de reintroducere a acestor practici tradiționale ca repere ale culturii constructive locale, într-o variantă contemporană, utilizând materiale și tehnici inovative.

Capitolul "9. Anexe" cuprinde o serie de studii introduse pe parcursul cercetării de față și se prezintă informații suplimentare considerate utile în înțelegerea caracteristicilor materialului pământ, utilizat pentru fabricarea diverselor elemente constructive. Este realizat un studiu care ilustrează maniera în care pământul reprezintă principala resursă locală pentru construcții în regiunea Banatului, utilizată în timpul colonizării habsburgice și a modului în care fenomenul a influențat caracteristicile arhitecturale ale fondului construit. De asemenea, sunt anexate o parte dintre activitățile întreprinse în cadrul studiului doctoral sub formă de workshop-uri, cât și exemple de construcții reprezentative efectuate în Europa.

¹⁶ Florescu Elena Roxana , Bica Smaranda Maria ,2020, "Earth as an alternative. Indicators regarding the ecological character of building materials", 7th International Conference on Education and Social Sciences, Dubai, ISBN 978-60;

Capitolul "Bibliografie" conține sursele bibliografice grupate în felul următor: cărți, o serie de tratate de referință, articole, resurse on-line, listă de tabele și grafice, cât și figurile utilizate pe parcursul tezei. La sfârșitul fiecărui capitol, există o listă cu titlurile bibliografice utilizate pentru facilitarea găsirii acestora. În continuare, sunt rezumate principalele metode de cercetare utilizate în cadrul studiului de față, activitățile întreprinse pe parcursul demersului de cercetare:

- Documentare bibliografică: cărți, articole, resurse on-line, teze de doctorat;
- Discuții la fața locului cu localnici, ingineri, arhitecți pentru a identifica principalele tehnici constructive și a modului în care acestea au evoluat;
- Documentare *in situ* axată pe diversele regiuni ale Banatului (Grăniceri, Ghiera, Deta, Stanciova, Buzad etc), pământul analizat în cadrul studiului geotehnic referitor la proprietățile pământului local fiind prelevat din localitatea Bogda, jud. Timiș;
- Pentru partea experimentală referitoare la proprietățile pământului local, normele UE au fost respectate privind procedurile de laborator, informații prezentate în cadrul subcapitolului 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local.* :
 - Determinarea granulozității prin metoda combinată conform STAS 1913/5-85, SR EN ISO 14688-1:2004, 14688-2:2005;
 - Determinarea umidității pământului conform STAS 1913/1-82;
 - Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari, determinarea umflării libere, determinarea limitei de contracție și a contracției volumice pe proba tulburată, conform STAS 1913/12-88;
 - Determinarea limitelor de plasticitate și a indicilor de plasticitate, consistență și lichiditate conform STAS 1913/4-82.
- În cadrul studiului teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor, abordarea metodologică a constat în compararea diferitelor stratificații specifice unui perete neportant pentru colectarea datelor primare printr-o simulare cantitativă bazată pe software-ul Ubakus (un software open source care conține date colectate din standardele germane privind etapele ciclului de viață);
- Consultarea bazei de date germane Ökobaudat pentru compararea valorilor înregistrate pentru indicatorii de mediu cu valorile înregistrate și pentru alte materiale, precum și a fișelor tehnice livrate de producători, aferente materialelor de construcție utilizate;
- Metoda folosită pentru evaluarea ciclului de viață este denumită "Cradle to gate", echivalentă etapei de produs a materialelor utilizate, de la faza de extracție („cradle”) până la poarta fabricii („gate”), aceasta fiind descrisă în detaliu în cadrul subcapitolului 6.3. *Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor;*
- Realizarea unor epruvete din pământ utilizând diferite amestecuri (pământ simplu, respectiv pământ cu argilă expandată), testate în cadrul laboratorului U.P.T. din Timișoara pentru determinarea rezistenței la compresiune, anexa 9.4.6. *Studiu de caz – Proiect de diplomă;*
- Realizarea unei documentări fotografice;
- Participarea la prezentări, conferințe și workshop-uri legate de tematica pământului, organizate la nivel local, regional și internațional, o parte dintre acestea fiind prezentate în anexa 9.5. *Workshop-uri.*

2. Valori simbolice și considerații teoretice ale pământului ca material de construcție

În prezent, arhitecți, ingineri și constructori apelează din nou la resurse și metode locale, nu doar pentru construcții, ci și ca strategie pentru evoluții sustenabile prin susținerea implicării sociale, a dezvoltării economice, a continuității culturale etc. Privind acest din urmă aspect, tradiția constructivă este transmisă direct prin actul de edificare, dar deseori nu se mai păstrează această autenticitate sau continuitate cu trecutul [17], pe măsură ce materialele și practicile contemporane avansează. De regulă, metodele și tehnicile constructive au fost transferate și adaptate în funcție de condițiile economice și sociale locale. O dată cu reconsiderarea tradițiilor constructive, preluarea acestora a fost deseori formală. Etapele procesului constructiv au facilitat comunicarea, transferul de cunoștințe, contactul oamenilor cu materialele tradiționale și practicile constructive.

Construirea tradițională are la bază practicile dezvoltate și definite de generațiile anterioare și, de-a lungul timpului, a fost adaptată unei game largi de contexte climatice și culturale. Materialele tradiționale implicau un proces constructiv simplificat, ceea ce permitea să fie ușor de pus în operă. În acest context, participarea comunității a jucat frecvent un rol cheie în edificiile realizate folosind tehnici tradiționale. Aceste activități funcționează ca niște catalizatori sociali și economici, provocând conectarea la sistemele de resurse regăsite pe plan local.

Materialele tradiționale oferă, în acest scenariu, posibilități pe care cele utilizate în mod convențional nu le au, deoarece materialele originare din peisajul înconjurător creează legături puternice cu geografia și cultura locului [18]. Disponibilitatea materialelor tradiționale oferă oportunități valoroase de implicare și experimentare cu materia primă. Integrarea cea mai convingătoare a tehnologiilor vechi și noi apare atunci când proprietățile fizice ale materialului sunt bine înțelese și sunt pe deplin utilizate în cadrul construcțiilor contemporane.

Tranziția de la metodele tradiționale la cele moderne nu s-a produs în toate regiunile în egală măsură și nici nu s-a transpus în același timp. Construirea tradițională a fost dezvoltată și definită de generațiile anterioare și continuă să fie adaptată pentru a se potrivi unei game largi de contexte climatice, cât și culturale. În acest context, construcțiile cu pământ au revenit în interesul arhitecților la sfârșitul secolului al XX-lea și au primit, în ultimele decenii, o atenție sporită din partea comunității științifice, drept dovadă numărul mare de publicații [19]. Ultimele cercetări vin să medieze tocmai această discontinuitate între tradițional și contemporan, utilizând tehnologia pentru a implementa în mod inovativ, principiile naturale și noțiunile de proiectare bioclimatică dezvoltate în cadrul arhitecturii vernaculare.

¹⁷ Elizabeth M. Golden, 2018, „Building from tradition. Local Materials and Methods in Contemporary Architecture”;

¹⁸ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.13;

¹⁹ F.Pacheco-Torgal, Said Jalali, 2012, „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”;

2.1. Valoarea simbolică a pământului

Principala calitate a materialului pământ o reprezintă caracterul său universal: poate fi regăsit sub diverse forme și calități oriunde. Ca material de construcție, aceste caracteristici generează varietate tehnică și culturală, atât din punct de vedere al tradițiilor locale, cât și din punct de vedere al practicilor contemporane. Interesul pentru pământ necesită rigoare în înțelegerea caracteristicilor sale, timp pentru a-i aprecia potențialul, dar trezește și conștientizarea valorilor simbolice pe care le evocă. Făcând referire la geneză, pământul sugerează locul de origine, casa, umanitatea, drept imagini asociate direct cu acest material.

Gaston Bachelard sugerează în „Pământul și reveriile voinței” faptul că materialul în sine definește o imagine moale, conștiința unei slăbiciuni, care printr-un efort susținut al celui care o realizează, își consolidează forma. Pe de altă parte, se susține faptul că pământul sugerează o rezistență care poate fi învinsă prin muncă. Caracterul natural asociat cu materialitatea pământului în conștiința umană definește un tonus pozitiv. Acționând asupra lui prin muncă, individul se leagă nemijlocit de obiectul creat, obținând satisfacția oferită de punerea în operă a materiei prime într-o formă originală, conform priceperii sale [20].

Necesitatea de a studia materialele naturale ca repere ale evoluției și simbolisticii, definește noi perspective de analiză. În acest sens, pământul duce cu gândul la tradițiile vechi, materialul la îndemână folosit o dată cu sedentarizarea populațiilor. Pe fondul unei istorii milenare, păstrarea tradiției are ca efect realizarea unui sentiment de apartenență, mai ales în contextul unei lumi tehnologizate și impersonale, precum și configurarea unei comunități prin intermediul practicilor existente la nivel local. Din acest motiv, rezultă necesitatea de a studia aceste materiale naturale ca repere ale unei dezvoltări sustenabile în arhitectură, pornind de la practicile constructive tradiționale.

Ca reacție împotriva calității inferioare specifice pentru majoritatea materialelor de construcție contemporane, produse industrial și cu un preț redus, atenția este îndreptată din nou către materialele naturale. În cazul construcțiilor din pământ, există un caracter efemer asociat cu rezistența lor de-a lungul timpului, dar așa cum este demonstrat prin intermediul exemplelor ilustrate pe parcursul tezei, aceste aspecte variază în funcție de întreținerea construcțiilor (subcapitolului 3.4. *Europa de Vest și Europa Centrală în Epoca Modernă* și anexa 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane*). Pentru a media această relație cu timpul, este necesar ca arhitectura să constituie o mărturie a condițiilor contemporane realizării sale, cu repere clare referitoare la aspectele care determină specificul locului.

Spre deosebire de tehnicile tradiționale, arhitectura contemporană crează, de obicei, setări vizuale care par că își au relevanța doar în prezent, urmând doar idealuri formale. Procesele inevitabile ale uzurii nu sunt conștientizate ca elemente pozitive în proiectarea contemporană. Prin urmare, este necesară o legătură mult mai umană cu arhitectura, realizată prin re folosirea materialelor naturale, aprecierea gradului de uzură, a patinei timpului [21].

Din punct de vedere financiar, nu se justifică întotdeauna utilizarea materialelor naturale și a procedurilor tradiționale. Prețul mai mare al practicilor

²⁰ Gaston Bachelard, 1948, „Pământul și reveriile voinței”;

²¹ Marja Sarvimaki, 2011, „Considering Research: Reflecting Upon Current Themes in Architectural Research”;

tradiționale este justificat din cauza disponibilității din ce în ce mai reduse și din necesitatea de a avea o forță de muncă cu un grad superior de calificare. În schimb, din punct de vedere al valorii culturale, acestea fac legătura cu meșteșugurile transmise din generație în generație și se referă la:

- reconsiderarea tradiției prin valoarea simbolică implicită,
- asigurarea continuității tradiției către generațiile următoare,
- marcarea identității specifice prin intermediul resurselor locale.

Abordările de acest fel reușesc să mențină valorile referitoare la peisajul cultural și oferă continuitate în ceea ce privește specificul constructiv, variante adoptate în cadrul unor societăți tradiționale, precum cele din Elveția și Țările Nordice, de exemplu. Inițiativele marchează alternative de reinterpretare a practicilor tradiționale în context contemporan, dar reprezintă intervenții punctuale în comparație cu evoluțiile constructive pe plan mondial. În acest caz, se pune problema utilizării materialului pământ și a modului în care tehnicile constructive care folosesc această resursă sunt adaptate în timp.

Aprecierea valorii simbolice a tradițiilor constructive se limitează adesea la centrele istorice ale orașelor sau muzeele care expun arhitectura vernaculară în aer liber. Abordarea meșteșugurilor tradiționale prin utilizarea practică în cadrul proiectării contemporane devine din ce în ce mai greu de realizat, ca urmare a dezvoltărilor tehnologice. Cu toate acestea, este foarte posibil ca rolul materialității să nu fie neglijat în această nouă perioadă de schimbare către lumea digitală. Folosirea materialelor naturale reprezintă o variantă de refugiu împotriva excesului de tehnologie, fiind în același timp utilizate datorită beneficiilor referitoare la proprietățile termotehnice și ecologice.

2.2. Formele naturale și integrarea percepțiilor corporale în experimentarea spațiului arhitectural

În arhitectură, se constată interesul în creștere pentru înțelegerea proceselor cognitive care stau la baza experienței de zi cu zi a mediului construit. Se poate argumenta că influența reciprocă între proiectarea de arhitectură și medicină, pot fi detectate încă din perioada Renașterii, când arhitecți și medici și-au împărtășit pentru prima dată educația, studiile, precum și mediul cultural. De atunci, studiile de arhitectură și științele s-au inspirat continuu reciproc, dar abia recent au început să împărtășească, cu adevărat, perspective teoretice și metodologii interdisciplinare de studiu și de analiză. Un subiect particular apărut acum în conceperea arhitecturii se referă la relația dintre experiența senzorială și percepția spațiului.

Rolul modalităților de percepție non-vizuală și, în special, cea tactilă, trezește în prezent un mare interes. Mulți arhitecți teoreticieni au făcut deja speculații referitoare la relația corp-arhitectură în teorii formale, precum raportul de aur sau preferința pentru formele naturale, organice etc. În prezent, integrarea percepțiilor și rolul simțurilor în proiectarea de arhitectură sunt explorate prin integrarea senzorială a percepțiilor corporale și sugerează rolul important al percepției și al imaginilor tactile în experiența arhitecturală [22].

²² P. Papale, L.Chiesi, A.C. Rampinini, P.Pietrini, E.Ricciardi, 2016, „When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain”,

Unul dintre promotorii acestor teorii este Juhani Pallasmaa, arhitect finlandez și profesor de arhitectură în cadrul Universității de Tehnologie din Helsinki. Juhani Pallasmaa a influențat generații de arhitecți din întreaga lume prin învățăturile sale și își formează o percepție globală asupra direcției profesiei prin intermediul experienței sale de jurat al premiului Pritzker. Pallasmaa și-a început cariera într-o fază de reacție raționalistă împotriva romantismului, scrisul și opera sa timpurie fiind pline cu referiri la sisteme impersonale, logice de compoziție și organizare. Arhitectul a suferit o conversie la mijlocul vieții, când preocupările sale au migrat spre o perspectivă centrată pe individ și percepții corporale. Le Corbusier a suferit o transformare similară între proiectele pentru Villa Savoie și Shodhan, între "Vers Une Architecture" și „Le Poème de l'Angle Droit” [23].

În cartea "The eyes of the skin", Juhani Pallasmaa sugerează că în antiteză cu arhitectura vernaculară, cea contemporană eșuează în a satisface nevoia umană de bază reprezentată de conexiunea cu natura. Pallasmaa notează că arhitectura s-a transformat într-o formă de artă a imaginii vizuale instantanee. În loc să creeze microcosmosuri, reprezentări ale unor concepții personale, arhitectura proiectează imagini, în scopul persuasiunii imediate. Suprafața plată a materialelor, iluminarea monotonă, precum și eliminarea diferențelor specifice climatelor locale, consolidează în continuare percepția de uniformitate obositoare [24], caracteristică regăsită în multe proiecte de arhitectură realizate la momentul actual.

Criticii din domeniul arhitecturii argumentează împotriva supraestimării percepției vizuale ca principală sursă de apreciere estetică, ceea ce poate duce la o formă de proiectare unilaterală. În mod similar, lipsa de expertiză în aprecierea multisenzorială reprezintă o limitare serioasă în proiectarea de arhitectură [25]. Arhitectul Juhani Pallasmaa sugerează existența unui ingredient tactil inconștient în viziunea și aprecierea fundamentală a arhitecturii, care promovează atingerea ca modalitate senzorială principală. În aceasta privință, chiar dacă simțul vizual rămâne mijlocul principal de realizare a percepției spațiale, senzațiile tactile constituie, de fapt, nucleul aprecierii arhitecturale.

Interesul pentru percepția multisenzorială a arhitecturii readuce în actualitate calitățile materialelor naturale, tradiționale, proprietăți care se adresează complexității percepției umane. Tehnicile tradiționale aduc în discuție tocmai aceste caracteristici ale arhitecturii, ce țin de caracterul organic și natural al vernacularului. Apare în mod recurent tendința de întoarcere la materialele tradiționale, ca o nevoie evidentă de stabilitate și echilibru, de complementaritate cu mediul tehnologic, abstract și în continuă schimbare.

2.3. Regionalism și regionalism critic

Asemenea unui set de valori care se acumulează și se sedimentează, o tradiție culturală rămâne vie doar dacă se menține constant. Evoluția diferitelor civilizații este compusă din acumulare și progres, în timp ce modul în care o națiune își dezvoltă cultura, se bazează pe principiul creației. O cultură moare o dată ce nu mai este reînnoită și recreată. În schimb, doar o cultură capabilă să adopte în modul de gândire și concepții contemporane, va putea supraviețui. În caz

²³ Juhani Pallasmaa, 1988, „Tradition and Modernity: The Feasibility of Regional Architecture in Post Modern Society”, pag. 25-34;

²⁴ Juhani Pallasmaa, 2012, „The eyes of the skin: architecture and the senses”, pag. 40-71;

²⁵ Harry Francis Mallgrave, Willey-Blackwell, 2010, „The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture”, pag.188-206;

contrar, fidelitatea sa pentru trecut nu va fi altceva decât o simplă ornamentație folclorică în cazul unei abordări regionale a demersului cultural. Pericolul nu este doar de a repeta trecutul, ci de a se înrădăcina în el fără a inventa noi idei sau concepte culturale [26].

Regionalismul arhitectural nu este un stil bine definit, ci reprezintă un concept mai larg ce promovează utilizarea unui vocabular și a unor materiale de construcție specifice, o atitudine ce încearcă realizarea unei interacțiuni strânse cu spiritul locului. Termenul de regionalism a fost întrebuițat în moduri foarte diferite în arhitectura perioadei interbelice. Atât curentele de gândire care promovează progresul, cât și cele care se străduiesc să restabilească o etapă anterioară sau sunt în favoarea aprecierii reînnoite a tradiției, se pot raporta la tematica regionalismului.

Regionalismul ca și curent arhitectural are adesea un aspect cultural integrat, deoarece în construcțiile apărute sub amprenta acestui curent de gândire, se poate observa dinamica familiei tradiționale și organizarea societății în mare, așa cum este exemplul enunțat în prezentul studiu - construcțiile tradiționale din Banat. În timpul colonizării, erau alocate loturi de teren de dimensiuni corespunzătoare, prin introducerea reglementărilor ce luau în considerare capacitățile individuale ale familiilor de a-și administra resursele. Evoluția construcțiilor urmărește dezvoltarea gospodăriei, creșterea numărului membrilor familiei, diferitele variante de asociere etc., așa cum acestea sunt prezentate în cadrul anexei 9.3.3. *Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor cu pământ din Banat.*

În schimb, regionalismul critic a reprezentat un construct intelectual împotriva lipsei de context și de identitate promovate în cadrul curentelor modernist și postmodernist. Abordarea regionalismului critic încearcă să ofere o arhitectură înrădăcinată în tradiție, dar legată de contextul geografic și cultural al momentului. Regionalismul critic nu este, prin urmare, pur și simplu regionalism, în sensul arhitecturii vernaculare, ci reprezintă o abordare progresivă a proiectării care urmărește să medieze între arhitectura locală și cea globală [27].

Prin urmare, regionalismul este un construct narativ care ia naștere dintr-o interacțiune complexă dintre tradiționalism, modernism și art deco. Regionalismul apare ca o tendință prezentă în diferite stiluri arhitecturale, și nu ca unul bine definit din punct de vedere artistic și istoric. Curentul devine un mijloc de a asigura continuitate și inovație, tradiție și modernitate, printr-o identitate națională și adaptată specificului regional [28]. Regionalismul nu poate fi gândit separat de contemporaneitate, ci este căutarea unei identități într-o lume modernă și globală, mediind tensiunile între știință, estetică și ideologie, topică actuală și în momentul de față [29].

La începutul secolului al XX-lea, regionalismul a fost folosit ca un instrument de temperare a modernismului, dar scopul în sine vizează o adaptare armonioasă a noilor tehnologii constructive în locul în care sunt implementate. Regionalismul poate fi privit și ca o strategie pentru realizarea continuității în cadrul unei societăți

²⁶ Kenneth Frampton, 2007, "Part 3: Universal Civilization and National Cultures 1935–1998. In: The Evolution of 20th Century Architecture: A Synoptic Account";

²⁷ Leen Meganck, Linda Van Santvoort, Jan De Maeyer, 2013, „Regionalism and Modernity. Architecture in Western Europe;

²⁸ Graig Delany, 2018, „Lessons/regionalism in architecture – definition, characteristics, examples”;

²⁹ Vincent B Canizaro, 2007, "Collected writings on place, identity, modernity and tradition" Princeton Architectural Press, New York, Chapter 7, pg. 368-394;

în curs de modernizare, care să compenseze pierderea tot mai evidentă a tradiției. Curentul nu se adresează în exclusivitate mediului rural, ci și cadrului urban prin integrarea elementelor vernaculare în interioare, tipologii de locuințe, construcții reprezentative pentru comunitățile care le-au construit.

Regionalismul reprezintă un subiect interesant din perspectiva arhitecturii sustenabile deoarece modalitățile locale de a construi propun tehnici care folosesc cât mai puțină energie, materiale locale care condiționează soluția aleasă, respectiv metode pasive de maximizare a resurselor mediului înconjurător. Pentru a putea să se conformeze cerințelor societății contemporane, regionalismul trebuie să adere la concepțiile tehnologice și științifice, ceea ce uneori cere renunțarea la anumite aspecte ale trecutului cultural. Această situație naște un paradox: cum să fie generată o abordare contemporană, dar în același timp autentică în relație cu tradiția? Se poate crea un regionalism arhitectural prin practici specifice unei regiuni? Se pune problema în ce măsură materialele naturale, obținute pe plan local reprezintă soluții fezabile în condițiile în care practicile tradiționale reprezintă opțiuni mai scumpe, dar cu un efect benefic asupra comunităților locale.

În contextul actual, scopul actului de proiectare constă în crearea unei arhitecturi în care confortul termic, senzațiile tactile, orientarea solară, tectonica etc. răspund caracteristicilor locului. În acest mod, se propune realizarea unei arhitecturi care are capacitatea de a reda într-un mod autentic, semnificațiile comunităților pe care le adăpostește. La baza lucrării lui Kenneth Frampton, "*Către un regionalism critic: 6 puncte pentru o arhitectură a rezistenței*", scrisă în 1983, se dezbate ideea propunerii unei arhitecturi contemporane care abordează echilibrul dintre identitatea locului și o cultură globală, între tradițiile vernaculare și practicile moderne de construcție, avansate din punct de vedere tehnologic. În contextul nevoii curente de a formula o înțelegere culturală, nu doar o perspectivă tehnologică sau pragmatică a arhitecturii [30], lucrarea oferă un punct de vedere interesant pentru articularea unui argument mai amplu în favoarea sustenabilității, ca tendință în practica arhitecturală actuală.

2.4. Tectonică și materialitate

Problema tectonicii devine importantă în contextul tendinței actuale de a proiecta un mediu artificial, antropizat și marcat de tehnologie. Această orientare către mediul virtual influențează raporturile naturale ale omului cu mediul înconjurător, iar arhitectura trebuie să depășească simplul pragmatism al construcției, cu scopul de a-și asuma o semnificație expresivă, de reprezentare a identității locale, precum și a imaginii beneficiarilor săi. Karl Botticher și Gottfried Semper au definit termenul tectonică la mijlocul secolului al XIX-lea, ca fiind o poetică a construcției.

Clădirile își consolidează caracterul tectonic, fiind în primul rând un act al construcției și nu un discurs limitat la suprafață și volum [31]. Gottfried Semper a adăugat o dimensiune filozofică specifică ideii de formă tectonică. Modelul teoretic propus de Semper reprezintă o pauză de la formula "utilitas, firmitas, venustas" (stabilitate, utilitate, practică) care a stat la baza teoriei arhitecturii încă din vremea lui Vitruviu. Cele 4 elemente ale lui Semper au înlocuit această triadă și au

³⁰ Kenneth Frampton, 1983, "Towards a Critical Regionalism. Six Points for an Architecture of Resistance".

³¹ Frampton, Kenneth, 2002, "Botticher, Semper and the Tectonic: Core Form and Art Form.";

promovat, în schimb, ideea unei construcții care cuprinde următoarele simboluri și noțiunile asociate cu acestea:

1. Vatră - metalurgie, ceramică;
2. Movilă - lucrări de pământ;
3. Incintă - material textil, țesut;
4. Acoperiș - tâmplărie [32].

Prin urmare, termenul tectonic conține o serie de noțiuni care asociază caracterul simbolic cu cel material al unei construcții. Potențialul tectonic al oricărei clădiri provine din capacitatea sa de a articula atât aspectele poetice, cât și cele practice ale structurii sale [33]. Arhitectura trebuie să producă obiecte care arată ca și cum ar fi întotdeauna acolo. Acest aspect nu înseamnă negarea ingenuității spațiale, ci mai degrabă sporirea caracterului unei construcții prin realizarea precisă conform condițiilor locale.

Prin urmare, arhitectura nu rămâne în etapa unui exercițiu abstract, materialele și tehnicile de construcție fiind un mijloc de exprimare a principiilor care au dus la realizarea construcției. Deși pline de culoare și adesea prețioase, materialele contemporane accentuează senzația de artificial, deoarece nu reflectă caracteristicile materialelor naturale care îmbătrânesc într-o manieră firească, a căror valoare este potențată prin patină. Curente și stiluri arhitecturale diferite încurajează utilizarea și expresia unei diversități de materiale. Dintre arhitecții care promovează articularea justă a materialității, se remarcă Peter Zumthor, arhitect elvețian care a scris pe larg despre filozofia sa în arhitectură:

„Pentru a proiecta clădiri care au o legătură senzorială cu viața, trebuie să gândim într-un mod care depășește mult forma și construcția.”[34].

Conform lui Zumthor, arhitectura nu trebuie să fie exclusiv funcțională, ci trebuie să stârnească și senzații prin articularea adecvată a materialelor, prin contrastul de lumină și umbră, prin colorit, prin valoarea spațiului perceput, prin raportul plin-gol etc. În acest mod se realizează o conexiune la nivel personal cu construcția în sine, ceea ce în cazul construcțiilor tradiționale se realiza prin intermediul tehnicii constructive manuale, având la bază cunoștințe meșteșugărești. Clădirile lui Zumthor crează o juxtapunere între vechi și nou, un loc de apreciere a trecutului și promovează expresivitatea materialelor în raport cu răspunsul lor în timp și prin înțelegerea corespunzătoare a caracteristicilor mediului în care proiectele sunt amplasate.

În figurile 3. și 4. *Propunere Muzeul de artă în Riehen, Elveția* este prezentată o propunere de extensie a Muzeului Fundației Beyeler din regiunea Basel, Elveția, realizată de biroul arh. Peter Zumthor. Proiectul urmărește viziunea de ansamblu a cuplului fondator Ernst și Hildy Beyeler care promovează educația culturală. Pornind de la aprecierea contactului cu natura, integrarea în peisaj, propunerea mizează pe continuitatea spațiului interior cu cel exterior. Prin urmare, pământul ca material de construcție, datorită caracteristicilor sale naturale, devine una dintre soluțiile care se adaptează cel mai bine acestui concept. Forma tectonică abstractă a muzeului mediază, prin folosirea pământului ca material principal pentru realizarea fațadelor, o legătură între tehnica tradițională întâlnită atât în mediul

³² Masato Kawamukai , 2000, „A study on Gottfried Semper’s „The four elements of Architecture”;

³³ Emilia Țugui, 2015, „Materiale si materialități - Argument”;

³⁴ PhDessay.com., 2017, „Phenomenology in Peter Zumthor’s architecture”;

rural, cât și în cel urban. În acest mod, este propusă o soluție tradițională prin intermediul materialului, dar în același timp inovativă, în ceea ce privește utilizarea pământului la standarde contemporane.



Fig. 3. Propunere Muzeul de artă în Riehen, Elveția - pământ compactat, sursă: © Atelier Peter Zumthor & Partner, <https://www.fondationbeyeler.ch/en/museum/extension-project/>;

Fig. 4. Propunere Muzeul de artă în Riehen, Elveția - pământ compactat, sursă: © Atelier Peter Zumthor & Partner, <https://www.fondationbeyeler.ch/en/museum/extension-project/>;

Referințe capitolele 1 și 2

- [1]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 16;
- [2]. Atishay Jain, 2012, "Performance of Earth as a Building Material", Architectural Association School of Architecture, Londra, Regatul Unit;
- [3]. Otto Kapfinger, Marko Sauer, 2015, „Martin Rauch. Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth”, Edition Detail, ISBN 978-3-95553-273-4. Pag. 6-12;
- [4]. Rania Daher, 2015, „L'Architecture en terre crue dans la vallée du Jourdain; Une filière en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay - Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, special.: arhitectură, pag. 36-37 19-25;
- [5]. Paulo Costa, 2013, "Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development", CRC Press/Taylor & Francis, pag. 727-729;
- [6]. Volker Hauff, Raport Brundtland din 1987 al Comisiei Mondiale a Mediului și Dezvoltării (WCED), <https://sustainabledevelopment.un.org/content/document/5987our-common-future.pdf>, ultima accesare: 05.2021;
- [7]. Paola Sassi, 2006, "Strategies for Sustainable Architecture", Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon ISBN10: 0-415-34142-6;
- [8]. Vintilă Mihăilescu, 2017, "De ce este România astfel? avatururile exceptionalismului românesc", Editura Polirom, ISBN13: 9789734668182;
- [9]. Rania Daher, 2015, „L'Architecture en terre crue dans la vallée du Jourdain; Une filière en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay - Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, special.: arhitectură, pag. 19-25;
- [10]. Goodhew, Steve, 2016, „Sustainable construction processes: a resource text” Chichester, United Kingdom; Hoboken, John Wiley & Sons, ISBN: 9781405187596;
- [11]. Lola Ben Alon,, Vivian Loftness, Kent A Harries, Erica Cochran Hameen, 2020, „Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)”, LEHM Erde International Conference on Building with Earth, Weimar, Germany, articol disponibil on-line, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/online>, ultima accesare:04.2021;
- [12]. <https://www.britannica.com/science/ecological-footprint>, accesat on-line: 04.2021;
- [13]. <https://whc.unesco.org/en/culturallandscape/>, accesat on-line:04.2021;

- [14]. Bruno Andres, Philippe Devillers, Eric Defrenne, 2018, „Influence de la conception architecturale et du climat sur les transferts d'humidité dans une paroi”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATerre;
- [15]. Isabelle Moulis, Mary Jamin et Alain Marcom 2018, „Quand les travailleurs de la terre apprennent à la bâtir”, article selectate pentru publicare on-line Villefontaine: CRATerre, ISBN:979-10-96446-12-4;
- [16]. Florescu Elena Roxana , Bica Smaranda Maria ,2020, “Earth as an alternative. Indicators regarding the ecological character of building materials”, 7th International Conference on Education and Social Sciences, Dubai, ISBN 978-60;
- [17]. Elizabeth M. Golden, 2018, „Building from tradition. Local Materials and Methods in Contemporary Architecture”, Routledge edition ISBN-10: 1138909920;
- [18]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.13;
- [19]. F.Pacheco-Torgal, Said Jalali, 2012, „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, Construction and Building Materials 29, pag.512-519;
- [20]. Gaston Bachelard, 1948, “Pământul și reveriile voinței” Titlu original “La terre et les Rêveries de la Volonté”, Editura Univers, București, Piața Presei Libere nr.1. ISBN 973-34-0535-3;
- [21]. Marja Sarvimaki, 2011, “Considering Research: Reflecting Upon Current Themes in Architectural Research”, Proceedings of the 2011 ARCC Spring Research Conference, Architectural Research Centers Consortium Considering Research, Lawrence Tech University, Editors: Philip Plowright, Bryce Gamper ISBN 978-1-257-32189-6, pag.245-257;
- [22]. Papae P, Chiesi L, Rampinini AC, Pietrini P, Ricciardi E. „When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain”. Front Psychol. 2016; 7:866. Published 2016 Jun 9, doi:10.3389/fpsyg.2016.00866;
- [23]. Juhani Pallasmaa, 1988, „Tradition and Modernity: The Feasibility of Regional Architecture in Post Modern Society”, The Architectural Review, pag.25-34;
- [24]. Juhani Pallasmaa, 2012, “The eyes of the skin: architecture and the senses”, Wiley, ISBN-10: 9781119941286, pag. 40-71;
- [25]. Harry Francis Mallgrave, Willey-Blackwell, 2010, “The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture”, ISBN 9781405195850, pag.188-206;
- [26]. Kenneth Frampton, “Part 3: Universal Civilization and National Cultures 1935–1998. In: The Evolution of 20th Century Architecture: A Synoptic Account.” Springer, Vienna, pg. 85-86 , ISBN: 978-3-211-31195-0, 2007;
- [27]. Leen Meganck, Linda Van Santvoort, Jan De Maeyer, 2013, „Regionalism and Modernity. Architecture in Western Europe. 1914-1940”, Leuven University Press, ISBN: 9789058679185;
- [28]. Graig Delany, „Lessons/regionalism in architecture – definition, characteristics, examples”<https://study.com/academy/lesson/regionalism-in-architecture-definition-characteristics-examples.html>, ultima accesare: 05.2020;
- [29]. Vincent B Canizaro, 2007, “Collected writings on place, identity, modernity and tradition” Princeton Architectural Press, New York, Chapter 7, ISBN -13:978-1-56898-616-6,pg.368-394;
- [30]. Kenneth Frampton, 1983, “Towards a Critical Regionalism. Six Points for an Architecture of Resistance”;
<https://www.modernindenver.com/wpcontent/uploads/2015/08/Frampton.pdf>, ultima accesare: septembrie 2020.
- [31]. Kenneth, Frampton, 2002, “ Botticher, Semper and the Tectonic: Core Form and Art Form.” In What is Architecture? New York:Routledge, pag.138-152;
- [32]. Masato Kawamukai, 2000, A study on Gottfried Semper’ s „The four elements of Architecture”, Journal of Architecture and Planning;
- [33]. Emilia Țugui, 2015 „Materiale și materialități – Argument”, <http://arhitectura-1906.ro/2015/10/materiale-si-materialitati-argument/>, ultima accesare : 2020;
- [34]. „Phenomenology in Peter Zumthor’s architecture”, 2017,
<https://phdessay.com/phenomenology-peter-zumthors-architecture/>, ultima accesare: 2020;

3. Construcții remarcabile din pământ în Europa

Arhitectura din pământ a fost realizată de-a lungul mileniilor, fiind întâlnită pe toate continentele. Începând cu primele adăposturi modeste, până la construcții de dimensiuni impresionante sau ansambluri urbanistice complexe (prezentate în cadrul anexei 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice*), construcțiile din pământ reprezintă tehnici constructive expresive, cu o tradiție veche. La nivel european, au fost realizate studii referitoare la arhitectura din pământ, drept răspuns la o inițiativă internațională de recunoaștere a acestor practici constructive ca elemente importante ale patrimoniului mondial.

În acest subcapitol sunt prezentate aspecte regionale ale arhitecturii din pământ în diferite zone ale Europei. Aceste elemente caracteristice ale fondului construit din pământ au fost studiate în cadrul proiectului Terra Incognita, realizat în anul 2011 sub egida mai multor centre de cercetare, culturale și de învățământ. Pentru realizarea documentării pentru studiul de față, a fost consultat acest raport, precum și alte surse bibliografice, cu scopul de a defini tehnicile constructive cu pământ la nivel global.

În figura. 5. *Hartă cu specificul construcțiilor din pământ pe continentul european*, este ilustrată varietatea construcțiilor cu pământ întâlnite în Europa, accentuându-se tehnicile constructive principale, dezbătute în cadrul capitolului 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă*. Acest demers demonstrează modul în care materialul și tehnicile folosite se adaptează în funcție de condițiile climatice, sociale și economice pe continentul european. Prin urmare, se constată o mare diversitate a tehnicilor constructive tradiționale din pământ, materialul fiind folosit în scopuri foarte variate. De la simplii bulgări de pământ, până la tehnicile avansate de compactare sau stratificațiile pentru acoperirea cu pământ, aceste practici constructive au evoluat pe măsură ce așezările s-au dezvoltat și au prosperat. Drept dovadă, construcțiile din pământ constituie repere ale specificului arhitectural pentru multe centre istorice, urbane și rurale, răspândite pe întreg teritoriul european.

3.1. Preistorie

În ceea ce privește utilizarea tehnicilor de construcție cu pământ din Europa, unele dintre așezările umane cele mai vechi descoperite sunt datate din mileniul VI î.Hr. pe coasta Mării Egee, în regiunea Tesalia a Greciei și reprezintă adăposturi semi-îngropate cu plan absidal, realizate folosind împletituri din lemn, acoperite cu un strat de pământ. În Bulgaria, astfel de structuri pot fi datate încă din perioada neolitică (6000-4000 î.Hr.) și demonstrează diferitele influențe ale culturilor constructive din zona de nord a Peninsulei Balcanice [35]. Această tipologie constructivă este întâlnită și în Europa Centrală în Epoca Bronzului (1800-750 î.Hr.),

³⁵ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-81, ultima accesare: 03.2021;

drept dovadă descoperirile arheologice de la Köln Lindenthal [36]. În Epoca Fierului (începând cu secolul al XII-lea î.Hr., încheiată o dată cu perioada elenistică și romană, în jurul anul 31 î.Hr.), pe teritoriile celto-galice, s-a dezvoltat un tip de locuințe din lemn și bulgări de pământ numite în "oppidum".

Următoarele tehnici constructive au fost utilizate și introduse de către principalele civilizații, după cum urmează:

- **bulgări de pământ și paiantă**, utilizate de gali în zona de Nord,
- **cărămidă nearsă** a fost introdusă de către greci,
- **pământul compactat** a fost dezvoltat de romani în regiunea sudică.

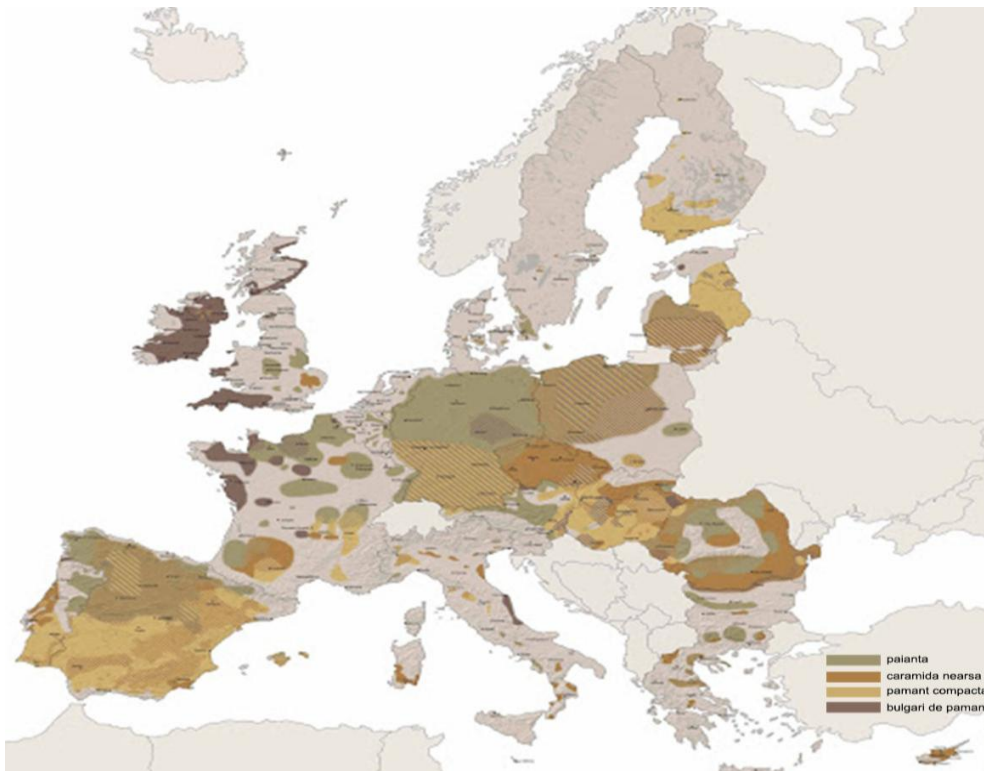


Fig. 5. Hartă cu specificul construcțiilor din pământ pe continentul european, realizată în cadrul proiectului © "Terra incognita";

3.2. Grecia și Imperiul Roman în Epoca Antică

În Grecia, primele forme organice de construcție din pământ și lemn evoluează spre construcții din cărămidă nearsă cu un plan rectangular, dar datorită unor perioade de instabilitate cauzate de invazii repetate, are loc o întoarcere la construcții mai simple, utilizând tehnica paiantei. Pământul brut este folosit și pentru realizarea fortificațiilor, a palisadelor, iar sub presiunea constantă a

³⁶ H. Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 20,

invadatorilor, tehnicile defensive se dezvoltă. Drept urmare, pentru realizarea zidurilor fortificațiilor, se folosește cărămida nearsă, pământul compactat în cofraje.

La sfârșitul secolului al III-lea î.Hr., la Atena, locuințele erau realizate din cărămidă nearsă, tehnica utilizată și pentru construirea zidurilor fortificate cu scop defensiv. După începerea utilizării pietrei, în special în arhitectura templelor, pământul ca material de construcție este folosit cu preponderență pentru acoperișuri orizontale, fiind așezat în straturi succesive, susținute de grinzi de lemn sau pentru realizarea pereților locuințelor rurale, așa cum este ilustrat în *figura 16. Locuință din cărămizi nearse în Lamezia și figura 17. Fermă din pământ compactat Cascina, Pagella* [37]. De remarcat este faptul că în timpul dezvoltării marilor civilizații, cum a fost cea greco-romană, colonizarea realizată în perioada respectivă a determinat dezvoltarea acestor tehnici constructive pe tot teritoriul Europei.

La începutul secolului al VI-lea î.Hr., în Roma, adăposturile erau realizate din lemn, fiind acoperite cu pământ, protejat cu var, urmând apoi să se dezvolte în locuințe cu plan rectangular și ziduri din cărămidă nearsă. Cărămida brută (lidio) rămâne materialul folosit pentru casele modeste ale orașului până în secolul I d.Hr.. Vitruviu acordă o importanță deosebită pământului în "De arhitectura", susținând că tehnicile constructive specifice materialului favorizează ocuparea forței de muncă. În schimb, pentru realizarea construcțiilor, trebuie să fie respectate diversele etape corespunzătoare tehnicilor constructive. Ulterior, cărămida nearsă nu a mai fost utilizată în oraș datorită pereților voluminoși [38], tehnica fiind folosită preponderent în mediul rural, pentru realizarea locuințelor sau fermelor agricole.



Fig. 6. Restaurarea unui zid fortificat din Gela, Sicilia, Italia, utilizând cărămizi nearse, sursă: © Letizia Dipasquale, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 7. Locuință tradițională în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;are: 03.2021;

În timpul Imperiului Roman (27 î.Hr.-395 d.Hr.), tehnicile constructive din pământ utilizate în regiunea de sud-est a Europei sunt cărămizile nearse și pământul compactat. Aceste tehnici au fost folosite încă din timpurile antice în Cipru și Grecia, în sudul și în centrul Italiei, Sardiniei și Siciliei. Vestigiile locuințelor patriciene găsite

³⁷ H. Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 21,

³⁸ Vitruvius, 1960, "The Ten Books on Architecture",

în Heraclea Minoa, Sicilia, au demonstrat utilizarea pereților realizați din pământ compactat și cărămidă nearsă încă din secolele I și II î.Hr. [39]. Există și cazuri în care pământul a fost utilizat ca un element complementar, integrând elemente din piatră, mai mult sau mai puțin regulate, dispuse în 2 straturi. În exemplul ilustrat în figura 6. Restaurarea unui zid fortificat din Gela, Sicilia, se poate observa un strat de piatră care susține partea superioară a zidului, realizată din cărămizi nearse [40]. Această variantă de combinare a cărămizilor nearse cu elemente din piatră este regăsită și în cadrul locuințelor tradiționale realizate în Italia - figura. 7. Locuință tradițională din cărămizi nearse, Samatzai, Sardinia, Italia.

3.3. Europa de Sud în Epoca Medievală

Zidăria din cărămidă nearsă a fost folosită în cele mai multe cazuri cu mortar pe bază de pământ, ghips, sau cu tencuieli pe bază de var, fiind inclusă de obicei, în cadrul unei structuri din lemn, drept material de umplutură. În aproape fiecare regiune a Peninsulei Balcanice, cărămida nearsă a fost îmbunătățită utilizând tehnicile otomane de armare a zidăriei prin introducerea elementelor orizontale amplasate la o distanță de 0,70-1,00m, așa cum este ilustrat în figura 11. Cărămidă nearsă și structură de lemn în Bulgaria.



Fig. 8. Locuință tradițională în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 9. Perete din cărămidă nearsă în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

³⁹ Giuseppe Lotti, Saverio Mecca, „Earth. Earthen Architecture in Southern Italy”, Edizioni ETS, ISBN: 978-884672146-4, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁰ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-82, ultima accesare: 03.2021;

În Cipru, zidăria din cărămizi nearse a fost folosită în centrele urbane, în mediul rural, precum și în regiunile de coastă. În zonele deluroase, muntoase sau în așezările rurale de-a lungul râurilor, unde pietrele sunt disponibile, utilizarea cărămizii nearse a fost în mod predominant limitată la partea superioară a structurii, susținută de un perete din piatră până la primul etaj, figura 10. *Cărămidă nearsă cu structură din lemn, Antartiko, Cipru.*

O etapă importantă în evoluția construcțiilor din pământ în Europa o reprezintă ocuparea musulmană din sudul Franței și Peninsulei Iberice, începută în 732 d.Hr.. Ca o urmare a extinderii influenței civilizației musulmane, s-au realizat o serie de vestigii istorice și arhitecturale de-a lungul teritoriului menționat. Musulmanii au fost cei care au introdus folosirea tehnicilor constructive cu pământ, în special, cărămida nearsă în zonele dintre Toulouse și Bordeaux, precum și pământ compactat în centrul și în sudul Spaniei (teritoriul cuprins între Zaragoza și Sevilla).



Fig. 10. Cărămidă nearsă și structură de lemn în Bulgaria, sursă: © Saverio Mecca; Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 11. Cărămidă nearsă și structură de lemn în Bulgaria, sursă: © Saverio Mecca; Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 12. Locuințe realizate din pereți folosind tehnica pământului compactat, cu bovindou la partea superioară în Agios Lavredios, Pelion, Grecia, sursă: © Georgia Bej, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 13. Locuințe realizate din pereți folosind tehnica pământului compactat, cu bovindou la partea superioară în Agios Lavredios, Pelion, Grecia, sursă: © Georgia Bej, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Între secolele al VIII-lea și al XV-lea, perioadă corespunzătoare ocupației arabe, pământul a fost folosit și pentru crearea arhitecturii militare monumentale. Utilizând tehnica pereților compactați din pământ, s-au realizat veritabile fortărețe militare, un exemplu fiind castelul Banos din Encina, Andaluzia (*figura 14. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos și figura 15. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos*). Fortăreața Banos a fost construită între secolele al X-lea și al XIII-lea, fiind un avanpost al luptelor între creștini și musulmani. Prin intermediul acestui exemplu remarcabil de arhitectură militară, se demonstrează rezistența în timp a materialului deoarece pereții din pământ compactat sunt bine conservați și după 1000 de ani. Cu siguranță, cel mai cunoscut monument al arhitecturii islamice în Europa este palatul Alhambra. În cadrul palatului se distinge turnul Comares, una dintre cele mai înalte construcții din pământ compactat din lume – 45m, exemplul fiind ilustrat în *figura 41. Porțiuni ale vechilor fortificații sunt din pământ compactat, Palatul Alhambra Granada, Spania, subcapitolul 4.3. Pământ compactat.*



Fig. 14. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos, sursă: © <https://www.andalucia.org/en/banos-de-la-encina-cultural-tourism-castillo-de-banos>, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 15. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos, sursă: © <https://www.andalucia.org/en/banos-de-la-encina-cultural-tourism-castillo-de-banos>;

Pe teritoriul Italiei se găsesc construcții din pământ care datează încă din secolele al XIII-lea, tehnicile constructive dezvoltându-se până în secolul al XVIII-lea. Pereții acestor construcții sunt realizați, de regulă, din cărămizi nearse sau pământ compactat și sunt completați cu diverse elemente arhitecturale detaliate, precum pilaștri din cărămidă nearsă, goluri și cornișe bordate, având la interior o tencuială din pământ. Construcțiile de acest fel constituie locuințe amplasate în mediul rural sau ansambluri agricole implantate în peisaj, așa cum sunt ilustrate exemplele din *figura 16. Locuință din cărămizi nearse în Lamezia, zona Calabria și figura 17. Fermă din pământ compactat Cascina Pagella, Lobbi, Alessandria, zona Piedmont, Italia.*

Construcțiile din cărămizi nearse și pământ compactat se realizează și în mediul urban, însă tehnicile tradiționale sunt gradual înlocuite cu opțiunile mai eficiente precum elementele de zidărie din cărămizi arse. Practicile tradiționale din pământ au fost înlocuite în toată regiunea Europei de Sud. Acest aspect s-a datorat disponibilității materialelor mai rezistente precum piatra și, ulterior, prin introducerea materialelor contemporane precum betonul și produsele conexe.



Fig. 16. Locuință din cărămizi nearse în Lamezia, zona Calabria, sursă ©: Ettore Pelaia, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 17. Fermă din pământ compactat Cascina, Pagella, Lobbi, Alessandria, zona Piedmont, Italia. sursă ©: Pierre Buch, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

3.4. Europa de Vest și Europa Centrală în Epoca Modernă

În Europa s-au construit multe reședințe nobile și burgheze, precum cele de pe Valea Saonei și Loarei din Franța, dar și în centrele istorice ale unui număr mare de orașe, cele mai cunoscute fiind Lyon, Weilburg, Strasbourg. Continuând această tradiție constructivă, în Franța, gama de construcții realizată din pământ este foarte diversificată, cuprinzând ansambluri urbane, biserici, castele și fortificații. Unele dintre aceste centre urbane sunt deja clasate pe lista monumentelor UNESCO, ceea ce explică interesul mare acordat tehnicilor constructive din pământ și necesitatea

de a conserva acest patrimoniu aflat în pericol. Se confirmă, existența fondului construit din pământ, atât în mediul rural, cât și în cel urban [41].

Un exemplu de reședință nobilă îl reprezintă castelul Vaugirard, amplasat în Champdieu, Valea Loarei. Construcția castelului Vaugirard a început din timpul secolului al XVII-lea [42] și se distinge prin compoziția armonioasă și simetrică a turnurilor, fiind listat drept monument istoric deoarece reprezintă un exemplu de arhitectură clasicistă franceză. Castelul reprezintă o remarcabilă construcție din cărămizi neare, acoperite cu o tencuială din calcar. În cadrul amenajării de interior se remarcă plafoanele franțuzești și șemineele în stil baroc. De asemenea, parcul original al castelului reprezintă un element important, fiind replantat în stil englezesc la începutul secolului al XIX-lea [43].



Fig. 18. Locuință folosind tehnica bulgărilor din pământ, Cotentin, Normandia, Franța, sursă: © Terra Incognita, *Discovering/Preserving European earthen architecture*, Argumentum/Culture Lab Editions, 2008, *Inventarul general al patrimoniului cultural*, sursă©: Manuel de Rugy, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 19. Castelul Vaugirard, secolul al XVII-lea, Champdieu, Valea Loarei, sursă: © Rene Guerin, pag. 120, *Terra Europae*, „*Earthen Architecture in the European Union*”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

În Europa Centrală, construcțiile din pământ s-au realizat preponderent în secolul al XVIII-lea, ca urmare a introducerii unei serii de reglementări. Într-o fază intermediară, se remarcă tipologia locuințelor cu structură din lemn, combinate cu pământ, prezente pe întreg teritoriul Europei Centrale, dezvoltate pe o perioadă extinsă de timp datorită următorilor factori și evenimente:

- lipsa lemnului din cauza defrișărilor rezultate în urma exploatărilor agricole,
- ulterior, a fost interzisă tăierea copacilor din pădurile domeniilor feudale,
- publicația graduală a reglementărilor privind incendiile care au dus la interdicția construcțiilor de locuințe noi din lemn, cerând ca cele existente să fie tencuite cu pământ,
- bucătăriile și coșurile trebuiau să fie realizate din zidărie,
- tehnicile constructive au fost răspândite în rândul meșterilor constructori prin intermediul tratatelor de arhitectură.

⁴¹ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Batir en terre: du grain de sable a l’architecture”, pag. 40-41;

⁴² www.petitfute.co.uk/v35686-champdieu-42600/c1173-visites-points-d-interet/c937-monuments/c949-chateau/203594-chateau-de-vaugirard.html;

⁴³ <https://qa.cirkwi.com/en/point-interet/133498-vaugirarg-castle>;

În realizarea unei construcții se combină mai multe tehnici constructive din pământ, ceea ce face ca tehnica pământului compactat să fie utilizată pentru pereții parterului, în timp ce timpanul este realizat din cărămizi și paiantă (o structură portantă din lemn cu elemente de umplutură din pământ amestecat cu adaosuri vegetale). În funcție de pământul local și de resursele disponibile, cărămida nearsă poate fi realizată utilizând mai multe amestecuri de pământ și fibre vegetale. Această tehnică este foarte des întâlnită în Câmpia Panonică. Pereții sunt, de regulă, ascunși sub o tencuială, dar nu și în cazul anexelor gospodărești, unde suprafața este expusă [44].

Locuințele cu structură din lemn umplute cu paiantă sau cărămizi nearse au fost realizate atât în orașe, cât și în zonele rurale. De exemplu, cea mai veche construcție cu structură din lemn și umplutură cu pământ de pe teritoriul Germaniei datează din 1408 în regiunea Berlin-Brandenburg (figura 21.). Această tehnică se referă la utilizarea unei structuri din lemn care preia încărcările majore, în timp ce pământul devine materialul de umplutură amplasat în golurile elementelor structurale. Construcțiile contravântuite în această manieră, capătă o mare stabilitate și rezistență la seism. Chiar dacă pământul este spălat de pe suprafața peretelui, se permite accesul și reparația structurii din lemn.



Fig. 20. Diferite tipuri de pereți – văiuță, cărămidă arsă, bulgări de pământ, pământ compactat în Slovenia, sursă : © Fernando Vegas, Camilla Mileto, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁴ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 65-70, ultima accesare: 03.2021;

Un alt exemplu reprezentativ este construcția de 5 etaje localizată în Weilburg an der Lahn, realizată în 1828, folosind tehnica pământului compactat (figura 22. *Locuință de cinci etaje din pământ compactat*), ceea ce demonstrează că se pot realiza construcții supraetajate și rezistente folosind această tehnică [45]. Conservarea în stare bună a acestor construcții a depins de gradul de implicare al proprietarilor, așa cum poate fi demonstrat prin intermediul construcțiilor întâlnite în mediul rural, ca de exemplu cele din Bukovci, Slovenia ilustrate în figurile 23. și 24. *Comparație între o locuință din pământ compactat abandonată și exemple de locuințe restaurate Bukovci, Slovenia*. Aceste edificii arată maniera în care fondul construit din pământ poate fi valorificat, înlăturând preconcepțiile conform cărora reprezintă un material care nu rezistă în timp, fiind necesară o întreținere regulată a construcțiilor.



Fig. 21. Locuință din paiantă, Wittstock, Brandenburg, sursă : © Rene Gueri, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 22. Locuință de șase etaje din pământ compactat, sursă : © DVL H. Schreckenbach, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 23. Comparație între o locuință din pământ compactat abandonată și exemple de locuințe restaurate Bukovci, Slovenia, sursă: © Borut Juvanec, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 24 Comparație între o locuință din pământ compactat abandonată și exemple de locuințe restaurate Bukovci, Slovenia, sursă: © Borut Juvanec, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁵ Peter Steingass, Berlin, „New chances for modern earth building”, www.moderner-lehmbau.com/english/programm/Chances_MEB_peter.pdf;

Deși cea mai accesibilă tehnică de construcție a rămas paianta, o dată cu îmbunătățirea condițiilor de viață din mediul rural, s-a introdus din ce în ce mai mult tehnica pământului compactat. Acest aspect se datorează ideilor Epocii Iluministe apărute în secolul al XVIII-lea și pe parcursul secolul al XIX-lea [46]. Tehnicile constructive tradiționale precum cărămizile nearse, bulgării din pământ și pământul compactat, au predominat până în Evul Mediu târziu, când în Europa Centrală și de Vest s-a dezvoltat metoda colombage sau Fachwerk – structuri din lemn umplute cu pământ (Rouen, Le Mans, Bourges, Strasbourg, Limburg) sau folosind cărămida nearsă (cartierul Croix Rousse din Lyon).



Fig. 25. Construcție din Alsacia, Franța, folosind tehnica colombage, umplută înainte cu paiantă, înlocuită între timp cu cărămizi nearse sau beton celular autoclavizat, sursă: © Terra Incognita. Argumentum/Culture Lab Editions, 2008, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 26. Locuințe folosind tehnica colombage în Limburg, Germany, sursă: © H. Schreckenbach, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁶ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 21 ;

3.5. Țările Nordice

În Anglia și în țările nordice, arhitectura din pământ a fost considerată ca o alternativă la construcțiile din lemn deoarece a permis conservarea lemnului drept resursă economică. Lemnul a fost utilizat pentru construcția ambarcațiunilor, respectiv pentru generarea de energie. Construcțiile din pământ sunt mai puțin susceptibile la foc în comparație cu construcțiile tipice din lemn. În timpul Revoluției Industriale (începută în Europa odată cu secolul al XVIII-lea), s-au realizat fabrici de cărămizi de-a lungul cursurilor de apă importante. Această dezvoltare a contribuit la înlocuirea graduală a cărămizilor nearse din pământ cu cele arse, fiind la momentul actual, cel mai utilizat material de construcție din regiunea europeană. Pentru a proteja patrimoniul vernacular, multe dintre construcțiile existente au fost relocate în muzee în aer liber [47].



Fig. 27. Restaurarea unei locuințe din bulgări de pământ în Effin, Irlanda, sursă : ©Marie Chabenat, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 28. Restaurarea unei locuințe din bulgări de pământ în Effin, Irlanda, sursă : ©Marie Chabenat, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 29. Frilandsmuseet Open Air Museum, Denmark, sursă : ©Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁷ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 55-56;

Țările nordice și-au stabilit primele muzee în aer liber la sfârșitul secolului al XIX-lea și conceptul acestui tip de muzeu s-a împrăștiat pe tot teritoriul Europei. După Primul Război Mondial, arhitectura din pământ a fost promovată pentru construcția locuințelor din pământ a soldaților sau a refugiaților. În acest sens, între anii 1920 și 1960, s-au realizat mai multe studii referitoare la valorificarea arhitecturii vernaculare, respectiv diseminarea cunoștințelor, ceea ce a permis ulterior reluarea acestor practici cu mai multă ușurință.

O dată cu apariția acestor ansambluri, se introduce regionalismului ca și curent arhitectural (concept prezentat în cadrul subcapitolului 2.3. *Regionalism și regionalism critic*). Conceptul apare și ca o reacție la urbanizarea forțată, văzută ca o consecință a Revoluției Industriale. Această separare a oamenilor de mediul preponderent rural și a practicilor colective realizate în cadrul comunităților rurale, muzeele în aer liber au reprezentat nevoia de exprimare a identității naționale. **Dacă în primele etape, promovarea folclorului a fost considerată o manifestare de primitivism** [48], ulterior s-a justificat maniera în care această legătură cu trecutul permite crearea unor conexiuni logice între tradiție și contemporaneitate. Acest demers determină realizarea unor proiecții pentru viitor, într-un context favorabil, așa cum studierea istoriei duce la depistarea unor tipare repetitive la nivel regional, național. Un exemplu aparte este reprezentat de muzeul în aer liber Frilandsmuseet din Danemarca, unde este expusă o tipologie specifică, cea a construcțiilor cu acoperiș înierbat, denumite *turf* în țările nordice.

Primele referințe ale acestei tehnici constructive datează încă din Antichitate și se referă la grădinile suspendate ale orașului Babilon, reprezentând până în Evul Mediu și în perioada Renașterii un semn al prosperității. În cazul țărilor nordice, pământul pe acoperiș a fost utilizat datorită capacității de termoizolare a materialului. O caracteristică aparte a construcțiilor din țările nordice o reprezintă îmbunătățirea proprietăților termice prin adăugarea unor produse locale precum fibrele vegetale din plută, coajă de mesteacăn (care asigură impermeabilizarea), crengile sau acele de rășinoase. Stratificația este realizată folosind bulgări din pământ, respectiv un strat de gazon cu scop de fixare a materialului [49].



Fig. 30. Muzeul în aer liber Bokrijk, tehnica timberframe și paiantă Belgium, sursă : © Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 31. Muzeul în aer liber Bokrijk, tehnica timberframe și paiantă Belgium, sursă : © Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁸ Raymond de la Rocha Mille, 2011, „Museum without walls, the museology of George Henry Riviere”, City University London, Department of Cultural Policy and Management, pag. 70-90;

⁴⁹ John D. Magill, Karen Midden, John Groninger, Matthew Therrel, 2011, „A history and definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research”, Research Papers, Paper 91, http://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp/91;

De exemplu, muzeul în aer liber Bokrijk de lângă Hasselt, în Belgia, are mai mult de o sută de structuri istorice, reprezentative pentru arhitectura vernaculară a regiunii. Tehnica specifică zonei presupune adăugarea reziduurilor din lemn pentru a crea un amestec ușor care este utilizat ca umplutură pentru structurile din lemn sau pentru realizarea blocurilor prefabricate. Această opțiune constructivă reprezintă o variantă mai bună de obținere a izolării termice în comparație cu majoritatea tehnicilor din pământ care utilizează fibre vegetale și prezintă avantajul de a reduce din timpul de uscare al amestecului.



Fig. 32. Villa Terra construită din pământ compactat în Suedia, Falkenberg, Suedia – 1925, sursă: © Jenny Andersson, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Din punct de vedere al tehnicii constructive, în Suedia, de exemplu, datorită rezervelor mari de argilă, construcțiile tradiționale au la bază structuri din lemn umplute cu pământ compactat și paiantă. În Finlanda, în schimb, se folosește mai mult tehnica construcțiilor din pământ compactat. După Primul Război Mondial, arhitectura din pământ a devenit o alternativă la construcțiile din lemn, drept urmare, în Țările Nordice, s-au realizat construcții din pământ compactat în timpul anilor 1920 și 1930, menținute în bune condiții până în ziua de astăzi (fig. 32.) [50]. Imediat după cel de-al Doilea Război Mondial, țările din Europa s-au confruntat cu o lipsă a materialelor de construcție și cu nevoia de a reloca populațiile afectate din cauza distrugerilor. Din acest motiv, interesul pentru construcțiile din pământ a crescut, drept urmare s-au alocat granturi de cercetare pentru găsirea unor soluții practice de rezolvare a problemelor locative.

Inclusiv arhitectul Le Corbusier propune o variantă de prototip de locuințe pentru refugiați, intitulat „Maisons Murondis”. Așa cum este ilustrat în figura 33., planul este simplu și compact, adaptat unor nevoi locative minimale. Zidurile sunt masive pentru a utiliza proprietatea de inerție termică specifică peretilor din pământ, așa cum se poate observa din figura 34. *Secțiune prin prototipul locuințelor „Maisons Murondis”*. Aceste locuințe sunt inspirate din construcțiile masive ale Orientului Apropiat, drept dovadă sunt utilizate proprietățile termotehnice ale

⁵⁰ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 44-47;

cărămizilor nearse, eficiența funcțională și secțiunea decalată ce favorizează ventilarea naturală, subiecte prezentate pe larg în anexa 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane* [51].

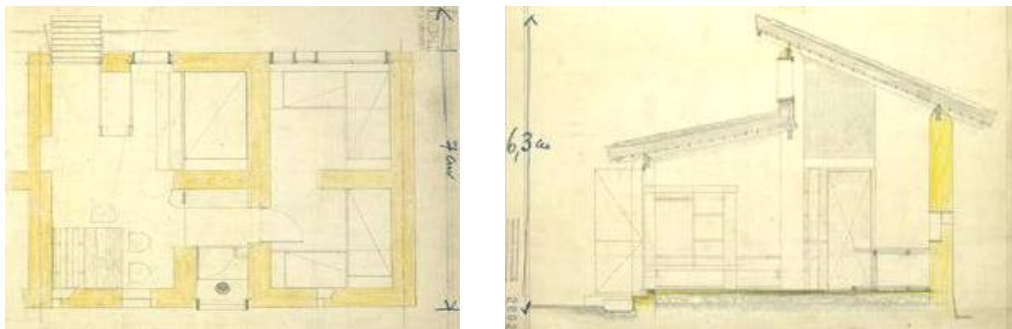


Fig. 33. Plan prin prototipul locuințelor "Maisons Murondis" realizate de Le Corbusier, sursă : © FLC/ADAGP, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 34. Plan prin prototipul locuințelor "Maisons Murondis" realizate de Le Corbusier, sursă : © FLC/ADAGP, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

Referințe capitolul 3

- [35]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-81, ultima accesare:03.2021;
- [36]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 20;
- [37]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 21;
- [38]. Vitruvius, 1960, "The Ten Books on Architecture", https://www.academia.edu/35082765/VITRUVIUS_THE_TEN_BOOKS_ON_ARCHITECTURE, ultima accesare: 04.2021;
- [39]. Giuseppe Lotti, Saverio Mecca, „Earth. Earthen Architecture in Southern Italy”, Edizioni ETS, ISBN: 978-884672146-4, ultima accesare: 03.2021;
- [40]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-82, ultima accesare: 03.2021;
- [41]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Batir en terre: du grain de sable a l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 40-41;
- [42]. www.petitfute.co.uk/v35686-champdieu-42600/c1173-visites-points-d-interet/c937-monuments/c949-chateau/203594-chateau-de-vaugirard.html, ultima accesare: 03.2021;
- [43]. <https://qa.cirkwi.com/en/point-interet/133498-vaugirarg-castle>, ultima accesare: 03.2021;
- [44]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 65-70, ultima accesare: 03.2021;
- [45]. Peter Steingass, Berlin, „New chances for modern earth building”, www.moderner-lehmbau.com/english/programm/Chances_MEB_peter.pdf;

⁵¹ Extras din "Le Corbusier, "Oeuvre complete", volumul 4, 1938-1946, www.fondationlecorbusier.fr;

- [46]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 21;
- [47]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 55-56;
- [48]. Raymond de la Rocha Mille, 2011, „Museum without walls, the museology of George Henry Riviere ”, City University London, Department of Cultural Policy and Management, pag. 70-90;
- [49]. John D. Magill, Karen Midden, John Groninger, Matthew Therrel, 2011, „A history and definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research”, Research Papers, Paper 91, http://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp/91;
- [50]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 44-47;
- [51]. Extras din „Le Corbusier, Oeuvre complete”, volumul 4, 1938-1946, www.fondationlecorbusier.fr;

4. Tehnici constructive folosind pământul ca resursă principală

Capitolul de față pune în evidență tehnicile tradiționale de utilizare a pământului ca sursă de inspirație pentru interpretări contemporane. Deși pământul a continuat să fie folosit ca material de construcție tradițional, nu a mai fost utilizat în aceeași manieră, pe măsură ce alte materiale de construcție au devenit disponibile. Acesta este și cazul construcțiilor din pământ aflate în zona Banatului, unde abandonarea pământului ca material de construcție a determinat o lipsă de continuitate a tradiției constructive locale. De asemenea, prin îmbunătățirea proprietăților materialelor contemporane, a determinat renunțarea la practicile constructive tradiționale care necesită timp și forță de muncă calificată.

Arhitectura vernaculară este arhitectura construită de comunitate care răspunde cerințelor sociale și de mediu, folosind materiale locale. Din punct de vedere al peisajului cultural și al resursele sale, arhitectura vernaculară reprezintă un exemplu de adaptare la mediul înconjurător [52]. Importanța acordată arhitecturii vernaculare este dată în context contemporan de necesitatea identificării și implementării în clădirile existente a strategiilor care îi conferă sustenabilitate. Este necesar a contura un discurs arhitectural complet, care pornește de la tradițiile locale și ajunge la o interpretare contemporană a tehnicilor constructive specifice.

Pentru a înțelege evoluția construcțiilor din pământ, este necesară o trecere în revistă a principalelor practici constructive și a unor exemple reprezentative, așa cum acestea au fost prezentate în următoarele capitole și anexe:

- *capitolul 4. Tehnici constr. folosind pământul ca resursă principală,*
- *anexa 9.1. Arhitectura din pământ în diferite zone geografice,*
- *anexa 9.6. Construcții contemporane din pământ.*

Ultimele inovații din punct de vedere al materialelor de construcție au fost susținute în cadrul congreselor internaționale de specialitate datorită aspectelor ecologice și a posibilităților creative de construire cu pământ [53]. Prin urmare, materialul pământ care căpătase o importanță secundară în arhitectură, este considerat, conform studiilor recente, drept un material de construcție sustenabil. Caracteristicile pământului determină tehnicile constructive, iar adaptarea la fiecare context dezvoltă o arhitectură bazată pe valori socio-culturale, economice și ecologice, specifice fiecărui amplasament în parte.

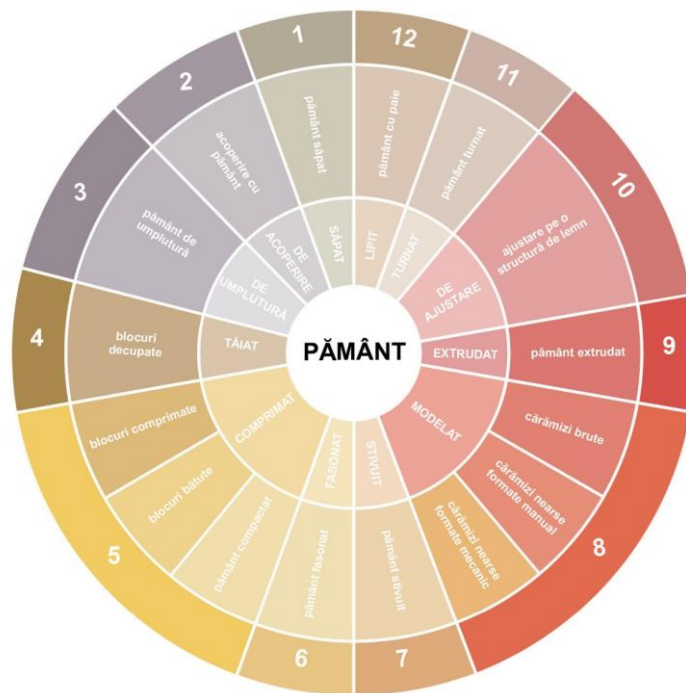
Din acest motiv, tehnicile locale constructive oferă un punct de plecare pentru soluții inovative referitoare la modul de gestionare a mediului prin oferirea unor strategii de intervenție neinvazive. Reutilizarea pământului ca material de construcție inovativ oferă posibilitatea apariției unor noi direcții și posibilități de expresie arhitecturală. Înainte de a ajunge la dezvoltări contemporane, este necesară o trecere în revistă a celor mai utilizate tehnici tradiționale [54].

⁵² Simon John Parkin, 2014, "Valuing the Vernacular: Scotland's earth-built heritage and the impacts of climate change";

⁵³ L.Ronge, 2012, "Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration", University of Applied Sciences, Erfurt and Rongen Architects, Germany;

⁵⁴ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.26-27;

Tab.1. Conform fiecărei opțiuni prezentate, se remarcă o tehnică constructivă aparte. Tehnicile constructive din pământ. Această reprezentare grafică însumează tehnicile de construcție folosite, împărțite în funcție de maniera de punere în operă. Conform fiecărei opțiuni prezentate, se remarcă o tehnică constructivă aparte, preluare după: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.26, 2009;



Tehnicile de construcție cu pământ sunt foarte variate și depind de compoziția granulometrică a solului. Această gamă variată de posibilități constructive este determinată și de conținutul de apă al materialului în timpul punerii sale în operă: uscat, umed, plastic, vâscos sau lichid. În tabelul 1. *Tehnicile constructive din pământ*, sunt prezentate mai mult de 12 posibilități constructive care sugerează diferitele variante de punere în operă ale materialului

1. Săpare : pământ săpat, excavat,
2. Acoperire : acoperire cu pământ,
3. Umplutură: pământ de umplutură,
4. Tăiere: blocuri decupate,
5. Comprimare: blocuri comprimate, blocuri bătute, pământ compactat,
6. Fasonare: pământ fasonat,
7. Stivuire: elemente stivuite din pământ,
8. Modelare: cărămizi brute, cărămizi nearse formate manual sau mecanic,
9. Extrudare: pământ extrudat,
10. Ajustare: ajustarea pe o structură din lemn.
11. Turnare : pământ turnat.
12. Pământ cu paie.

Tab. 2. Tehnicile de construcție în funcție de conținutul de apă, preluare după: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.27, 2009;

Categorie	Conținut de apă	Descriere	Tehnici folosite
A.	0-5%	<i>Pământul uscat cu conținut mic de apă se găsește sub formă de blocuri sau agregate și nu poate fi spart fără unelte. Apare acolo unde solul are o coeziune ridicată. În schimb, sub formă de pulbere, pământul nu poate fi aglomerat. Apa este un ingredient esențial pentru transformarea pământului în material pentru construcții. Pământul uscat permite realizarea de elemente de construcție, utilizând următoarelor tehnici:</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excavare 2. Acoperire 3. Umplere 4. Formarea de blocuri decupate
B.	5-20%	<i>Pământul umed este dezagregat sub formă de bulgări. Atingerea materiei prime dă o senzație de umiditate, dar acesta nu poate fi modelat datorită lipsei de plasticitate. Tehnicile de realizare utilizate în acest caz, sunt:</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excavare 2. Acoperire 3. Umplere 4. Blocuri decupate 5. Comprimore
C.	15-30%	<i>Pământul în stare plastică cu un conținut de apă de 15-30% este maleabil, fiind utilizat pentru următoarele tehnici:</i>	<ol style="list-style-type: none"> 6. Fasonare 7. Stivuire
D.	15-35%	<i>Pământul vâscos cu un conținut de apă de 15-35%, se lipește, dar nu curge. Datorită caracterului său neomogen, compoziția este folosită pentru:</i>	<ol style="list-style-type: none"> 8. Cărămizi nearse 9. Extrudare 10. Ajustare
E.	> 35%	<i>Pământul lichid este sub formă de suspensie, are particule complet dispersate în apă și constituie un liant lichid, fiind utilizat pentru finisaje. Tehnicile de realizare ale materialului de construcție în acest caz, sunt:</i>	<ol style="list-style-type: none"> 11. Dispersare 12. Pământ cu paie

- În funcție de conținutul de apă, pământul ca material de construcție se adaptează diferitelor tehnici, precum cele enumerate în tabelul 2. *Tehnicile de construcție în funcție de conținutul de apă, preluare după: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”.*

- Umiditatea reprezintă primul indiciu referitor la posibilitățile constructive ale materialului și varianta de adaptare a acestuia.

- Aceste proprietăți pot fi modificate, dar umiditatea caracteristică și compoziția granulometrică reprezintă criteriile principale în determinarea tehnicii constructive.

Conform fiecărei opțiuni prezentate, se remarcă o tehnică constructivă aparte. Tab. 1. Tehnicile constructive din pământ. Această reprezentare grafică însumează tehnicile de construcție folosite, împărțite în funcție de maniera de punere în operă. Conform fiecărei opțiuni prezentate, se remarcă o tehnică constructivă aparte, preluare după: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.26, 2009;

4.1. Bulgări din pământ

Bulgării din pământ (cob în engleză) reprezintă una dintre cele mai simple și vechi forme de construcții, cu referințe istorice ce datează încă de la sfârșitul secolului al X-lea î.Hr., în Orientul Apropiat. În schimb, în Europa, s-au păstrat construcții reprezentative din pământ în Marea Britanie, încă din secolele al XVI-lea și al XVII-lea (Devon), precum și în regiunea Abruzzes din Italia. În Franța, de exemplu, bulgării din pământ au fost utilizați în general în partea de nord sub forma unor locuințe rurale relativ modeste [55].

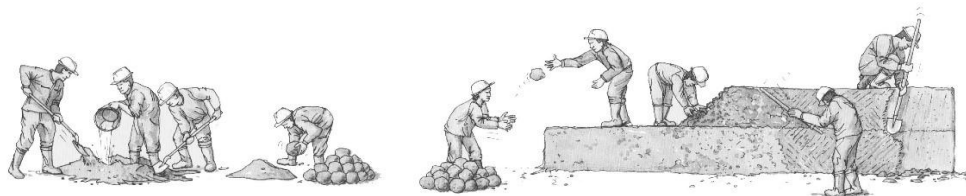


Fig. 35. Metoda de construcție a cobului, imagine preluată după : © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.63;

În forma sa cea mai simplă, un perete din bulgări de pământ este construit prin stivuirea în straturi a unor elemente sferice maleabile din argilă și nisip, în amestec cu produse vegetale. Materialul este frământat în stare plastică, iar construcția este realizată integral manual. Preferabil este ca pământul să nu conțină pietriș, agregat care afectează coeziunea materialului. Bulgării sunt modelați și aruncați cu putere pe stratul suport pentru a oferi aderență între straturile peretelui, formând o structură monolitică. Peretele format din bulgări este compactat pentru a închide fisurile, iar neregularitățile de pe fețe sunt îndepărtate. Înălțimea unui perete care poate fi construit într-o zi este limitată. Pământul se poate prăbuși sub propria greutate în condițiile în care straturile inferioare nu sunt suficient de uscate.

Clădirile din bulgări de pământ nu necesită cofraj, șlefuire, aditivi industriali sau forță de muncă cu o înaltă calificare, pentru a fi realizate. Această tehnică este încă folosită în mediile rurale ale țărilor în curs de dezvoltare, metoda în sine fiind foarte conservatoare din punct de vedere al amestecului și prezintă puține diferențe față de tehnicile constructive tradiționale [56]. Cu excepția câtorva inițiative din Bretania, Franța, unde s-au realizat blocuri întregi prefabricate,

⁵⁵ Kan-Chane Gunawardena, 2008, “Natural building materials and methods. The future of cob and strawbale construction in the UK”;

⁵⁶ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 70-71;

există puține evoluții contemporane ale acestei tehnici. Un alt exemplu este tehnica pământului pulverizat, inventată în 1996 de americanul David Easton. Pământul uscat, prăfos, trece printr-o țevă conectată la un compresor și este aruncat asupra unui perete vertical din lemn, folosit ca și cofraj. La ieșirea din țevă, pământul este umidificat într-o fracțiune de secundă, ajungând în starea plastică necesară pentru a construi peretele masiv [57].



Fig. 36. Locuință din bulgări de pământ, construită în 1536, Devon, Anglia, sursă: © Kan-Chane Gunawardena;



Fig. 37. Pământ pulverizat, invenția lui David Easton, sursă: © „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.71;

⁵⁷ David Easton, 2007, “The Rammed Earth House”, pag.56;

4.2. Cărămida nearsă

Producția de cărămizi nearse reprezintă una dintre cele mai simple moduri de fabricare a materialelor de construcție. Există o gamă foarte variată de procedee de realizare în funcție de specificul local, dar față de alte tehnici de construcție tradiționale cu pământ, aceasta permite o execuție mai rapidă. Cărămida nearsă este o cărămidă din pământ brut, modelată manual sau turnată în matrițe în stare plastică, apoi uscată la soare, în aer liber.



Fig. 38. Metoda de construcție a cărămizilor compactate, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.42-43;

Tehnica oferă posibilitatea de a construi zidurile unei clădiri fără a utiliza alte materiale în afara mortarului, realizat din pământ și agregate. Zidurile, dar și arcadele, bolțile și cupolele pot fi construite din cărămidă. Tehnica de construcție cu cărămizi nearse este prezentă pe toate continentele, cele mai multe exemple pot fi văzute în China și în Orientul Mijlociu, dar și pe continentele american și african. Folosind această tehnică, au fost realizate construcții având diverse funcțiuni, de la ansambluri monumentale și urbane, până la clădiri publice și private etc. De asemenea, tehnica este prezentă și în cadrul arhitecturii vernaculare, rurale, mai modestă, deși solidă și rezistentă [58].



Fig. 39. Workshop organizat în Canyon Road, Statele Unite ale Americii, sursă: © <https://kxci.org/events/adobe-brick-making-workshop/>;

⁵⁸ Aimilios M., Philokyprou M., Thravalou S., Ioannou I., 2016, “The role of adobes in the thermal performance of vernacular dwellings”;

În fiecare regiune a lumii sunt generate limitări specifice de producție, deoarece uscarea cărămizilor este foarte dependentă de climatul în care produsele sunt depozitate. Din acest motiv, producția de cărămizi nearse încetează în perioadele reci și când valorile temperaturilor exterioare ating puncte extreme (uscarea prea rapidă duce la apariția de fisuri și deformări). Pământul folosit pentru confecționarea cărămizilor crude este, în general, relativ fin și nu conține pietriș deoarece materialul este frământat și modelat manual, iar dimensiunile mici ale matrițelor impun o dimensiune mai mică a componentelor, inclusiv a celor vegetale.

Forma paralelipipedică este cea mai cunoscută pentru cărămizi, rezultând elemente cu diferite dimensiuni și cu o greutate variabilă (format normal: 71x115x240mm, format dublu : 113x115x240mm) [59]. Elementele constructive sunt realizate utilizând matrițe din lemn sau oțel și au una sau mai multe celule. Prea multă argilă în compoziție duce la fisurare în timpul uscării, fenomen ce poate fi evitat prin simpla adăugare a nisipului și a fibrelor vegetale în compoziție. Muchiile verticale care nu rămân drepte după procesul de modelare, semnaleză că materialul este încă prea umed. Cu toate acestea, amestecul este semnificativ mai lichid atunci când este turnat în mai multe matrițe simultan (producție mecanizată). Pentru uscarea fiecărei cărămizi, este necesară o suprafață foarte mare. O dată uscate, cărămizile nearse sunt zidite cu un mortar realizat dintr-un amestec similar cu cel al cărămizii [60].

În conformitate cu normativele privind construcțiile din zidărie și în funcție de clasa de densitate, cărămizile nearse sunt utilizate sub formă de elemente de închidere, de umplutură sau pentru termoizolarea construcțiilor vechi. Standardele germane DIN 18945 [61] descriu particularitățile cărămizilor nearse fabricate industrial. Procedurile obișnuite de fabricație se referă la compactarea manuală, presare și extrudare. Datorită masei mari ce conferă inerție termică, cărămizile reglează temperatura interioară, un efect benefic în cazul fluctuațiilor de temperatură, așa cum este demonstrat în cadrul studiului teoretic, subcapitolul 7.1. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Proprietăți termice.* [62].

⁵⁹ <https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/tn-agaton-lehm-gesamtkatalog-2019-low.pdf>;

⁶⁰ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, 2009, pag.214;

Pentru a reduce costul forței de muncă și pentru a crește productivitatea în realizarea elementelor constructive, au fost introduse moduri de producție mecanizate, chiar industriale. - Inginerul Hans Sumpf, a realizat o mașină autopropulsată, echipată cu matrițe deplasate hidraulic care revoluționează tehnica de producție. Acest dispozitiv rămâne un model semnificativ în cadrul industriei specifice și s-a extins în partea de sud-vest a Statelor Unite ale Americii (California, Colorado, New Mexico, Arizona și Texas). Producția zilnică de cărămidă nearsă a acestui dispozitiv are o rată medie de 3000 bucăți/zi.

- În Portugalia, compania inginerului Jurgen Sandek, realizată la sfârșitul anilor 1990, produce 500.000 de cărămizi nearse pe sezon, confirmând existența unei cereri pe piață a acestor elemente constructive.

⁶¹ DIN 18945: 2018-12, Lehmsteine – Anforderungen, Prufung und Kennzeichnung, <https://www.beuth.de/de/norm/din-18945/296262224>;

⁶² Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.124;

4.3. Pământ compactat

Tehnica pământului compactat apare mai târziu, în comparație cu tehnicile amintite anterior, unul dintre exemplele cele mai timpurii fiind identificate în jurul anului 814 î.Hr., în orașul fenician Cartagina. Începând cu secolul al VIII-lea d.Hr., o dată cu extinderea Islamului în Europa, tehnica pământului compactat este utilizată în mod intensiv, mai întâi în Spania, apoi în Franța [63]. În ciuda simplității sale aparente, pământul compactat reprezintă o tehnică mai sofisticată în comparație cu celelalte modalități tradiționale de construcție – bulgării din pământ și cărămizile nearse. Dacă tehnicile amintite anterior nu necesită instrumente complicate pentru punerea în operă, cofrajul pentru pământul compactat este un element constructiv mult mai complex.

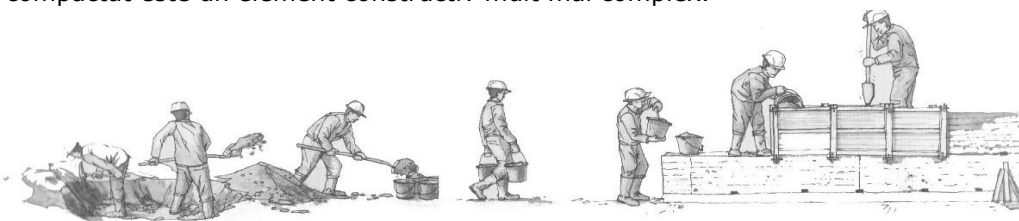


Fig. 40. Metoda de construcție a pământului compactat, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.282;

Calitatea unei construcții folosind tehnica pământului compactat depinde în mare măsură de omogenitatea materiei prime. Atunci când se optează pentru pământ compactat, este recomandabil ca materia primă utilizată să îndeplinească criteriile de selecție privind compoziția granulometrică. Pământul compactat este singura tehnică în care amestecul poate cuprinde pietriș. De exemplu, depozitele de origine glaciară din jurul Alpilor reprezintă un material potrivit pentru tehnica compactării, cu calități asemănătoare betonului, fiind gata de utilizare fără prea multe modificări ale amestecului. Solurile mai fluide pot fi, de asemenea, compactate în cofraj, atât timp cât nu conțin prea multă argilă care să provoace fisurarea peretelui în timpul uscării.

Primăvara și toamna, pământul are, în mod natural, cantitatea potrivită de apă pentru a fi compactat. Când este pus în operă, pământul este maleabil, fiind situat între starea uscată și starea plastică. Tehnica pământului compactat determină construirea unor pereți masivi, dar straturile subțiri din pământ rămân vizibile, conferind o textură aparte acestor elemente constructive. Straturile au o grosimea cuprinsă între 10 și 20cm, fiind compactate folosind un dispozitiv pneumatic [64].

Sistemele de cofraj sunt foarte diversificate, majoritatea provenind din industria betonului. Plăcile cofrajului sunt armate folosind căpriori, menținute în poziție de traverse solide numite chei, utilizate pentru a rezista la forțele orizontale de împingere ale pământului în timpul compactării. Cofrajele glisante

⁶³ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Batir en terre: du grain de sable a l'architecture”, pag. 44;

⁶⁴ M. Duculescu, 2010, “Reguli pentru arhitectura din pământ noțiuni, materiale, elemente de construcție”, pag. 91;

oferă o progresie verticală mai rapidă în comparație cu cofrajele utilizate în mod tradițional, iar mașinile noi de compactare permit facilitarea procedurilor, precum omogenizarea amestecului, ajustarea conținutului de apă, cât și turnarea lui în cofraj. La terminarea procesului de uscare, densitatea pământului compactat este cuprinsă între 1700-2200kg/m³ [65], valoare asemănătoare cu cea înregistrată în cazul tehnicii constructive folosind bulgării din pământ.



Fig. 41. Porțiuni ale vechilor fortificații sunt din pământ compactat, Dawn Charles V, Palatul Alhambra Granada, Spania, sursă:© Wikipedia, ultima accesare: 01.2021;

Forma de construcție monolitică din pământ compactat a fost reintrodusă recent prin intermediul unor proiecte inovatoare precum Capela Reconcilierii din Berlin. În acest caz, este vorba despre o clădire de cult, unde este preferată o formă organică, interiorul fiind alcătuit dintr-un nucleu realizat din pământ compactat, protejat de o structură din lemn. Între timp, pământul compactat se găsește pe piața materialelor de construcție ca element prefabricat în Germania și Austria [66].

În anexa 9.6. *Construcții contemporane din pământ*, sunt introduse mai multe exemple referitoare la tehnicile de compactare utilizate în realizarea elementelor prefabricate de fațadă, de exemplu. Sunt dezbătute și particularitățile legislative întâlnite în diferite regiuni și maniera în care pământul excavat de pe amplasament poate constitui materia primă pentru realizarea diferitelor elemente constructive, așa cum acestea sunt prezentate în cadrul anexelor:

- pământ compactat, tencuieli și finisaje interioare pentru exemplul prezentat în cadrul anexei 9.6.1. *Casa Rauch din Voralberg, Austria*, arh. Roger Bolthausen,
- elemente prefabricate pentru fațada fabricii prezentate în anexa 9.6.2. *Centrul Ricola din Elveția*, arh. Herzog și De Meuron.
- blocuri prefabricate din pământ compactat în cazul exemplului din anexa 9.6.3. *L'Orangerie, spațiu de birouri în Lyon*.

⁶⁵ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 194;

⁶⁶ Building with Earth. Consumere Information.

http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.10;



Fig. 42. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare: 01.2021;
Fig. 43. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare: 01.2021;



Fig. 44. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare: 01.2021;

4.4. Pământul utilizat ca material de umplură în cadrul structurilor din lemn

Tehnica paiantei cunoscută sub denumirea de *torchis* în franceză sau *wattle and daub* în engleză reprezintă o structură portantă din lemn cu elemente de umplură din pământ amestecat cu adaosuri vegetale. Tehnica paiantei este foarte utilizată în nordul Europei și în climatele subtropicale, fiind specifică regiunilor unde se găsesc depozite de loess foarte fine. Pământul utilizat pentru paiantă este cel mai adesea fin, argilos și nu conține mult nisip. Acest amestec nu crapă la uscare datorită fibrelor din compoziție.

Punerea în aplicare a tehnicii paiantei diferă în funcție de tipul de structură. De regulă, structura secundară este alcătuită din șipci orizontale distanțate la câțiva centimetri și fixate între elementele de susținere sau împletitura de nuiele. Pământul este amestecat cu apă, fibre vegetale și o cantitate mică de nisip până se ajunge la o consistență plastică, iar apoi materialul este fixat pe șipcile din lemn.

În Banat, una dintre tehnicile care se aseamănă paiantei este denumită vălătuci (utilizată pentru realizarea planșelor, de exemplu) și constă în rulouri de pământ cu fibre, formate în jurul unei baghete din lemn. Aceste elemente

constructive sunt utilizate pentru realizarea pereților și a pardoselilor, baghetele urmând a fi montate pe o structură suport. După uscare, suprafața este tencuită cu un amestec din pământ și nisip, stabilizat cu var.



Fig. 45. Metoda de construcție a paiantei, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.78-79;

Având la bază tehnica paiantei, se dezvoltă tehnica colombage (cum este denumită în Franța), **Fachwerk** (în Germania) sau **timber framing** (în Anglia). În cadrul construcțiilor realizate folosind această tehnică, structura din lemn este mult mai prezentă, fiind lăsată vizibilă în exterior ca element de decor al fațadelor. Datorită clasării multor construcții drept monumente și clădiri de patrimoniu în cadrul centrelor istorice urbane, s-au dezvoltat soluții contemporane bazate pe materiale tradiționale pentru a reabilita aceste clădiri folosind materiale naturale compatibile.

Asocierea dintre pământ și lemn este folosită astăzi în mai multe sisteme constructive contemporane, introducând noi materiale precum elementele din pământ ușor. Densitățile pământurilor ușoare după prelucrare și uscare sunt cuprinse între 400-1200 kg/m³ [67]. Datorită proporției ridicate de agregate ușoare, rezistența la compresiune este mai scăzută, astfel încât utilizarea elementelor constructive din pământ ușor este limitată pentru utilizarea în zonele care nu sunt supuse încărcărilor în mod direct. Încărcările sunt preluate printr-o structură de susținere, de obicei, confecționată din lemn.

Structura din lemn utilizată în cazul tehnicii paiantei este extrem de ușoară și rapid de asamblat, în timp ce pământul este un material foarte bun de umplură, prezentând o variantă facilă de punere în operă. Componentele și materialele de construcție din pământ ușor sunt realizate din argilă de construcție amestecată în stare lichidă cu agregate organice sau minerale: aditivi organici, materiale expandate termic (lut expandat prezent sub formă de bile, utilizat în construcții ca izolator termic și fonic) sau aditivi minerali. Pe măsură ce se folosesc materiale mai ușoare, structura din lemn devine mai subțire, dar peretele se menține gros pentru a asigura o capacitate bună de termoizolare.

În cazul reabilitării termice a construcțiilor din pământ sunt utilizate plăcile din pământ ușor [68]. Aceste plăci prefabricate din pământ ușor sunt realizate folosind diverse procedee de preparare și modelare, dimensiunile acestora fiind similare dimensiunilor plăcilor din ghips-carton. Elementele constructive pot fi

⁶⁷ Building with Earth. Consumere Information.

http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.12;

⁶⁸ <https://www.claytec.de/en/products/clay-drybuilding>;

folosite sub forme diverse: placări de perete sau de tavan, pereți despărțitori neportanți care necesită structură auxiliară, înlocuitor de tencuiei sau drept cofraj pierdut, fiind utilizate adesea în termoizolarea structurilor istorice realizate din lemn și umplute cu pământ.



Fig. 46. Tehnica tradițională a paiantei regăsită în muzeul în aer liber din Szentendre, Ungaria, sursă: © Fernando Vegas, Camilla Mileto;

Fig. 47. Locuințe folosind tehnica colombage, Troyes, Franța, sursă: © Wikipedia, ultima accesare: 08.2020;



Fig. 48. Școala din pamant ușor și bambus, sursă: © Roswag Architekten, Jar Maulwitehnica; <https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/locally-manufactured-cob-and-bamboo-school-building-jar-maulwi?show=b659f749-23dd-4024-b530-1d9dcc0e98e0>;

Fig. 49. Școală realizată folosind o structură din lemn de bambus cu pământ ușor. Se observă o structură ușoară, armată suplimentar prin trunchiuri de bambus dispuse sub forma unui grid dens între care se plasează pământul ușor, sursă: © Roswag Architekten, Jar Maulwitehnica; <https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/locally-manufactured-cob-and-bamboo-school-building-jar-maulwi?show=b659f749-23dd-4024-b530-1d9dcc0e98e0>;

Plăcile din pământ ușor cu o grosime mai mică sau egală cu 50mm, nu sunt autoportante și necesită o structură de susținere, putând fi armate suplimentar (cu rogojini de stuf, de exemplu). Plăcile de argilă cu o grosime mai mare de 50mm sunt autoportante. Aceste plăci sunt din ce în ce mai utilizate în realizarea stratificațiilor diferite, precum pardoselile și tavanul [69].

⁶⁹ Building with Earth. Consumere Information, pag.13;

Paianta semifabricată a apărut în ultimii ani și constă în panouri de lemn umplute cu pământ, asamblate în atelier și montate la fața locului, ceea ce reduce costurile și timpul de implementare pe șantier. Panourile ușoare pot fi folosite pentru realizarea de pereți despărțitori și diverse închideri interioare. Viteza și simplitatea de punere în operă determină ca aceste tehnici constructive să ofere soluții practice pentru viitoare utilizări [70].



Fig. 50. Etapele de finisare a unui perete cu panouri din pământ ușor și tencuială pe bază de pământ. Profilele sunt tăiate, apoi prinse pe structura suport. Stratul de tencuială necesită o plasă de armare, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wand;

Panourile sunt tăiate în funcție de locul unde vor fi amplasate, apoi sunt fixate mecanic pe structura suport. Stratul de tencuială necesită o plasă de armare. Pentru stratul final de tencuială, există o gamă extinsă de opțiuni în funcție de finisajul final dorit. Această gamă de produse s-a dezvoltat mult în ultima vreme deoarece prezintă avantajul de a fi implementate rapid pe șantier, fiind adesea folosite pentru renovarea construcțiilor vechi din lemn.

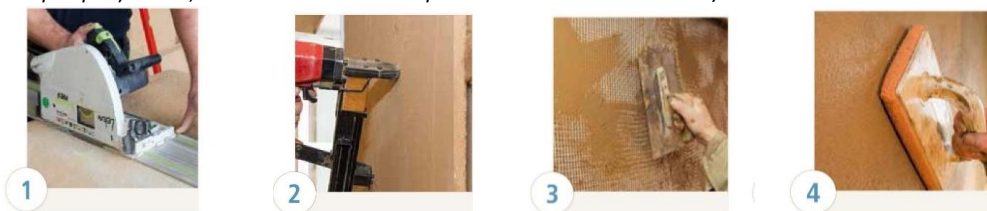


Fig. 51. a,b,c,d: Etapele de finisare a unui perete cu panouri din pământ ușor și tencuială pe bază de pământ. Profilele sunt tăiate, apoi prinse pe structura suport. Stratul de tencuială necesită o plasă de armare, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare: 08.2020;

a. Panou de argilă cu armătură din iută pe spate. Amestecul este realizat din lut natural netratat, cu adaos de fibre vegetale. Placa este potrivită pentru lucrările de interior (pereți, tavane și porțiuni înclinate), fiind disponibilă cu grosimi între 16-22mm. Avantajul acestor panouri este faptul că oferă protecție împotriva incendiilor.

b. Placă ușoară cu cânepă. Amestecul este realizat din lut, coji de cânepă și țesătură din fibră de sticlă pe ambele părți. Placa este potrivită pentru elementele de construcție interioare, pentru pereții despărțitori, placări, suprafețe de tavan.

c. Placă ușoară din argilă. Amestecul este realizat din rumeguș de rășinoase, PVA (alcool polivinilic), amidon, sulfat de aluminiu, parafină, floclant, fiind potrivită ca și placă de izolație la partea interioară. Materialul este disponibil începând de la o grosime de 60-80mm.

d. Saltea de stuf cu proprietăți termoizolante, potrivite pentru toate lucrările interioare de pereți, plafoane și garnituri de acoperiș, proprietăți termoizolante, disponibile în grosimi situate între valorile de 20-50mm [71].

⁷⁰ Building with Earth. Consumere Information, pag.8;

⁷¹ Agaton Lehm Gesamtkatalog 2019, Putze und farben, lehmplatten, wandheizung, THERMO NATUR GmbH & Co. KG;



Fig. 52. Panouri din pământ ușor dispuse la partea de interior, utilizabile și împreună cu un sistem de încălzire inclus în perete, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare : 08.2020;

Fig. 53. Panouri din pământ ușor dispuse la partea de interior, utilizabile și împreună cu un sistem de încălzire inclus în perete, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare : 08.2020;

Referințe capitolul 4:

- [52]. Simon John Parkin, 2014, „Valuing the Vernacular: Scotland’s earth-built heritage and the impacts of climate change”, Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, School of Natural Sciences, University of Stirling, 2014;
- [53]. L.Rongen, 2014, University of Applied Sciences, Erfurt and Rongen Architects, Germany, „Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration”, “Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications”, Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN: 978-0-85709-026-3, pag. 148-151;
- [54]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 26-27;
- [55]. Kan-Chane Gunawardena, 2008, “The future of cob and strawbale construction in the UK”, University of Cambridge, https://www.researchgate.net/publication/319204964_The_future_of_cob_and_strawbale_construction_in_the_UK_Subject_paper, accesat on-line: 04.2021;
- [56]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 70-71;
- [57]. David Easton, 2007, “The Rammed Earth House”, Chelsea Green Publishing, ISBN-10: 1933392371, pag.56;
- [58]. Aimilios M., Philokyprou M., Thravalou S., Ioannou I., 2016, “The role of adobes in the thermal performance of vernacular dwellings”, Terra Lyon 2016, Villefontaine, CRATerre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [59]. <https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/tn-agaton-lehm-gesamtkatalog-2019-low.pdf>, accesat on-line: 04.2021;
- [60]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 214;
- [61]. DIN 18945 : 2018-12, Lehmsteine – Anforderungen, Prufung und Kennzeichnung, <https://www.beuth.de/de/norm/din-18945/296262224>, accesat on-line: 04.2021;
- [62]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 124;
- [63]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 44;
- [64]. Mirela Duculescu, 2010, “Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție”, editura Arhiterra, ISBN: 9789730085747, pag.91;
- [65]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATerre, Edition Parenthèses, pag.194;
- [66]. Building with Earth. Consumere Information, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.10;
- [67]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 12;
- [68]. <https://www.claytec.de/en/products/clay-drybuilding>, ultima accesare: 01.2021;
- [69]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13;
- [70]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13;
- [71]. Agaton Lehm Gesamtkatalog 2019, Putze und farben, lehmplatten, wandheizung, THERMO NATUR GmbH & Co. KG, ultima accesare: 01.2020;

5. Peretele ca element constructiv realizat în cadrul edificiilor din pământ

5.1. Alcătuirea pereților din pământ

Pământul poate fi folosit pentru realizarea zidurilor monolite prin procedeul bulgărilor de pământ, al compactării straturilor în interiorul unor cofraje sau prin metoda convențională cea mai utilizată la momentul actual – pereți din zidărie utilizând cărămizi prefabricate. Pământul poate fi, de asemenea, turnat ca în cazul betonului, iar pereții monolitici pot fi consolidați cu o rețea de armături pentru a rezista seismelor. Sistemele constructive de pereți din pământ sunt foarte diversificate, dar dincolo de varietate, este necesar să se argumenteze tehnica de construcție aleasă în funcție de rezultatele compoziției granulometrice specifice materialului local.

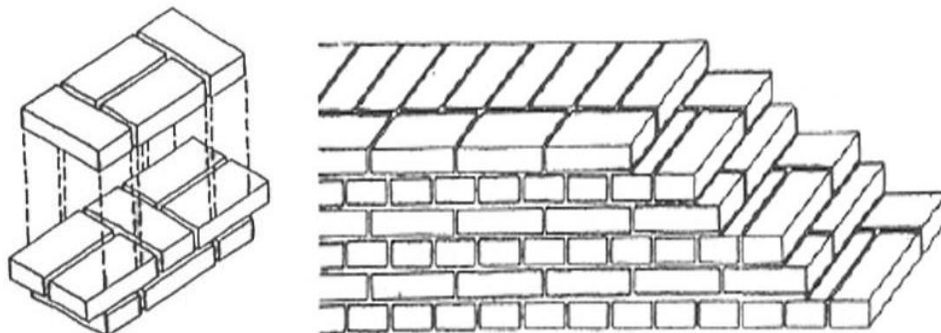


Fig. 54. Decalarea rosturilor în asize succesive, extras din: © „Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton”, 2006-2007, Rodica Crișan, pag.2;
Fig. 55. Zidărie de 1 ½ cărămizi, 37,5cm, extras din: © „Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton”, 2006-2007, Rodica Crișan, pag.2;

Pereții din zidărie necesită o bună dispunere a rosturilor, altfel existând riscul apariției problemelor structurale. Normele de montare aplicabile acestor tipuri de zidărie sunt asemănătoare celor utilizate pentru cărămizi arse. În fațadă, distanța dintre două rosturi verticale, de la o *asiză* la cealaltă, este mai mare de $\frac{1}{4}$ din lungimea cărămizii, iar suprapunerea rosturilor trebuie evitată. Pereții mai groși de 60cm necesită utilizarea raporturilor de $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ în dispunerea cărămizilor pentru a crea conexiuni stabile între aceste elemente constructive. Grosimile mai mari sunt mai greu de implementat și nu sunt foarte economice din cauza cantității mari de materiale utilizate și din cauza randamentului scăzut în momentul punerii în operă. Trebuie asigurată o țesere corespunzătoare a cărămizilor pentru a obține o rezistență bună a șpaletului și stabilitatea acestuia prin ancorarea elementelor de zidărie [72].

⁷² Gernot Minke, 2006 „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.108;

5.1.1. Dimensionarea și configurarea șpaletilor de zidărie utilizând elemente constructive din pământ

Conform Institutului de Cercetare CRATerre, s-a stabilit un raport de grosime minimal al pereților egal cu $1/10$ din înălțimea clădirii pentru zidurile din pământ și nu trebuie depășită o distanță maximă de 5-6m între pereți. Dimensiunile pereților depind de încărcările structurale la care sunt supuși, respectiv de fiecare tehnică de construcție în parte. Pereții din zidărie realizați din elemente constructive precum cărămizile nearse sau blocurile comprimate, respectă aceleași constrângeri normative aplicate zidărilor convenționale [73].

Pentru a răspunde și altor eforturi în afara celor de compresiune, pereții din pământ se pot arma, iar multe dintre tehnicile constructive cu pământ sunt asociate unor structuri din lemn integrate în grosimea zidului. Sunt folosite armături orizontale și verticale, dispuse în zonele cele mai slabe ale pereților, respectiv colțurile și deschiderile. Armăturile sunt realizate din lemn sau din fier, plasă de sârmă sau grilaje metalice.

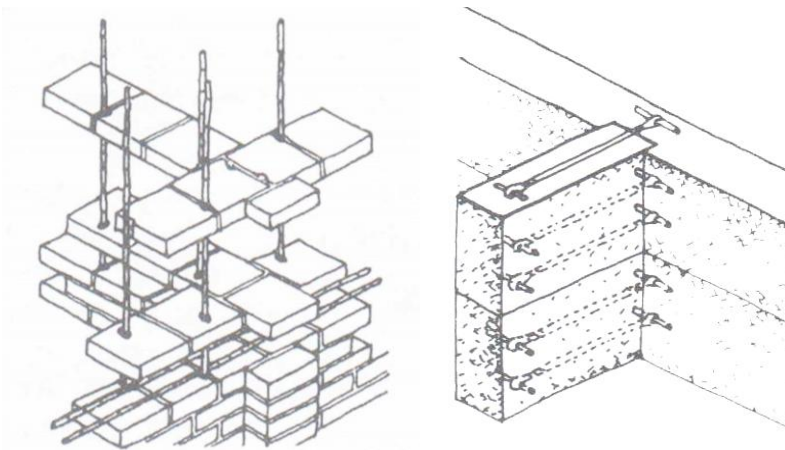


Fig. 56. Detalii de armare a zidăriei la colț, respectiv realizarea îmbinării cu peretele din zidărie sau pământ compactat, preluat după: © H. Houben, H. Guillaud, "Traité de Construction en terre", pag.260;

Fig. 57. Detalii de armare a zidăriei la colț folosind bare de armături longitudinale și transversale, respectiv realizarea îmbinării în T cu peretele din pământ compactat folosind elemente de ancorare în grosimea peretelui, preluare după: sursă: © H. Houben, H. Guillaud, "Traité de Construction en terre", pag.260;

Pentru pereții subțiri se pot prevedea sisteme de contraforturi care reduc din zveltețea fațadelor. De asemenea, se poate asigura armarea bazei pereților la nivelul planșeului. Pentru pereții de calcan se prevede integrarea zidului în axul peretelui, formând un stâlp care rigidizează șpaletul de zidărie și îmbunătățește rezistența la presiune a vântului, în paralel preluându-se încărcarea din coamă [74].

Sistemele de armare pentru zidurile din pământ sunt dezvoltate în zonele seismice care prevăd standarde referitoare la utilizarea armăturilor

⁷³ Lehmbau Customer Information, 2014, pag. 8;

⁷⁴ H.Houben, H.Guillaud, 2006, "Traite de Construction en terre", pag. 258;

orizontale și verticale. Soluțiile adaptate folosesc armături din lemn sau oțel, încorporate în pereți. O altă posibilitate este amplasarea centurilor peretilor la nivelul planșelor deoarece acestea permit controlarea efectelor nefaste ale preluării diferențiate a încărcărilor în cadrul elementelor constructive.

Centurile amplasate elimină mișcarea în toate direcțiile, permit distribuția uniformă a încărcărilor, fiind realizate prin intermediul unei grinzi continue care sprijină și ancorează planșele și acoperișul. O soluție simplă și rapidă de realizare a peretilor din pământ compactat poate fi armarea cu gabioane, utilizând carcasa elementului drept element de armătură. Materialele folosite pentru centuri (lemn, oțel sau beton) trebuie să aibă o bună aderență cu pământul pentru a asigura conexiunea dintre elementele constructive.

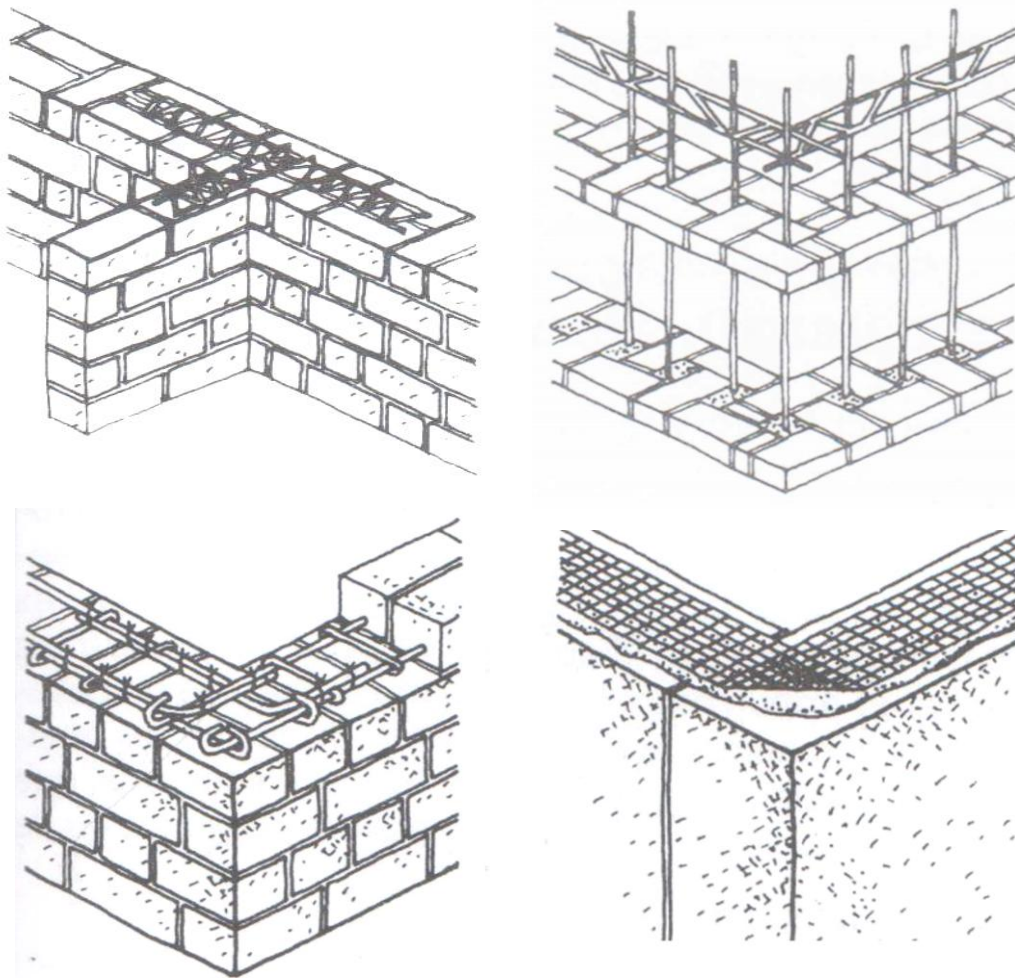


Fig. 58. Detalii de armare a zidăriei la colț, respectiv realizarea îmbinării cu peretele din zidărie, preluat după: © H. Houben, H. Guillaud, "Traité de Construction en terre", pag.260;
 a) armături din aşchii de lemn continuate pe verticală în rosturile de zidărie,
 b) îmbinarea armăturilor la intersecția dintre peretele transversal și peretele principal,
 c) armături la colțul peretelui,
 d) utilizarea plasei de sârmă pentru colțul peretelui.

Centurile din lemn sunt adesea amplasate în grosimea zidurilor, pe un strat de mortar sau ancorate cu oțel și coliere metalice. Armăturile din oțel trebuie legate corespunzător, în special la colțurile și îmbinările pereților și trebuie să fie suficient de bine acoperite cu mortar. Este recomandat a se monta plasă de sârmă pe un strat de pământ stabilizat pentru a asigura o bună aderență a betonului cu pământul [75].

Pământul compactat este folosit astăzi atât pentru renovare, cât și pentru clădirile noi. Un perete din pământ compactat este relativ scump în comparație cu pereții solizi din alte materiale de construcție, prin urmare, este utilizat mai mult din motive arhitecturale, decorative. Cu toate acestea, având în vedere ultimele tendințe referitoare la eficientizarea producției și exploatarea calităților higroscopice, se preconizează reintroducerea acestei tehnici constructive. Prin adăugarea de colorant în cadrul amestecului de pământ compactat, se poate crea o structură deosebită din punct de vedere estetic. În ciuda utilizării stabilizatorilor, este recomandată o protecție adecvată împotriva intemperiilor [76].

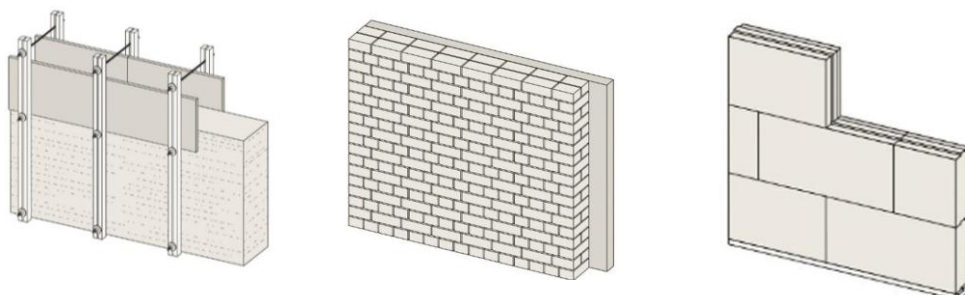


Fig. 59. Perete din pământ compactat realizat cu cofraj glisant, sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 11;

Fig. 60. Perete existent din cărămizi de pământ cu mortar din argilă, , sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 14;

Fig. 61. Perete pe structură din lemn cu panouri ușoare din pământ, bandă pentru ranforsarea rosturilor, tencuială fină din argilă, sursă: © Manualul Lehmbau pag.12;

Zidirea cărămizilor din pământ se realizează în conformitate cu prevederile utilizate pentru zidăria cu rosturi pline, de obicei, folosind mortar de pământ, dacă este posibil, mortarul cu ciment sau var nefiind la fel de compatibil. Mortarul din pământ folosit pentru zidărie este un amestec realizat din pământ de construcție și nisip care poate conține și substanțe organice. Zidirea nu diferă de cea a cărămizilor arse sau a blocurilor ceramice convenționale. Cărămizile nearse din pământ sunt utilizate, în principal, pentru construcția pereților interiori fără rol structural, dar pot fi utilizate și pe exterior drept material de umplură în cadrul unei structuri portante.

În cazul pereților din panouri prefabricate din pământ trebuie acordată o atenție deosebită rosturilor de îmbinare, suprafața exterioară fiind, de regulă, protejată prin straturi de tencuială din pământ [77]. Panourile din pământ ușor sunt folosite des pentru restaurarea clădirilor de patrimoniu. Elementele oferă planeitate suprafețelor neregulate ale șpaletului de zidărie, acestea putând fi corectate prin

⁷⁵ H.Houben, H.Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag. 261;

⁷⁶ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 11;

⁷⁷ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 14;

aplicarea unui strat de tencuială din pământ. Panourile groase sunt fabricate având îmbinări lambă și uluc, fiind puse în operă cu mortar sau lipite în dreptul rosturilor sau amplasate direct pe stratul suport. Panourile subțiri au, de obicei, 2-3cm grosime și un format de aproximativ 62,5x120cm. Acestea sunt utilizate pentru construcția pereților interiori care nu sunt supuși la încărcări și necesită o structură auxiliară pentru fixare [78].

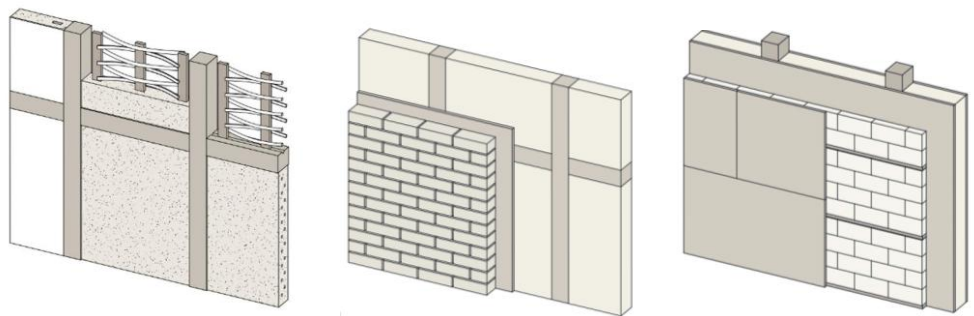


Fig. 62. Structură de lemn acoperită cu pământ ce conține paie cu substructură suport umplută din lemn de esență tare și salcie, sursă: © Manualul Lehmbaupag.13;

Fig. 63. Placare perete existent cu cărămizi de pământ cu mortar din argilă, sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 14;

Fig. 64. Cărămizi din pământ stivuite la interiorul unui perete existent printr-o legătură uscată, fără mortar, sursă: ©Manualul Lehmbau, 2014, pag. 16;

În cazul construcțiilor cu structură din lemn, umplerea cavităților între stâlpi, este realizată prin diferite tehnici, utilizând pământ cu fibre. Ca și în cazul sistemului Fachwerk, cavitățile pot fi umplute cu blocuri de zidărie, iar deformațiile de contracție rezultate trebuie compensate prin completarea cu material de umplură din pământ. Contracția și umflarea structurii din lemn duce la formarea unor rosturi între materiale. Umpluturile trebuie tencuite cu mortar de var aplicat în 2 straturi, iar aderența tencuiei la stratul suport poate fi îmbunătățită prin răzuirea unor rosturi cu o adâncime de aproximativ 0,5cm.

Dacă pereții cu umpluturi de pământ au cavități prea mari, atunci trebuie adăugat un strat de ipsos suplimentar care să asigure plasticitatea între straturi. În cazul materialelor de umplură este necesar ca materialul să fie stabil, să nu se miște după ce s-a uscat complet. Pentru renovarea construcțiilor istorice și a tencuiei acestora pe bază de pământ, este nevoie de experiență și expertiză în ceea ce privește adoptarea unor soluții compatibile [79].

Prin urmare, placările cu materiale din pământ sunt utilizate în interior pentru renovarea clădirilor vechi, acestea fiind folosite pentru a îmbunătăți izolația termică, protecția la vânt și izolarea fonică a pereților exteriori. În mod normal este vorba despre o structură auxiliară în care izolația termică este montată la interior, folosindu-se panouri din pământ ușor, încadrate în structuri auxiliare din lemn. Cărămizile plasate la interior pot fi zidite la distanță de peretele

⁷⁸ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 13;

⁷⁹ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 13;

exterior, asigurând un rost necesar în prevenirea condensului între cele 2 suprafețe. Spațiul rezultat poate să fie umplut cu mortar din pământ. În timpul realizării pereților, pot fi utilizate ancore suplimentare, legate de peretele suport pentru a crește stabilitatea stratificațiilor propuse [80].

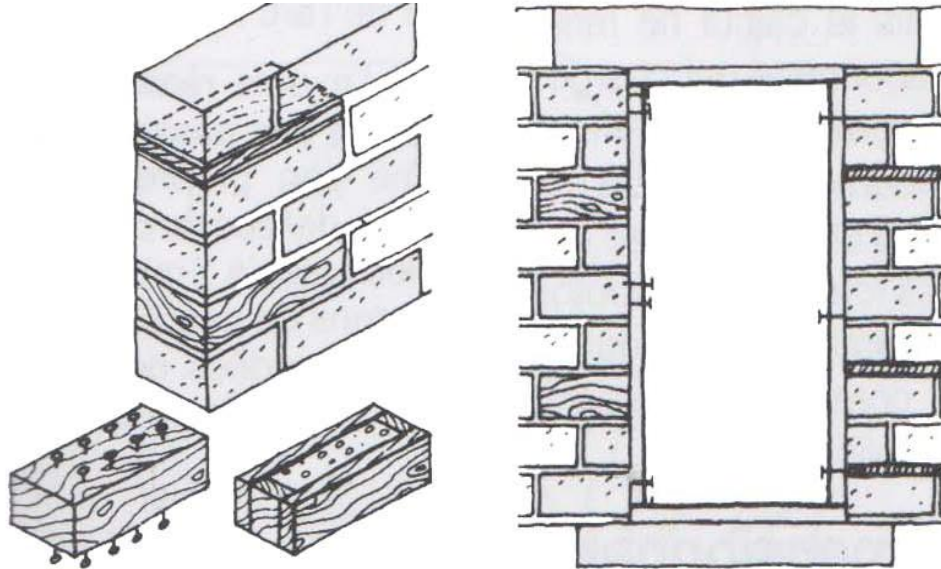


Fig. 65. Variante de consolidare a deschiderilor prin armarea pieselor de contur, respectiv conlucrarea elementelor de zidărie cu tâmplăria, sursă: © Manualul Lehmbau, pag.265;

Problemele structurale din zona golurilor în pereții din pământ trebuie tratate cu grijă deoarece există riscul de a provoca fisuri care vor determina o eroziune rapidă cu atât mai mult dacă zona respectivă este direct expusă intemperiilor și umidității. Buiandrugii subdimensionați și deschiderile prea mari pot determina fisuri în dreptul tocurelor de tâmplărie din cauza capacității slabe de preluare a forțelor de forfecare. Se poate observa, de asemenea, o deteriorare a șpațelilor realizați din elemente constructive din pământ în cazul unei contracții a peretelui la uscare.

Deschiderile trebuie dimensionate în așa manieră încât să asigure o rigiditate adecvată și să limiteze deformările buiandrugilor (care conduc la apariția fisurilor în zona superioară a golurilor) și să preia eficient încărcările în zonele de prindere. Încadrarea golurilor poate fi realizată prin rame sau buiandrugii realizați din lemn, din zidărie (piatră sau cărămidă), din beton turnat pe șantier sau prefabricat. Este recomandat să se crească rezistența la compresiune a pereților în dreptul stâlpilor care bordează deschiderile. În cazul utilizării, atât a lemnului cât și a zidăriei, trebuie considerat modul de lucru diferit dintre elemente, respectiv rosturile de contracție care pot să apară. Pentru a evita formarea acestor rosturi de contracție, se recomandă umplerea cavităților cu mortar din pământ cu argilă, a cărui plasticitate preia din mișcarea diferențiată a elementelor constructive.

⁸⁰ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 14;

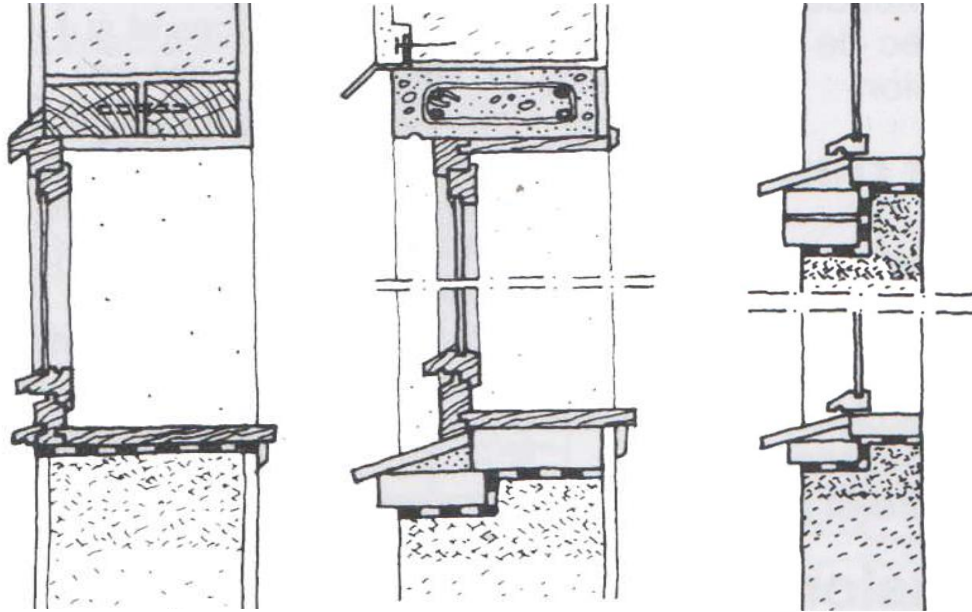


Fig. 66. Variante de consolidare a deschiderilor prin armarea armarea buiandrugului (din lemn sau din beton armat), respectiv realizarea unui solbanc la partea inferioară, sursă: © Manualul Lehmbau, pag. 265;

Încărcările transmise prin intermediul suporturile verticale trebuie să fie bine preluate prin extinderea buiandrugului aflat la partea inferioară a deschiderilor, respectiv prin încorporarea armăturilor în această zonă. În cazul în care buiandrugul este foarte solicitat, este necesară mărirea lungimii de susținere în perete (minim 20cm sau mai mult în cazul deschiderilor mari). Pentru a evita forfecarea în dreptul părții inferioare a deschiderii, este necesar ca rosturile dintre perete și tâmplărie să fie colmatate după uscarea elementului și să se introducă elemente de armătură. Golurile nu trebuie să depășească o treime din lungimea unui perete, acesta fiind cazul cel mai frecvent întâlnit. Deschiderile în construcțiile tradiționale sunt limitate la 1,20m pentru că în cazul realizării golurilor mai mari, buiandrugul aferent trebuie să fie supradimensionat, iar suporturile verticale sunt suprasolicitate [81].

Cadrelle sunt realizate din materiale dure (lemnul sau betonul) pentru a asigura o preluare bună a încărcărilor și eforturilor. Ramele necesită ancorare sau sigilare, dar punerea în aplicare este mai delicată datorită racordului dintre materialele dure și peretele din pământ. Deschiderile necesită protecție împotriva eroziunii apei și a vântului, aspect important în prevenirea fisurilor. Această protecție este asigurată printr-o punere în operă detaliată și prin realizarea unei bune legături structurale între diferitele materiale utilizate. Alte aspecte care

⁸¹ Gernot Minke, 2006 „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.140;

merită să fie menționate sunt necesitatea de stabilizare a suprafeței utilizând tencuieli compatibile și realizarea protecției la umiditate în jurul deschiderilor.

Pentru construcțiile cu un etaj, pe fațadele orientate către vânturile dominante, deschiderile aflate la partea superioară sunt expuse, mai ales în dreptul elementelor de susținere. Prin urmare, este necesară stabilizarea acestor părți printr-o piesă suplimentară între tâmplărie și peretele din pământ - *un solbanc*. Sigilarea cadrelor trebuie să țină cont de o ancorare solidă, deoarece vibrațiile și șocurile datorate manipulărilor frecvente ale tâmplăriei pot provoca fisuri și detașări. Bucăți de lemn sunt ancorate în masa pereților din pământ, iar etanșarea acestora este asigurată printr-o inserție prealabilă în mortar. Indiferent de poziția tâmplăriei (în partea exterioară sau interioară a peretelui), trebuie amplasat un glaf cu pantă pentru evacuarea apei. De asemenea, este necesară o sigilare bună între marginile deschiderilor pereților și cadrul tâmplăriei, realizată prin utilizarea mortarului în mod tradițional, respectiv benzi de etanșeizare amplasate pe întreg perimetrul deschiderii, așa cum se realizează în momentul de față [82].

5.1.2. Componenta mortarul pentru realizarea zidăriei și a tencuielilor din pământ

Mortarul de tencuială din pământ este utilizat pentru tencuirea suprafețelor de pereți și de tavan în interior sau pentru pereții exteriori, protejați împotriva ploii. Amestecul este completat cu nisip și fibre vegetale. Calitatea mortarului și grija acordată punerii în operă influențează considerabil rezistența pereților de zidărie. Utilizarea unui mortar din pământ stabilizat, crește rezistența la compresiune a unui perete din cărămizi și îi dublează rezistența la forfecare deoarece stabilizarea îmbunătățește aderența mortarului la cărămidă. Utilizarea unui mortar excesiv de lichid nu este indicată, deoarece contracția și lipsa de aderență reduc stabilitatea și rezistența peretelui, mai ales în zonele care prezintă un mare risc seismic.

În cazul renovării clădirilor istorice, cărămizile din pământ stivuite pe un perete existent, formează o legătură uscată, fără mortar. Această tehnică poate fi ușor încorporată într-o clădire veche pentru a contribui la izolarea termică. Sunt montate șipci de fixare orizontale la o distanță de aproximativ 50cm pentru a stabili straturile de cărămizi. Peretele poate fi finisat utilizând panouri din pământ ușor, aplicându-se o tencuială la partea interioară realizată din mortar de pământ [83].

Mortarul trebuie să aibă aceeași rezistență la compresiune și eroziune ca și elementele constructive pe care le leagă. Dacă rezistența mortarului este mai mică, are loc eroziunea și fisurarea elementului, aducând după sine destabilizarea cărămizilor și deteriorarea lor, infiltrarea apei. Calitatea mortarului trebuie controlată prin încercări prelabile privind: *contracția, aderența, eroziunea, compresiunea* etc. Textura și starea hidrică a mortarului sunt diferite de cele ale cărămizilor deoarece doza de ciment sau de var a mortarului trebuie crescută de 1,5 – 2 ori pentru a obține o rezistență la compresiune similară cu cea înregistrată în dreptul elementelor de zidărie.

⁸² H.Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de construction en terre", pag. 263;

⁸³ Manualul Lehmbau, <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-info> 2014, pag. 16;

Contractia mortarului în rosturile verticale determină o contracție generală a peretelui între 1-2mm la fiecare 5m, iar tasarea îmbinărilor sub încărcări orizontale mai adaugă 1-2mm la fiecare 3m. Mortarul are o textură mai nisipoasă cu o granulație maximală a componentelor între 2-3mm. Grosimea rosturilor orizontale sau verticale este cuprinsă între 1-1,5cm, prezentând o toleranță mai mare în cazul cărămizilor nearse datorită formei neregulate a elementelor [84].

Normativele germane care se aplică mortarului din pământ prelucrat în fabrică sunt DIN 18946 și DIN 18947. În funcție de utilizare, mortarul este catalogat drept: *mortar de perete*, *mortar pulverizat cu pământ sau tencuială din pământ*, prezentând în compoziție adaosuri diferite de nisip [85]. Mortarul pulverizat din pământ este utilizat pentru umplerea structurilor din lemn, pentru crearea de tencuieli și pereți interiori sau pentru umplerea golurilor dintre grinzi la tavane. Mortarul este realizat din agregate organice și minerale și se aplică în mai multe straturi pentru a umple diverse cavități și rosturi sau pentru a atinge o grosime adecvată a stratului de tencuială. La fel cum se întâmplă în cazul compoziției pentru cărămizi, pământ compactat sau cob, adăugarea de fibre are un efect de întărire a tencuielii și împiedică fisurarea după aplicare și uscare [86].

5.1.3. Tencuieli pe bază de pământ

Tencuielile tradiționale din pământ sunt compuse de regulă dintr-un amestec de argilă (în proporție de 5-12% pentru dezvoltarea forțelor de legătură), silt (aleurit) și nisip.

- Pentru a determina proporțiile ideale ale unei tencuieli făcute în regie proprie, este necesar să fie realizate mai multe teste cu compoziții variate pentru a ajunge la un amestec compatibil.
- Pentru a evita contractia tencuielii, trebuie avute în vedere câteva aspecte, și anume, tencuiala trebuie să conțină suficient nisip grosier care să lege argila și să confere aderență și rezistență stratului exterior.
- În amestec trebuie adăugate fibre vegetale pentru a crește rezistența tencuielii, ca de exemplu, praful, fibrele de celuloză, pleava sau particulele similare pot fi folosite ca și aditivi [87].

⁸⁴ DIN 18946: 2013-08 Lehmauermortel-Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren, DIN;

⁸⁵ Dachverband Lehm, Weimar, 2009, pag. 41-46;

⁸⁶ H.Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag.255;

⁸⁷ Conform S.Rescic, M.Mattone, F.Fratini, L.Luvidi, 2021, „Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign”

În ceea ce privește tencuielile pe bază de pământ, acestea sunt realizate folosind aditivi de 2 tipuri :

- organici și inorganici, fiind adesea în amestecuri diferite.
- **Cele mai cunoscute elemente inorganice sunt: varul, ipsosul, cimentul Portland, materialele cu caracteristici puzzolanice** (orez, zgură, cenușă provenită din realizarea cimentului).
- Adăugarea varului îmbunătățește rezistența, plasticitatea și lucrabilitatea pământului brut utilizat pentru tencuieli.
- **Ipsosul, în schimb, este un aditiv utilizat pentru reducerea absorbției de apă, conferind adaosurilor o elasticitate mărită, asigurând în același timp o compatibilitate mai bună a amestecului cu stratul suport.** Ipsosul, deși este o sare, nu provoacă fenomenul de degradare și are și un cost mai redus față de alte agregate utilizate în amestecul pentru tencuieli. Rășinile sunt utilizate împreună cu ipsosul pentru a reduce din capacitatea de absorbție a apei, fiind utile în cazul stratificațiilor aflate în spațiile umede.

Tencuielile din pământ au o aderență suficient de bună pe orice suprafață, fie ea din pământ, cărămidă, beton sau piatră. Cu toate acestea, pentru a asigura complementaritatea dintre tencuiala și stratul suport, sunt necesare câteva operațiuni asupra stratului principal. Zidăria trebuie tencuită cu un strat de mortar corespunzător, mai ales atunci când se utilizează cărămizi mai mari sau cu o formă neregulată, ca în cazul cărămizilor nearse [88], urmând o serie de cerințe:

- Înainte de aplicarea tencuiei, praful trebuie îndepărtat de pe suprafață. Stratul suport trebuie să fie umezit, astfel încât suprafața de contact să se înmoaie și să se umfle.
- Tencuiala trebuie aplicată cu forță pentru a pătrunde în rosturile exterioare ale stratului suport și să se obțină o legătură mai bună între straturi.
- În momentul în care tencuiala din pământ nu reacționează chimic cu stratul suport, este necesar ca acesta să fie tratat, pentru a se produce o coeziune suficientă între straturi.
- În cazul în care sunt folosite cărămizi foarte mari și foarte netede, se recomandă, pe lângă umezirea stratului suport, crearea unor caneluri diagonale cu o mistrie. Uneori este necesar și un strat suport care susține tencuiala, realizat printr-o plasă de sârmă sau covor de stof [89].

Tencuielile interioare prezintă mai puține dificultăți de punere în operă, deoarece fisurile de contracție fină nu cauzează probleme, putând fi acoperite cu straturi suplimentare de material și vopsea.

- Suprafețele uscate de tencuială din argilă pot fi netezite cu ușurință prin umezire și se pot prelucra cu o perie sau o mistrie.
- Dacă suprafața pereților necesită un strat mai gros de tencuială care depășește 15mm, aceasta trebuie aplicată în 2 straturi, primul conținând mai multă argilă și agregate grosiere decât cel de-al doilea.
- Dacă stratul suport prezintă fisuri de contracție, acest lucru nu este problematic și poate fi chiar benefic, asigurând o legătură mai bună cu stratul final de tencuială [90].

- Reziduurile din ciment s-au dovedit a fi cele mai bune adaosuri în ceea ce privește îmbunătățirea rezistenței la eroziune, a rezistenței la perforare, pentru impermeabilizarea și acțiunea împotriva mineralelor din argilă care au tendința să se umfle. În schimb, acest lucru poate duce la fenomenul de condensare, atât între tencuială și substrat, cât și între diferitele straturi ale tencuiei, având consecințe nefaste asupra stratificațiilor propuse.

- Componentele organice precum bitumul, fibrele vegetale, rășinile, uleiurile etc. sunt utilizate în mod tradițional sub diverse combinații pentru îmbunătățirea performanțelor tencuielilor și a cărămizilor nearse.

- Compușii sintetici precum acetatul de polivinil, acrilicele, silicatul de sodium, și multe altele au fost introduse ca stabilizatori pentru materialele pe bază de pământ. Din punct de vedere al intervențiilor moderne asupra structurilor din pământ, se constată stabilizarea chimică (activarea alcalină și geopolimerizarea) utilizate pentru consolidarea zidurilor castelului Alhambra din Spania, de exemplu. Aceste aspecte sunt discutate și în cadrul anexei 9.4.4. Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului.

⁸⁸ Tania Santos, Paulina Faria, 2016, „Evaluating earthen mortars for rendering”, ISBN 979-10-96446-12-4;

⁸⁹ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag. 92-97;

⁹⁰ Mattone M., Bignamini M., „Conservation of earthen constructions: Earth gypsum plasters”, London, United Kingdom, CRC Press Taylor Francis Group, 2012;

Tencuielile exterioare expuse trebuie să fie rezistente la intemperii, fie trebuie să li se asigure o acoperire perfect impermeabilă (realizată în mod tradițional din var).

- În climatul rece, este important ca tencuielile, împreună cu acoperirile acestora, să permită difuzia vaporilor, astfel încât apa condensată în perete să poată fi transportată cu ușurință către exterior.
- Pentru a face față influențelor termice și hidrice și pentru a nu dezvolta fisuri, tencuiala exterioară trebuie să fie mai elastică decât stratul suport.
- Pentru climatele reci, în general, nu se recomandă o tencuială exterioară pe bază de argilă, cu excepția cazului în care se poate asigura o suprafață suficient de mare a acoperișului, o protecție a soclului, rezultând o bună acoperire a suprafeței.
- Conform normativelor europene în vigoare, tencuielile exterioare pe bază de pământ, nu se utilizează în exterior.
- Deoarece marginile tencuite ale pereților sunt foarte ușor de deteriorat, acestea trebuie să fie rotunjite sau trebuie adăugat un element rigid.
- În climatele extreme, când elasticitatea suprafețelor mari de tencuială este insuficientă, pentru a face față efectelor cauzate de diferențele de temperatură sau a intemperiiilor, se recomandă realizarea unor rosturi verticale și orizontale de dilatare.
- În cazul construcțiilor contemporane, pentru a oferi rezistență suprafețelor exterioare ale tencuielilor, acestea trebuie finisate cu un strat final de vopsea.
- Atunci când se utilizează tencuieli pe bază de pământ, trebuie să se țină cont de modificările proprietăților fizice ale materialelor, care pot fi influențate și de aditivi și acoperiri, în special în ceea ce privește rezistența la difuzie a vaporilor [91].

Tencuielile din pământ moderne sunt foarte căutate pe piața construcțiilor ca urmare a proprietăților caracteristice, precum:

- lipsa solvenților,
- absorbția poluanților,
- reglarea umidității și a temperaturii aerului din interior,
- respectarea ultimelor normative în vigoare mai ales în ceea ce privește protecția la foc,
- suprafețele elegante disponibile într-o varietate de culori și texturi.

5.2. Soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ

Din moment ce materialele pe bază de pământ pun problema rezistenței mecanice la încărcări ciclice și intemperii, este importantă definirea parametrilor principali care stau la baza acestor caracteristici. În cadrul studiului doctoral au fost realizate analize referitoare la proprietățile de bază ale pământului local pentru a determina în ce măsură materia primă se pretează tehnicilor

⁹¹ P.Melia, G. Ruggieri, S.Sabbadini, G. Dotelli, 2014, „Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters”, pag. 179-186;

constructive întâlnite pe plan local – pământ compactat și cărămizi nearse. Rezultatele testelor realizate sunt dezbătute pe larg în cadrul anexei 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local.*, demonstrându-se faptul că proprietățile pământului local se pretează cel mai bine tehnicii cărămizilor nearse.

Cercetările actuale propun compoziții noi ale materialelor din pământ folosind agregate naturale cu proprietăți cunoscute pentru a evidenția influența acestora asupra rezistenței mecanice. Provocarea constă în a propune soluții inovatoare pentru transformarea pământului brut, o materie primă complexă și foarte variabilă, în betoane autentice pe bază de argilă a căror implementare și proprietăți finale să fie controlabile [92]. Capacitatea de a controla caracteristicile unui material care este catalogat în mod tradițional drept neomogen, reprezintă provocarea majoră.

Pământul este asociat în mod normal unor construcții cu caracter temporar, fără o stabilitate bună sau fără posibilitatea de a oferi un grad ridicat de confort interior. Direcțiile de cercetare vizează utilizarea în viitorul apropiat a materialelor de construcție în variante complet diferite, așa cum este pământul turnat sau imprimat 3D pentru realizarea pereților, conținând diferite agregate noi, aspecte discutate în cadrul anexei 9.4.4. *Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului.*

Dilema constă în modul în care materialul trebuie să răspundă standardelor producției industriale, dar în același timp, să păstreze o amprentă de carbon cât mai mică, asemănătoare construcțiilor tradiționale. Unul dintre avantajele materialelor din pământ este faptul că au un impact redus asupra mediului și pot fi reutilizate, ceea ce înseamnă că materialul poate fi replasticizat în orice moment, fiind un criteriu important în evaluarea caracterului său ecologic. În conversia și extinderea clădirilor vechi, mortarul de pământ poate fi recuperat și refolosit direct, capacitatea de recuperare plastică este un avantaj în cazul tuturor materialelor din pământ folosite în mod tradițional.

De exemplu, în ceea ce privește mortarul, 15% din argile și 85% din nisip pot fi recuperate, cu o pierdere de masă de numai 5% [93]. Această caracteristică reduce costurile legate de achiziționarea unor produse noi, transportul materialelor de construcție, prezentând avantajul de a fi reutilizat din locul de unde a fost prelevat. Pentru a determina măsura în care materialul este compatibil în cazul unei reabilitări, sunt necesare teste de conformitate din punct de vedere al compoziției granulometrice, respectiv al conținutului de poluanți sau săruri.

Cel mai important avantaj al materialelor pe bază de pământ este impactul redus asupra mediului, respectiv proprietățile ecologice caracteristice care transformă aceste materiale într-o alternativă sănătoasă și economică de a construi atât în mediul rural, cât și în mediul urban. Pentru a argumenta aceste avantaje, s-a recurs la realizarea unui studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți, urmărind indicatorii ecologici care marchează emisiile reduse ale materialelor în timpul fabricației, subiect dezvoltat în cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane.* Cele mai multe emisii de CO₂ sunt realizate datorită procedeelelor de ardere și a modului în

⁹² M.Pointet B.Schmitt, C.Plumier, J-M Le Tiec „Terre coule armée: du béton de ciment au béton de terre. L'avance des études et mises en oeuvre du système terre coulée pour un béton architectonique”;

⁹³Lola Ben-Alon, Vivian Loftness, Kent A Harries, Erica Cochran Hameen, “Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)”, School of Architecture, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, Civil and Environmental Engineering Department, University of Pittsburgh, USA;

care acestea pot fi eliminate în momentul în care construcția este demolată. Din acest punct de vedere, cimentul este luat drept valoare reper, fiind unul dintre materialele cele mai poluante.

În consecință, cercetările s-au concentrat pe transferul tehnologiei utilizate pentru realizarea betonului de ciment și a ceramicii industriale pentru a propune un material de construcție pe bază de argilă care urmărește o îmbunătățire generală a proprietăților materiei prime [94]. S-a ajuns la dezvoltări interesante ale materialului, cum ar fi înțelegerea impactului dispersanților asupra microstructurii și a proprietăților termotehnice [95]. Aceste informații sunt aplicate apoi prin intermediul tehnologiilor moderne în soluții eficiente de realizare a pereților, cum sunt cei prefabricați, realizați din pământ compactat, figura 67. *Pereți realizați din elemente prefabricate.*



Fig. 67. Pereți realizați din elemente prefabricate, sursă: © Lehm Ton Erde Baukunst GmbH;
Fig. 68. Robot semiautomat, sursă: © <https://www.ireviews.com/news/2017/04/05/sam100-semi-automated-mason>, ultima accesare:01.2021;

De asemenea, modelarea parametrică poate fi folosită în cadrul construcțiilor cu pământ, văzută din perspectiva caracterului organic al materialului care se pretează pe variantele noi de fabricare care utilizează brațe robotice (figura 68. *Robot semiautomat*) și imprimante 3D.

- Din acest punct de vedere, modelarea parametrică și printarea 3D pot fi corelate pentru a exploata caracteristicile naturale ale materialului, adoptând soluții inovative de punere în operă.
- Prin urmare, potențialul pământului este de a răspunde provocărilor contemporane referitoare la sustenabilitate, într-o manieră cât mai naturală, dar adaptată la mijloacele moderne de producție: pereți prefabricați, montaj cu braț robotic după modele create pe calculator, mașini automate de tencuit, imprimare 3D, așa cum sunt prezentate în figura 69. *Pereți realizați prin adaptarea elementelor prefabricate* și figura 70. *Mașină de tencuit.*

⁹⁴ Conform G.Landrou, C.Brnaud, G.Habert 2016, "Procede innovant pour le developpement d'un beton d'argile auto-placant", investigațiile contemporane vizează controlul granulometriei, utilizarea dispersanților și a superplastificatorilor, tehnici de coagulare pentru întărirea materialului care permit o îndepărtare rapidă a cofrajului etc.

⁹⁵ M.Moevus-Dorvaux, L.Couvreur, L.Ronsoux, Y.-J. Christian Olagnon, S. Maximilien, L. Fontaine, R.Anger, P.Doat, 2016, „Environmental clay based concrete„XII Congrès mondial sur les architectures de terre, CRATerre et Amaco, France;

- Toate aceste dezvoltări tehnice, aflate unele în faza de testare în cadrul laboratoarelor de cercetare, sugerează modul în care tehnologia poate fi folosită pentru a crea materiale ecologice, cu o amprentă de carbon cât mai scăzută, utilizate inițial pentru realizarea pereților, inclusiv a tencuielilor.
- Robotizarea scoate în evidență ideea conform căreia eficientizarea tehnologică va sta la baza noilor principii de proiectare și construire.
- Maniera în care aceste tehnologii se vor dezvolta pe mai departe, rămâne la stadiul unor presupuneri, însă prezintă potențial uriaș din punct de vedere al eficientizării modului de punere în operă, a economiei de resurse și a valorificării proprietăților higroscopice ale materialului.

Soluția este de a anticipa acest demers și de a-i veni în întâmpinare cu ideile care vizează realizarea unor materiale de construcție ecologice.

- Momentul marchează o nouă revoluție industrială, de această dată una tehnologică, iar capacitatea materialului pământ de a se adapta acestor noi cerințe, relevă modul în care un material natural poate să răspundă pozitiv în fața cererilor din ce în ce mai mari referitoare la aspectele de ecologie și sustenabilitate.

- Răspunderea la aceste solicitări contemporane reprezintă direcțiile noi de studiu spre care trebuie să se îndrepte cercetările viitoare, sugerând oportunități de dezvoltare în domeniul constructiv. Prin urmare, următoarele elemente pot fi considerate drept subiecte de studiu viitoare, pornind de la tendințele actuale în cercetare:

- o Reducerea energiei încorporate prin folosirea unor procedee tehnologice care consumă mai puține resurse neregenerabile, promovând utilizarea unor materiale naturale cu un conținut redus de stabilizatori și aditivi,
- o Reducerea emisiilor poluante rezultate atât în etapa de producție, cât și în etapele de utilizare, respectiv finalul ciclului de viață (reutilizare, reciclare),
- o Utilizarea variantelor automatizate și a imprimării 3D pentru a eficientiza procesul constructiv.



Fig. 69. Pereți realizați prin adaptarea elementelor prefabricate, sursă: © Lehm Ton Erde Baukunst GmbH, ultima accesare: 01.2021;

Fig. 70. Mașină de tencuit, sursă: © <http://www.hbxhmachinery.com/ProDetail.aspx?ProId=399>, ultima accesare: 01.2021; Mașina automatizată de tencuit asigură o dispunere prin vibrație a tencuiei și este realizată dintr-un aliaj de aluminiu. Dispozitivul prezintă o opțiune de reglare a nivelului până la care se poate tencui.;



5.2.1. Realizare pereților din pământ folosind tehnologia imprimării 3D

5.2.1.1. Proiectul WASP 3D

Proiectul Gaia reprezintă o locuință imprimată 3D folosind materiale naturale cum ar fi pământul din proximitate și deșeurile agricole din producția de orez. Mai exact, materialele care au fost folosite reprezintă un amestec din pământ natural prelevat de la fața locului, precum și materiale reziduale cum ar fi fibrele vegetale tocate și cojile de orez. Prin urmare, GAIA este rezultatul unei utilizări optimizate a resurselor agricole, care prin tehnologie au fost transformate într-o clădire complexă cu o amprentă minimă asupra mediului [96].

Profilul complex al pereților prezintă cavități verticale în interior, care sunt apoi umplute cu coji de orez pentru izolare, amestecul fiind turnat folosind o imprimantă 3D suspendată de o macara. O cavitate exterioară din structura peretelui este menținută goală pentru ventilarea naturală a structurii. De asemenea, cojile de orez au fost folosite pentru a crea o tencuială ecologică care acoperă interiorul pereților, respectiv un strat de izolație pentru acoperiș [97].

⁹⁶ <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>;

⁹⁷ <https://industryeurope.com/the-first-house-3dprinted-with-earth/> ultima accesare: 01.03.2021;



Fig. 71. Fotografie realizată în timpul imprimării 3D, preluare după: © [https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/ultima accesare: 01.2021;](https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/ultima%20accesare:01.2021;)

Gaia este o structură foarte performantă în termeni de energie, cu aproape niciun impact asupra mediului, conform companiei producătoare, deoarece acest proiect a fost realizat din pământ excavat de la fața locului și agregate naturale, precum deșeurile din producția de orez. Inițiatorii proiectului consideră că există potențialul folosirii unei varietăți de materiale naturale și reciclate în cadrul imprimării 3D pentru construcții. Luând în calcul aceste aspecte, deșeurile agricole ar putea deveni o resursă materială majoră în industria construcțiilor [98].

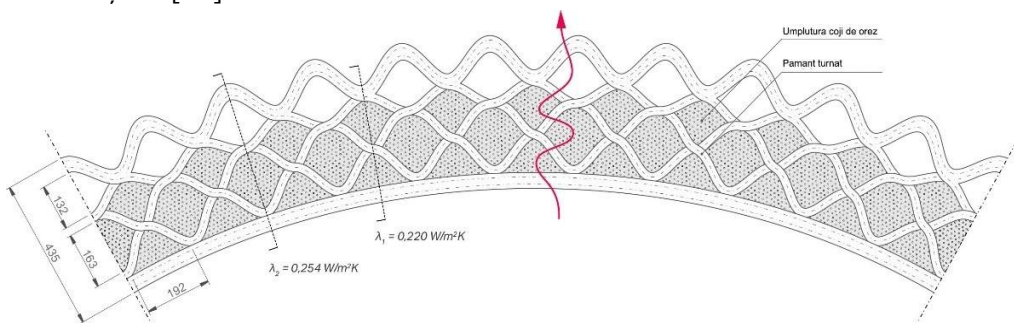


Fig. 72. Stratificație pentru peretele Gaia, preluare după: © [https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/ultima accesare:01.2021;](https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/ultima%20accesare:01.2021;)

⁹⁸ <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>, ultima accesare:03.2021;



Fig. 73. Fotografie realizată pe șantier, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/> ultima accesare: 01.2021;

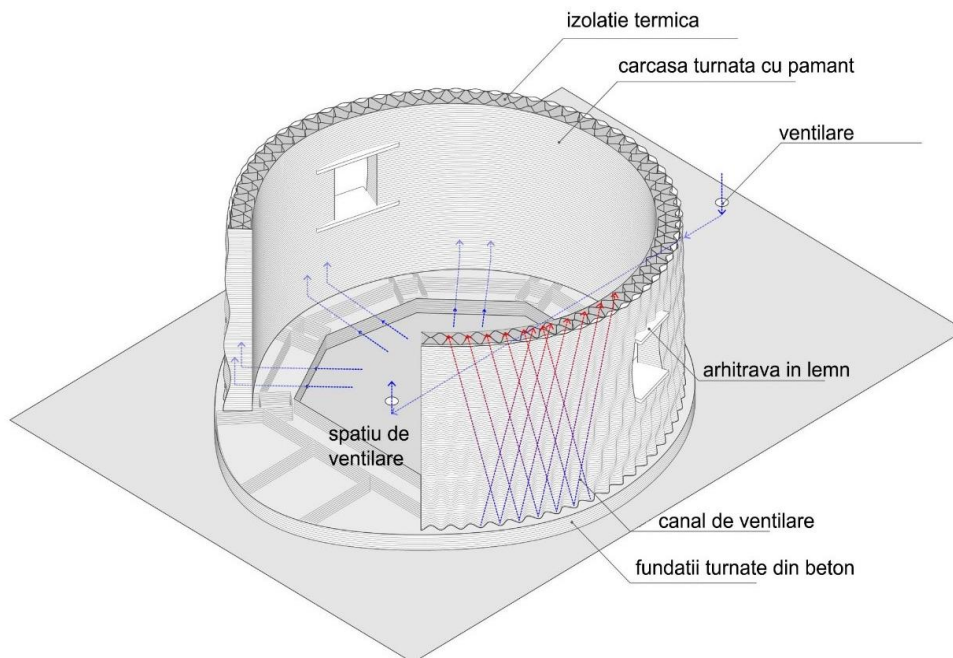


Fig. 74. Axonometrie ilustrând sistemele de ventilare introduse, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/> ultima accesare:01.2021;

5.2.1.2. Proiectul TECLA

Un alt exemplu realizat de către inițiatorii proiectului Wasp 3D este proiectul Tecla, care se referă la realizarea unui prototip de locuință imprimată 3D, utilizând ca material de construcție pământul brut excavat de pe sit.

- Conform arhitecților din cadrul firmei Mario Cucinella care au realizat proiectul, numele de Tecla vine de la Tehnology and Clay și reprezintă o manieră de a utiliza proprietățile tradiționale ale materialului pământ folosind noile metode de fabricație și unelte digitale [99].
- Materialul folosit nu conține aditivi, iar forma este inspirată din natură [100], asemănându-se cu adăposturile tradiționale amintite în cadrul anexei 9.1.2. *Africa*, și anume, locuințele organice ale tribului Mousgoum.
- Proiectul înglobează atât principii tradiționale, cât și inițiative referitoare la proiectarea parametrică, îmbinând realizarea formelor naturale cu eficiența noilor tehnologii referitoare la printarea 3D.



Fig. 75. Imprimarea în sincron a modulelor TECLA, sursă: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>; ultima accesare: 04.2021;

⁹⁹ https://www.mcarhitects.it/tecla-prima-casa-stampata-in-3d-low-cost-e-ad-alta-sostenibilita?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;

¹⁰⁰ https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;



Fig. 76. Axonometrie ilustrând dispunerea funcțională a unui modul Tecla, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>, ultima accesare: 04.2021;



Fig. 77. Axonometrie ilustrând dispunerea funcțională a unui modul Tecla, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>; ultima accesare: 04.2021;

Formele organice sugerează o metodă eficientă de construire din punct de vedere al folosirii materialului, cât și prin adaptarea la solicitările structurale. Prototipul reprezintă un răspuns la necesitățile ecologice de a construi locuințe într-un mod rapid și economic [101].

- Forma organică este utilizată deoarece reprezintă o simplificare a procedurii de imprimare 3D, în timp ce profilul complex al pereților, permite realizarea unui strat de izolație în anvelopa construcției, respectiv evitarea eroziunii fațadei datorită acțiunii apei și a vântului.
- Pe măsură ce tehnologia se va dezvolta, iar prototipurile vor fi adaptate standardelor în vigoare, acest gen de locuințe vor deveni cu adevărat sustenabile din punct de vedere tehnic și economic, deoarece demonstrează flexibilitatea folosirii materialului în conformitate cu ultimele tendințe privind eficiența energetică, modelarea parametrică și utilizarea resurselor locale.
- Având în vedere maleabilitatea materiei prime și dezvoltarea imprimării 3D, posibilitățile sunt nelimitate din punct de vedere formal, iar calculele termice pot dezvolta soluții eficiente din punct de vedere tehnic.
- Posibilitatea de personalizare, caracterul organic al formelor arhitecturale propuse și contactul cu materia naturală, permit crearea unei conexiuni directe între construcție și beneficiar.
- Modulele mizează pe o dispunere pavilionară în cadrul unui grid funcțional hexagonal determinat de schela de construcție și capacitățile imprimantei 3D. Rezultă la nivel de prototip, o rezolvare fluidă a cerințelor funcționale, așa cum este prezentat în cadrul figurii 76. *Axonometrie ilustrând variante de dispunere în plan a modulelor Tecla* și a figurii 77. *Axonometrie ilustrând dispunerea funcțională a unui modul Tecla.*



Fig. 78. Perspectivă aeriană ilustrând grid-ul funcțional hexagonal determinat de amplasarea imprimantelor 3D, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>, ultima accesare: 04.2021;

¹⁰¹ Conform https://www.archdaily.com/956854/round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours/602534aef91c81b8c70002f9-round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours-image?next_project=no: Cele 2 module s-au realizat în 200 de ore de printare, folosind 60m³ de pământ excavat de la fața locului, având un consum de mai puțin de 6kW.



Fig. 79. Randare cu interiorul prototipului propus, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>. Ultima accesare: 04.2021;

Referințe capitolul 5

- [72]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.108;
- [73]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 8, ultima accesare: 04.2021;
- [74]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 258;
- [75]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 261;
- [76]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 11,;
- [77]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 14,;
- [78]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13,;
- [79]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13,;
- [80]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 14,;
- [81]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.140;

- [82]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 263;
- [83]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 16,;
- [84]. DIN 18946: 2013-08 Lehmauermortel-Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren, DIN;
- [85]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0, pag. 41-46;
- [86]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 255;
- [87]. S.Rescic, M.Mattone, F.Fratini, L.Luvidi, 2021, „Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign” articole disponibile on-line Villefontaine: CRAterre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 02.2020;
- [88]. Tania Santos, Paulina Faria, 2016, „Evaluating earthen mortars for rendering”, articole disponibile on-line Villefontaine : CRAterre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 02.2020;
- [89]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.92-97;
- [90]. Mattone M., Bignamini M., 2012, "Conservation of earthen constructions: Earth gypsum plasters", London, United Kingdom, CRC Press Taylor Francis Group;
- [91]. P.Melia, G. Ruggieri, S.Sabbadini, G. Dotelli, 2014, „Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters”, pag. 179-186;
- [92]. M.Pointet B.Schmitt, C.Plumier, J-M Le Tiec, 2016, „Terre coule armee: du beton de ciment au beton de terre. L’avance des etudes et mises en œuvre du systeme terre coulee pour un beton architectonique”, https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-219_Pointet.pdf, ultima accesare : 04.2021;
- [93]. Lola Ben-Alon, Vivian Loftness, Kent A Harries, Erica Cochran Hameen,an, 2020, "Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)", School of Architecture, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, Civil and Environmental Engineering Department, University of Pittsburgh, USA, https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_ben-alon-et-al_en.pdf, ultima accesare: 04.2021;
- [94]. G.Landrou, C.Brumaud, G.Habert 2016, "Procede innovant pour le developpement d’un beton d’argile auto-placant”, https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-267_Landrou.pdf, ultima accesare: 04.2021;
- [95]. M.Moevus-Dorvaux, L.Couvreur, L.Ronsoux, Y.-J. Christian Olagnon, S. Maximilien, L. Fontaine, R.Anger, P.Doat, 2016, „Environmental clay based concrete,, XII Congrès mondial sur les architectures de terre, CRATerre et Amaco, France, https://www.researchgate.net/publication/320421889_Environmental-Clay-based_Concrete, ultima accesare : 04.2021;
- [96]. <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>, ultima accesare: 04.2021;
- [97]. <https://industryeurope.com/the-first-house-3dprinted-with-earth/>ultima accesare: 01.03.2021;
- [98]. <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>, ultima accesare:03.2021;
- [99]. https://www.mcarchitects.it/tecla-prima-casa-stampata-in-3d-low-cost-e-ad-alta-sostenibilita?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;
- [100]. https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;
- [101]. https://www.archdaily.com/956854/round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours/602534aef91c81b8c70002f9-round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours-image?next_project=no, ultima accesare: 01.2021;

6. Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile

Capitolul de față prezintă maniera în care pământul a fost studiat în Europa pe parcursul ultimelor decenii, respectiv stadiul cercetărilor la ora actuală în privința construcțiilor din pământ. Cercetarea privind arhitectura din pământ face parte dintr-un efort extins de conservare și restaurare în ceea ce privește această tehnică constructivă. În paralel, se studiază realizarea unor noi amestecuri și elemente constructive din pământ, respectiv noi soluții inovative de punere în operă a materialului.

Scopul este de a ilustra cum pământul ca material de construcție se poate alinia noilor cerințe privind sustenabilitatea. Sunt prezentate pe scurt principalele centre de cercetare și asociații care promovează construcțiile din pământ în Europa pentru a evidenția modul în care subiectul este tratat în momentul actual. Prin urmare, este realizată o trecere în revistă a elementelor ce definesc sustenabilitatea și indicatorii ecologici, respectiv strategiile ce trebuie considerate pentru a satisface aceste noi cerințe referitoare la reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante, atât în faza de producție, cât și în etapele ulterioare ale ciclului de viață.

În acest mod se crează o legătură între aspectele ce țin de tehnica constructivă tradițională, ca și element definitoriu la nivel regional și tendințele globale referitoare la protecția mediului care afectează industria construcțiilor, în măsura în care acest domeniu produce 30% din emisiile de CO₂ și consumă mai multe materii prime în comparație cu alte activități economice. De asemenea, producerea și transportul materialelor de construcții consumă între 20-30% din totalul de energie produsă [102]. Conform ghidurilor de proiectare sustenabilă precum LEED, principalele elemente care trebuie luate în considerare în demersul constructiv sunt:

- situl,
- energia utilizată pentru producție,
- gazele cu efect de seră emansate,
- utilizarea eficientă a apei,
- materialele și modul în care sunt produse,
- calitatea aerului interior [103].

O posibilă soluție constă în adoptarea unei variante de proiectare bazată pe materiale locale, care ține cont de considerentele actuale și viitoare privind amprenta de carbon [104]. Măsurile care vizează reducerea consumului de energie s-au intensificat datorită agravării problemelor de mediu și creșterea gradului de conștientizare a acestora. Majoritatea materialelor convenționale folosite

¹⁰² F.Pacheco-Torgal, Said Jalali, 2012, „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”;

¹⁰³ <https://www.thebalancesmb.com/a-step-by-step-guide-to-achieving-leed-certification-845316>, ultima accesare: 03.2021;

¹⁰⁴ A. Balaguera, G.I. Carvajal, J. Alberti, P.F. Palmer, 2018, „Life Cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review” in Resources, Conservation and Recycling, Volume 132, pag. 37-48; <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-footprint>;

în domeniu, cum ar fi betonul, oțelul și zidăria, au nevoie de un număr mare de operații tehnologice și aditivi pentru a putea fi produse la scară industrială, într-un mod relativ ieftin și accesibil, drept urmare, se consumă multă energie pe parcursul întregului ciclu de viață (în faza de producție, cât și în faza de eliminare și de reciclare). Acest aspect implică cantități mari de energie încorporată și consum de resurse fosile și minerale neregenerabile [105]. Pentru reducerea acestor consumuri, se recomandă preluarea unor modele de practici ecologice regăsite în tradițiile existente la nivel regional.

Prin intermediul noțiunii de sustenabilitate se explică aspecte ce țin de ciclul de viață al materialelor de construcție din pământ, urmând ca studiul să se axeze pe variante de reintroducere a acestor practici constructive în regiunea Banatului. În cadrul studiului de față, se realizează o paralelă între practicile tradiționale de construcție cu pământ și maniera în care acestea sunt reinventate acum. Abordarea subliniază modul în care cunoștințele transmise de-a lungul generațiilor reușesc să revină în actualitate, ca mijloc de reconectare cu tradiția și de realizare a continuității valorilor istorice, sociale și culturale la nivel regional. Prin acest demers se evidențiază caracterul sustenabil referitor la reintroducerea unei practici constructive, capacitatea de adaptare a elementelor constructive din pământ la noile standarde și reglementări.

Utilizând conceptele actuale privind reutilizarea și reciclarea materialelor, repararea și renovarea construcțiilor, se poate extinde cât mai mult posibil durata de viață a acestora [106], ceea ce duce la diminuarea deșeurilor din construcții și la reducerea emisiilor de CO₂, responsabile pentru schimbările climatice, economia de resurse etc. Studiul de față se înscrie în cadrul cercetărilor privind sisteme de construcție și materiale inovatoare pe bază de pământ, care folosesc tradițiile locale, dar au ca scop răspunsul la cerințele actuale de stabilitate și confort termic. Studiul prezintă analiza sustenabilității prin intermediul fondului construit existent din pământ (atât la nivel de locuință, cât și la nivel urban), pentru a identifica maniera în care acestea răspund criteriilor de sustenabilitate pe parcursul întregului ciclu de viață, aspecte menționate în anexa 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane.*

Sunt prezentate posibilele strategii care definesc sustenabilitatea prin considerarea aspectelor ecologice și a modului în care acestea pot fi aplicate în cazul construcțiilor cu pământ și noțiuni referitoare la ciclul de viață. Pe parcursul tezei sunt introduși indicatorii ecologici utilizați pentru evaluarea impactului asupra mediului, urmând ca aceștia să fie dezvoltați în cadrul subcapitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane.* Pentru a contura un discurs complet, prin considerarea exemplelor de colonizare, așa cum a fost în cazul Banatului, se pune în discuție măsura în care tehnica constructivă a rezistat de-a lungul timpului, care sunt elementele care au fost preluate mai departe, respectiv ce a determinat abandonarea tehnicilor constructive inclusiv în zonele unde acestea au fost utilizate în mod frecvent.

În ultimul timp se constată dezvoltarea interesului pentru pământ în privința înțelegerii științifice a materialului și a forțelor de coeziune prin intermediul cărora lucrează. Materialele pe bază de pământ au fost prezentate în

¹⁰⁵ EU environmental policy targets and objectives , 2010-2050, "Towards a green economy in Europe";

¹⁰⁶<https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circulara-definitie-importanta-si-beneficii>;

mai multe texte informative în care se discută aspectele practice, așa cum acestea au fost analizate în cadrul anexei 9.4. *Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție*. În acest context, se accentuează importanța dezvoltării tehnicilor care corespund principiului de intervenție minimă pentru reabilitarea fondului construit existent (anexa 9.4.5. *Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ*). În concluzie, s-a format o relație simbiotică între studiile patrimoniului construit și știința materialelor de construcție, ca o urmare a interesului comun pentru aplicarea unei metodologii interdisciplinare în cercetare. Beneficiile abordărilor de acest fel demonstrează cum argumentele sociale pot fi combinate cu cele tehnice și economice, rezultând soluții sustenabile, cu efecte cuantificabile atât pe termen mediu, cât și pe termen lung.

6.1. Stadiul actual al cercetărilor în Europa și inițiativele existente pe plan local

Construcțiile cu pământ au avut o evoluție constantă, așa cum a fost dezbătut în cadrul capitolului 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa*, dar interesul pentru aceste tehnici constructive a reapărut ca o consecință directă a celui de-al Doilea Război Mondial, eveniment ce a determinat o perioadă de deficit de materiale industriale și o relocare a populațiilor sinistrate. Ulterior, în anii 1970, ca urmare a crizelor petrolului, construcțiile cu pământ au revenit în actualitate drept variantă economică de a construi. În Germania, aceste tehnici s-au dezvoltat sistematic prin crearea de centre de formare profesională, iar mai multe mii de locuințe au fost construite din pământ. De asemenea, în contextul actual, costul energiei ridică dezbateri și cercetări privind fezabilitatea reintroducerii acestor materiale de construcție prin propunerea unor aplicații inovative [107].

Pământul este considerat un material sustenabil deoarece prezintă o varietate de moduri de punere în operă prin considerarea condițiilor locale din diferite climate. Cu scopul de a oferi soluții ecologice de construire, mai multe centre de cercetare internaționale atrag atenția și încearcă să obțină un echilibru între utilizarea tehnicilor tradiționale constructive și inovația în ceea ce privește punerea în operă. Scopul este ca prin exploatarea resurselor locale, costurile să se optimizeze, rezultând clădiri accesibile, dar eficiente din punct de vedere energetic.

În Franța, cercetările s-au intensificat o dată cu apariția expoziției internaționale intitulată "Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire" (realizată de Jean Duthier), care a lansat o dezbateră la nivel național referitoare la potențialul exploatarei materialului pământ în contextul cerințelor contemporane din domeniul construcțiilor. Materialele elaborate în cadrul acestui eveniment constituie și astăzi unul dintre cele mai bine vândute volume editate în cadrul Centrului Georges Pompidou din Paris. Această vastă acțiune de cercetare, susținută printr-o promovare culturală și mediatică corespunzătoare, a fost foarte repede sprijinită prin acțiuni concrete pe teren și prin realizarea proiectului „*Domain de la terre*” din l'Isle d'Abeau, un cartier ce oferă locuințe sociale cu o chirie redusă. Acest demers confirmă angajamentul Franței de a construi locuințe accesibile și ecologice. Activitățile înregistrate în cadrul proiectului au fost prezentate în cadrul

¹⁰⁷ Roger Bolthausen, 2017, "Techniques de construction en terre crue et potentiel des modes de construction hybrides en argile en Europe centrale";

materialului numit "Recommendations pour la conception des bâtiments du Village Terre", realizat împreună cu alte centre de cercetare și organizații naționale și internaționale (Getty Institute S.U.A.).

Rezultatul direct al acestor cercetări a fost prezentat la Bruxelles în decembrie 1984 prin volumul "Traité de Construction en Terre" – studiu amintit în continuarea acestei teze în repetate rânduri. Aceste lucrări asigură diseminarea informațiilor asupra etapelor necesare în construcția efectivă a casei, folosind diverse elemente constructive din pământ. Valorile înregistrate în urma acestor studii constituie repere în vederea determinării proprietăților adecvate ale pământului în funcție de diversele tehnici constructive propuse, constituind un material util din punct de vedere pedagogic și al formării profesionale. Cercetarea cu pământ s-a dezvoltat prin intermediul planului de construcție ministerial, un organism de sprijin în cercetarea și experimentarea constructivă și arhitecturală. Bugetul necesar pentru aceste acțiuni a fost evaluat la aproximativ 24 de milioane de franci, dintre care 83% au constituit cercetările experimentale operaționale (proiecte, punerea la punct a diverselor amestecuri, realizarea construcțiilor experimentale) și acțiunile care vizează formarea universitară și profesională continuă [108].

Creșterea treptată a interesului pentru arhitectura din pământ și conservarea patrimoniului existent a dus la apariția în ultimele decenii a diferitelor instituții care sunt capabile să dezvolte subiecte de cercetare referitoare la tehnicile tradiționale din pământ, noi amestecuri, respectiv modalități contemporane de punere în operă. Cele mai importante centre de cercetare sunt CRATerre Franța, Dachverband Lehm Germania, Getty Conservation Institute Statele Unite ale Americii și ICOMOS, prin subgrupul dedicat Comitetului Științific Internațional pentru Patrimoniul Arhitectural din Pământ (ISCEAH) [109]. Organizația UNESCO a susținut cercetarea privind arhitectura din pământ ca parte a unui proiect de conservare, restaurare și instruire în ceea ce privește această tradiție constructivă. Inițiativa a fost conturată și realizată cu un accent puternic pe dezvoltarea sustenabilă, în căutarea de a îmbunătăți strategiile de diseminare și de perpetuare a celor mai bune practici constructive regăsite pe plan local.

6.1.1. Dachverband Lehm, Germania

Dachverband Lehm este o asociație non-profit fondată în 1992, având ca scop promovarea pământului ca material de construcție sustenabil. În cadrul asociației, s-a realizat o platformă on-line pentru promovarea cunoștințelor tehnice și a abilităților practice din domeniul construcției cu pământ, sprijinind inițiativele de reintroducere a acestor materiale în rândul practicilor constructive contemporane prin diverse activități. Pornind de la practicile tradiționale, asociația promovează crearea unor noi produse, tehnici și construcții realizate din pământ.

Standardele DIN introduse în legislația germană, reprezintă un suport util prin realizarea unor specificații clare privind caracteristicile materialelor de construcție prefabricate industrial (cărămizi, mortar, tencuieli din pământ etc).

¹⁰⁸ Hubert Guillaud. Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation. Habitat e Architetture di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive, 1998. fffhal-01806210f;

¹⁰⁹ Comitetului Științific Internațional pentru patrimoniul arhitectural din pământ, <https://www.icomos.org/en?p=274>, 01.12.2020;

Aceste reglementări introduse de mai bine de 30 de ani, vin în întâmpinarea cererii crescute a materialului pământ, recunoscut drept ecologic și estetic. O altă direcție de manifestare este îndreptată spre cooperarea cu organizații, rețele și asociații din întreaga lume pentru propunerea și dezvoltarea unor noi produse, tehnici și construcții, pornind de la practicile constructive locale și adaptându-se la standardele contemporane [110].

De asemenea, Dachverband Lehm acționează în domeniul educației și al formării profesionale, oferind calificarea de specialist în construcții din pământ prin cursurile și practicile propuse. Aceste acțiuni vin ca urmare a interesului crescut pentru pământ ca material de construcție și a lipsei personalului calificat în domeniul tehnicilor noi implementate, dar și în scopul restaurării fondului construit deja existent. Asociațiile profesionale create, respectiv existența mai multor producători de elemente constructive utilizând pământul, localizați în Germania, demonstrează interesul acordat materialelor ecologice, considerate drept alternative viabile pentru produsele convenționale existente pe piața materialelor de construcții. Aceste inițiative sunt susținute în cadrul centrelor de cercetare, precum cel din Universitatea Weimar sau Universitatea din Kassel, unde există departamente științifice dedicate în mod special tehnicilor constructive cu pământ.

6.1.2. CRATerre ENSAG, Franța

Centrul de cercetare CRATerre ENSAG a fost înființat în 1979, la Grenoble, Franța, cu scopul de a studia materialele de construcție ecologice, având ca bază studierea pământului sub diverse forme de utilizare. Echipa interdisciplinară de cercetare a dezvoltat **o sinergie între cultură și știință, aspecte sociale și ecologie**. La originea CRATerre se află munca unei echipe care dorește să pună în valoare pământul ca material omniprezent, dar puțin studiat și neexploatat la adevăratul potențial în context contemporan.

În cadrul centrului de cercetare se lucrează la definirea caracteristicilor materialelor din pământ pentru a face față provocărilor legate de mediu și a modului cum materialul poate fi implementat în diferite contexte, în funcție de specificul local [111]. Obiectivele declarate ale institutului CRATerre sunt:

- *Utilizarea eficientă a resurselor locale, umane și naturale;*
- *Îmbunătățirea condițiilor locative și de viață;*
- *Promovarea diversității culturale.*

ONU a decretat în 1996 că singura modalitatea de a face față crizei de locuințe care afecta la acel moment mai mult de 1 miliard de oameni este utilizarea resurselor naturale locale, precum pământul. În acest context, centrul CRATerre a ajutat la construirea de locuințe pentru persoanele defavorizate în numeroase țări. Un exemplu este mobilizarea din insula Mayotte (departament insular în Oceanul Indian al Republicii Franceze), unde a fost inițiată o acțiune amplă care a avut ca rezultat formarea unei forțe de muncă calificate, capabilă să realizeze necesarul de 15000 de locuințe din pământ [112]. CRATerre se implică în acțiuni de restaurare a patrimoniului existent din pământ, considerat ca o posibilitate de a folosi practicile tradiționale asociate ca pârgie de dezvoltare locală, utilizând următoarele metode:

¹¹⁰ Asociația Dachverband Lehm, Germania;

¹¹¹ Catedra UNESCO, "Architecture de terre, cultures constructives et développement durable" din cadrul CRATerre-ENSAG ;

¹¹² Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”,83,

- reinventarea comunităților locale prin intermediul culturii arhitecturale,
- stimularea practicilor constructive tradiționale,
- adaptarea la standardele noi de construcție,
- asigurarea formării meșterilor capabili să-și reabiliteze propriile construcții.

Prin intermediul centrului de cercetare și a proiectelor-pilot implementate la nivel internațional, se urmărește, pornind de la mărturiile universale ale arhitecturii vernaculare, o analiză în detaliu a potențialului materialelor naturale. În loc să se limiteze cunoștințele doar la domeniul tehnic, se pune în practică o noțiune bazată pe caracteristicile contextului local, respectiv progresul tehnologic - **cultura constructivă – concept interdisciplinar între știință, cultură și pedagogie**. Toate aceste acțiuni nu promovează o pastişă tradițională, ci favorizează o creativitate contemporană cu inspirație vernaculară locală [113].

Pe baza cercetărilor ce țin de specificul geologic, fizic și chimic al materialului pământ, se explică tehnica constructivă și se dezvoltă noi posibile direcții de studiu utilizând proprietățile caracteristice ale materialelor locale. Acesta este motivul pentru care este necesară o abordare interdisciplinară care să țină cont de toate aspectele ce formează culturile constructive locale, cu scopul de a propune soluții cu adevărat sustenabile pe termen lung. Proprietățile tehnice ale materialului trebuie susținute de activități culturale și pedagogice cu scopul de a asigura implementarea și continuitatea acestor practici constructive în teritoriul în care sunt utilizate în mod tradițional.

CRATerre a inițiat o practică educativă bazată pe principii de ecologie, un laborator de experimentare a proiectării sustenabile. Această branșă a centrului de cercetare nu se limitează doar la utilizarea pământului, ci vine în întâmpinarea necesităților de informare și de cercetare valabile pentru toate regiunile unde materialele tradiționale sunt încă utilizate. Prin intermediul cursului referitor la culturi constructive și dezvoltare sustenabilă, au fost inițiate mai mult de 2000 de arhitecți, ingineri și antreprenori în cele mai exigente practici constructive folosind materialele naturale disponibile pe plan local [114].

6.1.2.1 „Domeniul Pământului”, Villefontaine, Franța

La începutul anului 1981, la inițiativa Oficiului Public de Dezvoltare și Construcții OPAC din Isère (departament din sud-estul Franței), s-a început construirea unei localități unde materialul principal de construcție a fost pământul local. Ansamblul de la Villefontaine a fost construit în colaborare cu laboratorul CRATerre – ENSAG, reprezentând o oportunitate de experimentare a tehnicilor constructive din pământ. S-a dorit crearea unui ansamblu care să sugereze tradiția regiunii Dauphinoise, unde 80% din construcțiile realizate înainte de 1950 au fost construite folosind tehnica pământului compactat. Unul dintre obiectivele importante

¹¹³ Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallée du Jourdain; Une filière en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 38-39;

¹¹⁴ R. Anger, L. Fontaine, T. Joffroy, E. Ruiz, No. 9, 2010, Proparco “Construire en terre, une autre voie pour loger la planète”;

a fost să se demonstreze faptul că pământul poate fi eficient din punct de vedere al proprietăților termotehnice [115].

Pentru acest proiect, s-a realizat un dialog între oameni de știință, tehnicieni, ingineri, arhitecți pentru a experimenta noi metode precum: industrializarea fabricării blocurilor din pământ comprimat, folosirea pământului turnat sau combinarea unei structuri din lemn cu zidăria din cărămidă nearsă. Pentru a răspunde exigențelor termice, s-au introdus următoarele elemente: un perete Trombe (perete solar pasiv) sau sere (pentru a avea un aport pozitiv al energiei solare), izolație termică exterioară, utilizarea unui sistem de ventilare dublu flux cu recuperare de căldură. Ca rezultate, consumul de energie general al cartierului este mai bun în comparație cu reședințele învecinate construite folosind tehnici și materiale de construcție tipice anilor 1980, blocuri din beton autoclavizat, blocuri ceramice, pereți din beton monolit.



Fig. 80. Vedere de ansamblu, "Domeniul Pământului", Villefontaine – Franța, sursă: © <https://www.caue-isere.org/operations-exemplaires/le-domaine-de-la-terre-villefontaine/>ultima accesare: 11.2020;

"Domeniul Pământului" cuprinde 65 de unități de locuințe sociale între 65m² și 110m², adăpostind mai mult de 300 de locuitori pe o suprafață de 2,2 hectare [116]. În mijlocul ansamblului s-a realizat un turn de 14m înălțime pentru a demonstra posibilitățile constructive ale pământului. După mai bine de 30 de ani, domeniul Villefontaine este un exemplu important al tipologiei orașului nou prin adaptarea remarcabilă la sit, combinația de materiale disponibile în teritoriu, diversitatea soluțiilor bioclimatice și arhitecturale propuse. Acest exemplu de cartier rezidențial reprezintă un model de locuire sustenabilă prin utilizarea inventivă a materialului pământ sub diferitele forme existente. Rezultatul este un exemplu inovativ de punere în operă a tehnicilor tradiționale utilizate la nivel regional.

Construcțiile realizate și evoluția cartierului au constituit un model de cercetare utilizat în cadrul institutului CRATerre de-a lungul ultimelor decenii, reușind monitorizarea proprietăților materialelor utilizate, precum și gradul de confort realizat prin implementarea diferitelor sisteme constructive. Configurația

¹¹⁵ Ministère de l'Urbanisme et du Logement. Plan Construction et Habitat, 1986, „Modernité de la construction en terre. L'Isle d'Abeau,;

¹¹⁶ Conseil Architecture Urbanisme Environnement, Urbanisme Operationnel Extension, "Au cœur du village terre";

urbanistică, așa cum este ilustrată în figurile 81. și 82. *Plan și axonometrie, "Domeniul Pământului", Villefontaine*, este caracterizată printr-un model liber de dispunere a construcțiilor în teritoriu, creând o ambianță familială la nivel de cartier. Construcțiile sunt dispuse conform unei trame stradale rectangulare, dar aranjate într-o manieră liberă, ceea ce permite realizarea unui parcurs ingenios în cadrul ansamblului. Diferitele module locative sunt amplasate în funcție de tehnicile specifice utilizate și formează subunități cu un caracter aparte în cadrul propunerii generale. Prin implantarea vegetației între elementele construite, se introduce un element organic în parcursul propus.



Fig. 81. Plan "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © Roger Bolthausen, 2017, "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne";

Fig. 82. Axonometrie "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © Roger Bolthausen, 2017, "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne";

Toate aceste elemente enumerate conferă un caracter sustenabil al ansamblului, caracteristică demonstrată și prin gradul ridicat de satisfacție al locuitorilor. Conform acestui criteriu, se evidențiază faptul că propunerea în sine a rezistat testului timpului ca urmare a unei viziuni coerente din faza de concept a propunerii, atât la nivel de materiale și tehnologii implementate, cât și la nivelul planificării urbane și a strategiilor de realizare a unei comunități locale. Prin intermediul acestui exemplu notabil, sunt dovedite capacitățile constructive ale materialului natural, puse în contextul unei dezvoltări rurale armonioase.

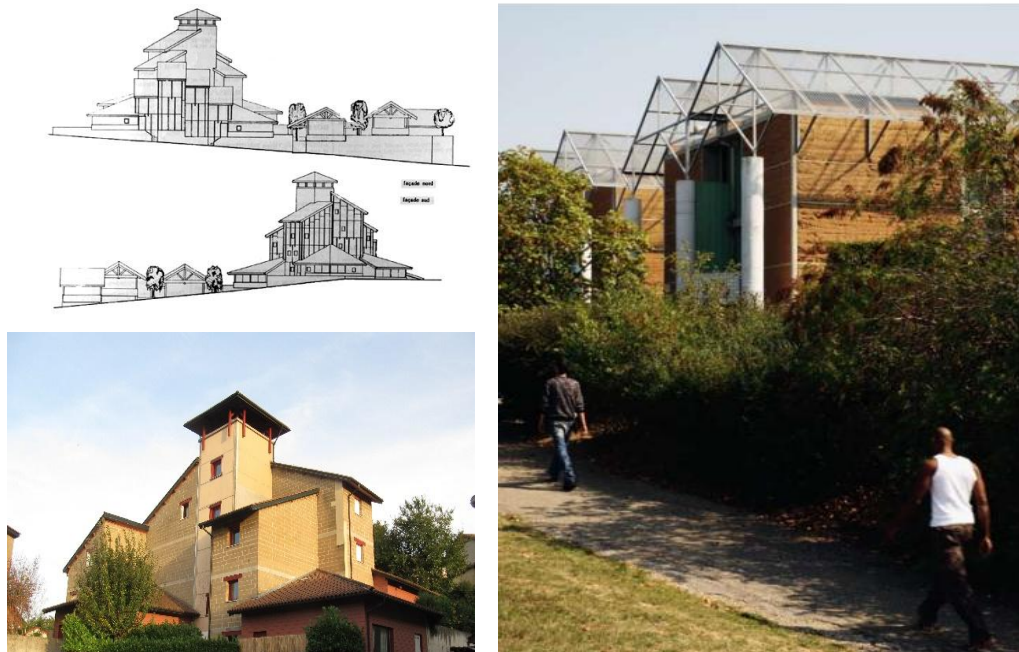


Fig. 83. Desene turnul de observație, "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © <https://www.caue-isere.org/operations-exemplaires/le-domaine-de-la-terre-villefontaine/> ultima accesare: 08.2020;

Fig. 84. Turnul "Domeniului Pământului", Villefontaine, sursă: © <https://www.caue-isere.org/>;
Fig. 85. Una dintre tipologiile de construcții existente pe sit, "Domeniul Pământului",



Fig. 86. Ansamblu locuințe colective Villefontaine, Franța, sursă: © revista Ecologik, nr. 12;

6.1.2.2. Construcțiile din pământ în România

În ceea ce privește construcțiile din pământ de pe teritoriul României, acestea sunt foarte diversificate ca și tehnică constructivă. Există o stigmă a sărăciei asociată cu acest tip de construcții, precum și lipsa de stabilitate considerată drept o caracteristică a acestor sisteme constructive. Cea mai veche și mai întâlnită tehnică din zonele deluroase este paianta, existând încă din neolitic. Există multe exemple de biserici construite folosind această tehnică, specifice întregii zone subcarpatice din Moldova sau Oltenia.

Pământul compactat poate fi găsit preponderent în nordul Moldovei, clădirile fiind finisate cu tencuieli pe bază de var, ceea ce determină ca acestea să se distingă foarte greu printre construcțiile realizate din zidărie de cărămidă sau cele cu structura realizată în întregime din lemn. Din punct de vedere al tradițiilor socio-culturale asociate practicilor constructive cu pământ, comunitățile rurale puternice din diferitele regiuni geografice ale României, au păstrat până de curând un obicei foarte apreciat de ajutor reciproc numit "clacă", un eveniment care se desfășoară nu numai în timpul recoltării, ci și pentru construirea de case pentru cupluri tinere sau diferite lucrări de uz comun.

În Banat, cea mai răspândită tehnică constructivă este cea a cărămizilor nearse, uscate la soare și stratificate ca blocuri de zidărie obișnuite, denumită regional – *văiugă*, *tehnica prezentată pe larg în cadrul anexei 9.3.3. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor cu pământ din Banat.* Clădirile realizate în această tehnică prezintă fundații din piatră, o șarpantă realizată din lemn și doar un singur etaj. Mai există și cărămizile care provin din pământul brut, tehnică denumită chirpici, formată din elemente constructive produse de comunitățile de rromi, din lut și nisip, folosind un cuptor improvizat care arde la o temperatură mică. Materialul constructiv este de o calitate scăzută, însă este popular în mediul rural, datorită prețului redus.

În momentul actual, este necesară extinderea cunoștințelor legate de întreținerea și restaurarea acestei arhitecturi tradiționale din pământ, pentru a garanta durabilitatea clădirilor deja existente. Din acest motiv, documentarea subiectelor istorice pe cale de dispariție, precum și a tehnicilor tradiționale, ca parte a identității culturale, sunt de o importanță deosebită [117]. Pentru a păstra tehnicile tradiționale de construire cu pământ, este prevăzută varianta realizării instalațiilor muzeale, similare cu muzeele în aer liber, după exemplul celor prezentate în cadrul subcapitolului 3.4. *Europa de Vest și Europa Centrală în Epoca Modernă.* O instituție de referință în ceea ce privește tehnicile de construcție și conservare din această regiune este muzeul în aer liber din Szentendre, Ungaria.

Deși există o veche tradiție constructivă și a reapărut interesul pentru construcțiile contemporane folosind acest material, inclusiv prin realizarea unor workshop-uri locale de experimentare cu materia primă, nu există o legislație care să permită autorizarea clădirilor folosind pământul ca material de construcție portant, ci doar ca material de umplutură în cadrul unei structuri principale. Ultimele norme tehnice au apărut în anii 1950, fiind considerate la momentul actual învechite și lipsite de actualitate pentru inginerii de structură. Acest subiect a fost dezvoltat în anexa 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile*

¹¹⁷ Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 67-71;

pământului local, unde este prezentat un caz concret de inițiativă locală din Banat. În cadrul acestui proiect, s-a propus reluarea unei practici constructive tradiționale prin alinierea la standardele actuale din domeniul constructiv.

În ciuda numeroaselor inițiative existente la nivel național, nu există centre de cercetare dedicate acestor materiale sau o legislație coerentă pentru certificarea, respectiv omologarea construcțiilor din pământ. Majoritatea inițiativelor locale se rezumă la încercări punctuale referitoare la proprietățile pământului local pentru a constata în ce măsură materialul este potrivit sau nu pentru utilizarea în cadrul unei anumite tehnici. Acest aspect este datorat faptului că pentru obținerea agrementului tehnic necesar autorizării construcțiilor din pământ, procedura este foarte complexă și necesită o perioadă îndelungată de timp, nefiind rentabil din punct de vedere economic pentru proiecte individuale.

Un exemplu concludent în acest sens, este proiectului Casa din pământ, amplasat în localitatea Lelese, județul Hunedoara, realizat de biroul de proiectare Arhigest din Timișoara, în cadrul căruia s-a propus utilizarea tehnicii pământului compactat. Înainte de începerea construcției, au fost realizate teste de laborator în cadrul institutului de cercetare I.N.C.E.R.C. Timișoara, pentru a vedea în ce măsură diversele amestecuri de pământ respectă un prag minim al rezistenței la compresiune, structura de rezistență fiind însă realizată din lemn. Prin urmare, pentru a se adresa cerințelor referitoare la siguranța în exploatare și stabilitatea construcției, s-a optat pentru utilizarea tehnicii pământului compactat ca și material de umplutură.

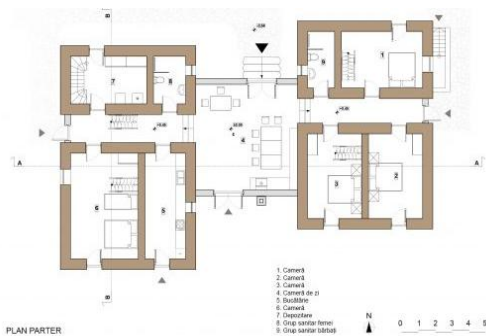


Fig. 87. Teste de compresiune efectuate asupra epruvetelor realizate din pământ local, sursă: © <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>;

Fig. 88. Realizarea pereților din pământ comprimat cu structură din lemn, sursă:

© <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>;

Fig. 89. Planul propus ilustrând grosimea considerabilă a pereților din pământ, sursă: © <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>;

6.2. Strategii de aplicare a sustenabilității prin raportarea la considerații ecologice

Conceptul de sustenabilitate se bazează pe trei elemente principale: coeziunea socială, prosperitate economică și protecția mediului. O astfel de abordare a dezvoltării sustenabile se numește abordare integrată sau holistică. Cu toate acestea, starea reală a economiei nu corespunde cadrului teoretic imaginat, deoarece unul sau mai multe elemente se dezvoltă mai încet sau în detrimentul altuia. În acest context, se discută despre o economie a resurselor, realizarea unor bunuri și servicii create pentru a dura în timp, utilizarea unor resurse regenerabile de energie etc. [118].

Termenul sustenabilitate are o multitudine de definiții, dar acestea dau puține indicații referitoare la modul de punere în practică, modul de realizare a principiilor sale. În ansamblu, sustenabilitatea implică abordarea unui spectru larg de probleme, uneori aparent conflictuale în proiectarea de arhitectură. Sustenabilitatea ilustrează conexiunile și oportunitățile diferitelor amplasamente, recunoașterea nevoilor specifice care realizează în interiorul sistemelor naturale un ansamblu ce produce rezultate durabile în timp.

Din acest motiv, proiectarea sustenabilă răspunde atât nevoilor umane, cât și funcțiilor mediului în care se află, având ca misiune combinarea datelor din științele naturii, a planificării și a proiectării pentru a descoperi caracteristicile sistemului în care se operează și pentru a lucra cu ele. Prin urmare, problemele ce trebuie rezolvate și beneficiile clădirilor sustenabile nu sunt ușor de articulat, nu sunt imediat vizibile, dar sunt totuși tangibile pe termen lung. În consecință, este necesară o articulare mai clară a beneficiilor asociate acestui concept pentru a identifica posibilele soluții.

Nevoia de arhitectură sustenabilă se bazează până la urmă pe motive intelectuale, practice și economice. Pe de o parte este cultura arhitecturală care se referă la adoptarea specificului local, iar celălalt aspect este reprezentat de tehnologiile sustenabile, necesare pentru a exploata cât mai judicios resursele unui loc, ale unei regiuni, conform noilor standarde în vigoare, dar adaptate la necesitățile economice [119]. Provocarea constă în includerea în acest proces a comunității, a regiunii, protejând în același timp binele public și privat. Strategiile pentru arhitectura sustenabilă își propun să contribuie la facilitarea implementării sustenabilității din dorința de a oferi clădiri mai bune pentru mediu, utilizatori și comunitate, iar noile materiale pe bază de pământ răspund acestor necesități [120].

Pentru a defini o clădire drept sustenabilă, este necesar ca sursele de energie să fie sustenabile, adică să aibe capacitatea de a funcționa și deconectate de la o sursă de energie. În acest sens, proiectarea sustenabilă propune o structură activă și pasivă concepută pentru a maximiza utilizarea resurselor naturale regenerabile [121] aflate pe sit. Utilizarea resurselor regenerabile [122]

¹¹⁸ Anita Frajman Ivković, Marija Ham, Josipa Mijoč, 2014, „Measuring Objective Well-Being and Sustainable Development Management”, Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology;

¹¹⁹ Peter F. Smith, „Architecture in a climate of change. A guide to sustainable design”, pag. 129;

¹²⁰ Schroeder Horst, 2016, „Sustainable Building with Earth”, in “Structures Built of Earth Building Materials – Impacts, Structural Damage and Preservation”, pp.527-540;

¹²¹ Conform <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/nonrenewable-resources/>, ultima accesare on-line: 03.2021:

află pe sit este o strategie încurajată și în celelalte faze ale ciclului de viață. Dacă proiectarea sustenabilă este o cerință a programului, atunci energia, forma, procesul constructiv, materialele, amplasamentul, ciclul de viață sunt integrate în soluțiile de proiectare, având ca principal avantaj, realizarea conexiunilor dintre acestea și eficientizarea resurselor consumate [123].

Reconsiderarea proiectării ca o problemă a sistemelor care compun un anumit amplasament, îl provoacă pe arhitect să definească situația sau domeniul de aplicare ca un proces de reconectare, căutare a compatibilităților posibile între diferitele elemente existente la fața locului. Proiectarea sustenabilă cuprinde în mare, necesitatea unui nou mod de a gândi productivitatea, deșeurile, performanța și impactul clădirilor asupra condițiilor de mediu și a calității vieții. Datorită multitudinii de factori enumerați, rezultă și dificultatea de cuantificare a sustenabilității, de aceea, este necesar ca studiul să se limiteze asupra unui aspect ce poate fi analizat mai în detaliu, în acest caz fiind vorba despre pereții din pământ (proprietățile termice și indicatorii ecologici).

Construcțiile tradiționale din pământ au fost realizate folosind resursele la îndemână pentru construire în mediul rural și urban, prin considerarea experienței locale dobândite de-a lungul practicilor constructive repetitive asociate specificului local. În ceea ce privește reintroducerea pământului ca material de construcție, se propune reluarea unei tradiții constructive și reactualizarea acesteia prin intermediul unei variante cu un impact redus asupra mediului, în comparație, cu materialele utilizate în mod convențional – blocuri ceramice cu goluri verticale. Adaptarea tehnicii constructive la cerințele de performanță energetică, stabilitate și confort interior este prezentată pe larg în cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane.*

- Resursele neregenerabile nu se pot regenera în mod natural, ceea ce înseamnă că sunt limitate ca ofertă și nu pot fi utilizate în mod sustenabil. Există 4 tipuri majore de resurse neregenerabile, dintre care primele 3 sunt cunoscute drept resurse fosile: petrol, gaz natural, cărbune și energia nucleară.

- Resursele fosile sunt formate acum 300-360 de milioane de ani prin descompunerea plantelor și animalelor datorită presiunii și a căldurii din straturile de pământ.

- Avantajul energiilor regenerabile (precum energia solară, energia vântului, energia geotermală și biomasa) este faptul că se pot regenera, fiind disponibile într-o cantitate nedeterminată.

- Aproximativ 80% din totalul de energie utilizată la nivel mondial provine din resurse fosile, care prin ardere eliberează dioxid de carbon în atmosferă.,

¹²² Conform <https://sciencing.com/things-made-recycled-plastic-6872.html/>, ultima accesare on-line: 03.2021:

- Materialele regenerabile (realizate din produse naturale sau sintetice, inclusiv produsele reciclate) sunt fabricate sau realizate într-un ritm suficient de accelerat încât să țină pasul cu consumul lor.

- În schimb, materialele neregenerabile sunt acelea care necesită un timp mai îndelungat de refacere, fiind epuizate într-un ritm mult mai rapid în comparație cu procesul de fabricare.

- Conform Rutgers University for Sustainable Materials, New York: materialele regenerabile sunt sustenabile deoarece nu folosesc resurse neregenerabile, fiind produse într-un volum suficient de mare pentru a fi utile din punct de vedere economic deoarece sunt găsite în abundență.

- Exemple de astfel de materiale regenerabile sunt: celuloza, colagenul, amidonul, proteinele de soia și cazeina.

¹²³ Goodhew, Steve, 2016, "Sustainable construction processes: a resource text" , pag.18-22;

Pentru a defini sustenabilitatea din punct de vedere al aspectelor ecologice, este necesară referirea la problemele schimbărilor climatice și consecințele acestora asupra mediului. Impactul fizic direct al schimbărilor climatice se traduce printr-o dublare a emisiilor de carbon față de valorile preindustriale, precum și a cantității de produse chimice eliberate, de la o valoare de 280ppm la 550ppm (particule fine în suspensie pe milion) [124], extremă ce va fi atinsă între 2030-2060. Toate aceste aspecte se traduc printr-o creștere a temperaturii aerului cu 2-5° C, ceea ce implică daune asupra mediului natural, dar și asupra sectorului economic prin afectarea mai multor industrii, precum agricultura și turismul.

Din punct de vedere al timpului de implementare, problemele se vor resimți pe termen lung, începând cu 2050, cu o intensitate mai mare după 2100, moment în care acestea vor deveni permanente [125]. Schimbările climatice reprezintă o problemă pe termen lung cu rădăcini în trecut și în prezent și presupun un decalaj de timp între cauzele și consecințele acestora. De exemplu, momentul în care gazele cu efect de seră sunt emise și momentul în care efectele acestora sunt înregistrate. Când aceste schimbări climatice vor fi corelate, consecințele acestora vor implica o scădere a consumului și a bunăstării la scara unor regiuni întregi.

De asemenea, consecințele negative vor fi distribuite neuniform cu cele mai vizibile semne în teritoriile cele mai sărace, deoarece acestea sunt cele mai expuse schimbărilor extreme din punct de vedere climatic, neavând informațiile și resursele necesare de a implementa măsuri cu privire la diminuarea acestora. Cele mai multe dintre aceste regiuni reprezintă zone defavorizate, cu un fond construit din pământ extins, ca urmare a disponibilității materialului local. Acesta a fost cazul și a multor cartiere din zonele urbane ale orașelor istorice, începând de la exemplele din Antichitate, precum primele așezări din Orientul Apropiat – cele din Egipt, orașul Babilon sau fortăreața Bam, prezentate în cadrul anexei 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice.*

În cadrul exemplurilor enumerate, primele construcții au fost realizate din pământ folosind diferite tehnici, acestea fiind perpetuate sau abandonate pe măsură ce practicile constructive evoluau, respectiv așezarea se dezvolta. Aceste aspecte se regăsesc atât în cazul primelor orașe mesopotamiene, unde tehnica paiantei și a cărămizilor nearse a fost înlocuită treptat de utilizarea cărămizilor arse și a pietrei, precum și în dezvoltarea orașelor europene, așa cum acest aspect este dezbătut în cadrul subcapitolelor 3.3. *Europa de Sud în Epoca Medievală* și 3.4. *Europa de Vest și Europa Centrală în Epoca Modernă.* Porțiuni întregi ale diferitelor așezări au fost reconstruite ca urmare a calității precare a primelor construcții realizate din pământ, acestea nerezistând intemperiilor și activității seismice.

Ca urmare a accesului la resurse diversificate, construcțiile se realizează din materiale din ce în ce mai rezistente, însă continuitatea acestor așezări depindea și de factorii economici și culturali. Prin urmare, continuitatea practicilor constructive din pământ nu este dependentă numai de precaritatea resurselor, ci și de conștientizarea importanței prezervării fondului construit din pământ, așa cum s-a întâmplat în centrele urbane majore ale orașelor europene,

¹²⁴ Conform <https://www.adelaide.edu.au/arcph/dperu/fluoride/ppm.html>:

Ppm reprezintă abrevierea de la părți pe milion și poate fi exprimată și în miligrame per litru mg/L. Această măsură demonstrează masa unei chimicale sau a unui element contaminat pe unitate de volum de apă. În cadrul unui raport de laborator, ppm sau mg/L, semnifică același lucru. 1ppm = cantitatea absolută fracțională multiplicată cu un milion.

¹²⁵ Conform <https://www.eea.europa.eu/ro/themes/climate/about-climate-change>, ultima accesare on-line: 03.2021;

precum Lyon sau Strasbourg din Franța. În cazul orașelor precum Ghadamès (exemple ilustrate în cadrul anexei 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane.*), care a fost realizat într-o strânsă legătură cu resursele locale, secătuirea rezervelor de apă și contaminarea solului au determinat abandonarea acestora și construirea unor noi așezări în proximitatea celor vechi care consumă mult mai multă energie.

În centrele multor orașe istorice din Europa, construcțiile reprezentative din pământ s-au păstrat ca mărturie a continuității tradițiilor meșteșugărești specifice diferitelor ghilde. Aceste exemple constituie valori ale comunităților locale, fiind întreținute printr-un efort colectiv și reprezintă resurse ale fondului construit valorificate din punct de vedere turistic și comercial. Prin urmare, continuitatea utilizării materialelor și practicilor tradiționale este determinată de calitatea realizării construcțiilor, respectiv de capacitatea de preservare în stare funcțională a fondului construit existent. Un alt aspect important este măsura în care așezările se adaptează noilor cerințe referitoare la confortul interior și impactul asupra mediului.

Un exemplu concludent referitor la aceste aspecte este cel prezentat în cadrul anexei 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane*, și anume subcapitolul 9.2.2. *Shibam*, unde schimbările climatice au determinat mărirea substanțială a cantității de precipitații. Schimbările climatice au un efect negativ asupra fondului construit din pământ prin accelerarea fenomenelor de degradare la nivelul finisajelor, respectiv a construcțiilor din pământ, fenomene ce au condus la abandonarea treptată a localității. Drept urmare, un nou oraș a fost construit în continuarea celui vechi, utilizând sisteme edilitare moderne. În schimb, nu se mai respectă trama stradală compactă a vechii așezări, respectiv măsurile bioclimatice introduse la nivel urban – străzile acoperite și ventilate natural.

Efectele schimbărilor climatice se traduc și prin creșterea nivelului mărilor cu valori cuprinse între 10-88cm, ceea ce înseamnă inundarea zonelor de coastă, precum și o creștere a temperaturii cu 1-2° C. Încălzirea climatică va duce la topirea ghețarilor, ceea ce mărește riscul de inundații în timpul sezonului umed și diminuează cantitatea de apă în sezonul secetos. Aceste consecințe constituie o problemă în condițiile în care 200 de milioane de oameni locuiesc în câmpii aluvionare. Dar cu siguranță, cele mai importante schimbări se vor resimți în domeniul agriculturii, unde variațiile de temperatură vor determina modificări ale sistemelor de producere a mâncării, distrugerea proceselor naturale precum polenizarea, creșterea frecvenței inundațiilor și a secetelor [126].

¹²⁶ Conform <https://climate.nasa.gov/evidence/>, cele mai convingătoare dovezi în ceea ce privește schimbările climatice sunt următoarele:

- creșterea temperaturii la nivel global: temperatura medie a planetei a crescut cu 1,18 grade Celsius de la sfârșitul secolului al XIX-lea, o schimbare care a fost determinată de creșterea emisiilor de dioxid de carbon în atmosferă și de alte activități antropice. Ultimii 40 de ani au fost cei mai calzi, cu punctele maxime atinse în 2016 și 2020;
- oceanele au absorbit mare parte din această încălzire, fapt ce se observă la suprafață (primii 100 de metri au o temperatură ridicată cu 0.33 grade Celsius începând cu 1969);
- topirea ghețarilor din Groenlanda (în medie 279 bilioane de tone de gheață între 1993 și 2019) și Antarctica (în jur de 148 bilioane de tone de gheață/an);
- retragerea calotelor glaciare din zonele montane, incluzând Alpii, munții Himalaya, Anzii, munții Stâncoși din America de Nord, munții Alaska și regiunile muntoase din Africa;
- reducerea acoperirii cu zăpadă observabilă din satelit s-a redus în emisfera nordică de-a lungul ultimelor 5 decenii;
- creșterea nivelului mărilor cu 20 de centimetri, rata ultimelor decenii este oricum aproape dublă față de cea a ultimului secol, accelerându-se în fiecare an;

Politicile privind combaterea schimbărilor climatice prevăd măsuri simple precum impunerea unor taxe pe cantitatea de CO₂ emisă (suma vehiculată de 30 euro/t CO₂), ceea ce înseamnă o creștere cu doar 1% a prețului produsului. O variantă posibilă de reducere a gazelor cu efect de seră este oprirea defrișărilor, ceea ce ar însemna preluarea unui procent de 29% din totalul de gaze cu efect de seră emise. Captarea carbonului și depozitarea sa pot avea un rol decisiv în reducerea emisiilor cu 15-55%. Diminuarea emisiilor de gaze cu efect de seră obținute prin substituirea combustibililor fosili cu biocombustibili variază de la 10-90%, în funcție de resursele și sistemul folosit. În primul rând, trebuie ajustată eficiența prin implementarea unor măsuri ce prevăd cooperarea tehnică, transferul tehnologic în toate domeniile industriale importante. De exemplu, luând în considerare perioada mare de utilizare a echipamentelor utilizate într-o locuință, este necesar ca acestea să se raporteze la întregul ciclu de viață al utilizării acestora, cu scopul de a reduce emisiile de carbon [127].

Urmările dezastruoase nu sunt inevitabile în măsura în care emisiile de CO₂ sunt reduse cu un procent de 7% pe an, obiectivul fiind de a evita o creștere a temperaturii globale cu 2°C. Sunt introduse elemente de control a problemelor de mediu din punct de vedere tehnic și economic, dar depinde de comunitatea internațională să adopte măsuri potrivite și să definească timpul în care acestea pot fi implementate. La nivel global, subvențiile de energie [128] ajung anual la 250 miliarde de dolari, în timp ce jumătate din această sumă ar fi necesară pentru a implementa o politică în ceea ce privește prevenirea riscurilor problemelor

- începând cu 1950, s-au produs evenimente extreme precum temperaturi ridicate record, în timp ce temperaturile scăzute nu mai sunt așa pronunțate. De asemenea, a crescut numărul de ploi torențiale;

- acidificarea oceanelor a început o dată cu Revoluția Industrială, crescând cu un procent de 30% de atunci. Această creștere este rezultatul activităților antropice care emană mai mult CO₂ în atmosferă, care este ulterior absorbit în oceane. Oceanul a absorbit între 20% și 30% din emisiile totale de CO₂ în ultimele decenii (7,2 – 10,8 miliarde de m³ /an).

¹²⁷ Conform Comunicării Comisiei către Parlamentul European, consiliu, comitetul economic și social european și comitetul regiunilor. "O strategie a UE pentru încălzire și răcire", Accesat on-line: 02.2021:

- În anumite părți ale Europei, până la trei sferturi din poluare atmosferică cu particule fine în suspensie se datorează încălzirii gospodăriilor cu combustibili solizi (inclusiv cărbune și biomasă).

- 45% din energia pentru încălzire și răcire din UE este utilizată în sectorul rezidențial, 37% în industrie și 18% în sectorul serviciilor.

- În acest sens, tranziția către tehnologii sustenabile înseamnă reducerea emisiilor de CO₂ cu 135 de milioane de tone până în 2030, iar emisiile de poluanți atmosferici vor fi la rândul lor, reduse substanțial.

¹²⁸ Goodhew, Steve, 2016, "Sustainable construction processes: a resource text" , pag.15-16;

O direcție importantă privind problema sustenabilității o reprezintă consumul de energie. Cercetătorul Steve Goodhew [128] menționează câteva dintre aspectele importante ce trebuie considerate din punct de vedere al utilizării de energie în cadrul construcțiilor sustenabile:

- Limitarea cererii de energie, reducerea resurselor consumate prin raportarea la toată durata de viață a construcției;

- Utilizarea energiei solare pentru: încălzire, ventilare, iluminare;

- Crearea unui mediu interior confortabil;

- Monitorizarea în funcție de comportamentul utilizatorilor pentru a reduce utilizarea resurselor unei clădiri.

climatice până în 2030 [129]. În ciuda acestor efecte negative observabile la scară mondială, încă nu există un consens la nivel global în ceea ce privește implementarea măsurilor de combatere a schimbărilor climatice, tocmai pentru a nu afecta diferitele sectoare economice responsabile de emisiile poluante considerabile.

Ca o consecință a acestor efecte negative, s-au dezvoltat diverse metode pentru cuantificarea impactului potențial asupra mediului al produselor și serviciilor și a consumului de resurse în realizarea acestora. Evaluarea Life Cycle Assessment este utilizată în sectorul construcțiilor și reprezintă o parte importantă a determinării impactului asupra mediului al clădirilor, fiind inclusă în standardele europene privind sustenabilitatea construcțiilor, respectiv în schemele de certificare pentru construcții sustenabile. Pentru participanții diferiți care lucrează în scopul determinării caracterului sustenabil al unei clădiri, LCA oferă o cunoaștere de bază a parametrilor care contribuie la utilizarea resurselor regenerabile pe parcursul întregului ciclu de viață al construcțiilor.

Studiile ciclului de viață se aplică și la nivel de orașe, dar reprezintă un proces care consumă timp și necesită o bază imensă de date [130]. Cu toate acestea, evaluarea ciclului de viață poate oferi informații foarte clare referitoare la înțelegerea performanțelor de mediu și a acțiunilor necesare de stopare a emisiilor de gaze cu efect de seră la un nivel regional. Pentru a măsura impactul asupra mediului, metoda amprentei de carbon permite cuantificarea emisiilor de gaze cu efect de seră asociate unui produs, fiind un instrument ușor de monitorizare a impactului asupra mediului. Cercetătorul Robert Crawford definește în lucrarea - „Life Cycle Assessment in the Built Environment” [131](Tab. 3.

¹²⁹ Olivier Godard, 2008, “The Stern Review on the Economics of Climate Change: contents, insights and assessment of the critical debate”, publicat în Sapiens, DOI: 10.5194/SAPIENS-1-17-2008, Departement d’Economie, Ecole Polytechnique Paris;

¹³⁰ Dario Caro, 2019, “Carbon Footprint” in Encyclopedia of Ecology (Second Edition), Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Vol.4, pag. 252-257;

¹³¹ Tab.3. Strategii privind beneficiile asupra mediului © Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, pag.25;

	Strategie	Beneficiu pentru mediu
1.	<i>Utilizarea eficientă a resurselor</i>	- <i>Prezervarea resurselor neregenerabile,</i> - <i>Consumarea sustenabilă a resurselor regenerabile,</i> - <i>Reducerea cantității de reziduuri.</i> -
2.	<i>Minimizarea folosirii resurselor neregenerabile</i>	- <i>Prezervarea resurselor neregenerabile,</i> - <i>Minimizarea emisiilor realizate în urma producției de energie.</i> -
3.	<i>Minimizarea degajărilor de poluanți</i>	- <i>Maximizarea calității apei, aerului și a solului</i> - <i>Prezervarea ecosistemelor.</i> -
4.	<i>Proiectare pentru demontare</i>	- <i>Valorificarea la maxim a resurselor,</i> - <i>Reducerea producerii de gunoi.</i> -
5.	<i>Minimizarea producției de gunoi</i>	- <i>Activități care minimizează valoarea terenurilor,</i> - <i>Minimizarea contaminării apei și a pământului.</i> -
6.	<i>Proiectare pentru reciclare</i>	- <i>Prezervarea resurselor naturale,</i> - <i>Maximizarea valorii resurselor.</i> -

Strategii privind beneficiile asupra mediului © Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, pag.25;), modul în care se poate reduce impactul antropic asupra mediului prin folosirea unor strategii simple și disponibile, respectiv a beneficiilor de mediu asociate cu acestea.

Strategiile sustenabile urmăresc în general utilizarea cât mai eficientă a resurselor, precum și anticiparea etapelor de demontare și reciclare. În ciuda faptului că anumite proiecte noi propun tehnologii sustenabile, proiectanții încă se confruntă cu probleme legate de lipsa de conștientizare a clienților, a autorităților și a publicului asupra beneficiilor pe care astfel de strategii le aduc pe termen lung [132]. Din acest punct de vedere, problemele de sustenabilitate trebuie ridicate la nivel de municipalitate, iar soluțiile trebuie să fie gândite la o scară mai mare, în așa manieră încât să devină rentabile pe o durată mai lungă de timp. Introducerea conceptului de sustenabilitate ajută, de asemenea, la analiza fezabilității pe un interval extins a strategiilor propuse în cadrul unui proiect, ținând cont de toate cele trei componente: factorii sociali, economici și de mediu. În acest context, studierea exemplelor de colonizare timpurie, reprezintă un model foarte bun deoarece demonstrează aplicarea unor principii de eficientizare a resurselor găsite la nivel local.

Colonizarea Banatului s-a bazat pe realizarea unei coerențe administrative în contextul existenței unor populații cu naționalități diferite. Factorul social a contribuit la crearea comunităților multietnice reprezentative pentru întreaga regiune a Banatului. În cazul sistematizării localităților s-au realizat propuneri fezabile la nivel extins, așa cum a fost cazul în arealul studiat, începând cu secolul al XVIII-lea. Aceste aspecte au fost analizate pe larg, fiind prezentate în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.*

Scopul studiului a fost de a identifica consecințele reglementărilor impuse la nivel de așezare asupra fondului construit prin evidențierea specificului local rezultat în urma măsurilor impuse. S-au respectat configurațiile prestabilite la nivel de lotizare și amplasare a construcțiilor prin utilizarea optimă a resurselor naturale disponibile (crearea unui țesut urban compact, respectiv a unui microclimat la nivel de gospodărie, amplasarea judicioasă a vegetației etc.). În ceea ce privește strategiile aplicate în regiunea Banatului, acestea au urmărit sistematizarea riguroasă a localităților prin realizarea:

- unei trame stradale rectangulare,
- utilizarea unor prototipuri de locuințe,
- utilizarea pământului local pentru realizarea construcțiilor,
- poziționarea acestora în spațiile cele mai ferite de umiditate.

7.	<i>Proiectare pentru durabilitate</i>	- Cerere redusă de materii prime, - Prezervarea de resurse neregenerabile. -
8.	<i>Proiectare pentru reutilizarea adaptată</i>	- Prezervarea resurselor naturale, cerere redusă de materii prime, energie și apă, - Maximizarea valorii resurselor, - Producție redusă de deșeuri. -

¹³² Steven Goodhew, Richard Griffiths, 2004, "Sustainable earth walls to meet the building regulations", Energy and Buildings 37, pag. 451-459;

Proprietățile ecologice ale materiei prime folosite, disponibilă pe plan local, determină caracterul sustenabil al dezvoltării locale, începută din secolul al XVIII-lea, întreruptă de instaurarea diferitelor regimuri administrative, respectiv colonizarea și consecințele acesteia asupra fondului construit. Regiunea Banatului a trecut de la statutul de pașalâc turcesc, provincie a Imperiului Habsburgic, rămânând sub influența austriacă și ungară. La aceste considerente se adaugă și migrația populației, războaiele mondiale și recesiunile economice asociate acestor evenimente, subiecte dezvoltate și în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală.*

6.3. Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor

Conform lui Peter F. Smith [133], în etapa de alegere a unui material de construcție ecologic, deciziile în faza de proiect țin de multe variabile. Acestea sunt definite în fazele inițiale de proiectare și țin cont de locul unde este amplasat materialul, contribuția pe care acesta o aduce la reducerea impactului ecologic asupra mediului, durata de viață etc. Materialele de construcție ecologice reduc emisiile pe parcursul întregului ciclu de viață, în timp ce materialele de construcție convenționale necesită un consum de energie considerabil mai mare pentru producție și punere în operă. Alegerea unor materiale ecologice reprezintă o alternativă benefică în măsură să reducă necesarul de energie consumată și încorporată pe durata întregului ciclu de viață al clădirii [134] (Tab. 2. Tab. 4. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă: definite în standardul european EN 15978, 2011;).

Informațiile cuantificate legate de ciclul de viață al unui produs sunt specificate, în Germania, prin documente standardizate precum DIN EN ISO 14025, DIN EN 15804, Regulile categoriei de produs (Product Category Rules) și Declarațiile de Mediu (Environment Product Declarations - EPD). Diferențele de abordare ale diferitelor organizații care elaborează aceste standarde și declarații sunt dependente de necesitățile particulare ale fiecărui produs scos pe piață. Ciclul de viață al clădirii este, prin urmare, împărțit în mai multe etape:

- *etapa produsului,*
- *etapa procesului de construcție,*
- *etapa de exploatare (utilizare),*

¹³³ Peter F. Smith, 2005, "Architecture in a Climate of Change. A guide to sustainable design", ISBN: 0750665440, pag. 205-208; Factorii care influențează alegerea unui material:

- *locul unde este amplasat materialului și necesitatea asocierii cu alte elemente componente pentru realizarea unor detalii complexe;*
- *necesitatea de întreținere și materialele suplimentare utilizate în acest sens;*
- *contribuția pe care materialul o aduce la reducerea impactului ecologic asupra mediului, prezentată în declarațiile de mediu ale produsului;*
- *capacitatea produsului finit de a se adapta utilizărilor care se schimbă în timp (flexibilitatea);*
- *durata de viață a materialului și potențialul său de refolosire în caz de demolare.*

¹³⁴ Ashish Shukla, G.N. Tiwari, M.S. Sodha, 2009, "Embodied energy analysis of adobe house", Renewable Energy 34 (2009), 755-761;

- etapa de sfârșit a vieții,
- beneficii și încărcări dincolo de limitele sistemului [135].

Impactul ecologic al etapei de producție al unui material de construcție este evaluat prin consumul de resurse și de energie care intră în procesul de fabricație. Prin urmare, o evaluare a ciclului de viață al unei clădiri implică în mod normal un proces întreg al actului constructiv. Etapele sunt prezentate pe larg în cadrul Tab. 4. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă:

¹³⁵ Tab. 4. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă: definite în standardul european EN 15978, 2011;

MODULE	A1-A3	A4-A5	B1-B7
Stadiile ciclului de viață	Stadiul de produs	Stadiul de proces de construire	Stadiul de utilizare
PROCEDURI	A1. Aprovizionarea cu materii prime	A4. Transport	B1. Utilizare
	A2. Transport către producător	A5. Procesul de construcție-înlăturare	B2. Mentenanță
	A3. Producție		B3. Reparație
			B4. Înlocuire
			B5. Renovare
			B6. Utilizarea operațională a energiei
			B7. Utilizarea operațională a apei
MODULE	C1-C4	D	
	C1 Demolare	Reutilizare, recuperare și de potențial de reciclare	
	C2 Transport		
	C3 Procesarea deșeurilor		
	C4 Înlăturare		

definite în standardul european EN 15978, 2011 și sunt ilustrate în figura 90. Etapele ciclului de viață. Pentru a rezuma etapele ciclului de viață, acestea sunt:

- AI-A3 Stadiul de produs,
- A4-A5 Stadiul de proces de construire,
- B1-B7 Stadiul de utilizare,
- C1 Demolare, C2 Transport, C3 Procesarea deșeurilor, C4 Înlăturare,
- D. Reutilizare, recuperare și potențialul de reciclare.

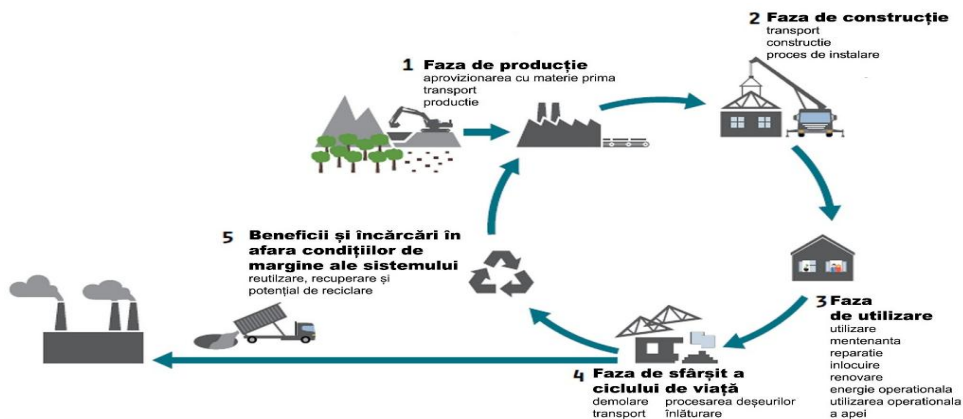


Fig. 90. Etapele ciclului de viață, sursă: © Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency;

Pentru a evalua ciclul de viață al unei clădiri, proprietățile termotehnice precum transmitanța termică (valoarea U) a elementelor componente nu sunt suficiente, deoarece mediul este deteriorat nu numai de funcționarea unei clădiri (încălzire), ci mai ales de construcția în sine, fabricarea materialelor de construcție [136]. O evaluare de tip LCA a unei clădiri implică, de obicei, un întreg proces care cuprinde includerea tuturor etapelor evaluării. Încorporarea LCA ca instrument în etapa de proiectare oferă posibilitatea de a evalua impactul asupra mediului a tuturor elementelor componente ale unei clădiri.

O evaluare a ciclului de viață reprezintă în mod normal un proces complex și implică includerea tuturor etapelor construcției - aprovizionarea cu materii prime, fabricarea materialelor de construcție, stadiul procesului constructiv, etapa de utilizare, demolarea și eliminarea sau reciclarea materialelor [137]. Studiile LCA au confirmat că cele mai relevante faze ale unui material de construcție sunt fabricarea materialelor și faza operațională [138], în timp ce fazele de construcție, întreținere, renovare, demolare și eliminare a deșeurilor de construcție au un impact mult mai mic. Din acest motiv, se caută materiale de construcție care fac obiectul unui număr cât mai redus de manipulări tehnologice.

Scopul este de a utiliza materiale cu un caracter regenerabil sau complet reciclabile și reutilizabile la sfârșitul duratei de viață. De asemenea,

¹³⁶ Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency, pag.8;

¹³⁷ Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, pag.41-43;

¹³⁸ Horst Schroeder, Manfred Lemke, Dachverband Lehm, 2020, „The ecological life cycle assesment of earth building materials” in Lehm Conference Weimar Germany;

aceste produse ar trebui să fie disponibile la fața locului sau în imediata apropiere, pentru a evita timpul îndelungat și energia consumată cu transportul la distanță. Din acest motiv, materialele de construcție din pământ prezintă un real avantaj deoarece au valori reduse ale energiei încorporate, respectiv procedee simplificate de punere în operă în varianta tradițională.

Pentru a evalua impactul asupra mediului și pentru a stabili maniera de realizare a analizei ciclului de viață, din ce în ce mai mulți producători publică declarații privind produsele de mediu, în timp ce agențiile guvernamentale păstrează baze de date cu aceste informații actualizate. De exemplu, guvernul federal german păstrează baza de date Ökobaudat, utilizată ca reper pentru a efectua studiul prezentat în continuare [139]. O declarație de mediu descrie influența producției, utilizarea și eliminarea materialului de construcție asupra mediului. Principalii factori avuți în vedere se referă la utilizarea energiei primare neregenerabile și potențialul de încălzire globală (cantitatea de gaze cu efect de seră eliberate – GWP: Global Warming Potential).

Pentru o mai bună înțelegere a impactului asupra mediului în ceea ce privește materialele de construcție propuse în cadrul proiectelor, se realizează o **evaluare a ciclului de viață folosind metoda „Cradle to gate” [140], deoarece permite o evaluare parțială a ciclului de viață** pentru un produs/material, de la faza de extracție („cradle”) până la poarta fabricii („gate”), înainte de a fi transportat la consumator.

- Faza de utilizare, faza de eliminare și faza de reciclare sunt omise în acest caz. Evaluările „Cradle to gate” sunt linii de bază pentru Declarațiile de Mediu (Environment Product Declarations - EPD).
- Metoda „Cradle to gate” poate reduce complexitatea unui studiu LCA, astfel încât acesta poate fi analizat mai rapid, în special în ceea ce privește procedurile interne de realizare ale unui produs [141].

În cazul materialelor tradiționale din pământ, ciclul de viață poate conține mai multe etape de utilizare. În schimb, produsele contemporane nu au această caracteristică ecologică, iar energia lor încorporată depășește cu mult valorile materialelor naturale datorită procedurilor de fabricație care emit gaze cu efect de seră și consumă materii prime neregenerabile. Dintre materialele de construcție tradiționale, pământul brut reprezintă una dintre cele mai interesante opțiuni constructive deoarece este ecologic și poate fi procurat local în condițiile în care nu prezintă probleme de contaminare.

Pământul ca și material de construcție este, de asemenea, reciclabil, inepuizabil și atunci când este fabricat în mod corespunzător, are bune proprietăți higrotermice și energie încorporată scăzută, calități ce atestă caracterul ecologic al materialului. Elementele constructive din pământ au potențialul de a reduce exploatarea resurselor naturale, nu numai în timpul construcției, dar și în timpul funcționării (în etapa operațională), cât și la sfârșitul ciclului de viață al clădirilor. În continuare, este realizată o descriere generică a etapelor ciclului de

¹³⁹ Dipl. Ing. Architekt Holger König, Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden, Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten”, pag.6-98;

¹⁴⁰ Conform Pachetului de Proiectare pentru Case Passive, elaborat în 2015 de către Institutul Passive House din Germania, pag.58,

¹⁴¹ Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor&Francis, London and New York, pag. 38-41;

viață considerate în cazul specific al elementelor constructive din pământ, așa cum acestea au fost prezentate în *tabelul. 4. Explicarea etapelor ciclului de viață*, urmând ca în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți*, să se realizeze o analiză comparativă între materialele și stratificațiile propuse pentru realizarea unui perete, folosind metoda „Cradle to gate”.

6.3.1. Etapele ciclului de viață pentru elementele constructive din pământ

1. Stadiul de produs AI-A3:

- aprovizionarea cu materie primă;
- transportul;
- producția.

Din punct de vedere al construcțiilor cu pământ, etapa de produs poate prezenta cele mai mari avantaje deoarece, materialul se poate procura din imediata proximitate, ceea ce reduce costurile de transport, în timp ce utilizarea unor procese tehnologice cât mai simple, scade costul asociat cu producția, respectiv emisiile dăunătoare de gaze cu efect de seră și alți poluanți cu un impact negativ asupra mediului. Cel mai bun exemplu este reprezentat de construcțiile tradiționale din pământ, unde materia primă este procurată din imediata vecinătate, elementele constructive fiind realizate din amestecuri cu alte materiale naturale precum varul, bitumul și fibrele vegetale.

2. Stadiul de proces de construire A4-A5:

- transportul către șantier;
- procesul de construcție - înlăturare;

Stadiul de proces de construire permite o mai mare flexibilitate în cadrul construcțiilor cu pământ deoarece, în funcție de situație, se pot reduce costurile referitoare la transportul către șantier și prezintă posibilitatea de construcție și de înlăturare ușoară. Acest aspect se datorează faptului că este un produs maleabil cu excepția pământului compactat sau a straturilor compozite lăsate la uscat o perioadă mai îndelungată. Dar până și aceste tehnici au un grad mare de flexibilitate în ceea ce privește posibilitatea de reparație și reutilizare.

3. Stadiul de utilizare B1-B7

- utilizarea materialului, mentenanța, reparația, înlocuirea, renovarea;
- utilizarea operațională a energiei, utilizarea operațională a apei;

Stadiul de utilizare B1-B7 presupune etapa de exploatare efectivă a materialului de construcție și a modului în care acesta este folosit în etapele de mentenanță, reparație, înlocuire, renovare, precum și modul de utilizare a energiei și a apei în cadrul acestor procese asociate exploatării materialului. În funcție de tehnica de construcție folosită, pământul poate prezenta caracteristici diferite. De exemplu, tehnica bulgărilor de pământ este mult mai artizanală și necesită mai multă forță de muncă, precum și o cantitate mare de apă. Acest motiv explică de ce acest gen de construcții au fost realizate în proximitatea cursurilor principale de apă. Un alt caz îl reprezintă elementele noi prefabricate realizate din pământ, deoarece acestea asigură facilitarea fluxului constructiv, aducând beneficii majore în ceea ce privește diminuarea utilizării resurselor.

4. Sfârșitul ciclului de viață:

- demolare, transport, procesarea deșeurilor;
- înlăturarea;

Numărul și tipul stabilizatorilor folosiți determină cât de ușor se pot reutiliza materialele din pământ. În acest sens, construcțiile tradiționale permit un ciclu mare

de utilizare a produselor din pământ, în timp ce materialele contemporane sunt compozite pentru a îmbunătăți calitățile termotehnice și de stabilitate ale pământului. În Germania, valorile asociate demontării și reciclării sunt deja cuantificate folosind indicatori de mediu generici. Informațiile sunt configurate în funcție de capacitățile infrastructurii regionale de procesare a deșeurilor.

5. Beneficii și încărcări în afara limitelor sistemului:

- reutilizare, recuperare și potențial de reciclare.

În funcție de calitățile materialului, pământul ca și resursă se poate reutiliza, recupera și recicla. Aceste aspecte se pot cuantifica drept avantaje economice în cazul unui studiu referitor la întregul ciclu de viață al clădirii. Prin raportarea la conceptul de economie circulară, avantajele menționate reprezintă un aspect ce atrage atenția asupra materialului pământ ca și alternativă ecologică de construcție, suma investită inițial putând fi recuperată mai târziu. Aceste probleme sunt încă greu de cuantificat deoarece nu există o procedură clară de valorificare a beneficiilor pe termen lung la nivel local. Declarațiile de Mediu (EPD-urile) vin să susțină potențialul de reciclare al deșeurilor realizate din demolare pentru fiecare material propus, oferind valori generice pentru diverse materiale de construcție. Se pot realiza la momentul actual calcule privind amortizarea investiției într-o termoizolație eficientă pe un interval de 20-40 de ani [142], însă în cazul indicatorilor de mediu, intervalul este mult mai extins.

6.3.2. Considerații referitoare la analiza caracterului ecologic al materialelor din pământ prin intermediul indicatorilor de mediu

În timp ce Declarațiile de Mediu ale Produselor (EPD) sunt deja disponibile pentru majoritatea materialelor de construcție, în ceea ce privește materialele de construcție din pământ, încă mai există lacune în baza de date Ökobaudat pentru multe dintre acestea. În acest sens, centrele de cercetare din Germania s-au asociat producătorilor de materiale pentru a ajunge la un nivel competitiv în ceea ce privește stabilirea caracteristicilor produselor din pământ [143]. Scopul este de a facilita introducerea pe piață a acestor materiale și convingerea potențialilor beneficiari asupra calităților benefice ale elementelor constructive pe bază de pământ prin certificarea lor, utilizând standarde contemporane.

Prin urmare, Life Cycle Assessment presupune verificarea tuturor intrărilor și ieșirilor legate de ciclul de viață ale sistemului examinat și se referă la consumul de resurse și emisiile care pot fi asociate cu diferitele etape desfășurate pe parcursul procesului constructiv. Rezultatele unei evaluări a ciclului

¹⁴² Explicații conform programului de calcul Ubakus: <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>: *În mod ideal, un studiu LCA ar trebui să includă și eliminarea materialelor în stadiul de sfârșit al vieții. Pentru elementele compozite, cum ar fi pereți cu mai multe straturi, acoperișuri etc., este dificil să se evalueze speranța de viață a fiecărei componente (se estimează a fi în jur de 30-40 de ani sau chiar mai mult).*

¹⁴³ Horst Schroeder, Manfred Lemke, Dachverband Lehm, , 2020, „The ecological life cycle assesment of earth building materials” in Lehm Conference Weimar Germany;

de viață pot fi calculate folosind o serie de indicatori măsurabili. Agenția de Transport și Construcții din Danemarca [144] a enunțat o parte din indicatorii privind evaluarea impactului asupra mediului și utilizării resurselor, prezentați în cadrul tabelului 4. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului*, utilizând și alte surse bibliografice pentru definirea acestora.

Indicatorii de mediu specifici sunt principalele elemente ce definesc cantitativ impactul activităților antropice asupra mediului, iar modul în care parametrii sunt cuantificați la nivelul construcțiilor sugerează posibilele direcții de intervenție în cadrul producerii materialelor, a procesării lor în timpul duratei de viață, precum și efectul lor în momentul eliminării sau reciclării. În funcție de valorile acestor indicatori rezultă în ce măsură un produs sau un serviciu poluează mediul, iar dacă sunt analizați în ansamblu, atunci permit cuantificarea caracterului ecologic al produsului sau al serviciului oferit și se permite o comparație între diferitele materiale propuse.

În cadrul studiului de față, sunt analizate în primă fază valorile indicatorilor prin raportarea la materialele de construcție comparate – blocurile ceramice și cărămizile nearse, urmând să se realizeze o comparație la nivel de stratificații în cadrul subcapitolului 7.2. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Indicatori ecologici.* Metodologia propusă în cadrul studiului urmărește evidențierea caracteristicilor ecologice ale materialului pământ, respectiv ale produselor naturale compatibile cu acesta. Metoda rezumă o variantă de analiză a proprietăților ecologice ale unui material.

Tab. 5. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului, interpretare după H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings"*

	Categorie	Unitate	Problemă ecologică cuantificată	Definiție
1.	Potențial de încălzire globală (GWP) Global Warming Potential	kg CO ₂ echiv. /kg	<i>Când cantitatea de gaze cu efect de seră din atmosferă crește, straturile atmosferice de lângă pământ</i>	Indicatorul GWP descrie cantitatea de gaze cu efect de seră [145] eliberate pe durata ciclului de viață. <i>Indicatorul GWP se referă nu numai la CO₂, dar și la celelalte gaze cu efect de seră precum metanul, dioxidul de carbon fiind folosit drept termen de comparație [146]. Majoritatea</i>

¹⁴⁴ Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency;

¹⁴⁵ S.Santi, F.Pierobpn, G.Corradini, R.Cavvalli, M. Zanetti, 2016, "Massive wood material for sustainable building design: the Massiv-Holz-Mauer wall system", Journal of Wood Science, 62, 416-428: Sectorul construcțiilor realizează 19% din emisiile de gaze cu efect de seră produse la nivel global ca urmare a energiei consumate, care se separă în: energie directă (necesară pentru construcție, operare, renovare, demolare) și energie indirectă (consumată pentru producerea materialelor utilizate în construcții și cele pentru instalațiile tehnice).

¹⁴⁶ Conform <https://www.ubakus.de/umwelt-produktdeklarationen-verstehen-und-verwenden/>;

			sunt încălzite, rezultând schimbări climatice.	indicatorilor se raportează, la emisiile de gaze cu efect de seră, în special CO ₂ .
2.	Potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă (ODP) Ozone Depletion Potential	kg R11-echiv. /kg	<i>Epuizarea stratului de ozon din stratosferă care protejează flora și fauna împotriva radiațiilor UV-A și UV-B.</i>	ODP este un indicator care reflectă potențialul de epuizare al stratului de ozon. Indicatorul se raportează la o masă per kilogram, comparată cu cloroflorocarbura CFC-11 [147] (denumită și freon-11 sau R-11). Scopul acestui indicator este de a evidenția impactul diferitelor gaze cu efect de seră asupra stratului de ozon din stratosferă de-a lungul unui interval de timp extins (până la 100 de ani)[148].
3.	Potențialul de formare al oxidanților fotochimici de ozon (POCP) Photochemical Ozone Creation Potential	kg etilenă (C₂H₄)-echiv./kg	<i>Cunoscut ca și summer smog, acest fenomen contribuie împreună cu radiațiile UV la formarea stratului de ozon în partea inferioară a atmosferei, ceea ce dăunează sistemului respirator.</i>	Indicatorul POCP se referă la crearea de poluanți în aer care reacționează cu lumina solară, producând substanțe chimice precum ozonul (O ₃) [149]. Ozonul protejează împotriva razelor ultraviolete atunci când se află în stratosferă, dar atunci când se formează la nivelul solului, poate avea consecințe negative asupra sănătății umane, a clădirilor și a ecosistemelor în general. Fenomenul summer smog are loc în timpul verilor calde în zonele urbane și cele limitrofe acestora, atunci când oxizii de nitrogen (NOx) rezultați din poluarea cauzată de trafic și industrie reacționează cu hidrocarburile în prezența luminii

¹⁴⁷ <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/gemet-environmental-thesaurus/ozone-depletion-potential>; ultima accesare: 03.2021;

¹⁴⁸ S.Solomon, D.Wuebbles, 2012, „Ozone Depletion Potentials, Global Warming Potentials, and Future Chlorine/Bromine Loading”, accesat on-line:

<https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/1994/chapters/chapter13.pdf>, ultima accesare:03.2021,

¹⁴⁹ Kim, S.Tae, C.U.Chae, 2016, „Analysis of Environmental Impact for Concrete Using LCA by varying the Recycling Components, the Compressive Strength and the Admixture Material Mixing” in Sustainability 2016, 8, 389, licență Basel, Switzerland. Acest articol este cu acces libCreative Commons Attribution <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>;

				solare [150]. Scopul este de a reduce oxizii de nitrogen (NOx) și compușii volatili organici (VOC), factori ce contribuie la formarea ozonului la suprafața solului [151].
4.	Potențial de acidificare (AP) Acidification Potential	kg SO₂ – echiv. /kg	Când substanțele acidifiante reacționează cu apa și cad sub formă de ploaie acidă, acest fenomen duce, printre altele, la descompunerea rădăcinilor și la scurgerea substanțelor nutritive din plante.	Potențialul de acidificare este corelat cu depunerea acizilor care contaminează pământul și apa. Gazele acide precum SO ₂ și NH ₃ (amoniac) care reacționează cu apa în atmosferă formează ploaia acidă [152]. Fenomenul amintit contaminează solul, apa de adâncime sau de suprafață, organismele biologice și ecosistemele. Acidificarea are o serie întreagă de influențe asupra pământului, apei, organismelor, a ecosistemelor și a materialelor [153]. Printre acestea se numără: creșterea concentrației de CO ₂ din atmosferă care duce la acidifierea oceanelor, depunerile acide asupra pământurilor și apelor. Deși reacțiile geochimice ale mineralelor și schimburile de ioni contrabalansează acidificarea, reacțiile încete și limitate determină o majorare a încărcării acide [154].
5.	Potențial de eutrofizare (EP) Eutrophication Potential	kg PO₄ Echiv. /kg	O aprovizionare excesivă cu nutrienți generează o creștere nedorită a	Potențialul de eutrofizare reprezintă procesul gradual de concentrare a fosforului, a nitrogenului și a altor nutrienți de plante. Îmbogățirea cu nutrienți duce la creșterea numărului de plante care poate schimba speciile dintr-un ecosistem. În mod special

¹⁵⁰ <https://londonair.org.uk/LondonAir/guide/SummerSmog.aspx>, ultima accesare: 04.2021;

¹⁵¹ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/info-specialists/air-quality-in-switzerland/ozone---summer-smog.html>, ultima accesare: 04.2021;

¹⁵² <https://www.bregroup.com/greenguide/page.jsp?id=2105>, ultima accesare: 03.2021;

¹⁵³ Ibrahim Dincer, Yusuf Bicer, 2018, „Energy Fundamentals” în “Comprehensive Energy Systems”;

¹⁵⁴ Karen C. Rice, Janet Herman, 2012, “Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scales”, Applied Geochemistry, Volume 27, Issue 1, pag. 1-14, ISSN 0883-2927, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.09.001>;

			<i>plantelor în ecosistemele delicate, de exemplu creșterea algelor.</i>	<i>planctonul de alge duce la consumarea de oxigen prin degradarea bacteriologică a biomasei. Impacturile asociate cu eutrofizarea sistemelor terestre duc la schimbări în funcția și diversitatea speciilor [155]. Eutrofizarea crează o relație în lanț în ecosistem printr-o abundență de alge și plante, duce la scăderea pH-ului în apă. Algele și materialele aflate în exces se descompun la un moment dat, producând cantități mari de dioxid de carbon [156]. Algele aflate la suprafață împiedică penetrarea luminii și absorbția oxigenului necesare vieții sub apă [157].</i>
6.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile (ADPe) Abiotic Depletion Potential for non fossil resources	kg Sb Echiv. /kg	<i>O utilizare în exces a resurselor abiotice poate contribui la epuizarea elementelor disponibile, de exemplu, epuizarea metalelor și mineralelor.</i>	<i>Indicatorul se referă la reducerea resurselor abiotice naturale incluzând resurse energetice nonfosile și minerale [158]. Indicatorul pe element este definit ca raportul dintre producția anuală și valoarea minimă a disponibilității resursei la pătrat, raportată la o valoare de referință a emisiilor de stilen [159].</i>
7.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile	MJ	<i>O utilizare intensivă a resurselor abiotice poate contribui la epuizarea resurselor fosile precum</i>	<i>Indicatorul este relevant în cadrul evaluării ciclului de viață în etapa de tratare a deșeurilor și etapa transportului [160].</i>

¹⁵⁵ <https://space4water.org/water/eutrophication-potential>, ultima accesare: 03.2021;

¹⁵⁶ <https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>, ultima accesare: 03.2021;

¹⁵⁷ <https://www.britannica.com/science/eutrophication>, ultima accesare: 03.2021;

¹⁵⁸ Jeroen Guinee, 2015, „Abiotic Depletion Potential-its philoso from 1995/2002” in Metals Industry Workshop on „Mineral resources in LCIA”, Natural History Museum, London;

¹⁵⁹ Conform Lauran van Oers, jeron B. Guinea, R. Heijungs, 2020, „Abiotic resource depletion potentials (ADPs) for elements revisited – updating ultimate reserve estimates and introducing time series for production data”, in The International Journal of Life Cycle Assessment, no.25, pag, 294-308, LCIA of impacts on Human Health and Ecosystems;

¹⁶⁰ Conform gutebaustoffe.de/bibliothek/glossar/;

	(ADPf) Abiotic Depletion Potential for fossil resources per element		<i>petrolul sau cărbunele.</i>	
8.	Necesarul de energie primară din surse neregenerabile în timpul fabricației - PENR	MJ/kg kWh/kg		Necesarul de energie primară din surse neregenerabile PENRT (Primary energy non-renewable total) reprezintă totalul de energie necesară pentru a realiza un produs sau un serviciu și specifică conținutul de energie primară. La acestea se adaugă și suma tuturor resurselor neregenerabile utilizate de-a lungul ciclului de viață precum gazul natural, cărbunele etc [161]. În schimb, indicatorul PENR se calculează în funcție de etapele considerate în cadrul evaluării ciclului de viață, în cazul metodei "Cradle to Gate", până în stadiul de produs al materialului, corespunzător etapelor A1-A3.

¹⁶¹ https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekez_Typ=1&SW=16&LNG=2;

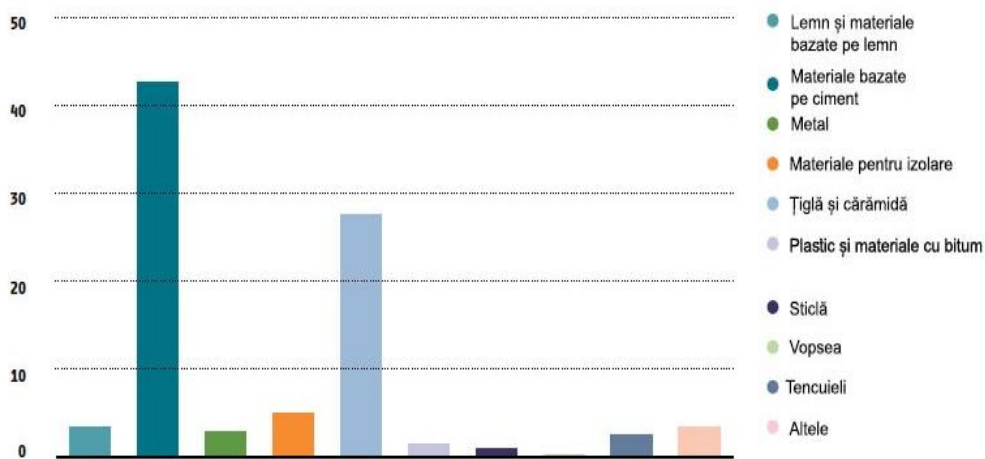
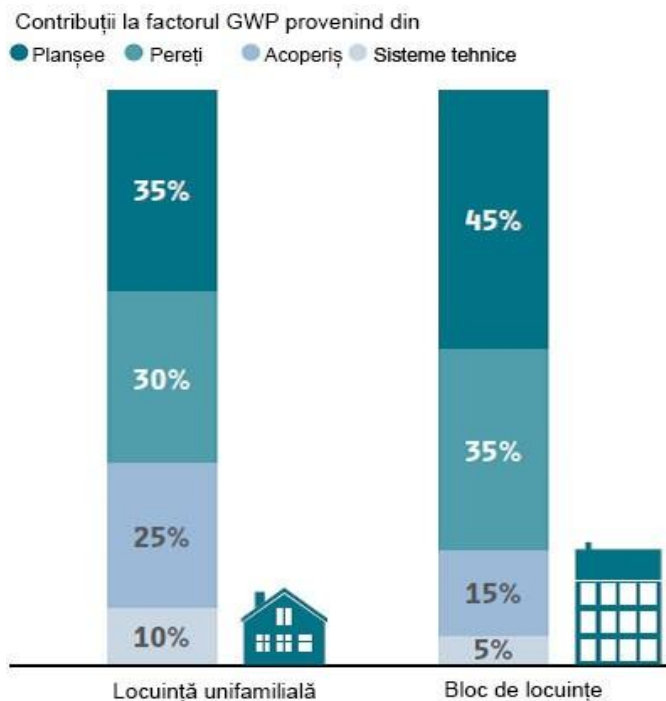


Fig. 91. Contribuțiile la indicatorul GWP (Potențialul de încălzire globală – echivalent CO₂) provenind din: planșee, pereți, acoperiș, sisteme tehnice. sursă: © H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency;

Fig. 92. Distribuția a 100kg de materiale de construcții folosite pentru o casă tipică din Danemarca, preluare după: © H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency;

În figura 91. Contribuțiile la indicatorul GWP (Potențialul de încălzire globală – echivalent CO_2), este prezentată o comparație între o locuință unifamilială și un bloc de locuințe pentru a demonstra în ce măsură diferitele elemente constructive contribuie la *potențialul de încălzire globală*, unul dintre principalii indicatori privind impactul asupra schimbărilor climatice. Se observă cum planșeele și pereții prezintă contribuția cea mai mare la indicatorul GWP – măsurat în *emisia de kg echivalent CO_2 /kg de material*. Aceste valori ridicate semnaleză necesitatea de reconsiderare a materialelor de construcție folosite pentru componentele respective în condițiile în care acestea au o contribuție importantă în cadrul potențialului de încălzire globală. Cercetările privind materialele de construcție urmăresc înlocuirea materialelor care prezintă emisii considerabile, cu unele care să contribuie mai puțin la GWP, iar cele pe bază de pământ reprezintă o alternativă de luat în considerare.

În cadrul studiului efectuat de Agenția de Transport și Construcții din Danemarca este observată distribuția materialelor de construcție dintr-o locuință standard. Din figura 92. *Distribuția a 100kg de materiale de construcție folosite pentru o casă tipică din Danemarca*, se observă cantitatea mare a materialelor pe bază de ciment, țigle și cărămidă, ceea ce semnaleză necesitatea unei abordări ecologice prin folosirea materialelor alternative acestora din punct de vedere al emisiilor de carbon și a altor poluanți. Materialele din pământ intervin asupra acestui segment de piață, deoarece prezintă avantajul unei energii încorporate reduse, așa cum se demonstrează în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți*.

De asemenea, materialele de construcție pe bază de pământ prezintă un real avantaj deoarece interesul manifestat este de a înlocui betonul cu alternative și mixuri care emană mai puține gaze cu efect de seră, consumă mai puține resurse în etapa de producție și se pot recicla. **Ca factor de comparație, producția de ciment este responsabilă pentru 5% din emisiile de CO_2 din lume**, dintre care 60% sunt realizate datorită fenomenului decarbonatării calcarului, utilizat ca materie primă în industria construcțiilor [162]. Din acest motiv, cimentul și betonul sunt văzute ca elemente ce trebuie înlocuite în condițiile în care există variante ecologice.

Economia rezultată din folosirea pământului ca material de construcție a fost deja speculată în cadrul marilor metropole, unde poluarea și deșeurile rezultate din industria construcțiilor reprezintă o problemă. Proiectele majore ale metropolei pariziene prevăd materializarea la scară industrială și urbană a unei logici a economiei circulare pentru a rezolva problema disponibilității și a eliminării materialelor de construcție, dileme majore în sectorul construcțiilor. Un exemplu concludent este prezentat în anexa 9.6.4. *Cycle Terre, Paris, Fabrica Sevrans și ecocartierul Ivry sur Seine*, unde pământul excavat pentru liniile de tren metropolitan reprezintă resursa principală pentru realizarea unui ansamblu de locuințe colective folosind materiale din pământ. Aflat încă în etape incipiente, acest proiect imens urmărește, de fapt, crearea unui lanț de producție la nivel de zonă metropolitană care să conțină o fabrică de sortare și de producere a materialului în

¹⁶² Conform Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.187:

O tonă de ciment corespunde unei tone de CO_2 eliberate în atmosferă. Temperatura de ardere a materiilor prime este situată între 1400 °C și 1500°C – rezultând că 40% din CO_2 emis provine din petrolul utilizat. Procentul rămas de 60% provine din încălzirea rocii calcaroase care degajează CO_2 în momentul în care se decarbonatează.

proximitatea excavațiilor realizate pentru noile linii de tren urban, respectiv cartierele de locuințe sociale.

Datorită inovațiilor înregistrate în domeniul construcțiilor cu pământ, dezvoltatorii pot să propună clădiri cu un consum redus de energie, cu o izolație termică bună, realizate din materiale locale cu scopul de a limita amprenta de carbon [163] în mediul urban. În acest mod se rezolvă două probleme, o dată cea a producerii unui material de construcție accesibil pentru noua zonă rezidențială propusă, precum și problema cantităților uriașe de pământ excavat care ar fi necesitat transport și ar fi ajuns la groapa de gunoi. Mizând pe tradiția constructivă referitoare la construcția cu pământ deja implementată la nivel național, inițiativa se bucură de un interes aparte din partea comunității științifice și a societății civile deoarece constituie o variantă ecologică de a construi în mediul urban. Posibilitatea de a realiza un nou cartier, începând de la resursele existente pe sit, conturează ideea aplicării conceptelor de economie circulară în cadrul unui sistem gândit pornind de la extragerea materiei prime, până la fabricarea elementelor constructive în proximitatea șantierului.

Prin intermediul acestui experiment se dorește reducerea energiei încorporate în realizarea materialelor și a construcțiilor, diminuându-se costurile asociate cu transportul, atât a materialelor excavate pentru realizarea noilor galerii de tren urban, cât și a materialelor de construcție necesare pentru noua dezvoltare propusă. În acest mod se urmărește implementarea unor strategii sustenabile în ceea ce privește ciclul de viață al materialelor de construcție într-un context urban. Proiectul ecocarterului Ivry sur Seine vine ca o continuare în mediul urban a studiilor demarate de institutul de cercetare CRATerre, o dată cu realizarea cartierul „*Domeniul Pământului*” din Villefontaine, Franța. Acest proiect este prezentat în cadrul subcapitolului 6.1.2. *CRATerre ENSAG, Franța*, drept exemplu de cercetare aplicată începută încă din anii 1980.



Fig. 93. Ecocarterul Sevrans, exemplu de dezvoltare durabilă sursă: © citedelarchitecture.fr, ultima accesare: 08.2020;

¹⁶³ <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-constructeurs/>.

Referințe capitolul 6

- [102]. F.Pacheco-Torgal, Said Jalali, 2012, „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, *Construction and Building Materials* 29, pag.512-519;
- [103]. <https://www.thebalancesmb.com/a-step-by-step-guide-to-achieving-lead-certification-845316>, ultima accesare: 03.2021;
- [104]. A. Balaguera, G.I. Carvajal, J. Alberti, P.F. Palmer, 2018, „Life Cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review” in *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 132, pag. 37-48; <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-footprint>;
- [105]. EU environmental policy targets and objectives , 2010-2050, “Towards a green economy in Europe”, EEA Report, no.8/2013, ultima accesare: 04.2021;
- [106]. <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circulara-definitie-importanta-si-beneficii>, ultima accesare: 02.2021;
- [107]. Roger Bolthausen, 2017, “Techniques de construction en terre crue et potentiel des modes de construction hybrides en argile en Europe centrale”, “Pisé – Tradition et Potentiel”, “Ecole polytechnique fédérale de Lausanne”, ISBN 978-3-03863-029-6, pag.80;
- [108]. Hubert Guillaud. Tradition et modernité des cultures constructives de l’architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation. Habitat e Architettura di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive, 1998, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01806210/document>, accesat on-line:04.2021;
- [109]. Comitetului Științific Internațional pentru patrimoniul arhitectural din pământ, <https://www.icomos.org/en?p=274>, 01.12.2020;
- [110]. Asociația Dachverband Lehm, Germania, <https://www.dachverband-lehm.de/>, ultima accesare: 01.12.2020;
- [111]. Catedra UNESCO, “Architecture de terre, cultures constructives et développement durable” din cadrul CRAterre-ENSAG, <http://craterre.org/>, accesat on-line: 04.2021;
- [112]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l’architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.83;
- [113]. Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 38-39;
- [114]. Romain Anger, Laetitia Fontaine, Thierry Joffroy, Eric Ruiz, No. 9, 2010, Proparco” Construire en terre, une autre voie pour loger la planète”, UN Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, Buildings and Constructions as tools for promoting more sustainable patterns of consumption and production, Sustainable Development, Innovation Briefs, <http://craterre.org>, ultima accesare: 03.2021;
- [115]. Ministère de l’Urbanisme et du Logement. Plan Construction et Habitat, 1986, „Modernité de la construction en terre. L’Isle d’ Abeau „ ISBN 2-11-085340-9, <http://www.urbanisme-puca.gouv.fr>;
- [116]. Conseil Architecture Urbanisme Environnement, Urbanisme Operationnel Extension, “Au cœur du village terre”, www.caue41.fr/conseils-aux-collectivites/;
- [117]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 67-71;
- [118]. Anita Frajman Ivković, Marija Ham, Josipa Mijoč, 2014, „Measuring Objective Well-Being and Sustainable Development Management” , *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, <https://www.researchgate.net/publication/263558369>, accesat on-line: 04.2021;
- [119]. Peter F.Smith, „Architecture in a climate of change. A guide to sustainable design”, pag. 129, Amsterdam, ISBN 0 7506 65440;
- [120]. Schroeder Horst, 2015, “Sustainable Building with Earth”, in “Structures Built of Earth Building Materials – Impacts, Structural Damage and Preservation”, pp.527-540,

- https://www.researchgate.net/publication/284780560_Sustainable_Building_with_Earth, accesat on-line:04.2021;
- [121]. Conform <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/nonrenewable-resources/>, ultima accesare on-line: 03.2021;
- [122]. Conform <https://sciencing.com/things-made-recycled-plastic-6872.html/>, ultima accesare on-line: 03.2021;
- [123]. Goodhew, Steve, 2016, "Sustainable construction processes: a resource text", Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944 , pag.18-22;
- [124]. Conform <https://www.adelaide.edu.au/arcposh/dperu/fluoride/ppm.html>;
- [125]. Conform <https://www.eea.europa.eu/ro/themes/climate/about-climate-change>, ultima accesare on-line: 03.2021;
- [126]. Conform <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- [127]. Conform Comunicării Comisiei către Parlamentul European, consiliu, comitetul economic și social european și comitetul regiunilor. "O strategie a UE pentru încălzire și răcire", <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=CELEX%3A52016DC0051>, Accesat on-line:02.2021;
- [128]. Goodhew, Steve, 2016, "Sustainable construction processes: a resource text", Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944, pag.15-16;
- [129]. Olivier Godard, 2008, "The Stern Review on the Economics of Climate Change: contents, insights and assessment of the critical debate", publicat în Sapiens, DOI: 10.5194/SAPIENS-1-17-2008, Departement d'Economie, Ecole Polytechnique Paris, <https://www.researchgate.net/publication/30438170>, ultima accesare: 04.2021;
- [130]. Dario Caro, 2019, "Carbon Footprint" in Encyclopedia of Ecology (Second Edition), Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Vol.4, pag. 252-257, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534719301075> ;
- [131]. Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.25;
- [132]. Steven Goodhew, Richard Griffiths, 2004, "Sustainable earth walls to meet the building regulations", Energy and Buildings 37, Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944, pag. 451-459;
- [133]. Peter F. Smith, 2005, "Architecture in a Climate of Change. A guide to sustainable design", ISBN: 0750665440, pag. 205-208;
- [134]. Ashish Shukla, G.N. Tiwari, M.S. Sodha, 2009, "Embodied energy analysis of adobe house", Renewable Energy 34 (2009), 755-761, <https://www.researchgate.net/publication/229092779>;
- [135]. Tab. 7. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă: definite în standardul european EN 15978:2011;
- [136]. Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency, <https://www.trafikstyreisen.dk>, pag.8;
- [137]. Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.41-43;
- [138]. Horst Schroeder, Manfred Lemke, Dachverband Lehm, 2020, „The ecological life cycle assesment of earth building materials” in Lehm Conference Weimar Germany, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 04.2021;
- [139]. Dipl. Ing. Architekt Holger König, Bayerisches Landesamt für Umwelt , "Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden, Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten", pag.6-98;
- [140]. Conform Pachetului de Proiectare pentru Case Pasive, elaborat în 2015 de către Institutul Passive House din Germania, pag.58,
- [141]. Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor&Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.38-41;
- [142]. Explicații conform programului de calcul Ubakus: <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>
- [143]. Horst Schroeder, Manfred Lemke, Dachverband Lehm, , 2020, „The ecological life cycle assesment of earth building materials” in Lehm Conference Weimar Germany, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 04.2021;

- [144]. Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency, <https://www.trafikstyreisen.dk>;
- [145]. S.Santi, F.Pierobpn, G.Corradini, R.Cavvalli, M. Zanetti, 2016, "Massive wood material for sustainable building design: the Massiv-Holz-Mauer wall system", *Journal of Wood Science*, 62, 416-428, <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/s10086-016-1570-7>. Ultima accesare: 04.2021;
- [146]. <https://www.ubakus.de/umwelt-produktdeklarationen-verstehen-und-verwenden/>, accesat on-line:03.2021;
- [147]. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/gemet-environmental-thesaurus/ozone-depletion-potential>; ultima accesare: 03.2021;
- [148]. S.Solomon, D.Wuebbles, 2012, "Ozone Depletion Potentials, Global Warming Potentials, and Future Chlorine/Bromine Loading", accesat on-line: <https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/1994/chapters/chapter13.pdf>, ultima accesare:03.2021,
- [149]. Kim, S.Tae, C.U.Chae, 2016, "Analysis of Environmental Impact for Concrete Using LCA by varying the Recycling Components, the Compressive Strength and the Admixture Material Mixing" in *Sustainability* 2016, 8, 389, licență Basel, Switzerland. Acest articol este cu acces libCreative Commons Attribution <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, ultima accesare: 03.2021;
- [150]. <https://londonair.org.uk/LondonAir/guide/SummerSmog.aspx>, ultima accesare: 04.2021;
- [151]. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/info-specialists/air-quality-in-switzerland/ozone---summer-smog.html>, ultima accesare:04.2021;
- [152]. <https://www.bregroup.com/greenguide/page.jsp?id=2105>, ultima accesare: 03.2021;
- [153]. Ibrahim Dincer, Yusuf Bicer, 2018, "Fundamentals of energy systems" în *Integrated Energy Systems for Multigeneration*, pag. 33-83, DOI:10.1016/B978-0-12-809943-8.00002-9, https://www.researchgate.net/publication/338307203_Fundamentals_of_energy_systems, ultima accesare:04.2021;
- [154]. Karen C. Rice, Janet Herman, 2012, "Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scales", *Applied Geochemistry*, Volume 27, Issue 1, pag. 1-14, ISSN 0883-2927, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.09.001>, <https://www.researchgate.net/publication/251599602>, ultima accesare: 04.2021;
- [155]. <https://space4water.org/water/eutrophication-potential>, ultima accesare: 03.2021;
- [156]. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>, ultima accesare: 03.2021;
- [157]. <https://www.britannica.com/science/eutrophication>, ultima accesare: 03.2021;
- [158]. Jeroen Guinee, 2015, "Abiotic Depletion Potential-its philosophy from 1995/2002" in *Metals Industry Workshop on "Mineral resources in LCIA"*, Natural History Museum, London, <https://www.euromimes.org>, ultima accesare: 04.2021,
- [159]. Conform Laurant van Oers, Jeroen B. Guinee, R. Heijungs, 2020, "Abiotic resource depletion potentials (ADPs) for elements revisited – updating ultimate reserve estimates and introducing time series for production data", in *The International Journal of Life Cycle Assessment*, no.25, pag. 294-308, LCIA of impacts on Human Health and Ecosystems, <https://www.researchgate.net/publication/336595332>, ultima accesare: 04.2021;
- [160]. <https://www.gutebaustoffe.de/bibliothek/glossar/>, ultima accesare: 03.2021;
- [161]. https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekz_Typ=1&SW=16&LNG=2, ultima accesare: 03.2021;
- [162]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, "Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.187;
- [163]. <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-construc-teurs/>, ultima accesare: 04.2021;
- [161]. https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekz_Typ=1&SW=16&LNG=2, ultima accesare: 03.2021;
- [162]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, "Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.187;
- [163]. <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-construc-teurs/>, ultima accesare: 04.2021;

7. Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane

Sustenabilitatea ca subiect definitoriu în ceea ce privește segmentului construcțiilor a câștigat relevanță în ultimele decenii. Inițial, accentul a căzut pe potențialul de economisire a energiei în timpul fazei operaționale a unei clădiri, dar pe măsură ce standardele privind termoizolarea, etanșeizarea și eficientizarea sunt introduse, urmează și alte elemente care merită luate în considerare [164]. Aspectele prevăzute se referă la realizarea efectivă a materialelor de construcție, precum și la potențialul de reciclarea al acestora. În acest context, materialele din pământ pot atinge valori mai bune în ceea ce privește amprenta ecologică în comparație cu celelalte materiale de construcție care există pe piață. Aceste valori mai bune ale materialelor naturale se datorează procedurilor tehnologice utilizate în cadrul procesului de fabricație, care emană mai puține substanțe poluante în comparație cu materialele de construcție realizate în mod industrial.

Studiul de față pornește de la analiza proprietăților pământului local din Banat pentru a observa în ce măsură caracteristicile acestuia au determinat tehnicile constructive specifice în arealul studiat, pământul compactat și cărămizile nearse din pământ. Din acest motiv, au fost realizate mai multe analize privind proprietățile pământului din comuna Bogda, județul Timiș, mostre prelevate dintr-o groapă de împrumut utilizată încă din perioada colonizării din secolele al XVIII-lea și al XIX-lea. Analizele confirmă faptul că pământul studiat este adecvat folosirii tehnicii cărămizilor nearse, prin considerarea valorilor de referință realizate în Franța, amintite în subcapitolul 9.4.7. *Studiu referitor la caract. pământului local.*

Adecvarea pământului local la producția de materiale ceramice este demonstrată printr-o tradiție locală în acest sens, respectiv existența în trecut a fabricilor de cărămidă din Banat. Reintroducerea acestor activități permite realizarea unor produse cu un impact redus asupra mediului, precum și activarea unui sector economic care nu mai există de ceva timp. Pe teritoriul Banatului au funcționat mai multe fabrici de cărămidă, înființate pe cursurile râurilor principale. Calitatea acestor produse era recunoscută la nivel regional, dar o dată cu naționalizarea forțată din 1948 și lipsa investițiilor privind re tehnologizarea și eficientizarea producției, acestea au fost abandonate treptat. Construcțiile se află într-un stadiu avansat de degradare, iar printre cele mai cunoscute exemple sunt:
- Fabrica de țigle și cărămizi Bohn din Jimbolia, înființată între 1893-1895, care a fost naționalizată și transformată în fabrica "Ceramica" [165]. Familia Bohn deținea mai multe fabrici, dintre care una la Cărpiniș și în mai multe zone din Europa [166].

¹⁶⁴ I.Papayianni, E. Anastasiou & K.Papadopoulou, Laboratory of Building Materials, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, "Comparative Life Cycle Assessment of earth-block and conventional concrete-based houses", WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol. 193, 2015, WIT Press, ISSN 1743-3541;

¹⁶⁵ <https://cautare-tm.arhivelenationale.ro/cautare-tm/detail.aspx?ID=28804>;

¹⁶⁶ [Wikimapia.org/22362924/ro/Fabrica-de-Caramida-Lugoj](https://wikimapia.org/22362924/ro/Fabrica-de-Caramida-Lugoj), accesat on-line:04.2021;

- Fabrica de cărămidă din Lugoj, construită în 1888 [167] de către familia de origine maghiară Muschong, care a continuat să funcționeze până în anii 1990.

Pentru a autoriza în România o construcție din pământ este necesar ca materialul să fie supus unei proceduri de agrement tehnic sau materialul trebuie să fie folosit drept umplutură. Din acest motiv, pe termen mediu și lung, cererea de produse pentru construcțiile din pământ fabricate industrial ar trebui să fie tradusă printr-o procedură de standardizare care să permită facilitarea autorizării acestor variante ecologice de a construi într-un context contemporan. Pentru certificarea materialelor din pământ, s-au realizat teste cu scopul de a brevetă aceste noi produse. Demersurile se datorează unui efort susținut al mai multor instituții de cercetare, în colaborare cu producătorii de materiale. De exemplu, clădirile din pământ realizate în conformitate cu aceste noi reguli de construcție, sunt autorizate în Germania, iar materialele de construcție din pământ, fabricate industrial, au calități similare produselor convenționale, chiar mai bune din punct de vedere al aspectelor ecologice. Drept urmare, cererea pe piață a acestor materiale este din ce în ce mai mare, iar producătorii își extind capacitatea de producție și distribuție la nivel european [168].

În Germania, Ministerul Federal al Interiorului, Clădirii și Comunității, a realizat o bază de date extinsă cu proprietățile care definesc sustenabilitatea construcțiilor și a materialelor, prezentată sub forma unei platforme on-line. În cadrul acestei baze de date, se pot consulta informații generice referitoare la etapele ciclului de viață pentru diferite materiale, cu scopul de a evalua impactul asupra mediului al soluțiilor propuse. Baza de date se actualizează constant și urmărește proceduri specifice de certificare [169], informațiile fiind folosite și pentru realizarea studiului teoretic prezentat în acest capitol.

În urma analizelor efectuate în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat*, s-au evaluat tehnicile constructive existente la nivel local, respectiv fondul construit din pământ. În consecință, s-a considerat necesară propunerea unui prototip de locuire pornind de la un model tradițional existent în Banat, ca o variantă de reinterpretare funcțională a vechilor tipologii constructive, folosind materiale contemporane. Din lipsa datelor referitoare la toate stratificațiile posibile, studiul s-a restrâns la analiza stratificațiilor de perete, a modului în care se poate atinge confortul termic prin intermediul unor materiale ecologice, adaptate specificului local. Conform cercetărilor întreprinse de-a lungul studiului doctoral, s-a constatat faptul că tehnica de construcție cea mai folosită în regiune a fost cea a cărămizilor nearse (denumită regional văiugă sau vaiog, din termenul sârbesc valjak [170]). Scopul următoarei etape a fost de a demonstra faptul că prin utilizarea tradițiilor locale cu materiale ecologice, se pot atinge chiar și cele mai exigente cerințe actuale, precum valorile transmitanței termice menționate în cadrul standardului de Casă Pasivă [171]. Prin urmare, în cadrul studiului realizat în acest capitol, se face o comparație între pereți stratificați de grosimi și capacități termotehnice similare:

¹⁶⁷ https://ro.wikipedia.org/wiki/Jacob_Muschong;

¹⁶⁸ Schroeder Horst, 2016, "Sustainable Building with Earth", in "The Development of Earth Building", pp.1-46;

¹⁶⁹ Conform <https://www.oekobaudat.de/en/html>, baza de date conține mai mult de 700 de seturi de date pentru diferite materiale de construcție care țin cont de standardul EN 15804.

¹⁷⁰ Conform <https://ro.wikipedia.org/wiki/Chirpici>, accesat on-line:04.2021;

¹⁷¹ Este vorba despre standardul de Casă Pasivă. Conform <https://passivehouse.com>, conceptul de casă pasivă este singurul standard recunoscut internațional în construcții, fiind bazat pe o

- un perete din cărămizi nearse fabricate la standarde contemporane (ca o reinterpretare a tehnicilor tradiționale folosind văiuga),
- un perete realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale, drept una dintre cele mai utilizate variante constructive utilizate în momentul actual.

Pentru a evalua caracterul ecologic al materialelor pe bază de pământ în comparație cu alte materiale convenționale, este necesar să se compare indicatori clari referitori la performanțele termice, precum și la valorile ce țin de impactul asupra mediului, așa cum s-au prezentat în:

- capitolul 6.3. *Ciclul de viață al construcțiilor. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor*,
- tabelului 5. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului*.

Abordarea metodologică a necesitat compararea diferitelor stratificații de perete pentru a colecta datele primare printr-o procedură cantitativă de simulare pe calculator. În urma acestui studiu, s-a dovedit faptul că, prin alăturarea unei tradiții constructive cu noile noțiuni de ecologie, se pot obține soluții sustenabile. Acest aspect este valabil mai ales în condițiile în care materialele în sine, prezintă posibilitatea de a fi produse pe plan local, adresându-se și aspectului economic.

7.1. Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice și pereți realizați din cărămidă nearsă. Proprietăți termice

Datorită problemelor de mediu desfășurate la nivel global și a conștientizării contribuției majore pe care o are domeniul constructiv prin intermediul emisiilor de gaze cu efect de seră, inițiativele contemporane din industria construcțiilor vizează utilizarea unor produse cu o energie încorporată cât mai redusă, dar care să răspundă în același timp exigențelor termotehnice. Acesta este motivul pentru care comparația realizată în cadrul acestui studiu, reprezintă o oportunitate bună de analiză a proprietăților fizice ale materialelor. Prin urmare, s-a presupus compararea proprietăților termice la nivel de materiale principale – cărămizi nearse și blocuri ceramice.

Datele tehnice au fost preluate din baza de date a software-ului on-line Ubakus folosind metoda iterativă a elementului finit și a cuprins analiza la nivelul stratificațiilor propuse:

- realizarea unei serii de simulări pentru a determina cea mai bună variantă de cărămizi nearse care să determine o rezistență termică satisfăcătoare [172]

cercetare independentă, bazată pe performanța în utilizarea energiei., ultima accesare:03.2021.

¹⁷² Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02: **Rezistența termică specifică (R), reprezintă diferența de temperatură raportată la densitatea fluxului termic, în regim staționar.** În calcule se folosește R' ca fiind rezistența specifică corectată: $R' = r \cdot R$ [m^2K/W], unde r = coeficientul de reducere a rezistenței termice unidirecționale.

- s-a studiat valoarea transmitanței termice la nivelul întregii stratificații [173].

Pentru a folosi un element de referință, stratificațiile propuse trebuie să atingă o valoare reper a transmitanței termice [174] cât mai mică, apropiată de $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, în conformitate cu standardul de casă pasivă, elaborat în Germania. Pentru a ajunge la această valoare, s-au analizat mai multe produse disponibile pentru a determina care este cea mai bună soluție pentru cazul de față. Din acest motiv, s-au realizat inclusiv analize referitoare la compatibilitatea în ceea ce privește permeabilitatea la vapori a materialelor propuse.

7.1.1. Proprietățile termice la nivel de material de construcție

În urma comparației realizate între tehnica constructivă care folosește materiale tradiționale reinterpretate (cărămida nearsă utilizată în mod tradițional) și varianta contemporană (blocurile ceramice cu goluri verticale), se conturează o alternativă ecologică pentru produsele utilizate în mod curent pe piața locală. Cărămizile nearse din argilă au fost alese deoarece reprezintă o interpretare a tehnicii tradiționale a văiugii, fiind folosite adesea în domeniul renovării construcțiilor vechi, în timp ce zidăria realizată din blocuri ceramice cu goluri verticale este cea mai utilizată variantă constructivă pentru realizarea construcțiilor rezidențiale la momentul actual.

Dificultatea a constat în obținerea unor stratificații similare la nivel de dimensiuni și specificații tehnice pentru a valida comparația între soluțiile propuse. Din acest punct de vedere, s-au ales materiale compatibile pornind de la caracteristicile principale ale materialelor de umplutură. Atât cărămizile nearse, cât și blocurile ceramice, sunt considerate materiale de umplutură din punct de vedere structural, în primul caz folosindu-se o structură din lemn. În cazul peretelui realizat din blocuri ceramice, a fost considerată o structură portantă din cadre de beton.

În cazul cărămizilor nearse, datorită procesului de fabricație, amestecurile de pământ sunt mai bogate în conținut de argilă și *silt (aleurit)*, ceea ce le face mai sensibile la umiditate și îngheț [175]. Prin urmare, în standardele elementelor constructive, au fost introduse clase de aplicare în ceea ce privește expunerea la umiditate, perfecționate în continuare prin intermediul procedeelelor de standardizare. Aceste clase de aplicare determină în ce măsură cărămizile pot fi folosite pentru un

¹⁷³ Conform Asociației Producătorilor Europeni de Materiale de Izolație (EURIMA), sursă: <https://www.eurima.org/u-values-in-europe>, ultima accesare: 03.2021 : Valorile de referință pentru transmitanța termică a pereților din România sunt încadrate între $0,70\text{-}0,83 \text{ W / m}^2\text{K}$. În schimb, Metodologia de calcul a Performanței Energetice a clădirilor, Indicativ MC 001/2006, redactarea a II-a, Faza a II-a, revizia 5, menționează că o dată cu aplicarea standardului nZEB, valoarea U (transmitanța termică) a pereților exteriori va fi egală cu $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, în timp ce pentru Casele Pasive, valoarea U este egală cu $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

¹⁷⁴ Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02: **Valoarea U reprezintă transmitanța termică, respectiv coeficientul de transfer termic și este definit ca fluxul termic, în regim staționar**, raportat la aria de transfer termic și la diferența de temperatură dintre temperaturile medii măsurate de o parte și de alta ale unui element de închidere. $U = 1/Rt \text{ [W/m}^2\text{K]}$,

unde U = coeficient de transfer termic $Rt = \text{Rezistența la transfer termic [W/m}^2\text{K]}$

¹⁷⁵ C.E. Augarde, Durhan University, 2012, "Soil mechanics and earthen construction: strength and mechanical behaviour" in "Earth Building: History, Science and Conservation", pag. 204-221;

perete exterior sau sunt utilizate numai în interior [176]. Conform acestora, cărămizile nearse pot fi folosite atât la exterior drept strat de umplutură, cât și la interior drept strat de termoizolație.

Prin urmare, au fost comparate proprietățile termotehnice ale celor două materiale de construcție principale:

➤ **Grosime și densitate brută**

- Blocuri ceramice cu o grosime de 365mm și o densitate brută de 650kg/m^3 ,
- Cărămizi nearse cu o grosime de 355mm și o densitate brută de 700kg/m^3 [177].

➤ **Conductivitate termică**

- Blocuri ceramice cu goluri verticale prezintă o valoare de $\lambda = 0,12\text{ W/mK}$,
- Cărămizile nearse indică o valoare aproape dublă, $\lambda = 0,21\text{ W/mK}$ [178].

➤ **Disponerea zidăriei**

- Pentru prima stratificație, un singur rând de blocuri ceramice a fost folosit,
- Pentru cea de-a doua stratificație, cărămizile nearse au fost așezate în două rânduri (utilizarea modulului de $1\frac{1}{2}$ cărămizi), unul perpendicular pe celălalt [179], pentru a ajunge la grosimi similare ale stratului de umplutură.

➤ **Termoizolație**

- Pentru primul perete propus, în exteriorul blocurilor ceramice cu goluri verticale obișnuite, s-a utilizat o vată minerală cu o conductivitate termică egală cu $0,035\text{ W/mK}$, o variantă constructivă utilizată în mod curent.
- Pentru cel de-al doilea perete propus, s-au folosit cărămizi din argilă nearsă și o izolație termică din fibre de lemn, cu o valoare a conductivității termice egală cu $\lambda = 0,039\text{ W/mK}$, adecvată datorită proprietăților higroscopice [180] similare cărămizilor nearse.

¹⁷⁶ Conform Urs Muller, Christof Ziegert, Caroline Kaiser, Ulrich Rohlen, 2012, „Eigenschaften industrieller Lehmbauprodukte für den Mauerwerksbau und Verhalten von Lehmsteinmauerwerk”, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co, KG, Berlin, Mauerwerk 16;

Cărămizile din pământ au dimensiuni diferite și sunt oferite cu sau fără perforații. Proprietățile mecanice pentru diferitele tipuri de pământ se caracterizează prin rezistențe la compresiune de până la 11N/mm^2 , umiditatea influențând însă rezistența elementelor. Cu toate acestea, într-un interval de umiditate cuprins între 40-70%, rezistența la compresiune a cărămizilor din pământ este relativ constantă. Zidăria construită folosind cărămizi și mortar pe bază de pământ prezintă rezistențe la compresiune și modul de elasticitate similare zidăriei construite cu blocuri din beton autoclavizat, dar cu o rezistență la forfecare relativ scăzută.

¹⁷⁷ Conform Mirela Duculescu, 2010, „Reguli pentru arhitectura din pământ. Noțiuni, materiale, elemente de construcție”, ISBN : 9789730085747, pag. 95 :

Densitatea cărămizilor din pământ variază între $600\text{ și }1040\text{ kg/m}^3$, cu o conductivitate termică (λ - lambda) cuprinsă între valorile de $0,17 - 1,40\text{ W/mK}$.

¹⁷⁸ Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02:

Pe scurt, conductivitatea termică “ λ ” este mărimea fizică prin care se caracterizează capacitatea unui material de a transmite căldura (prin conducție termică) atunci când este supus unei diferențe de temperatură.

¹⁷⁹ Variantă tradițională analizată în cadrul subcapitolului 5. Peretele ca element constructiv în cadrul edificiilor din pământ, Fig.55. Zidărie de $1\frac{1}{2}$ cărămizi, 37,5cm, extras din “Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton 2006-2007”, Rodica Crișan, pag.2;

¹⁸⁰ Conform H.Xie, G.Gong, Y.Wu, Y. Liu, Y. Wang, 2018, „Research on the Hygroscopicity of a Composite Hygroscopic Material and its influence on Indoor Thermal and Humidity Environment”:

Calitatea aerului interior este determinată de proprietățile higroscopice ale materialelor compozite folosite, ceea ce reprezintă un subiect de analizat în condițiile în care reglarea umidității interioare poate aduce beneficii economice prin reducerea utilizării

S-au încercat mai multe variante în așa fel încât să se asigure un raport echilibrat între dimensiuni pentru a vedea, în faza următoare, dacă într-adevăr, materialele se pot compara la nivel de specificații termice. Baza de date a programului Ubakus coincide cu baza de date Ökobaudat, fiind consultate, de asemenea, fișele de produs ale diverșilor furnizori pentru a compara valorile rezultate în calculele actuale, cu mărimile medii ale produselor de pe piață. Comparația are la bază informațiile oferite de programul Ubakus, utilizând următoarele standarde germane:

- DIN 6946 (valorile privind conductivitatea și transmitanța termică),
- DIN 4108-3 (calculează cantitatea de condens),
- DIN V 18599 (pentru datele ce țin de analiza LCA).

În cazul construcțiilor tradiționale, pereții masivi [181] de zidărie necesită un aport mare și relativ lung de căldură de la soare (radiație) și din aerul înconjurător (convecție), înainte de a se încălzi și a elibera această căldură spre interior [182].

➤ **Cărămida nearsă utilizată ca element constructiv poate reține căldura datorită capacității de stocare termică**, fenomen ce descrie modul în care are loc depozitarea termică [183] în interiorul elementelor de construcție.

sistemelor mecanice. Din acest punct de vedere, utilizarea unor materiale cu proprietăți similare din punct de vedere al caracteristicilor higroscopice poate determina îmbunătățirea condițiilor interioare (menținerea umidității relative a aerului de 40-70%).

¹⁸¹ Conform <https://www.onecommunityglobal.org/thermal-lag>, accesat on-line:03.2021:

Masa termică este capacitatea unui material de a absorbi și de a înmagazina căldura și depinde de densitatea materialului, respectiv de o conductivitate termică moderată (necesară pentru ca rata de căldură care trece prin material să fie sincronizată cu ciclurile de încălzire și răcire ale unei clădiri). Important este pentru cât timp se stochează căldura, în timp ce temperaturile din jur se schimbă și aici intervine factorul de întârziere sau decalajul de timp.

De exemplu, cu cât materialul poate reține căldura în timpul momentelor calde ale zilei, cu atât variațiile/fluctuațiile de temperatură vor fi mai scăzute. Cu cât fluctuațiile de temperatură sunt mai atenuate, cu atât este mai lent decalajul termic și temperaturile sunt mai ușor de reglat.

¹⁸² Conform N. Jannat, A. Hussien, B. Abdullah, A. Cotgave, 2020, „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics”, Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution:

Procesul de transfer de căldură printr-un perete are loc prin intermediul celor 3 fenomene: conducție, convecție și radiație. Suprafața exterioară a peretelui suportă, de regulă, toate fenomenele, din acest motiv este necesară o protecție suplimentară. Radiația solară lovește peretele exterior și este condusă prin material până la suprafața interioară a peretelui, unde se realizează schimbul de căldură cu temperatura ambientală și celelalte suprafețe prin convecție și radiație. Procesul de transfer termic se desfășoară și în sens invers, pornind de la căldura din interior, către straturile exterioare, așa cum este demonstrat în cadrul acestui studiu, unde variațiile de temperatură se desfășoară la nivel de termoizolație. Metodele de transfer termic au scopul de a regla temperatura interioară și de a influența starea de confort termic resimțită în interior.

¹⁸³ Conform lui Ben Reinhardt in “Thermal Energy Storage”, curs de fizică în cadrul Stanford University, 2010,:

Capacitatea de stocare termică este guvernată de 2 principii ce țin de înmagazinarea căldurii sensibile și a căldurii latente. Căldura sensibilă rezultă din schimbarea de temperatură, iar o caracteristică de identificare a căldurii sensibile este fluxul de căldură de la cald la rece prin mijloacele conducției, convecției și radiației. Căldura latentă lucrează folosind o altă lege și mizează pe faptul că pe măsură ce căldura este pompată într-un material, temperatura nu se schimbă.

Căldura latentă se acumulează într-un material înainte de schimbarea de fază și poate fi definită ca energie necesară pentru schimbarea de fază. Din cauza căldurii

Această proprietate este determinată și de faptul că pământul poate funcționa ca un material cu schimbare de fază [184] (proprietate corelată cu capacitatea de stocare termică, putând acționa ca o sursă constantă de căldură ce poate elibera căldura latentă în momentul tranziției între diferitele cicluri).

➤ **Capacitatea de stocare termică în grosimea peretelui se datorează căldurii emanate datorită cristalizării sărurilor din apa care se ridică** în structura de argilă a materialului. Pământul acționează ca un material care își schimbă faza deoarece exploatează schimbarea temperaturii apei ca mod de transfer de energie. Apa dintr-un perete din pământ este în echilibru cu umiditatea ambientală și o parte din această apă se evaporă pe măsură ce temperatura exterioară crește. În schimb, se formează o condensare capilară când temperatura scade. Prin urmare, nanostructura materialului permite apei pe care o conține să-și schimbe starea de agregare la temperatura camerei.

➤ **După ce soarele apune și temperatura scade, peretele cald va continua să transfere căldura în interior timp de câteva ore** datorită efectului de întârziere între expunerea la căldură până la emanarea acesteia, fenomen definit ca decalaj de timp (time lag effect) [185]. Un perete cu o capacitate de stocare termică creează un decalaj mare de timp între înmagazinarea căldurii și eliberarea sa, în timp ce un perete bine termoizolat reduce doar amplitudinea temperaturii (diferența dintre temperatura minimă și maximă înregistrate într-un element). Acestea sunt motivele pentru care un perete din cărămidă nearsă, cu o grosime corespunzătoare, reprezintă o variantă eficientă de a controla umiditatea și temperatura interioară.

➤ **Amplitudinea de temperatură și factorul de schimbare de fază [186] (decalajul de timp ajută la descrierea fenomenului de schimbare de fază)**

latente, există un avantaj în folosirea stocării termice atunci când se folosesc materiale cu schimbare de fază. Utilizarea materialelor cu schimbare de fază este o tehnologie promițătoare în condițiile în care asigură o variantă de înmagazinare a energiei provenite din surse precum soarele sau căldura reziduală din diverse procese industriale.

Un material cu schimbare de fază poate înmagazina mai multă căldură la aceeași temperatură spre deosebire de un material care se află într-o stare constantă. Așadar, pe lângă capacitatea mare de stocare termică, un material cu schimbare de fază poate acționa ca o sursă constantă de căldură pentru că poate înmagazina și elibera căldura în timp ce rămâne în starea de schimbare de fază. Din acest motiv, un material cu schimbare de fază poate fi folosit în permanență și prezintă puține degradări de-a lungul timpului.

sursă : Large.stanford.edu/courses/2010/ph240/reinhardt1/,

¹⁸⁴ Conform A. Sivanathan, Q. Dou, Y. W.Y.Li, J.Corker, Y. Zhou and M. Fan, 2020, „Phase change materials for building construction: An overview of nano-/microencapsulation”:

Materialele cu schimbare de fază sunt un grup de materiale care au aceleași capacități intrinseci de absorbție, captare și redare a energiei termice, sub formă de căldură latentă, în timpul tranziției între diferitele cicluri.

¹⁸⁵ Conform F.Bilgin, M.Arici, 2017, „Effect of Phase Change Materials on Time Lag, Decrement Factor and Heat-Saving” :

Decalajul de timp (time lag effect) se referă la modul în care peretele exterior al unei clădiri reacționează la căldură și perioada de decalaj de timp înainte ca temperatura exterioară să influențeze temperatura spațiului interior.

¹⁸⁶ Conform Ubakus.com/waermespeicherfaehigkeit/:

Amplitudinea de temperatură și schimbarea de fază sunt procedee fizice utilizate pentru a determina protecția la căldură a unei componente, dar temperaturile interioare calculate nu corespund întotdeauna cu temperaturile reale resimțite în clădire. Mai sunt și alți factori care joacă un rol important, ca de exemplu (masa termică suplimentară formată din pereții interioari, pardoseli, ventilația din timpul nopților răcoroase și iluminarea directă). Cu

determină gradul de inerție termică [187] al stratificațiilor propuse, o caracteristică a materialului determinată și de capacitatea de stocare termică, respectiv de factorul de decrement [188]. Pentru a determina mai în detaliu acești ultimi factori, sunt necesare simulări dinamice efectuate asupra unui spațiu închis [189], ceea ce presupune considerarea tuturor stratificațiilor posibile dintr-o încăpere. Acest studiu s-a încercat într-o primă fază, prin intermediul analizei unui prototip de locuință – 9.4.8. *Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane.*

Cercetările actuale urmăresc tocmai aceste proprietăți ale materialelor referitoare la înmagazinarea căldurii pentru a realiza o economie de energie utilizând materialele cu schimbare de fază care reduc fluctuațiile de temperatură în interior, în timp ce reglează temperatura și umiditatea relativă a aerului fără a utiliza alte elemente de ventilare mecanică [190].

- **Este important de analizat în ce măsură noile standarde de termoizolare reduc din capacitatea de stocare termică** a materialelor

toate acestea, calculul teoretic permite realizarea unei comparații concludente în ceea ce privește izolarea termică.

Schimbarea de fază indică întârzierea cu care căldura ajunge în interiorul componentei. Undele de temperatură ajung în interiorul componentei în orele reci ale nopții în mod ideal. Prin urmare, schimbările de fază considerate pe un interval de 12 ore sunt cele mai potrivite. În cazul componentelor cu o protecție termică deosebit de bună, defazarea va atinge valori semnificativ mai mari. Acest aspect nu este un neajuns, deoarece amortizarea amplitudinii temperaturii este atât de puternică, încât nu se pot resimți diferențele de temperatură în interior.

¹⁸⁷ Conform Jose M.PS.Lizarraga, Ana Picallo-Perez, 2020, "Exergy analysis of heat transfer in buildings", in Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings, Design and Analysis for Sustainable Energy Systems, pag. 263-343 :

Inerția termică este proprietatea unui material care exprimă întârzierea cu care ajunge la temperatura mediului înconjurător. Pentru a exprima efectele inerției termice asupra anvelopei unei clădiri, proprietatea poate fi definită drept capacitatea materialului de a înmagazina căldura și de a întârzi transmiterea acesteia.

¹⁸⁸ Conform https://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/building_fabric/properties/time_lag.html, accesat on-line: 03.2021:

Cu cât un material este mai gros și mai rezistent, cu atât mai mult timp va dura ca undele de căldură să treacă prin acesta. Reducerea ciclică a temperaturii suprafeței interioare comparată cu suprafața exterioară este cunoscută drept factor de decrement.

Cu cât factorul de decrement are o valoare mai mică, înseamnă că elementul constructiv are un efect mai mare asupra atenuării fluctuațiilor de temperatură din exterior. Dacă materialele cu un decalaj de timp sunt utilizate cu prudență, temperaturile mici ale nopții vor atinge suprafețele interioare în mijlocul zilei, răcind aerul din interior. În mod similar, temperaturile mari ale zilei vor ajunge la interiorul suprafețelor mai târziu în timpul serii, încălzind interiorul.

¹⁸⁹ Conform L.Rincon, A.Carrobe, M.Medrano, C.Sole, A.Castell, I.Martorell, 2019, "Analysis of the thermal behaviour of an earthbag building in Mediterranean Continental Climate: Monitoring and Simulation":

În cadrul studiului prezentat în articol, s-a realizat un model de locuință, care a fost inițial analizat folosind simulări dinamice pe calculator. Locuința realizată din saci de pământ conținea o serie de strategii pasive privind încălzirea și răcirea, precum: masă termică mare a pereților, îmbunătățirea aportului solar, ventilația încrucișată. Simulările de energie au fost ulterior comparate cu cele măsurate în cadrul unui prototip, din care a rezultat că amplitudinea de temperatură s-a redus cu 88-90% în timpul verii, în timp ce iarna, valorile sunt nesemnificative în cazul unei construcții neizolate.

¹⁹⁰ U.Berardi, S.Soudian, 2018, „Benefits of latent thermal energy storage in the retrofit of Canadian high-rise residential buildings”, Building Simulations, 11, 709-723;

din pământ și care este impactul acestor termoizolații asupra fenomenelor de transfer termic în cadrul stratificațiilor de perete propuse, așa cum acestea au fost analizate prin intermediul diferitelor simulări realizate în cadrul software-ului open-source Ubakus, prezentate pe parcursul capitolului de față.

- **Prin urmare, aceste proprietăți ale materialelor din pământ sunt exploatate în continuare, rezultând oportunitatea unor studii avansate** referitoare la acest subiect. Studiul de față s-a limitat la analiza stratificațiilor de perete realizate din blocuri ceramice și cărămizi nearse pentru a putea efectua în cadrul subcapitolului 7.2. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Indicatori ecologici*, o analiză referitoare la impactul asupra mediului al materialelor folosite în diversele soluții constructive.
- **Scopul urmărit a fost de a obține valori cât mai asemănătoare ale acestor proprietăți termice** pentru a demonstra faptul că utilizarea cărămizilor nearse și a termoizolației din fibre de lemn reprezintă o variantă fezabilă de substituție a stratificațiilor utilizate în mod convențional, blocurile ceramice cu goluri verticale și termoizolația din vată minerală bazaltică. În continuare, sunt descrise proprietățile termotehnice ale stratificațiilor care afectează rata de transfer termic [191].

Tab. 6. Comparație între materialele principale propuse - blocuri ceramice și cărămizi din argilă nearsă, sursă: E.R. Florescu;

		Blocuri ceramice cu goluri verticale	Cărămizi din argilă nearsă
1.	Denumire și dimensiuni	Blocuri ceramice cu goluri verticale dim:365x248x249	Cărămizi 2DF 700 - dim: 240x115x113mm
2.	Compoziție	Argilă arsă, aditivi și stabilizatori.	Argilă și fibre vegetale
3.	Descriere	Blocuri ceramice cu fețe de pozare șlefuite și îmbinare verticală de tip nut și feder.	Cărămizi cu structură omogenă, suficient de rezistente la apă și la intemperii, cu un comportament de umflare scăzut.

¹⁹¹ Conform N. Jannat, A. Hussien, B. Abdullah, A. Cotgave, 2020, „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics” , Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution :

Rata de schimb de căldură și direcția prin anvelopa clădirii depind de o serie de factori care țin cont de aporturile solare, temperatura interioară, temperatura exterioară, proprietățile termofizice ale materialului și suprafața expusă. Proprietățile care afectează rata de transfer termic sunt: rezistența termică, transmitanța termică, densitatea, conductivitatea termică, căldura specifică și caracteristicile de suprafață. În afară de proprietățile termofizice, grosimea materialului afectează, de asemenea, capacitatea de stocare termică a peretelui.

4.	Densitate brută "ρ"	650kg/m	700kg/m ³
5.	Conductivitate termică "λ"[192]	0,12 W/mK	0,21 W/mK
6.	Căldura specifică "c"[193]	1000 J/kgK	1000 J/kgK
7.	Emisivitatea radiațiilor cu unde lungi "ε"[194]	0,9	0,9
8.	Factor de rezistență la difuzia vaporilor [195] "μ" s_d	5/10(2,7m)	5/10 (0.86+1.8m=2,66)[196]

În cadrul acestei comparații, s-au folosit materiale cât mai asemănătoare, pentru a verifica dacă variantele contemporane de reinterpretare a materialelor tradiționale reprezintă opțiuni fezabile de construcție din punct de vedere tehnic. În urma acestei analize au rezultat următoarele observații în ceea ce

¹⁹² Pentru a oferi câteva valori de referință privind conductivitatea termică a altor materiale, conform DIN 4108-6, SR EN 12524, date de la producător:

- λ ciment/șapă anhidridă = 1,4-1,2W/ mK, λ cărămidă arsă plină = 0,5-1,4 W/mK ;
- λ grinzi de lemn pentru construcții = 0,13-0,18 W/ mK,
- λ polistiren expandat = 0,032-0,060W/mK, λ polistiren extrudat = 0,030-0,048W/ mK.

¹⁹³ Conform <https://www.britannica.com/science/thermodynamics/Equations-of-state>, accesat on-line:

Căldura specifică "c" este cantitatea de energie termică necesară pentru creșterea temperaturii unei substanțe pe unitatea de masă. Este, de asemenea, un exemplu de proprietate extinsă, deoarece valoarea sa este proporțională cu dimensiunea sistemului examinat. În unități SI, căldura specifică este cantitatea de căldură în Jouli, necesară pentru a mări căldura unui gram de substanță cu un grad Kelvin (poate fi exprimată și ca J/kg*K).

¹⁹⁴ Conform lui Adrian Gabriel Ghiaus, 2003, "Transferul de căldură", CONPRESS București, ISBN 973-8165-84-9 ; Emisivitatea termică (energetică) sau coeficientul de emisie, ε, este raportul dintre puterea de emisie a unui corp și puterea de emisie a corpului negru aflat la aceeași temperatură. $E = E/E_0$, unde E_0 este puterea de emisie a corpului negru.

În mod practic, emisivitatea termică reprezintă o unitate care trebuie luată în calcul atunci când se măsoară temperatura fără contact, fiind utilizată pentru termografierea cu radiații în infraroșu. Poate fi introdusă manual în camera de termoviziune.

¹⁹⁵ Conform normativului general privind calculul transferului de masă (umiditate) prin elementele de construcție, Indicativ C 107/6-01:

Factorul de rezistență la difuzia vaporilor de apă „μ” nu are unitate de măsură și reprezintă un coeficient care arată de câte ori stratul de material este mai puțin permeabil în comparație cu un strat de aer de aceeași grosime, în timp ce factorul S_d reprezintă măsura care sugerează rezistența la umiditate a materialului/stratificației prin raportare la 1m de aer.

¹⁹⁶ Conform Ubakus.com : Valorile sunt înregistrate pentru cele două straturi de cărămizi, valoarea însumată pentru factorul S_d fiind de 2,66m.

privește proprietățile termotehnice ale materialelor propuse, respectiv blocurile ceramice utilizate în mod convențional și varianta ecologică a cărămizilor nearse. Prin urmare, au rezultat următoarele observații :

- Grosimea blocurilor ceramice este de 365mm, valoare aproape egală cu cea înregistrată pentru cele două rânduri de cărămizi nearse dispuse perpendicular 355mm, la care se mai adaugă și grosimea stratului de mortar dispus între cărămizile nearse;
- **Valorile înregistrate ale densității sunt similare**, pentru blocurile ceramice valoarea este de 650kg/m^3 , în comparație cu o valoare de 700kg/m^3 pentru cărămizile nearse din argilă;
- **Din punct de vedere al conductivității termice, se observă o valoare aproape dublă în cazul cărămizilor nearse din argilă**, ceea ce înseamnă că fluxul termic traversează materialul de două ori mai repede în comparație cu maniera în care fluxul termic traversează grosimea blocurilor ceramice. Acest lucru demonstrează faptul că este necesară o suplimentare a termoizolației în cazul utilizării cărămizilor nearse (160mm pentru termoizolația din fibre de lemn, în comparație cu 100mm pentru termoizolația din vată minerală bazaltică), însă pot fi exploatate și alte beneficii ale utilizării materialului asociate cu reglarea umidității și temperaturii din interior.;
- **În ceea ce privește căldura specifică "c", valorile sunt egale cu 1000 J/kgK** , ceea ce înseamnă că este nevoie de aceeași cantitate de energie termică pentru a crește temperatura peretelui în cele două variante propuse.;
- **Factorul privind emisivitatea radiațiilor cu unde lungi "ε" este egal cu valoarea de 0,9 în ambele cazuri**. Pentru a oferi o valoare de comparație, în cazul cimentului, valoarea "ε" este egală cu 0,97, în timp ce pentru tencuielile de interior valoarea "ε" este egală cu 0,87.;
- Din punct de vedere al factorului de rezistență la difuzia vaporilor "μ", acesta este încadrat între valorile 5 și 10, pentru calcule fiind considerată valoarea cea mai defavorabilă de 10, în timp ce valoarea factorului s_d indică faptul că stratificația realizată din cărămizi nearse permite o permeabilitate mai bună a vaporilor de apă în comparație cu blocurile ceramice utilizate.;
- **Valorile separate ale factorului de rezistență la difuzia vaporilor s_d** , semnalate în cadrul peretelui din cărămizi nearse se referă la dimensiunile specifice pentru fiecare rând de cărămidă în parte:
 - primul strat perpendicular pe lungimea peretelui înregistrează o valoare S_d de 0,86m deoarece are o grosime de 240mm (valoare egală cu lungimea cărămizii), un factor S_d cu o valoare de 1,8m pentru cel de-al doilea rând de cărămidă care are o grosime de 115mm (valoare egală cu lățimea cărămizii).
 - prin urmare, valoarea însumată a factorului s_d pentru întregul perete realizat din cărămizi nearse este de 2,66m, față de o valoare de 2,7m înregistrată pentru stratificația din blocuri ceramice. În cazul pachetului constructiv format din cărămizi nearse se poate adăuga și valoarea mortarului dintre cele două rânduri de cărămizi.

În urma studiului efectuat în cadrul acestui subcapitol, au rezultat următoarele concluzii care dovedesc validitatea ipotezei de cercetare referitoare la proprietățile termotehnice ale materialelor comparate în cadrul studiului teoretic:

- **Opțiunile de materiale propuse reprezintă materialele cu cele mai apropiate valori regăsite în cadrul programului de calcul Ubakus.**
- Drept urmare, **se demonstrează faptul că cele două rânduri de cărămizi nearse prezintă proprietăți termice asemănătoare cu blocurile ceramice** analizate (conductivitatea termică diferită se poate regla la nivel de termoizolație prin utilizarea unui strat mai gros sau a unei termoizolații cu o capacitate de termoizolare mai mare).
- **În acest mod, se demonstrează în primă fază că utilizarea cărămizilor nearse reprezintă o alternativă viabilă pentru blocurile ceramice**, din punct de vedere al proprietăților termice, prin compararea factorilor analizați în tabelul 6. *Comparație între materialele principale propuse - blocuri ceramice și cărămizi din argilă nearsă.*

7.1.2. Proprietățile termice la nivel de stratificații propuse

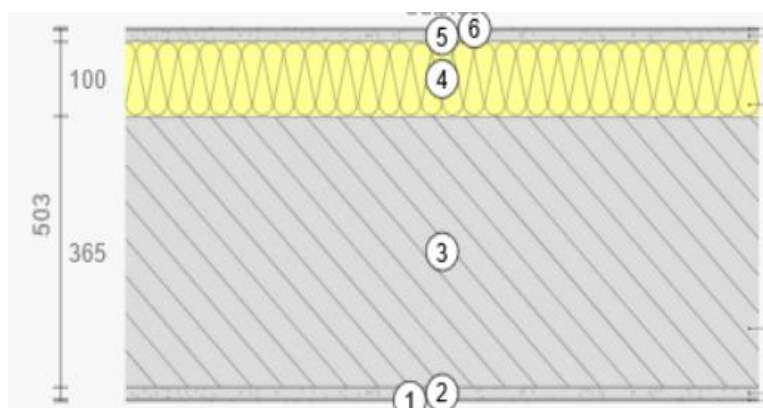
- **Studiul inițiat la nivel de materiale de construcție se continuă la nivelul stratificațiilor propuse pentru pereți**, pornind de la stratul de umplutură din blocuri ceramice sau cărămizi nearse. Cele două variante propuse sunt analizate în continuare pentru a observa în ce măsură stratificația propusă din materiale naturale reprezintă o alternativă fezabilă materialelor convenționale utilizate pentru realizarea pereților, din punct de vedere al proprietăților termice specifice. În acest sens, sunt comparate mai multe proprietăți care determină transmiterea fluxului termic prin stratificație:
 - valoarea transmitanței termice U ,
 - temperatura la suprafața interioară/exterioară,
 - nivelul de condensare,
 - rezerva de uscare,
 - amplitudinea de temperatură,
 - capacitatea de stocare termică.
- **Valorile înregistrate sunt comparate pentru a evidenția inerția termică a soluțiilor analizate.**
- **Scopul este de a evidenția faptul că stratificația realizată din materiale naturale prezintă o inerție termică mai bună** în comparație cu cea realizată din materiale utilizate în mod convențional.
- **În cadrul analizei termotehnice au fost comparate valorile generice ale materialelor**, nefiind considerate punțile termice realizate la nivelul străpungerilor de materiale. Sunt neglijate punțile termice considerate la îmbinarea elementelor constructive.
- **Simulările termice sunt realizate în câmpul stratificațiilor, reprezentând valori generice aproximative.** Sunt realizate analize comparative pentru a determina proprietățile termice ale materialelor care intră în compoziția stratificației din blocuri ceramice, respectiv proprietățile termice ale materialelor din compoziția stratificației din cărămizi nearse, precum și o analiză comparativă a proprietăților termotehnice ale celor 2 stratificații propuse:
 - *tabel 7. Proprietățile termice ale stratificației din blocuri ceramice,*
 - *tabel 8. Proprietățile termice ale stratificației din cărămizi nearse,*
 - *tabel 12. Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse.*

7.1.2.1. Proprietățile termice la nivel de stratificații propuse – perete din blocuri ceramice

- **Pentru stratificația realizată din blocuri ceramice cu goluri verticale, s-a propus o termoizolație din vată minerală bazaltică.** Varianta convențională este de utilizare a unei termoizolații realizate din polistiren expandat, dar s-a preferat opțiunea unei variante mai bune de termoizolare prin compararea valorilor conductivității termice dintre diferitele opțiuni existente pe piață.
- Tencuielile de interior sunt pe bază de var, în timp ce tencuiala de exterior are la bază un mortar pe bază de var și un strat final de exterior pe bază de var cu adaos de ciment.
- În continuare, s-au realizat comparații privind umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse cu scopul de a demonstra faptul că s-a evitat formarea condensului, s-au analizat caracteristicile materialelor care asigură masa termică în cadrul stratificației pentru a demonstra inerția termică a materialelor naturale, respectiv proprietățile termotehnice ale tencuielilor:
 - tabel 9. Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse,
 - tabel 10. Caracteristicile materialelor care asigură masa termică în cadrul stratificațiilor prezentate, respectiv cărămizile și termoizolația folosită;
 - tabel 11. Caracteristicile tencuielilor folosite în cadrul stratificațiilor prezentate;

În ceea ce privește stratificația completă, peretele are o grosime de 503mm. S-a încercat astfel o propunere de stratificație care să fie în concordanță cu grosimile pereților utilizați în mod tradițional, și anume, o grosime între 300-500mm. Peretele compozit propus în cadrul analizei de față conține următoarele componente:

1. Tencuială de interior, pe bază de var, strat final 3mm,
2. Tencuială de interior, strat intermediar, mortar pe bază de var 16mm,
3. Blocuri ceramice cu goluri verticale 365mm,
4. Termoizolație vată minerală bazaltică 100mm,
5. Tencuială de exterior, mortar pe bază de var, strat intermediar 16mm,
6. Tencuială de exterior pe bază de var cu adaos de ciment, strat final 3mm;



Grafic 1. Stratificație 1 – Blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

Tab. 7. Proprietățile termice ale stratificației din blocuri ceramice, sursă: E.R. Florescu utilizând Ubakus;

1.	Denumire	Tencuială de interior	Tencuială de interior	Blocuri ceramice cu goluri verticale – dimensiuni: 365x248x249 mm	Placă de izolare pentru fațada din vată minerală de rocă.	Tencuială de exterior pe bază de var	Tencuială de exterior pe bază de var [197] cu adaos de ciment.
2.	Compoziție	- tencuiala pe bază de var este: relativ elastică, moale, absorbantă, deschisă la difuzia vaporilor.	mortarul pe bază de var este: relativ elastic, moale, absorbant, deschis la difuzie.	-argilă arsă, aditivi, stabilizatori.	- vată de rocă bazaltică, necombustibilă.	-mortar de var, nisipuri de tencuială, adaosuri, stabilizatori	- var, ciment alb, nisipuri de tencuială, adaosuri.
3.	Descriere	Tencuiala oferă o suprafață foarte permeabilă la vapori, având o structură poroasă ce reglează umiditatea.	Mortarul utilizat în mod tradițional la interior, adaptat atât clădirilor vechi, cât și celor noi, oferă o suprafață foarte permeabilă la vapori având o structură poroasă ce reglează umiditatea din încăperea [198].	Blocuri ceramice cu fețe de pozare șlefuite și îmbinare verticală de tip nut și feder.	Un strat superior de înaltă densitate asigură o aderență adecvată.	Datorită permeabilității la vaporii de apă, tencuiala permite zidurilor să respire.	Tencuiala pe bază de var cu adaos de ciment rezistă mai bine la intemperii, fiind recomandată pentru utilizarea la exterior.

¹⁹⁷ Conform Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188:

Pentru a forma varul, se pornește de la roca pe bază de calcar (carbonatul de calcar - CaCO_3) care este încălzită și pierde dioxidul de carbon din compoziție prin evacuarea gazului carbonic. Acest procedeu poartă numele de decarbonatare prin calcinare și duce la formarea în primă fază a varului nestins. Prin adăugarea apei se formează hidroxidul de calcar Ca(OH)_2 , iar adaosul de nisip duce la formarea mortarului folosit pentru tencuielile de fațadă.

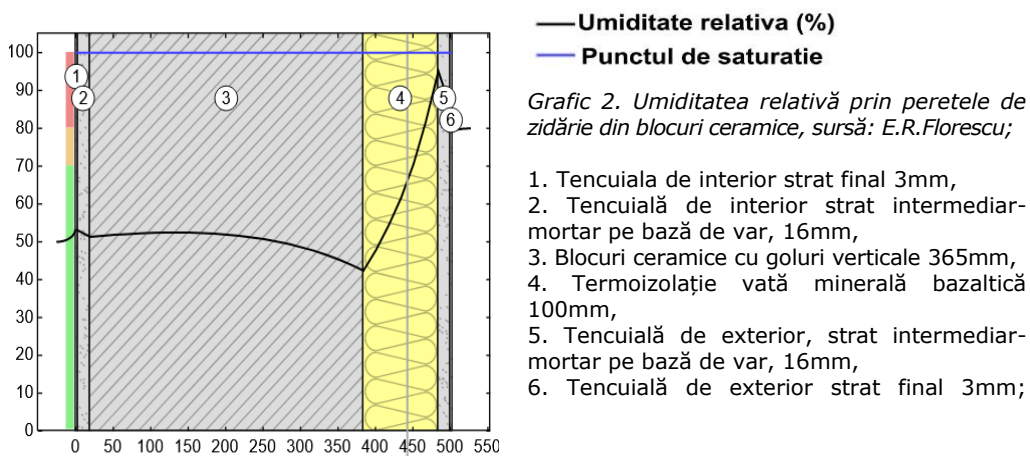
¹⁹⁸ Conform Ubakus: **Mortar pe bază de var. Strat relativ elastic, moale, absorbant, deschis la difuzie, potrivit și pentru materialele de construcție vechi.** Stratul de mortar de tencuială pe bază de var se întărește prin absorbția dioxidului de carbon – dar numai atât timp cât este suficient de umed. Stratul de mortar de tencuială proaspăt nu trebuie prin

4.	Densitate brută "ρ":	1400 kg/m ³	1400 kg/m ³	650 kg/m ³	100 kg/m ³	1400 kg/m ³	1800 kg/m ³
5.	Conductivitate termică "λ":	0,87 W/mK	0,87 W/mK	0,12 W/mK	0,035 W/mK	0,87 W/mK	1,00 W/mK
6.	Căldura specifică "c"	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK
7.	Emisivitatea radiațiilor cu unde lungi "ε"	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
8.	Factor de rezistență la difuzia vaporilor de apă "μ" „S_d”	10 (0,03m)	10 (0,16m)	7.40 (2,7m)	1 (0,1m)	10 (0,1m)	15/35 (0,07m)

urmare, să se usuce prea repede. Din acest motiv, printre altele, un mortar de tencuială din var simplu este mai dificil de prelucrat decât un mortar de tencuială din ipsos și prin urmare este mai rar folosit, fiind utilizate amestecuri. Mortarele de tencuială de înaltă calitate, fabricate din var, sunt de asemenea, foarte scumpe.

Se poate observa din graficul 2. *Umiditatea relativă prin perețele de zidărie din blocuri ceramice*, cum stratificația propusă nu atinge punctul de rouă [199], deoarece graficul umidității relative [200] și cel al punctului de saturație [201] prin perețele de zidărie nu se ating, ceea ce demonstrează că nu se realizează condens în cadrul stratificației, înregistrând la interior o temperatură de 19°C și o umiditate relativă de 53% r.H. În dreptul stratului de termoizolație se înregistrează o diferență de temperatură dintre interior și exterior de 11,4°C și o diferență a umidității relative de 49,9% r.H.

- Între straturile 3. și 4., valorile înregistrate sunt de 41,2% r.H. și 6,8°C;
- Între straturile 4. și 5., valorile înregistrate sunt de 91,1% r.H. și -4,6 °C.



¹⁹⁹ Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02:

Temperatura punctului de rouă (Θ_r) este temperatura aerului la care presiunea parțială a vaporilor de apă devine egală cu cea de saturație și de la care se produce fenomenul de condensare al vaporilor de apă. În reprezentarea grafică de mai sus, punctul de rouă s-ar forma în momentul în care cele 2 curbe s-ar intersecta, ceea ce nu este cazul pentru studiul de față, deoarece valoarea maximă înregistrată a umidității relative este de 91,1%;

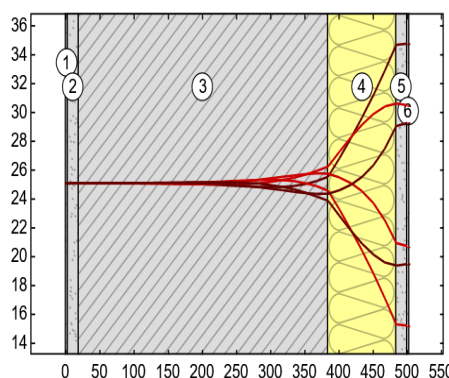
²⁰⁰ Conform Ubakus :

În cadrul acestui studiu, **umiditatea relativă ține cont de gradul de etanșeitate la aer a componentelor, însă aceste efecte pot fi doar approximate**, considerându-se valorile de siguranță ale metodei de calcul. Pentru factorul de rezistență la difuzia vaporilor se preia întotdeauna valoarea mai defavorabilă. De exemplu, în cazul unui factor egal cu 5/10, se va lua în calcul valoarea de 10.

²⁰¹ Conform Ubakus, rezultatele referitoare la umiditatea relativă și punctul de saturație sunt influențate de următoarele aspecte:

1. Temperaturile interioare și exterioare, precum și umiditatea relativă. Conform DIN 4108-3 ; DIN 2014-11, următoarele condiții se aplică: interior : 20°C, umiditate relativă de 50%, exterior: -5°C, umiditate relativă de 80%.
2. De factorul de rezistență la difuzia vaporilor " μ " care indică, de obicei, o limită superioară și una inferioară. În calcul, valoarea aleasă duce la o valoare mai mare de condensare.
3. De profilul de temperatură din componentă și implicit de conductivitatea termică " λ " a materialelor de construcție.
4. De lungimea perioadei de condensare și de evaporare, de regulă 90 de zile, conform DIN 4108-3, 2014-11.

Deoarece fluctuațiile de temperatură sunt preluate cu preponderență în cadrul termoizolației ($\Delta T[202]=11,4^{\circ}\text{C}$), se observă din graficul 3. Fluctuațiile de temperatură prin peretele de zidărie din blocuri ceramice, maniera în care curbele de temperatură se aplatizează treptat în interiorul peretelui de zidărie, ceea ce înseamnă că nu se resimt fluctuații de temperatură în spațiul interior pe parcursul zilei [203], temperatura fiind constantă ($24-25^{\circ}\text{C}$). Sunt prevăzute valori maxime ale temperaturii de interior din care se scad punțile termice realizate în cadrul îmbinărilor, pierderile cauzate de lipsa de etanșitate etc.



Grafic 3. Fluctuațiile de temperatură prin peretele de zidărie din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu;

1. Tencuiala de interior strat final 3mm,
 2. Tencuială de interior strat intermediar- mortar pe bază de var, 16mm,
 3. Blocuri ceramice cu goluri verticale 365mm,
 4. Termoizolație vată minerală 100mm,
 5. Tencuială de exterior, strat intermediar-mortar pe bază de var, 16mm,
 6. Tencuială de exterior strat final 3mm;
- Temperatura la 3pm, 11am și 7am
 — Temperatura la 7pm, 11am și 3am

Scopul unei stratificații eficiente din punct de vedere termic este de a folosi materiale care să stocheze căldura [204] și să atenueze amplitudinea graficului de temperatură din exterior, până la suprafața interioară [205].

- În cazul de față, se constată maniera în care diferențele de temperatură sunt preluate în grosimea termoizolației, ceea ce permite păstrarea unei temperaturi constante în interiorul peretelui pe întreaga perioadă a zilei.

- Se observă cum pierderea maximă de temperatură înregistrată la nivel de perete are loc dimineața (7am) când suprafața exterioară înregistrează o valoare minimă de aproximativ 15°C , în timp ce temperatura maximă este înregistrată datorită aporturilor solare după-amiaza (3pm), când temperatura exterioară înregistrează o valoare de aproximativ 35°C .

²⁰² Diferența de temperatură dintre suprafața de contact dintre stratul de mortar de tencuială și termoizolație, respectiv termoizolație și stratul de cărămizi neare;

²⁰³ Conform Ubakus.com/en/r-value-calculator/;

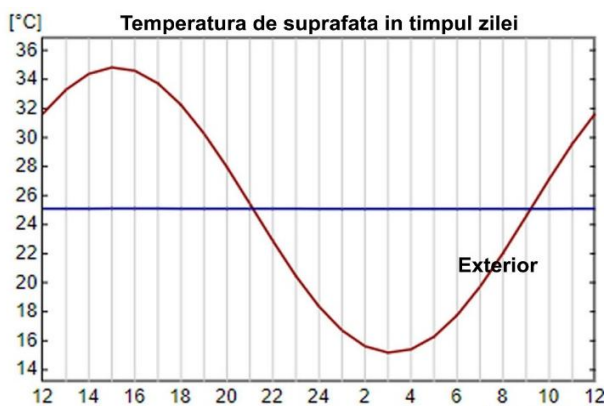
În cadrul studiului de față, simularea este realizată pe o perioadă de 24 de ore;

²⁰⁴ Conform M.Irsyad, A.D. Pasek, Y.S.Indartono, A.W. Pratomo, „Heat transfer characteristics of building walls using phase change material”, 1st International Symposium on Green Technology for Value Chains 2016, IOP Conference Series:Earth and Environmental Science 60(2017) 012028, doi:10.1088/1755-1315/60/1/012028

Căldura dintr-un perete este datorată radiației solare și aportului de căldură din interiorul clădirii care ating suprafața exterioară a acestuia. O parte din căldura care atinge suprafața peretelui se continuă prin conducție, în timp ce restul este reflectată. Energia stocată în perete este eliberată atunci când temperatura din ambient este mai joasă, iar diferențele de temperatură între diferitele momente ale zilei pot fi utilizate prin intermediul ciclurilor de încărcare și descărcare (încălzirea peretelui în timpul zilei și eliberarea sa ulterioară în timpul nopții).

²⁰⁵ Ubakus.com/waermespeicherfaehigkeit/;

- Pentru a păstra căldura la interior, de regulă, termoizolația se montează la exterior, deoarece materialele termoizolatoare puse la interior nu asigură aceeași protecție la căldură [206].
- Materialele noi pe bază de pământ ușor, așa cum au fost prezentate în subcapitolul 4.4. *Pământul utilizat ca material de umplură în cadrul structurilor din lemn*, pot fi considerate o soluție viabilă de termoizolare pe interior a structurilor istorice.
- În cazul de față, având în vedere faptul că este vorba despre o nouă stratificație, termoizolația s-a aplicat la exterior. Stratificația propusă reprezintă soluția adoptată într-o fază intermediară a studiului, implementarea acestei soluții în cadrul unei locuințe (subcapitolului 9.4.8. *Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane*),



Grafic 4. Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

Distanța dintre punctele maxime ale graficelor celor 2 curbe definește valoarea schimbării de fază. Roșu - temperatura din exterior, Albastru - temperatura din interior definește valoarea schimbării de fază.

În graficul 4. Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, temperatura periodică fluctuantă a aerului exterior este considerată, fiind reprezentată printr-o curbă sinusoidală între 15°C-35°C. Pentru a atinge un nivel acceptabil al confortului interior [207], nu pot fi anticipate temperaturi constante, ci trebuie avute în vedere și fluctuațiile zilnice ale temperaturilor exterioare. Rezultatul analizei de față este o simulare a profilului de

²⁰⁶ Conform Christof Ziegert, Eike Roswag-Klinge, 2016, „Internal insulation of historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;

Pentru aplicarea izolației interioare, mai multe cerințe trebuie îndeplinite:

- Plinta peretelui existent trebuie să fie liberă de umezeala ascendentă, precum și conținutul de sare trebuie să se încadreze în norme specifice.
- Apa care se ridică prin fenomenul de capilaritate, poate reprezenta un factor dăunător în ceea ce privește izolarea termică în timpul fazei de construcție, ceea ce înseamnă că trebuie efectuate măsuri de uscare a straturilor existente înainte.
- Trebuie evitată o supradimensionare a izolației interioare. În mod tipic, o termoizolație cu o grosime cuprinsă între 6 și 8cm este suficientă, panourile din pământ ușor, din panouri de lemn sau cele din spumă minerală se recomandă a fi utilizate drept materiale prestabilite pentru izolația interioară.

²⁰⁷ Conform E. Teitelbaum, P.Jayathissa, C. Miller, F. Michael Meggers, 2019, „Design with Comfort: Expanding the psychrometric chart with radiation and convection dimensions”, Energy and Buildings:

Pe lângă factorii enunțați în diagramele psihometrice drept zonă de confort (temp. între 20-26,7°Celsius și umiditate relativă între 20-80%), trebuie luați în considerare și parametri precum temperatura radiantă, mișcarea aerului, gradul de ocupare a spațiilor interioare.

temperatură pe suprafața interioară și exterioară a componentei, calculându-se următorii factori:

- **amortizarea amplitudinii de temperatură** [208] (cât de mult fluctuează temperatura suprafeței interioare în comparație cu suprafața exterioară),
- **factorul de schimbare de fază** [209] (întârzierea/decalajul cu care căldura ajunge în interiorul unei componente).

Din punct de vedere al amortizării amplitudinii de temperatură, valoarea depășește 100, ceea ce înseamnă că suprafața exterioară are fluctuații de temperatură de 100 de ori mai mari decât cea interioară. Valoarea obținută este mult mai mare în comparație cu valoare de 20, considerată mărimea de referință pentru termoizolațiile eficiente din punct de vedere termic. În ceea ce privește valoarea schimbării de fază, așa cum reiese din graficul referitor la amplitudinea temperaturii, *graficul 4. Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice*, valoarea înregistrată este egală cu timpul de efectuare a simulării, și anume, 24h. Deși valorile de 10-12ore sunt considerate optime din punct de vedere al decalajului de timp, în acest caz fluctuațiile de temperatură sunt preluate la nivelul termoizolației.

Prin urmare, se poate considera faptul că termoizolația este eficientă din punct de vedere termic deoarece nu permite pierderea de căldură din interior spre exterior, păstrând un nivel constant al temperaturii interioare, aspecte demonstrate prin:

- **aplatizarea curbei care descrie fluxul termic** în interiorul stratului de umplutură realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale, așa cum este ilustrat în *graficul 3. Fluctuațiile de temperatură prin peretele de zidărie din blocuri ceramice*,
- **valoarea constantă a temperaturii resimțite în interior**, ilustrată în cadrul *graficului 4. Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice*.

²⁰⁸ Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare on-line: 03.2021.:

Pentru a evalua protecția termică pe timp de vară a unei componente, se examinează cât de mult se atenuează fluctuațiile de temperatură externe. Valoarea amortizării de temperatură arată cât de tare fluctuează temperaturile suprafețelor interioare în comparație cu temperatura la suprafața exterioară. Valoarea amplitudinii de temperatură este definită prin factorul TAV*, ca fiind 1/amortizarea amplitudinii temperaturii. Dat fiind faptul că studiul este realizat pe un interval de 24h, valoarea totală a amplitudinii de temperatură are o valoare mai mare de 100.

²⁰⁹ Conform <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>,

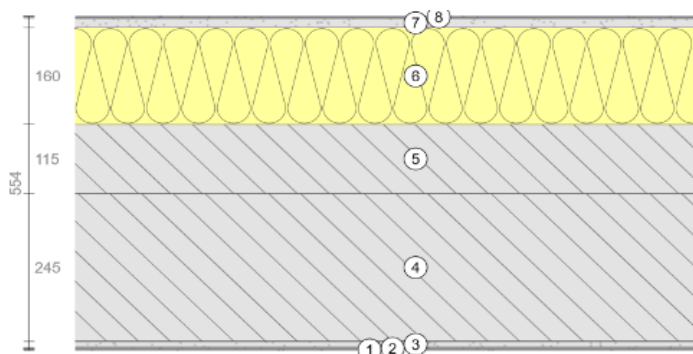
Decalajul de timp al unde de temperatura este descris de schimbarea de fază. Acesta este timpul în ore dintre momentul în care este atinsă temperatura maximă de pe suprafața exterioară și momentul în care căldura ajunge la suprafața interioară. O valoare de 12 ore înseamnă că temperatura maximă internă este atinsă într-un interval de 12 ore după ce este atinsă temperatura maximă a suprafeței exterioare. Prin urmare, este ideală o schimbare de fază de 10-12ore, astfel încât, temperatura maximă a suprafeței interioare să fie atinsă în a doua jumătate a nopții. În acest moment, aportul de căldură poate fi compensat în mod normal prin ventilație naturală.

7.1.2.2. Proprietățile termice la nivel de stratificații propuse – perete realizat din cărămizi nearse

- Pentru stratificația realizată din cărămizi nearse din argilă, s-a propus o termoizolație din fibre de lemn.
- Tencuielile de interior sunt formate dintr-un strat de mortar din pământ, un strat de tencuială din argilă cu fibre și un strat de tencuială din argilă fină, în timp ce tencuiala de exterior are la bază un mortar realizat din substanțe organice cu adaos de var și un strat final de exterior pe bază de var și aditivi.
- Proprietățile termotehnice ale materialelor folosite sunt prezentate în mod individual în tabelul 8. *Proprietățile termice ale stratificației din cărămizi nearse*. Pe măsură ce valorile stratificației din cărămizi nearse au fost determinate, s-a realizat o comparație permanentă între acestea și valorile înregistrate în dreptul stratificației realizate din blocuri ceramice.
- În cadrul acestui subcapitol, sunt tratate și subiectele enumerate mai jos cu scopul de a oferi o imagine de ansamblu asupra modului în care elementele constructive din pământ pot fi utilizate atât în cazul construcțiilor vechi, cât și în cazul construcțiilor noi:
 - se consideră mai multe opțiuni de stratificații pentru a observa în ce măsură pot fi exploatate caracteristicile higroscopice ale materialelor naturale.
 - problemele întâlnite în cadrul renovării construcțiilor vechi folosind materialele noi din pământ, precum panourile ușoare din pământ, prezentate în cadrul subcapitolului 4.4. *Pământul utilizat ca material de umplură în cadrul structurilor din lemn*.
 - se discută despre impermeabilizarea excesivă a suprafețelor și consecințele acestora asupra construcțiilor tradiționale.

În ceea ce privește stratificația propusă pentru analiză, elementul constructiv are o grosime de 554mm, utilizându-se materiale compatibile din punct de vedere al permeabilității la vapori, stratificația fiind realizată din următoarele materiale:

1. Tencuială de interior din argilă fină - 2mm,
2. Strat intermediar tencuială de interior, argilă fină - 3mm
3. Strat suport tencuială de interior, mortar pe bază de pământ cu fibre 16mm,
4. Cărămizi din argilă nearsă - 245mm,
5. Cărămizi din argilă nearsă - 115mm,
6. Termoizolație din fibre de lemn - 160mm,
7. Strat suport tencuială organică de exterior pe bază de var - 16mm,
8. Tencuială de exterior pe bază de var și aditivi - 3mm.



Grafic 5. Stratificația 2 – Cărămizi din argilă nearsă 360mm, sursă: E.R.Florescu;

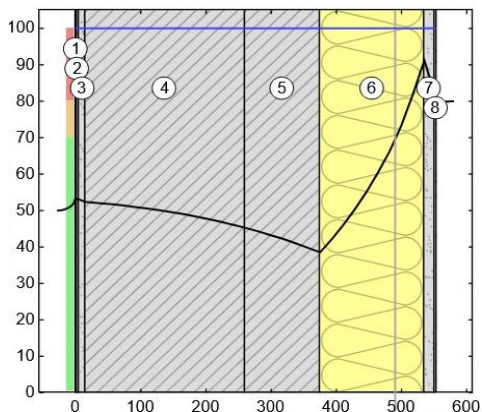
Tab. 8. Proprietățile termice ale stratificației din cărămizi nearse, sursă: E.R. Florescu utilizând Ubakus;

	Strat	1. Tencuială de interior 2mm	2. Tencuială de interior strat intermediar 3mm	3. Strat suport tencuială de interior 10mm	4.+5. Cărămizi din argilă nearsă 360mm	6. Termoizolație din fibre de lemn 160mm	7. Tencuială organică de exterior 16mm	8. Tencuială de exterior [210] 3mm
1	Denumire	Tencuială din argilă fină	Tencuială din argilă	Strat suport tencuială de interior din pământ pe bază de pământ cu fibre.	Cărămizi 2DF 700, dim.: 240x115x113 mm - dispuse în 2 straturi însumând 360mm	Placă izolatoare rigidă multifuncțională din fibre de lemn.	Tencuială organică de exterior	Tencuială de exterior, strat final
2	Compoziție	argilă, piatră ponce	- argilă, piatră ponce - fibre fine din cereale.	-mortar pe bază de pământ, - fibre.	-argilă, lemn și paie.	-fibră de lemn, rășină poliuretanică, ceară de parafină.	-amestec de mortar uscat gata de utilizare: - rezistent la intemperii, realizat din calcar, var și agregate ușoare, pe bază de minerale.	tencuială realizată din: var, granule de calcar, nisip de var, pulbere de calcar, pulbere de cretă, pulbere de alumina și hidrat de var alb, aditivi biologici.
3	Descriere	Tencuială de interior fină, permite diverse utilizări, nefiind în schimb adecvată pentru spațiile umede.	Mortar de tencuială de interior, strat subțire, utilizat înaintea stratului final de finisaj, util și în cazul finisării panourilor din pământ ușor sau a altor suprafețe plane din materiale similare.	Mortar de tencuială din pământ, aplicat într-un singur strat manual sau cu mașina. Este folosit ca un strat gros sub panouri de izolație, pentru ferestre neuniforme, în zona punților termice, pentru îndreptarea pereților și a planșeelor.	Cărămizi cu structură omogenă, suficient de rezistente la apă și la intemperii.	Plăci de izolare ușoare și stabile, realizate prin metodă uscată, deschise la difuzia vaporilor.	Tencuială este concepută cu transmisie bună din interior spre exterior.	Tencuiala are o rezistență bună la intemperii și datorită proprietăților sale, este potrivită pentru a fi utilizată în interior și în exterior.
4	Densitate brută "p":	1800 kg/m	1800 kg/m ³	1800 kg/m ³	700 kg/m ³	110 kg/m ³	1030 kg/m ³	1500 kg/m ³

²¹⁰ Conform Ubakus și datelor oferite de producător:

Tencuiala de var propusă are o bună calitate din punct de vedere biologic și mineral, fiind igienizantă și antibacteriană, neavând solvenți în compoziție. Tencuiala nu prezintă probleme de poluare și eliminare, permite o difuzie bună a vaporilor de apă, fiind carbonată cu substraturi minerale, ceea ce conferă o suprafață naturală a peretelui. Tencuiala fină reglează umiditatea și poate absorbi mirosurile, având o rezistență bună la intemperii. Poate fi folosită pentru clădirile vechi și noi, construcții rezidențiale sau industriale.

5	Conductiv. termică "λ":	0,91 W/m K	0,91 W/mK	0,91 W/mK	0,21 W/mK	0,039 W/mK	0,40 W/mK	0,50 W/mK
6	Căldura specifică "c"	1000 J/kg K	1000 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK	2100 J/kgK	1000 J/kgK	1000 J/kgK
7	Emisivit. radiațiilor cu unde lungi "ε"	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
8	Factor de rezistență la difuzia vaporilor de apă "μ" „S _d ”	5/10 (0,02 m)	5/10 (0,02 m)	5/10 (0,07m)	5/10 (1,8+ 0,86m =2,66 m)	3 (0,48m)	8/12 (0,13m)	13,3 (0,04m)

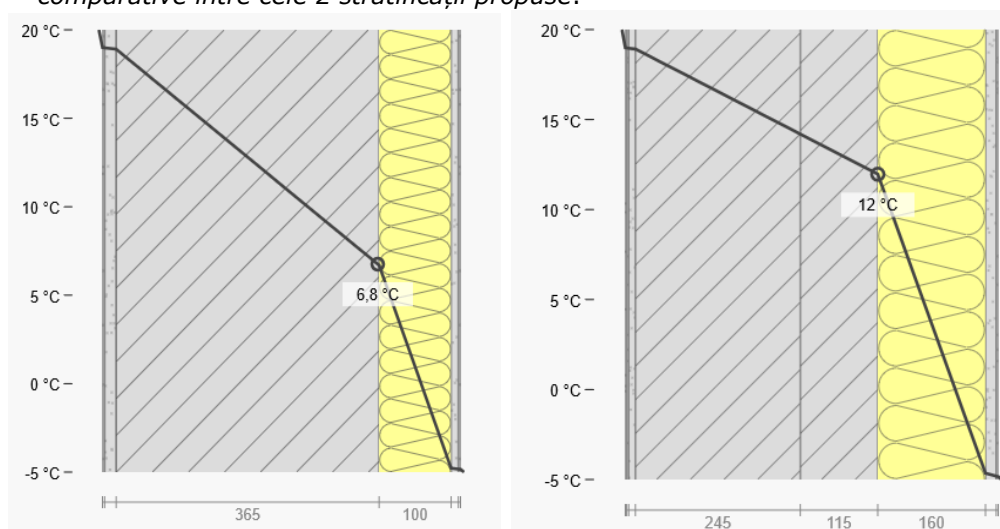


Grafic 6. Umiditatea relativă și punctul de saturație prin peretele de zidărie realizat din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

1. Tencuială de interior din argilă fină, 2mm;
2. Strat suport tencuială de interior, mortar strat subțire, 3mm;
3. Strat suport tencuială de interior, mortar pe bază de pământ, 10mm;
- 4.+5. Cărămizi din argilă nearsă, 360mm;
6. Termoizolație din fibre de lemn, 160mm;
7. Strat suport tencuială organică de exterior; mortar pe bază de calcar și var și aditivi, 16mm,
8. Tencuială de exterior pe bază de var, 3mm.

- **Conform analizei efectuate, în cazul peretelui realizat din cărămizi nearse,**
 - temperatura suprafeței interioare este egală cu 19,0°C și are o umiditate relativă de 53%, valori asemănătoare înregistrate pentru prima stratificație realizată din blocuri ceramice cu goluri verticale.
- **În schimb, la o analiză mai atentă a valorilor obținute la contactul dintre stratul de umplutură și termoizolație,** se constată următoarele aspecte:
 - stratificația realizată pornind de la cărămizile nearse prezintă o temperatură mai ridicată, respectiv o umiditate relativă mai scăzută în comparație cu peretele realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale.
 - **straturile de tencuială din pământ și cărămizile nearse preiau din cantitatea de umezeală** (de la o valoare de 53% r.H. în interior, la un indice de 38,5% r.H. la contactul dintre stratul de umplutură și termoizolația din fibre de lemn).

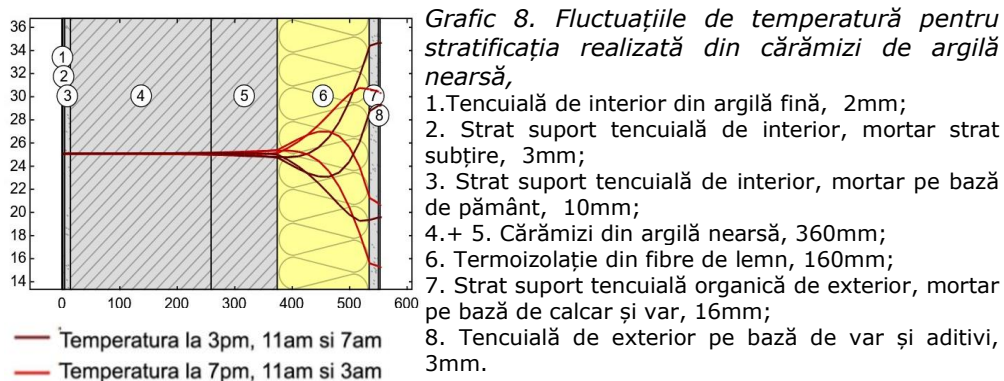
- temperatura înregistrează o valoare aproape dublă în cazul stratificației din cărămizi nearse la contactul cu termoizolația din fibre de lemn.
- valorile umidității și temperaturii sunt comparate cu cele înregistrate pentru stratificația din blocuri ceramice în același punct de intersecție dintre stratul de blocuri ceramice și termoizolația din vată minerală, în cadrul tabelului 9. *Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse.*
- au rezultat valori mai mari ale temperaturii în cazul stratificației din cărămizi nearse datorită valorii mai mari a conductivității termice înregistrate în dreptul materialelor naturale, respectiv a unei permeabilități mai bune la transferul de vapori, așa cum se poate observa în cadrul tabelului 12. *Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse.*



Grafic 7. Temperatura printr-un perete realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale, raportat la un perete din cărămizi din argilă nearsă, sursă: E.R.Florescu folosind programul Ubakus;

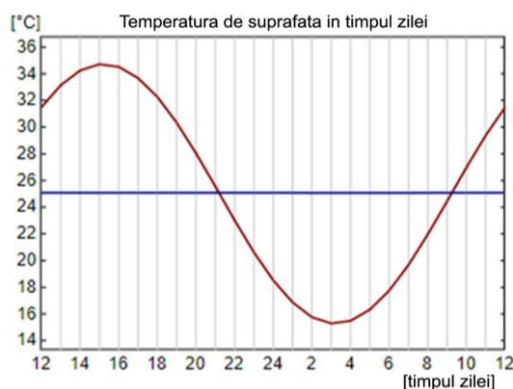
- **Conform analizei efectuate, în cazul peretelui realizat din cărămizi nearse,**
 - temperatura suprafeței interioare este egală cu 19,0°C și are o umiditate relativă de 53%, valori asemănătoare înregistrate pentru prima stratificație realizată din blocuri ceramice cu goluri verticale.
- **În schimb, la o analiză mai atentă a valorilor obținute la contactul dintre stratul de umplutură și termoizolație,** se constată următoarele aspecte:
 - stratificația realizată pornind de la cărămizile nearse prezintă o temperatură mai ridicată, respectiv o umiditate relativă mai scăzută în comparație cu peretele realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale.
 - **straturile de tencuială din pământ și cărămizile nearse preiau din cantitatea de umezeală** (de la o valoare de 53% r.H. în interior, la un indice de 38,5% r.H. la contactul dintre stratul de umplutură și termoizolația din fibre de lemn).
 - temperatura înregistrează o valoare aproape dublă în cazul stratificației din cărămizi nearse la contactul cu termoizolația din fibre de lemn.

- valorile umidității și temperaturii sunt comparate cu cele înregistrate pentru stratificația din blocuri ceramice în același punct de intersecție dintre stratul de blocuri ceramice și termoizolația din vată minerală, în cadrul tabelului 7. *Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse.*
- au rezultat valori mai mari ale temperaturii în cazul stratificației din cărămizi nearse datorită valorii mai mari a conductivității termice înregistrate în dreptul materialelor naturale, respectiv a unei permeabilități mai bune la transferul de vapori, așa cum se poate observa în cadrul tabelului 12. *Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse.*



Tab. 9. *Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse;*

			Blocuri ceramice	Cărămizi nearse
1.	Contact 1. Tencuială de interior+ strat de umplură	Umiditate relativă r.H [%]	51,3%	52,5%
		Temperatură [°C]	18,9°C	18,9°C
2.	Contact 2. Strat de umplură + termoizolație	Umiditate relativă r.H [%]	41,2%	38,5%
		Temperatură [°C]	6,8°C	12°C
3.	Contact 3. Termoizolație + Tencuială de exterior	Umiditate relativă r.H [%]	91,1%	91,2%
		Temperatură [°C]	-4,8°C	-4,6°C



— Exterior
— Interior

Grafic 9. Amplitudinea de temperatură [] pentru stratificația realizată din cărămizi nearse din argilă, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

În cazul de față, amplitudinea depășește cu mult valoarea de 10-12 ore (ajunge la 25h în cazul ambelor stratificații), ceea ce dovedește faptul că stratificația propusă este eficientă din punct de vedere al capacității de termoizolare deoarece fluctuațiile de temperatură nu se resimt în interior.

Conform studiilor efectuate în cadrul acestui subcapitol, au rezultat următoarele concluzii referitoare la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse:

➤ **Din punct de vedere al transferului fluxului termic, la suprafața interioară a peretelui se constată o valoare de 24-25°C**, în timp ce pentru suprafața exterioară este înregistrată o temperatură între 15-35°C, valori similare cu cele indicate în dreptul stratificației din cărămizi nearse, așa cum este prezentat în:

- graficul 4. *Amplitudinea de temp. pentru stratificația realizată din blocuri ceramice,*
- graficul 9. *Amplitudinea de temp. pentru stratificația realizată din cărămizi din argilă nearsă.*

➤ **Valoarea amortizării amplitudinii de temperatură prezintă, de asemenea, o valoare mai mare de 100**, de 5 ori mai mare față de mărimea indicată drept referință, și anume, un factor TAV de 20.

➤ **Factorul de schimbare de fază al celor două stratificații propuse** (24h pentru peretele realizat din blocuri ceramice și 25h pentru peretele realizat din cărămizi nearse) indică timpul necesar pentru ca energia termică să străbată stratificația propusă, în acest caz simularea fiind efectuată într-un interval de 24h.

- Valoarea mare înregistrată a factorului de schimbare de fază este determinată în ambele cazuri de utilizarea unei termoizolații corespunzătoare, respectiv de capacitatea de stocare termică a materialelor propuse.

- Diferența dintre cele două valori se datorează faptului că stratificația din cărămizi nearse și termoizolația din fibre de lemn are o capacitate de stocare termică mai bună, implicit o inerție termică mai mare.

- Deși valorile înregistrate pentru factorul de schimbare de fază nu sunt considerate relevante (valorile situate între 10-12 indică mărimi ce sunt evaluate drept ideale), acesta este rezultatul conformării unei valori a transmitanței termice în concordanță cu standardul de Casă Pasivă ($U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Din acest punct de vedere, se poate considera faptul că, deși termoizolarea aduce beneficii referitoare la necesarul de căldură, traduse ulterior prin economii substanțiale de energie, se poate diminua din fenomenul de schimbare de fază specific materialelor de construcție din pământ.

7.1.2.2.1. Considerații privind reabilitarea construcțiilor vechi

În cazul clădirilor istorice, izolația exterioară ridică multe probleme, dar în același timp, izolația interioră poate determina detalii complicate datorită proprietăților referitoare la fizica construcțiilor. Protecția împotriva intemperii și izolarea termică sunt provocări majore în ceea ce privește restaurarea construcțiilor din pământ. Controlul nivelurilor de căldură și umiditate pe baza proiectării conform valorilor proprietăților termotehnice recomandate, ajută la reglarea transmisiei termice și a transferului de umiditate, drept urmare trebuie tratate cu atenție în cadrul construcțiilor istorice. Stratificațiile care prezintă straturi impermeabile sunt susceptibile la condens și umezeală din exterior, în timp ce acoperirile permeabile la vapori permit evaporarea și pătrunderea apei în interior. Acesta este motivul pentru care la exteriorul clădirii, straturile trebuie să permită difuzia vaporilor, asigurând un transfer de umiditate constant între spațiul interior și cel exterior. Problemele care pot să apară sunt un aer prea uscat, o umiditate prea mare cauzată de problemele de evaporare și condensare, mucegai, schimbări de temperatură la suprafața componentelor.

În cazul construcțiilor noi, producătorii recomandă folosirea unor elemente constructive care prezintă proprietăți similare, permițând astfel o compatibilitate bună între materiale pentru a evita riscul formării condensului între straturi, respectiv o aderență optimă între acestea. În ceea ce privește structurile tradiționale din pământ, cu suprafețe permeabile la vapori, apa permite transferul de căldură prin intermediul argilelor din componența sa, ceea ce joacă un rol important în termodinamica clădirilor istorice. Pătrunderea apei poate fi un rezultat al etanșării defectuoase sau a lipsei straturilor de rupere a capilarității din fundații.

Soluția constă în restabilirea tuturor suprafețelor permeabile la vapori, astfel încât ciclul natural al apei existent în clădire să poată regla nivelurile corespunzătoare de umiditate în interior. Din punct de vedere tehnic, evaporarea lentă sau condensarea se manifestă în fiecare parte a clădirii în relație cu proprietățile de transfer termic și de depozitare a căldurii în materialele utilizate. Când un material de construcție absoarbe umezeala, se dezvoltă căldura de sorbție care variază în funcție de conținutul de umiditate al materialului.

Umezeala migrează din orice parte a anvelopei clădirii la suprafața sa și trebuie să fie echilibrată prin transfer convectiv [211]. Suprafețele impermeabile la difuzia vaporilor și izolarea termică a diferitelor structuri duc la perturbarea ciclului natural al apei în diferitele elemente constructive ale clădirii, respectiv la o ventilație defectuoasă ce provoacă mucegai și putrezire. În cazul construcțiilor vechi, standardele noi de construcție precum Casă Pasivă și nZEB riscă să mărească pericolul de formare al degradărilor deoarece presupun schimbarea proceselor naturale din clădire, precum:

- răcirea pasivă tradițională,
- încălzirea prin masă termică inerentă,
- ventilația naturală,

și pot determina probleme cu umiditatea în cazul în care suprafețele se etanșează într-un mod greșit sau în exces [212].

²¹¹ Christof Ziegert, Eike Roswag-Klinge, 2016, „Internal insulation of historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAtterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;

²¹² H.Haupts, 2020, „Historical timber and earth constructions in Norway. Vapour permeable surfaces – restoration challenges”;

Un alt aspect ce merită luat în considerare este maniera în care diferitele amestecuri folosite păstrează proprietățile ecologice specifice materialelor de construcție din pământ. Din acest punct de vedere, aditivii adăugați determină cât de mult se pot recicla materialele respective și maniera în care diferitele agregate reacționează cu argilele aflate în compoziția produselor pe bază de pământ. Acesta este motivul pentru care se recomandă efectuarea unor teste privind compoziția materialului suport înainte de a propune variante de îmbunătățire a stratificațiilor din construcțiile vechi.

7.1.2.2. Considerații privind materialele propuse în cadrul acestui studiu

S-au realizat simulări în cadrul acestui studiu în urma cărora s-a încercat obținerea unui factor de schimbare de fază care să se încadreze între valorile menționate drept ideale (10-12h), însă pentru a obține aceste valori, termoizolația trebuie redusă până în punctul în care se crează condens sau grosimea zidului ar depăși valori de 70cm. Aceste modificări vin în detrimentul studiului prezentat deoarece ar determina schimbări considerabile în ceea ce privește parametrii inițiali menționați drept condiții pentru efectuarea comparației, și anume:

- modificarea dimensiunilor și proprietăților termice similare între cele două stratificații comparate,
- ar induce o masă suplimentară care se traduce drept încărcare în plus din punct de vedere structural, respectiv modificarea tuturor parametrilor referitori la realizarea structurii propuse,
- crearea unor asemenea stratificații mai groase nu ar reprezenta avantaje pentru promovarea materialelor de construcție din pământ deoarece ar implica un efort constructiv considerabil, implicit costuri mai mari.

Alternativa este de a obține produse care ar putea compensa din efectul de termoizolare prin introducerea unor agregate naturale. Acest aspect a fost testat în cadrul studiului de caz amintit în anexa 9.4.6. *Studiu de caz - Proiect de diplomă*, unde s-au realizat epruvete din pământ la care s-a adăugat argilă expandată.

- În urma testelor efectuate a rezultat faptul că deși epruveta a înregistrat valori acceptabile ale rezistenței la compresiune, adaosul de agregat a redus din coeziunea materialului, pragul de cedare fiind atins mai repede în comparație cu epruveta realizată din pământ simplu.
- Studiul a reprezentat o etapă inițială de analiză, fiind necesare teste suplimentare pentru a determina în ce măsură beneficiile de termoizolare induse de adăugarea agregatelor afectează rezistența la compresiune.
- Trebuie efectuate simulări termice pentru a cuantifica beneficiile realizate prin introducerea acestor materiale.

Tab. 10. Caracteristicile materialelor care asigură masa termică în cadrul stratificațiilor prezentate, respectiv cărămizile și termoizolația folosită, sursă:

	Material	Grosimea stratului	Densitate brută "ρ":	Conduct. termică "λ":	Căldură Specif. "c":	Factor de rezistență la difuzia vaporilor de apă "μ", S _d
1.	Cărămizi din argilă nearsă	360 mm	700 kg/m ³	0,21 W/mK	1000 J/kgK	5/10 (0.86+1.8=2,66)
2.	Blocuri ceramice	365 mm	650 kg/m ³	0,12 W/mK	1000 J/kgK	5/10 (2,7m)
3.	Termoizolație din fibre de lemn	160 mm	110 kg/m ³	0,039 W/mk	2100 J/kgK	3 (0,48m)
4.	Termoizolație din vată minerală	100 mm	100 kg/m ³	0,035 W/mK	900 J/kgK	1 (0,1m)

Pentru a compensa din valoarea mai mare a conductivității termice înregistrate în cadrul cărămizilor nearse, au fost luate în considerare următoarele variante:

- **a fost necesar ca stratul de termoizolație să fie suplimentat** (stratul de termoizolație din fibre de lemn este de 160mm, în timp ce stratul de vată minerală bazaltică este de 100mm),
- **se observă o diferență considerabilă între factorul care definește căldura specifică** (900 J/kgK pentru termoizolația din fibre de lemn și 2100 J/kgK pentru termoizolația din vată minerală),
- **termoizolația din fibre de lemn are o densitate mai mare față de termoizolația din vată minerală bazaltică** (110 kg/m³ pentru termoizolația din fibre de lemn și 100 kg/m³ pentru termoizolația din vată minerală bazaltică). Compoziția materialului lemnos determină implicit o inerție termică mai bună (necesită mai multă căldură pentru schimbarea temperaturii), fiind unul dintre motivele pentru care materialul a fost ales ca variantă pentru termoizolarea structurii folosind cărămizi nearse, celălalt aspect referindu-se la gradul de permeabilitate al elementului constructiv la transferul vaporilor de apă.,
- **dacă termoizolarea s-ar fi realizat dintr-un material mai puțin permeabil la vaporii de apă, respectiv cu o inerție termică mai mică, ar fi existat riscul apariției condensului la contactul cu stratul de umplutură.** În acest sens, s-a realizat o analiză la nivel de temperatură și umiditate la

contactul diferitelor suprafețe în cadrul *tabelului 9. Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatură în cadrul stratificațiilor propuse.*

Pentru a efectua o comparație mai simplă între materialele folosite pentru perete, respectiv pentru a evalua caracteristicile termoizolației propuse, valorile specifice referitoare la grosimea stratului, densitate, conductivitate și căldură, sunt prezentate în cadrul *tabelului 10. Caracteristicile materialelor care asigură masa termică în cadrul stratificațiilor prezentate, respectiv cărămizile și termoizolația folosită.*

- S-a încercat demonstrarea modului în care cărămizile nearse se pot adapta cerințelor din punct de vedere al confortului termic și ce modificări implică în termeni de utilizare a unor materiale compatibile, cu un impact redus asupra mediului, bazate pe agregate organice naturale, permeabile la vapori, spre deosebire de opțiunile utilizate în mod frecvent precum tencuielile interioare cu un conținut ridicat de ciment [213].
- În ciuda calităților variate ale tencuielilor pe bază de pământ, acestea nu se pot utiliza la exterior [214]. Acesta este motivul pentru care stratificațiile utilizate în cadrul acestui studiu de caz constau în tencuieli și mortare pe bază de ciment și var pentru exterior, în timp ce la partea interioară sunt folosite: un mortar pe bază de pământ cu fibre și o tencuială din argilă fină.

²¹³ Conform Normativului privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativ N.E. 001-1996, **Pentru toate tencuielile obișnuite, cu excepția celor brute, se aplică o tencuială în 2-3 straturi:**

- primul strat de amorsare este menit să creeze rugozitatea suportului pentru asigurarea conlucrării dintre tencuiala propriu-zisă și stratul suport, apoi se aplică un strat de grund,
- cel mai gros strat al tencuielii este mortarul care acoperă neregularitățile suprafeței, remediază abaterile de la verticală și orizontală, fiind executat în 1-2 reprize, în straturi a câte 0,8cm grosime;

- stratul vizibil care conferă aspectul definitiv al tencuielii, denumit și tinci.

***Mortarele de var-ciment** sunt folosite pentru suprafețele exterioare de beton (interioare și exterioare), în timp ce mortarele de ciment-var sunt indicate pentru suprafețele exterioare, din zidării de cărămidă sau din beton.

***Mortarele de ciment** se recomandă la soclurile exterioare ale clădirilor, la tencuielile sclivisite, ca protecții peste hidroizolații la pereții expuși la umezeala permanentă sau la acțiunile mecanice.

***Mortarele de var și ipsos** se recomandă pentru tencuirea plafoanelor din șipci și trestie, dar și a pereților și tavanelor din alte materiale, la care tinciul urmează să se execute din mortar de ipsos.

În spațiile interioare, cu umidități peste 60%, se vor lua măsuri pentru împiedicarea acumulării progresive a umidității provenite din condensarea vaporilor la interiorul elementelor de construcție: înainte de tencuire se vor executa bariere împotriva vaporilor, strat de aerare sau de ventilare, iar soluțiile propuse vor fi analizate și susținute pe bază de calcul higrterm.

²¹⁴ Tania Santos, Paulina Faria, 2020, Characterization of earthen plasters. Influence of formulation and experimental methods. <https://editorialrestauro.com.mx/characterization-of-earthen-plasters-of-formulation-and-experimental-methods>, accesat on-line: 03.2021;

În ciuda tuturor acestor avantaje, tencuielile exterioare pe bază de pământ încă nu sunt incluse în standardele europene precum EN 998-1(2016) referitoare la tencuielile obișnuite bazate pe minerale. Din acest motiv, tencuielile exterioare pe bază de pământ nu pot fi folosite în cadrul proiectelor din fonduri publice, de exemplu. Dar în Germania, standardele DIN bazate pe studiile de cercetare dintre producători și autoritățile de standardizare, vin în întâmpinarea acestor nevoi.

- Pentru utilizarea tencuielilor din pământ la exterior sunt necesare măsuri constructive speciale, precum realizarea unei streașini de protecție. Un exemplu concludent pentru acest caz se poate observa în cadrul anexei 9.5. *Workshop-uri*, mai exact prototipul Terra Nostra prezentat în cadrul festivalului "Grains D'Isère", laboratoarele CRATerre din Villefontaine, Franța. În tabelul 11. *Caracteristicile tencuielilor folosite în cadrul stratificațiilor prezentate*, sunt ilustrate straturile de protecție pentru stratificațiile realizate din blocuri ceramice, respectiv din cărămizi nearse, în funcție de parametrii specifici precum grosimea, densitatea brută, conductivitatea termică și gradul de permeabilitate la transferul vaporilor [215]. Aceste valori permit o comparație între opțiunile uzuale de realizare a tencuielilor pe bază de ciment și var, raportate la cele pe bază de pământ. Comparația ilustrează caracteristicile similare ale stratificațiilor propuse, ceea ce permite o mai bună difuzie la vapori, evitându-se astfel problemele de umiditate, așa cum rezultă din tabelul prezentat în continuare, *Tabel 11. Caracteristicile tencuielilor folosite în cadrul stratificațiilor propuse*:

Tab.11. Caracteristicile tencuielilor folosite în cadrul stratificațiilor propuse:

	Material	Grosimea stratului	Densitate brută "ρ":	Conductivitate termică "λ":	Factor de rezistență la difuzia vaporilor de apă "μ", Sd
A.	Stratificația folosind blocuri ceramice				
1.	Tencuiala de interior pe bază de var [216]	3 mm	1400 kg/m ³	0,87 W/mK	10 (0,03m)
2.	Tencuială de interior, strat intermediar din mortar pe bază de var	16 mm	1400 kg/m ³	0,87 W/mK	10 (0,16m)
5.	Tencuială de exterior, strat intermediar - pe bază de var, nisip de tencuială și adaosuri	10 mm	1400 kg/m ³	0,87 W/mK	10 (0,1m)
6.	Tencuială de exterior pe bază de var cu adaos de ciment	3 mm	1800 kg/m ³	1,00 W/mK	15/35 (0,07m)

²¹⁵ Conform S.Rescic, M.Mattone, F.Fratini, L.Luvidi, 2021, "Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign", publicat în "Protection and Sustainable Development of Traditional Earthen Architecture", **Valoarea tipică de rezistență la difuzia de vapori "μ", în funcție de tipul de tencuială este în jur de :**

- 18-35 pentru tencuiala pe bază de ciment,
- 9-11 pentru tencuiala de var,
- 8-14 pentru tencuiala din pământ.

disponibil on-line <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1090/s1>;

²¹⁶ Conform Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188: Prin fenomenul de decarbonatare specific etapei de producție a tencuielilor din var, rezultă emisii considerabile de dioxid de carbon.

B.	Stratificația folosind cărămizi nearse [217]				
1.	Tencuială de interior din argilă fină	2 mm	1800kg/m ³	0,91 W/Mk	5/10 (0,01m)
2.	Tencuială de interior – mortar de tencuială, strat subțire din argilă	3 mm	1800kg/m ³	0,91 W/Mk	5/10 (0,02m)
3.	Strat suport tencuială de interior	10 mm	1800kg/m ³	0,91 W/Mk	5/10 (0,07m)
7.	Tencuială organică de exterior cu var și agregate ușoare [218]	16 mm	1030kg/m ³	0,40 W/Mk	8 (0,13m)
8.	Tencuială de exterior din var, calcar și pulbere de cretă	3 mm	1500kg/m ³	0,50 W/Mk	13,3 (0,04m)

În urma comparării acestor proprietăți termotehnice caracteristice ale tencuielilor folosite, au rezultat următoarele observații privind proprietățile materialelor naturale :

- În cazul stratificației din cărămizi nearse, pentru stratul exterior s-a folosit o tencuială pe bază de var și un mortar de var cu densități similare și o bună permeabilitate la vaporii de apă, fiind realizate de către același producător, în timp ce pentru interior s-a optat pentru un finisaj realizat în 3 etape, folosind materiale pe bază de argilă, dar a căror grosime totală este de 19mm pentru exterior, respectiv 15mm pentru interior.
- **Tencuielile folosite pentru interior sunt pe bază de var**, în timp ce tencuiala de exterior conține un mortar pe bază de var și un finisaj exterior pe bază de var și ciment. Se observă faptul că straturile folosite pentru exterior, prezintă o valoare redusă a permeabilității la vaporii de apă în comparație cu tencuiala de interior propusă pe bază de var (valoarea S_d mai mică indică faptul că un strat este mai puțin permeabil la vaporii de apă).
- **Tencuielile pe bază de pământ sunt mai dense** (valoarea densității brute pentru tencuiala pe bază de var este de 1400kg/m³, raportată la densitatea tencuielilor pe bază de pământ - 1800 kg/m³) și prezintă o permeabilitate mai bună la difuzia vaporilor spre deosebire de cele bazate pe var și ciment.

²¹⁷ **Pentru stratificația folosind cărămizi nearse, s-au utilizat tencuieli brute, deschise la difuzie.** Normativului privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativul N.E. 001-1996 menționează faptul că în cazul tencuielilor brute, se pot realiza doar 2 din cele 3 straturi de tencuială realizate în mod normal. În cadrul studiului, s-a propus pentru exterior un strat de tencuială pe bază de var de 16mm, aplicat în straturi succesive, capabil să reziste la intemperii și un strat de protecție, compatibil cu mortarul propus, realizat din var, calcar și aditivi biologici.

²¹⁸ Conform datelor furnizate de către producător în cadrul programului Ubakus:

Tencuiala de fațadă utilizată în acest caz reprezintă un amestec de mortar realizat din nisipuri de calcar, rezistente la intemperii, cu adaos de var, precum și agregate ușoare minerale. Materialul propus reprezintă o tencuială de bază, aplicabilă universal, care permite difuzia vaporilor. Suplemeentele minerale naturale determină ca această tencuială de bază să fie deosebit de potrivită pentru cărămizile poroase, din pământ.

- **Dacă în calculele este folosită valoarea cea mai defavorabilă a factorului μ , factorul S_d prezintă valori mai mici pentru tencuielile din argilă** folosite, ceea ce înseamnă că materialele din argilă permit o difuzie mai bună a vaporilor, facilitând transferul umidității în grosimea tencuielii, ajungând până la stratul de cărămizi nearse.
- Conductivitatea termică specifică tencuielilor interioare din argilă (0,91 W/mK) prezintă o valoare dublă față de cea măsurată în dreptul tencuielilor exterioare din var folosite pentru acest tip de stratificație (0,50 W/mK). În ceea ce privește valoarea conductivității termice, tencuielile interioare folosite pentru stratificația din blocuri ceramice și cele folosite pentru cărămizi nearse prezintă valori similare, în timp ce la nivelul tencuielilor exterioare, se observă cum valoarea înregistrată pentru stratul de mortar pe bază de var utilizat pentru stratificația 1 - blocuri ceramice prezintă o valoare de 0,87 W/mK, în timp ce stratul de tencuială organică de exterior cu var și agregate ușoare prezintă o valoare de 0,40 W/mK.
- Aceleași valori duble sunt înregistrate și în dreptul tencuielii de exterior pe bază de var cu adaos de ciment utilizată pentru stratificația 1 - blocuri ceramice (1,00 W/mK), în timp ce pentru tencuiala de exterior pe bază de var, calcar și pulbere de cretă, utilizată pentru stratificația 2 - cărămizi nearse, valoarea " λ " este de 0,50 W/mK.

7.1.2.2.3. Considerații finale privind stratificațiile prezentate în cadrul acestui studiu

Tab. 12. Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse

		Strat.1: Blocuri ceramice cu goluri verticale	Strat.2: Cărămizi nearse 2DF 700
1.	Valoarea U	0,164 W/m ² K	0,165 W/m ² K
2.	Densitatea	293 kg/m ²	318 kg/m ²
3.	Grosime	50.3cm	55.4cm
4.	Temperatură suprafața int.	la 24-25 °C (valoarea de referință 19,0 °C)	24-25 °C (valoarea de referință 19,0 °C)
5.	Temperatură suprafața ext.	la 15-35 °C (valoarea de referință -4,8 °C)	15-35 °C (valoarea de referință -4,8 °C)
6.	Valoare Sd	3,2m	2,5m
7.	Condensare [219]	0kg/m ²	0kg/m ²

²¹⁹ Conform Ubakus: *Umiditatea aerului din interior poate determina apariția condensului în interiorul componentelor și poate duce la umezeală nedorită. În funcție de componentă, este permis un conținut de apă între 0,5kg/m², până la 1kg/m². În cazul componentelor din lemn, umezeala permisă este cuprinsă între 3-5%.*

8.	Rezervă de uscare [220]	4325 g/m ² a		5317g/m ² a	
9.	Amplitudinea de temperatură [221]	>100 (1/TAV)		>100 (1/TAV)	
10.	Schimbarea de fază	24h		25h	
11.	Capacitatea de stocare termică [222]	Tot peretele	Comp. interioare	Tot peretele	Comp. interioare
		292 kJ/m ² K	201 kJ/m ²	337 kJ/m ² K	248 kJ/m ² K

S-au comparat cele două stratificații de pereți prin realizarea unor simulări termice în cadrul programului Ubakus [223]. Pentru această analiză au fost considerate materialele generice utilizate în cadrul stratificațiilor propuse, fiind omise diferitele accesorii și straturi de acoperire sau fixare a tencuielilor, de exemplu. În urma valorilor prezentate în cadrul tabelului 12. Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse, s-au realizat următoarele observații:

- valorile rezistenței termice sunt similare (0,164 W/m²K pentru blocuri ceramice și 0,165 W/m²K pentru cărămizi nearse) cu o diferență de grosime

²²⁰ Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/troknungreserve-nach-din-68800-2>, timpul de uscare poate fi de 90 de zile conform DIN 4108-3 în condițiile climatice introduse.

Dacă apa de condens se usucă în mai puțin de 90 de zile, zilele rămase servesc drept rezervă pentru intrările neplanificate de umiditate și, înmulțite cu capacitatea de uscare în g/zi, determină rezerva de uscare. Cu toate acestea, rezerva de uscare poate depinde de distribuția condensului în interiorul componentei.

Rezerva de uscare este calculată pentru fiecare componentă și reprezintă diferența dintre cantitatea maximă posibilă de evaporare și cantitate de apă care apare prin condensare : $M_R = M_{EV} - M_C$, unde M_R = rezerva de uscare,

M_{EV} = cantitatea maximă posibilă de evaporare,

M_C = cantitate de apă care apare prin condensare.

Pentru componentele anvelopei clădirii care sunt închise pe ambele părți, este necesară o rezervă de uscare suplimentară de 250g/m²an pentru acoperișuri și 100g/m²an pentru pereți și tavane atunci când se calculează cu metoda conform DIN 4108-3 (metoda Glaser) și trebuie luate în considerare aportul de umiditate convectivă și umiditatea inițială.

²²¹ Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>:

Pentru a evalua protecția termică de vară a unei componente, se examinează cât de mult se atenuează fluctuațiile de temperatură externe.

- Valoarea amortizării de temperatură arată cât de tare fluctuează temperaturile suprafețelor interioare în comparație cu temperatura la suprafața exterioară. O valoare de 10 înseamnă că suprafața exterioară are de 10 ori mai multe fluctuații de temperatură decât cea interioară. Aceste valori trebuie să fie egale sau mai mari ca 20.

- Valoarea amplitudinii de temperatură este definită prin factorul TAV*, ca fiind 1/amortizarea amplitudinii temperaturii. Dat fiind faptul că studiul este realizat pe un interval de 24h, valoarea totală a amplitudinii de temperatură are o valoare mai mare de 100.

²²² **Capacitatea de stocare termică a unui material, "Q_s" este definită ca produsul dintre căldura specifică și densitate.** Capacitatea de stocare termică definește necesarul de căldură pentru a încălzi 1m³ de material cu 1°C. Capacitatea termică Q_s pentru o unitate din aria peretelui este valoarea S (capacitatea termică) înmulțită cu grosimea elementului.

$S = c * \rho$ [kJ/m³k], $Q_s = c * \rho * s$ [kJ/m²k]

c = căldura specifică a materialului, ρ = densitatea materialului, s = grosimea elementului

²²³ **Conductivitatea termică la nivel capilar a materialelor este neglijată** - un dezavantaj în cazul determinării caracteristicilor zidăriei de cărămidă nearsă. De asemenea, umiditatea prin difuzie și pierderile la nivelul punților termice nu sunt luate în considerare în acest caz de analiză care folosește metoda Glaser.

de doar 5,1cm (50,3cm pentru prima stratificație și 55,4cm pentru cea de-a doua stratificație).

- greutatea stratificației realizate din cărămizi nearse este de 318 kg/m^2 în comparație cu greutatea stratificației realizate din blocuri ceramice de 293 kg/m^2 , iar densitatea este de 700 kg/m^3 pentru cărămizile nearse și 650 kg/m^3 pentru blocurile ceramice.;
- **deși temperaturile înregistrate la nivelul suprafețelor interioare, respectiv temperaturile exterioare prezintă aceleași valori** (19°C , respectiv $-4,8^{\circ}\text{C}$) pentru ambele stratificații, la o analiză mai atentă a graficelor privind transferul termic și umiditatea din stratificațiile propuse, în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse, se observă o reducere a fluctuațiilor de temperatură la contactul dintre termoizolația din fibre lemnoase și stratul de cărămizi nearse, respectiv o umiditate scăzută și o temperatură mai ridicată prin compararea cu aceeași porțiune din stratificația realizată din blocuri ceramice, așa cum valorile sunt prezentate în cadrul următoarelor grafice și tabele :
 - *grafic 3. Fluctuațiile de temperatură prin peretele de zidărie din blocuri ceramice,*
 - *grafic 8. Fluctuațiile de temperatură pentru stratificația realizată din cărămizi de argilă nearsă,*
 - *tabel 9. Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse.*

Se dovedește faptul că stratificația bazată pe materiale ecologice (cărămizi nearse din pământ și termoizolație din fibre de lemn) reține umiditatea în straturile interioare, în timp ce permite o fluctuație mai bună a temperaturii între exterior și interior, atenuând astfel diferențele majore de temperatură.

- în ceea ce privește permeabilitatea la vapori, stratificația din cărămizi nearse are o valoare a factorului S_d de 2,5m, în timp ce stratificația din blocuri ceramice prezintă o valoare de 3,2m. Acest indice ilustrează faptul că materialele naturale propuse în cadrul celei de-a doua stratificații, au o permeabilitate mai bună la vapori, ceea ce permite peretelui să capteze și să elibereze mult mai ușor umiditatea din mediul interior.
- din calculul factorului S_d , rezultă valori mai mici pentru tencuielile din argilă folosite, ceea ce înseamnă că acestea permit o difuzie mai bună a vaporilor, facilitând transferul umidității în întreaga grosime a peretelui, ajungând până la stratul de cărămizi nearse. Condensul este evitat la nivelul stratificației prin introducerea cantității necesare de termoizolație, respectiv a tencuielilor exterioare, concepute cu o transmisie bună din interior spre exterior.
- valoarea capacității de stocare a căldurii este mult mai mare în cadrul componentelor interioare ale stratificației realizate din cărămizi nearse $248 \text{ kJ/ m}^2\text{K}$, raportat la $201 \text{ kJ/ m}^2\text{K}$ pentru componentele interioare ale stratificației realizate din blocuri ceramice. Diferența înregistrată se păstrează la nivelul întregii stratificații, $337 \text{ kJ/ m}^2\text{K}$ pentru stratificația din cărămizi nearse în comparație cu $292 \text{ kJ/ m}^2\text{K}$ pentru stratificația din blocuri ceramice, capacitatea de stocare termică fiind una dintre caracteristicile materialelor cu schimbare de fază, precum cărămizile nearse din argilă și termoizolația din fibre de lemn.
- **valoarea factorului schimbării de fază în cazul ambelor stratificații este mult mai mare în comparație cu valoarea recomandată de 10-12 ore**, ceea ce demonstrează faptul că termoizolația folosită conferă o bună

protecție termică. Masa termică inerentă a blocurilor ceramice, respectiv a cărămizilor nearse contribuie la aceste valori ridicate. În cazul peretelui realizat din cărămizi nearse, valoarea este de 25h, în timp ce pentru stratificația realizată din blocuri ceramice factorul indică 24h. Acest aspect demonstrează faptul că există un decalaj de timp superior între înmagazinarea căldurii și eliberarea acesteia în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse datorită proprietăților materialelor naturale (tencuieli din argilă, cărămizi nearse și termoizolație din fibre de lemn).

- aceste valori dovedesc o **inerție termică mai bună în cazul peretelui din cărămizi nearse față de cel realizat din blocuri ceramice**. Trebuie avut în vedere, în schimb, aspectul conform căruia o termoizolare în exces a materialelor pe bază de pământ a dus la diminuarea efectului de schimbare de fază, caracteristică specifică a materialelor tradiționale.
- factorul de rezervă de uscare dovedește că stratificația care conține cărămizi ușoare ($5317\text{g/m}^2\text{a}$) poate reține pentru o perioadă mai lungă de timp umiditatea, în comparație cu factorul de rezervă de uscare, asociat stratificației din blocuri ceramice cu goluri verticale ($4325\text{g/m}^2\text{a}$). Aceste valori sunt înregistrate ca urmare a caracteristicilor higroscopice mai bune ale materialelor naturale propuse, în comparație cu cele utilizate în mod convențional (blocuri ceramice și termoizolație din vată minerală bazaltică).

Observațiile realizate mai sus dovedesc maniera în care stratificația realizată din cărămizi nearse se poate adapta la standardele actuale în ceea ce privește proprietățile termice, prin comparația realizată cu o stratificație compusă din blocuri ceramice cu goluri verticale.

- **Prin intermediul încercărilor repetate în cadrul programului Ubakus, s-au obținut dimensiuni și valori termotehnice similare**, având ca diferențe permeabilitatea la aer, densitățile mai mari ale materialelor naturale, precum și o valoare mai mare a transmitanței termice în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse.
- În cadrul acestui studiu, se demonstrează faptul că **porozitatea materialelor naturale este mult mai bine adaptată la condițiile de mediu fluctuante**, permițând un echilibru al confortului termic prin raportarea la valorile temperaturii interioare și a umidității relative înregistrate pentru cele două stratificații propuse.
- **Cercetările actuale vizează exploatarea caracteristicilor higroscopice ale elementelor constructive din pământ** (reglarea umidității și a temperaturii interioare), proprietăți prin intermediul cărora se poate economisi energie, precum și cele referitoare la capacitatea de stocare termică, utilizarea aditivilor naturali care îmbunătățesc proprietățile referitoare la schimbarea de fază.
- **Un exemplu concludent referitor la caracteristicile higroscopice ale pământului ca material de construcție** este prezentat în cadrul anexei 9.6.2. *Centrul Ricola din Elveția*, unde a fost utilizată tehnica pământului compactat pentru realizarea fațadelor, cu scopul de a regla umiditatea și temperatura interioară, cerință solicitată pentru menținerea în condiții bune a plantelor medicinale utilizate pentru fabricarea produselor.

7.2. Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice și pereți realizați din cărămidă nearsă. Indicatori ecologici

Ciclul de viață al unei construcții depinde de energia utilizată pentru funcționare și de energia încorporată [224] a materialelor componente. În majoritatea cazurilor este important de observat doar partea neregenerabilă a acestei energii, și anume, contribuția obținută din combustibilii fosili sau energia nucleară. În schimb, în evaluarea energetică a unei componente trebuie să se țină cont și de conținutul de energie primară [225], luând în considerare cererea totală de energie asociată componentei: conținut de energie primară, plus pierderi de căldură pe timpul duratei de viață estimate, precum și costurile generate cu reciclarea sau depozitarea materialului după terminarea ciclului de viață.

Materialele de construcție convenționale necesită o cantitate considerabilă de energie mai ales pentru etapele de producție și construcție. Mai mult, majoritatea dintre ele au o rată scăzută de reciclare, ceea ce explică, de asemenea, impactul redus al acestora în faza de reciclare-eliminare în contrast cu materialele ecologice de construcție care sunt reciclabile într-un ritm mult mai mare. Impactul asupra mediului al domeniului construcțiilor, conștientizat și ca problemă economică, determină apariția unor metode de calcul privind energia încorporată în ciclul de viață al materialelor.

Studiul teoretic întreprins reprezintă o continuare a analizei comparative realizate între cele două stratificații de perete pentru a evidenția impactul asupra mediului al materialelor utilizate în mod convențional în zona Banatului (blocuri ceramice cu goluri verticale), în comparație cu o alternativă folosind materiale ecologice. În acest caz este vorba despre cărămidile nearse care reprezintă o reinterpretare a tehnicii de construcție tradiționale denumită regional

²²⁴ Conform K.I.Praseeda, .B.V. Venkatarama Reddy, M. Mani, 2017, „Life-Cycle Energy Assessment in Buildings: Framework, Approaches and Case Studies, Reference module in Earth Systems and Environmental Sciences, pag. 113-136,;

Energia încorporată reprezintă suma de energie consumată pentru principalele procese implicate în producția materialului (energia directă implicată) și energia consumată pentru aprovizionarea cu materiale prime, precum și celelalte resurse necesare pentru principalele procese de producție (energie indirectă implicată). Energia încorporată reprezintă totalul de energie primară necesară pentru extracția resurselor, transport, producere, asamblare, dezasamblare și reciclarea la sfârșitul ciclului de viață.

²²⁵ Conform:

https://passipedia.org/basics/energy_and_ecology/primary_energy_quantifying_sustainability, accesat on-line 03.2021:

Necesarul de energie primară determină impactul asupra mediului și se referă la totalul de energie necesară provenită din surse de energie neregenerabile, utilizate pentru a susține toate cererile de energie din clădire. Cererea pentru încălzire afectează în principiu cel mai mult mediul (ajunge până la 64% din totalul de energie primară), dar odată cu introducerea noilor standarde precum Casa Pasivă, acestea pot fi reduse cu mai mult de 70% față de standardele anterioare precum EnEV în Germania prin utilizarea unor sisteme eficiente privind încălzirea, răcirea, sistemul electric, electrocasnicele folosite etc.

Acest aspect înseamnă că necesarul de energie primară poate fi acoperit utilizând sisteme ecologice care sunt disponibile la nivel regional. Ceea ce este important a fi reținut este faptul că odată ce aceste standarde vor fi aplicate, nu va mai fi necesar a reduce necesarul de căldură deoarece acesta va fi oricum foarte mic. În acest caz, este important a lua în considerare energia primară necesară pentru producția materialelor și a sistemelor utilizate în construcție – PEI (primary energy input for production).

văiugă, adaptată la standardele actuale de confort termic. Scopul este de a ilustra impactul asupra mediului al materialelor și stratificațiilor propuse în cadrul analizei realizate, pentru a determina o comparație din punct de vedere al caracterului ecologic al celor două opțiuni de perete prezentate.

Abordarea metodologică pentru realizarea studiului a constat în:

- compararea diferitelor stratificații pentru colectarea datelor primare referitoare la indicatorii de impact asupra mediului,
- realizarea unei simulări 2D utilizând metoda elementului finit în cadrul software-ului online Ubakus,
- programul utilizează baza de date Ökobaudat [226] pentru realizarea evaluării ciclului de viață de tip LCA.

În urma acestei analize, pentru fiecare stratificație în parte, au rezultat valori ale indicatorilor privind evaluarea impactului asupra mediului, așa cum rezultă din Declarațiile de Mediu, specifice fiecărui material, indicatori introduși în:

- subcapitolul 6.3. *Ciclul de viață al construcțiilor*,
- tabelul 5. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului și sunt adaptați în continuarea studiului de caz prin intermediul celor două stratificații, folosind metoda LCA "Cradle to Gate".*

Metoda se referă la stadiul de produs și este folosită pentru simplificarea evaluării ciclului de viață, fiind cea mai potrivită în acest caz, din moment ce nu se cunosc informațiile referitoare la toate procedurile existente în cadrul unei evaluări LCA complete, prezentate în cadrul tabelului 4. *Explicarea etapelor ciclului de viață, definite în standardul european EN 15978, 2011.* Prin urmare, în evaluarea ciclului de viață de tip LCA, sunt considerate următoarele proceduri de fabricație, asociate stadiului de produs: A1. Aprovizionarea cu materii prime și procesarea lor, A2. Transportul la producător, A3. Etapa de producție până la ieșirea pe poarta fabricii.

Valorile referitoare la întreaga evaluare LCA pot să difere din cauza etapelor ce țin de transport și costuri aferente acestora, cât și de etapele de demontare și reciclare, dar indică valori favorabile în cazul cărămizilor nearse. Aceste etape variază și sunt calculate în funcție de fiecare proiect individual în parte, în acest caz, studiul limitându-se la etapa de produs. Analiza de cost permite conturarea unei imagini complete privind sustenabilitatea utilizării materialelor ecologice, în condițiile în care prețurile mai mari aferente acestora constituie un dezavantaj. Concluziile acestor analize sunt sintetizate în cadrul subcapitolului 8.2. *Concluzii ale studiului teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse*, cu scopul de a ilustra într-o variantă simplificată analiza întreprinsă la nivelul stratificațiilor de pereți.

²²⁶ Conform <https://www.oekobaudat.de/en.html>:

Datele cuprinse în cadrul Ökobaudat reprezintă baza de date necesară pentru Sistemul de Evaluare pentru Construcții Sustenabile (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, BNB). Datele sunt furnizate de producătorii de materiale și corectitudinea lor reprezintă responsabilitatea acestora, fiind supuse unei evaluări în conformitate cu DIN EN 15804. Ökobaudat are o interfață care permite schimbul de date cu alte programe și aplicații, precum Ubakus, pentru a realiza analize ale ciclului de viață.

7.2.1. Indicatori ecologici la nivel de material de construcție

În tabelul 11. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului*, prezentat în continuare, sunt ilustrate **valorile estimative ale indicatorilor ecologici privind impactul asupra mediului prin referire la valorile generice specifice** pentru cele două materiale propuse - blocurile ceramice cu goluri verticale și cărămizile nearse din argilă.

- Datele sunt preluate din cadrul software-ului Ubakus, iar în baza de date Ökobaudat sunt disponibili mai mulți indicatori de acest tip.
- Studiul s-a rezumat la indicatorii definiți inițial pentru a avea o bază comună care să permită compararea celor două stratificații.

7.2.1.1. Indicatori ecologici la nivel de material de umplură

Tab. 13. *Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului prin raportare la blocurile ceramice și cărămizile nearse;*

		Acronim	Unitate de măsură	Blocuri ceramice	Cărămizi nearse
1.	Potențial de încălzire globală	GWP Global Warming Potential	kg CO₂ echiv./kg	0,2405	0,08
2.	Potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă	ODP Ozone Depletion Potential	kg R11-echiv./kg	2,54* 10⁻¹²	3,17* 10⁻¹⁴
3.	Potențialul de formare al oxidanților fotochimici de ozon	POCP Photochemical OzoneCreation Potential/ Summer smog	kg etilenă-echiv./kg	2,29* 10 ⁻⁵	9,61* 10 ⁻⁶
4.	Potențial de acidificare	AP Acidification Potential	kg SO₂ echiv./kg	3,42* 10⁻⁴	6,1* 10⁻⁵
5.	Potențial de eutrofizare	EP Eutrophication Potential	kg PO₄ echiv./kg	3,69* 10 ⁻⁵	9,35* 10 ⁻⁶
6.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile	ADPE Abiotic depletion potential	Kg Sb(stibiu) echiv./kg	5,49* 10 ⁻⁶	1,38* 10 ⁻⁶
7.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile	ADPf (ADP elements)	MJ	8065,67	1648,27
8.	Necesarul de energie primară din surse neregenerabile în timpul fabricației	PENR Primary Energy non-renewable	MJ/kg kWh/kg	2,252 MJ/kg =0,626 kWh/kg	1,278 MJ/kg =0,355 kWh/kg

Analiza acestor indicatori la nivel de materiale permite evaluarea caracterului ecologic al propunerilor, urmând ca studiul să fie extins pentru stratificațiile propuse. În acest mod este realizată o paralelă între varianta utilizată în mod convențional și cea ecologică. În prima fază, se propune o analiză preliminară a celor două materiale (blocurile ceramice și cărămizile nearse) utilizate în cadrul studiului de caz, urmând ca în subcapitolul 7.2.2. *Indicatori ecologici la nivel de stratificații propuse*, studiul să fie extins pentru a calcula indicatorii la nivel de stratificații. După o analiză preliminară, se constată din start valori ridicate ale indicatorilor de mediu în dreptul stratificației din blocuri ceramice, explicate prin intermediul procesului de fabricație [227]. În cazul blocurilor ceramice cu goluri verticale sunt realizate diverse etape de producție, precum:

- procedeul defloculării [228],
- procedeul de sinterizare [229],
- uscarea și arderea în furnal la temperaturi de 80-120°C.

Deși procedeul de fabricație al cărămizilor nearse este similar până la un anumit punct, sunt eliminate etapele de uscare și ardere care consumă cea mai multă energie și determină cele mai multe emisii de CO₂. Acesta este motivul pentru care indicatorul GWP înregistrează o valoare triplă în cazul blocurilor ceramice (0,2405 kg CO₂ echiv./kg), spre deosebire de valoarea înregistrată pentru cărămizile nearse (0,08 kg CO₂ echiv./kg).

- Emisiile de gaze cu efect de seră rezultate din procesele industriale implicate în producerea blocurilor ceramice și a aditivilor și stabilizatorilor aflați în compoziție, determină valori considerabil mai mari ale indicatorilor ODP și POCP pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, în comparație cu valoarea înregistrată pentru stratificația realizată din cărămizi nearse.
- Pentru indicatorii AP (Potențialul de acidificare) [230] și EP (Potențialul de eutrofizare) [231], se înregistrează valori reduse în cazul stratificației

²²⁷ Conform <https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail>:

Procesul de realizare al blocurilor ceramice cu goluri verticale este următorul:

- În prima fază, pământul brut este extras din mine sau cariere utilizând excavatoare.
- Materialul în stare umedă este sortat pentru a îndepărta materialul neutil (pietriș, cretă etc.), fiind ulterior procesat mecanic.
- Înainte de a ajunge pe linia de producție, materialul este umidificat și depozitat în silozuri pentru a favoriza procedeul defloculării și omogenizării.
- Când materialul capătă consistența dorită, este introdus în următoarea fază de producție, unde este format prin intermediul unui utilaj de extrudare sau prin turnarea în matrite.
- Cât mai multă umiditate trebuie eliminată din argilă, înainte de a arde amestecul, altfel compoziția creată ar exploda în furnal.
- Uscarea are loc prin încălzirea argilei la temperaturi de 80-120°C, într-un timp de uscare de aproximativ 18-40h. Când cărămida este suficient de uscată, este amplasată într-un furnal pentru a fi arsă.
- După finalizarea procesului de ardere, cărămizile sunt gata pentru transport și sunt vândute.
- În ceea ce privește cărămizile nearse, procedeele de realizare ale elementelor constructive includ extracția, amestecul cu fibre vegetale și aditivi, formarea și uscarea fiecărei bucăți. Procedeele sunt similare, în mare, celor utilizate pentru fabricarea cărămizilor nearse, dar fără a include arderea în furnal.

²²⁸ Conform <https://dexonline.ro/definiție/deflocurare>: Procedeul de defloculare reprezintă transformarea unui sistem coloidal din starea de gel în starea de soluție.

²²⁹ Conform <https://dexonline.ro/definiție/sinterizare>: Procedeul de sinterizare înseamnă lipirea pulberilor ceramice în urma încălzirii și presării lor și are loc datorită contractării argilei pe măsură ce umiditatea dispăre.

realizate din cărămizi nearse deoarece conțin mai puțini aditivi și stabilizatori, aceste substanțe fiind înlocuite de materiale naturale precum fibrele vegetale [232].

- Se constată valori mai mari în cazul blocurilor ceramice cu goluri verticale în ceea ce privește indicatorul ADPE (Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile, în special minerale – o valoare de patru ori mai mare $5,49 \cdot 10^{-6}$ kg echiv.Sb /kg și $1,38 \cdot 10^{-6}$ kg echiv.Sb/kg).
- În cazul indicatorul ADPf (Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile – precum cărbunele și petrolul, se înregistrează o valoare de cinci ori mai mare pentru stratificația din blocuri ceramice (8065,67 MJ – stratificația 1. și 1648,27 MJ - stratificația 2.). Aceste valori se datorează consumului mai mare de resurse neregenerabile utilizate prin fenomenele de ardere, compoziția diversilor aditivi și stabilizatori, respectiv transportul și emisiile rezultate în procesul de realizare a blocurilor ceramice cu goluri verticale, în comparație cu emisiile materialelor utilizate pentru stratificația din cărămizi nearse.
- **Drept urmare, studiul indică faptul că valoarea necesarului de energie primară din surse neregenerabile este aproximativ dublă** pentru blocurile ceramice (2252 MJ/kg, raportat la 1278 MJ/kg pentru cărămizile nearse). Această valoare vine ca o concluzie referitoare la toți acești indicatori pentru a demonstra faptul că, într-adevăr, cărămizile nearse reprezintă o opțiune ecologică de a construi la standarde contemporane.

După o prezentare a materialelor principale utilizate drept strat de umplutură (blocuri ceramice și cărămizi nearse), în continuare este propusă o analiză la nivelul stratificațiilor complete pentru a determina impactul asupra

²³⁰ Conform <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics> :

Oxizii de sulf rezultați în urma arderii combustibililor fosili în fabrici și alte facilități industriale, crează probleme de sănătate ale sistemului respirator. Dioxidul de sulf SO_2 reprezintă o amenințare deoarece este un indicator al mai multor gaze sulfuroase dintre care și SO_3 . Măsurile de control asupra emisiilor de SO_2 duc la reducerea tuturor celorlalte forme de oxizi de sulf care pot reacționa cu alți compuși din atmosferă pentru a forma mici particule ce contribuie la poluarea PM (particule matter). Aceste particule se depun și asupra fondului construit, creând probleme și în cadrul obiectivelor culturale, precum statui și monumente.

În cadrul studiului de caz prezentat anterior în subcapitolul 9.4.7. Studiu referitor la caracteristicile pământului local, s-a realizat o analiză asupra pământului local din care a reieșit o valoare de 40mg/kg de sulfați SO_4^{2-} , ceea ce reprezintă 0,004% procent raportat la masa totală. Această valoare a fost corelată cu mărimea indicată în SR EN 196-2 care prevede un prag de 4% de sulfați pentru componentele precum cimentul din care rezultă că pământul local nu este contaminat.

²³¹ Conform Gernot Minke, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag. 15:

De exemplu, o unitate demonstrativă există în Ruhleben, Berlin, care folosește pământ argilos pentru a elimina fosfații din canalizare cu un debit de 600 m³/zi. Fosfații sunt legați de mineralele argiloase extrase din canalizare, iar avantajul acestei proceduri este faptul că substanțele străine nu rămân în apă, ci sunt transformate în fosfat de calciu, utilizat apoi ca îngrășământ.

²³² Conform T. Hyoung Kim, Chang U Chae, 2016, “Environmental Impact Analysis of Acidification and Eutrophication Due to Emissions from the Production of Concrete, Sustainability, Life Cycle Assessment on Green Building Implementation,, :

Cea mai bună variantă de reducere atât a acidificării, cât și a eutrofizării este prin a introduce materiale reciclate în amestecurile propuse pentru materialele de construcție.

mediului al materialelor utilizate în cadrul celor două opțiuni de perete. Din acest motiv au fost comparate materialele propuse pentru analiză (termoizolațiile și tencuielile) prin intermediul indicatorilor de mediu. Pe parcursul acestui capitol sunt comparați indicatorii de mediu înregistrați în dreptul diferitelor materiale cu scopul de a evalua caracterul ecologic al acestora.

7.2.1.2. Indicatori ecologici la nivel de termoizolație

Stratificația 1. Vată minerală bazaltică

- **În ceea ce privește impactul asupra mediului al termoizolațiilor folosite**, vata minerală bazaltică este greu de reciclat, fiind de obicei arsă și procesată, în ultimă fază ajungând la groapa de gunoi.
- **O variantă este utilizarea acestor materiale ca și materii prime pentru alte compozite**, ca de exemplu, amplasarea acestora ca umplutură în golurile blocurilor ceramice [233]. Schimbarea profilului cărămizilor cu goluri alterează schimbul de căldură prin element și duce la o conductivitate mai bună a materialului hibrid (0,1 W/mK față de 0,27-0,45 W/mK [234], valoarea tipică a blocurilor cu goluri verticale, respectiv 1,2 W/mK, valoarea utilizată în cadrul studiului de față). Deși nu pare o modificare substanțială, raportată la costurile generale determinate de utilizarea acestor materiale la scară industrială, inițiativele de acest fel pot reprezenta economii de costuri.
- **O problemă semnificativă o reprezintă fibrele și praful care se pot desprinde din termoizolație**, ceea ce determină abordarea unor măsuri speciale la montaj, respectiv nivelul ridicat al pH-ului care poate cauza probleme din punct de vedere al umidității și al formării microorganismelor în grosimea materialului [235].
- **Vata minerală bazaltică are calități bune din punct de vedere al permeabilității la vapori**, indicată prin factorului de rezistență la difuzia vaporilor de apă $\mu = 1$ și a factorului $S_d = 0,1$, prezentând valori chiar mai bune față de cele ale termoizolației din polistiren expandat sau a alternativelor naturale precum termoizolațiile din materiale naturale (cum sunt cele din cânepă sau lână, de exemplu). Din acest punct de vedere, pentru a împiedica formarea condensului în cadrul stratificației 1.- blocuri ceramice, trebuie realizată o termoizolare adecvată (10cm, în acest caz), în timp ce pentru stratificația 2. – cărămizi nearse stratul de termoizolație este de 165mm pentru a compensa din valorile mari înregistrate în dreptul conductivității termice.

²³³ S.Menon, dr. V. g. Naranje, 2017, "Experimental Investigation of Recycling of Rock Wool Insulation as Insulator in Concrete Blocks" in International Journal of Engineering and Applied Science (IJEAS) ISSN: 2394-3661, Vol.4, no.4.:

Blocurile ceramice prezintă 3 mecanisme care afectează schimbul de căldură, ceea ce înseamnă: radiație și transfer convectiv prin goluri, respectiv conducție prin materialele care formează cărămida.

²³⁴ Conform DIN 4108-6, SR EN 12524, date de la producător;

²³⁵ Maja D.Djurovic-Petrovic, 2015, "Experimental Investigation of Rockwool Insulation Hygrothermal properties related to material structure" in Thermal Science, Vol.19, no.3, pag. 923-928, DOI:10.2298/TSCI131216168D;

Stratificația 2. Plăci de izolare din fibre de lemn

- În comparație cu vata minerală bazaltică, plăcile de izolare din fibre de lemn sunt realizate în urma unui proces uscat și prezintă o capacitate mai mare de stocare termică [definită ca și $Q_s = c * \rho * s$ (kJ/m²K), unde c = căldura specifică a materialului, ρ = densitatea materialului, s = grosimea elementului]. Valoarea căldurii specifice pentru termoizolația din fibre de lemn prezintă o valoare de 2100 J/kgK, în timp ce în dreptul termoizolației din vată minerală este indicată o valoare de 900 J/kgK.
- În ceea ce privește valorile indicate pentru conductivitatea termică, în dreptul termoizolației din fibre de lemn este înregistrată o valoare lambda egală cu 0,039 W/mK, respectiv 0,035 W/mK pentru termoizolația din vată minerală bazaltică. Valorile înregistrate în dreptul căldurii specifice și a conductivității termice depind de conținutul de apă și temperatura din mediul ambiant, condițiile climatice.
- Plăcile de izolare din fibre de lemn sunt disponibile sub diferite forme, cu profil lambă și uluc, profil de colț, fiind utilizabile pentru termoizolarea pereților despărțitori, a pereților din lemn, a plăcilor din ciment, precum și pentru termoizolația acoperișurilor, sistemele de podele etc [236].
- Plăcile de izolare din fibre de lemn sunt permeabile la transferul de vapori, fapt demonstrat prin intermediul factorului de rezistență la difuzia vaporilor de apă $\mu = 3$ și a factorului $S_d = 0,48$ care reprezintă rezistența la umiditate a materialului la 1m de aer.
- Ca și în cazul cărămizilor nearse, datorită caracteristicilor higroscopice ale elementelor, apare fenomenul de căldură latentă (căldura este stocată în interiorul materialului și eliberată într-un interval de timp ulterior) și efectul tampon al umidității măsurate la interior [237]

7.2.2. Indicatori ecologici la nivel de stratificații propuse**7.2.2.1. Indicatorii PENR și GWP calculați în timpul fabricației materialelor de construcție**

Metoda "Cradle to Gate" utilizată pentru realizarea analizei s-a limitat la etapa de producție care consumă cea mai mare parte din energia încorporată în material. Drept urmare, posibilitatea de a compara elementele constructive prin intermediul cantității de energie necesare pentru producție prezintă avantajul de a ilustra care dintre materialele propuse consumă mai multă energie aferentă acestei etape. Din evaluarea LCA la nivel de stratificație, au rezultat următoarele valori procentuale, respectiv emisii de gaze cu efect de seră:

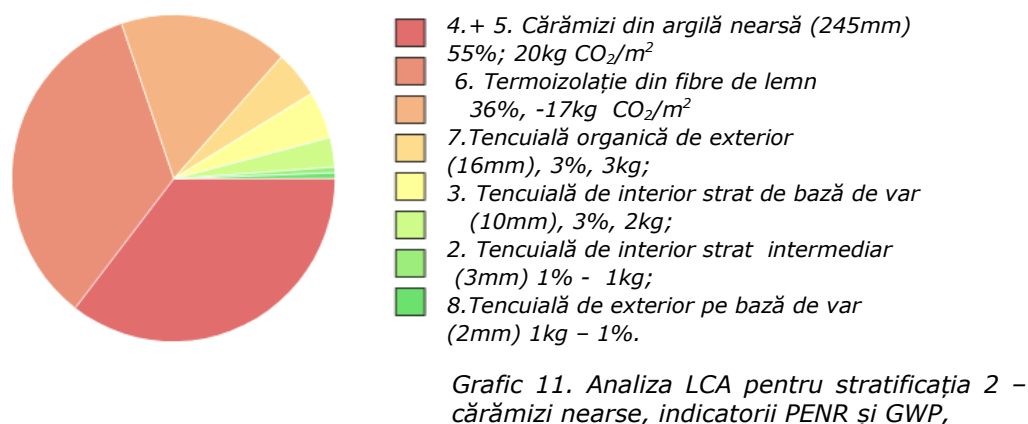
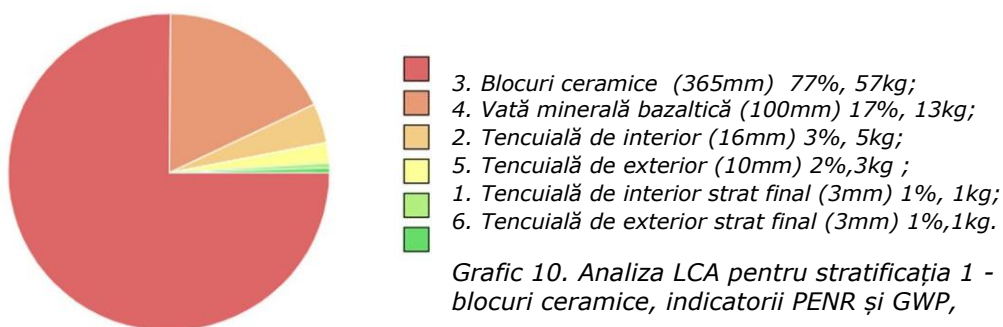
²³⁶ Conform <https://web.steico.com/en/>, accesat on-line:03.2021;

²³⁷ Conform M.Zhang, M.Qin, Z.Chen, 2017, "Moisture Buffer Effect and its Impact on Indoor Environment" in 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October, Jinan, China:

Efectul tampon al umidității (calculat ca și factor MBV), are o influență mare asupra umidității interioare, deoarece definește umiditatea pe care o poate prelua/elibera un material: $MBV = G / \Delta\phi$ [gm⁻²%RH⁻¹], unde:

G = cantitatea de căldură înmagazinată [kgm²] și ϕ = umiditatea relativă [%]

Ca o comparație, un panou din fibre de lemn are un factor MBV de 1,17, în timp ce betonul are o valoare de 0,40, spre exemplu.



Graficele 10. și 11. reprezintă compoziția energiei primare neregenerabile eliberate în timpul fabricației (PENR - în faza de producție), în funcție de material, prin considerarea întregii stratificații de perete :

- În primul caz, pentru fabricarea blocurilor ceramice, se consumă un total de 77% din energia totală utilizată pentru realizarea stratificației 1. - blocuri ceramice, procent mare determinat de procedurile de ardere specifice etapei de fabricație asociate acestui produs, în timp ce pentru realizarea cărămizilor nearse, dispuse în 2 straturi, se consumă în jur de 55% din totalul de energie utilizată pentru realizarea stratificației 2. - cărămizi nearse.
- Din punct de vedere al termoizolațiilor folosite, vata minerală bazaltică consumă 17% din energia neregenerabilă necesară pentru producția stratificației 1., în timp ce pentru producerea termoizolației din fibre de lemn a rezultat un procent de 36% din energia necesară pentru realizarea stratificației 2. - cărămizi nearse.
- Valoarea mai mare înregistrată în dreptul termoizolației din fibre de lemn poate părea contraintuitivă, dar este datorată faptului că pentru producerea termoizolației din fibre de lemn sunt necesare mai multe etape de producție de la extracția materiei prime, până la obținerea produsul finit. Aceste proceduri sunt mai elaborate în comparație cu cele necesare producerii termoizolației din vată minerală, care este un

produs industrial, realizat în urma unei proceduri de topire și reformare, necesitând mai puțini pași în etapa de producție.

- Dar acest aspect nefavorabil este contracarat de indicatorul GWP (potențialul de eliminare a gazelor cu efect de seră) care prezintă o valoare negativă de $-17\text{kg CO}_2/\text{m}^2$ echivalent. Valoarea indică faptul că mai multe gaze cu efect de seră au fost extrase din atmosferă decât cele produse pentru obținerea materiilor prime utilizate pentru fabricarea termoizolației din fibre de lemn [238].

Datele rezultate în urma analizei LCA, sunt ilustrate în:

- *graficul 10. Analiza LCA pentru stratificația 1 - blocuri ceramice,*
 - *graficul 11. Analiza LCA pentru stratificația 2 – cărămizi nearse,*
- și sunt corelate cu emisiile de CO_2/m^2 pentru fiecare material în parte, fiind centralizate în cadrul tabelului 18. *Comparație între factorii PENR și GWP pentru cele 2 stratificații propuse.* Prin introducerea indicatorului GWP, se măsoară emisiile de dioxid de carbon din etapa de producție, reușind astfel să se aprecieze mai corect impactul asupra mediului (cu cât emisiile rezultate din fabricarea produsului respectiv vor încălzi atmosfera prin compararea cu emisiile de CO_2 eliberate de-a lungul aceleiași perioade de timp).

Tab. 14. Compoziția indicatorilor PENR și GWP din timpul producției în kg CO_2 echivalent/ m^2 pentru stratificația realizată din blocuri ceramice;

Nr. Strat.		Compoziția energiei neregenerabile PENR consumate în timpul fabricației materialelor de construcție utilizate	Compoziția potențialului de încălzire globală (GWP) din timpul producției în kg CO_2 echivalent / m^2
3.	Blocuri ceramice cu goluri verticale 365mm	77%	57kg
4.	Vată minerală bazaltică 100mm	17%	13kg
2.	Tencuială de interior strat intermediar din mortar pe bază de var 16mm	3%	5kg
5.	Tencuială de exterior, strat intermediar – pe bază de var, nisip de tencuială și adaosuri 10mm	2%	3kg

²³⁸ Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de>:

La nivel de stratificație este important de observat impactul redus al termoizolației din fibre de lemn, deoarece cantitatea de dioxid de carbon eliberată în atmosferă calculată în etapa sfârșitului de viață este egală cu cantitatea de dioxid de carbon absorbită în timpul creșterii unei cantități similare de masă lemnoasă în pădure. Acest fenomen se numește prezumție de neutralitate de carbon și se aplică materialelor regenerabile care se găsesc în abundență, precum fibrele naturale care sunt adăugate în amestecul necesar realizării cărămizilor nearse.

1.	Tencuială de interior pe bază de var, strat final 3mm	1%	1kg
6.	Tencuiala de exterior pe bază de var cu adaos de ciment, strat final 3mm	1%	1kg
			≈79kg CO₂ /m²

Tab. 15. Compoziția indicatorilor PENR și GWP din timpul producției în kg CO₂ echivalent/m² pentru stratificația realizată din cărămizi nearse;

Nr. Strat.		Compoziția energiei neregenerabile PENR consumate în timpul fabricației materialelor de construcție utilizate	Compoziția potențialului de încălzire globală din timpul producției în kg CO₂ echivalent /m²
4.+5.	Cărămizi din argilă nearsă (245mm)	55%	20kg
6.	Termoizolație din fibre de lemn (20mm)	36%	-17kg
7.	Tencuială organică de exterior cu var și agregate ușoare - 16mm	3%	3kg
3.	Tencuială de interior strat de bază 10mm	3%	2kg
2.	Tencuială de interior strat final 2mm	1%	1kg
8.	Tencuială de exterior din var și calcar 3mm	1%	1kg
			≈12kg CO₂ /m²

Pentru a cuantifica potențialul de încălzire globală (GWP) la nivel de stratificație, sunt comparate valorile totale rezultate, după cum urmează:

- Pentru prima stratificație din blocuri ceramice cu goluri verticale rezultă un total de 79kg de CO₂ /m² echivalent;
- Pentru cea de-a doua stratificație din cărămizi nearse rezultă un total de 12 kg de CO₂/m² echivalent;
- Diferența înregistrată între gazele cu efect de seră emantate (79kg de CO₂ /m² echivalent pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, raportată la 12 kg

de CO₂ /m² echivalent pentru stratificația realizată din cărămizi nearse) reprezintă o economisire a energiei consumate în etapa de producție, contribuind major la determinarea caracterului ecologic al stratificațiilor propuse.

În continuare, sunt prezentate contribuțiile elementelor principale considerate sub forma de pachete constructive:

- blocuri ceramice + termoizolație din vată minerală bazaltică, respectiv cărămizi nearse + termoizolație din fibre de lemn,
- tencuială de interior și tencuiala de exterior cu toate straturile aferente, pentru a realiza o paralelă între consumurile specifice de energie consumată în timpul fabricației și cantitatea de CO₂ emanată ca unitate de măsură a potențialului de încălzire globală, până în etapa de produs.

Indicatorii PENR și GWP oferă printre cele mai relevante informații referitoare la impactul asupra mediului, iar prin compararea acestora, se demonstrează potențialul realizării unor economii considerabile în termeni de energie, resurse consumate și emisii de dioxid de carbon în etapa de produs, utilizând stratificația realizată din materiale naturale.

Tab. 16. Compoziția GWP din timpul producției în kg CO₂ echivalent/m² și indicatorul PENR pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

	STRATIFICAȚIA 1		
	Blocuri ceramice + Termoizolație vată minerală bazaltică	Tencuială de interior	Tencuială de exterior
Compoziția energiei neregenerabile eliberate în timpul fabricației materialelor de construcție utilizate PENR	Strat 3 + Strat 4	Strat 2 + Strat 1	Strat 5 + Strat 6
	77%+17%= 94%	3%+1%= 4%	2%+1%= ≈3%
Compoziția potențialului de încălzire globală din timpul producției în kg CO₂ /m² echivalent	Strat 3 + Strat 4	Strat 2 + Strat 1	Strat 5 + Strat 6
	57kg+13kg =70kg	5kg+1kg =6kg	3kg+1kg=4kg

Necesarul de energie primară din surse neregenerabile – PENR	94%,	4%,	≈3%,
Potențial de încălzire globală – GWP	70kg CO₂/m²	6kg CO₂/m²	≈4kg CO₂/m²

Tab. 17. Compoziția GWP din timpul producției în kg CO₂ echivalent/m² și indicatorul PENR pentru stratificația realizată din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;

	STRATIFICAȚIA 2		
	Cărămizi nearse + Termoizolație din fibre lemnoase	Tencuială de interior	Tencuială de exterior
Compoziția energiei neregenerabile eliberate în timpul fabricației materialelor de construcție utilizate	Strat 4 + strat 5 + strat 6	Strat 1 + Strat 2 + Strat 3	Strat 7 + strat 8
	37% + 18% + 36% = 91%	5%	3% + 1% = 4%
Compoziția potențialului de încălzire globală din timpul producției în kg CO₂ /m² echivalent	Strat 4 + strat 5 + strat 6	Strat 1 + Strat 2 + Strat 3	Strat 7 + strat 8
	14kg + 6kg - 17kg = 3kg	4kg	3kg + 1kg = 4kg
Necesarul de energie primară din surse neregenerabile – PENR	91%,	5%	4%,
Potențial de încălzire globală – GWP	3kg CO₂/m²	3kg CO₂/m²	4kg CO₂/m²

Tab. 18. Comparație între factorii PENR și GWP pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu utilizând Ubakus;

	STRATIFICAȚIA 1 Blocuri ceramice cu goluri verticale			COMENTARIII ȘI CONCLUZII :
	Strat de umplut + termoiz o.	Tencui ală de interior	Tencui ală de exteri or	
Necesar ul de energie primară din surse neregen erabile în timpul fabricați ei - PENR	94%,	4%,	≈3%,	<p>- Se observă cum cantitatea totală de CO₂ emanată este considerabil mai mare pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, cu o contribuție majoră de 77% a acestui material la nivel de stratificație (57kg CO₂/m²), în comparație cu emisiile realizate pentru producerea cărămizilor nearse. Emisiile rezultate din producerea cărămizilor nearse se rezumă la un procent de 55% din totalul calculat pe element constructiv, respectiv o valoare a emisiilor de 20kg CO₂/m².</p> <p>- Prin urmare, valoarea emisiilor de gaze cu efecte de seră este de aproape trei ori mai mare pentru pereții realizați din blocuri ceramice, comparativ cu valoarea rezultată în cazul pereților din cărămizi nearse.</p>
Potențial de încălzire globală - GWP	70kg CO₂/m²	6kg CO₂/m²	≈4kg CO₂/ m²	<p>- Avantajul celei de-a doua stratificații îl reprezintă folosirea termoizolației din fibre de lemn care reduce cu 17kg aportul de CO₂/m² echivalent, deoarece produsul este realizat folosind materiale regenerabile. Prin urmare, folosirea cărămizilor nearse și a termoizolației din fibre de lemn prezintă o contribuție însumată de numai 3kg CO₂/m², în timp ce valoarea înregistrată în dreptul pachetului constructiv realizat din blocuri ceramice și termoizolație din vată minerală este de 70kg CO₂/m².</p> <p>- Diferența majoră este atribuită, în cazul stratificației din blocuri ceramice, procesului de fabricație care emană o cantitate mai mare de dioxid de carbon. Stratificația bazată pe cărămizi nearse propune, în schimb, materiale ecologice care utilizează materii prime regenerabile și în a căror producție sunt incluse</p>

				mai puține proceduri tehnologice care consumă CO ₂ sau procese chimice care să conducă la emisii de poluanți.
	STRATIFICAȚIA 2 Cărămizi nearse din argilă			- În ceea ce privește tencuiala de interior propusă pentru stratificația folosind blocuri ceramice, se constată o emisie de 6kg CO ₂ /m ² echivalent (reprezentând un procent de 4% din energia totală eliberată în timpul etapei de fabricație). Aceste valori se datorează conținutul de var din tencuielile propuse, ținând cont de procesul de carbonatare care elimină o cantitate însemnată de dioxid de carbon, dar și datorită procedurilor chimice aferente obținerii produsului finit. Se observă că cele bazate pe argilă au o contribuție de 3kg CO ₂ /m ² (reprezentând un procent de 5% din energia totală consumată). Prin urmare, se demonstrează faptul că tencuielile interioare din argilă au un impact mai redus asupra mediului în comparație cu tencuielile din var, prin compararea emisiilor de gaze cu efect de seră.
	Strat de umplură + termoizolație	Tencuială de interior	Tencuială de ext.	
Necesarul de energie primară din surse neregenerabile în timpul fabricației – PENR	91%,	5%	≈4%,	- Referitor la tencuielile de exterior, se observă contribuții aproximativ similare pentru cele două stratificații - pentru stratificația realizată din blocuri ceramice se emană 4kg CO ₂ /m ² , reprezentând un procent de ≈3% din energia necesară pentru producerea întregii stratificații. În cazul tencuielilor de exterior utilizate pentru stratificația realizată din cărămizi nearse, se emană 4kg CO ₂ /m ² , reprezentând un procent de 4% din energia necesară pentru producerea întregii stratificații.
Potențial de încălzire globală – GWP	3kg CO₂/m²	3kg CO₂/m²	4kg CO₂/m²	- Această similitudine se datorează faptului că sunt folosite tencuieli exterioare pe bază de var în ambele cazuri, cu mențiunea că în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse, tencuiala organică de exterior permite o mai bună difuzie a vaporilor de apă din interior către exterior. În cazul stratificației din blocuri ceramice, tencuiala cu adaos

				din ciment (3%) realizează un strat de protecție, în timp ce pentru stratificația din cărămizi nearse, este propusă o tencuială de protecție pe bază de var și aditivi (4%), ceea ce explică procentul mai mare asociat indicatorului PENR.
<p>➤ În urma acelor comparații realizate inițial la nivel de material, ulterior la nivel de stratificație, se poate concluziona faptul că din punct de vedere al indicatorului GWP (Potențial de încălzire globală) și PENR (Necesarul de energie primară din surse neregenerabile consumate în timpul fabricației), se înregistrează valori mai reduse în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse în comparație cu stratificația realizată din blocuri ceramice. Acest aspect se datorează în mare parte procesului de fabricație care presupune un consum mai mare de energie în cazul materialelor utilizate în mod convențional. Cele mai mari diferențe se înregistrează în dreptul stratului de umplutură și a termoizolației folosite, prin compararea valorilor indicatorul privind potențialul de încălzire globală – GWP.</p>				

În continuare, sunt prezentate valorile indicatorilor de mediu pentru toate materialele incluse în stratificațiile propuse, așa cum au fost prezentate în cadrul programului Ubakus, având ca sursă baza de date Ökobaudat, Informationsportal Nachhaltiges Bauen. Comparația este realizată pentru a evalua în ce măsură materialele propuse pentru stratificația din cărămizi nearse au un impact mai redus asupra mediului în comparație cu materialele utilizate pentru stratificația din blocuri ceramice. Analiza este continuată la nivelul întregii stratificații, prin compararea valorilor totale înregistrate pentru fiecare indicator de mediu, așa cum au fost definiți în:

- tabelul 5. Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului,
- capitolul 6.3. Considerații referitoare la ciclul de viață pentru construcțiile din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor.

Tab. 19. Tabel sintetic cu indicatorii de mediu considerați în cadrul analizei efectuate

	Categorie	Unitate
1.	Necesarul de energie primară din surse neregenerabile – (PENR) Production Energy Nonrenewable Resources	MJ/kg kWh/kg
2.	Potențial de încălzire globală (GWP) Global Warming Potential	Kg CO₂ echiv./kg
3.	Potențialul de formare aL oxidanților fotochimici de ozon (POCP) Photochemical Ozone Creation Potential	Kg R11 echiv./kg
4.	Potențial de acidificare (AP) Acidification Potential	Kg SO₂ – echiv./kg
5.	Potențial de eutrofizare (EP) Eutrophication Potential	Kg PO₄ echiv./kg
6.	Potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă (ODP) Ozone Depletion Potential	Kg R11 echiv./kg
7.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile (ADPe) <i>Abiotic Depletion Potential for non fossil resources</i>	Kg Sb echiv./kg
8.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile (ADPf) <i>Abiotic Depletion Potential for fossil resources per element</i>	MJ

7.2.2.2. Analiza generală a indicatorilor de mediu calculați folosind metoda "Cradle to Gate"

Tab. 20. Valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu

N r.	Material	1. PENR	2. GWP	3. POCP	4. AP	5. EP	6. ODP
	Unitate de măsură	Mj/kg kWh/kg	kg echiv. CO₂/kg	kg echiv. etilenă/kg	kg echiv. SO₂/kg	kg echiv. PO₄/kg	kg R11 echiv./kg
1	Tencuială de interior, pe bază de var, strat final 3mm	0,9972 0,277	0,211	-5,32* 10 ⁻⁶	1,34* 10 ⁻⁴	3,36* 10 ⁻⁵	1,4*10 ⁻¹³
2	Tencuială de interior, strat intermediar, mortar pe bază de var - 16mm	0,9972 0,277	0,211	-5,32* 10 ⁻⁶	1,34* 10 ⁻⁴	3,36* 10 ⁻⁵	1,4*10 ⁻¹³
3	Blocuri ceramice cu goluri verticale - 365mm	2,252 0,626	0,2405	2,29* 10⁻⁵	3,42* 10⁻⁴	3,69* 10⁻⁵	2,54*10⁻¹²
4	Termoizolație vată minerală bazaltică - 100mm	11,85 3,29	1,269	3,00* 10⁻⁴	6,09* 10⁻³	6,79* 10⁻⁴	1,6*10⁻¹²
5	Tencuială de exterior, mortar pe bază de var, strat intermediar - 10mm	0,9972 0,277	0,211	-5,32* 10⁻⁶	1,34* 10 ⁻⁴	3,36* 10 ⁻⁵	1,4*10 ⁻¹³
6	Tencuială de exterior pe bază de var cu adaos de ciment, strat final 3mm	0,4556 0,127	0,1091	9,0* 10⁻⁶	1,83* 10 ⁻⁴	3,53* 10 ⁻⁵	8,85*10 ⁻¹⁴

Tab. 21. Valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru stratificația realizată din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind software-ul Ubakus;

Nr.	Material	1. PENR	2. GWP	3. POCP	4. AP	5. EP	6. ODP
	Unitate de măsură	Mj/kg kWh/kg g	kg echiv. CO ₂ /kg	kg echiv. etilenă /kg	kg echiv. SO ₂ /kg	kg echiv. PO ₄ /kg g	kg R11 echiv. /kg
1.	Tencuială de interior, pe bază de argilă, strat final - 2mm	1,064 0,296	0,138 9	3,34*1 0 ⁻⁶	2,06*10 ⁻⁴	9,24*10 ⁻⁵	8,64*10 ⁻¹⁴
2.	Tencuială de interior, strat intermediar, mortar pe bază de argilă - 3mm	1,064 0,296	0,138 9	3,34*1 0 ⁻⁶	2,06*10 ⁻⁴	9,24*10 ⁻⁵	8,64*10 ⁻¹⁴
3.	Strat suport tencuială de interior -10mm	1,064 0,296	0,138 9	3,34*1 0 ⁻⁶	2,06*10 ⁻⁴	9,24*10 ⁻⁵	8,64*10 ⁻¹⁴
4. + 5.	Cărămizi din argilă nearsă	1,278 0,355	0,08	9,61* 10⁻⁶	6,1* 10⁻⁵	9,36* 10⁻⁶	3,17* 10⁻¹⁴
6.	Termoizolație din fibre de lemn - 160mm	12,02 3,34	- 0,94 8	1,62* 10⁻⁴	1,13* 10⁻³	1,83* 10⁻⁴	5,06* 10⁻¹²
7.	Tencuială organică de exterior pe bază de var - 16mm	0,9972 0,277	0,211	-5,32* 10⁻⁶	1,34* 10 ⁻⁴	3,36* 10 ⁻⁵	1,4* 10 ⁻¹³
8.	Tencuială de exterior - 3mm	0,9972 0,277	0,211	-5,32* 10⁻⁶	1,34* 10 ⁻⁴	3,36* 10 ⁻⁵	1,4* 10 ⁻¹³

Sunt analizate valorile indicatorilor de mediu pentru pachetele constructive propuse (tencuieli și termoizolații), pentru a observa diferențele majore înregistrate la nivelul materialelor comparate. Aceste valori generice sunt prezentate în cadrul tabelelor de mai jos, urmând să fie discutate următoarele concluzii

A. Tencuieli de interior - În cazul tencuielilor de interior utilizate pentru stratificația din blocuri ceramice, acestea prezintă valori identice privind indicatorii de mediu deoarece au fost alese produse compatibile pe bază de var. Pentru tencuielile de interior utilizate pentru stratificația din cărămizi nearse, au fost utilizate tencuieli de interior pe bază de argilă, cu valori similare ale indicatorilor de mediu, deoarece reprezintă materiale realizate de către același producător.

1. Indicatorului PENR

- necesarul de energie primară din surse neregenerabile:

- Tencuielile de interior din argilă (1,064 MJ/kg, 0,296 kWh/kg) prezintă valori similare față de valoarea înregistrată pentru tencuiala de interior pe bază de var (0,9972 MJ/kg, 0,277 kWh/kg),

2. Indicatorul GWP - potențialul de încălzire globală:

- Pentru tencuielile interioare din argilă s-au realizat valori mai reduse ale indicatorului GWP (0,1389 kg CO₂ echiv./kg) față de valoarea înregistrată pentru tencuielile interioare realizate din var (0,211 kg CO₂ echiv./kg), diferența fiind explicată datorită lipsei cimentului și a procedurilor de ardere.

3. Indicatorul POCP

- potențialul de formare al oxidanților fotochimici de ozon:

- Valori negative în cazul tencuielii de interior pe bază de var ($-5,32 \cdot 10^{-6}$ kg etilenă echiv./kg), demonstrând astfel că varul absoarbe substanțele poluante precum oxidanții fotochimici care duc la epuizarea stratului de ozon.
- Valoarea înregistrată în cazul tencuielii de interior pe bază de var cu adaos de ciment ($9,0 \cdot 10^{-6}$ kg etilenă echiv./kg) este de aproximativ trei ori mai mare față de valoarea tencuielii de interior pe bază de argilă ($3,34 \cdot 10^{-6}$ kg etilenă echiv./kg).

4. Indicatorului AP - potențialul de acidificare:

- Se observă o valoare mai mică în cazul tencuielilor interioare pentru stratificația 1.- blocuri ceramice ($1,34 \cdot 10^{-4}$ kg SO₂ echiv./kg), față de valoarea înregistrată pentru stratificația 2.- cărămizi nearse ($2,06 \cdot 10^{-4}$ kg SO₂ echiv./kg).

5. Indicatorul EP - potențialul de eutrofizare:

- Este indicată o valoare de trei ori mai mică în cazul tencuielilor interioare pentru stratificația 1. - blocuri ceramice ($3,36 \cdot 10^{-5}$ kg PO₄ echiv./kg), față de valoarea înregistrată pentru stratificația 2. - cărămizi nearse ($9,24 \cdot 10^{-5}$ kg PO₄ echiv./kg).

6. Indicatorul ODP -

potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă:

- Se măsoară o diferență mai mare a valorilor înregistrate pentru stratificația 1. - blocuri ceramice ($1,4 \cdot 10^{-13}$ kg R11 echiv./kg), în comparație cu valoare pentru stratificația 2. - cărămizi nearse ($8,64 \cdot 10^{-14}$ kg R11 echiv./kg).

B. Tencuieli de exterior - Stratul intermediar de tencuială de exterior, bazat pe mortar de var, prezintă aceleași valori din punct de vedere al indicatorilor de mediu, analizați pentru ambele stratificații.

1. Indicatorului PENR - necesarul de energie primară din surse neregenerabile

- Sunt înregistrate valori duble ale indicatorului PENR în dreptul tencuielilor de exterior pe bază de var (0,9972 MJ/kg, 0,277 kWh/kg), în comparație cu tencuielile de exterior pe bază de var cu adaos de ciment (0,4556 MJ/kg, 0,127 kWh/kg). Aceste valori ale indicatorului PENR sunt rezultate din prezența aditivilor suplimentari pentru stabilizare, respectiv a numărului

redus de procedee de fabricație în comparație cu cele necesare pentru blocurile ceramice cu goluri.

- Din acest motiv, tencuielile din ciment sunt favorizate deoarece prezintă un produs mai eficient raportat la cantitate, în schimb, aspectele ecologice trebuie considerate în funcție de un ciclu de viață mai extins, de aceea este necesară o privire de ansamblu asupra acestor indicatori, realizată la finalul acestui subcapitol, în tabelul 22. *Comparație a indicatorilor privind evaluarea impactului asupra mediului la nivel de stratificații.*
- Stratul intermediar de tencuială de exterior, bazat pe mortar de var, prezintă aceleași valori din punct de vedere al indicatorilor de mediu analizați pentru ambele stratificații (0,9972 MJ/kg, 0,277 kWh/kg).

2. Indicatorul GWP – potențialul de încălzire globală:

- Valorile indicatorului GWP sunt duble pentru tencuiala de exterior, pe bază de var (0,211 kg CO₂ echiv./kg), față de tencuiala de exterior pe bază de var cu adaos de ciment (0,1091 kg CO₂ echiv./kg).

3. Indicatorul POCP – potențialul de formare al oxidanților fotochimici de ozon:

- Valorile indicatorului POCP sunt negative pentru tencuiala organică de exterior, pe bază de var (-5,32*10⁻⁶ kg echivalent CO₂/kg), față de tencuiala de exterior pe bază de var cu adaos de ciment (9,0*10⁻⁶ kg echivalent CO₂/kg). Valorile reduse se datorează caracterului absorbant al varului, aspect valabil pentru toate materialele tradiționale care prezintă calități higroscopice [239].

4. Indicatorului AP - potențialul de acidificare:

- Valorile indicatorilor AP sunt similare pentru tencuiala de exterior pe bază de var 1,34*10⁻⁴ kg echivalent SO₂/kg și tencuiala de exterior pe bază de var, cu adaos de ciment 1,83*10⁻⁴ kg echivalent SO₂/kg.

5. Indicatorului EP - potențialul de eutrofizare:

- Valorile indicatorului EP sunt similare pentru tencuiala de exterior pe bază de var 3,36*10⁻⁵ kg echivalent PO₄/kg și tencuiala de exterior pe bază de var cu adaos de ciment 3,53*10⁻⁵ kg echivalent PO₄/kg.

6. Indicatorul ODP

– potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă:

- Indicatorul ODP are valori mai mari pentru tencuielile pe bază de var. Valorile înregistrate sunt: 8,85*10⁻¹⁴ kg echivalent R11/kg în cazul tencuielii exterioare cu adaos de ciment și 1,4*10⁻¹³ kg echivalent R11/kg pentru tencuiala exterioară pe bază de var, deoarece în compoziția acestora intră mai multe componente precum calcarul, nisipul și aditivii de stabilizare, a căror valoare însumată este mai mare în comparație cu contribuția cimentului ca principal element de stabilizare. În acest mod, se demonstrează cum prin intermediul cimentului se asigură stabilizarea

²³⁹ Conform A.Klinge, E.Roswag, P.Fontana, J.Hoppe, M.Richter, C.Sjostrom, 2016, "Hygroscopic natural materials versus mechanical ventilation", https://terra2016.scienceconf.org/conference/terra2016/2016_07_01_pre_actes_terra2016.pdf:

Materialele realizate din pământ, precum și din materiale pe bază de lemn, prezintă proprietăți higroscopice deoarece au capacitatea de a absorbi poluanții precum formaldehida, compușii organici volatili, compușii organici semivolatili și radonul, reducând astfel necesitatea de filtrare a aerului prin ventilație mecanică.

generală a produsului, dar se reduce din capacitatea tencuielilor tradiționale pe bază de var de a absorbi din poluanți.

C. Termoizolații - În ceea ce privește analiza comparativă între straturilor de termoizolație, se observă valori mai ridicate ale indicatorilor de mediu pentru termoizolația din vată minerală bazaltică, în comparație cu termoizolația din fibre de lemn.

1. Indicatorului PENR - necesarul de energie primară din surse neregenerabile:

- Valorile sunt similare pentru termoizolația folosită pentru stratificația 1. - blocuri ceramice, realizată din vată minerală (11,85 MJ/kg 3,29 kWh/kg) și cea înregistrată pentru stratificația 2. - cărămizi nearse, realizată din fibre de lemn (12,02 MJ/kg, 3,34 kWh/kg).

2. Indicatorul GWP - potențialul de încălzire globală:

- În cazul termoizolațiilor folosite, indicatorul GWP prezintă diferențe mari, valoarea înregistrată pentru termoizolația din vată minerală (1,269 kg echivalent CO₂/kg) este mult mai mare față de valoarea înregistrată pentru termoizolația din fibre de lemn care prezintă o valoare negativă (-0,948 kg echivalent CO₂/kg). Această valoare negativă marchează capacitatea materialului de a absorbi emisiile gazelor cu efect de seră, având un efect de reducere a indicatorului GWP la nivelul întregii stratificații propuse.

3. Indicatorul POCP - potențialul de formare al oxidanților fotochimici de ozon:

- În cazul indicatorului POCP, valoarea este aproape dublă pentru termoizolația din vată minerală bazaltică (3,00*10⁻⁴ kg echivalent etilenă/kg), ca urmare a substanțelor chimice care intră în compoziția materialului, în comparație cu valoarea înregistrată pentru termoizolația din fibre de lemn (1,62*10⁻⁴ kg echiv. etilenă/kg).

4. Indicatorului AP - potențialul de acidificare:

- Datorită compoziției chimice și a particulelor pe care le emană în timpul montajului, termoizolația din vată minerală prezintă o valoare de 5,4 ori mai mare în ceea ce privește potențialul de acidificare, AP (valoarea de 6,09*10⁻³ kg echivalent SO₂/kg pentru termoizolația din vată minerală, față de 1,13*10⁻³ kg echivalent SO₂/kg pentru termoizolația din fibre de lemn).

5. Indicatorului EP - potențialul de eutrofizare:

- Potențialul de eutrofizare EP al termoizolației din vată minerală (6,79*10⁻⁴ kg echivalent PO₄/kg) este de 3,7 ori mai mare în comparație cu cel al termoizolației din fibre de lemn (1,83*10⁻⁴ kg echivalent PO₄/kg).

6. Indicatorul ODP - potențialul de epuizare al stratului de ozon din stratosferă:

- Indicatorul ODP (Ozone Depletion Potential) este de 3,16 ori mai mare în cazul termoizolației din fibre de lemn (5,06*10⁻¹² kg echivalent R11/kg, față de valoarea înregistrată pentru termoizolația din vată minerală bazaltică, 1,6*10⁻¹² kg echivalent R11/kg), deoarece prin defrișarea și utilizarea masei lemnoase se reduce din potențialul de retenție al CO₂, aspect compensat în schimb de valoarea mai mare a indicatorului GWP.

7.2.2.3. Concluziile comparației între indicatorii de mediu pentru materialele și stratificațiile propuse

Tab. 22. Comparație a indicatorilor privind evaluarea impactului asupra mediului la nivel de stratificații;

	Indicator Ecologic	Strat.1. Blocuri ceramice	Strat.2. Cărămizi nearse	Concluzii:
1	<p>Gazele cu efect de seră emantate pentru realizarea stratificației, indicator asociat</p> <p>Potențialul de încălzire globală a producției în kg CO₂ echiv./m²</p> <p>- factor GWP</p>	<p>79 kg CO₂ echivalent/m²</p>	<p>12kg CO₂ echivalente/m²</p>	<p>➤ Indicatorul GWP pentru tencuiala de exterior din ciment este de două ori mai mic (0,1091 kg echivalent CO₂/kg), deoarece, în cazul tencuielilor pe bază de var (0,211 kg echivalent CO₂/kg), se emană cantități mari de dioxid de carbon prin fenomenul numit decarbonatare.</p> <p>- Prin urmare, tencuiala pe bază de ciment este eficientă prin considerarea cantității reduse de emisii de CO₂, deoarece necesită mai puțini aditivi suplimentari pentru stabilizare, respectiv mai puține proceduri de urmat în etapa de producție.</p> <p>- Valoarea înregistrată a indicatorului GWP pentru tencuielile pe bază de argilă indică o valoare mai mică (0,1389 kg echivalent CO₂/kg) față de valorile tencuielilor pe bază de var, asemănătoare cu cele pentru tencuiala din var și adaos de ciment (0,1091 kg echivalent CO₂/kg).</p>
	<p>Strat de umplutură:</p> <p>-Blocuri ceramice: 0,2405 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>- Cărămizi nearse: 0,08 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>Strat de termoizolație:</p> <p>-Vată minerală bazaltică: 1,269 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>-Fibre de lemn: -0,948 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>Tencuieli interioare și exterioare:</p> <p>- Tencuieli interioare pe bază de argilă nearsă:0,1389 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>- Tencuieli interioare pe bază de var: 0,211 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>- Tencuieli exterioare pe bază de var: 0,211 kg echivalent CO₂/kg</p> <p>- Tencuieli exterioare cu var și adaos de ciment: 0,1091 kg echivalent CO₂/kg.</p>			

	<p>➤ Din punct de vedere al indicatorului GWP, la nivel de pachet constructiv, sunt înregistrate următoarele valori:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pentru blocurile ceramice și termoizolația din vată minerală bazaltică se înregistrează o valoare de 79kg echivalent CO₂/m²; - pentru pachetul constructiv format din cărămizi nearse și termoizolație din fibre lemnoase, indicatorul GWP indică 3kg echivalent CO₂/m²). Aceste valori mai mici în dreptul stratificației 2 se datorează valorii negative înregistrate pentru indicatorul GWP în dreptul termoizolației din fibre de lemn (-0,948kg echivalent CO₂/kg), precum și valorii reduse a indicatorului GWP corespunzător cărămizilor nearse (0,08 kg echivalent CO₂/kg). 			
<p>➤ Se observă faptul că diferențele cele mai mari între variantele propuse, sunt la nivelul indicatorului GWP, unde se înregistrează o valoare de aproximativ 7 ori mai mare pentru stratificația din blocuri ceramice în comparație cu stratificația realizată din cărămizi nearse. Acest lucru implică o amprentă de carbon mai redusă a stratificației realizate din cărămizi nearse.</p> <p>➤ Din moment ce indicatorul GWP este unul dintre principalii indicatori referitori la impactul asupra mediului, se constată faptul că stratificația realizată din materialele naturale precum tencuiala de var, cărămizile nearse și termoizolația din fibre de lemn reprezintă o variantă ecologică de construcție în comparație cu alternativa contemporană realizată din blocuri ceramice și vată minerală bazaltică.</p>				
2	<p>Potențial de epuizare a stratului de ozon din stratosf. - factor ODP</p>	<p>62*10⁻¹¹ kg echiv R11/kg</p>	<p>10*10⁻¹¹ kg echiv. R11/kg</p>	<p>➤ Pentru tencuielile pe bază de argilă, se înregistrează o valoare mai scăzută, similară tencuielilor exterioare pe bază de var și ciment (8,85*10⁻¹⁴ kg echivalent R11/ kg).</p> <p>- Cu toate că tencuielile pe bază de var (1,4*10⁻¹³ kg echivalent R11/ kg) prezintă valori mai ridicate în comparație cu tencuielile de argilă sau cele bazate pe var și ciment, ca urmare a valorilor mai mari corespunzătoare emisiilor considerabile de CO₂ rezultate în etapa de producție, acestea păstrează calitățile higroscopice specifice materialelor tradiționale.</p> <p>- Valoarea tencuielilor din argilă prezintă avantajul de a înregistra emisii reduse ale indicatorului ODP (8,64*10⁻¹⁴</p>
<p>➤ Indicatorul ODP înregistrează o valoare mai mare pentru blocurilor ceramice analizate (2,54*10⁻¹² kg echiv. R11/kg), față de cea atribuită cărămizilor nearse (3,17*10⁻¹⁴ kg echiv. R11/kg). Rezultatul final la</p>				

<p>nivel de stratificație este determinat de restul materialelor din componența elementului care conduc la o mărime mai apropiată, existând o diferență de 6,2 ori mai mare a valorii totale înregistrate pentru stratificația 1.</p> <p>- blocuri ceramice, față de stratificația 2. - cărămizi nearse.</p> <p>Strat de umplutură:</p> <p>- Blocuri ceramice: $2,54 \cdot 10^{-12}$ kg echivalent R11 /kg</p> <p>- Cărămizi nearse: $3,17 \cdot 10^{-14}$ kg echivalent R11/kg</p> <p>Strat de termoizolație:</p> <p>- Vată minerală bazaltică: $1,6 \cdot 10^{-12}$ kg echivalent R11/kg</p> <p>- Fibre de lemn: $5,06 \cdot 10^{-12}$ kg echivalent R11/kg</p> <p>Tencuieli interioare și exterioare:</p> <p>- Tencuieli interioare pe bază de var: $1,4 \cdot 10^{-13}$ kg echiv. R11/kg</p> <p>- Tencuieli interioare pe bază de argilă: $8,64 \cdot 10^{-14}$ kg echiv. R11 /kg</p> <p>- Tencuieli exterioare pe bază de var: $1,4 \cdot 10^{-13}$ kg echivalent R11 /kg</p> <p>- Tencuieli ext. pe bază de var și ciment: $8,85 \cdot 10^{-14}$ kg echiv. R11 /kg.</p>	<p>14 kg echivalent R11/ kg), similare tencuielilor pe bază de ciment ($8,85 \cdot 10^{-14}$ kg echivalent R11/kg), având avantajul de a păstra, ca și în cazul tencuielilor pe bază de var, aceleași caracteristici specifice materialelor tradiționale privind reglarea umidității și a temperaturii interioare.</p> <p>➤ În urma defrișării și utilizării masei lemnoase, dioxidul de carbon nu mai este reținut în atmosferă, ceea ce afectează indicatorul ODP înregistrat în dreptul termoizolației utilizate pentru stratificația 2. - cărămizi nearse. Din acest motiv se înregistrează o valoare de 3,16 ori mai mare a indicatorului ODP pentru termoizolația din fibre de lemn, și anume, $5,06 \cdot 10^{-12}$ kg echivalent R11 /kg, față de valoarea de $1,6 \cdot 10^{-12}$ kg echivalent R11/kg înregistrată pentru termoizolația din vată minerală bazaltică. Valoarea nefavorabilă a indicatorul ODP este compensată cu valorile negative înregistrate în dreptul indicatorului GWP în cazul termoizolației din fibre de lemn, așa cum a fost amintit anterior.</p>		
<p>➤ Următoarea diferență notabilă se înregistrează la nivelul indicatorului ODP, fiind obținute valori de 6,2 ori mai mari pentru stratificația realizată din blocuri ceramice ($62 \cdot 10^{-11}$ kg echivalent R11/kg), în comparație cu stratificația realizată din cărămizi nearse ($10 \cdot 10^{-11}$ kg echivalent R11/kg).</p> <p>➤ Se observă cum în cazul cărămizilor nearse, valoarea indicatorului ODP este mai mare în comparație cu celelalte materiale analizate. Valorile obținute demonstrează faptul că elementele constructive reprezintă o alternativă de construcție ecologică prin compararea emisiilor de gaze cu efect de seră (responsabile pentru epuizarea stratului de ozon din stratosferă), efectul fiind considerat pe o perioadă de timp mai extinsă.</p>			
<p>3</p> <p>Potențial de formare a oxid. fotochim de ozon</p> <p>- factor (POCP)</p>	<p>0,008</p> <p>3 kg echiv. etilenă /kg</p>	<p>0,0054</p> <p>kg echiv. etilenă /kg</p>	<p>➤ Se observă diferențe la nivel de materiale de umplutură, unde indicatorul POCP pentru stratul de blocurilor ceramice ($2,29 \cdot 10^{-5}$ kg echivalent etilenă/kg), indică o valoare mai mare față de cea aferentă cărămizilor nearse</p>

	<p>Indicatorul POCP indică potențialul de formare a oxidanților fotochimici de ozon la nivelul solului, fiind asociat cu fenomenul de <i>summer smog</i>.</p> <p>Strat de umplură:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blocuri ceramice: 2,29*10⁻⁵ kg echivalent etilenă/kg; - Cărămizi nearse: 9,61*10⁻⁶ kg echivalent etilenă/kg; <p>Strat de termoizolație:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vată minerală bazaltică: 3,00*10⁻⁴ kg echivalent etilenă/kg; - Fibre de lemn: 1,62*10⁻⁴ kg echivalent etilenă/kg; <p>Tencuieli interioare și exterioare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tencuieli interioare pe bază de var: 5,32*10⁻⁶ kg echiv. etilenă /kg; - Tencuieli interioare pe bază de argilă: 3,34*10⁻⁶ kg echivalent etilenă /kg; - Tencuieli exterioare pe bază de var: 5,32*10⁻⁶ kg echivalent etilenă/kg; - Tencuieli exterioare pe bază de var și ciment: 9,0*10⁻⁶ kg echivalent etilenă /kg. 	<p>(9,61*10⁻⁶ kg echivalent etilenă/kg).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La nivel de strat de termoizolație, valorile POCP înregistrate pentru vata minerală sunt duble (3,00*10⁻⁴ kg echivalent etilenă/kg), față de cele obținute în cazul termoizolației din fibre de lemn (1,62*10⁻⁴ kg echivalent etilenă/kg). ➤ Cea mai mare diferență este înregistrată în dreptul tencuielilor, unde cele bazate pe var (-5,32*10⁻⁶ kg echivalent etilenă /kg) prezintă valori negative ale indicatorului POCP, în timp ce tencuiala pe bază de ciment are o valoare considerabil mai mare (9,0*10⁻⁶ kg echivalent etilenă / kg). 		
<p>➤ În cazul indicatorului POCP, se analizează emisiile nocive industriale precum oxizii de nitrogen și compușii volatili organici, principalii factori care contribuie la formarea ozonului la suprafața solului.</p> <p>➤ Pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, valoarea indicatorului POCP este de 0,0083kg echivalent etilenă/kg, spre deosebire de valoarea pentru stratificația 2. – cărămizi nearse 0,0054kg echivalent etilenă/kg, ceea ce înseamnă un efect poluant mai redus al stratificației realizate din cărămizi nearse.</p> <p>➤ În concluzie, se demonstrează faptul că prin utilizarea materialelor naturale precum tencuielile din var, cărămizile nearse, respectiv termoizolația din fibre de lemn, nu se emit substanțe care favorizează apariția <i>summer smog-ului</i>, ci chiar se absorb din atmosferă substanțele care cauzează acest fenomen.</p>				
4	<p>Potențial de acidificare – factor (AP)</p>	<p>0,15kg Echiv. SO₂/kg</p>	<p>0,050 kg Echiv. SO₂/kg</p>	<p>➤ Cea mai importantă diferență se constată în cazul stratificațiilor de umplură, unde se înregistrează o valoare aproape dublă a indicatorului AP în dreptul blocurilor ceramice (3,42*10⁻⁴kg SO₂ echivalent/kg), față</p>

<p>Strat de umplură: - Blocuri ceramice $3,42 \cdot 10^{-4}$ kg echivalent SO_2 /kg - Cărămizi nearse: $6,10 \cdot 10^{-5}$ kg echivalent SO_2 /kg Strat de termoizolație: - Vată minerală bazaltică: $6,09 \cdot 10^{-3}$ kg echivalent SO_2 /kg - Fibre de lemn: $1,13 \cdot 10^{-3}$ kg echivalent SO_2 /kg Tencuieli interioare și exterioare: - Tencuieli interioare pe bază de var: $1,34 \cdot 10^{-4}$ kg echiv. SO_2 / m^2 - Tencuieli interioare pe bază de argilă: $2,06 \cdot 10^{-4}$ kg echiv. SO_2 / m^2 - Tencuieli exterioare pe bază de var: $1,34 \cdot 10^{-4}$ kg echiv. SO_2 / m^2 - Tencuieli exterioare pe bază de var și ciment: $1,83 \cdot 10^{-4}$ kg echivalent SO_2 / m^2. ➤ La nivel de materiale, se constată valori mult mai mici ale indicatorului de acidificare în dreptul: - cărămizilor nearse: $(6,10 \cdot 10^{-5}$ kg SO_2 echivalent/kg), - termoizolației din fibre de lemn: $(1,13 \cdot 10^{-3}$ kg SO_2 echivalent/kg) - tencuielilor pe bază de var: $(1,34 \cdot 10^{-4}$ kg SO_2 echivalent/kg), ca o consecință directă a compoziției acestor materiale naturale, respectiv a procedurilor de fabricație care nu emit substanțe nocive.</p>	<p>de valoarea AP a stratificației din cărămizi nearse ($6,10 \cdot 10^{-5}$ kg SO_2 echivalent/kg), ca urmare a cantității reduse de stabilizatori și aditivi din compoziția strat. 2.- blocuri ceramice. ➤ Se remarcă valori de 5,4 ori mai mari ale indicatorului AP în cazul termoizolației din vată minerală ($6,09 \cdot 10^{-3}$ kg SO_2 echiv./kg), în comparație cu valoarea indicată pentru termoizolația din fibre de lemn ($1,13 \cdot 10^{-3}$ kg SO_2 echiv./kg), ca urmare a compoziției chimice specifice și a particulelor emantate. ➤ Valorile înregistrate în cazul stratificațiilor se încadrează în procentul recomandat conform SR EN 196-2 (concentrația recomandată pentru ciment fiind de <4% în ceea ce privește conținutul de sulfați). În cadrul anexei 9.4.7. <i>Studiu referitor la caracteristicile pământului local</i>, s-a realizat o analiză referitoare la gradul de contaminare al solului, unde au fost măsurate cantitatea de sulfați și aciditatea pământului local. Un grad mare de contaminare înregistrat în dreptul materialului determină ca pământul respectiv să nu fie utilizabil în construcții. Un exemplu al acestui fenomen s-a prezentat în anexa 9.2.1. <i>Ghadamès</i>, unde orașul vechi a fost abandonat în urma creșterii acidității, a contaminării excesive cu fosfați și a materiilor organice din sol.</p>			
<p>➤ În cazul indicatorului AP (potențial de acidificare), se observă o valoare de 3,33 ori mai mare a stratificației realizate din blocuri ceramice ($0,15 \text{ kg } \text{SO}_2$ echiv/kg), în comparație cu stratificația realizată din cărămizi nearse ($0,050 \text{ kg } \text{SO}_2$ echiv/kg). ➤ Aceste valori sunt datorate gazelor acide eliberate în timpul producției materialelor de construcție precum SO_2 și NH_3, respectiv a CO_2. Ca o consecință directă a acestor emisii are loc formarea ploii acide care are consecințe negative asupra: ecosistemelor naturale, a calității aerului și a apei, precum și asupra fondului construit prin producerea degradărilor specifice cauzate de substanțele nocive emise.</p>				
5	Potențial de eutrofizare factor EP	0,017 kg echiv. PO_4 /kg	0,012 kg Echiv. PO_4 /kg	➤ În cazul materialelor propuse se constată cum cea mai mare diferență înregistrată este în cazul cărămizilor nearse deoarece materialele pe bază de pământ au capacitatea de a capta

<p>➤ Fosfații rezultați în urma procesului de fabricație a materialelor, a deșeurilor rezultate din construcții sau ca urmare a materialelor utilizate în agricultură, pot duce la contaminarea pământului până în punctul în care nu mai poate fi folosit pentru construcții, așa cum a fost prezentat în cadrul anexei 9.6.3. <i>L'Orangerie, spațiu de birouri în Lyon</i>, unde pământul excavat de pe sit nu a putut să fie folosit pentru realizarea elementelor de fațadă.</p> <p>Strat de umplură:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blocuri ceramice: $3,69 \cdot 10^{-5}$ kg echivalent PO_4 /kg - Cărămizi nearse: $9,35 \cdot 10^{-6}$ kg echivalent PO_4 /kg <p>Strat de termoizolație:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vată minerală bazaltică: $6,79 \cdot 10^{-4}$ kg echivalent PO_4 /kg - Fibre de lemn: $1,83 \cdot 10^{-4}$ kg echivalent PO_4 /kg <p>Tencuieli interioare și exterioare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tencuieli interioare pe bază de var: $3,36 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4 /kg - Tencuieli interioare pe bază de argilă: $9,24 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4 /kg - Tencuieli exterioare pe bază de var: $3,36 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4 /kg - Tencuieli exterioare pe bază de var și ciment: $3,53 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4 /kg 	<p>fosfatul din mediu, fiind utilizate în mod tradițional pentru tratarea apelor. Prin urmare, pe lângă faptul că materialele pe bază de pământ nu produc fosfați, pot fi utilizate și pentru captarea acestora.</p> <p>➤ Pentru celelalte materiale se constată valori reduse în funcție de măsura în care emisiile/deșeurile rezultate din fabricarea acestora afectează mediul. Se observă o diferență considerabilă în dreptul termoizolațiilor folosite, datorită faptului că fibrele de lemn ($1,83 \cdot 10^{-4}$ kg echiv. PO_4/kg) reprezintă un produs realizat din resurse regenerabile, conținând de 3,7 ori mai puține substanțe chimice care pot emana fosfați, în comparație cu valoarea înregistrată în dreptul vatei minerale bazaltice ($6,79 \cdot 10^{-4}$ kg echiv. PO_4/kg).</p> <p>➤ În ceea ce privește tencuielile, valorile înregistrate în dreptul indicatorului EP sunt apropiate în cazul tencuielilor pe bază de var ($3,36 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg) și a tencuielilor pe bază de var și ciment ($3,53 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg).</p> <p>- Diferența dintre cele două variante de tencuieli constă în cantitatea de ciment care nu conduce la o majorare substanțială a potențialului de eutrofizare. În cazul tencuielilor de interior din argilă, se înregistrează o valoare de 2,75 ori mai mare ($9,24 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg) față de cea înregistrată pentru tencuiala de interior pe bază de var ($3,36 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg).</p> <p>- Pentru a compensa din eficiența atribuită stabilizării cu ciment, specifică tencuielilor de exterior ($3,53 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg), tencuielile din argilă necesită adăugarea de agregate care pot limita capacitatea de absorbție a fosfaților în cazul în care acestea depășesc un anumit procent (drept dovadă valoarea ridicată a indicatorului EP: $9,24 \cdot 10^{-5}$ kg echiv. PO_4/kg).</p>
<p>➤ La nivel de stratificație, valorile indicatorului EP sunt similare, 0,017 kg echivalent PO_4/kg pentru stratificația din blocuri ceramice, față de valoarea de 0,012 kg echivalent PO_4/kg pentru stratificația din cărămizi nearse.</p> <p>➤ La o analiză realizată la nivelul materialelor de construcție, se observă</p>	

cum în cazul cărămizilor nearse se înregistrează o valoare mai mică a indicatorului EP în comparație cu toate materialele propuse. Acest aspect are la bază proprietățile argilei, respectiv ale pământului, de a absorbi fosfații din mediu.				
6	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile	ADPE Abiotic depleti on potențial	Echiv. în Sb (stibiu)	Nu sunt indicate valori la nivel de stratificație.
7	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile	ADPf (ADP elements)	MJ	
<p>➤ Din punct de vedere al potențialului de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile, respectiv fosile, încă nu există o metodologie clară de calcul, existând o varietate de factori care trebuie luați în considerare în momentul în care se realizează o astfel de estimare. Deși factorul pe element este definit ca raportul dintre producția anuală și valoarea minimă a disponibilității resursei la pătrat (având ca referință emisiile de stilen), este dificil a defini disponibilitatea unor resurse.</p> <p>➤ De exemplu, nisipul este considerat drept resursă non-fosilă regenerabilă, ceea ce determină dificultatea evaluării indicatorilor produsului în condițiile în care nu se poate cuantifica disponibilitatea materiei prime. Același aspect poate fi luat în considerare și în cazul resurselor fosile deoarece este dificilă estimarea exactă a cantității disponibile, respectiv a fezabilității economice de exploatare a acestora în condițiile existenței unor zăcăminte reduse.</p> <p>➤ De asemenea, exploatarea resurselor duce la emisii de gaze cu efect de seră și poluanți care au la rândul lor un impact asupra mediului.</p>				
8	Energie primară nereneg. PENR	193 kWh/m²	171 kWh/m²	<p>➤ Din analiza comparativă a materialelor propuse, se demonstrează faptul că prin considerarea valorilor la nivelul stratului de umplutură și a termoizolației, pentru producerea cărămizilor nearse se utilizează o valoare mai mică de energie încorporată în dreptul indicatorului PENR.</p> <p>➤ Tencuielile prezintă valori PENR mai reduse față de celelalte materiale considerate, 0,277kWh/kg, 0,9972 MJ/kg pentru tencuiala pe bază de var, respectiv 0,127kWh/kg, 0,4556 MJ/kg pentru tencuiala pe bază de ciment. În ceea ce privește valorile PENR înregistrate pentru tencuielile pe bază de argilă 0,296kWh/kg (1,064 MJ/kg), acestea sunt asemănătoare în</p>
<p>Strat de umplutură: -Blocuri ceramice: 0,626 kWh/kg (2,252MJ/kg). -Cărămizi nearse: 0,355kWh/kg (1,278MJ/kg).</p> <p>Strat de termoizolație: - Vată minerală bazaltică: 3,29 kWh/kg (11,85MJ/kg) - Fibre de lemn: 3,34 kWh/kg (12,02 MJ/kg)</p> <p>Tencuieli interioare și exterioare: - Tencuieli interioare pe bază de</p>				

<p>var: 0,277kWh/kg (0,9972 MJ/kg) - Tencuieli interioare pe bază de argilă: 0,296kWh/kg (1,064 MJ/kg) - Tencuieli exterioare pe bază de var: 0,277kWh/kg (0,9972 MJ/kg) - Tencuieli ext. pe bază de var și ciment: 0,127kWh/kg (0,4556 MJ/kg). Este important a remarca faptul că valoarea înregistrată PENR asociată energiei încorporate în dreptul termoizolației realizate din fibre de lemn (3,34 kWh/kg, 12,02 MJ/kg) este mai mare în comparație cu valoarea vatei minerale bazaltice (3,29 kWh/kg, 11,85MJ/kg). În schimb, valoarea înregistrată pentru cărămizile nearse (0,355kWh/kg, 1,278 MJ/kg) este aproape de 1,76 ori mai mică față de valoarea măsurată în dreptul blocurilor ceramice (0,626 kWh/kg, 2,252 MJ/kg).</p>	<p>comparație cu cele aferente tencuielilor interioare pe bază de var 0,277kWh/kg (0,9972 MJ/kg). Prin urmare, se constată valori mai mari ale indicatorului PENR în dreptul tencuielilor pe bază de var și argilă, în comparație cu cele bazate pe ciment, ca urmare a carbonatării calcarului.</p>
<p>➤ Din punct de vedere al indicatorilor ODP și POCP, care măsoară emisiile de gaze cu efect de seră cu un efect asupra stratului de ozon, se observă cum materialele naturale prezintă valori negative, ceea ce înseamnă că absorb din atmosferă substanțele care provoacă fenomenele nocive precum summer smog-ul.</p> <p>➤ Prin intermediul valorilor reduse ale stratificației realizate din cărămizi nearse, indicatorului AP demonstrează că în realizarea materialelor naturale nu sunt emise substanțe care contaminează solul. Prin intermediul valorile reduse înregistrate pentru indicatorului EP, se indică faptul că materialele din pământ absorb poluanții din atmosferă.</p> <p>➤ Ca și mărime care reprezintă o concluzie referitoare la consumul de energie în etapa de producție, în cazul indicatorului PENR (Primary Energy non-renewable), se înregistrează o valoare mai mare în dreptul stratificației realizate din blocuri ceramice (193kWh/m²), în comparație cu valoarea înregistrată pentru stratificația din cărămizi nearse (171 kWh/m²). Valorile rezultate sugerează faptul că stratificația realizată din cărămizi nearse are o energie încorporată mai mică în comparație cu stratificația realizată din materialele utilizate în mod convențional. În cazul materialelor propuse în mod individual, se înregistrează o valoare mai mică pentru cărămizilor nearse, ceea ce determină diminuarea indicatorului PENR pentru întreaga stratificație propusă.</p> <p>➤ Prin considerarea acestor valori diminuate ale indicatorilor de mediu, este demonstrat faptul că stratificația din materiale naturale reprezintă o variantă ecologică de a construi, prin compararea cu valorile indicatorilor de mediu înregistrate pentru materialele utilizate în mod convențional. Valorile indicatorilor referitori la impactul asupra mediului prezintă valori mai reduse în dreptul materialelor de construcție naturale, prezentând următoarele excepții:</p> <ul style="list-style-type: none"> • În dreptul tencuielilor interioare din argilă sunt înregistrate valori mai mari pentru indicatorii AP, EP și ODP, • În dreptul tencuielilor exterioare pe bază de var sunt înregistrate valori 	

mai mari pentru indicatorul ODP deoarece în compoziția acestora intră mai multe componente precum calcarul, nisipul și aditivii de stabilizare, a căror valoare însumată este mai mare în comparație cu contribuția cimentului ca principal element de stabilizare.

Pe lângă acești factori, s-a calculat și pierderea de căldură per m², mărime ce înregistrează o valoare de 13 kWh în ambele cazuri datorită faptului că s-a urmărit realizarea unor stratificații echivalente din punct de vedere al proprietăților termice, ceea ce s-a și obținut în cadrul subcapitolului 7.1. Pentru a avea o altă valoare drept referință pentru calcul, în cazul în care, de exemplu, stratul de blocuri ceramice din prima stratificație propusă este înlocuit cu un strat realizat din beton, atunci pierderea de căldură ar fi de 23kWh/m², o valoare aproape dublă față de cea înregistrată în studiul efectuat folosind blocuri ceramice și cărămizi nearse. Deși poate fi considerat ca un indicator ce se referă la etapa operațională a produsului, în acest caz, pierderea de căldură pe m² marchează gradul de termoizolare al stratificațiilor propuse. Din lipsa datelor climatice exacte referitoare la zona studiată, aporturile solare și necesarul de căldură au fost doar estimate. Informațiile necesare au fost considerate în funcție de datele generice oferite de programul Ubakus, conform normativului DIN V 18599, corespunzătoare unui climat temperat continental specific din Germania [240].

²⁴⁰ Conform <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/?>: În ceea ce privește aporturile solare, s-a estimat o valoare de 4kWh/an/m² pe suprafața componentei și un potențial de încălzire globală de 0,16 kg echivalent CO₂/m² la 1 kWh de căldură.

7.3. Indicatori de cost pentru stratificațiile propuse

Tab. 23. Indicatori de cost pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu;

	Material	Preț RON/m²		Material	Preț RON/m²
	A. Stratificația folosind blocuri ceramice			B. Stratificația folosind cărămizi nearse	
1	Tencuiala de interior pe bază de var	13.65 RON/m²	1	Tencuială de interior din argilă fină	144,50 RON/m²
2	Tencuială de interior, strat intermediar din mortar pe bază de var		2	Tencuială de interior – mortar de tencuială, strat subțire din argilă	
			3	Strat suport tencuială de interior	
3	Blocuri ceramice	110 RON/m²	4	Cărămizi din argilă nearsă	387,36 RON/m²
			5		
4	Termoizolație vată minerală	100 RON/m²	6	Termoizolație din fibre de lemn	257,08/39 8,18 RON/m²
5	Tencuială de exterior, strat intermediar - pe bază de var, nisipuri de tencuială și adaosuri		7	Tencuială organică de exterior cu var și agregate ușoare	
6	Tencuială de exterior pe bază de var cu adaos de ciment		8	Tencuială de exterior din var, calcar și pulbere de cretă	
		223.65 RON/m²			788,94 / 930,04RO N/m²

În urma consultării cu distribuitorii locali, s-au considerat următoarele costuri pentru materialele propuse în cadrul analizei efectuate în capitolul 7. Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Valorile reprezintă

mărimi medii considerate în funcție de prețurile înregistrate pe piață la momentul actual. Se constată o diferență majoră de preț la nivelul tencuielilor de interior propuse, înregistrându-se o valoare de 11 ori mai mare pentru tencuiala de interior pe bază de var (13,65 RON/m²), față de valoarea obținută în cazul tencuielii din argilă (144,50 RON/m²).

- Aceste mărimi se explică prin lipsa unui producător pe plan local, materialele fiind momentan realizate în unități relativ mici, ceea ce determină automat costuri de producție mai mari.
- În cazul stratului de umplutură, se observă faptul că pentru stratificația din cărămizi nearse (387,36 RON/m²), prețul estimativ este de aproximativ 3,5 ori mai mare față de cel obținut pentru blocurile ceramice (110 RON/m²).
- Diferența este înregistrată din aceleași motive ca și în cazul tencuielilor și se referă la lipsa unui producător local care să ofere prețuri competitive sau a unor producători mai mari care să investească în optimizarea procesului de fabricație.
- Este important de menționat faptul că în cazul produselor realizate din pământ, diferențele mari de preț sunt înregistrate deoarece sunt necesare proceduri suplimentare de stabilizare și timpi mai mari de procesare a materiei prime, ceea ce determină automat costuri mai ridicate în ceea ce privește produsul final.
- **În cazul termosistemului utilizat pentru fațadă, s-au luat în considerare mai multe valori pentru termoizolația folosită**, mai ales în cazul celei realizate din fibre de lemn. Prețul acestor produse diferă în funcție de producător și de calitate, însă valorile indicate oferă o idee generală referitoare la prețul mai mare înregistrat în cazul termoizolației din fibre de lemn.
- Diferența de preț înregistrată pentru stratificația 2.- cărămizi nearse, este evaluată ca fiind de 2,5 - 4 ori mai mare, în timp ce prețul tencuielilor de exterior este aproximativ similar pentru ambele cazuri considerate (tencuieli pe bază de var cu adaos de ciment pentru protecția stratului final).

Prin urmare, pentru a sintetiza informațiile referitoare la analiza de cost, prețul stratificației realizate din cărămizi nearse (788,94 /930,04 RON/m²) este de aproximativ 4 ori mai mare față de prețul stratificației din blocuri ceramice (223.65 RON/m²).

- Diferența de preț se poate explica și prin faptul că acestea necesită proceduri care consumă mai mult timp în etapa de fabricație, ceea ce înseamnă că productivitatea este diminuată, iar prețul produsului final crește automat.
- Diferențele de preț se resfrâng în profituri mai mici pentru producători și costuri suplimentare pentru beneficiari, ceea ce descurajează utilizarea acestor materiale în momentul actual.
- Deși se consumă mai puține resurse pentru fabricație în cazul materialelor naturale (cărămizi nearse și tencuieli din argilă), costul acestora crește deoarece trebuie importate și nu există mulți producători pe piață care să furnizeze prețuri competitive cu cele ale materialelor convenționale.
- La aceste valori indicative de cost, până în faza de produs, se adaugă includerea unor cheltuieli suplimentare referitoare la transport, ceea ce înseamnă că nu reprezintă o alternativă economică pentru materialele convenționale utilizate în

mod curent. Acest aspect se datorează faptului că impactul asupra mediului nu a fost luat în considerare într-o manieră care să afecteze costul produsului final.

- În acest mod, indiferent de emisiile cauzate de exploatarea materiilor prime sau de procesul de fabricație, materialele de construcție convenționale, precum cimentul și cărămida nearsă, prezintă costuri mai mici determinate de eficientizarea producției.
- Optimizarea procesului de fabricație poate să constituie o variantă de reintroducere a tehnicilor constructive tradiționale, mai ales în contextul în care se vor aplica taxe pe emisiile de carbon aferente diverselor produse, atât din industria construcțiilor, cât și în celelalte domenii industriale.

În ceea ce privește întrebarea referitoare la costurile celorlalte elemente constructive din pământ, situația în sine este problematică, deoarece, în România, nu există soluții omologate de implementare a tehnicilor constructive cu pământ. În realizarea unei locuințe, cele mai mari costuri sunt reprezentate de fundație și subsol, acoperiș, dotarea cu utilități, precum și de sistemul de încălzire. În cazul elementelor constructive din pământ, costurile considerabile pot fi considerate din următoarele motive:

- Lipsa unui producător local majorează automat prețul elementelor constructive din pământ, iar resursele necesare pentru transportul în țară influențează în sens negativ amprenta ecologică a materialelor naturale propuse.
- În cazul de față, calculele prezentate în tabelului 23. *Indicatori de cost pentru cele 2 stratificații propuse*, includ etapele A1-A3, până în etapa de produs, ceea ce înseamnă că nu au fost incluse etapele referitoare la transportul materialelor. Și în acest caz, pot exista variații de preț în funcție de cantitate, dacă toate produsele care intră în componența diverselor stratificații sunt importate de către același furnizor etc.
- Din experiența acumulată în ultimii ani în sectorul constructiv din Germania, se pot realiza clădiri rezidențiale moderne folosind materiale de construcție din pământ cu un cost între 1500-1750 euro/m².
- În momentul actual sunt disponibile calcule bine fundamentate pentru costurile componentelor de construcție, ceea ce facilitează procesul constructiv, mai ales în etapa de proiectare, cât și pentru companiile care asigură execuția elementelor constructive sau a clădirilor [241].
- În Germania, există deja o bază de date cu elementele de construcție din pământ ceea ce asigură calitatea lucrărilor efectuate din aceste materiale [242].
- Mai mult, se testează realizarea unor case pasive folosind sisteme constructive hibride care propun combinații între lemn, produse vegetale și materiale de construcție din pământ.

În Germania și Franța au fost dezvoltate cursuri de formare profesională pentru a încuraja continuitatea tehnicilor constructive tradiționale, cât și diseminarea informațiilor privind materialele contemporane pe bază de pământ. Aceste activități încurajează folosirea materialelor din pământ, atât în cazul restaurării fondului construit deja existent, cât și pentru realizarea noilor construcții, iar cărămizile nearse și tencuielile din argilă sunt printre cele mai utilizate materiale realizate din pământ. Pornind de la aceste considerații, se poate concluziona faptul

²⁴¹ Manualul LehmBau Info, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.27;

²⁴² www.stlb-bu-online.de;

că reintroducerea materialelor de construcție din pământ pe plan local reprezintă o opțiune fezabilă în viitorul apropiat, ținând cont de rezultatele cercetărilor aflate în derulare la nivel internațional, precum și de existența unor condiții favorabile în ceea ce privește materia primă, respectiv experiența locală, existența fabricilor de materiale ceramice. Afirmatia este susținută și prin intermediul studiilor efectuate în cadrul acestui capitol referitor la proprietățile termice și ecologice ale stratificațiilor de pereți, dovedind astfel sustenabilitatea acestei tehnici constructive în contextul regiunii Banatului, și nu numai.

Dezvoltarea unei industrii pornind de la tradiția constructivă existentă referitoare la construcțiile din pământ, reprezintă:

- exploatarea din punct de vedere economic a unei practici tradiționale,
- reabilitarea fondului construit existent,
- propunerea unor noi materiale inovative, pornind de la calitățile higroscopice ale materialelor tradiționale.

Valorificarea acestor materiale duce la avantaje economice și la promovarea corespunzătoare a întregii regiuni:

- prin comercializarea produselor realizate,
- crearea unor locuri de muncă suplimentare în domeniul construcțiilor,
- valorificarea potențialul turistic din mediul rural.

S-a utilizat o metodă inovativă de a corela tehnica tradițională de construcție cu dezvoltările actuale ale cărămizilor nearse, pentru a dovedi maniera în care aceste materiale reprezintă alternative fezabile din punct de vedere tehnic și ecologic. Prin intermediul conceptului interdisciplinar al sustenabilității, în capitolul 8.2. *Concluzii ale studiului teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse*, se dezvoltă modul în care activitățile derulate în domeniul socio-cultural, problemele economice și aspectele de mediu conturează un discurs complet în ceea ce privește subiectul construcțiilor din pământ în regiunea Banatului. Pentru a rezuma studiul efectuat, aceste observații, sunt dezvoltate în cadrul capitolului 8. *Concluzii*, cu scopul de a susține ipoteza reintroducerii acestor materiale de construcție tradiționale, într-o formă contemporană.

Referințe capitolul 7

- [164]. I.Papayianni, E. Anastasiou & K.Papadopoulou, Laboratory of Building Materials, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, "Comparative Life Cycle Assessment of earth-block and conventional concrete-based houses", WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol. 193, 2015, WIT Press, ISSN 1743-3541;
- [165]. <https://cautare-tm.arhivelenationale.ro/cautare-tm/detail.aspx?ID=28804>, accesat on-line:04.2021;
- [166]. [Wikimapia.org/22362924/ro/Fabrica-de-Caramida-Lugoj](https://wikimapia.org/22362924/ro/Fabrica-de-Caramida-Lugoj), accesat on-line:04.2021;
- [167]. https://ro.wikipedia.org/wiki/Jacob_Muschong, accesat on-line:04.2021;
- [168]. Schroeder Horst, 2016, "Sustainable Building with Earth", in "The Development of Earth Building", pp.1-46;
- [169]. <https://www.oekobaudat.de/en/html>, accesat on-line: 04.2021;
- [170]. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Chirpici>, accesat on-line:04.2021;
- [171]. <https://passivehouse.com>, accesat on-line:04.2021;
- [172]. Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02;
- [173]. Asociației Producătorilor Europeni de Materiale de Izolație (EURIMA), sursă: <https://www.eurima.org/u-values-in-europe>, ultima accesare: 03.2021;
- [174]. Norm. pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri,C-107/0-02;
- [175]. C.E. Augarde, Durhan University, 2012, "Soil mechanics and earthen construction: strength and mechanical behaviour" in "Earth Building: History, Science and Conservation", pag. 204-221;
- [176]. Urs Muller, Christof Ziegert, Caroline Kaiser, Ulrich Rohlen, 2012, „Eigenschaften industrieller Lehmbauprodukte für den Mauerwerksbau und Verhalten von Lehmsteinmauerwerk”, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co, KG, Berlin, Mauerwerk 16;
- [177]. Mirela Duculescu, 2010, "Reguli pentru arhitectura din pământ. Noțiuni, materiale, elemente de construcție", ISBN : 9789730085747, pag. 95 ;
- [178]. Norm. pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri,C-107/0-02;
- [179]. Fig.77. Zidărie de 1 ½ cărămizi,37,5cm, extras din Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton 2006-2007, Rodica Crișan, pag.2, accesat on-line;
- [180]. H.Xie, G.Gong, Y.Wu, Y. Liu, Y. Wang, 2018, „Research on the Hygroscopicity of a Composite Hygroscopic Material and its influence on Indoor Thermal and Humidity Environment”, ultima accesare: 03.2021;
- [181]. <https://www.onecommunityglobal.org/thermal-lag>, accesat on-line:03.2021;
- [182]. N. Jannat, A. Hussien, B. Abdullah, A. Cotgave, 2020, „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics” , Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4892> ultima accesare: 03.2021;
- [183]. Ben Reinhardt in "Thermal Energy Storage", curs de fizică în cadrul Stanford University, 2010, <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/reinhardt1/>, ultima accesare"03.2021;
- [184]. A. Sivanathan, Q.Dou, Y. W.Y.Li, J,Corker, Y. Zhou and M. Fan, 2020, „Phase change materials for building construction: An overview of nano-/microencapsulation”, doi:<https://doi.org/10.1515/ntrev20200067>,<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/ntrev-2020-0067/html>, ultima accesare:03.2021;
- [185]. F.Bilgin, M.Arici, 2017, „Effect of Phase Change Materials on Time Lag, Decrement Factor and Heat-Saving” in Special Issue of the 3rd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2016), Vol. 132, DOI:10.12693/AphysPolA.132.1102,http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/132/app132_z3-IIp077.pdf, ultima accesare: 04.2021 ;
- [186]. [Ubakus.com/waermespeicherfaehigkeit/](http://ubakus.com/waermespeicherfaehigkeit/), ultima accesare: 04.2021;

- [187]. Jose M.PS.Lizarraga, Ana Picallo-Perez, 2020, " Exergy analysis of heat transfer in buildings", in Exergy Analysis and Thermoconomics of Buildings, Design and Analysis for Sustainable Energy Systems, pag. 263-343, <https://dokumen.pub/exergy-analysis-and-thermoconomics-of-buildings-design-and-analysis-for-sustainable-energy-systems-0128176113-9780128176115.html> , ultima accesare: 04.2021;
- [188]. https://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/building_fabric/properties/time_lag.html, accesat on-line: 03.2021;
- [189]. L.Rincon, A.Carrobe, M.Medrano, C.Sole, A.Castell, I.Martorell, 2019, "Analysis of the thermal behaviour of an earthbag building in Mediterranean Continental Climate: Monitoring and Simulation",
- [190]. U.Berardi, S.Soudian, 2018, „Benefits of latent thermal energy storage in the retrofit of Canadian high-rise residential buildings”, Building Simulations, 11, 709-723, <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0435-x>, accesat on-line:04.2021;
- [191]. N. Jannat, A. Hussien, B. Abdullah, A. Cotgave, 2020, „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics”, https://www.researchgate.net/publication/342179366_A_Comparative_Simulation_Study_of_the_Thermal_Performances_of_the_Building_Envelope_Wall_Materials_in_the_Tropics, Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution, ultima accesare: 04.2021;
- [192]. DIN 4108-6, SR EN 12524, date de la producător
- [193]. <https://www.britannica.com/science/thermodynamics/Equations-of-state>, accesat on-line: 04.2021;
- [194]. Adrian Gabriel Ghiaus, 2003, "Transferul de căldură", COMPRESS București, ISBN 973-8165-84-9;
- [195]. Normativul general privind calculul transferului de masă (umiditate) prin elementele de construcție, Indicativ C 107/6-01;
- [196]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [197]. Conform Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188;
- [198]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [199]. Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02 ;
- [200]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [201]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [202]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [203]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [204]. Conform M.Irsyad, A.D. Pasek, Y.S.Indartono, A.W. Pratomo, „Heat transfer characteristics of building walls using phase change material”, 1st International Symposium on Green Technology for Value Chains 2016, IOP Conference Series:Earth and Environmental Science 60(2017) 012028, doi:10.1088/1755-1315/60/1/012028;
- [205]. Ubakus.com/en/r-value-calculator/?, ultima accesare: 04.2021;
- [206]. Christof Ziegert, Eike Roswag-Klinge, 2016, „Internal insulation pf historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAterre, ISBN:979-10-96446-12-4;
- [207]. Conform E. Teitelbaum, P.Jayathissa, C. Miller, F. Michael Meggers, 2019,„Design with Comfort: Expanding the psychrometric chart with radiation and convection dimensions”, Energy and Buildings, https://www.researchgate.net/publication/334697927_Design_with_Comfort_Expanding_the_psychrometric_chart_with_radiation_and_convection_dimensions, ultima accesare: 04.2021;
- [208]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [209]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [210]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/> și date oferite de producător, ultima accesare: 04.2021;

- [211]. Christof Ziegert, Eike Roswag-Klinge, 2016, „Internal insulation of historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [212]. H.Haupts, 2020, „Historical timber and earth constructions in Norway. Vapour permeable surfaces – restoration challenges”, https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_haupts_en.pdf , ultima accesare: 04.2021;
- [213]. Normativului privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativ N.E. 001-1996;
- [214]. Tania Santos, Paulina Faria, 2020, Characterization of earthen plasters. Influence of formulation and experimental methods. <https://editorialrestauro.com.mx/characterization-of-earthen-plasters-of-formulation-and-experimental-methods>, accesat on-line: 03.2021;
- [215]. Conform S.Rescic, M.Mattone, F.Fratini, L.Luvidi, 2021, “Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign”, publicat în “Protection and Sustainable Development of Traditional Earthen Architecture”, <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1090>, ultima accesare: 04.2021;
- [216]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188;
- [217]. Norm.privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativ N.E. 001-1996
- [218]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [219]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [220]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/troknungreserve-nach-din-68800-2>, ultima accesare: 04.2021;
- [221]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [222]. Conform <https://www.britannica.com/science/thermodynamics/Equations-of-state>, accesat on-line: 01.2021;
- [223]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [224]. K.I.Praseeda, .B.V. Venkatarama Reddy, M. Mani, 2017, „Life-Cycle Energy Assessment in Buildings: Framework, Approaches and Case Studies, Reference module in Earth Systems and Environmental Sciences, pag. 113-136, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10188-5>, ultima accesare: 04.2021;
- [225]. https://passipedia.org/basics/energy_and_ecology/primary_energy_quantifying_sustainability, accesat on-line 03.2021;
- [226]. Conform <https://www.oekobaudat.de/en.html>, accesat on-line 03.2021;
- [227]. Conform <https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail>, accesat on-line 03.2021;
- [228]. Conform <https://dexonline.ro/definiție/deflocurare>, accesat on-line 03.2021;
- [229]. Conform <https://dexonline.ro/definiție/sinterizare>, accesat on-line 03.2021;
- [230]. Conform <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics>, accesat on-line 03.2021;
- [231]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag. 15;
- [232]. T. Hyoung Kim, Chang U Chae, 2016, Environmental Impact Analysis of Acidification and Eutrophication Due to Emissions from the Production of Concrete, sustainability, Life Cycle Assessment on Green Building Implementation,, 8(6) <https://doi.org/10.3390/su8060578> , ultima accesare: 03.2021 ;
- [233]. S.Menon, dr. V. g. Naranje, 2017, “Experimental Investigation of Recycling of Rock Wool Insulation as Insulator in Concrete Blocks” in International Journal of Engineering and Applied Science (IJEAS) ISSN: 2394-3661, Vol.4, no.4, https://www.researchgate.net/publication/323561460_Experimental_Investigation_of_Recycling_of_Rock-Wool_Insulation_as_Insulator_in_Concrete_Blocks, ultima accesare:04.2021:
- [234]. Conform DIN 4108-6, SR EN 12524, date de la producător;

- [235]. Maja D.Djurovic-Petrovic, 2015, "Experimental Investigation of Rockwool Insulation Hydrothermal properties related to material structure" in Thermal Science, Vol.19, no.3, pag. 923-928, DOI: 10.2298/TSCI131216168D, https://www.researchgate.net/publication/283181542_Experimental_investigation_of_rockwool_insulation_hydrothermal_properties_related_to_material_structure, ultima accesare: 04.2021;
- [236]. Conform <https://web.steico.com/en/>, accesat on-line:03.2021;
- [237]. M.Zhang, M.Qin, Z.Chen, 2017, "Moisture Buffer Effect and its Impact on Indoor Environment" in 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October, Jinan, China:
- [238]. Conform Ubakus, <https://www.ubakus.de>, ultima accesare: 04.2021;
- [239]. Conform A.Klinge, E.Roswag, P.Fontana, J.Hoppe, M.Richter, C.Sjostrom, 2016, "Hygroscopic natural materials versus mechanical ventilation", https://terra2016.scienceconf.org/conference/terra2016/2016_07_01_pre_actes_terra2016.pdf, ultima accesare: 04.2021.
- [240]. Conform <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>?, ultima accesare: 04.2021;
- [241]. Manualul LehmBau Info, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.27, ultima accesare: 04.2021;
- [242]. www.stlb-bu-online.de, ultima accesare: 04.2021;

8. Concluzii

Prin intermediul acestui studiu, s-a conturat o perspectivă în ceea ce privește perpetuarea tradiției constructive locale din pământ, utilizând o variantă sustenabilă, și anume, elementele constructive ecologice contemporane. Începând cu analiza referitoare la colonizarea teritoriului începută încă din secolul al XVIII-lea, se remarcă o cultură constructivă locală în ceea ce privește utilizarea pământului ca material de construcție, aspect ce a permis fundamentarea studiului pornind de la datele regăsite în teritoriu. Colonizarea teritoriului se referă și la o componentă culturală și socială, elemente care au definit tradițiile constructive din mediul rural, informații prezentate în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.* Consecințele colonizării habsburgice asupra societății bănățene se observă în aspectul caracteristic al construcțiilor, respectiv al localităților, elemente definite prin intermediul măsurilor adoptate referitoare la sistematizările efectuate de-a lungul timpului.

Studiul de față a evidențiat o altă perspectivă bazată pe potențialul de reutilizare a caracteristicilor tradiționale benefice ale pământului ca material de construcție (reglarea umidității și temperaturii interioare, absorbția poluanților etc.), dar care să răspundă pozitiv și la preocupările de mediu actuale privind reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și de poluanți în diferitele etape ale ciclului de viață. Această inițiativă depășește scopul unui proiect particular, face parte dintr-o viziune ecologică a acțiunii de mediu, care ajută și la evidențierea practicilor constructive locale din Banat, respectiv identificarea unor tradiții specifice. Se conturează o imagine completă referitoare la utilizarea pământului ca material de construcție prin intermediul conceptului de sustenabilitate, deoarece subiectul este tratat din punct de vedere al considerațiilor sociale și de mediu, dar și din punct de vedere economic, în măsura informațiilor disponibile pe piața locală.

8.1. Concluziile demersului de cercetare

Pornind de la faptul că reprezintă unul dintre cele mai utilizate materiale de construcție, pământul în sine trezește valențe simbolice referitoare la primele adăposturi realizate, precum și informații referitoare la practicile constructive tradiționale specifice unei regiuni. În acest sens, în cadrul capitolului 2, sunt prezentate:

- valorile simbolice și considerațiile teoretice cu referire la concepte arhitecturale precum tectonica și materialitatea,
- curente arhitecturale care au favorizat reintroducerea materialelor tradiționale din punct de vedere teoretic: regionalismul și regionalismul critic.

Dacă din punct de vedere istoric, utilizarea pământului ca material de construcție a fost favorizată din moment ce a constituit o opțiune ieftină și disponibilă de a construi, s-a constatat faptul că revenirea la aceste tehnici tradiționale a reprezentat o variantă constructivă în timpuri de criză economică. Aceste subiecte au fost analizate prin considerarea evoluției construcțiilor din pământ existente pe continentul european – capitolul 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa,* unde sunt evidențiate elementele specifice fiecărei regiuni,

respectiv maniera în care resursele disponibile au conturat tehnica principală folosită în teritoriu. În cadrul anexei 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice*, sunt prezentate variantele în care diversele culturi au influențat perpetuarea tehnicilor constructive de-a lungul timpului, în timp ce în capitolul 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă*, sunt prezentate principalele tehnici constructive tradiționale și maniera de adaptare a materialelor din pământ pentru a corespunde noilor standarde.

Rapiditatea de omologare a diferitelor materiale din pământ reprezintă factorul ce va contribui la răspândirea tehnicilor constructive în rândul utilizatorilor finali, precum și facilitarea procesului de punere în operă (elemente prefabricate, mașini de tencuit și de pulverizat, printarea 3D). În cadrul capitolului 5. *Peretele ca element constructiv în cadrul edificiilor din pământ*, au fost prezentate succint tehnicile tradiționale de realizare a pereților, respectiv variantele contemporane de punere în operă. Scopul a fost de a demonstra maniera în care acest subiect este tratat în momentul actual, în concordanță cu ultimele dezvoltări tehnologice. Înainte de a evalua aceste variante contemporane, trebuie considerate problemele referitoare la tehnicile constructive tradiționale:

- capacitățile structurale reduse,
- volum mai mare,
- masă suplimentară în comparație cu celelalte elemente constructive, ceea ce încarcă structura de rezistență.

Necesitatea de a compara proprietățile tehnice ale materialelor de construcție tradiționale cu cele ale materialelor de construcție convenționale, reprezintă provocarea recentă. De asemenea, este necesară eficientizarea producției cu scopul de îmbunătățire a costurilor pentru materialele tradiționale. Materialele convenționale de construcție urmăresc etape clare de industrializare și de maximizare a profitului, în timp ce tehnicile tradiționale de construcție, necesită o activitate care se desfășoară într-un timp mai îndelungat, fiind asociată unui spirit solid de colaborare și de transmitere a practicilor constructive în rândul comunității.

Tradițiile constructive recurg la aspectul social și cultural, în timp ce dezbateră actuală în industria construcțiilor se rezumă la aspectul economic care poate fi asociat conceptului de sustenabilitate. Problemele particulare ale subiectului considerate în acest caz, sunt: economisirea de resurse în etapa de producție, renovare, reciclare etc. Datorită atenției acordate energiei încorporate utilizate pentru producerea materialelor de construcție, ultimele inițiative propun materiale reinventate cu performanțe similare alternativelor dominante existente pe piață.

Scopul analizei de față a fost de a găsi o soluție care să devină o alternativă ecologică la tehnicile de construcție convenționale din zidărie (blocuri ceramice cu goluri verticale). În cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți*, se demonstrează modul în care se pot realiza stratificații similare ca dimensiuni, folosind cărămizi nearse și blocuri ceramice. Prin intermediul acestei analize, se permite evaluarea proprietăților termotehnice ale unei variante tipice de realizare a pereților folosind blocurile ceramice sau cărămizile nearse din argilă. Rezultatele acestor analize sunt prezentate în tabelul 22. *Comparație a indicatorilor privind evaluarea impactului asupra mediului la nivel de stratificații*.

Prin urmare, este important ca în contextul soluțiilor inovative referitoare la diversele metode de punere în operă, să se exploateze proprietățile cunoscute ale materialelor tradiționale din pământ, în special:

- reglarea umidității și a temperaturii în spațiul interior,
- absorbția poluanților precum sulfatii și fosfații din atmosferă,
- energia încorporată redusă față de celelalte materiale analizate.

Pentru determinarea energiei încorporate în realizarea materialelor de construcție, se aplică metoda evaluării ciclului de viață (LCA), așa cum a fost prezentată în cadrul subcapitolului 6.3. *Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor din pământ. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor.* În cazul evaluării de tip LCA, se ia în considerare o perioadă lungă de timp, existând dificultăți de cuantificare a beneficiilor economice și de mediu înregistrate pe termen lung, mai ales în cazul etapelor privind stadiul de utilizare (amortizarea investiției realizate în materialele naturale prin considerarea beneficiilor ecologice), respectiv etapele de reutilizare și reciclare.

Conform Declarațiilor de Mediu ale produselor, cele mai multe beneficii economice și de mediu sunt înregistrate în etapa de produs. În cadrul acestor etape, se poate calcula mult mai ușor valoarea energiei încorporate în materiale, în timp ce, potențialul de reciclare și reutilizare, încă prezintă multe variabile în ceea ce privește cuantificarea beneficiilor economice aferente acestor etape. Deși în Germania, aceste ultime etape sunt luate în evidență în cadrul bazelor de date guvernamentale, este dificil să se realizeze un studiu complet referitor la ciclul de viață pentru orice material sau proiect, deoarece datele referitoare la transport, reciclare și reutilizare, nu sunt accesibile în toate regiunile.

Din acest motiv, analiza aplicativă realizată în cadrul acestui studiu s-a bazat pe metoda "Cradle to Gate" (până în stadiul de produs A1-A3) a ciclului de viață, deoarece reprezintă etapele care consumă cea mai multă energie din întregul interval considerat, putând fi comparate valori ale unor indicatori similari, așa cum a reieșit din analiza efectuată în cadrul subcapitolului 7.2. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Indicatori ecologici.* Pe măsură ce declarațiile de mediu ale produselor se actualizează, se pot realiza evaluări ale ciclului de viață mai în detaliu, urmând ca aceste informații să adauge cantități de emisii la valorile deja înregistrate. Analiza de față prezintă modul în care indicatorii ecologici pot fi cuantificați la nivel de material, respectiv de element constructiv, obținându-se valori clare și cuantificabile referitoare la caracterul ecologic al diferitelor opțiuni de perete propuse.

Deși beneficiile ecologice ale materialelor tradiționale sunt evidente, acestea nu pot fi cuantificate din punct de vedere economic în cazul unor proiecte și inițiative de mici dimensiuni. Din acest motiv, în Franța de exemplu, inițiativele similare se realizează la nivel de cartiere întregi (exemplul comentat în subcapitolul 6.1.3. *"Domeniul Pământului", Villefontaine, Franța*), urmărind realizarea unor linii de producție la nivel urban (proiectul prezentat în cadrul anexei 9.6.4. *Cycle Terre, Paris, Fabrica Sevran și ecocartierul Ivry sur Seine*). În schimb, în Germania și în Anglia, cercetările actuale urmăresc mai mult determinarea proprietăților fizice ale materialelor de construcție din pământ cu scopul de a realiza noi amestecuri și normative care să corespundă cerințelor actuale. Din acest motiv, studiul de față a fost direcționat către analiza stratificațiilor de pereți pentru a oferi o variantă ecologică materialelor de construcție folosite în mod convențional.

Pornind de la aceste constatări, studiul s-a îndreptat spre analiza proprietăților materialului existent în regiune și a modului în care acestea au determinat tehnicile tradiționale specifice (pământ compactat și cărămidă nearsă). Această primă etapă a fost descrisă în anexa 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local*, urmând ca analiza să se îndrepte spre variante

contemporane de punere în operă a tehnicilor constructive tradiționale. În acest mod, s-a demonstrat faptul că se pot obține proprietăți termice similare în cazul unei stratificații realizate din cărămizi nearse, înregistrând un impact asupra mediului mult mai redus. Pentru a susține aceste concluzii, sunt reluate valorile indicatorilor mășurați în cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse*, sub forma unor tabele sintetice referitoare la proprietățile termice, ecologice și indicatorii de cost:

- Tab.24. Tabel sintetic referitor la propr. termice pentru cele 2 strat. propuse;
- Tab.25. Tabel sintetic referitor la valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru cele 2 stratificații propuse;
- Tab 26. Tabel sintetic cu indicatorii de cost pentru cele 2 stratificații propuse.

Pentru a rezuma aceste analize, se constată faptul că la nivelul energiei încorporate, materialele naturale prezintă calități net superioare, reușind să atingă, datorită dezvoltărilor contemporane, inclusiv proprietăți termice similare celor utilizate în mod convențional. În schimb, din punct de vedere al costurilor, materialele de construcție pe bază de pământ, nu prezintă încă un avantaj economic. Aceste considerații se pot schimba pe măsura ce se vor impune taxe pe emisiile de carbon și alți poluanți, subiect discutat în cadrul subcapitolului 6.3. *Ciclul de viață al construcțiilor din pământ*, materialele din pământ având un mare avantaj în acest context deoarece înregistrează valori reduse ale acestora.

Din acest motiv, s-a propus studierea reintroducerii tehnicilor constructive tradiționale cu pământ în regiunea Banatului prin intermediul conceptului de sustenabilitate care mizează și pe o latură socio-culturală a utilizării elementelor ce definesc specificul constructiv, precum și alinierea cu inițiativele existente pe plan local. Complexitatea conceptului introdus este explicată în cadrul subcapitolului 6.2. *Strategii de aplicare a sustenabilității prin raportarea la considerente ecologice*. Noțiunea de sustenabilitate permite o analiză multidisciplinară capabilă să redea fezabilitatea reintroducerii tradiției constructive, axându-se în cadrul studiului de față pe latura tehnică, și anume, compararea proprietăților termice, a indicatorilor de mediu și a celor de cost pentru a justifica introducerea variantei contemporane a cărămizilor nearse.

Activitățile întreprinse la nivel regional dovedesc interesul în creștere pentru aceste tehnici tradiționale, urmând ca studii viitoare să susțină includerea fondului construit existent și a tehnicilor constructive drept elemente ce țin de peisajul cultural specific zonei. Analiza de față vine în completarea acestor studii pentru a oferi o alternativă constructivă contemporană, având la bază corelarea celor trei componente ale sustenabilității: aspectele sociale, economice și de mediu. Au rezultat următoarele activități de întreprins, precum și problemele economice și aspectele de mediu care apar în jurul subiectului reintroducerii tehnicilor constructive din pământ:

A. ACTIVITĂȚI DE ÎNTREPRINS ÎN DOMENIUL SOCIO-CULTURAL:

- **Promovarea construcțiilor cu pământ ca elemente ce aparțin fondului construit specific local și reluarea unor practici constructive** pe cale de dispariție în mediul rural din zona Banatului. Reintroducerea tehnicilor constructive tradiționale permite crearea unei legături benefice între componentele fondului construit și maniera în care acestea pot fi reabilitate drept elemente importante care definesc identitatea regională.

- Acțiunile demarate au fost prezentate parțial în cadrul anexei 9.5. *Workshop-uri pentru a demonstra modul în care acestea contribuie la dezvoltarea comunităților locale, accentuându-se eventualele beneficii* care rezultă din formarea acestor grupuri care promovează activități culturale referitoare la perpetuarea tradițiilor constructive, și nu numai.
- **Activitățile întreprinse dovedesc interesul în creștere pentru tehnicile tradiționale folosind pământul ca material de construcție**, urmând ca studii viitoare să susțină necesitatea introducerii acestei culturi constructive în cadrul patrimoniului material local.
- **Realizarea unor workshop-uri la nivel local în care sunt prezentate aspectele definatorii ale construcțiilor arhitecturale din pământ**, având ca grup țintă un public nevizat, dar interesat de elementele definatorii ale practicilor tradiționale locale. Activitățile se referă la prezentarea:
 - caracteristicilor materialului pământ,
 - a tehnicilor constructive locale,
 - precum și la elementele de arhitectură care definesc specificul acestor construcții din Banat, așa cum au fost parțial prezentate în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat*. Identificarea unor măsuri de reabilitare a construcțiilor existente din pământ, respectiv a unor variante de intervenție asupra fondului construit, cu scopul de a pune în siguranță elementele care prezintă o rezistență structurală adecvată.

B. ASPECTE ECONOMICE:

- Avantajul economic a reprezentat motivul pentru care pământul a fost folosit ca principală resursă constructivă, încă din cele mai vechi timpuri. În momentul actual, tehnicile constructive care utilizează pământul, reprezintă o opțiune mai scumpă, din cauza unei serii de factori, precum:
 - Necesitatea de a avea o forță de muncă specializată în cazul utilizării practicilor tradiționale, respectiv în reabilitarea fondului construit existent;
 - Obligația de a realiza un acord tehnic pentru autorizarea construcțiilor din pământ;
 - Accesibilitatea redusă a materialelor de construcție contemporane din pământ cauzată de lipsa unor producători pe piața europeană, cu o competitivitate economică redusă;
- Prin urmare, materialele contemporane din pământ care răspund cerințelor actuale de stabilitate și siguranță în exploatare, reprezintă o opțiune mai scumpă în comparație cu materialele convenționale, aspect demonstrat în cadrul studiului efectuat în subcapitolul 7.4. *Indicatori de cost pentru stratificațiile propuse*.
- Având la bază existența unei tradiții referitoare la utilizarea pământului, așa cum a fost dovedit în cadrul studiului tehnic efectuat în această teză, (9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local*), reintroducerea producției acestor materiale ecologice pe plan intern, reprezintă o oportunitate de a obține avantaje economice. Pornind de la proprietățile materialului local, tradițiile constructive și existența fabricilor de cărămidă, există potențialul de a reactiva un sector industrial care a dispărut. Eficientizarea procesului de producție înseamnă diminuarea costurilor finale pentru beneficiari și a avantajelor economice pentru producătorii locali, ceea ce înseamnă că există variante de a face ca aceste materiale să redevină competitive pe piața locală, în comparație cu materialele utilizate în mod convențional.

- O altă direcție de dezvoltare economică o reprezintă cursurile de formare profesională, respectiv de recalificare a forței de muncă, drept oportunitate de stopare a migrației populației din mediul rural și urban. În acest mod, se pot înregistra avantaje financiare prin crearea unei forțe de muncă bine pregătite, compensând lipsa acestei resurse pe piața locală.

C. IMPACT ASUPRA MEDIULUI:

- În ceea ce privește impactului asupra mediului, se constată faptul că materialele tradiționale reinterpretate prezintă avantaje considerabile, în comparație cu opțiunile convenționale existente pe piață, așa cum a fost demonstrat în cadrul studiului indicatorilor privind impactul asupra mediului (realizat în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți*), în timp ce se obțin proprietăți termice similare.
- Conștientizarea proprietăților ecologice ale materialelor de construcție pe bază de pământ permite promovarea utilizării acestora ca parte a unui efort mai amplu referitor la reintroducerea pe piață a produselor ecologice, realizate pe plan local, capabile să aducă beneficii la nivel regional.
- Utilizarea acestor materiale de construcție alternative ține cont de educarea publicului larg referitor la avantajele ecologice ale materialelor naturale.
- Se preconizează faptul că implementarea proprietăților acestor materiale în domeniul construcțiilor urmează să devină aspecte normate în cadrul legislațiilor europene viitoare privind atenuarea schimbărilor climatice. Modalitatea de reglementare vizează introducerea unor taxe aferente emisiilor de carbon și a altor poluanți, considerați în funcție de diferitele etape ale ciclului de viață pentru fiecare produs în parte.
- Dezvoltarea acestor studii prin referire la o serie de indicatori privind impactul asupra mediului permite realizarea unei analize mai extinse pentru întregul ciclu de viață al materialelor.
- Se accentuează caracterul ecologic al elementelor constructive din pământ prin referire la elemente precum potențialul de reciclare și de reutilizare al acestora, așa cum aceste valori sunt identificate în cadrul bazei de date germane. În cazul realizării unui calcul în ceea ce privește etapele ulterioare ale ciclului de viață (A4-A5. Stadiul de proces de construire, etapa B1-B7. Stadiul de utilizare, C1. Demolare, C2. Transport, C3. Procesarea deșeurilor, C4. Înlăturare), acestea se calculează în funcție de fiecare proiect în parte și depind de infrastructura locală în ceea ce privește capacitatea de reciclare, de exemplu.

8.2. Concluzii ale studiului teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți propuse

8.2.1. Proprietăți termice

Tab. 24. Tabel sintetic referitor la proprietățile termice pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu;

	Valoarea măsurată	Strat.1: Blocuri ceramice cu goluri verticale	Strat.2: Cărămizi nearse 2DF 700	
1	Valoarea transmitanței termice U	0,164 W/m ² K	0,165 W/m ² K	<p>S-au înregistrat valori ale transmitanței termice similare ca urmare a configurării stratificațiilor în așa fel încât, proprietățile termice la nivel de material să fie cât mai apropiate.</p> <p>- Valorile termotehnice rezultate la nivel de material se regăsesc în</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tabelul 6. <i>Comparație între materialele principale propuse - blocuri ceramice și cărămizi din argilă nearsă,</i> • Tabelul 12. <i>Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse (ambele tabele fiind regăsite în subcapitolul 7.1.1. Proprietățile termice la nivel de material de construcție).</i> <p>- Valoarea reper considerată pentru transmitanța termică este cea înregistrată în cadrul standardului de Casă Pasivă U = 0,15 W/m²K.</p>
2	Densitate	293 kg/m ²	318 kg/m ²	- Este indicată o valoare mai mare a densității pentru stratificația realizată din cărămizi nearse față de valoarea înregistrată în dreptul blocurilor ceramice cu goluri.
3	Grosime	50.3cm	55.4cm	- Dimensiunile termoizolației sunt mai mari în cadrul stratificației din cărămizi nearse pentru a compensa din valorile nefavorabile înregistrate pentru conductivitatea termică a întregului element constructiv, rezultând un strat de termoizolație mai mare, respectiv o diferență de 5,1cm între cele 2 variante de pereți propuse.
4	Temperatură la suprafața interioară	24-25°C	24-25°C	- Deși temperaturile înregistrate la nivelul suprafețelor interioare (24-25°C), respectiv exterioare (15-35°C) sunt egale, fiind constante ale studiului luat în

	(valoarea medie înregistrată 19°C)			considerare, s-a demonstrat faptul că stratificația realizată din materiale naturale reține mai bine umiditatea în straturile interioare și se realizează o transmitere mai bună a fluxului termic către straturile exterioare.
5	Temperatura la suprafața exterioară (valoarea minimă înregistrată -4,8°C)	15-35°C	15-35°C	- Studiul termotehnic a fost ilustrat în cadrul <i>tabelului 9. Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse, subcapitolului 7.1.2. Proprietățile termice la nivel de stratificații propuse, valorile extreme ale umidității și temperaturii sunt înregistrate la contactul dintre stratul de termoizolație și stratul de umplutură, după cum urmează:</i>
				Valorile indicate pentru stratificația din blocuri ceramice, suprafața de contact dintre stratul 4 și stratul 5 : <ul style="list-style-type: none"> • umiditate relativă 91,1%; • temperatură : -4,8°C. Valorile indicate pentru stratificația din cărămizi nearse, suprafața de contact dintre stratul 6 și stratul 7: <ul style="list-style-type: none"> • umiditate relativă: 91,2%; • temperatură : -4,6°C.
	Valorile mai mari înregistrate pentru stratificația 2. - cărămizi nearse, se datorează conductivității termice și capacității superioare de stocare termică a stratului de cărămizi nearse, în comparație cu stratul din blocuri ceramice. - În acest caz, sunt exploatate proprietățile higroscopice ale materialelor din argilă de a capta și de a elibera umiditatea din mediul interior. Utilizând un pachet constructiv realizat din tencuieli de argilă și cărămizi nearse, se permite transferul umidității și căldurii până la stratul de umplutură, respectiv de termoizolație.			
6	Valoare Sd (permeabilitate la vapori)	3,2m	2,5m	În ceea ce privește permeabilitatea la transferul de vapori, stratificația din blocuri ceramice prezintă o valoare a factorului S_d egală cu 3,2m, în timp ce în dreptul cărămizilor nearse a fost înregistrată o valoare a factorului S_d egală cu 2,5m. Valoarea mai mică a factorului S_d (rezistența la umiditate a materialului/stratificației prin raportare la 1m de aer) indică faptul că prin utilizarea materialelor naturale, se realizează o permeabilitate mai bună la vapori la nivelul întregului element constructiv.

7	Condensare	0kg/m ²	0kg/m ²	<p>Valoarea nulă a factorului de condensare dovedește faptul că s-au propus materiale compatibile, rezultând un perete fără probleme referitoare la realizarea apei din condens, așa cum este ilustrat în:</p> <ul style="list-style-type: none"> • graficul 2. <i>Umiditatea relativă prin peretele de zidărie din blocuri ceramice;</i> • graficul 6. <i>Umiditatea relativă prin peretele de zidărie din cărămizi nearse;</i> • capitolului 7.1.2. <i>Proprietăți termice la nivel de stratificații propuse.</i>
8	Rezervă de uscare	4325 g/m ² a	5317 g/m ² a	<p>- Datorită capacităților higroscopice specifice materialelor naturale, se observă cum pentru stratificația din blocuri ceramice se înregistrează valori superioare ale rezervei de uscare. Această caracteristică înseamnă că stratificația din cărămizi nearse poate reține umiditatea în spațiul interior pentru o perioadă mai mare de timp.</p>
9	Amplitudine de temperatură	>100 (1/TAV)	>100 (1/TAV)	<p>- Deși în urma simulărilor termice, amplitudinea de temperatură prezintă valori generice, cuantificate drept mai mari de 100 (mai mari față de valoarea de referință considerată 20). Se observă maniera în care curbele care indică fluctuațiile de temperatură sunt atenuate în cazul stratificației propuse din cărămizi nearse, față de cele înregistrate pentru stratificația realizată din blocuri ceramice. În cel de-al doilea caz, diferența de temperatură este preluată în dreptul termoizolației, în timp ce în cazul cărămizilor nearse, datorită conductivității mai mari, fluxul termic traversează mai ușor stratificația propusă, valori indicate în:</p> <ul style="list-style-type: none"> • graficul 4. <i>Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice;</i> • graficul 9. <i>Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din cărămizi nearse din argilă.</i> Din acest motiv, se poate considera faptul că stratificația este eficientă din punct de vedere termic deoarece permite păstrarea unor indicatori constanți referitori la valorile umidității și temperaturii din interior.

10	Schimbarea de fază	24h	25h	<p>- Valorile considerate ideale pentru schimbarea de fază se referă la un interval de 10-12ore. În acest caz, valorile care au rezultat pentru schimbarea de fază sunt duble, ceea ce determină ca acestea să nu fie considerate relevante în analiza termotehnică.</p> <p>- Valorile înregistrate în cadrul acestei analize, 24h pentru termoizolația din blocuri ceramice și 25h pentru termoizolația din cărămizi nearse, rezultă din respectarea standardului de Casă Pasivă ($U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prin urmare, deși termoizolarea aduce beneficii referitoare la necesarul de căldură, traduse prin economii substanțiale de energie utilizată în faza de exploatare, se diminuează din capacitatea de schimbare de fază caracteristică materialelor tradiționale.</p> <p>-</p>		
<p>Se observă o diferență în cazul stratificației materialelor poroase din pământ, ceea ce dovedește decalajul de timp între înmagazinarea căldurii și eliberarea acesteia, proprietate specifică materialelor naturale. Caracteristica dovedește, împreună cu celelalte proprietăți termice, capacitatea de reglare a umidității relative și a temperaturii interioare. În acest mod, este demonstrată inerția termică superioară a stratificației realizate din cărămizi nearse, în comparație cu stratificația realizată din blocuri ceramice.</p>						
11	Capacitatea de stocare termică	Tot peretele	Comp. Int.	Tot peretele	Comp. Int.	<p>- În ceea ce privește capacitatea de stocare termică la nivelul întregii stratificații, se observă cum valorile înregistrate pentru peretele din cărămizi nearse sunt mai mari în comparație cu cele înregistrate pentru peretele din blocuri ceramice, atât în cazul componentelor interioare, cât și pentru întregul perete.</p> <p>- Capacitatea de stocare termică este una dintre caracteristicile specifice materialelor cu schimbare de fază, precum cărămizile nearse din argilă și termoizolația din fibre de lemn. În cazul de față, valorile mari înregistrate la nivelul componentelor interioare, respectiv în ceea ce privește întregul element constructiv, se indică păstrarea acestor caracteristici, putând fi valorificate din punct de vedere al</p>
		292 kJ/m²K	201 kJ/m²K	337 kJ/m²K	248 kJ/m²K	

						eficientizării energie necesare pentru încălzirea componentei, în faza de exploatare. Corelată cu o termoizolație eficientă, această caracteristică poate duce la îmbunătățirea confortului termic.
<p>➤ În concluzie, s-au obținut dimensiuni și valori termotehnice similare, diferențele majore cuantificate în dreptul stratificației din cărămizi nearse sunt reprezentate în dreptul următoarelor proprietăți:</p> <ul style="list-style-type: none"> • o valoare mai mare a transmitanței termice, o permeabilitate mai bună la transferul de vapori, • densități mai mari și o valoare a rezervei de uscare mai mare pentru materialele naturale, • o valoare mai mare a capacității de stocare termică în cazul stratificației realizate din cărămizi nearse. <p>➤ În urma acestui studiu, s-a demonstrat faptul că materialele naturale se adaptează condițiilor de mediu fluctuante de temperatură și umiditate, exploatând proprietăților higroscopice și inerția termică specifică. Prin urmare, se obține un confort mai bun prin compararea valorilor temperaturii interioare și a umidității relative înregistrate în cazul peretelui realizat din cărămizi nearse (din cauza atenuării fluctuațiilor mari înregistrate în dreptul acestor factori), cu valorile măsurate pentru peretele din blocuri ceramice cu goluri verticale.</p>						

8.2.2. Indicatori ecologici

Tab. 24. Tabel sintetic referitor la valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru cele 2 stratificații propuse;

	Indicator Ecologic	Strat.1. Blocuri ceramice	Strat.2. Cărămizi nearse	Concluzii:
1.	Gazele cu efect de seră emantate pentru realizarea stratificației, valoare asociată Potențialul de încălzire globală a producției în kg CO ₂ echiv./m ² (GWP).	79 kg CO₂ echiv. /m²	12 kg CO₂ echiv. /m²	- Pentru stratificația din blocuri ceramice și termoizolația din vată minerală (79 kg CO ₂ echivalent/m ²), indicatorul GWP este de aproximativ 6,6 ori mai mare față de valoarea indicată pentru stratificația realizată din cărămizi nearse (12kg CO ₂ echivalent/m ²), ceea ce înseamnă emisii de dioxid de carbon considerabil mai mari pentru stratificația realizată din materiale convenționale.
2.	Potențial de epuizare a stratului de ozon (ODP)	62*10⁻¹¹ kg R11-echiv. /kg	10*10⁻¹¹ kg R11-echiv. /kg	- În ceea ce privește indicatorul ODP pentru cele două stratificații, se observă cum valoarea înregistrează valori de aproximativ 6,2 ori mai mari pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, în comparație cu cea realizată din cărămizi nearse.
3.	Potențial de formare a oxidanților fotochimici de ozon (POCP)	0,0083 kg echiv. Etilenă /kg	0,0054 kg echiv. Etilenă /kg	- În ceea ce privește indicatorul POCP (valoare ce indică potențialul de formare a ozonului la suprafața solului, fenomen denumit <i>summer smog</i>), rezultă că în cazul stratificației din blocuri ceramice se înregistrează o valoare de aproximativ 1,53 ori mai mare față de cea înregistrată pentru stratificația din cărămizi nearse.
4.	Potențial de acidificare (AP)	0,15 kg SO₂ -echiv. /kg	0,050 kg SO₂ -echiv. /kg	- Din punct de vedere al indicatorului AP , se observă o valoare de 3 ori mai mare a emisiilor de dioxid de sulf în cazul stratificației realizate din blocuri ceramice, în comparație cu valoarea obținută în cazul peretelui realizat din cărămizi nearse.

5.	Potențial de eutrofizare (EP)	0,017 kg PO₄ Echiv./kg	0,012 kg PO₄ Echiv./kg	- În cadrul fiecărei stratificații, se observă cum valoarea înregistrată pentru indicatorul EP este de aproximativ 1,4 ori mai mare pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, față de cea înregistrată pentru stratificația realizată din cărămizi nearse.
6.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse non-fosile ADPE - Abiotic depletion potential			Nu sunt indicate valori la nivel de stratificație.
7.	Potențial de epuizare abiotică pentru resurse fosile ADPf (ADP elements)			Nu sunt indicate valori la nivel de stratificație.
8.	Necesarul de energie primară din surse neregenerabile în timpul fabricației - PENR	193 kWh/m²	171 kWh/m²	- În cazul energiei primare neregenerabile se observă valori mai mari ale indicatorului PENR pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, comparată cu valoarea înregistrată pentru peretele din cărămizi nearse. Aceste valori sugerează că materialele naturale propuse prezintă o energie încorporată mai mică, constituind o variantă ecologică pentru materialele utilizate în mod convențional.

8.2.3. Indicatori de cost

Tab. 25. Tabel sintetic cu indicatorii de cost pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu;

	Material	Preț RON/m ²		Material	Preț RON/m ²	- Prețurile prezentate în cadrul acestui studiu reprezintă costurile medii cumulative aferente stratificațiilor principale (tencuială de interior, zidărie de umplură, tencuială de exterior) considerate în funcție de prețurile medii înregistrate pe piață la momentul actual.
	A.Stratificația folosind blocuri ceramice			B.Stratificația folosind cărămizi nearse		
1+ 2.	Tencuiala de interior pe bază de var	13.65 RON/m ²	1 + 2 + 3.	Tencuială de interior din argilă fină	144,50 RON/m ²	- Se constată valori de 10,6 ori mai mari înregistrate pentru tencuiala de interior din argilă, față de valoarea obținută în cazul tencuiei pe bază de var.
3.	Blocuri ceramice	110 RON/m ²	4 + 5.	Cărămizi din argilă nearsă	387,36 RON/m ²	- În cazul stratului de umplură, prețul estimativ al cărămizilor nearse este de aproximativ 3,5 ori mai mare față de cel obținut pentru blocurile ceramice.
4+ 5+ 6	Termosistem vată minerală	100 RON/m ²	6 + 7 + 8	Termosistem fibre de lemn	257,08/ 398,18 RON/m ²	- Din punct de vedere al termosistemului, diferența de preț înregistrată este evaluată ca fiind de

					2,5 - 4 ori mai mare datorită prețului mai mare al termoizolației din fibre de lemn.
		223.65 RON/m²		788,94 / 930,04 RON/m²	- Prin urmare, prețul stratificației realizate din cărămizi nearse este de aproximativ 4 ori mai mare față de prețul stratificației din blocuri ceramice.

8.3. Contribuții personale

Aportul personal în cadrul tezei a constat în evidențierea caracteristicilor pământului ca material de construcție și adaptarea acestora la un context contemporan prin intermediul tradiției constructive deja existente în regiunea Banatului. Posibilitatea de a reactualiza o veche tehnică constructivă la noile standarde, fac din materialul de construcție pământ, un subiect dezbătut intens în cadrul centrelor de cercetare internaționale prin intermediul conceptelor de ecologie și sustenabilitate. Adaptarea acestor subiecte la un specific local a permis fundamentarea studiului doctoral și a inclus un parcurs mai lung ce a cuprins etape de cercetare specifice (documentare, analiză, practică și diseminare), așa cum acestea au fost conturate de la început în capitolul 1.4. *Obiective ale cercetării.*

Capitolele tezei sunt structurate în funcție de aceste obiective enunțate în partea de introducere, fiind dezbătute pe larg în continuarea studiului. O mare parte din documentarea și activitățile practice întreprinse pe parcursul cercetării sunt incluse în capitolul 9. *Anexe.* Prin urmare, sunt prezentate etapele studiului, cu un accent pe partea de analiză care a constat în realizarea unor comparații din punct de vedere tehnic, economic și de mediu în ceea ce privește materialele de construcție, stratificațiile de perete. Scopul a fost de a evidenția fezabilitatea reintroducerii materialului pământ drept o variantă ecologică de construcție în regiunea Banatului.

1. DOCUMENTARE:

➤ **Obiectiv 1: Identificarea elementelor care constituie particularitățile pământului ca material de construcție** și a modului în care studiul de față poate contribui la dezvoltarea unei cercetări adaptate contextului local, prin considerarea studiului de caz referitor la regiunea Banatului. Se realizează și o trecere în revistă a proprietăților simbolice și culturale ale pământului ca material de construcție, a curentelor arhitecturale care au promovat introducerea acestor tehnici tradiționale și a posibilelor aplicații teoretice și practice în cazul proiectării contemporane.

- Capitolul 1. *Introducere,*
- Capitolul 2. *Valori simbolice și considerații teoretice ale pământului ca material de construcție;*
- *Anexa 9.3. Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.*

- **Obiectiv 2: O prezentare succintă a evoluției construcțiilor remarcabile din pământ în Europa** și a modului în care acestea constituie repere importante în rândul comunităților pe care le reprezintă – Capitolul 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa*, cu scopul de a recunoaște importanța utilizării practicilor constructive folosind pământul, încă din cele mai vechi timpuri, respectiv modul în care acestea au evoluat ca urmare a contactului cu diverse culturi.
 - În cadrul anexei 9.1. *Arhitectura din pământ în diferite zone geografice*, prezentarea realizată are scopul de a demonstra caracterul universal al materialului și modul în care maleabilitatea sa a determinat apariția unor culturi constructive variate în diferitele regiuni geografice amintite.
 - În anexa 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane*, este subliniat modul în care tehnicile tradiționale cu pământ au definit specificul arhitectural al centrelor urbane, prin prezentarea unor studii de caz relevante și a modului în care acestea au evoluat de-a lungul timpului.
- **Obiectiv 3: Descrierea tehnicilor constructive cu pământ din Banat și a modului în care acestea s-au dezvoltat în timpul colonizării habsburgice**, drept practică constructivă regăsită la nivel local.
 - Anexa 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat*;
 - Prezentarea proprietăților materialului pământ cu scopul de a le folosi drept elemente de analiză în studierea fondului construit existent. Pentru a realiza acest studiu, este necesară parcurgerea informațiilor referitoare la proprietățile materialului, metodele de îmbunătățire a acestora, precum și tehnici de restaurare și întreținere, cu scopul de a crea o imagine de ansamblu asupra specificului acestor construcții, subiecte prezentate în anexa 9.4. *Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție*, în această ordine:
 - 9.4.1. *Avantaje și dezavantaje ale folosirii pământului ca material de constr.*,
 - 9.4.2. *Compoziția pământului*,
 - 9.4.3. *Proprietățile caracteristice ale pământului ca material de construcție*,
 - 9.4.4. *Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului*,
 - 9.4.5. *Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ*.
- **Obiectiv 4: Prezentarea tehnicilor constructive tradiționale și a modului în care acestea sunt puse în operă în contextul actual** - capitolul 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă*;
- **Obiectiv 5: Concentrarea studiului pe analiza pereților ca element constructiv cu scopul de a prezenta tehnicile tradiționale specifice** și interesul actual asociat noilor variante de punere în operă. Din acest motiv, sunt trecute în revistă principalele particularități ale pereților ca element constructiv, analizând maniera în care se concep și se dimensionează șpaletii de zidărie, caracteristicile mortarului și a tencuielilor din pământ, în timp ce soluțiile inovative de punere în operă a pereților vizează variante noi precum printarea 3D, utilizarea roboților, a mașinilor de tencuit etc.
 - 5.1. *Alcătuirea pereților din pământ*,
 - 5.2. *Soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ*,
 - 5.3. *Realizarea pereților din pământ folosind tehnologia imprimării 3D*.
- **Obiectiv 6: Analiza construcțiilor cu pământ prin intermediul conceptelor de ecologie și sustenabilitate** și a modului în care pământul ca material de construcție poate să se adreseze acestora în context contemporan – capitolul 6. *Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile*.
 - 6.1. *Stadiul actual al cercetărilor în Europa și inițiativele existente pe plan local*,

- 6.2. *Strategii de aplicare a sustenabilității prin raportarea la consid. ecologice,*
- 6.3. *Considerații referitoare la ciclul de viață pentru construcțiile din pământ.*

2. ANALIZĂ:

➤ **Obiectiv 7: Pornind de la caracteristicile pământului local, se realizează o analiză a modului în care tehnica specifică la nivel regional (cărămizile nearse din văiugă) poate fi utilizată în context contemporan, prin studierea posibilelor materiale incluse în stratificațiile de pereți. În cadrul anexelor, este prezentată o analiză referitoare la compoziția granulometrică a pământului prelevat din surse locale pentru a demonstra caracteristicile specifice ale materiei prime. Aceste caracteristici au determinat de la bun început definirea principalei tehnici constructive locale – cărămida nearsă.**

Pentru realizarea acestui obiectiv au fost considerate mai multe etape de studiu referitoare la analiza fondului construit existent, a tehnicilor constructive specifice, precum și adaptarea acestora în cadrul unui exemplu concret de locuință contemporană, aspecte prezentate în anexele:

- 9.3.2. *Apariția și perpetuarea construcțiilor folosind pământul local în zona Banatului în noile sate sistematizate începând cu secolul al XVIII-lea,*
- 9.3.3. *Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor cu pământ din Banat,*
- 9.4.6. *Studiu de caz – Proiect de diplomă,*
- 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local,*
- 9.4.8. *Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane.*

➤ **Obiectiv 8:** Realizarea unui studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți pornind de la caracteristicile tehnicii constructive tradiționale (cărămizi nearse din argilă). Este propusă o stratificație compusă din materiale contemporane, drept alternativă ecologică la materialele utilizate în mod convențional (blocuri ceramice cu goluri verticale), fiind urmărite următoarele valori:

- Determinarea proprietăților termice la nivel de materiale de construcție și la nivel de stratificație - 7.1. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Proprietăți termice.,*
- Determinarea caracteristicilor ecologice prin compararea indicatorilor de mediu la nivel de material de construcție și la nivel de stratificație - 7.2. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Indicatori ecologici, subpunctul 7.3. Concluziile comparației între indicatorii de mediu pentru materialele și stratificațiile propuse,*
- Determinarea indicatorilor de cost prin considerarea materialelor de construcție, respectiv a stratificațiilor propuse - 7.4. *Indicatori de cost pentru stratificațiile propuse.*

➤ **Obiectiv 9. Conturarea unui discurs coerent privind reinterpretarea tehnicilor constructive tradiționale** prin considerarea celor trei aspecte ale sustenabilității – economic, social și de mediu, precum și prezentarea aplicațiilor contemporane, respectiv a direcțiilor de studiu viitoare.

- Reconfigurarea unui partiu tradițional folosit încă din perioada colonizării la cerințe locative contemporane pentru a analiza în ce măsură materialele din pământ se pot adapta cerințelor actuale din punct de vedere al confortului interior și al siguranței în exploatare - 9.4.8. *Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane,*
- Alinierea studiului cu inițiativele existente pe plan local în ceea ce privește conturarea peisajului cultural specific din Banat – 8.4. *Viitoare direcții de studiu,*

- Prezentarea unor construcții din pământ reprezentative realizate în Europa - 9.6. *Construcții contemporane din pământ*,

3. PRACTICĂ ȘI DISEMINARE

- **Participarea la diferite prezentări și workshop-uri** cu scopul de a identifica principalele proceduri de testare a proprietăților pământului ca material de construcție, experimentarea cu diversele tehnici existente, precum și a modului în care trebuie promovat fondul construit din pământ.
- Diseminarea informațiilor în rândul conferințelor naționale și internaționale, respectiv participarea la o serie de workshop-uri dedicate acestui subiect:
 - 9.5.1. *Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”*,
 - 9.5.2. *Congresul Mondial referitor la arhitectura din pământ – TERRA 2016*,
 - 9.5.3. *Expoziția "Ma terre première – Muzeul Confluențelor, Lyon – Franța*,
 - 9.5.4. *Workshop Buzad, Timiș – Regio EARTH 2018*,
 - 9.5.5. *Workshop Stanciova*.

8.4. Viitoare direcții de studiu

În ceea ce privește **conștientizarea importanței fondului construit din pământ aflat în zona Banatului, s-a început o campanie de promovare** a tehnicilor constructive tradiționale prin intermediul mai multor activități întreprinse, dar caracterul acestora este într-un stadiu incipient. Scopul este sensibilizarea eventualilor participanți în cadrul procesului constructiv asupra potențialului acestor materiale și construcții de a reprezenta un element de identitate regională [243]. O posibilitate de dezvoltare este includerea în patrimoniul protejat ca și tradiție constructivă întâlnită în Banat. Aceste demersuri au fost realizate în regiune prin intermediul activităților diverselor asociații, ca răspuns al unor inițiative desfășurate la nivel mondial, dar lipsa unei viziuni generale pare să limiteze anvergura proiectului. Din acest motiv, activitățile întreprinse nu ating potențialul maxim posibil, nefiind corelate printr-o strategie coerentă.

Acesta este motivul pentru care inițiativele trebuie încadrate în ceea ce ar reprezenta o valorificare a întregului potențial al peisajului cultural din Banat, prin realizarea unei strategii de ansamblu. Scopul este de a promova atât patrimoniul material prin considerarea construcțiilor reprezentative (în special conacele și bisericile din perioada Barocă, bisericile vechi de lemn din zona montană), cât și elementele patrimoniului imaterial care se referă la obiceiurile și tradițiile transmise de-a lungul timpului. Prin urmare, regiunea Banatului prezintă oportunități valoroase de exploatare a elementelor ce țin de patrimoniul local și modul în care acestea pot oferi variante de a sublinia caracterul arhitectural al construcțiilor din Banat și a tradițiilor specifice. Se accentuează tocmai acest caracter multiethnic și divers ce constituie o caracteristică locală greu de neglijat, dar nevalorificată suficient din punct de vedere social, cultural, cât și din punct de vedere economic.

²⁴³ Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 19-25;

Activitățile și workshop-urile efectuate în diferitele amplasamente, așa cum au fost prezentate în cadrul anexelor, permit realizarea unor intervenții punctuale în teritoriu, marcând necesitatea acestor inițiative la nivel regional. Potențialul este enorm în contextul în care tocmai componenta socială lipsește din coagularea unor entități capabile să aprecieze și să promoveze aspectele ce țin de specificul local [244]. Aceste demersuri se derulează deja în Transilvania, unde multe asociații promovează diverse activități pentru a reanima un teritoriu din ce în ce mai depopulat. Activitățile organizate cuprind evenimente sportive, concerte, prezentări și proiecte culturale, toate fiind realizate cu scopul de a activa o zonă care riscă să-și piardă elementele ce îi definesc identitatea [245].

Pornind de la acest prim pas referitor la sensibilizarea și educarea publicului larg, se pot realiza inițiative care să prezinte un parcurs logic și coerent, desfășurat pe o perioadă mai lungă de timp și care să prezinte continuitate. În acest context, arhitecții devin catalizatori pentru aceste manifestări, mizând pe latura socială a profesiei de a coagula comunități în jurul unei inițiative comune. Se oferă în același timp exemple de bune practici, prin prezentarea beneficiilor asociate promovării acestor valori la nivel regional, cât și în cazul intervențiilor punctuale în cadrul proiectelor individuale.

În ceea ce privește promovarea construcțiilor cu pământ din Banat, există potențialul de a valorifica aceste elemente de specific cultural prin adoptarea mai multor strategii de intervenție, în așa fel încât întregul demers să atingă un public cât mai larg. Dacă la început este necesară o campanie de informare, este important să se specifice etapele și variantele de intervenție pe parcursul întregului demers. Pentru realizarea unei acțiuni de o asemenea anvergură, este propusă realizarea unei rețele de profesioniști care să cuprindă:

- meșteri, ingineri, arhitecți,
- furnizori de materiale naturale de construcție preluate din mediul rural,
- ONG-uri interesate de ecologia locuirii și a patrimoniului rural [246],
- precum și informații referitoare la fondul construit existent, toate fiind incluse într-o bază de date accesibilă [247].

De asemenea, este necesară promovarea la nivelul autorităților locale, primăriei, consiliu județene, agenții de dezvoltare, a oportunităților neexploatate din domeniul materialelor de construcție și a meșteșugurilor tradiționale/ecologice, a potențialului de a genera dezvoltare economică la nivel de regiune prin utilizarea acestor resurse locale. Așa cum menționează Anna Heringer, responsabilă de departamentul de Culturi Constructive și Dezvoltare Sustenabilă din cadrul ETH Zürich [248], pentru o bună diseminare a informațiilor și a tehnicilor tradiționale, referitoare la construcțiile din pământ, este necesar să existe o pregătire practică a meșterilor, a arhitecților și a inginerilor. De regulă, aceste

²⁴⁴ Jake Barrow, Robin Jones, 2016, „Cornerstones Community Partnerships assis communities in preserving their earthen-architectural heritage”, 11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage;

²⁴⁵ Tudor Sălăgean, 2013, „De la tradiție la ocupare. Revitalizarea vechilor tradiții și dezvoltarea comunităților rurale”, Ed. Argonaut, Cluj-Napoca;

²⁴⁶ Dorothy McLaughlin, P.Addersley, C. Kennedy, A. Leslie, 2020, „Management of Louisiana's historic bousillage buildings”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre;

²⁴⁷ Zuzana Syrova, Jiri Syrovy, „Constructions en terre dans le système d'information du patrimoine”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;

²⁴⁸ <https://www.anna-heringer.com/vision/>;

inițiative pornesc din universități, fiind necesară o mai bună înțelegere a modului în care pământul ca material de construcție considerat tradițional, răspunde pozitiv problemelor referitoare la ecologie și sustenabilitate din domeniul constructiv. **Noțiunile teoretice trebuie dublate de cunoștințe practice, formare profesională, împreună cu abilități digitale de studiu și analiză** pentru a demonstra fezabilitatea introducerii acestor materiale tradiționale, așa cum s-a propus în cadrul studiului de față, capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți.*



Fig. 94. Locuință din pământ în Stanciova, sursă: © E.R.Florescu;

Pentru domeniul constructiv, este întotdeauna un moment important atunci când se dezvoltă un nou material sau o nouă tehnologie de construcție. Înainte de a fi introdus pe piață, fiecare material trece printr-un proces lung și complex de studiu tehnic realizat prin colaborarea dintre diferiți parteneri (ingineri, antreprenori, arhitecți și manageri de proiect) care testează în mod activ potențialul unui material pentru a recunoaște posibilitățile sale fizice și economice, precum și dacă este acceptat pe piață [249]. În cazul pământului, nu este vorba despre un material nou, acesta fiind folosit încă din cele mai vechi timpuri, definind tehnici constructive specifice multor regiuni și centre urbane, așa cum a fost demonstrat în cadrul capitolului 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa, cât și în anexa 9.1. Arhitectura din pământ în diferite zone geografice.* Pământul este asociat cu un caracter efemer al construcțiilor, însă prin intermediul exemplelor ilustrate în cadrul anexei 9.6. *Construcții contemporane din pământ*, se dovedește maniera în care se pot realiza construcții rezistente și eficiente din punct de vedere energetic pornind de la acest material.

În ceea ce privește viitorul construcțiilor cu pământ, materialul în sine duce la soluții arhitecturale noi ce au ca scop evaluarea caracteristicilor referitoare la ecologie și sustenabilitate. Este important să se analizeze în acest context, în ce măsură materialele tradiționale reprezintă o alternativă sustenabilă de

²⁴⁹ Jesus Vassallo, 2017, "Un essai sur la terre crue" în *Pisé – Tradition et Potentiel*, "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne", pag. 152-155;

a construi în momentul actual, prin considerarea tradiției constructive locale. Studiul de față s-a aliniat tendințelor actuale de cercetare privind sustenabilitatea, mizând pe latura tehnică, pentru a demonstra fezabilitatea introducerii acestor noi materiale realizate din pământ.

Dacă la început, s-au evaluat proprietățile fizice ale pământului local, așa cum s-a prezentat în cadrul anexei 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului ca material de construcție*, din cauza lipsei unei legislații corespunzătoare în ceea ce privește realizarea construcțiilor din pământ, respectiv fabricarea unor materiale asemănătoare pe plan local, a rezultat necesitatea abordării unor soluții deja testate și implementate în Europa, și anume, cărămizile nearse produse conform ultimelor standarde în vigoare la momentul actual. Prin urmare, s-a realizat o analiză extinsă a proprietăților termice la nivel de material și stratificații de pereți, pentru a demonstra cum aceste opțiuni ecologice pot constitui alternative fezabile de construcție celor utilizate în momentul actual – subcapitolul 7.1. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Proprietăți termice.*

Concluzia referitoare la acest studiu teoretic a scos în evidență calitățile higroscopice ale materialelor naturale și necesitatea exploatării acestora în cadrul unor noi studii, prin analizarea altor componente constructive și stratificații posibile, respectiv alte variante de punere în operă. Următoarea parte a studiului a cuprins analiza avantajelor ecologice prin compararea indicatorilor de mediu. Această parte a studiului, prezentată în cadrul subcapitolului 7.2. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Indicatori ecologici.*, conține metodologia propusă pentru studierea caracterului ecologic al materialelor naturale prin utilizarea bazei de date existentă în Germania.

Studiul s-a limitat la analiza datelor privind energia încorporată în etapa de producție, drept cea mai importantă etapă din punct de vedere a energiei utilizate și a emisiilor rezultate, folosind metoda "Cradle to Gate", dar aceste analize pot fi continuate prin cuantificarea și a celorlalți indicatori din cadrul bazei de date. Pe măsură ce studiul indicatorilor de mediu va evolua, se pot realiza analize viitoare cu privire la energia consumată și în celelalte etape ale ciclului de viață pentru transport, demolare și reciclare, în funcție de capacitățile funcționale aferente fiecărei regiuni. Din lipsa unor date clare referitoare la posibilitățile infrastructurii regionale, este dificil a realiza un studiu care să se întindă pe parcursul întregului ciclu de viață (includerea etapelor de reciclare și de reutilizare).

8.5. Considerații finale

Așa cum s-a demonstrat în cazul inițiativelor existente la nivel internațional, utilizarea cât mai eficientă a resurselor regăsite pe plan local a determinat apariția unor proiecte la scară mică privind exploatarea proprietăților fizice ale materialelor naturale utilizate într-un mod tradițional. Pornind de la exemplele realizate în Franța și Germania, prezentate în cadrul subcapitolului 6.1. *Stadiul actual al cercetărilor în Europa și inițiativele existente pe plan local*, măsurile implementate la nivel guvernamental, corelate cu cercetările din mediul academic și practica profesională, au permis introducerea fondului construit din pământ în lista națională a patrimoniului material. În acest mod se perpetuează practicile constructive cu pământ și se realizează studii privind noile posibilități tehnice de implementare ale materialului, conform standardelor contemporane.

Inițiativele actuale vizează reluarea acestor practici constructive, atât în mediul rural prin intermediul proiectelor de mici dimensiuni, cât și în mediul urban, prin realizarea unor proiecte de infrastructură la nivel regional. Exemple ale unor dezvoltări la scară urbană sunt prezentate în cadrul subcapitolului 6.1.2.1. "Domeniul Pământului", *Villefontaine, Franța* și în anexa 9.6.4. *Cycle Terre, fabrica Sevran și ecocartierul Ivry sur Seine*. Prin urmare, materialele de construcție din pământ se încadrează în tema dezbaterilor actuale referitoare la ecologie și sustenabilitate, considerând următoarele teme dezbătute în cadrul tezei:

- **preluarea tradiției constructive existente pe plan local** (anexa 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.*),
- **energia încorporată redusă** (capitolul 6. *Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile*),
- **emisiile poluante diminuate** (capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane*).

Caracterul ecologic și proprietățile higroscopice ale materialului sunt dependente de structura materială, de aditivii care intră în compoziția acestuia. Din acest punct de vedere, s-a dovedit în cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți*, faptul că la nivelul materialelor de construcție, cărămizile nearse prezintă cele mai mici valori referitoare la energia încorporată, urmate de tencuielile din argilă. Aceste caracteristici sunt explicabile datorită procedeelelor de fabricație care implică din ce în ce mai puține emisii și substanțe poluante.

Proprietățile materialului pământ reprezintă subiectul de interes pentru studii viitoare deoarece rezultă posibilitatea realizării unor economii de resurse atât în faza de produs, cât și în celelalte etape ale ciclului de viață. Atunci când descoperirile tehnologice vor evolua, materiale de construcție realizate din pământ vor deveni mai accesibile din punct de vedere economic, reușind astfel să concureze cu alternativele existente pe piață. Pentru realizarea unor viitoare cercetări, se mizează pe conștientizarea beneficiilor ecologice, respectiv impactul redus asupra mediului al materialelor de construcție din pământ. Aceste argumente pot fi susținute din punct de vedere economic prin exploatarea avantajelor referitoare la energia încorporată redusă, așa cum a reieșit din studiul indicatorilor privind impactul asupra mediului, precum și avantajele referitoare la capacitatea de reciclare și reutilizare.

Deși în momentul de față, materialele de construcție din pământ nu prezintă un avantaj economic, **este necesar să se formuleze o nouă perspectivă de a aborda proiectarea prin intermediul sustenabilității**. Drept urmare, materialele de construcție din pământ se înscriu într-o viziune mai amplă în care factorii culturali, sociali și de mediu capătă mai multă importanță în detrimentul presiunii economice constante, respectiv se adoptă o gândire sustenabilă pe termen lung, cu beneficii pe termen mediu, dar și cuantificabile pe parcursul mai multor generații. **Demersul este realizabil în cadrul regiunii Banatului pornind de la lunga tradiție constructivă** întâlnită pe plan local, existența unui vast fond construit din pământ și a interesului acordat conceptelor de ecologie și sustenabilitate în rândul comunităților locale.

Conturarea unei strategii de ansamblu permite alinierea inițiativelor locale cu scopul de a crea continuitate, atât din punct de vedere socio-cultural, prin considerarea tradițiilor și a practicilor arhitecturale locale, cât și din punct de

vedere tehnic prin alinierea la noile standarde privind confortul interior, calitatea vieții și protecția mediului, atât în mediul rural, cât și în context urban. Prin urmare, pământul poate fi reconsiderat drept un material de construcție care prezintă un interes aparte în momentul actual. Aceste subiecte sunt dezbătute în cadrul anexei 9.4.1. *Avantaje și dezavantaje ale folosirii pământului ca material de construcție.* Următoarele aspecte reprezintă o sinteză a argumentelor în favoarea utilizării elementelor și tehnicilor tradiționale din pământ:

1. Reluarea tehnicilor constructive tradiționale

Prin intermediul pământului utilizat încă din din cele mai vechi timpuri pentru construirea adăposturilor umane, sunt evidențiate practici tradiționale specifice. Aceste elemente sunt considerate în momentul actual drept culturi constructive în conformitate cu valorile simbolice asociate diferitelor comunități. Perpetuarea lor permite realizarea unei legături între elementele tradiționale și introducerea lor în contemporaneitate.

2. Varietatea modalităților de punere în operă

În urma analizei referitoare la tehnicile constructive tradiționale, s-a evidențiat faptul că datorită caracterului maleabil al materiei prime, pământul se pretează unei varietăți de moduri de punere în operă. În funcție de compoziția granulometrică, pământul poate fi utilizat pentru tehnici specifice, cu mențiunea că amestecul poate fi în permanență îmbunătățit. Această flexibilitate de punere în operă dovedește caracterul universal al pământului, iar varietatea tehnicilor permite adaptarea unor soluții specifice fiecărui context local, în funcție de cerințele fiecărui program sau proiect arhitectural.

3. Calitățile higroscopice

Cercetările actuale sunt îndreptate către potențarea calităților materialelor tradiționale din pământ privind reglarea umidității și temperaturii. Din acest punct de vedere, se pot realiza economii în ceea ce privește echipamentele de ventilare și de reglare a umidității, respectiv consumul aferent acestora. Utilizarea materialelor din pământ permite menținerea constantă a caracteristicilor termotehnice amintite mai sus, mărimi ce ajută la definirea confortului termic.

4. Calitățile termotehnice

În urma calculelor efectuate în cadrul capitolului 7, s-a evidențiat faptul că prin utilizarea materialelor contemporane din pământ (cărămizi nearse și tencuiei din argilă), împreună cu alte elemente constructive cu calități higroscopice similare (termoizolația din fibre de lemn), se pot obține valori ale proprietăților termotehnice apropiate de cele ale materialelor utilizate în mod convențional. În acest mod, s-a demonstrat că materialele naturale reprezintă opțiuni fezabile de construcție prin considerarea standardelor actuale privind termoizolarea clădirilor rezidențiale.

5. Material ecologic și sustenabil

Pământul ca material de construcție este considerat drept un material ecologic deoarece are o energie încorporată redusă atât în faza de producție, așa cum a fost evidențiat în cadrul acestui studiu, cât și în faza de exploatare și reciclare, putând fi refolosit, în funcție de agregatele introduse pentru stabilizare. Pământul este considerat un material sustenabil în contextul utilizării în Banat, luând în considerare cele trei aspecte caracteristice ale acestui concept (socio-cultural, economic și de mediu), așa cum acestea au fost dezbătute în cadrul tezei.

Referințe capitolul 8:

- [243]. Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 19-25;
- [244]. Jake Barrow, Robin Jones, 2016, „Cornerstones Community Partnerships assis communities in preserving their earthen-architectural heritage”, 11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage;
- [245]. Tudor Sălăgean, 2013, “De la tradiție la ocupare. Revitalizarea vechilor tradiții și dezvoltarea comunităților rurale”, Ed. Argonaut, Cluj-Napoca;
- [246]. Dorothy McLaughlin, P.Addersley, C. Kennedy, A. Leslie, 2020, „Management of Louisiana’s historic bousillage buildings”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre;
- [247]. Zuzana Syrova, Jiri Syrový, „Constructions en terre dans le système d’information du patrimoine”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [248]. <https://www.anna-heringer.com/vision/>, accesat on-line 03.2021;
- [249]. Jesus Vassallo, 2017, “Un essai sur la terre crue” în Pisé – Tradition et Potentiel”, “Ecole polytechnique fédérale de Lausanne”, ISBN : 978-3-03863-029-6 , pag. 152.

9. Anexe

9.1. Arhitectura din pământ în diferite zone geografice

30% din populația lumii trăiește în locuințe din pământ. Pentru țările în curs de dezvoltare, acest procent se ridică la 50% din populație, în mare parte rurală [250]. Diversitatea de răspândire a construcțiilor din pământ este reflectată și prin varietatea tehnicilor întâlnite. La o investigație mai atentă se observă maniera în care posibilitățile tehnice ale pământului sunt exploatate încă din cele mai vechi timpuri. Acest capitol urmărește trecerea în revistă a unor construcții din pământ aflate în diverse regiuni geografice și are ca scop demonstrarea caracterului universal al materialului, utilizat în diferite forme. Se urmărește o prezentare a construcțiilor remarcabile și a ansamblurilor urbanistice specifice pentru a realiza o trecere graduală de la scara unui proiect individual, la o scară urbană, respectiv modul în care materialul se adaptează diferitelor climate și cerințe tehnice. Acest demers denotă încă o dată versatilitatea materialului ca resursă în domeniul constructiv și moduri de punere în practică conform tehnicilor locale, permițând preluarea elementelor distinctive arhitecturii tradiționale.

În cadrul prezentului studiu au fost alese construcții reprezentative din punct de vedere al dimensiunilor, vechimii și apartenenței la patrimoniul UNESCO. Exemplele devin elemente definitorii ale unui specific arhitectural, al culturilor pe care le reprezintă. Datorită activităților internaționale ale organizațiilor ICOMOS și CRATerre în domeniul arhitecturii tradiționale, în multe țări din lumea a treia, construcția cu pământ este înțeleasă astăzi ca parte a identității culturale a unor comunități locale [251]. În ceea ce privește conservarea construcțiilor istorice din pământ, activitatea ICOMOS este concentrată într-o serie de grupuri de lucru specializate, inclusiv Comitetul Internațional pentru Patrimoniul Arhitectural din Pământ – ISCEAH (International Scientific Committee for the Earthen Architectural Heritage).

Pentru păstrarea construcțiilor istorice din pământ, s-au elaborat strategii de reabilitare ce cuprind cercetarea istorică, punerea în siguranță a edificiilor și variantele de intervenție asupra acestora. Dintre cele 725 de monumente înscrise pe lista patrimoniului mondial, în anul 2011, 19% sunt parțial sau complet realizate din pământ, inclusiv o porțiune din Marele Zid Chinezesc (subpunctul 9.1.3. *Extremul Orient*), locuințele înalte din Shibam, Yemen (subpunctul 9.2.2. *Shibam*), ansamblul palatului Alhambra din Granada, Spania (subpunctul 4.3. *Pământ compactat*) sau Palatul Potala al lui Dalai Lama din Lhasa (regiunea Tibet). Conform statutului de monument istoric al acestor edificii, există necesitatea de a respecta principiile conservării și reabilitării clădirilor istorice, în conformitate cu Carta de la Veneția din 1964 [252].

Pământului stă la baza unor vechi tehnici constructive, datorită disponibilității imediate a materialului. Descoperirile realizate în cadrul diverselor situri arheologice au permis o mai bună înțelegere a tehnicilor utilizate încă din Antichitate și a modului în care acestea s-au răspândit. Construcțiile din pământ au fost realizate în multe centre cunoscute ale civilizațiilor preistorice și

²⁵⁰ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 17-25;

²⁵¹ www.craterre.org/recherche/;

²⁵² Organizația ISCEAH, Icomos;

antice: în văile inferioare ale Tigrului și ale Eufratului, de-a lungul Nilului, pe malurile Indusului, Iordanului, Murghabului, a fluviului Galben etc. Aceste culturi, deși aparent au rămas independente unele față de altele, par să fi dezvoltat tehnici de construcție cu pământ foarte similare, perfecționate și actualizate prin intermediul contactelor culturale și comerciale.

Agricultura a fost un factor important în sedentarizarea populației, iar primele așezări permanente se nasc din această transformare radicală a modului de viață. Dezvoltarea agriculturii a permis realizarea securității alimentare, ceea ce a dus la posibilitatea specializării activităților productive, iar adunarea oamenilor pe lângă râurile majore a dus la formarea primelor așezări urbane. Solurile aluvioase nisipoase și argiloase, amestecate cu reziduurile cerealelor cultivate, au furnizat primul material de construcție impus de sedentarizarea popoarelor. Din această perioadă, s-au păstrat câteva vestigii importante, cum ar fi situl Dja'de el Mughara din Siria, unde arheologii au descoperit un zid din pământ compactat, vechi de 11000 de ani [253].

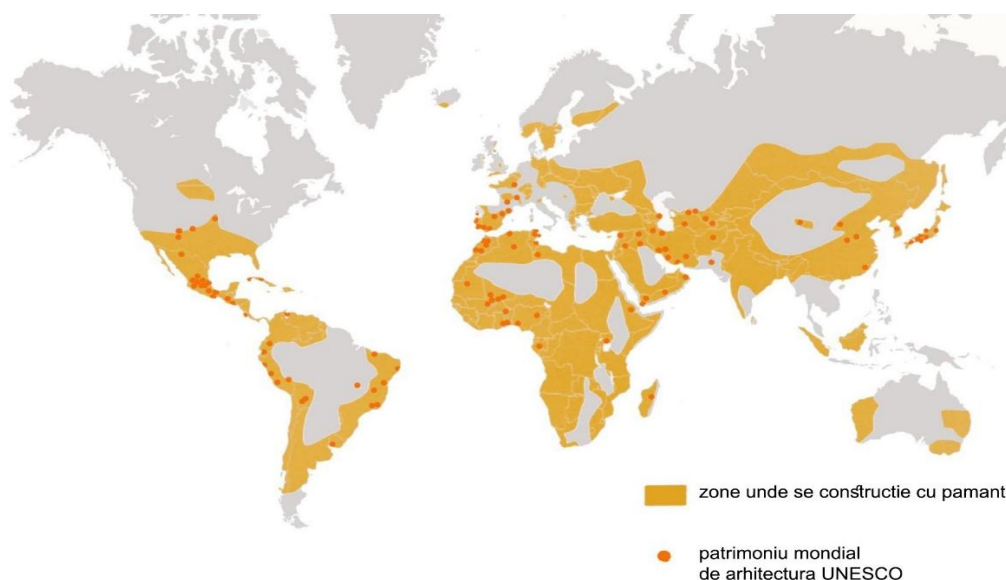


Fig. 95. Patrimoniul mondial UNESCO de arhitectură din pământ, preluare după: © France Dorothée Alex din "Recognition of a heritage in danger: rammed-earth architecture in Lyon city", 2018;

Pe plan internațional, se observă o varietate de forme de construcție. Disponibilitatea materialului pământ permite dezvoltarea unor tehnici de construcție foarte diverse, întruchipate prin multitudinea exemplelor regăsite la nivel global. Materialul permite posibilități multiple de utilizare în cadrul unor funcțiuni complexe, aspect dovedit prin patrimoniul existent la scară mare, realizat în cadrul civilizațiilor antice, până la exemple recente de punere în operă.

Siturile arheologice din multe țări, de pe toate continentele, mărturisesc omniprezența construcțiilor din pământ. Indiferent de statutul autonom al diferitelor civilizații antice, tehnicile constructive cu pământ au

²⁵³ Christine Schepens, 2015, "The factors involved in the florescence of 'art' and symbolic practices in the Neolithic of Anatolia and the Levant",

determinat apariția primelor așezări urbane și debutul arhitecturii monumentale. Printre primele așezări urbane care utilizează pământul ca material principal de construcție, sunt cele realizate în timpul culturii Ierihonului-Munata (dezvoltată începând cu mileniul 8 î.Hr., în Palestina, la 30 de km de Ierusalem) [254], precum și în cadrul orașelor mesopotamiene precum exemplul orașului Babilon. În funcție de calitățile pământului local, tehnica constructivă diferă, dar constituie un reper comun de la care pornește definirea specificului local al unei regiuni. În funcție de climatul și vegetația predominante, precum și de alte condiții geologice, în cursul istoriei umane s-au dezvoltat diverse tipuri de construcții. În climatele cu temperaturi secetoase fără cantități mari de lemn, domină construcțiile masive, în timp ce în climatele temperate, construcțiile au o siluetă mai zveltă, iar în climatele reci, sunt până și îngropate sub pământ.

Apariția în paralel a unor procedee similare în alte colțuri ale lumii, confirmă universalitatea utilizării pământului, respectiv disponibilitatea materialului ca principală resursă în construirea adăposturilor. Următoarea trecere în revistă permite realizarea unei imagini de ansamblu asupra evoluției utilizării materialului pământ de-a lungul timpului, în diverse contexte geografice, tocmai pentru a înlătura câteva dintre ideile preconceptuate conform cărora reprezintă un material de construcție destinat cu preponderență categoriilor sociale vulnerabile, fiind asociat cu realizarea construcțiilor de diferite dimensiuni și funcțiuni. Studiarea fondului construit din pământ constituie oportunitatea de valorificare a elementelor ce definesc tehnicile constructive locale. Prezentarea unor culturi specifice presupune menținerea unei tradiții existente, coagularea unor comunități în jurul unor valori comune, precum și posibilitatea de a găsi alternative economice de a construi atât în mediul rural, cât și în mediul urban.

9.1.1. Orientul Apropiat

Pământul a reprezentat una dintre primele resurse utilizate în construcții, reprezentând materialul principal utilizat pentru diversele structuri. Pământul a fost amestecat cu fibre vegetale, fiind utilizat apoi pentru realizarea diverselor tehnici constructive, așa cum acestea au fost amintite în cadrul anexei 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă.* Încă din Antichitate, egiptenii și mesopotamienii au importat lemn din țările aflate în bazinul hidrografic al Mării Mediterane pentru a construi. De-abia în perioada Neobabiloniană, în secolul al VI-lea î.Hr., cărămizile nearse au devenit materialul standard de construcție în Mesopotamia, mai ales în partea de sud, unde se perpetuează până în prezent.

Locuințele permanente din perioada Egiptului predinastic (înainte de 3100 î.Hr.) au fost de 2 feluri, derivate din variantele timpurii de adăpostire. Acestea au fost de tip unicelular, cu o formă de fagure, rotunde și ovale în plan sau ca o colecție de încăperi multiceulare. În majoritatea regiunilor, evoluția s-a petrecut de la locuințe semi-îngropate, la locuințe absidale din argilă și piatră, până la locuințe rectangulare din cărămizi nearse [255].

²⁵⁴ Hubert Guillaud., 1998, „Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation” Habitat e Architecture di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive, fffhal-01806210f;

²⁵⁵ Sir Banister Fletcher, 1996, “A history of Architecture”, Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, pag. 16-20;



Fig. 96. Piramidele egiptene El Lahoun, sursă: © http://elevation.maplogs.com/poi/al_lahun_hawaret_adlan_al_fayoum_faiyum_governorate_egypt.141634.html, ultima accesare: 27.11.2020 sursă: © Mark Abel;

În Egipt, Valea Nilului furnizează materialul principal de construcție pentru realizarea cărămizilor nearse: pământul argilos este amestecat cu nisipul din deșert, la care se adaugă resturi vegetale din cerealele cultivate. De asemenea, primele mastabile funerare regale sunt făcute din cărămizi de pământ nearse, ulterior realizându-se ziduri înclinare din cărămidă arsă sau acoperite cu piatră. În perioada dinastică (2920 î.Hr.- 2575 î.Hr.), templele și construcțiile funerare au fost construite din piatră, în timp ce locuințele au rămas din cărămizi de pământ, iar materialul de umplură al piramidelor este pământul brut, așa cum este prezentat în cadrul figurii 96. *Piramidele egiptene El Lahoun* [256].

Un sit arheologic recunoscut la nivel mondial este cel de la Deir-el-Medina, Egipt, denumire arabă pentru satul de muncitori care găzduia meșterii din Teba, cei care au construit și decorat mormintele regale din Valea Regilor. Spre deosebire de majoritatea satelor din Egiptul Antic care au crescut organic din așezări regale, Deir-el-Medina a fost o comunitate planificată de Amenhotep I, drept dovadă trama rectangulară stradală [257]. Amplasarea construcțiilor are un caracter dens pentru a utiliza cât mai bine spațiul existent și pentru a realiza un microclimat prin umbrirea circulațiilor principale, așezarea fiind amplasată în mijlocul deșertului, muncitorii fiind separați de restul populației. Ruinele sugerează construcții rectangulare, cu o separare funcțională clară a spațiilor, acestea fiind parcurse în anfiladă, urmând ca acoperișul să fie folosit drept spațiu exterior de tip grădină.

Fundațiile erau realizate din piatră, observându-se dimensiunea limitată a camerelor, în timp ce zidurile au fost realizate din cărămizi nearse, având la partea superioară un acoperiș plat. Satul a fost ocupat timp de 400 de ani de către meșterii regali, dar a fost abandonat între 1110-1080 î.Hr., în timpul domniei lui Ramses al XI-lea [258]. Un alt exemplu important îl reprezintă orașul Tell-el-Amarna, construit în timpul Imperiului Nou (1552-1070 î.Hr.), unde cărămida nearsă a fost elementul constructiv folosit pentru realizarea ansamblurilor rezidențiale [259].

²⁵⁶ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag.19;

²⁵⁷ www.ancient.eu/Deir-el-Medina;

²⁵⁸ www.britannica.com/place/Dayr-al-Madinah;

²⁵⁹ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag.19;



Fig. 97. Sîtul Deir el-Medina, 725km la sud de Cairo, Egipt. Satul de artizani al necropolei din Teba, sursă: © C.Gobeil, <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199935413.001.0001/oxfordhb-9780199935413-e-32>, ultima accesare: 11.2020;

În schimb, în Mesopotamia, cărămizile arse au fost folosite pentru realizarea drenajelor, pavajelor și pentru construcția clădirilor majore, cum ar fi ziguratul din Uruk, atestat documentar în jurul anului 3200 î.Hr. [260]. Cărămizile nearse erau utilizate drept material de umplutură în cadrul edificiilor importante, fiind utilizate, de regulă, pentru construcțiile obișnuite. Ziguratele din sudul Irakului, precum Uruk, au intrat recent sub egida ICOMOS ISCEAH ca fiind elemente de patrimoniu din pământ, ceea ce a dus la necesitatea de inventariere și conservare a acestora în mod regulat. Acest demers este realizat în asociere cu un comitet de specialiști din Berlin, precum și experți locali care au realizat un sistem de evaluare folosind următorii pași: cercetarea mecanismelor de cedare în ansamblu și în detaliu, analiza fiecărei clădiri, implementarea unui sistem de monitorizare, dezvoltarea unei liste de priorități în ceea ce privește intervenția de restaurare. Orice demers de restaurare inițiat asupra acestor obiective, trebuie aprobat mai întâi de către comisia UNESCO, fiind permise în primă fază doar măsuri elementare de punere în siguranță [261].

Orașul Babilon, fondat în a II-a jumătate a mileniului III î.Hr. pe malul Eufratului, a fost unul dintre cele mai importante orașe ale lumii antice. La început, majoritatea construcțiilor au fost realizate din cărămizi nearse, materialul folosit în mod tradițional în Orientul Apropiat [262]. Orașul conținea două părți, separate de râul Eufrat. În cadrul acestui ansamblu se perpetuează tradiția construirii din cărămizi uscate la soare și pământ compactat, dezvoltându-se ulterior tehnica pământului armat: tulpini răsucite din stuf se intersectează și traversează miezurile de pământ ale ziguratelor. În cadrul ansamblului se remarcă sanctuarul lui Marduk, construcție realizată din pământ, asociată în Vechiul Testament cu mitul turnului Babel [263]. În timpul regelui Nabucodonosor al II-lea (604-562 î.Hr.),

²⁶⁰ Sir Banister Fletcher, 1996, "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, pag. 1-30;

²⁶¹ Margarete van Ess, Jasmine Alia Blaschek, Christof Ziegert, 2020, "Preservation of the Iraqi Archaeological Architectural Heritage – Current conservation projects in Uruk (southern Irak)";

²⁶² <https://www.lingfil.uu.se/research/assyriology/babylon>, ultima accesare: 03.2021;

²⁶³ Sir Banister Fletcher, 1996, "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London;

atunci când Babilonul devine centrul Noului Imperiu Babilonian, respectiv, cea mai importantă metropolă la momentul respectiv, orașul se dublează. Drept urmare, noi cartiere și clădiri reprezentative au fost construite folosind cărămizi arse. Orașul Babilon a fost cucerit de Imperiul Persan în 331 î.Hr., moment ce îi marchează declinul, deși urme ale Noului Babilon se mai găsesc și în timpul cuceririi musulmane din anul 650 d.Hr. [264].

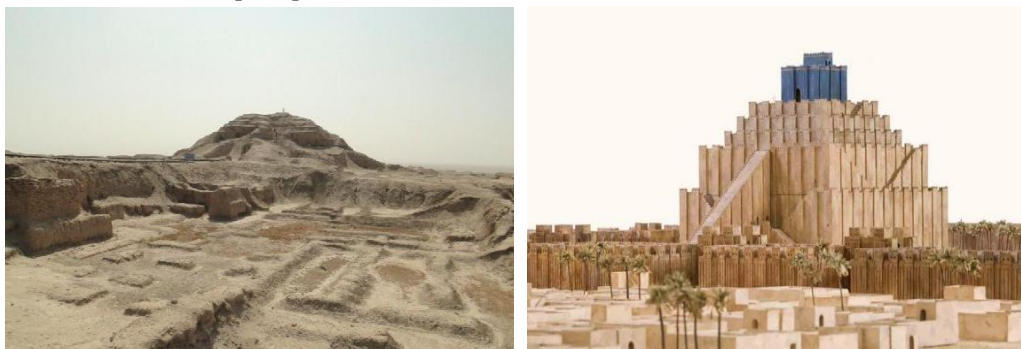


Fig. 98. Ziguratul din Uruk, secolul al XXI-lea î.Hr., sursă: © https://www.researchgate.net/figure/24-The-Eanna-District-and-the-Inanna-Ziggurat-Uruk-By-Ayad-Kathum-2013_fig14_319881377/ ultima accesare:09.2019;

Fig. 99. Turnul lui Babel, (604–562 v. Chr.) sursă: © Staatliche Museen zu Berlin, Vorderasiatisches Museum / Olaf M. Teßmer, ultima accesare: 11.2020;

Un alt exemplu reprezentativ în ceea ce privește tehnicile constructive cu pământ este orașul Bam din sud-estul Iranului. Acest caz reprezintă o mărturie a dezvoltării unei așezări comerciale în mediul deșertic din regiunea Asiei Centrale și conține dovezi istorice ale evoluției construcției cu pământ din primul mileniu d.Hr., până în prezent. Bam este unul dintre cele mai reprezentative exemple de orașe fortificate medievale construite folosind pământul ca material de construcție. Principalele tehnici constructive utilizate au fost bulgării din pământ, cărămizile uscate la soare, folosite inclusiv pentru structuri boltite și cupole [265].

Cetatea care conține cartierele guvernatorului și zona rezidențială fortificată formează punctul central al unui vast peisaj cultural, marcat de forturi de apărare aflate acum într-un stadiu avansat de ruină, afectate și de activitatea seismică din ultima perioadă [266]. Situl, plasat pe lista patrimoniului aflat în pericol, ridică problema conservării și restaurării părților distruse de activitatea seismică. Scopul este de a păstra acest oraș drept mărturie a unui exemplu coerent de urbanism, folosind pământul drept resursă principală [267]. Valoarea acestui exemplu constă în caracterul unitar al ansamblului, expresivitatea și varietatea formelor arhitecturale rezultate, respectiv în perpetuarea tehnicilor constructive până în timpuri recente.

²⁶⁴ <https://www.ancient.eu/babylon/>, ultima accesare: 03.2021;

²⁶⁵ UNESCO, „Bam and its Cultural Landscape”, Iran,

²⁶⁶ Manjusha Misra 2008, „Bam and its cultural landscape”, International Journal of Environmental Studies, 65:4, pag. 603-6019, DOI: 10.1080/00207230802294748;

²⁶⁷ G.Amirjamshidi, E.Fodde, D.D. Ayala, E.Mokhtari, 2012, „The role of intangible assets in the conservation of Bam and its cultural landscape as a World Heritage site”, WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol.161, WIT Press, ISSN 1743-3541;



Fig. 100. Fortăreața orașului Bam, Iran, sursă: © <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, Martin Gray, ultima accesare: 11.2020;



Fig. 101. Fortăreața orașului Bam, Iran, sursă: © <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, ©Martin Gray, ultima accesare: 11.2020;



Fig. 102. Fortăreața orașului Bam, Iran, sursă: © <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, CRATerre, ultima accesare: 11.2020;

9.1.2. Africa

Arhitectura din pământ este prezentă pe suprafața întregul continent african și se perpetuează până și în ziua de astăzi. Indiferent de scara intervențiilor, dacă este vorba despre locuințe izolate sau ansambluri urbane dense, caracterul practic al construcțiilor din pământ sugerează modul în care acestea reprezintă răspunsuri ecologice autentice date condițiilor locale. Una dintre caracteristicile importante ale arhitecturii din pământ o reprezintă latura sa organică, caracteristică ce reprezintă modul de adaptare naturală la mediul înconjurător.

Pământul ca material de construcție este un suport ideal pentru exprimarea individualității caracteristice fiecărei comunități locale prin gama variată de tehnici și datorită plasticității sale. **Din acest motiv, fiecare cultură constructivă (concept interdisciplinar între știință și cultură)** posedă trăsături de identitate

foarte specifice. Această diversitate se traduce prin stiluri de viață, credințe și arhitecturi foarte diferite [268]. Pentru a demonstra diversitatea formelor constructive întâlnite, în continuare, sunt prezentate câteva exemple precum locuințele fortificate din Burkina Faso și Ghana, locuințele Mousgoum din Camerun, precum și cele mai cunoscute exemple de pe continentul african, moscheile din San de Djenné sau Tombuktu, din Mali [269].



Fig. 103. Decorațiile locuințelor din Burkina Faso, sursă ©:
https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 11.2020;

Fig. 104. Decorațiile locuințelor din Burkina Faso, sursă ©:
https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 11.2020;

Tribul Kassena, localizat la granița dintre Burkina Faso și Ghana, este recunoscut prin intermediul locuințelor reprezentative și al obiectelor de cult realizate, precum figurinele antropomorfe, măștile de lemn etc. În cadrul așezărilor tribului Kassena se distinge Curtea Regală din Tiébélé deoarece reflectă într-un mod coerent tradițiile constructive perpetuate încă din secolul al XV-lea [270]. Așezările sunt realizate în scop defensiv, iar pentru construirea locuințelor, se folosește tehnica cărămizilor nearse [271], construcțiile adaptându-se formal în funcție de statutul ocupanților: locuințele în formă de pătrat sunt realizate pentru familii, cele circulare pentru cei necăsătoriți, în timp ce formele organice complexe sunt destinate persoanelor mai în vârstă. Din punct de vedere funcțional, acestea se conformează climatului cald prin intermediul bucătăriilor deschise amplasate în exterior, a acoperișului plat utilizat uneori drept spațiu de dormit. Locuințele sunt realizate din materiale disponibile local, folosind pentru decorații pigmenți naturali. Decorațiunile sugerează simboluri și credințe specifice fiecărei comunități, o tradiție perpetuată pe parcursul generațiilor. Prin intermediul decorațiilor, fiecare locuință se

²⁶⁸ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Batir en terre: du grain de sable a l’architecture”, pag. 63; de introdus

²⁶⁹ Rania Daher, 2015, „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 30-38;

²⁷⁰ <https://wmf.org/project/cour-royale-de-tiébélé> ;

²⁷¹ <https://africa.uima.uiowa.edu/peoples/show/Kassena> ;

transformă într-o pânză prin intermediul căreia sunt prezentate tradițiile locale, folosind pattern-uri geometrice, desene ilustrative și basoreliefuli specifice [272].

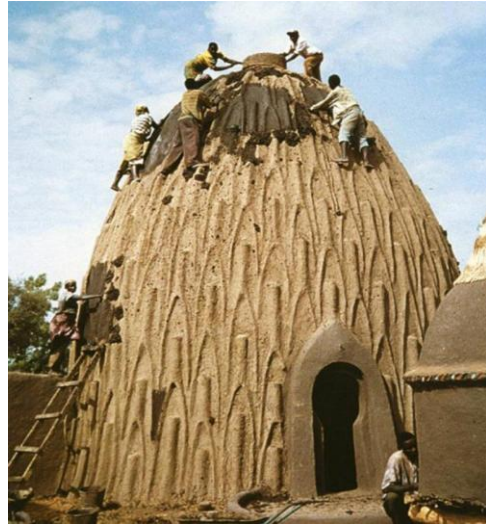
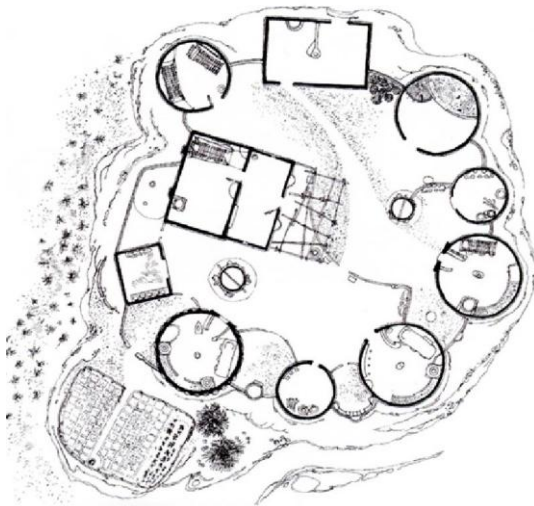


Fig. 105. Planul unei gospodării tradiționale, sursă: © <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare:10.2020;

Fig. 106. Modul de construcție al locuințelor tip obus, sursă: © <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare:10.2020;

Un alt studiu de caz interesant este reprezentat de construcțiile tribului Mousgoum, amplasat între Camerun și Chad, începând cu secolul al XVII-lea. Amplasamentul prezintă din punct de vedere climatic, o fluctuație mare a temperaturii, respectiv existența a cel puțin 3 sezoane (rece, cald și ploios). Locuințele tradiționale ale tribului Mousgoum se numesc teleuk sau obus și sunt construcții realizate din pământ care utilizează tehnica bulgărilor, având o formă concatenară, capabilă să preia eforturile de compresiune, folosind cantitatea minimă de material. Locuințele sunt realizate într-un interval de 1-6 luni, necesitând prezența unui meșter specializat care dirijează tot procesul, respectiv o echipă de muncitori care învață tehnica constructivă, prin experimentarea și transmiterea directă a cunoștințelor.

Structurile din pământ depind de participarea și procesul colectiv al echipei într-un demers văzut ca un ritual al meșterului cu materia. Această legătură directă între meșter și material semnifică faptul că actul constructiv în sine devine important, iar gesturile realizate în timpul realizării construcției, determină forma organică a clădirii. Prin intermediul simțului tactil, meșterul alege amestecul cel mai potrivit, iar datorită acestei conexiuni directe între indivizi și construcție, arhitectura tribului Mousgoum reprezintă transpunerea fizică a unei game largi de relații sociale și ierarhice existente în cadrul comunității. În 1926, André Gide declara despre dansurile specifice ale tribului Mousgoum ca fiind clare, precise, ritmice, asemenea construcțiilor realizate în cadrul comunităților lor. Arhitectura Mousgoum traduce

²⁷²https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1

tradițiile constructive în forme tangibile, acestea reprezentând o formă reprezentativă de expresie a tribului [273].

Planul sugerează organizarea unei gospodării care cuprinde: o construcție pentru patriarhul comunității, două pentru femei, una în care este organizată bucătăria, precum și cele destinate pentru animale, respectiv anexele necesare gospodăriei, grupate funcțional. Disponerea organică rezultată din diferite motivații funcționale, determină extinderea organică a gospodăriei. Fiecare structură în parte are o înălțime cuprinsă între 3 și 9m. Construcția este realizată folosind unelte simple, cu ornamentații în formă de V, care constituie și suportul necesar pentru escaladarea construcției în momentul întreținerii. Aceste elemente constructive specifice arhitecturii locale reprezintă ranforsări structurale, generând forme utile și în cazul drenării apelor de ploaie [274].



Fig. 107. Moscheea din Djenné, Mali, sursă: © <https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/africa-ap/a/great-mosque-of-djenne>, Mark Abel, ultima accesare: 10.2020;

Un alt exemplu de construcții din pământ de pe continentul african este reprezentat de moscheile din Mali. Dintre acestea, moscheea din Djenné, este cea mai mare ca dimensiune, fiind construită între 1200-1330 d.Hr. Lăcașul de cult este utilizat și astăzi, fiind realizat pe o platformă ce măsoară aproximativ 75m lățime și 75m lungime, înaltă de 3m, moscheea în sine având o înălțime de 20m. Pereții sunt alcătuiți din cărămizi narse, îmbinate printr-un mortar făcut din nisip și pământ. Structura conține grinzi din lemn care ies din planul fațadei, elemente ce au rolul de a stabili construcția, fiind utilizate pe post de schelă atunci când are loc renovarea periodică a clădirii.

Ceea ce este interesant în cazul acestei construcții este faptul că din lipsă de piatră și lemn pentru realizarea fundațiilor, respectiv a acoperișului, s-a dezvoltat această formă alungită distinctivă, eficientă din punct de vedere a rezistenței la

²⁷³ Steve Nelson, 2007, „From Cameroon to Paris. Mousgoum Architecture in & out of Africa”, pag. 1-44;

²⁷⁴ <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>;

intemperii. Forma este definită și de structura de rezistență, respectiv de masa de uzură amplasată la partea inferioară, utilizată în momentul în care construcția este renovată [275]. Anual, din cauza intemperiilor, moscheea se degradează și este nevoie de o renovare masivă. În timpul acestui proces de reconstrucție participă întregul oraș, acțiunea finalizându-se cu o festivitate locală.

Djenné și împrejurimile sale găzduiesc numeroase ruine și clădiri care sunt semnificative din punct de vedere cultural și istoric prin faptul că ilustrează o tehnică constructivă adaptată în întregime condițiilor locale și obiceiurilor tradiționale. Ca atare, amplasamentul a fost desemnat drept sit al Patrimoniului Mondial Unesco din 1988 [276]. Moscheea din Tombuktu preia aceleași caracteristici constructive, însă la o scară mult mai mică în comparație cu cea din Djenné, Mali.



Fig. 108. Moscheea din Djenne, Mali, sursă: © <https://www.akdn.org/where-we-work/west-africa/mali/cultural-development/mali-earthen-architecture-programme>, AKDN/ Christian Richters, ultima accesare: 11.2020;

Fig.109. Moscheea din Tombuktu, Mali, sursă: © Dariusz Wiejaczka/Fotolia <https://www.britannica.com/place/Timbuktu-Mali>, sursă: © Dariusz Wiejaczka/Fotolia, ultima accesare: 11.2020;

9.1.3. Extremul Orient

În China, comunitățile agricole neolitice apar în mileniul V î.Hr. și se stabilesc în regiunile de nord și nord-vest pe platouri de loess care domină terasele fluviale. Ca și în celelalte părți ale lumii, materialele locale au fost folosite pentru primele construcții rezidențiale. Inițial, construcțiile au fost realizate folosind pereți din argilă, ranforșați cu nuiele din lemn, dar au fost înlocuiți treptat cu pereți din pământ compactat [277].

Construcția Marelui Zid Chinezesc a început în timpul perioadei Statelor Combatante (secolul V î.Hr.), având mai multe secțiuni făcute din pământ compactat, dar tehnica se modifică în funcție de solul pe care se află, având ca regulă disponibilitatea materialelor [278]. Un exemplu relevant este fortăreața

²⁷⁵ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 72;

²⁷⁶ <https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/africa-ap/a/great-mosque-of-djenne>;

²⁷⁷ Sir Banister Fletcher, 1996, „A history of Architecture”, Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, pag. 20-30;

²⁷⁸ Deqi Shan, Dehu Wang, 2004, „Chinese vernacular dwelling”;

Jianyuguan, aflată în zona muntoasă vestică a frontierei, a cărei construcție a început în jurul anului 1372, de către dinastia Ming [279]. Construcția reprezintă una dintre cele mai bine conservate fortificații aflate de-a lungul Marelui Zid Chinezesc, fiind realizată folosind tehnica pământului compactat și a cărămizilor neare pentru crearea platformelor din pământ care susțin turnurile de pază realizate din lemn.



Fig. 110. Zidul chinezesc și fortăreața Jianyuguan, construită de Dinastia, sursă: © Adolfo Preciado, Ming, https://www.researchgate.net/figure/Earthen-walls-at-the-Jiayuguan-fortress-in-China-built-by-the-Ming-Dynasty-around-1372_fig1_319774400, ultima accesare: 06.2019;

Un alt exemplu concludent de construcții din pământ sunt locuințele tulou, realizate în zonele muntoase din sud-estul Fujian (secolele al XII-lea și al XX-lea), fiind imobile colective care adăpostesc mai multe sute de persoane. Un tulou este o clădire din pământ închisă și fortificată. Configurația în plan este dreptunghiulară sau circulară, cu ziduri din pământ compactat foarte groase, având între 3 și 5 etaje, asemănătoare zidurilor de apărare existente în cadrul orașelor fortificate. Structurile adăpostesc funcțiuni diferite – parterul conține o fântână și grajdurile pentru animale, primul etaj este destinat depozitării alimentelor, iar etajele superioare găzduiesc spațiile de locuit.

Zidurile exterioare fortificate sunt formate prin compactarea pământului, amestecat cu piatră, bambus, lemn și alte materiale disponibile, pentru a realiza pereți cu o grosime impresionantă. Ramurile și așchiile de bambus sunt așezate în perete ca o armătură suplimentară. Așa cum poate fi observat în secțiunea prezentată în figura 111. *Secțiune prin intermediul unei construcții tulou*, grosimea zidurilor scade pe măsură ce construcția se înalță, iar elementele structurale din lemn sunt încastate în zidurile groase din pământ compactat [280].

²⁷⁹ A.Preciado, K. Ayala, S. Torres, K. Villareal, 2017, „Performance of a Self-Build Rammed Earth House in a High Seismic Zone in Mexico”, 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions, Lisbon, Portugal, Volume 1;

²⁸⁰ „Fujian Tulou Rammed Earth Structures: Optimizing Restoration Techniques Through Participatory design and Collective Practices”, E. Frangedacki, XGao, Nikos Lagaros, B. Briseghella, Giuseppe C. Marano, G.Fivos Sargentis, Nikiforos Meimaroglou., 1st International Conference on Optimiziation –Driven Architectural Design (OPTARCH 2019);

Datorită utilizării materialelor naturale și a planimetriei circulare, prototipul construcțiilor toulou reprezintă un ansamblu bine iluminat, ventilat, rezistent la vânt și la cutremur, pereții din pământ compactat oferind căldură iarna și răcoare vara. Datorită soluției interesante de construire ce reprezintă o adaptare inventivă la condițiile locale din punct de vedere material și social, clădirile toulou au fost înscrise în 2008 drept patrimoniu mondial UNESCO, fiind supuse unor reguli stricte privind intervențiile de restaurare și întreținere [281]. Locuințele toulou au reprezentat surse de inspirație pentru arhitecți și urbanisti, deoarece au oferit răspunsuri concludente referitoare la gradul de densificare al locuințelor colective, precum și modul de adaptare la condițiile climatice locale [282].



Fig. 111. Secțiune prin intermediul unei construcții toulou, sursă: © J. Aaberg-Jørgensen, *Clan Homes in Fujian*. Arkitekten, Arkitekten, November 2000, Vol. no. 28, pp, 2-9; ultima accesare: 01.2021;

Fig. 112. Reședințele Tulou din Fujian, China, realizate între secolele XII și XX, sursă: © Basile Cloquet, <https://whc.unesco.org/en/list/1113/gallery/&index=1&maxrows=12>, ultima accesare: 01.2021;

9.1.4. America

În America Centrală, primele locuințe din pământ descoperite datează din 1200 î.Hr. - 300 d.Hr., reprezentând mici case formate din materiale precum lemnul și bulgării din pământ, în timp ce utilizarea cărămizii nearse se dezvoltă între 500 î.Hr. și 600 d.Hr. La baza Cordiliei Andine, la nord de Peru, timp de 600 de ani, s-au construit 250 de piramide monumentale din cărămizi nearse din pământ. Cele mai reprezentative sunt Huaca del Sol și Huaca de la Luna din civilizația Moche, ale căror prime edificii au fost realizate în jurul anului 100 d.Hr.. Rolul funcțional al acestor construcții era preponderent religios, în jurul lor dezvoltându-se primele orașe cu o dezvoltare complexă.

În perioada de maximă dezvoltare a imperiului Inca (1493-1525), majoritatea orașelor de munte (Cuzco, Pisac, Machu Pichu) sunt construite din blocuri imense de piatră, dar pământul este încă folosit pe coasta andină. În valea din Rio Pisco, orașul Tambo Colorado este realizat în întregime din cărămizi

²⁸¹ Fujian Tulou, <https://whc.unesco.org/en/list/1113/>;

²⁸² Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Batir en terre: du grain de sable a l’architecture”, pag. 80-85;

crude cubice [283]. Se constată o planimetrie riguroasă la nivel urbanistic, spațiile gravitează în jurul unei curți centrale, cu o organizare rectangulară [284].



Fig. 113. Piramida din cărămidă nearsă, Huaca de la Luna, Peru, sursă: © https://en.wikipedia.org/wiki/Huaca_de_la_Luna#/media/File:Cerro_Blanco_and_Huaca_de_la_Luna.jpg, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 114. Piramida din cărămidă nearsă, Huaca del Sol, Peru, sursă: © <https://www.thoughtco.com/huaca-del-sol-peru-adobe-pyramid-171255>, ultima accesare: 12.2020;



Fig. 115. Așezarea Tambo Colorado, sursă: © <https://artsandculture.google.com/asset/aerial-view-showing-the-layout-of-the-structures-at-tambo-colorado>, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 116. Așezarea Tambo Colorado, sursă: © <https://artsandculture.google.com/asset/aerial-view-showing-the-layout-of-the-structures-at-tambo-colorado>, ultima accesare: 12.2020;

Când spaniolii și portughezii au colonizat teritoriul o dată cu secolul al XV-lea, s-a utilizat piatra ca material principal de construcție. Cu toate acestea, coloniștii au descoperit în curând că pământul reprezintă o soluție mai bună pentru condițiile seismice din zonă. Spre exemplu în Lima, capitală aflată într-o zonă seismică foarte activă, s-a permis realizarea pereților din pământ compactat la parter cu o structură portantă din lemn, respectiv o structură ușoară din lemn umplută cu pământ la etajul secund [285].

În America de Nord, un exemplu de arhitectură vernaculară nativ americană este satul Taos, o mărturie a colonizării realizate între sec. al XIII-lea și al XIV-lea, de-a lungul Rio Grande. Locuințele stivuite realizate din cărămizi nearse configurează o formă piramidală în trepte care conține mai multe funcțiuni

²⁸³ H. Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 24-25;

²⁸⁴ <https://www.wmf.org/project/tambo-colorado>;

²⁸⁵ Getty Institute, „The earthen architecture initiative, Guidelines for the teaching of earthen conservation”, Teaching Notes, www.getty.edu/conservation;

diferite pe fiecare nivel [286]. Pereții din cărămidă nearsă sunt tencuiți cu argilă și fibre tăiate fin [287].



Fig. 117. Locuințele stivuite din satul Taos, sursă: © Edmondo Gnerre;

Europenii veniți în America de Nord au continuat să folosească cărămizi nearsă pentru construcția multor așezări, cum ar fi misiunile iezuite din statul Arizona. Când aceste așezări s-au mutat către vest, coloniștii au necesitat protecție și au fost create forturi din materialele disponibile. La începutul secolului al XIX-lea, coloniștii europeni introduc tehnica construirii cu pământ compactat, dar dezvoltarea transportului feroviar a determinat oprirea acestui trend constructiv datorită accesului facil la materiale noi din alte zone. Un număr mare de cercetări științifice și aplicații experimentale folosind diferite tehnici constructive cu pământ au fost realizate la finalul anilor 1960.

În Statele Unite ale Americii, utilizarea cărămizilor nearsă în construcții a fost introdusă prin legislațiile tehnice regionale și naționale, publicate în cadrul Biroului Național al Standardelor și al Codurilor de Construcție. Tehnica blocurilor din pământ a apărut recent în S.U.A., dar nu s-a detașat semnificativ față de cea a cărămizilor nearsă, tehnică prezentă la o scară de producție industrială. Cu toate acestea, tehnica dominantă a fost cea a pământului compactat, folosită preponderent în regiunile din New England și America de Est, precum și în câteva experimente realizate în Indiana și Carolina de Sud. Practica pământului compactat este, de asemenea, reactualizată în ultimele decenii prin intermediul proiectelor dezvoltate de David și Lydia Miller, fondatorii Institutului Național al Pământului Compactat sau datorită lui David Easton din statul California, unul dintre promotorii arhitecturii cu pământ în S.U.A. [288].

Institutul de Conservare Getty din Los Angeles, California, reprezintă unul dintre cele mai importante centre de cercetare referitoare la practicile de conservare din domeniul artelor vizuale. În cadrul centrului, se analizează obiecte, colecții de artă, arhitectură și situri arheologice, având ca bază cercetarea, educația, munca aplicată pe teren, respectiv diseminarea informației în cadrul mediului academic.

²⁸⁶ <https://whc.unesco.org/en/list/492/>, ultima accesare: 03.2021;

²⁸⁷ Pueblo de Taos, 1987, „Évaluation de l'organisation consultative (ICOMOS)”;

²⁸⁸ David Easton, Cynthia Wright, 2007, “The rammed earth house”, pag. 22;

Centrul stă la baza unor inițiative inovative din punct de vedere al strategiilor de conservare, reprezentând o sursă de informație în tot ceea ce privește conservarea culturilor constructive, dintre care multe sunt reprezentate de tehnicile tradiționale care folosesc pământul ca material principal. Scopul declarat al Institutului Getty se referă la conservarea patrimoniului construit, oferind în același timp modele pedagogice în încercarea de a menține, într-un mod sustenabil, tradițiile și practicile constructive importante din punct de vedere cultural pentru comunitățile care încă le mai practică [289].

9.2. Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane

Arhitectura tradițională se bazează pe înțelegerea practicilor tradiționale și a tehnicilor constructive, ceea ce se traduce printr-o apreciere a meșteșugului și a calității specifice realizate prin ani de experiență și practică. Tehnicile tradiționale au la bază multe aspecte ce țin de caracteristicile climatice, obiceiurile culturale și religioase, reprezentând moduri de adaptare în diferite situații sociale, economice și de mediu. Din acest punct de vedere, arhitectura tradițională sugerează modul în care ingenuozitatea umană a determinat găsirea soluțiilor potrivite pentru a răspunde la o serie întreagă de constrângeri existente la nivel local. Diversitatea construirii în societățile tradiționale este determinată de impactul condițiilor locale și specificul culturii, tehnicile constructive fiind adesea transmise și reinterpretate prin intermediul migrației popoarelor, al contactelor culturale sau economice existente între națiuni [290].

Prin intermediul studiului efectuat în legătură cu arhitectura din pământ, tradițiile constructive din deșert demonstrează modul de adaptare a materiei prime pentru a îndeplini necesitățile locative într-un climat ostil, acestea fiind orașe ecologice prin definiție. Arhitectul finlandez Juhani Pallasmaa amintește în scrierile sale de orașele yemenite care consumă foarte puțină apă și energie și, în cadrul cărora, resursele locale sunt utilizate în mod ingenios. În opinia sa, arhitectura vernaculară este descrisă ca reprezentând o fuziune totală a simțurilor, fiind ghidată după nevoi elementare care își găsesc rezolvarea în cel mai natural mod cu putință.

Cu alte cuvinte, intuiția umană, tinde să producă medii care sunt ecologice, bazându-se pe tradiția constructivă testată de-a lungul timpului [291]. În cadru anexei 9.2. *Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane*, sunt prezentate două exemple reprezentative din punct de vedere al tehnicilor constructive cu pământ, Ghadamès și Shibam, respectiv caracteristicile principale ale lucrărilor arhitectului Hassan Fathy, drept modele de practică ce mizează pe utilizarea sustenabilă a pământului ca resursă locală. Aceste exemple ilustrează maniera în

²⁸⁹ https://www.getty.edu/conservation/core_areas/index.html;

²⁹⁰ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.12;

²⁹¹ Michael Amundsen, 2018, „Questions-réponses avec Juhani Pallasmaa sur l'architecture, l'esthétique des ambiances et les effets du temps”;

care sustenabilitatea este definită prin considerarea aspectelor referitoare la economia de resurse, adaptarea la condițiile locale și a modului în care specificul arhitectural definește raporturile sociale.



Fig. 118. Orașul Wadi Doan (Yemen), sursă: © <https://www.discoverimages.com>, ultima accesare: 12.2020;

Shibam și Ghadamès, două exemple ale Patrimoniului Mondial UNESCO, reprezintă surse de inspirație pentru viitoarele orașe sustenabile deoarece reușesc să ofere răspunsuri în ceea ce privește economia de energie, ținând cont și de problemele referitoare la dezbaterile referitoare la încălzirea climatică și utilizarea inteligentă a resurselor locale [292]. Aceste exemple prezintă moduri de proiectare bioclimatică prin intermediul răspunsurilor formulate pentru adaptarea la condițiile climatului extrem, ca de exemplu, prin controlul pasiv al umidității și temperaturii. Ambele studii de caz furnizează informații referitoare la utilizarea tehnicii cărămizilor nearse și a modului în care, prin îmbunătățirea performanțelor unui material local, se asigură un răspuns practic la condițiile de mediu existente.

Măsurile referitoare la proiectarea urbanistică ilustrează opțiuni de adaptare a mediului construit în funcție de necesitățile sociale și economice ale beneficiarilor, ale comunităților în care sunt amplasate. Exemplele ilustrate oferă mărturii ale utilizării diferitelor tehnici constructive folosind cărămizile nearse, ceea ce permite observarea modului în care fondul construit din pământ a reușit să se adapteze sau nu, de-a lungul unei perioade mai lungi de timp, cerințelor în schimbare ale beneficiarilor săi.

Lumea arabă și-a reconfigurat atitudinea către trecut în ultimii ani, existând o nouă mândrie îndreptată spre originile acestora. Există în cadrul culturii arabe momente care au lăsat patrimoniului mondial elemente impresionante (vestigiiile civilizațiilor antice din Mesopotamia și Egipt, cucerirea arabă a zonelor din Europa de Sud, Renașterea islamică cuprinsă între secolele al VII-lea și al XIII-lea, pentru a numi doar câteva momente relevante pentru studiul de față), iar multe dintre acestea sunt în pericol datorită conflictelor repetate din zonele respective.

²⁹² Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 16-23

Primele exemple de locuințe cu pământ din lumea arabă au fost adăposturi ușoare, care au crescut organic odată cu necesitățile familiei.

Una dintre caracteristicile importante ale acestui tip de arhitectură este faptul că este realizată din materiale naturale, procesul fiind reversibil. După o furtună de nisip, construcția se poate repara ușor, folosind pământul local. În cazul acestor locuințe vernaculare, problemele se rezumă la suprafață deoarece pereții sunt permeabili, iar umiditatea care ajunge în mijlocul acestora se va usca într-un interval scurt de timp. Un perete bine construit din cărămizi nearse poate rezista din punct de vedere structural timp de decenii, ceea ce contravine ideii conform căreia o locuință din pământ nu este rezistentă, necesitând în schimb reparații anuale în funcție de finisajul exterior. Din acest motiv, chiar și în Orient, tehnicile constructive folosind pământul sunt mai puțin utilizate, fiind în pericol de dispariție deoarece presupun o cunoaștere tehnică aparte, deținută încă de către vechii meșteri.

Valorile culturale transmise de-a lungul timpului se păstrează în continuare, de la invenții tehnice, la elemente ce țin de artă și cultură, până la ansambluri arhitecturale interesante. Spre deosebire de restul lumii occidentale, lumea arabă, în special Orientul Mijlociu, a cunoscut o perioadă de dezvoltare, începând cu anii 1970, ca urmare a exploatarea resurselor existente de petrol. Drept urmare, nevoia de a se moderniza s-a manifestat acut în rândul societăților arabe, deși multe aspecte referitoare la tradiții și obiceiuri, îndeosebi cele religioase, sunt păstrate în continuare. În urma necesității de a ridica locuințe moderne, în Arabia Saudită, de exemplu, au fost folosite materiale contemporane, în timp ce tehnicile tradiționale au fost respinse din considerente de timp și din cauza dificultății de a introduce utilități moderne în locuințele vernaculare. Ca o consecință firească a dificultăților de adaptare la standardele actuale, locuințele din centrele istorice au fost adesea părăsite, devenind adăposturi ale muncitorilor imigranți.

Dacă nu ar fi existat creșterea economică determinată de exploatarea resurselor de petrol în Arabia Saudită, cu siguranță că tehnicile locale de construcție cu pământ s-ar fi dezvoltat în continuare, deoarece prezintă avantajul de a fi produse local, după o metodă bine cunoscută și utilizată de-a lungul secolelor. Datorită costurilor reduse ale energiei, tehnicile tradiționale de răcire și de asigurare a ventilației naturale, caracteristice arhitecturii arabe, au fost înlocuite cu sisteme mecanice moderne. Această dorință de a introduce sisteme tehnice și materiale noi a venit ca un răspuns pentru anii caracterizați de privațiuni materiale de dinaintea exploatarea petrolului ca principală resursă economică.

În concluzie, locuințele din pământ din zonele deșertice, reprezintă o manieră de adaptare armonioasă în peisaj, fiind realizate din materiale locale, sugerând o expresie aparte a culturii tradiționale. Soluția adoptată a cărămizilor nearse și a pământului compactat reprezintă o variantă posibilă pentru diferitele necesități funcționale, pornind de la mici locuințe, la ansambluri monumentale și orașe întregi. Acesta este și cazul exemplurilor prezentate mai jos, Ghadamès și Shibam, care au intrat pe lista monumentelor UNESCO datorită modului în care au sintetizat aspectele sociale, economice și de mediu în cadrul locuințelor individuale, respectiv la nivel urbanistic.

Exemplele de arhitectură vernaculară sunt studiate pentru a oferi soluții la problemele legate de încălzirea climatică, deoarece prin caracterul lor ecologic, pot sugera piste de studiu referitoare la eficientizarea procesului constructiv, pornind de la practicile tradiționale. Din acest motiv, cercetarea se îndreaptă spre modele care s-au dezvoltat organic de-a lungul timpului pentru a identifica variantele eficiente de utilizare a resurselor. Utilizând tehnici moderne de studiu și analiză, există posibilitatea de a prelua elemente tradiționale și de a le

introduce sub forma unor noi tehnologii constructive, precum și de a remedia problemele existente. În acest context, sunt propuse soluții pertinente de intervenție, fără a distruge din autenticitatea construcțiilor inițiale. Aceste analize permit, de asemenea, inventarierea patrimoniului existent, reușind astfel să ofere predictibilitate în ceea ce privește comportamentul edificiilor deoarece facilitează intervențiile viitoare, oferind o bază de date cu informațiile necesare.

În concluzia acestei părți introductive este interesant de notat conceptul de "mizan" întâlnit în cultura musulmană, idee care sugerează faptul că indivizii ar trebui să folosească elementele naturale pentru beneficiul propriu, având însă datoria de a avea grijă de mediul înconjurător. Această abordare se extinde mai departe de interesul personal pentru a include noțiunea de încredere în generațiile actuale de a păstra intactă natura, ca parte a creației divine. Ideea din spatele acestui concept rezumă filozofia conform căreia musulmanii trebuie să își însușească într-un mod conștiincios puținele resurse naturale, asemănându-se în parte cu noile tendințe referitoare la sustenabilitate și eficiență energetică, prin utilizarea resurselor locale [293].

9.2.1. Ghadamès

Un exemplu interesant din punct de vedere al arhitecturii din pământ este Ghadamès, situat în Libia, la granița dintre Tunisia și Algeria.

Amplasat la marginea unei oaze, Ghadamès a reprezentat un important centru comercial datorită poziției sale geografice. Orașul a reprezentat un exemplu urbanistic de succes, deoarece a supraviețuit mai mult de 4000 de ani și a implicat o serie întreagă de strategii considerate astăzi sustenabile, bazându-se în principal pe resursele materiale și energetice disponibile. Țesutul urban organic a rezultat ca o adaptare firească la condițiile climatice prin realizarea străzilor acoperite și a legăturii directe cu oaza [294].

Ghadamès este amplasat în apropierea oazei cu scopul de a introduce aer proaspăt în rețeaua de străzi acoperite, poziționarea orașului fiind influențată și de direcțiile principale ale vânturilor. Sursele de energie utilizate în orașul vechi au fost lemnul de foc (utilizat pentru gătit, olărit, prepararea mortarului) și energia solară pasivă (radiația solară). Dacă în mod normal, activitățile precum iluminatul, încălzirea, răcirea și aerul condiționat reprezintă activități care consumă cantități enorme de energie, în cazul orașului Ghadamès, acestea sunt realizate prin intermediul configurației spațiale adoptate (fante de lumină, turnuri de ventilare) și utilizarea proprietăților de termoreglare a cărămizilor neare. Ghadamès a fost introdus pe lista patrimoniului mondial UNESCO [295] datorită varietății influențelor culturale, precum și a arhitecturii sale, aflată într-o perfectă simbioză cu natura înconjurătoare. Orașul se află la 300-350m deasupra nivelului mării, fiind amplasat într-un climat cald și arid. Temperaturile variază între 10°C și 49°C, ceea ce a dus la crearea unor construcții care să asigure protecția în

²⁹³ William Facey, 2015, "Back to Earth. Adobe Building in Saudi Arabia", Al-Turath Foundation, King Fahd National Library Cataloging-in Publication Data, ISBN: 978-603-8014-28-8;

²⁹⁴ Laila Hamed Abidi, Andrew Alcorn, Carlos Bello, „Ancient Adobe for Modern Sustainability: Solutions from and for Ghadamès”, Sustainable Architecture and Urban Development;

²⁹⁵ Ghadamès, Libia, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;

cazul temperaturilor extreme, a radiației solare intense, precum și a vânturilor locale puternice [296].



Fig. 119. Orașul Ghadamès sursă: © <https://trustmyscience.com/temperatures-extremes-endoits-chauds-planete/ghadamès/>, ultima accesare: 09.2019;

Ghadamès este amplasat în apropierea oazei cu scopul de a introduce aer proaspăt în rețeaua de străzi acoperite, poziționarea orașului fiind influențată și de direcțiile principale ale vânturilor. Sursele de energie utilizate în orașul vechi au fost lemnul de foc (utilizat pentru gătit, olărit, prepararea mortarului) și energia solară pasivă (radiația solară). Dacă în mod normal, activitățile precum iluminatul, încălzirea, răcirea și aerul condiționat reprezintă activități care consumă cantități enorme de energie, în cazul orașului Ghadamès, acestea sunt realizate prin intermediul configurației spațiale adoptate (fante de lumină, turnuri de ventilare) și utilizarea proprietăților de termoreglare a cărămizilor nearse. Ghadamès a fost introdus pe lista patrimoniului mondial UNESCO [297] datorită varietății influențelor culturale, precum și a arhitecturii sale, aflată într-o perfectă simbioză cu natura înconjurătoare. Orașul se află la 300-350m deasupra nivelului mării, fiind amplasat într-un climat cald și arid. Temperaturile variază între 10°C și 49°C, ceea ce a dus la crearea unor construcții care să asigure protecția în cazul temperaturilor extreme, a radiației solare intense, precum și a vânturilor locale puternice [298].

Suprafața construită a orașului trebuia să fie restrânsă pentru a nu afecta terenul arabil limitat, fiind construit într-o oază în mijlocul deșertului, respectiv pentru a crea un mediu propice locuirii în condiții extreme. Din cauza acestor constrângeri, a rezultat un oraș compact și dens. Rețeaua pietonală include un sistem organic de străzi acoperite, având ca punct de inflexiune piețete aranjate urmând o ierarhie socială care pornește de la spațiile publice, către zonele private.

²⁹⁶ Maha S. Al-Zubaidi, 2002, „The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buildings-The Traditional House of Ghadamès, Libya”, Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec, Canada;

²⁹⁷ Ghadamès, Libia, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;

²⁹⁸ Maha S. Al-Zubaidi, 2002, „The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buildings-The Traditional House of Ghadamès, Libya”, Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec, Canada;

Prin înțelegerea caracterului sitului și a considerațiilor externe, s-a recurs la o soluție de creare a unui parcurs subteran continuu, în timp ce clădirile tradiționale urmează un model organic de lotizare.

Pornind de la un nucleu central, rețeaua stradală s-a dezvoltat în funcție de necesitățile sociale și funcționale, sugerând ierarhiile dintre familii. Rețeaua labirintică de străzi punctează diferitele piațete ca inflexiuni în traseul general, amplasate în concordanță cu importanța și funcțiunea fiecăreia. Ceea ce este interesant de studiat este maniera de ventilare a acestui traseu subteran, deoarece reprezintă o oportunitate de a analiza eficiența sistemului realizat. Aerul cald este înlocuit cu aerul mai rece și umed al pasajelor, reglându-se astfel temperatura din circulațiile principale. Fenomenul este ilustrat în figura 122. *Sistemul de ventilare naturală din orașul Ghadamès* și prezintă maniera în care circulația aerului este efectuată prin intermediul acestor spații.

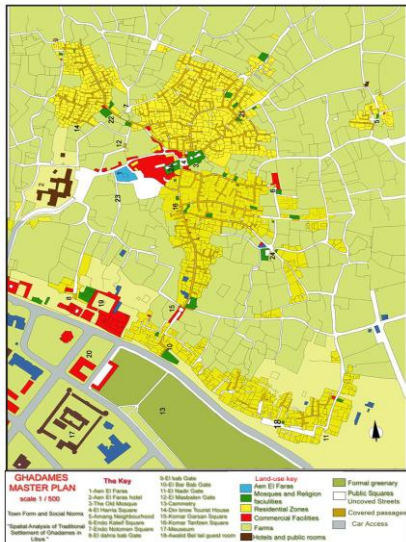


Fig. 121. Diferența dintre trama stradală organică a orașului vechi, întrepătrunsă de oaza înconjurătoare, și organizarea orașului nou, după principiul cvartalelor bine determinate, dispuse radial; preluare după: © A.Eltrapolsi, H.Altan, „Interpretation of Sustainable Desert Architecture in Ghadamès City, Lybia”;



Fig. 120. Trama stradală a orașului Ghadamès, în vestul Libiei, preluare după: © A.Eltrapolsi, H.Altan;

Locuințele sunt construite folosind o structură din lemn, umplută din cărămizi nearse cu pământ, ghips și tencuială din argilă. Din cauza căldurii extreme, ventilarea spațiului este necesară, aerul fiind dirijat prin orificii la parter și prin turnuri de vânt, respectiv luminatoare, mișcarea aerului fiind realizată prin fenomenul de sucțiune. Din punct de vedere formal, locuințele stivuite din Ghadamès au caracteristici similare, cu variațiuni ușoare în materie de dimensiuni și decorație. Arhitectura locală prezintă o coerență unică prin prisma materialului folosit și a sistemului constructiv, vizibilă la nivelul întregii localități.

Pentru a reduce aporturile solare, s-a recurs la minimizarea anvelopei clădirii, rezultând o formă simplă de aproximativ 25m², în timp ce înălțimea variază între 10-12m. Construcțiile sunt realizate din cărămizi nearse,

edificate pe fundații din piatră. Grosimea pereților se diminuează de la parter până la etajele superioare, având dimensiuni între 0,50m - 0,75m [299].

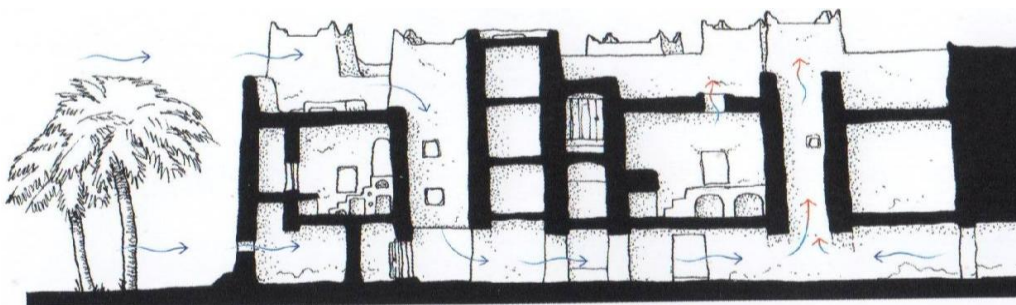


Fig. 122. Sistemul de ventilare naturală din orașul Ghadamès, preluare după: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 21;

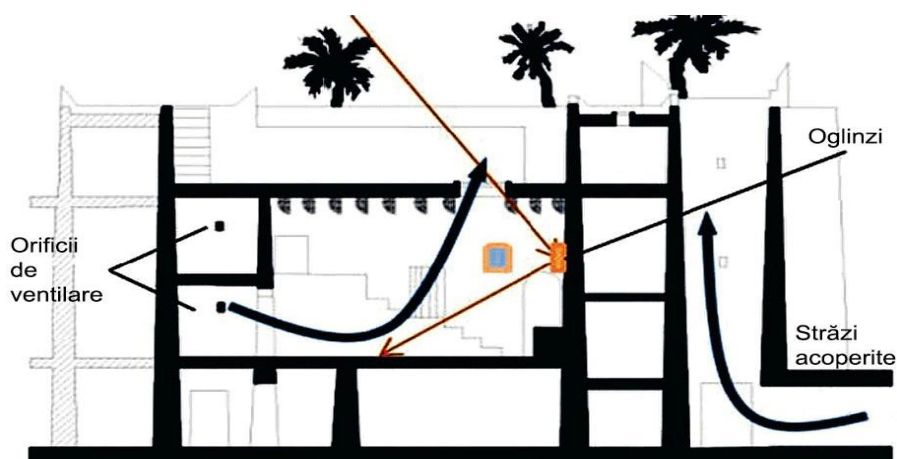


Fig. 123. Secțiune printr-o locuință din Ghadamès, preluare după: © A.Shahran, D.Reba, M. Krklješ, „Thermal Comfort, Adaptability and sustainability of vernacular single family houses in Libya”, ISSN:1848-6339, ultima accesare: 09.2019;

O locuință tipică este compusă dintr-un vestibul, o depozitare și o casă de scară, în timp ce primul etaj constă într-un spațiu de zi deschis pe 2 nivele. Dormitoarele au acces direct din spațiul de zi sau de la mezanin. Podelele și acoperișul sunt compuse dintr-o structură din trunchiuri de palmieri, deasupra lor realizându-se o pardoseală din pământ compactat. Înălțimile locuințelor variază, iar deschiderile sunt mici pentru a minimiza transferul de căldură, anvelopa clădirii realizată din cărămizi neare reglând temperatura și umiditatea din spațiul interior

²⁹⁹ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 18-21;

[300], așa cum este ilustrat în cadrul figurii prezentate în continuare - 123. *Secțiune printr-o locuință din Ghadamès.*

La nivelul acoperișul este realizat un al doilea etaj care conține o zonă de gătit și de stat, fiind și un spațiu de circulație, deoarece acoperișurile sunt conectate între ele. În acest mod se crează o a doua circulație la nivelul acoperișului, în timp ce pasajele amplasate la parter sunt adăpostite de soare. Acoperișul terasă reprezintă 80% din suprafața de contact dintre exteriorul și interiorul locuințelor. Placa cu o grosime mai mare de 50cm, este alcătuită din 2 straturi poroase, unul din pietriș și celălalt din pământ prăfos. Cele 2 straturi absorb apa de ploaie și izolează față de căldura excesivă din timpul zilei, respectiv frigul nopții. Un strat compact din pământ amplasat la partea inferioară a stratificației asigură funcția de masă termică, în timp ce structura din lemn, asigură rezistența acoperișului.

Ca urmare a înțelegerii condițiilor de mediu regăsite pe plan local, s-a realizat o propunere urbanistică în armonie cu resursele existente, prin menținerea legăturii cu oaza, includerea acesteia în țesutul urban organic. Din punct de vedere arhitectural, clădirile răspund unor necesități sociale prin flexibilitatea dispunerii elementelor interioare. Toate elementele distinctive dezvoltă un caracter aparte al țesutului urban ce se traduce la nivel de locuințe printr-un stil arhitectural unic. Această adaptare ține cont de factorii sociali, religioși, dimensiunea culturală, precum și de necesitatea de apărare, orașul fiind organizat ca o mare fortăreață concentrică, cu o dispunere radială a circulațiilor principale [301].

În ciuda tuturor avantajelor referitoare la adaptarea climatică, orașul vechi a fost părăsit pe măsură ce sursa de apă s-a diminuat, în timp ce necesitățile locuitorilor au crescut. În primă fază, aglomerarea din ce în ce mai mare a dus la suprasolicitarea sistemului de aducțiunea a apei și a canalizării, ceea ce a însemnat creșterea concentrației de fosfați, a acidității și a materiilor organice din terenuri, precum și a conținutului de sare. Contaminarea solului a determinat abandonarea vechiului oraș și realizarea unuia ce folosește sisteme edilitare moderne și o rețea mai eficientă de transport, dar noile construcții nu fac față condițiilor extreme, fără a utiliza cantități mari de energie pentru sistemul de aducțiune a apei, pentru sistemele de răcire și ventilare.

Dacă în orașul vechi, se utiliza minimul de energie pentru funcționare, orașul modern consumă energie neregenerabilă prin intermediul combustibililor fosili. Între cele 2 exemple există o diferență de abordare în ceea ce privește scara intervențiilor. În orașul vechi, dispunerea construcțiilor pornește de la legături organice realizate între locuințele individuale, trama stradală a noului oraș propune legături între cvartale de locuințe și funcțiuni conexe, ceea ce schimbă proporția intervențiilor și reduce din caracterul compact al soluțiilor vernaculare existente pe plan local. De asemenea, vechiul oraș necesita un consum aproape zero de energie pentru ventilare, în timp ce noul oraș consumă resurse neregenerabile pentru a asigura confortul termic necesar.

³⁰⁰ <https://www.icomos.org/>, ultima accesare: 03.2021;

³⁰¹ A.Eltrapolsi, H.Altan, 2017, „Interpretation of Sustainable Desert Architecture in Ghadames City, Lybia”, SOS tierra 2017: International Conference on Vernacular Earthen Architecture, Conservation and Sustainability, Valencia, DOI: 10.1201/9781315267739-18;

Întrebarea este maniera în care se poate realiza un echilibru între practicile constructive tradiționale și principiile urbanistice asociate acestora. Perpetuarea meșteșugurilor tradiționale conferă valoare din punct de vedere social, dar și economic, în timp ce noile dezvoltări neglijează abordările vechi în favoarea unor materiale și tehnici contemporane care consumă multă energie.



Fig. 124. Exemplu de locuință din Ghadamès, sursă: © Ko Hon Chiu Vincent, whc.unesco.org/en/documents/125442/, ultima accesare: 09.2019;

Prin studiul elementelor care reprezintă specificul arhitecturii vernaculare din Ghadamès, se subliniază răspunsurile practice, oferite în timp, referitoare la condițiile de mediu specifice. Din acest punct de vedere, orașele vernaculare reprezintă, de obicei, modele de sustenabilitate, deoarece au la bază tradiții constructive și relații funcționale organice. Importanța acestui exemplu constă în modul în care reprezintă o sinteză a factorilor sociali, economici și de mediu care definesc sustenabilitatea, pornind de la nivelul materialelor folosite, a locuințelor propuse, până la o scară urbană a așezării. În acest context, este important ca tehnicile constructive locale să fie păstrate deoarece reprezintă o manieră eficientă de a utiliza un material local, în timp ce posibilitățile tehnice actuale pot reprezenta variante de îmbunătățire a resurselor tradiționale [302].

9.2.2. Shibam

Arhitectura tradițională din Yemen este conservatoare, dar prezintă decorațiunile și picturile specifice culturii islamice, concentrându-se mai mult asupra aspectelor practice în ceea ce privește configurația spațială la nivel urbanistic. Acesta este și cazul orașului Shibam, care este situat între munți, la marginea unui podiș, reprezentând un popas pe ruta comercială a mirodeniilor. Din rațiuni defensive și de reprezentare, s-au realizat construcții fortificate înalte, ceea ce a dus la dezvoltarea unei tehnici constructive specifice pornind de la cărămidile nearse cu forme trapezoidale.

³⁰² whc.unesco.org/en/documents/125442/, ultima accesare:09.2019;



Fig. 125. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © George Steinmetz, <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 09.2021;

Cunoscut sub numele de "Manhattan" al deșertului datorită locuințelor fortificate de tip turn, orașul Shibam datează din perioada preislamică, fiind construit începând cu secolul al III-lea d.Hr.. Orașul a fost masiv reconstruit în 1532 din cauza unor inundații importante și încă mai păstrează urmele unei moschei ce datează din secolele IX-X, precum și cele ale unui castel din secolul al XIII-lea. Shibam este considerat unul dintre primele și cele mai bune exemple urbanistice bazate pe principiul construcției verticale, fiind clasat pe lista mondială a patrimoniului UNESCO încă din 1982 [303].

Din punct de vedere al planificării urbane se constată țesutul dens al locuințelor, amplasate urmând o tramă aproximativ rectangulară, cu străzi ușor curbate. Pe harta de mai jos, figura 127. Planul orașul Shibam, sunt prezentate principalele edificii ale ansamblului orașului vechi, constând în instituții publice și moschei. Acestea sunt dispuse în jurul a 3 piațete principale, legate printr-o rețea pietonală complexă. Dezvoltarea etapizată a așezării este evidentă prin intermediul neregularităților regăsite în planimetrie. Așezat pe o platformă formată din rămășițele vechiului oraș, clădirile din pământ filtrează praful deșertului [304], iar accesul în interiorul incintei fortificate pare ca o incursiune arheologică sub straturi de pământ depuse de-a lungul secolelor.

Shibam cuprinde mai mult de 500 de clădiri, dintre care cele mai multe datează din secolul al XVI-lea d.Hr. Dispunerea locuințelor are un caracter regulat, dar cu influențe organice prin prisma colțurilor rotunjite, a străzilor ușor dezaxate. Acest aspect denotă o caracteristică personală asociată cu tehnicile tradiționale de construcție, condițiile climatice, precum și raporturile sociale dintre locuitori, care au stat la baza proximității regăsite în realizarea edificiilor.

³⁰³ <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 03.2021;

³⁰⁴ www.archleague.org/article/citiesofearth, ultima accesare: 03.2021;

Dintre caracteristicile importante care au constituit criteriile pentru includerea acestei așezări în lista patrimoniului UNESCO au fost silueta orașului și relația interesantă cu peisajul înconjurător. Acest model de arhitectură rezidențială a fost ulterior înlocuit cu o dezvoltare haotică de-a lungul întregului podiș, care nu păstrează nicio asemănare cu varianta inițială compactă de planificare urbană, deși continuă parțial tehnica constructivă a folosirii cărămizilor nearse. Mai mult, noile dezvoltări sunt susceptibile inundațiilor din ce în ce mai dese deoarece sunt realizate la nivelul terenului natural în mijlocul câmpiei aluvionare, în timp ce vechiul oraș este amplasat pe o platformă din piatră.



Fig. 126. Vedere aeriană a vechiului oraș Shibam și a conexiunii cu oaza, sursă: © Hiddenarchitecture.net/shiba/, ultima accesare: 09.2021;



Fig. 127. Planul orașului Shibam, indicându-se clădirile instituțiilor de stat, moscheile și locuințele, Shibam cuprinde mai mult de 500 de clădiri, dintre care cele mai multe datează din secolul al XVI-lea d.Hr., sursă: © Jean François Breton, Institut des Matériaux Jean Rouxel, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_dattico, ultima accesare: 01.2021;

Unele construcții ating 8 etaje, cu o înălțime de aproximativ 30 de metri și deoarece sunt gândite cu posibilitatea de a se extinde pe verticală, structurile sunt mai largi la bază [305]. Această opțiune constructivă se realizează și din motive structurale, deoarece cărămizile nearse au o secțiune trapezoidală, menită să reducă greutatea pereților la etajele superioare. Este inclusă și o structură

³⁰⁵ Deepa Mehta, 2009, „On Conservation and Development: The Role of Traditional Mud Brick Firms in Southern Yemen”, Globelics 2009: Inclusive Growth, Innovation and Technological Change: education, social capital and sustainable development, October 6th-8th, Dakar, Senegal;

din lemn prin intermediul unor grinzi de centură, precum și la nivelul planșeelor intermediare realizate din grinzi de lemn încastrate în pereții masivi de zidărie. De asemenea, sunt utilizate coloane din lemn pentru preluarea încărcărilor structurale din grinzi în condițiile unor deschideri prea mari.

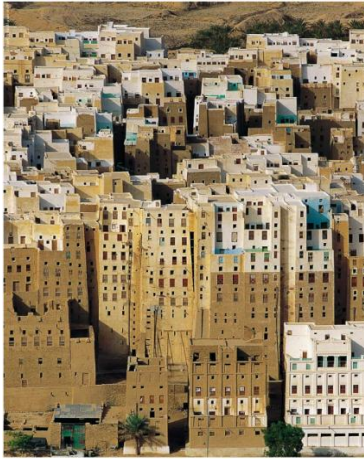


Fig. 128. Orașul Shibam, Yemen, sursă: sursă: © Jean-Jacques Gelbart, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 129. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © Maria Gropa, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020;

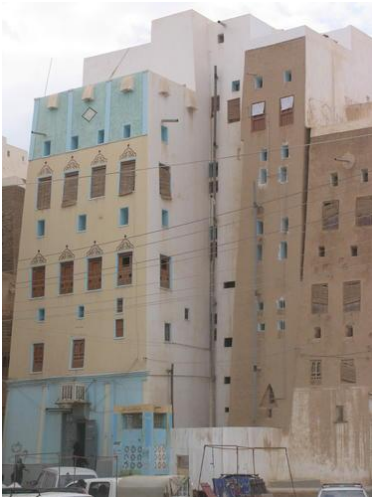


Fig. 130. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © Aneta Ribarska, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 131. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © Aneta Ribarska, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020;

Partea superioară a pereților prezintă rosturi de dilatare din cauza diferențelor mari de temperatură, acolo unde s-a aplicat o tencuială din ghips. Acest fenomen produce o mișcarea zilnică între stratul de tencuială și cărămizi,

determinând abraziunea internă, în timp ce în locul unde s-a aplicat un mortar pe bază de pământ, suprafața se păstrează în condiții bune, cu intervenții minime. O tencuială pe bază de mortar din pământ este aplicată pe fațadă, în timp ce un strat suplimentar de var asigură protecție și culoare [306].

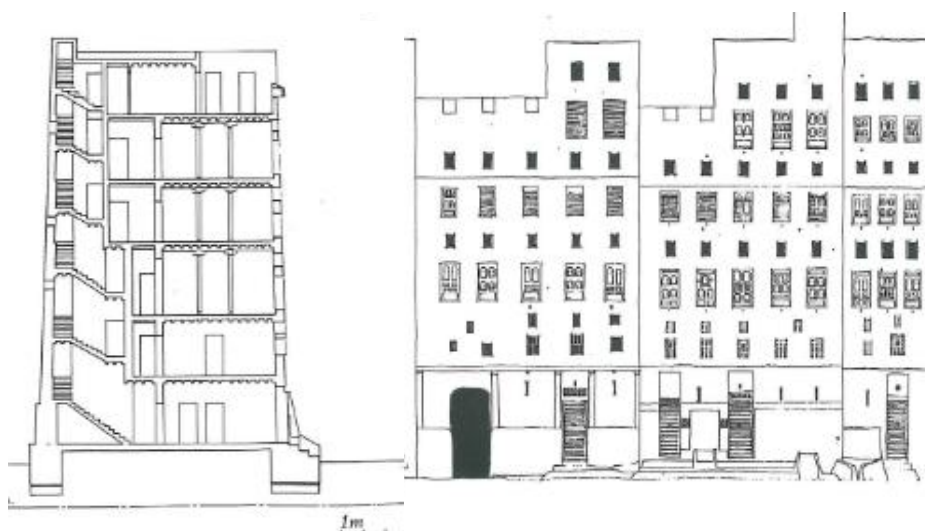


Fig. 132. Secțiunea unei locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico, ultima accesare: 01.2021;
Fig. 133. Fațadele unor locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico,

Culoarea aplicată pe fațade imprimă o individualitate aparte fiecărei clădiri, păstrând unitatea formală și constructivă la nivel de așezare. Construcțiile aveau și un rol reprezentativ, locuitorii acestora fiind, în principal, negocianți înstăriți. Starea socială bună a ocupanților a determinat perfecționarea tehnicii constructive și atingerea unui nivel impresionant de coerență formală și funcțională, atât la nivelul unităților individuale, cât și la nivel urbanistic.

Planimetria ilustrată în figura 134. Planurile unei locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, prezintă maniera de organizare a unei locuințe tradiționale specifice unui comerciant din Shibam și cuprinde la parter o zonă comercială, o zonă de depozitare și o rezervă de provizii, în timp ce etajele superioare conțin spațiul de zi, băile și dormitoarele. Spațiile principale sunt conectate la terase intermediare pentru iluminare și ventilare, în timp ce zonele funcționale, precum casa de scară, sunt iluminate și ventilate prin intermediul unei ghene comune. Un element interesant îl constituie legăturile dintre construcții, permițând în special femeilor să comunice și să se viziteze, acestea fiind create inițial pentru a fugi în cazul unui atac. La nivelul acoperișului se află bucătăria și un spațiu acoperit semideschis, folosit drept loc de dormit în exterior.

³⁰⁶ Barbara Finster, „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg;

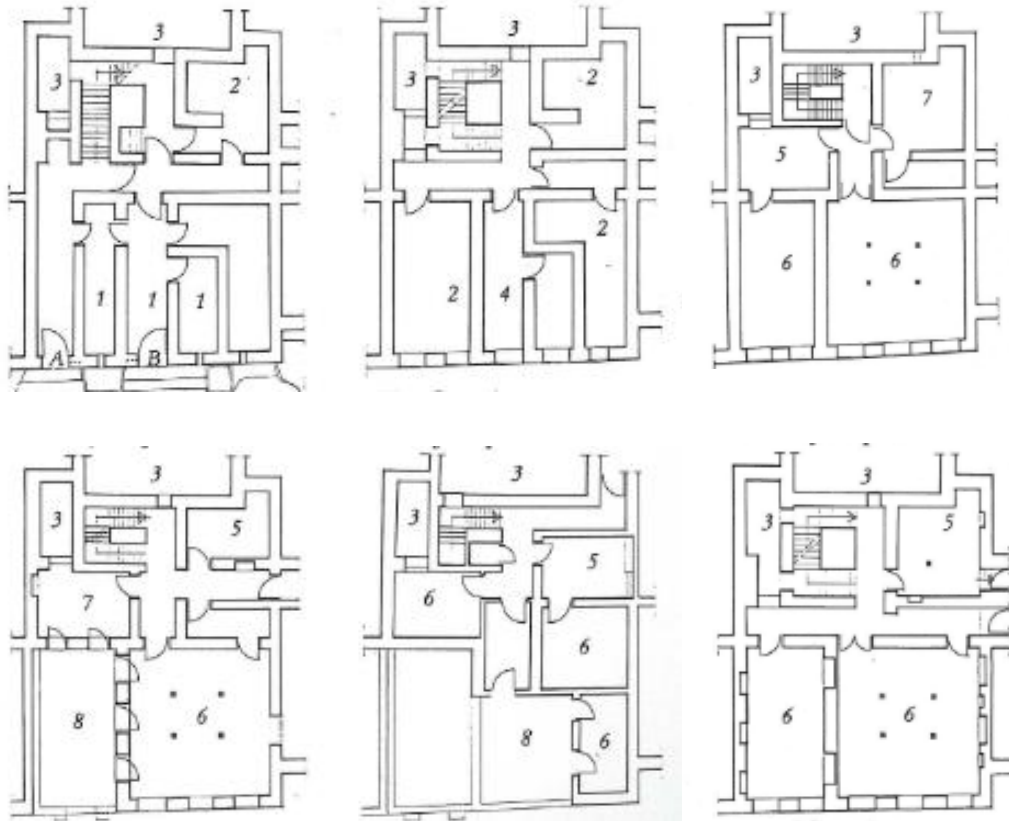


Fig. 134. Planurile unei locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, 1. Magazin, depozitare, 2. Rezervă de provizii, 3. Ghenă de ventilație și lumină, 4. Spațiu pentru animale, 5. Băi și dormitoare, 6. Locuință, 7. Bucătărie, 8. Terasă.;

Climatul cald a determinat apariției unei tradiții constructive aparte a cărămizilor nearse, acestea fiind ușor de pus în operă, în timp ce longevitatea orașului de-a lungul secolelor, reprezintă o mărturie a tehnicilor sustenabile aplicate în cadrul acestuia. Dar cu toate acestea, ploile din ce în ce mai abundente au dus la degradarea construcțiilor prin realizarea unor crăpături adânci între tencuială și pereți. Lipsa intervenției regulate din partea locuitorilor a dus la desprinderea unor suprafețe de tencuială, umiditatea infiltrându-se în stratul de cărămizi. Crăpăturile adânci dintre tencuială și pereți colectează apa de ploaie sau cea produsă prin condensare, transmitând-o mai departe structurii. Deteriorările cauzate la partea superioară a pereților determină infiltrarea apei în întreaga structură a clădirii, nu doar în parapeti. De asemenea, în dreptul cavităților mari

create, datorită acțiunii combinate a vântului și a nisipului, suprafața mai moale a cărămizilor nearse se exfoliază și se degradează în timp [307].

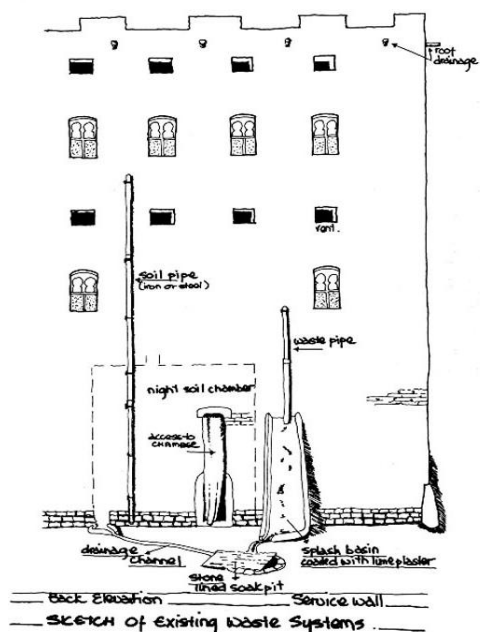


Fig.135. Schiță ilustrând sistemul tradițional de canalizare, sursă: © www.Docartis.com/YEMEN/Yemen_Fonti_documentarie/Foto/Mud_Brick_Architecture.html, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 136. Introducerea instalațiilor în construcțiile existente, sursă: © Hiddenarchitecture.net/shiba/, ultima accesare: 03.2021;

Noua dezvoltare urbanistică realizată în imediata apropiere determină subminarea tuturor elementelor care anterior confereau confort termic, precum legătura cu terenurile agricole care filtrează aerul de praf, străzile umbrite, circulația aerului determinată de țesutul compact dens, precum și efectul de reglare a umidității prin utilizarea cărămizilor nearse din pământ. Toate aceste aspecte ecologice sunt abandonate în favoarea unei dezvoltări aleatorii de-a lungul întregii văi, fapt ce determină proiectarea unor rețele edilitare mai lungi, sisteme mecanice de ventilare și căi de comunicație extinse care se traduc prin costuri suplimentare la nivel de așezare. De asemenea, Shibam reprezintă o mărturie a identității culturale a locuitorilor și a modului de viață tradițional.

Arhitectura Shibamului reprezintă o expresie coerentă a culturii tradiționale arabe [308]. Coerența urbanistică a orașului determină acordarea unei atenții sporite acestui exemplu deoarece ilustrează cum prin mijloace reduse se poate crea un ansamblu valoros din punct de vedere estetic și funcțional. Adaptarea acestui oraș la constrângerile climatice, resursele existente pe plan local, respectiv la modul de viață caracteristic lumii arabe, reprezintă o lecție de dezvoltare

³⁰⁷ Barbara Finster, „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg;

³⁰⁸ Qaten. M.A, 2016, „Old walled city of Shibam of UNESCO and Yemeni legislation”;

sustenabilă în urbanism și arhitectură, oferită cu sute de ani înaintea înțeleșului contemporan al conceptului.



Fig. 137. Perspectivă ilustrând construcțiile din centrul orașului, aflate într-o stare bună de conservare, sursă: © Hiddenarchitecture.net/shiba/, ultima accesare: 03.2021;

Ca o consecință a interesului crescut oferit orașului Shibam, în anul 2005, un proiect comun de reabilitare a permis renovarea a jumătate din fondul construit, permițând autorităților locale să își îmbunătățească serviciile și infrastructura existentă. Prin introducerea noilor agenții comunitare, meșterii locali au fost promovați, urmărindu-se continuarea tradiției constructive cu pământ. De asemenea, au fost luate măsuri de eficientizare a agriculturii prin restaurarea vechilor canale și a sistemelor de irigații. Scopul intervenției, care s-a extins pe o suprafață de 81000m², a fost de a identifica noi structuri sociale, funcționale și economice prin care să se redea vitalitatea vechiului oraș [309].

9.2.3. Hassan Fathy

Câteva personalități se remarcă prin contribuțiile lor în ceea ce privește promovarea unei noi materialități, precum și a unei noi modalități de a vedea arhitectura tradițională în context contemporan. Lucrările lor vorbesc despre o tratare holistică a actului constructiv, reușind să ofere un răspuns adecvat unor nevoi locale. Unul dintre aceștia a fost arhitectul egiptean Hassan Fathy (1900-1989), care a promovat utilizarea pământului ca o metodă adaptată climatului egiptean, folosind tehnici tradiționale locale. Hassan Fathy a elaborat mai mult de 160 de proiecte în cadrul cărora a utilizat metode și materiale tradiționale, adaptate nivelului de trai al locuitorilor, ca o consecință firească a înțelegerii condițiilor socio-economice locale [310]. Arhitectul promovează o viziune contemporană a

³⁰⁹ <https://www.akdn.org/architecture/project/rehabilitation-old-city>, ultima accesare: 03.2021;

³¹⁰ Viola Bertini; Salma Samar Damluji, 2018, „Hassan Fathy: Earth & Utopia”, King Publishing, Laurence;

elementelor vernaculare, pornind de la resursele și condițiile climatice existente, în timp ce proiectele sale se adresează și aspectului social și cultural al comunităților pe care le deservește. Fathy a promovat formarea profesională în rândul populației egiptene, cu scopul de a-i ajuta să își construiască singuri locuințele, implicându-i în cadrul întregului demers constructiv.

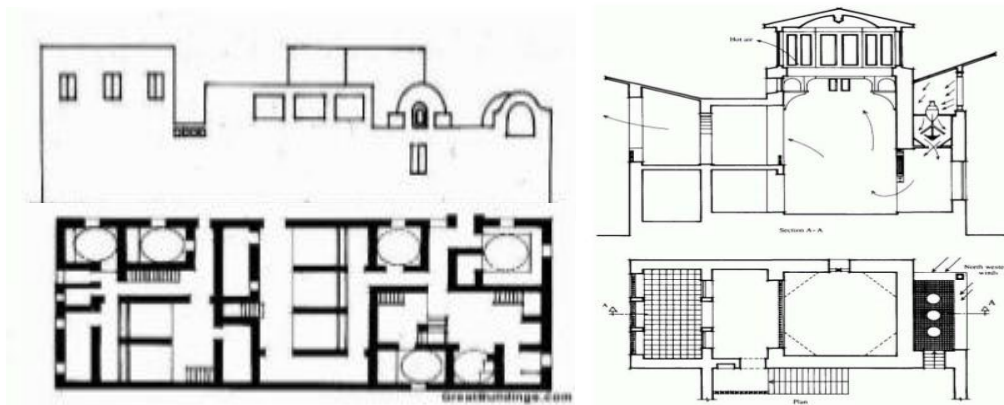


Fig. 138. Desene tehnice centrul de ceramic Al-Fustat, Cairo – Egipt, sursă: © Abhinaina Bhatia, <https://www.slideshare.net/abhinaina/hassan-fathy-21625787i>, <https://thecairoscene.me/ArtsAndCulture/35-Spectacular-Structures-by-Egypt-s-Architectural-Legend-Hassan-F-Fathy>, ultima accesare: 10.2019; Ventilația naturală este realizată prin intermediul turnului malqaf. Aerul este răcorit și curățat de praf înainte de a fi introdus în spațiul central. Aceste elemente au constituit piese definitorii în arhitectura vernaculară arabă,

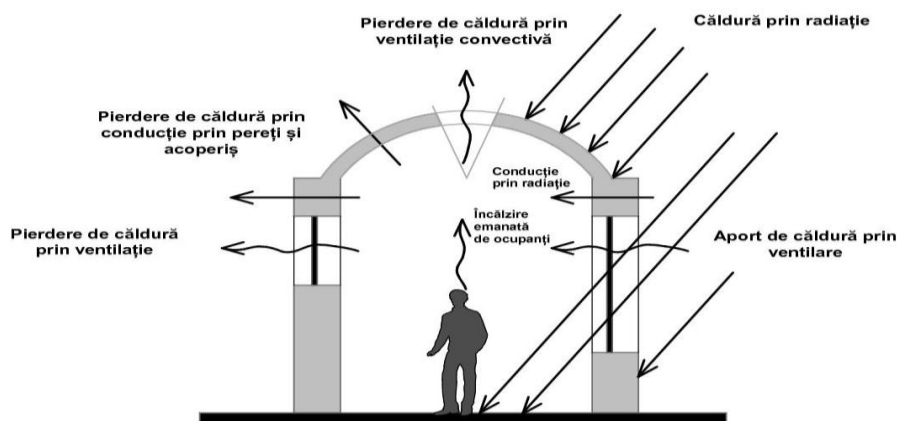


Fig. 139. Realizarea schimburilor de căldură prin intermediul anvelopei termice și prin ventilație, Secțiune printr-un modul de locuință propus, sursă: © Fathy H., 1973, „Architecture for the poor”, The University of Chicago Press, accesat on-line: <https://issuu.com/dida-unifi/docs/earth-lands> ultima accesare: 03.2021;

Arhitectul a început să studieze eficiența locuințelor tipice din Cairo pentru a prelua principiile funcționale în cadrul propunerilor sale. Pentru proiectul centrului de ceramică Al-Fustat, ventilația s-a realizat utilizând o sală pe 2

niveluri, o curte de ventilație, precum și utilizarea proprietăților cărămizilor nearse din pământ regăsite în mediul rural. Proiectele lui Fathy vin ca o reconsiderare a formelor de locuire urbană tipice din Egipt, mizând pe caracteristicile tradiționale ale arhitecturii locale, precum proporții și secțiuni specifice care conțin sisteme de ventilație și iluminare [311].

Aceste elemente constructive, reprezentative pentru regiunea Egiptului, demonstrează maniera în care arhitectura tradițională poate să inspire realizarea unor dezvoltări sustenabile pornind de la resursele existente pe plan local. Hassan Fathy a sugerat faptul că nevoile sociale pot fi îndeplinite prin utilizarea tehnicilor tradiționale și prin încurajarea participării utilizatorului, în așa fel încât, implicarea acestuia să îi confere simțul apartenenței, cât și prin realizarea unor comunități extinse în jurul proiectului propus [312]. Principala problemă a materialelor din pământ, așa cum a descoperit Hassan Fathy, nu este materialul în sine, ci prejudecățile asociate cu acesta din moment ce interesele autorităților locale erau îndreptate către materialele de construcție industrializate.

Din acest motiv, o parte considerabilă din munca lui Fathy a fost reprezentată de convingerea beneficiarilor să apeleze la tehnici constructive tradiționale în detrimentul materialelor scumpe și cu o energie încorporată mare. Aportul lui Fathy a constat în faptul că a demonstrat cum se pot găsi alternative care să nu imite uniformitatea stilului internațional, adoptat pe tot teritoriul Europei și al Americii de Nord. Arhitectul propune o variantă tradițională care să încorporeze aspecte ale Stilului Internațional european, dar prin utilizarea unor elemente locale tipice construcțiilor din Egipt [313].

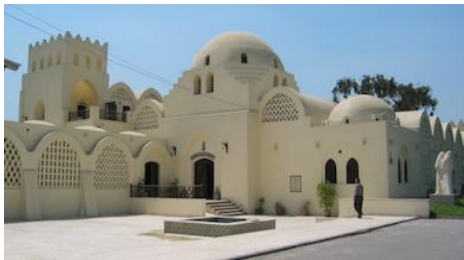


Fig. 140. Centrul de ceramică Al – Fustat, Cairo - Egipt , <https://www.slideshare.net/abhinaina/hassan-fathy-21625787>, sursă: © Abhinaina Bhatia, ultima accesare:10.2019;

Fig. 141. Plan pentru realizarea centrului comunitar din New Baris. Orașul este trasat pe o direcție nord-sud sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;

³¹¹ <https://archnet.org/authorities/1>, The Aga Khan Trust for Culture, 1989" The Hassan Fathy Collection. A catalogue for visual documents at the Aga Khan Award for Architecture, Bern, Switzerland";

³¹² Randa A. Mahmoud, 2016, "Old Gourni: Redefining Sustainability in Vernacular Architecture/Urbanism";

³¹³ Malcom Miles, 2016, "Utopias of Mud? Hassan Fathy and Alternative Modernism", <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1206331205285852?journalCode=saca>;

Unul dintre cele mai importante proiecte ale lui Hassan Fathy este comunitatea New Baris, care a fost inițiată odată cu descoperirea în 1963 a unei surse de apă în mijlocul Egiptului, la 60km sud de oaza Kharga. S-a urmărit realizarea unei comunități agricole în această regiune izolată din deșert. Comunitatea formată din aproximativ 250 de familii era compusă din fermieri și personalul tehnic care asigura funcționarea sistemului de irigații. Hassan Fathy a fost ales pentru că a reușit să propună o soluție economică, dar adaptată din punct de vedere social necesităților viitoarei comunități. Arhitectul a întreprins un larg studiu demografic, geografic și climatic, pentru a lua în considerare sistemele naturale care vor avea o influență mare asupra noii propuneri, abordarea sa fiind îndreptată și către caracterul social prin considerarea comunităților ce urmează să se dezvolte. Fathy a ținut cont de configurațiile localităților din împrejurimi în ceea ce privește lățimea și orientarea străzilor, formele introvertite ale locuințelor care reduc din temperaturile extreme de vară (până la 50°C) și cele scăzute din timpul nopții. Drept urmare, a rezultat o soluție complexă din punct de vedere tehnic și funcțional, dar coerentă la nivelul formelor arhitecturale [314].

Se observă o tramă stradală care merge pe direcția nord-sud, având ca element principal piața centrală, spațiile comunitare principale deschizându-se către aceasta. Fragmentul ilustrat este doar o parte a masterplanului care conține pe lângă stațiile de irigare, și cartierele rezidențiale realizate folosind aceeași tehnică constructivă, a cărămizilor nearse. Conform planului general, locuințele sunt adunate în jurul unor curți comune, fiind legate prin spații deschise, adăpostite și prin rute pietonale, mijloace care asigură un circuit continuu de aer.

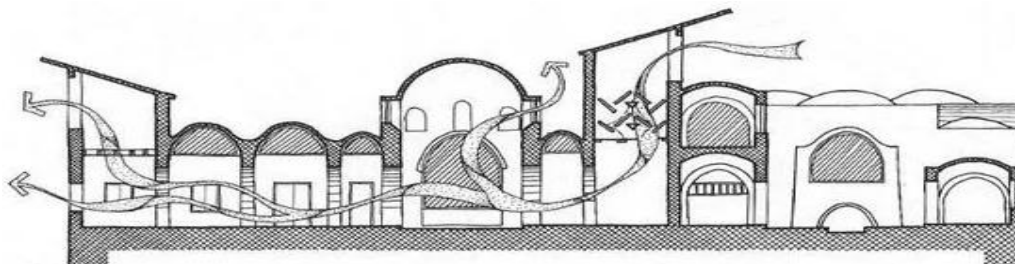


Fig. 142. Schemă de ventilare prin intermediul circulațiilor și a sălii principale. Se observă existența unei calote sferice care este adăugată spațiului pieței centrale, a unui turn de ventilație, precum și a 2 turnuri secundare care favorizează circulația aerului și reduc temperatura cu până la 15°C grade, sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;

Fiind vorba despre o comunitate agricolă, una dintre cele mai importante probleme a constituit-o realizarea unor spații de depozitare pentru produsele perisabile produse în cadrul fermei. Din cauza acestui motiv și a temperaturilor extreme, singurele variante posibile au fost utilizarea masei termice a cărămizilor nearse, propunându-se pereți cu o grosime de până la 80cm. Din punct de vedere formal, acoperișul este realizat din domuri și bolți pentru a difuza razele de soare, dar și din motive de simplificare a actului constructiv, nefiind nevoie de o structură auxiliară din lemn. Pereții locuințelor sunt realizați din 2 straturi de cărămizi nearse care pot funcționa drept sistem de colectare a energiei termice,

³¹⁴ Aga Khan Trust for Culture, Bern, Switzerland, https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260, ultima accesare: 03.2021;

căldura fiind înmagazinată în interiorul pereților groși de cărămidă nearsă și eliberată în timpul nopții prin intermediul fenomenului de stocare termică. Sistemul constructiv adoptat a demonstrat faptul că tehnica este utilă în ceea ce privește controlarea fluctuațiilor de temperatură.

Dintr-o perspectivă generală, se poate concluziona faptul că în proiectarea complexului New Baris au fost introduse strategii de proiectare bioclimatică. În cazul acestui exemplu particular, se poate observa cum prin utilizarea judicioasă a resurselor regăsite pe plan local, s-a propus o soluție care maximizează condițiile de mediu prin intermediul unor principii pasive de păstrare a energiei. Din acest punct de vedere, se pot constata următoarele elemente propuse în cadrul proiectului:

- realizarea unui proiect coerent care minimizează fluxul de aer extern datorită formei compacte (reduce implicit fluxul conductiv de căldură creând un microclimat în cadrul spațiilor publice din interior);
- prin intermediul zidurilor groase din cărămizi nearse se asigură stocarea termică, ceea ce determină un flux conductiv redus la nivel de anvelopă, implicit reducerea temperaturii și reglarea umidității;
- aportul solar este minimizat prin realizarea circulațiilor acoperite;
- prin intermediul turnurilor de ventilație interconectate cu spațiile de circulație și cu piațele principale, se încurajează utilizarea ventilației încrucișate și a efectului de stivă (determinat de flotabilitatea aerului cald).



Fig. 143. Imagine de ansamblu al complexului New Baris, sursă: © Viola Bertini https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260, ultima accesare: 03.2021;

În acest context, este interesant de observat ceea ce este constant în cadrul unei culturi constructive, ceea ce merită păstrat, respectiv ceea ce este efemer și trecător în cadrul practicilor locale. Arhitectura lui Fathy marchează o sincopă care a existat și există între arhitectura vernaculară și cea modernă, sugerând cum prin analiza tehnicilor tradiționale se pot dezvolta soluții contemporane, perfect adaptate condițiilor climatice locale. Posibilitatea de adaptare a tehnicilor tradiționale relevă caracterul sustenabil al arhitecturii lui Hassan Fathy.

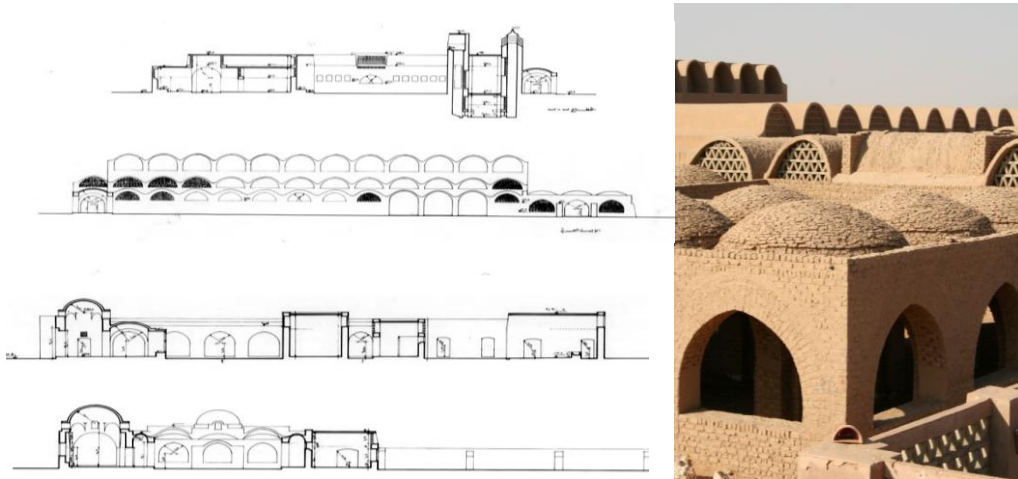


Fig. 144. Secțiunile prin complexul New Barris, demonstrează sistemele pasive de ventilare utilizate, respectiv relația cu curtea interioară, sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;

Fig. 145. Secțiunile prin complexul New Barris, demonstrează sistemele pasive de ventilare utilizate, respectiv relația cu curtea interioară, sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;



Fig. 146. Unități comerciale new Baris, sursă: © https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260 Viola Bertini, ultima accesare: 03.2021;

Construcția a început în 1964, dar a fost întreruptă în 1967 din cauza războiului dintre Israel și Egipt, ceea ce a dus la oprirea șantierului, fiind realizate doar câteva dintre construcțiile care aparțineau centrului administrativ: muzeul, centrul social și câteva vile [315]. Cu toate acestea,

compozițiile formate ilustrează un caracter tectonic aparte al acestui ansamblu. Dezvoltarea din New Baris demonstrează ingenuozitatea arhitectului în a crea o soluție folosind un material unic pentru toate construcțiile. Abordarea lui Hassan Fathy prezintă maniera în care arhitectul reușește să creeze un proiect contemporan timpului său din punct de vedere formal și funcțional, prin intermediul tehnicilor constructive utilizate în mod tradițional pe plan local.

Lucrările sale constituie un studiu interdisciplinar între științele umanistice și cele referitoare la fizica construcțiilor, realizând și o conexiune între proiectarea la nivel rezidențial și planificarea urbană. Operând continuu între vechi și nou, social și tehnic, Fathy reușește să creeze spații care să servească comunității. Acest aspect este deosebit de important, mai ales în cazul așezărilor care constituie noi colonii, deoarece aceste valori constituie elementele ce conferă continuitate, respectiv caracterul sustenabil de-a lungul mai multor generații.

Chiar dacă acest complex nu a fost continuat din motive de instabilitate socială și economică, simplul fapt că utilizează materiale simple precum cărămizile nearsă din pământ, face ca amprenta ecologică asupra mediului să fie minimă, materialul integrându-se într-un ciclu geologic mult mai mare. Ceea ce a fost o dată format de către constructorii locali, se poate recicla, urmând un ciclu de viață cu un număr mare de reutilizări [316]. Aceste caracteristici referitoare la impactul redus asupra mediului și potențialul de reciclare au determinat interesul de a reintroduce construcțiilor din pământ în cadrul practicilor constructive actuale prin intermediul conceptelor contemporane de ecologie și sustenabilitate.

9.3. Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat

O dată cu dezvoltarea actuală a regiunii Banatului din vestul României, elementele care îi definesc patrimoniul și identitatea regională încep să fie recunoscute, și implicit, promovate. Fosta provincie a Imperiului Habsburgic, regiunea Banatului a constituit teritoriul colonizării masive la începutul secolului al XVIII-lea – începutul secolului al XIX-lea, pentru a crea un avanpost militar în fața ofensivei Imperiului Otoman. Pentru a atinge acest obiectiv strategic, a fost întreprins un proces masiv de colonizare, aducând o populație din mai multe zone ale Imperiului Habsburgic – germani, francezi, italieni și spanioli, adunați pentru dezvoltarea acestui teritoriu neocupat anterior.

Studiul subliniază tehnicile de construcție în zona Banatului din timpul administrației habsburgice și consecințele acestora asupra dezvoltării ulterioare a regiunii. Măsurile de sistematizare evidențiază caracteristicile unei dezvoltări sustenabile, în ciuda ritmului accelerat de creștere economică. Există o trecere treptată de la tehnicile constructive tradiționale din secolele XVIII-XIX (locuințe din pământ compactat, cărămidă nearsă, cărămidă arsă și piatră), dezvoltate împreună cu meșterii nou-veniți din Europa Centrală. De aceea, modelele de colonizare timpurie oferă o gamă largă de răspunsuri culturale și tehnologice la condițiile

³¹⁵ <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;

³¹⁶ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 13;

climatice locale. Multe dintre soluțiile constructive dezbătute urmăresc utilizarea celor mai eficiente mijloace de a edifica într-un timp limitat.

Tranziția dintre diferitele tehnici constructive se desfășoară treptat, pornind de la resursele locale disponibile și terminând cu un transfer de cunoștințe între populația locală și noii coloniști. Din cauza condițiilor politice instabile (deportări, emigrări, colectivizări datorate regimului comunist, și în prezent, trecerii bruște la capitalism), există o lipsă de continuitate care se traduce prin depopularea localităților rurale, abandonul tehnicilor de construcție locale și adoptarea de împrumuturi stilistice discutabile. Fondul construit din pământ a primit prea puțină recunoaștere, acesta fiind rezervat unui grup restrâns de profesioniști în arhitectură și restaurare. Acestea sunt câteva dintre motivele care au contribuit la pierderea unui număr atât de mare de tradiții constructive folosind pământul ca material principal de construcție, răspândite anterior pe teritoriul întregului Banat.

În ultimii ani au fost inițiate campanii de informare și restaurare, dar recunoașterea mai largă a importanței construcțiilor existente și a tehnicilor constructive, rămâne în sarcina unui grup limitat de arhitecți, constructori, peisagiști, voluntari etc. care acționează pe plan local, în cadrul unor inițiative necorelate. Lipsa unei strategii care să conțină o abordare multidisciplinară este determinată de lipsa de resurse. Din acest motiv este necesar ca potențialul construcțiilor din pământ să fie promovat. În acest context, reutilizarea fondului construit existent poate fi considerată una dintre opțiunile viitoare pentru menținerea tehnicilor constructive tradiționale, deoarece face referință, la elementele principale ale proiectării sustenabile: reutilizare, reciclare și reducere a resurselor consumate [317]. Provocarea constă în distilarea acelor elemente ale vernacularului care se adresează problemei de sustenabilitate pe termen lung prin includerea comunității în promovarea practicilor tradiționale și a tipologiilor constructive realizate în perioada colonizării drept marcă a identității locale.

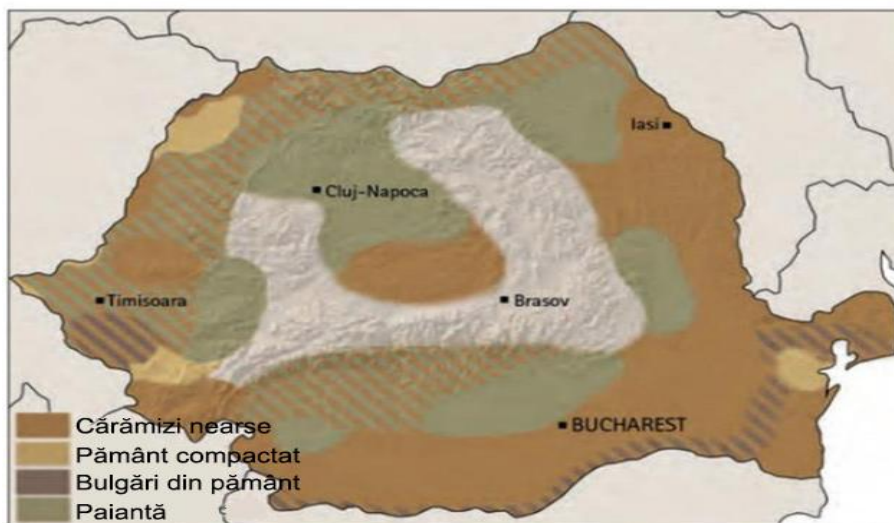


Fig. 147. Harta cu tehnici tradiționale folosind pământul pe teritoriul României, 2011, realizată în cadrul proiectului european: sursă: © „TERRA EUROPAE - Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021;

³¹⁷ Felix Hilgert, 2017, „Les potentiels de la construction en pisé aujourd’hui”, pag.164-165;

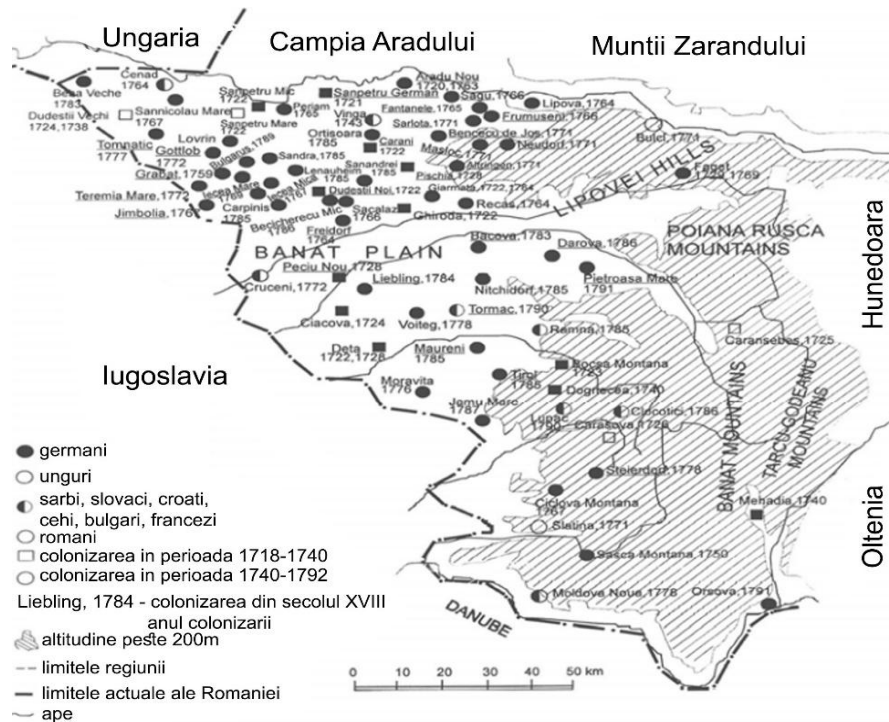


Fig. 148. Așezările colonizate de către Imperiul Habsburgic în secolul XVIII, Harta preluată din articolul „Cultural Heritage Highlighted by the Habsburg Colonisations – A particular view on the Romanian Banat Area”, sursă: © Remus Crețan, Universitatea de Vest din Timișoara, Departamentul de Geografie, Review of Historical Geography and Toponomastics, vol. IV no. 7-8, 2009, pp. 103-118;

9.3.1. Context politic și social începând cu secolul al XVI-lea

Contextul politic și social al provinciei Banat, ca și în cazul celorlalte regiuni românești, a fost determinat inițial de organizarea în obști sătești. Ulterior, datorită dezvoltării suprafețelor cultivate, activitate care a stat la baza întemeierii așezărilor rurale, a fost necesară și administrarea comunităților. Începând cu secolul al XIV-lea, relatările despre existența obștilor sătești de pe teritoriul Banatului se înmulțesc ca urmare a apariției claselor sociale în cadrul cărora agricultorii ajung iobagi [318]. În momentul formării localităților rurale bănățene din Evul Mediu, ca de altfel a celor de pretutindeni, principala activitate, cea a prelucrării pământului prin practicarea agriculturii, a determinat stabilirea unor așezări cu următoarele componente:

- vatra satului (spațiul de construire a locuințelor și a anexelor gospodărești),
- terenurile agricole,
- pășunea și pădurea.

³¹⁸ Avram Andea, 1996, „Banatul cnezial până la înstăpânirea Habsburgică(1718)”;

Inițial, terenurile și pădurile reprezentau averea comună a locuitorilor organizați în obști sătești ce aveau la bază criteriul de rudenie, membrii săi fiind descendenți ai unui strămoș comun. Pământul se lucra la comun, drept pentru care întreaga obște avea obligații în privința întreținerii proprietății. Conducătorii obștilor erau un grup de țărani respectați pentru calitățile lor, având dreptul la judecată în cazul conflictelor ce puteau să apară între membrii comunității, de a-i reprezenta în relația cu alte comunități. Acest tip de organizări teritoriale, denumite de Nicolae Iorga "sate genealogice" [319], stau la baza dezvoltării ulterioare a localităților rurale puternice. În cadrul acestora s-a dezvoltat, pe măsura perfecționării muncii și a uneltelor, o pătură mai înstărită care a dobândit puteri și funcții militare, administrative și sociale.

Diviziunea muncii a constituit un alt moment important al evoluției obștilor sătești spre așezări rurale stabile și puternice din punct de vedere economic și social. Acolo unde acest fenomen de specializare și valorificare a produselor a luat amploare mai mare, satele s-au dezvoltat mai rapid transformându-se în cetăți, târguri și orașe. Majoritatea așezărilor, însă, s-au menținut ca localități rurale, în care meșteșugurile s-au practicat în paralel cu activitatea agricolă și cea de crescător de animale.

În primele decenii ale secolului al XVI-lea, Imperiul Otoman era în plină expansiune pe continentul european. Cetatea Timișoarei este cucerită în 1552, iar întreaga provincie a Banatului devine pașalâc în posesiunea sultanului. Dominația otomană a permis o oarecare autonomie a populației și a instituțiilor autohtone prin acordarea dreptului de folosință al țăranilor asupra loturilor de pământ și prin larga toleranță religioasă. Ritmul dezvoltării a fost încetinit, dar unele măsuri privind drepturile de proprietate asupra pământurilor au fost păstrate. În timpul ocupației otomane au fost de asemenea împrejurări în care țăranii, nemaiputând rezista la numeroasele dări și obligații, au fost nevoiți să își părăsească gospodăriile. La instaurarea administrației habsburgice, multe comune existente în Banat erau părăsite, ca o consecință a inundațiilor dese de pe râurile Mureș, Bega și Timiș [320].

Înainte de cucerirea Banatului de către administrația habsburgică, așezările existente în teritoriu, arătau într-un mod diferit ca urmare a structurii distincte a societății din punct de vedere cultural, social și material. Modul de lotizare reglementat inițial s-a transformat în timp, o dată cu societatea, dar niciodată așa de radical cum s-a transformat și întregul peisaj cultural al Banatului în timpul colonizării habsburgice. Bătăliile între cele 2 imperii, cel Habsburgic și cel Otoman au fost numeroase, urmărindu-se obținerea de noi teritorii și zone de influență, în special de-a lungul Dunării. Războiul desfășurat între 1716-1718 se soldează cu eliberarea Banatului de sub dominația otomană și alipirea la Imperiul Habsburgic. Banatul devine domeniu al coroanei, proprietatea împăratului de la Viena, care administrează și exploatează economic provincia prin funcționarii săi.

³¹⁹ Remus Crețan, 1999, "Aspects of the historical geography of eighteenth century settlements, Geographical Essays on the Romanian Banat Region";

³²⁰ I.V. Popescu, 2009, "Arhitectura casei bănățene", *Situația prezentată de Karl Freiherrn, în "Ethnographie der Oesterreichischen Monarchie", pe districte: în districtul Cenadului, din 47 de comune au fost părăsite 34, iar 13 erau numai parțial locuite; în districtul Bechicherecului erau 56 de comune, din care părăsite 30, iar locuite parțial 16; în districtul Panciovei erau 52 de comune din care 30 erau total părăsite și 22 parțial locuite. Patriciu Dragalina arată că din totalul de 559 de comune existente în Banat, la plecarea turcilor 333 erau părăsite. Pe de altă parte, noua stăpânire a Banatului de după 1716, monarhia habsburgică, a continuat la rândul ei o politică de mișcare a populației autohtone de pe locurile sale de baștină.;*

Instaurarea administrației habsburgice a fost facilitată de lipsa unei clase nobiliare feudale deoarece vechea nobilime românească și maghiară părăsise teritoriul încă de la instaurarea dominației turcești [321].

Colonizarea provinciei Banatului cu cetățeni ai Imperiului Habsburgic a pornit inițial din considerente militare în jurul anului 1717. Un număr mare de imigranți germani au fost colonizați în părțile sudice ale Banatului pentru a apăra granița dunăreană, precum și în alte puncte strategice, luând în considerare și alți factori naturali: terenul mai ridicat față de albiile mlăștinoase ale râurilor, clima mai suportabilă, solul fertil și existența minereurilor în zonele muntoase. Se urmărește conturarea resurselor umane capabile să opună rezistență unei eventuale invazii turcești, printr-o strânsă colaborare cu unitățile militare deja instalate în regiune [322].

Până în 1751, Banatul s-a aflat sub administrație militară. Din acel an, s-a introdus administrația civilă austriacă, menținută până în anii 1778-1779, când Banatul este încorporat Ungariei. Până în 1765, nu se remarcă preocupări pentru reglementarea suprafeței loturilor țărănești, acestea fiind acordate de administrație într-o manieră subiectivă, realizându-se abuzuri în fixarea obligațiilor țăranilor. În contextul tensiunilor politice, sociale și religioase, administrația propune o conscripție generală a populației, măsurarea hotarelor comunelor și a districtelor. Cu dorința de a propune un nou curs reformator, țăranii intră în posesia loturilor care sunt delimitate și împărțite în funcție de capacitatea de muncă a fiecărei familii. Ca efect al instaurării dualismului austro-ungar, în 1867, se impune tot mai mult limba și cultura maghiară în instituții [323].

Drept urmare, Revoluția Română din 1848-1849 vine ca o măsură de emancipare socială prin înlăturarea mării proprietăți feudale, unificarea politică a națiunii prin unirea tuturor românilor într-un singur stat puternic și independent, respectiv emanciparea Bisericii Ortodoxe Române. Programul pașoptist a rezolvat una din problemele imperiului – iobăgia, desființată de Parlamentul Maghiar. După înfrângerea revoluției pentru unitate, guvernul habsburgic, pentru a evita noi stări de tensiuni în rândul societății rurale, realizează într-un final, împrumutarea țăranilor, desființând obligațiile feudale care reprezentau principala piedică în calea dezvoltării relațiilor comerciale.

Conform reformei întregului Imperiu Habsburgic, se va crea cadrul legislativ pentru modernizarea administrației, finanțelor și a economiei, în general. Desființarea vămilor interne în anul 1850 a reprezentat crearea unei piețe unice cu o mare putere de absorbție. Totuși, până la construirea căilor ferate, din lipsa unor drumuri de acces sigure și relativ ieftine, prezența produselor agrare din Banat se limita la ținuturile apropiate, iar accesul pe piețele externe era mult îngreunat [324].

³²¹ Adrian Bejan; Erno Pataky, 1995, "Aspecte ale vieții cultural-științifice timișorene în a doua jumătate a secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea";

³²² Aurel Țintă, 1972, "Colonizări habsburgice în Banat 1716-1740 (Habsburg colonisation in Banat 1716-1740)";

³²³ Traian Simu, 1924, "Colonizarea șvabilor în Banat (The colonisation of the Germans in Banat)";

³²⁴ F. Kräuter, 1929, "Germanii din Banat (The Germans from Banat)", Transilvania, Banatul, Crișana Maramureșul, I : 639-648, București;



Fig. 149 „Venirea șvabilor în Banat” - pictură de Stefan Jäger, sursă: © <http://www.dvhh.org/history/>, ultima accesare :06.2020;

La nivel urban, s-a înregistrat o importantă dezvoltare economică spre sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului XX datorită evoluției rapide a industriei. Acest aspect a avut un impact negativ asupra atelierelor familiale cu 1-5 salariați care-și reduc automat activitatea meșteșugărească sau comercială, acceptând să emigreze temporar sau definitiv. Indiferent de cauze, este important de observat care au fost consecințele emigrării asupra societății din Banat, fenomen care se desfășoară în mai multe etape. Până în anul 1870, emigrarea a fost relativ scăzută deoarece era nevoie de forță de muncă pentru construcția căilor ferate, regularizarea râurilor, modernizarea drumurilor etc. Numărul emigranților din perioada 1871-1880 este de aproximativ 9960 numai către Statele Unite ale Americii, ajungând până la 127.681 într-un secol, fără a contabiliza emigrația sezonieră sau clandestină.

Amplerea fenomenului a determinat Parlamentul Ungariei să ia măsuri, dar acestea nu au funcționat. Emigrația devine masivă la sfârșitul secolului al XIX-lea, de aceea, autoritățile dispun o înregistrare riguroasă a celor plecați. Se observă o amploare deosebită a fenomenului între 1905-1907, în timp ce ponderea celor reveniți este din ce în ce mai mică. Dintre consecințele directe ale emigrației, se numără următoarele aspecte:

- Limitarea sporului demografic real,
- Restrângerea ponderii natalității prin plecarea persoanelor tinere, ceea ce a determinat scăderea sporului demografic natural.
- Revenirea celor plecați în străinătate a dus la consecințe benefice, în special pentru dezvoltarea economiei agrare prin influxul de capital [325].

³²⁵ Ioan Munteanu, 2004-2005, „Emigrări din Banatul istoric la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea”, *Analele Banatului, Arheologie Istorie, XII-XIII*;

Prin urmare, emigrația apare ca un fenomen recurent în Banat deoarece se desfășoară ca o urmare a schimbărilor politice și economice.

Acest fapt se răsfrânge și asupra fondului construit care arată influențele diverselor populații, precum și dominația diverselor formațiuni politice asupra regiunii. Fenomenul în sine atrage atenția deoarece este una dintre cauzele sociale multiple care au influențat aspectul și organizarea fondului construit din Banat.

Pe parcursul secolului al XX-lea, nu apar schimbări majore la nivel urbanistic, dar la scara locuințelor individuale, după 1960, se renunță brusc la adaptarea principiilor de locuire tradițională, din următoarele motive:

- Colectivizarea și depopularea satelor,
- Introducerea unor noi materiale de construcție în defavoarea celor naturale,
- Respectarea proprietății private după căderea regimului comunist,
- Adoptarea unor influențe stilistice și favorizarea liberei inițiative în demararea activităților comerciale și meșteșugărești,
- Părăsirea teritoriului de către coloniștii străini și popularea regiunii cu români din alte zone geografice, ceea ce a contribuit la abandonarea treptată a practicilor constructive locale, a locuințelor din pământ.

9.3.2. Apariția și perpetuarea construcțiilor folosind pământul local în zona Banatului în noile sate sistematizate începând cu secolul al XVIII-lea

Imediat după ocuparea provinciei Banatului, administrația militară și-a început activitatea de organizare pentru a evalua posibilitățile de exploatare fiscală, respectiv o cartare generală a regiunii. Această conscripție a fost terminată în 1717 prin elaborarea de planuri de teren care vor acoperi toate așezările locuite sau pustii ale Banatului. Administrația habsburgică și-a concentrat atenția asupra unei dezvoltări mai riguroase a economiei bănățene și a fondului construit, întrucât condițiile existente nu corespundeau noilor cerințe.

Prin urmare, sistematizarea localităților rurale și urbane ocupă un rol important în acest vast program de modernizare. Principiul eficienței administrației hasburgice se regăsește în modul de utilizare a pământului, în morfologia așezărilor, a parcelelor, și nu în ultimul rând, a arhitecturii locuințelor individuale. Acestea au fost motivele pentru care în cadrul vechilor așezări s-au realizat relocări, sistematizări, noile sate fiind restabilite după reguli foarte clare, bazându-se pe un plan geometric numit *Schachbrettdorf* (în traducere liberă, sat în formă de tablă de șah) [326], iar planificarea noilor așezări a fost realizată de către cadre tehnice abilitate.

Sistematizarea rurală întocmită de administrația austriacă a determinat dispunerea localităților după un sistem cartezian în cadrul căruia există o organizare liniară a străzilor, perpendiculare pe frontul stradal, cu o delimitare clară a tuturor limitelor loturilor de construcție, respectiv a curților și a grădinilor, cât și a terenurilor extravilane. În cadrul acestor planuri era delimitat și spațiul central al așezării, fiind prevăzute locurile centrale destinate instituțiilor publice precum primăria, școala, biserica și casa parohială. Așezările vechi au fost relocate, sistematizate sau reînțemeiate după reguli foarte clare. Exemple de așezări care au fost omise parțial în acest proces sunt Sacoșu Mare (zona Lugojuului),

³²⁶ Ion Viorel Popescu, 2003, „Evoluția așezărilor rurale din Banat”

așezările risipite din jurul comunei Cornereva (culoarul Timiș-Cerna), Luncanii de Sus (zona Făgetului) etc., prezentate în figurile 150 și 151.

În aceste cazuri, loturile sunt neregulate, adaptate terenului și conturate pornind de la raporturile sociale ale comunității. Numai acolo unde terenurile denivelate nu permiteau o formă geometrică a planului, amplasamentele mai mici își adaptau forma după structura suprafeței topografice. Gospodăriile inițiale erau așezate în interiorul acestor locuri, ulterior apropiindu-se de aliniamentul stradal, după modelul propus în colonizarea teritoriului, ca și în cazul satelor tip stradă. În schimb, există numeroase exemple de așezări sistematizate care își mai păstrează elemente din vechea rețea stradală, printre care Surducu Mic (zona Lugoșului), Periam (Câmpia Banatului) etc., ilustrate în figurile 152. *Surducu Mic (zona Lugoșului)* și 153. *Periam (Câmpia Banatului)*. În cazul acestor localități, loturile sunt semi-regulate, având dimensiuni aproximativ egale, gospodăriile adaptându-se ulterior aliniamentelor stradale specifice satelor colonizate [327].

Suprafața de teren necesară unei familii (livadă, teren arabil, pajiște) a fost reglementată, iar loturile pe care urmau să fie construite gospodăriile erau cuprinse între 23-29m front la stradă și 140-190m adâncime. Inițial, aceste loturi nu puteau fi împărțite prin moștenire. Satele noi aveau 40-50 de case clădite din pământ compactat cu una sau două camere, acoperite cu fibre vegetale. În fruntea fiecărei comune se află un conducător ales de popor pe timp de un an, la propunerea administratorului districtului, însărcinat cu colectarea impozitelor, respectiv aplanarea conflictelor din cadrul noilor comunități [328].

Colonizarea a reprezentat o prioritate pentru Imperiul Habsburgic datorită următoarelor motive:

- poziția provinciei Banatului la granița Imperiului Habsburgic, ceea ce a determinat consolidarea frontierelor,
- cauze religioase determinate de crearea unei mase de populație catolică pe care să se bazeze monarhia habsburgică.

Colonizarea a reprezentat o acțiune complexă din cauza rezistenței nobilei habsburgice care a fost forțată să admită renunțarea la forța de muncă locală. La acest prim impediment se adaugă și transportul periculos al coloniștilor din locurile de origine, folosind plute sau mici ambarcațiuni pe Dunăre. Coloniștii au fost așezați pe rutele strategice utilizate în principal din motive militare, dar au contribuit și alți factori naturali. În primii ani, coloniștii s-au așezat pe un fond demografic existent, măbind vechile așezări. Coloniștii au fost plasați pe un teren mai înalt, situat în vestul munților, datorită condițiilor climatice mai suportabile. Numele de șvabi, îi definește pe toți locuitorii de etnie germană din Banat, așezați aici în special în secolul al XVIII-lea, în cursul celor trei mari etape de colonizare:

- **carolină** (1717-1740),
- **tereziană** (1763-1775),
- **iosefină** (1782-1787).

³²⁷ Antoniu Marchescu, 1941, "Grănicerii bănățeni și comunitatea de avere (contribuții istorice și juridice)";

³²⁸ Ion Viorel Popescu, 2003, "Evoluția așezărilor rurale din Banat";

Coloniștii nu au venit numai din Svabia (Schwabenland), ci și francezi din zonele Lorena și Alsacia, apoi italieni din zona Trieste, respectiv populație maghiară în perioada de după constituirea statului dualist austro-ungar [329].

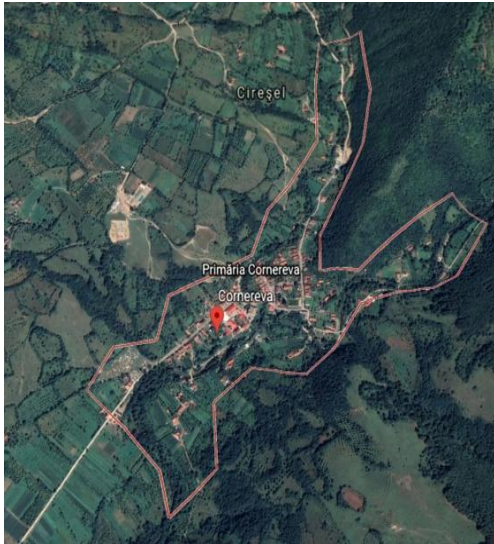


Fig. 150. Așezările risipite din jurul comunei Cornereva (culoarul Timiș-Cerna), sursă: © Google Earth, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 151. Luncanii de Sus (zona Făgetului), sursă: © Google Earth, ultima accesare: 12.2020;



Fig. 152. Surducu Mic (zona Lugojului), sursă: © Google Earth, ultima accesare: 12.2020;

Fig. 153. Periam (Câmpia Banatului), sursă: © Google Earth, ultima accesare: 12.2020;

³²⁹ Aurel Țintă, 1972, "Colonizări habsburgice în Banat 1716-1740 (Habsburg colonisation in Banat 1716-1740)";

Între 1780-1782, coloniștii germani au populat în număr foarte mare următoarele localități din Banat: Moravița, Jamul Mare, Deta, Stamura Germană, Ciacova etc. Numărul coloniștilor germani a crescut substanțial și datorită sporului natural, ceea ce a dus la consolidarea comunității locale din zonă, rezultând o populație cu etnie mixtă în multe dintre așezările din Banat. Până în anul 1784, s-au așezat în regiune un număr de 30.000 de coloniști plasați în 18 localități mai vechi și 14 sate noi [330].



Fig. 154. Tipologii constructive în Banatul rural în timpul administrației habsburgice, sursă: © Ion Gabriel Panasiu, http://www.simpara.ro/ara7/a7_02_13.html, ultima accesare: 08.2020;

Administrația imperială emite instrucțiuni legate de materialul utilizat și planul de casă utilizat pentru noii coloniști, așa cum este ilustrat în figura 154. Tipologie de locuință pentru casele din Banat în timpul administrației Habsburgice și figura 155. Planificare urbanistică și tipologii de locuințe în timpul administrației Habsburgice. Planul de sistematizare a avut o influență stilistică indirectă asupra proporțiilor construcțiilor. Aceste reglementări s-au transpus de-a lungul timpului în cazul unor așezări, în timp ce altele au pornit de la o planificare radicală (ca în exemplul ilustrat în figura 156. *Charlottenburg, satul rotund din România*). În general, se remarcă o evoluție în 3 etape din punct de vedere al materialului utilizat pentru construcția caselor: lemn, pământ compactat și cărămidă, iar compartimentarea variază de la locuințele monocelulare până la cele multicelulare. Este preferată compartimentarea compusă din 3 încăperi:

- tinda centrală,
- dormitorul/camera de oaspeți de la stradă,
- dormitorul/camera dinspre curte, folosită uneori și ca spațiu de zi.

În paralel cu sistematizarea și reconstrucția localităților, apar și modificări în cadrul domeniului funciar. Pentru a introduce proceduri agricole moderne care să aibă un randament ridicat, era necesar ca proprietățile țărănești să fie comasate deoarece deplasarea de la un lot la altul, în cazul parcelelor de dimensiuni mari, solicita prea mult timp. În ciuda argumentelor practice în favoarea comasării, populația rurală nu era de acord cu noile reglementări, ceea ce a dus la amânarea acțiunii până la izbucnirea Primului Război Mondial.

Coloniștii au adus cu ei, pe lângă tehnicile agricole avansate, noi practici în domeniul meșteșugăresc, care s-au concretizat în apariția de ateliere specializate ce pot fi observate în anii următori de dezvoltare. Atelierele din mediul rural aveau o importanță deosebită pentru economia rurală. În perioada interbelică,

³³⁰ Nicolae Stoica de Hațeg, 1981, "Cronica Banatului", Timișoara, editura Facla, ediția a II-a, 1981;

au fost introduse noi utilaje în agricultură, importate din țările dezvoltate ale Europei. Prin asimilarea acestor influențe, economia locală se dezvoltă, eficientizarea devenind principala regulă. Deși noile reglementări nu au fost acceptate din primul moment, devine evident faptul că presupun o îmbunătățire a nivelului de trai existent. Depășind valorile tradiționale locale, sistematizarea devine principala cauză care va determina dezvoltarea Banatului, la nivel de zone rurale, iar disciplina impusă de administrația habsburgică va permite o utilizare cât mai eficientă a resurselor locale. Privind retrospectiv, este evident faptul că toată acțiunea de colonizare habsburgică a transformat întregul peisaj cultural bănățean într-un mod decisiv, atât prin intermediul fondului construit existent, cât și prin tradițiile și practicile aduse de către noii coloniști.

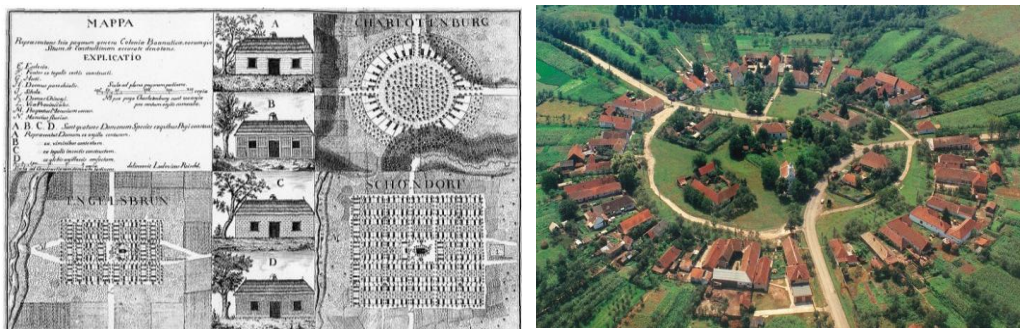


Fig. 155. Planificare urbanistică și tipologii de locuințe în timpul administrației Habsburgice, Ion Gabriel Panasiu, satele Engelsbrunn (Fântânele) și Schoendorf (Frumeșeni) și Șarlota (Charlottenburg), sursă: © Ion Gabriel Panasiu, http://www.simpara.ro/ara7/a7_02_13.html, ultima accesare: 10.2019;

Fig. 156. Charlottenburg, satul rotund din România, sursă: © cjtimis.ro, <https://greatnews.ro/satul-rotund-din-romania-bijuteria-aproape-necunoscuta-ascunsa-intre-dealuri/>, ultima accesare: 11.2020;

9.3.3. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor cu pământ din Banat

Conform autorilor J.J.Ehrler și F. Grisellini [331], materialele de construcție folosite la ridicarea caselor și anexelor erau diferite în funcție de zona geografică în care erau dezvoltate așezările. Datorită sistematizărilor intense întreprinse de către Imperiul Habsburgic, structura gospodăriei din etapa anterioară colonizării austriece a fost modificată substanțial, păstrându-se în primă fază doar materialele de construcție autohtone. Secolul al XVIII-lea este dominat de prezența construcțiilor din nuiele de lemn împletite, umplute cu pământ, deoarece aceste case sunt ieftine și ușor de ridicat, fiind recomandate și pentru primii coloniști în perioada pretereziană. În general, se remarcă o evoluție în etape din punct de vedere al materialului utilizat pentru construcția locuințelor:

- **construcții din nuiele împletite umplute cu pământ** (paiantă) în zonele de câmpie,

³³¹ Johann Jakob Ehrler, 2006, "Banatul de la origini până acum (1774)";

- **construcții din lemn tencuite cu pământ în zonele de deal și de munte** (sistemul Fachwerk era considerat superior din punct de vedere constructiv),
- **construcții din cărămidă nearsă, cărămidă arsă și piatră.**

În secolul al XIX-lea sistemul de construcție din nuiele și pământ este înlocuit de tehnica folosind pământul compactat la câmpie, lemnul fiind materialul preferat în zonele înalte. În cazul zonelor de graniță, încă de la începutul secolului se încurajează construcția caselor din materiale rezistente. De exemplu, grănicerii sunt scutiți de impozite timp de 10 ani dacă își ridică o locuință din piatră [332].

Construcțiile din pământ compactat au o origine foarte veche în zona Banatului. Sistemul de fortificații din pământ compactat este frecvent întâlnit în toată partea vestică a Banatului, inclusiv în perioada ocupației otomane, iar construcțiile erau realizate folosind această tehnică și în timpul ocupației habsburgice. Tehnica pământului compactat a fost utilizată, de asemenea, în Câmpia Ungară, pe teritoriul dintre Tisa și Dunăre. Procesul este cunoscut și pe teritoriul Sloveniei și Croației, până la zona de contact cu Câmpia Panonică. Tehnica pământului compactat a fost folosită de la începutul secolului al XX-lea, până în anii 1920 și în unele părți ale Banatului Sârbesc, nu numai pentru case, ci și pentru principalele anexe ale gospodăriei [333].

Construcțiile din pământ compactat din Banat se ridicau de către meșteri din sat care afectuau această muncă în paralel cu ocupația lor de bază, aceea de agricultori, astfel că lucrările de construcție se efectuau în perioadele dintre activitățile agricole principale, primăvara și toamna în principal. Pământul pentru construcție trebuia să aibă o compoziție argilooasă, de culoare galbenă și era excavat din locuri special amenajate la marginea satelor, numite gropi de împrumut. Pentru clădirile cu pereți din pământ compactat au fost alese acele amplasamente aflate la o cotă superioară pentru a fi ferite de inundații.

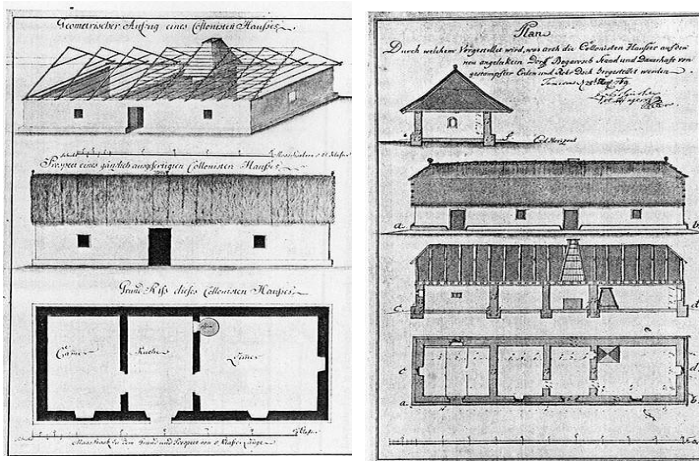


Fig. 157. Tipologie de locuință pentru casele din Banat în timpul Ocupației Habsburgice, sursă: ©Ion Gabriel Panasiu, http://www.simpara.ro/ar7/a7_02_13.html, ultima accesare: 04.2020;

³³² F. Kräuter, 1929, "Germanii din Banat (The Germans from Banat)";

³³³ Mariana Correia, Letizia Dipasquale, Saverio Mecca, 2011, "Terra Europae Earthen Architecture in the European Union";

Din punct de vedere constructiv, pentru fundații, se realiza un șanț cu o lățime de aproximativ 60cm și adâncime similară. Când fundația realizată din piatră era gata, întregul perimetru al viitoarei construcții era căptușit cu scânduri groase ce reprezentau cofrajele utilizate pentru tehnica pământului compactat. Operațiunile pregătitoare necesare pentru utilizarea în construcții a pământului extras au fost depozitarea în interiorul gospodăriei și distribuția uniformă în jurul viitoarelor ziduri. A existat o anumită ordine de a ridica zidurile: în primă fază era realizat zidul lung de pe limita terenului, apoi fațadele scurte, zidurile mediane și în cele din urmă, fațada lungă dinspre curte. Pereții exteriori aveau o grosime de 60cm cu excepția celui dinspre curte, cel perforat cu goluri pentru ferestre și uși, care avea 50cm grosime. Pereții intermediari aveau, de asemenea, o grosime mai mică. *Pământul a fost compactat, începând cu extremitățile zidurilor spre mijloc, în echipe de 2-4 persoane. La final, pereții aveau 60cm la bază, iar la partea superioară se monta o grindă de centură din lemn, numită grindă meșter, respectiv grinzile transversale ale acoperișului [334]. Această tehnică constructivă se perpetuează și se dezvoltă în funcție de necesitățile funcționale, urmând să apară și alte variațiuni. Pe măsură ce procesul colonizării a evoluat, tehnicile constructive s-au dezvoltat, fiind organizate la nivel de localitate, drept dovadă existența gropilor de împrumut.*

Pentru a ajuta coloniștii în procesul de construcție, administrația imperială a dezvoltat proiecte tip pentru locuințe, așa cum este prezentat în figura.157. *Tipologie de locuință pentru casele din Banat în timpul Ocupației Habsburgice.* Propunerile s-au concentrat, în primul rând, pe reducerea costurilor. S-a propus o standardizare a elementelor de construcție (formă, uși, ferestre etc.), precum și alegerea unor materiale ieftine și disponibile. Primele case construite pentru coloniști au fost realizate folosind materiale de calitate inferioară, ceea ce a dus în scurt timp la necesitatea reparațiilor sau la reconstrucția întregii locuințe. Din acest motiv are loc tranziția către zidăria din cărămida nearsă, denumită în mod regional văiugă, deoarece prezenta avantajul unei puneri în operă mai ușoare. Compoziția utilizată pentru realizarea cărămizilor nearse era formată dintr-un pământ argilos amestecat cu apă, resturi de cereale și gunoi de grajd, frământate bine, apoi turnate în matrițe din lemn. Astfel preparate, cărămizile se lăsau la uscat, apoi erau adunate în stive și depozitate până la vânzarea lor.

În ceea ce privește compartimentarea, este preferată din ce în ce mai mult locuința trichelulară, alcătuită din 2 încăperi dispuse simetric față de tinda centrală. Acest plan este în concordanță cu tradiția locală a succesiunii conform căreia primul fiu rămânea cu părinții după căsătorie, existând suficient spațiu pentru ambele familii. Dacă în gospodărie rămâneau mai mulți copii sau era necesară adăpostirea bătrânilor familiei, se puteau adăuga mai multe încăperi. De asemenea, *comunul*, o structură familială întâlnită în general în zona de graniță a Banatului, implica prezența mai multor nuclee ale familiei în gospodărie. O dată cu această dezvoltare materială și socială a familiilor, gospodăriile s-au transformat la rândul lor pentru a răspunde noilor nevoi funcționale. În primă fază, gospodăriile au crescut doar în lung, anexându-se noi spații gospodărești (șuri, grajduri, ateliere), în paralel cu transformarea vechilor anexe în spații de locuit [335].

Cursiva (denumită prispă sau regional, târnaț) apare ca element în alcătuirea locuințelor abia după mijlocul secolului al XIX-lea, fiind folosită ca

³³⁴ Petrescu Paul, 1959-1961, "Studiul arhitecturii populare în Banat", în "Anuarul Muzeului Etnografic al Transilvaniei",

³³⁵ Ioan Viorel Popescu, 2009, "Arhitectura casei bănățene: sec XVIII-XX", Editura Eurostampa, Timișoara;

spațiu de lucru exterior, respectiv ca o circulație protejată de intemperii și însorire excesivă. Prisma este un element considerat a fi preluat din arhitectura autohtonă (de la români și sârbi). Inițial, locuințele nu aveau prispă, ci doar o cornișă evazată pe latura lungă a accesului. În ceea ce privește evoluția caselor bănățene, norma de construcție în Banat pare să fi fost a casei fără prispă. Dar așa cum se vede în cazul descris anterior, în perioade mai recente, apare obiceiul construirii caselor cu prispă, parțială sau continuă, care are o intrare direct din stradă, printr-o ușă practică în zidul fațadei și un acces înălțat cu 2,3 trepte de la sol. Deși modestă inițial, prisma se dezvoltă și capătă un caracter reprezentativ prin adăugarea parapetilor decorativi și a arcelor între stâlpi. O dată cu arhitectura din piatră și cărămidă, locul stâlpilor din lemn ai prispei este preluat de pile de zidărie din cărămidă arsă, și ca urmare a influenței sârbești, sunt închise capetele acesteia.

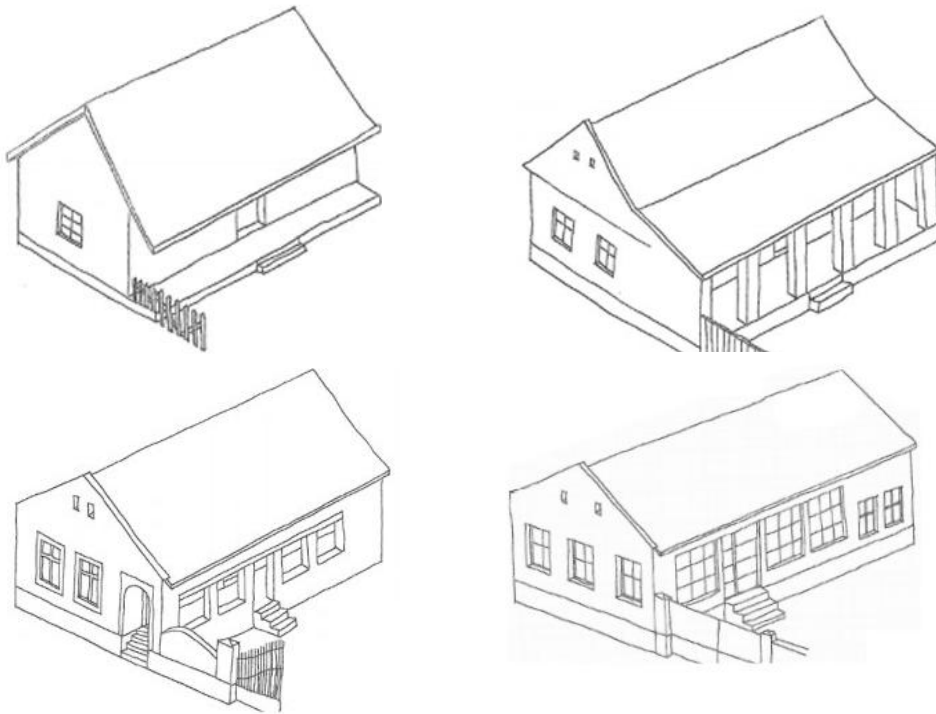


Fig. 158. Evoluția gospodăriilor din zona Banatului, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș;

Pe măsură ce locuințele folosind diferitele tehnici constructive din pământ au evoluat, s-a modificat și fațada. În momentul în care camera de la stradă s-a mărit, a apărut și o nouă fereastră, ceea ce a determinat lărgirea frontonului. Prima tipologie de gospodărie tradițională este dezvoltată perpendicular pe frontul stradal, urmându-i în etapele următoare, organizarea locuinței paralele cu frontul stradal. Cea de-a doua tipologie planimetrică, s-a dezvoltat pe cursul secolului al XIX-lea pe teritoriul Banatului, în zona de câmpie aparținând familiilor bogate, ulterior devenind prototipul utilizat mai ales în partea de sud a Banatului, fenomen generalizat după sistematizarea rurală.

Gospodăriile cu fațada lungă la stradă au rezultat prin adăugarea unei camere suplimentare față de dormitorul principal. Au rezultat astfel 2 camere la stradă, ambele fiind urmate de tindă și de încă o încăpere spre curte, urmând restul anexelor, precum cămara, intrarea în pod, pivnița, grajdul și șopronul [336]. Evoluția graduală este reprezentată prin intermediul schițelor din figura 158. *Evoluția gospodăriilor din zona Banatului*, respectiv a fotografiilor, materiale realizate în cadrul grupului rural OAR Timiș.



Fig. 159. *Evoluția gospodăriilor din zona Banatului*, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș;

Așa cum se observă în cadrul figurii 158. *Evoluția gospodăriilor din zona Banatului*, prispa devine un element indispensabil, delimitând curtea interioară a gospodăriilor. Acestea devin din ce în ce mai compacte după jumătatea secolului al XIX-lea și este de remarcat faptul că apariția construcțiilor din cărămidă este însoțită de multiplicarea spațiilor necesare gospodăriilor, dezvoltări ilustrate în figura 160. *Tipologii de gospodării tradiționale și propuneri de intervenții. Evoluția gospodăriilor a cuprins, din punct de vedere formal, următoarele etape :*

- *Ocuparea unei jumătăți din lățimea lotului,*
- *Închidere totală a frontului stradal,*
- *Închiderea transversală a lotului în partea din spate,*
- *Definirea unei curți centrale, cu o închidere în U atât în față, cât și în spate.*

³³⁶ Ion Viorel Popescu, "Casa Bănățeană – secolele XVIII-XX", Teză de doctorat, Analele Universității de Vest, Timișoara;

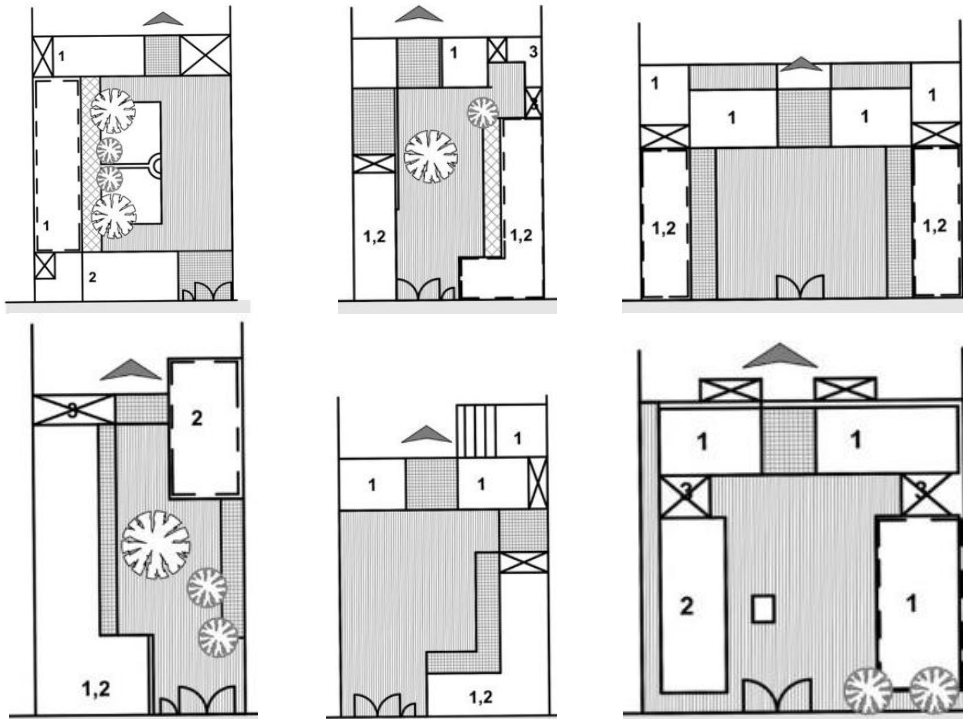


Fig. 160. Tipologii de gospodării tradiționale și propuneri de intervenții, preluare după: © T.O. Gheorghiu, "Locuire tradițională rurală din zona Banat-Crișana, pag. 366;

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, apar locuințele construite de la început transversal pe frontul stradal, având anexele poziționate în continuarea locuinței sau dispuse longitudinal. Cu anexele lipite sau nu de casă, acestea sunt gospodării mai noi care se regăsesc până și astăzi în toate zonele Banatului, precum zona Munților Poiana Ruscă, Oravița, Reșița etc. [337]. În relevul prezentat în figura 161. *Exemplu locuință din Banat, secolul XX*, construcția corespunde primei configurații, respectiv o locuință perpendiculară pe frontul stradal, cu o circulație centrală și două încăperi: tinda și cele două camere de locuit, ulterior construindu-se și restul anexelor. Urmează camera de alimente, situată în spațiul în care se află scara podului și a pivniței, grajdul pentru alimente, aflat sub același acoperiș cu casa. În spatele construcției se ridică o anexă pentru depozitarea uneltelor, a carului, iar sub acoperișul șopronului este amenajat fânarul.

³³⁷ Marius Bizerea, 1975, "Banatul ca unitate și individualitate istoricogeografică în cadrul pământului locuit de români", în „Tibiscusetnografie”, volum editat de Muzeul Banatului, Timișoara;

Tipologiei construite de la început transversal pe frontul stradal, îi urmează gospodăriile închise pe 3 sau 4 laturi. Această subcategorie este foarte răspândită în zonele înalte: jumătatea sudică a Câmpiei Înalte a Banatului, Valea Almăjului, Valea Bistrei, Culoarul Timiș-Cerna, zona Făgetului, partea estică a Dealurilor Lipovei, clisura Dunării și partea estică a zonei Lugojului.

Casa prezintă o fereastră la stradă, respectiv câte o fereastră pentru fiecare încăpere de locuit în dreptul fațadei dinspre curte, toată tâmplăria fiind realizată din lemn de brad. Tinda nu are ferestre, fiind luminată doar prin ușa de la intrare. Fațada dinspre curte mai prezintă o ușă pentru intrarea spre pod, respectiv pivniță, în funcție de caz. Ulterior, se mai adaugă o cameră pentru bătrâni, un șopron și grajdurile de animale.

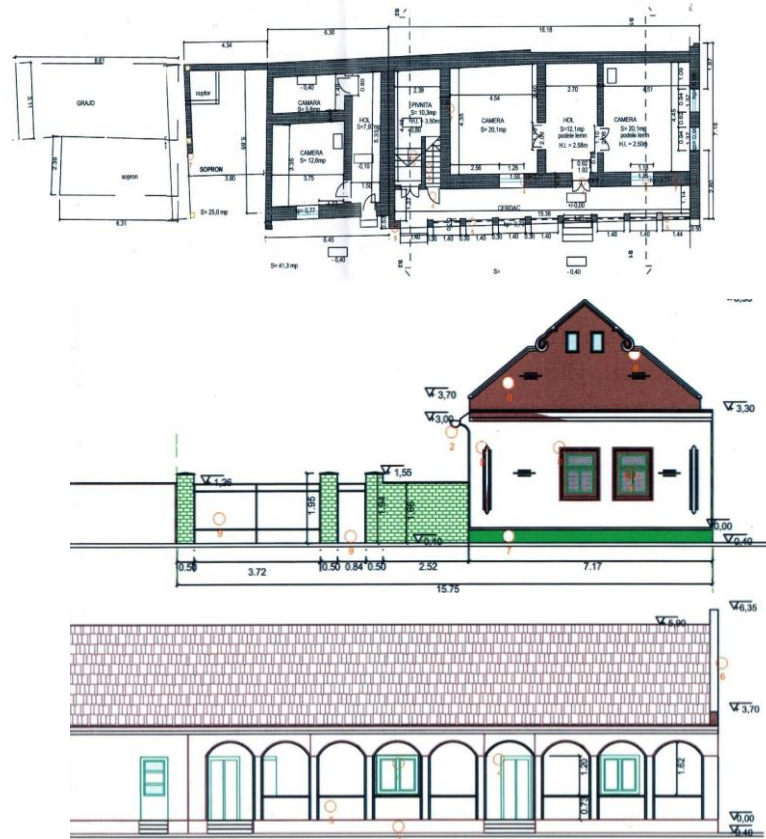


Fig. 161. Exemplu locuință din Banat, secolul XX, relevu realizat de către: © arh.Diana Bogdan, 08.2015, sub îndrumarea ing. Cornel Farcaș;

Învelitoarea era inițial realizată din trestie bătută în rânduri suprapuse, marginile de la cele două extremități fiind închise cu scânduri de brad. Acest tip de casă are acoperișul în 2 ape, șarpanta fiind construită din trunchiuri nefasonate cu secțiune rotundă. Tavanul întregii case este susținut de o grindă centrală longitudinală de 40x40cm din lemn de brad, fasonată, numită *grinda mare* sau *grinda meșter*, care susține grinzile transversale (30x30cm), dispuse la o distanță de 1m, una față de cealaltă. Tavanul este umplut între grinzi cu snopi de trestie, iar pardoseala este realizată din pământ compactat, strat finisat cu un amestec de lut, bălegar și zer. Ușile sunt realizate din scânduri groase de brad, fără geamuri, cu clanțe mari din fier forjat. Pe exterior, casa este tencuită cu argilă amestecată cu fibre vegetale și este apoi protejată cu un strat de var alb.

În ceea ce privește amenajarea spațiului interior al tindei, se observă 2 zone separate delimitate de un zid întrerupt în partea mediană, separându-se circulația principală de zona de gătit. Camera de la stradă era camera curată unde erau păstrate lucrurile cele mai de valoare ale familiei și unde nu se locuia de obicei, iar încăperea din dreapta tindei era camera de locuit. În aceste încăperi erau construite sobe oarbe din pământ compactat cu gura de foc și evacuarea fumului realizate din tindă.

În camera din dreapta intrării s-a înlocuit în timp soba oarbă cu o sobă construită din văiugă, cu gură proprie de foc și plită din fontă, locul de gătit fiind mutat pe timpul iernii. Ulterior, s-a renunțat la vatra de foc din tindă, coșul a fost zidit în pod, fiind conectat la o afumătoare. În acest mod, tinda a dobândit mai multă lărgime, ceea ce a determinat apariția unui alt tip de mobilier, cu o zonă de gătit mai amplă și mai bine organizată [338].



³³⁸ Ion Viorel Popescu, 2003, "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara, pag. 112-115;



Fig. 162. Tipologii de locuințe din Banat, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș, pag.17;

Se observă varietatea formală a locuințelor, pornind de la primele tipologii amplasate perpendicular pe frontul stradal. Acestea capătă, de regulă, un nou perete către stradă, cu un rol reprezentativ, iar prispa este închisă gradual (fig.1,2,3). O dată cu apariția construcțiilor paralele cu frontul stradal, se observă accentuarea liniilor orizontale. În ceea ce privește locuințele izolate, acestea prezintă o altă volumetrie, prin schimbarea formei acoperișului, rezultând un acoperiș în patru ape.

Proporțiile specifice ale casei tradiționale din Banat sunt date de raportul dintre înălțimea peretelui și a acoperișului, respectiv de spațiile de tranziție între interior și exterior, destinate locuirii și spațiile semideschise (prisperle). Din punct de vedere al proporțiilor fațadelor, raportul cel mai des întâlnit (până în prima jumătate a secolului al XIX-lea), este cel în care înălțimea pereților este egală cu înălțimea timpanului. În etapele ulterioare de dezvoltare a fondului construit, lățimea fațadei se mărește, iar în jurul anului 1900, apar locuințele așezate transversal, ca urmare a extinderii gospodăriei.

Decorarea fațadele caselor s-a extins pe măsură ce fondul construit din mediul rural s-a dezvoltat [339]. Elementele decorative s-au dezvoltat pe măsură ce colonizarea s-a realizat și fondul construit s-a dezvoltat, adoptându-se ulterior influențe specifice barocului rural. Prin urmare, aspectul caracteristic al arhitecturii rurale este determinat de următoarele elemente:

- Soclul, ancadramentele ferestrelor și cornișa, precum și brăurilor ornamentale din jurul deschiderilor [340]. Frontoanele locuințelor prezintă ancadramente ilustrând motive organice în dreptul golurilor.
- Pe timpanul construcțiilor este amplasat un decor în stucatură cu inscripțiile ce prezintă numele proprietarului, anul construirii sau reparației.
- Ornamentele în relief prezintă motive fitomorfe precum pomul vieții, cununa de spice, vasul cu flori, rozeta înscrisă în cerc, reprezentări solare etc.,

³³⁹ Teodor Octavian Gheorghiu, 2008, "Locuire tradițională rurală din zona Banat-Crișana [Elemente de istorie și morfologie; Protecție și integrare]", pag. 366;

³⁴⁰ Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR Timiș;

- Paleta de culori folosită în cadrul construcțiilor este foarte vastă (brun, galben, albastru etc.), în contrast cu varianta simplă a fondului alb ce constituia varul de pe fațadă,
- Pe măsură ce coloniștii germani și-au îmbunătățit condițiile materiale, și-au realizat o a doua casă mai rezistentă, construită din cărămizi arse, având un caracter reprezentativ. Frontonul rotund reprezintă o marcă a influenței barocului austriac, fiind un element reprezentativ al arhitecturii din Banat. Acest tip de fronton a fost adoptat în satele realizate pentru coloniștii germani, în primă instanță, elementul constructiv fiind adoptat în satele românești în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, în special în primele decenii ale secolului al XX-lea,
- În multe cazuri, peretelui din pământ compactat i se adăuga încă un perete din cărămidă arsă, realizat în mod exclusiv cu scop reprezentativ, acest element fiind generalizat în întreaga regiune a Banatului,
- Compoziția generală a fațadei este realizată pornind de la proporțiile fațadei, de la golurile și elementele decorative specifice. Detaliile amplasate la articulațiile dintre diverse elemente definesc, în mare parte, imaginea de ansamblu a mediului rural local [341].
 - Elementele de tâmplărie sunt realizate din lemn, protejate cu un strat de vopsea pe bază de ulei de in sau rășină,
 - Ferestrele sunt realizate din 2 sau 3 canaturi, proporția și decorația lor având un rol important în imaginea generală a casei tradiționale bănățene,
 - Porțile de la intrare reprezintă, de asemenea, un element important în definirea profilului stradal, fiind realizate în faza incipientă din lemn, urmând să fie înlocuite cu stâlpișori de zidărie și porți metalice.

Din moment ce nu exista o clasă nobiliară în Banat pe perioada secolului al XVIII-lea, nu au fost realizate case baroce sau moșii. Reședințele nobiliare vor fi ridicate în stil clasicist, la sfârșitul secolului al XVIII-lea și la începutul secolului al XIX-lea. Între 1720 și 1819, în Banat au fost ridicate biserici de inspirație barocă, iar o dată cu construcția bisericilor, au fost dezvăluite noi elemente formale.

- Meșterii bănățeni profită de această oportunitate pentru a învăța practici constructive utilizate în cadrul construcției conacelor, urmând să le aplice ulterior prin adaptarea acestora în arhitectura populară, respectiv în construcția locuințelor rurale,
- Adaptarea stilului baroc la un spațiu cu atât de multe naționalități, a oferit oportunitatea de a dezvolta un caracter cultural unic pe teritoriul Banatului, regăsit în arhitectură, dar și în artă și în literatură,

³⁴¹ Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR Timiș;

- Barocul rural din Banat constituie un mijloc de apariție a unei unități stilistice reprezentative în arhitectură, ca un element definitoriu al comunităților multietnice și multiculturale specifice zonei.



Fig. 163. Satul german agricol Guttenbrunn în Heckenland lângă Arad. Este satul de origine al poetului Adam Müller-Guttenbrunn, sursă : © Hans Retzlah;



Fig. 164. Casă sârbească din 1927, Voivodina, sursă:©
<http://www.banaterra.eu/romana/banatul-romanesc-casa-sarbeasca-din-1927>, ultima
accesare: 01.2019;



Fig. 165. Locuință tipică din Banat, Borlova, secolul XX, 20th century, sursă: © <http://muzeul-satului.ro/planifica-vizita/ce-pot-vedea/expozitia-permanenta-arhitectura-vernaculara/gospodarii/borlova-judetul-caras-severin-1897/sursă:11.2020>;

9.4. Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție

După criza petrolului din anii 1970, s-a recurs la posibilitatea de a construi cu pământ ca mijloc de soluționare a problemelor locative. În momentul actual, în țările dezvoltate apar tot mai mulți beneficiari care solicită o construcție cu un consum redus de energie în etapa de construcție și de exploatare. De asemenea, din ce în ce mai mulți beneficiari pun preț pe o ambianță echilibrată și sănătoasă și recunosc că pământul poate fi, din multe puncte de vedere, superior materialelor industriale de construcție. Noile cercetări de specialitate confirmă faptul că pământul are proprietăți fizice excelente care ajută la îmbunătățirea confortului interior al locuinței și nu este surprinzător faptul că utilizarea acestui material de construcție capătă o reevaluare pe măsură în ultimul timp [342].

Pentru a putea construi cu pământ este necesar să se cunoască proprietățile fizico-chimice ale materialului, cu scopul de a înțelege modul în care pământul lucrează la solicitări și la acțiunea factorilor externi. Identificarea corectă a materiei prime este un pas esențial în procesul de luare a deciziilor în ceea ce privește alegerea unei tehnici de construcție. Datorită caracterului său eterogen, pământul pune problema de identificare a tehnicilor adecvate pentru construcție, deoarece depistarea caracteristicilor de bază ale pământului, poate determina o economisire importantă de timp și resurse în cadrul procesului constructiv.

³⁴² D. Maskell, V. Reddy, A.Heath, P.Walker, 2016, "Modern earth construction techniques – an overview";

Există o serie de teste care permit o interpretare directă a calității pământului ce va fi folosit pentru construcții. Aceste prime încercări pot oferi o indicație privind necesitatea de a trece prin alte teste de laborator pentru evaluarea proprietăților mecanice ale pământului, așa cum a rezultat și din studiul elaborat în cadrul anexei 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local.* Testele de laborator sunt evident mai complicate și necesită resurse care se resfrâng în costuri colaterale în procesul constructiv [343]. Prin urmare, se recomandă utilizarea cunoștințelor locale, tradiționale care oferă indicii despre interpretarea proprietăților materialului, respectiv proceduri din alte discipline precum geologia sau pedologia.

Este general acceptat faptul că pământul este un material greu, cu capacități structurale încă insuficient studiate, precum determinarea sensibilității mari la apă, dar rezistența unui material se poate cuantifica folosind performanța elementelor constructive, respectiv a construcțiilor. În acest sens, există multe exemple de clădiri vechi de secole în diverse regiuni ale lumii care atestă rezistența în timp a materialului, dar contextul actual obligă la cuantificarea exactă a proprietăților fizice ale pământului, folosite ca reper pentru organizațiile de decizie, finanțare, asigurare, pentru arhitecți și contractori. Din acest motiv, sunt necesare teste de laborator care să confirme sau să infirme capacitățile materialului de a răspunde la anumite cerințe specifice de stabilitate și confort termic [344]. Prin urmare, analiza de față propune o trecere în revistă a proprietăților de bază ale materialului pentru a putea avea o idee de ansamblu asupra caracteristicilor care îi determină comportamentul ca material de construcție.

9.4.1. Avantaje și dezavantaje ale folosirii pământului ca material de construcție

Deoarece pământul nu este un material standardizat, în cazul construcțiilor tradiționale, este dificil a cuantifica maniera de răspuns sub influența unor încărcări structurale și efectele intemperiiilor asupra produsului final. În mod tradițional, proprietățile materialului se valorificau, mai ales, prin prisma experienței acumulate, nu prin experimente sau teste de laborator. Tehnicile constructive moștenite prin viu grai în cadrul comunității, au dispărut în mare parte în regiunea Banatului, o dată cu ultimii meșteri care le mai practicau. Din această cauză, posibilitatea de a restaura o clădire din pământ este astăzi redusă în lipsa unor amestecuri sau a unor pași bine stabiliți, deoarece calitățile materialului diferă, în funcție de fiecare construcție în parte. Cu toate că nu există o forță de muncă specializată, prin intermediul workshop-urilor organizate la nivel regional, construcțiile cu pământ prezintă posibilitatea de a experimenta direct cu materia, de a participa activ la actul constructiv.

Din punct de vedere legislativ, în lipsa unei certificări în ceea ce privește materialul de construcție sau tehnica utilizată, clădirile din pământ sunt limitate la prototipuri de dimensiuni mici, experimentale. Aceasta este situația mai ales în România, unde pământul fabricat în regie proprie nu este considerat ca un material suficient de rezistent pentru a fi folosit în construcții. Cel mai mare dezavantaj care poate fi considerat este posibilitatea de a crea ceva autohton, ceea ce obligă la importarea unor soluții deja testate pe plan internațional în momentul în care se dorește revenirea la o tehnică constructivă ecologică.

³⁴³ A. H. Narayanaswamy, J.C. Morel, A. Fabbri, 2018, "Shear Test Procedure for Rammed Earth";

³⁴⁴ E. Leylavergne, 2018 , "La filière terre crue en France - enjeux, freins et perspectives";

Din punct de vedere al proprietăților caracteristice, rigiditatea, rezistența și reglarea umidității, sunt proprietăți cheie ale pământului care determină beneficiile utilizării materialului în construcții. Însă variabilitatea materialului (influențată de: mărimea particulelor, procente de diferite particule, mineralogia argilei, conținutul de apă etc.) constituie impedimente în realizarea unui amestec standard, respectiv în utilizarea unei tehnici aplicate conform normativelor în vigoare. Procesul de fabricare influențează densitatea și rezistența pământului, în timp ce variabilele de mediu pot schimba capacitatea de absorpție a vaporilor, umiditatea ambientală și temperatura. În acest context, este necesar ca metoda de fabricație să urmeze o variantă capabilă să furnizeze materiale sigure și durabile.

Un procedeu contemporan de creștere a capacităților de rezistență a pământului este adaosul de lianți chimici, rezultând pământ stabilizat. Prin acest procedeu crește însă costul materialelor, crește amprenta de carbon și face ca deșeurile rezultate din demolare să nu mai fie reciclabile sau ușor de eliminat. De asemenea, prin utilizarea în exces a stabilizatorilor, se reduce posibilitatea de a regla pasiv umiditatea și temperatura interioară. Stabilizarea este adesea inevitabilă pentru a îmbunătăți rezistența pământului brut.

În mod obișnuit, materialele convenționale folosite pentru stabilizare sunt cimentul și varul. Acești lianți nu împiedică infiltrarea apei care duce la apariția mușgaiului și la eflorescență. Prin urmare, cercetătorii au luat în considerare utilizarea amestecurilor alternative care pot respinge apa de la suprafața elementelor constructive din pământ. Pentru a păstra proprietățile higroscopice avantajoase caracteristice materialelor cu argilă în componența lor, trebuie permis transferul vaporilor prin elementele constructive [345].

A. Avantaje ale utilizării pământului ca material de construcție:

1. Pământul echilibrează umiditatea aerului

➤ Umiditate relativă sub 40% pe o perioadă lungă poate usca membrana mucoasă, ceea ce poate scădea rezistența la răceli și boli conexe. Dacă aerul este prea uscat, atunci corpurile străine pot ajunge în plămâni și pot cauza probleme de sănătate. O umiditate relativă ridicată de până la 70% are multe consecințe pozitive asupra confortului interior:

- reduce conținutul fin de praf din aer,
- activează mecanismele de protecție a pielii împotriva microbilor,
- reduce viața multor bacterii și virusi,
- reduce mirosul și încărcarea statică rezultată la nivelul diferitelor suprafețe din cameră.

➤ De asemenea, apariția fungilor crește semnificativ în încăperile închise, atunci când umiditatea depășește valori de 70%. Sporii din fungi în cantități mari pot duce la diverse tipuri de durere și alergii. Din aceste considerente, rezultă că umiditatea într-o cameră trebuie să fie de minimum 40%, dar nu mai mult de 70%.

➤ În climatele moderate și reci, când temperaturile exterioare sunt mult mai scăzute decât cele din interior, gradul mai mare al schimbului de aer curat poate face ca aerul din interior să se usuce. De exemplu, dacă aerul din exterior ($T = 0^{\circ}\text{C}$ și 60% umiditate relativă) intră într-o cameră și este încălzit la 20°C , umiditatea

³⁴⁵ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.101;

relativă scade la mai puțin de 20%. În acest caz, este necesară creșterea umidității pentru a atinge condiții sănătoase și confortabile [346].

➤ Materialele poroase au capacitatea de a absorbi umiditatea din aerul ambiant și de a o elibera în aer, obținând astfel un echilibru în spațiul interior. Conținutul de umiditate de echilibru depinde de temperatura și umiditatea aerului din mediul ambiant. Eficiența acestui proces de echilibrare depinde și de viteza de absorbție sau de desorbție a materialelor.

➤ **Pământul absoarbe și elimină umiditatea mai rapid și într-o măsură mai mare decât orice alt material de construcție**, ceea ce permite echilibrarea condițiilor de confort interior. Experimentele de la Universitatea din Kassel, Germania au demonstrat că atunci când umiditatea relativă dintr-o cameră a fost ridicată brusc de la 50% la 80% timp de 2 zile, cărămizile nearse au absorbit de 30 de ori mai multă umiditate în comparație cu cărămizile arse. Chiar și atunci când sunt supuse unui mediu cu o umiditate de 95%, cărămizile nearse nu se umezesc, nu își pierd stabilitatea și nici nu depășesc conținutul de umiditate de echilibru, care este între 5%-7% din greutate [347]. Umiditatea maximă pe care un material uscat o poate absorbi se numește *conținutul de umiditate de echilibru*.

2. Pământul stochează căldura

➤ Ca toate materialele grele, pământul stochează căldura. Drept urmare, în zonele climatice cu diferențe de temperatură diurne mari sau unde este necesar să se păstreze aportul de căldură solară prin mijloace pasive, pământul poate echilibra umiditatea și temperatura interioară.

➤ Pământul poate servi ca un rezervor de căldură semnificativ datorită inerției termice specifice argilei din componență. Această capacitate atenuează amplitudinea temperaturii și ajută la utilizarea pasivă a energiei solare [348]. Avantajul capacității de stocare a fost exploatat în cunoștință de cauză în cazul caselor vechi, pentru realizarea planșeelor, de exemplu.

3. Utilizarea pământului ca material de construcție duce la economisirea de energie și reduce poluarea mediului

➤ Pământul este un material de construcție disponibil, iar pentru fiecare compoziție există o tehnică specifică. Această caracteristică duce la un impact redus asupra mediului, dar poate prezenta costuri marginale cu studiile efectuate pentru a determina amestecul optim specific fiecărei tehnici. Pregătirea, transportul și manipularea pământului la fața locului necesită aproximativ 1% din energia necesară pentru producerea, transportul și manipularea cărămizilor arse sau a betonului armat [349].

4. Pământul poate fi reutilizat

➤ Pământul ners poate fi reciclat de nenumărate ori pe o perioadă extrem de lungă de timp. Pământul uscat vechi poate fi reutilizat după înmuierea în apă. În acest mod, materialul nu devine niciodată un deșeu care dăunează mediului în cazul

³⁴⁶ M.R.Hall, S. Casey, University of Nottingham, UK, 2012, "Indoor health and air quality. Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings" pag.33, "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN: 978-0-85709-026-3;

³⁴⁷ F.Pacheco-Torgal, S.Jalali, 2012, Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction, Construction and Building Material, volume 29;

³⁴⁸ L.Rongen, 2014, University of Applied Sciences, Germany, 2014, "Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy;

³⁴⁹ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture” pag. 50;

în care nu are stabilizatori. De exemplu, în reutilizarea mortarului și a tencuielilor, trebuie ținut cont de compoziția specifică a acestora în ceea ce privește conținutul de fibre vegetale, dacă prezintă sau nu microorganisme sau săruri capabile să afecteze amestecurile noi.

5. Pământul reduce costurile de material și de transport

➤ Solul argilos este deseori găsit la fața locului, astfel încât pământul excavat pentru fundații poate fi folosit pentru construcție, în condițiile în care nu este contaminat. Utilizarea solului excavat înseamnă reducerea considerabilă a costurilor în comparație cu alte materiale de construcție. Chiar dacă pământul este transportat din alte șantiere, poate fi mult mai ieftin în comparație cu materialele de construcție utilizate în mod normal, precum lemnul și cimentul, în condițiile în care există o procedură eficientă de fabricație și punere în operă, ca în cazul exemplurilor prezentate pe larg în cadrul anexei 9.6. *Construcții contemporane din pământ.*

6. Pământul este ideal pentru construcțiile realizate în regie proprie

➤ Pământul se prelucrează foarte ușor și sunt necesare puține unelte. Cu condiția ca procesul de construcție să fie supravegheat de o persoană cu experiență, tehnicile de construcție cu pământ pot fi, de obicei, executate în regie proprie în cazul unor intervenții minore asupra fondului construit. Lipsa forței de muncă în acest sens, a determinat apariția unor centre de calificare în Germania și Franța.

➤ Proprietățile fizice ale pământului trebuie atent monitorizate, amestecate și depozitate înainte de a fi puse în operă. În cazul unor intervenții la scară mai mare, cerințele de calitate prevăd asigurarea unor proprietăți în conformitate cu cerințele de proiectare actuale. Din acest motiv, materialele de construcție din pământ nu se pot folosi drept materiale de rezistență, având un rol de umplutură în cazul construcțiilor, scopul fiind de a miza pe proprietățile higroscopice ale materialului, în timp ce rolul portant este preluat de alte elemente constructive realizate din materiale precum lemnul sau cimentul.

7. Pământul conservă lemnul și alte materiale

➤ Datorită conținutului redus de umiditate de echilibru de 0,4% până la 6% și a capilarității sale ridicate, pământul conservă elementele din lemn care rămân în contact cu acesta, păstrându-le uscate. Nici un alt material nu are conturată atât de bine o asemenea proprietate de conservare. În mod normal, fungii sau insectele nu vor deteriora lemnul, deoarece insectele au nevoie de minimum 14% până la 18% umiditate pentru a se dezvolta, iar fungii mai mult de 20%. Pământul poate conține cantități mici de fibre care sunt amestecate în compoziție. Cu toate acestea, dacă se folosește o cantitate mare de fibre ușoare, cu o densitate cuprinsă între 500 - 600 kg/m³, pământul își poate pierde capacitatea de conservare datorită capilarității mari a fibrelor utilizate care favorizează retenția de apă, respectiv proliferarea microorganismelor [350]. Adăugarea acestor materiale duce și la slăbirea rezistenței componentelor propriu-zise, deoarece se slăbesc legăturile intragranulare ale argilei din compoziție.

B. Dezavantaje ale utilizării pământului ca material de construcție:

1. Pământul nu este un material de construcție standardizat

➤ În funcție de locul din care a fost extras, pământul poate fi compus din cantități și tipuri diferite de argilă, silt, nisip și agregate. În multe zone, se cunosc locurile de proveniență și proprietățile materialului, pentru că a fost folosit și în

³⁵⁰ Dachwerband Lehm, 2010, "Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție", editura Arhitectura, ISBN : 9789730085747; pagina 37;

trecut. În cazul Banatului, în majoritatea localităților, s-a folosit pământ local încă din perioada colonizării habsburgice, fiind extras din locuri special amenajate numite gropi de împrumut. Prin urmare, caracteristicile materiei prime sunt diferite de la un loc la altul, iar prepararea amestecului corect pentru o anumită tehnică constructivă poate să varieze în funcție de compoziția granulometrică. Studii mai amănunțite sunt necesare pentru a determina tehnica propice fiecărui caz în parte, respectiv realizarea unui agrement tehnic, așa cum a fost prezentat prin intermediul unui caz concret în cadrul anexei 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local.*

2. Amestecurile realizate din pământ se micșorează la uscare.

➤ În momentul în care apa utilizată pentru prepararea amestecului din pământ se evaporă, apar fisurile de contracție în produsul final. Umiditatea din compoziția pământului este necesară pentru a activa forțele de legătură din argilă și pentru a permite prelucrarea materialului. Raportul de contracție liniară este, de obicei, situat între valorile:

- 3 și 12% pentru cărămizi și mortar,
- între 0,4% și 2% pentru amestecuri mai uscate utilizate pentru pământ compactat, blocuri de sol comprimate [351].

Contracția poate fi atenuată prin reducerea conținutului de argilă și apă, prin optimizarea agregatelor și a aditivilor utilizați. Pământul trebuie să stea la uscat pentru a câștiga rezistență. Spre deosebire de beton, întărirea pământului brut implică evaporarea apei din pori, ceea ce determină creșterea tensiunii capilare și duce la o legătură intragranulară mai puternică. Avantajul creșterii tensiunii capilare este faptul că reduce marjele de siguranță cerute, micșorând costurile de construcție și impactul asupra mediului.

3. Pământul nu este rezistent la apă

➤ Datorită porilor mici regăsiți în materialele din pământ, se realizează absorbția rapidă a oricărei ape libere cu care materialul intră în contact. Prin urmare, contactul cu umiditatea reduce rezistența materialului și în funcție de minerologia solului, poate cauza umflarea componentei de argilă, rezultând pagube structurale importante. Cu toate acestea, umiditatea poate fi limitată prin controlul volumului porilor, a dimensiunii acestora și a gradului de saturație. Elementele constructive trebuie protejate de apă și de ciclul îngheț-dezghet prin tratarea cu substanțe adecvate a suprafețelor expuse (zugrăvirea pe bază de var) sau realizarea de elemente arhitecturale care să asigure protecție (streașini).

4. Necesită mai multă muncă pentru punerea în operă

➤ În afară de blocurile comprimate și cărămidă nearsă, elemente care pot fi puse în operă precum zidăria tradițională, celelalte tehnici constructive necesită cunoștințe detaliate referitoare la realizarea pe șantier. De exemplu, reglarea, alinierea și decuparea continuă a cofrajelor necesită un timp considerabil și reprezintă până la 60% din operațiunile de pe sit [352]. Acest aspect poate să îngreuneze procesul constructiv, atât din punct de vedere al timpului de execuție, cât și al modului de punere în operă, datorită lipsei forței de muncă specializate. Tehnicile tradiționale nu sunt utilizate frecvent în momentul actual deoarece necesită mai mult timp de punere în operă.

³⁵¹ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag. 126;

³⁵² Martin Rauch, 2015, "Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", pag.53-59;

5. Necesită o grosime de perete mai mare

➤ Pentru obținerea unor proprietăți termotehnice similare cu celelalte materiale de construcție contemporane, este necesar ca grosimea unui perete din pământ să fie mai mare. În studiul de caz prezentat în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane*, s-au evaluat diferitele variante de stratificații pentru a atinge niveluri comparabile de eficiență energetică folosind materiale pe bază de pământ, cu grosimi similare materialelor utilizate în mod convențional, blocurile ceramice cu goluri verticale. S-a analizat și varianta utilizării doar a stratificației din pământ, ceea ce a dus la o grosime considerată prea mare pentru evaluarea beneficiilor specifice materialului tradițional, precum schimbarea de fază și decalajul de timp, fenomen întâlnit în cadrul stratificațiilor groase de pereți.

6. Limitări din punct de vedere structural

➤ Fie ca este vorba de zidărie sau de pereți compactați, elementele constructive din pământ nu suportă încărcări structurale mari, ceea ce limitează construcțiile din pământ la câteva etaje. Folosirea unei structuri în cadre cu elemente de umplutură din pământ, permite realizarea unor clădiri care să corespundă cerințelor structurale. Cu toate acestea, în cazul elementelor realizate din pământ compactat, de exemplu, masa superioară a elementelor constructive induce încărcări suplimentare în calculul structural, determinând dimensiuni mai mari ale acestora [353].

7. Construcțiile din pământ nu au o bună rezistență la seism

➤ În cazul construcțiilor tradiționale, din lipsa stabilizatorilor din compoziție, clădirile din pământ nu au o bună rezistență la seism. De regulă, în zonele seismice se folosește o structură din lemn umplută cu elemente constructive din pământ precum cărămizi sau paiantă - capitolul 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca resursă principală*. Acest dezavantaj este contracarat prin adăugarea unor straturi de mortar suplimentar între rosturile zidăriei sau a armăturilor realizate din elemente de lemn sau metal.

8. Necesită mai multă întreținere

➤ Tehnicile tradiționale de construcție din pământ necesită o întreținere periodică, dar acest impediment este diminuat în cazul elementelor contemporane, deoarece acestea capătă mai multă duranță la uzură prin realizarea de amestecuri potrivite. Stabilizatorii tradiționali ai pământului, așa cum s-a menționat anterior, sunt cimentul, varul și bitumul, care se adaugă în proporție de 5-15% [354].

Stabilizatorii utilizați în mod curent au următoarele avantaje:

- cresc rezistența,
- reduc umflarea/contractia și
- asigură impermeabilizarea.

Cu toate acestea, pe lângă beneficii, stabilizatorii aduc și dezavantaje:

- stabilizatorii pot reprezenta mai mult de jumătate din prețul total al materialelor,

³⁵³ Alonso Dura, A. Martinez Boquera, Lopis Pulido, 2012, " Analysis and characterization of earthen architecture as a structural material: The corbelled course dome in Syria³", London, United Kingdom, CRC Press Taylor;

³⁵⁴ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.42;

- crește considerabil amprenta de carbon a produsului final. De exemplu, adăugarea de 9% ciment Portland [355], crește energia încorporată a materialelor din pământ până la niveluri similare cu cele înregistrate în dreptul cărămizilor arse,
- pământul stabilizat într-o proporție prea mare nu mai este un material natural, ci reprezintă un beton slab, format din agregate legate printr-o matrice chimică. Din acest motiv, pe măsură ce cantitatea de ciment crește, materialul este mult mai greu de reciclat și reutilizat, așa cum este cazul materialelor tradiționale din pământ.

9.4.2. Compoziția pământului

Pământul este un produs al eroziunii rocilor din scoarța terestră care are loc prin șlefuirea mecanică rezultată din mișcarea ghețarilor, a apei sau a vântului. Compoziția și proprietățile variate ale pământului depind de evoluțiile geologice, condițiile climatice, caracteristicile florei locale etc.. Pământul din zonele muntoase este folosit pentru tehnica pământului compactat. Depunerile de pe malurile râurilor conțin silt (aleurit - material granular cu dimensiuni între nisip și argilă). Din acest motiv, depunerile de pe malurile râurilor sunt mai puțin rezistente la compresiune și la degradarea cauzată de condițiile climatice nefavorabile, acestea fiind adaptate altor tehnici de construcție, precum zidăriei realizate din cărămizi nearse sau blocurile comprimate.

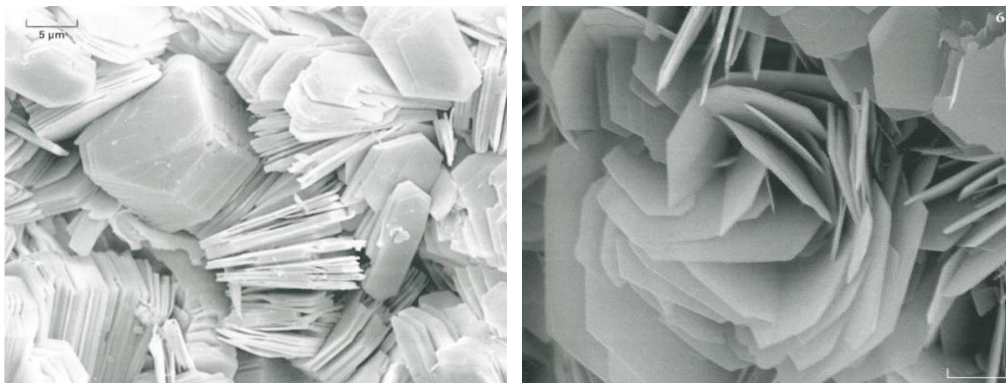


Fig. 166. Argila observată la microscopul electronic, în formă de plachete, sursă: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.103;

Fig. 167. Argila observată la microscopul electronic, în formă de plachete, sursă: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.103;

Pământul conține, în cantități variabile:

- Argilă cu particule de până la un diametru de 0,002mm;
- Silt (aleurit) între 0,002mm și 0,06mm;
- Nisip fin între 0,06 și 0,2mm;
- Nisip mediu între 0,2 și 0,6mm;
- Nisip grosier între 0,6 și 2mm;

³⁵⁵ Bahar R., Benazzoung M., Kenai S., 2004, "Performance of compacted cement stabilized soil", Cement Concrete Composition 26:811-20, Elsevier;

- Pietriș de peste 20mm [356].

Siltul, nisipul și agregatele constituie umpluturile, iar în funcție de componenta dominantă, pământul este argilos, cu conținut de silt sau nisipos. Dacă conținutul de argilă este mai mic de 15%, pământul este denumit sol argilos slab, iar dacă are mai mult de 30%, solul este bogat în argilă. Solul săpat de la adâncimi mai mici de 40cm conține, de obicei, materie vegetală și humus, care constă în principal din particule coloidale și este acid (valoarea pH-ului este sub 6). Argila reprezintă un produs mineral ce conferă coeziune și plasticitate pământului și necesită un studiu mai atent, deoarece proprietățile acesteia determină forțele de legătură întâlnite la nivel molecular.

În continuare sunt prezentate caracteristicile elementelor constructive cu pământ, respectiv forțele care stau la baza materialelor, respectiv modul în care argilele sunt legate între ele,

- **În mod obișnuit, pământul este considerat ca un beton al cărui liant este argila.** În realitate, adevăratul liant al pământului este argila combinată cu apa. Chiar și un perete uscat din pământ conține un procent mic de apă lichidă, prinsă între argile. Această apă nu se evaporă niciodată complet, deoarece este în echilibru cu umiditatea ambientală. Dacă umiditatea din aer crește, pământul colectează apa care condensează între plachetele de argilă, activând forțele de legătură ale materialului. Apa absorbită și apa de capilaritate sunt eliberate atunci când amestecul este încălzit la 105°C. Argila umedă se umflă deoarece apa intră în structura lamelară, înconjurând lamelele cu o peliculă subțire. Dacă această apă se evaporă, distanța interlamelară se reduce, iar lamelele se aranjează într-o configurație paralelă datorită forțelor atracției electrice.
- Mărimea argilelor face distincția între celelalte granule care intră în compoziția pământului, prin raportarea la forma plachetelor.
- Argila este un produs al eroziunii feldșpatului și a altor minerale. Dacă în timpul eroziunii se dizolvă compușii de potasiu ușor solubili, atunci se formează argila numită kaolinit. Alte minerale comune în compoziția argilei sunt ilitul și montmorillonitul [357].
- Mineralele din argilă se găsesc, amestecate cu alți compuși chimici, în special cu oxidul de fier care conferă argilei o culoare galbenă sau o culoare roșie. Compușii de mangan conferă o culoare maro, compușii de var și magneziu sunt albi, iar substanțele organice dau o tentă închisă.
- Mineralele argiloase au, de obicei, o structură cristalină lamelară hexagonală. Aceste lamele constau în straturi diferite care sunt formate în jurul miezurilor de siliciu sau de aluminiu. Straturile de oxid de siliciu au cea mai puternică sarcină negativă, ceea ce conferă o forță mare de legătură interlamelară.
- La nivel molecular, majoritatea mineralelor de argilă au în compoziția lor cationi (ioni încărcăți electric pozitiv) interschimbabili, iar forța de legătură și rezistența la compresiune a pământului depinde de tipul și cantitatea acestora [358].
- Atracția moleculelor de apă spre suprafața lamelelor de argilă este cunoscută sub numele de legături între particulele minerale denumite Van der Waals. Forțele Van

³⁵⁶ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag.42;

³⁵⁷ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.100;

³⁵⁸ Clémence Mathieu, 2009, „La physique des grains. Entretien avec Romain Anger et Laetitia Fontaine”, Revue Ecologik, numero 12, pag. 74-79:

Deoarece fiecare strat de hidroxid de aluminiu este conectat la un strat de oxid de siliciu, kaolinitul cu 2 straturi are o capacitate scăzută de legare a ionilor, în timp ce montmorillonitul mineral cu 3 straturi are o capacitate mai mare de legare.

der Waals sau interacțiunile Van der Waals reprezintă forțele de atracție sau de respingere de putere relativ mică dintre molecule.

- Argilele precum smectitele (montmorillonit) sunt capabile să încorporeze apa în structura lor, provocând o extindere de până la 75% din volum, ceea ce arată importanța identificării mineralogiei argilelor. Acest fenomen este comparabil, la o scară mai mică, cu două plăci de sticlă suprapuse, iar dacă există apă între ele, pot fi foarte greu îndepărtate. Lamellele de argilă capătă forțe de legătură în stare plastică și rezistă la compresiune și la tracțiune după uscare. Argila umedă se întărește pe măsură ce se usucă, iar un element de construcție din pământ își atinge rezistența numai atunci când cea mai mare parte a excesului de apă s-a evaporat. Această reducere a apei din compoziție este însoțită de o contracție a argilei, respectiv o reducere a masei materiei prime. Pentru elemente mai mari, fenomenul duce la fisurare, dar rolul lamelilor de argilă din compoziția materialului este de a se opune acestei tendințe din timpul uscării [359].
- Înțelegerea argilelor la scară coloidală și moleculară deschide calea către apariția de noi amestecuri, cum ar fi pământul turnat sau imprimat 3D, tehnica prezentată în subcapitolul 5.3. *Realizarea pereților din pământ folosind tehnologia imprimării 3D*. Din acest punct de vedere, studiul permite o varietate de abordări, vizând și aspectele referitoare la îmbunătățirea proprietăților pământului, așa cum acestea au fost prezentate în cadrul anexei 9.4.4. *Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului*. În concluzie, este important a conștientiza faptul că argilele au multe caracteristici care nu sunt exploatate în domeniul construcțiilor cu pământ, precum:

- **compoziția chimică a apei influențează starea de agregare a lamelilor din argilă**, care modifică la rândul lor toate proprietățile materialului pământ:

- plasticitatea în timpul prelucrării,
- adeziunea mortarului și a tencuielilor,
- capacitatea de a controla umiditatea, coeziunea, rezistența mecanică,
- contracția la uscare etc.

- **argilele sunt sensibile la salinitatea și aciditatea apei, iar compoziția apei determină în mare măsură tehnica de punere în operă**, așa cum a fost prezentat în:

- *cap. 4. Tehnici constructive folosind pământul ca material de constr. ,*
- *tab. 2. Tehnicile de construcție în funcție de conținutul de apă.*

9.4.3. Proprietățile caracteristice ale pământului ca material de construcție

În momentul alegerii unui pământ ca materie primă pentru construcție sau a unui element constructiv bazat pe pământ, trebuie luate în considerare mai multe proprietăți fizice ale materiei prime. Înțelegerea acestor noțiuni ajută în cazul interpretării testelor de laborator și în parcurgerea fișelor tehnice de produs. O mare parte din noțiunile prezentate sunt utilizate în cadrul studiului realizat în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând*

³⁵⁹ L.N. Reddi, A.K. Jain, H.B. Yun, 2012 , "Soil materials for earth construction: properties, classification and suitability testing";

mijloace contemporane. Analiza detaliată a caracteristicilor pământului ce urmează să fie folosit în construcții, poate determina tehnica ce urmează să fie implementată sau necesitatea de a aduce îmbunătățiri compoziției sale.

În cadrul acestei anexe sunt prezentate o parte dintre caracteristicile pământului ca material de construcție, așa cum rezultă din următoarele publicații științifice:

- „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture” [360],
- “Traité de Construction en terre” [361] și
- “Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile” / “Reguli pentru construcția cu pământ” [362], precum și din alte articole de cercetare parcurse de-a lungul studiului doctoral.

1. Gradul de porozitate este dat de volumul total de pori din pământ.

Cu cât este mai mare porozitatea materialului, cu atât este mai mare difuzia vaporilor și rezistența la îngheț. Acest aspect este în directă legătură cu cantitatea de apă care poate să existe într-un material fără ca acesta să se umfle [363]. Această proprietate determină și capacitatea de termoizolare a materialului.

2. Suprafața specifică a unui material este suma tuturor suprafețelor particulelor.

Cu cât suprafața specifică a argilei este mai mare, cu atât forțele de coeziune interne sunt mai relevante pentru forța de legătură, precum și pentru rezistența la compresiune și la tracțiune [364]. Prin urmare, valoarea mare a suprafeței specifice indică rezistența și coeziunea suplimentară a pământului.

3. Densitatea pământului este definită de raportul dintre masa uscată și volum (inclusiv porii materialului).

Pământul proaspăt săpat are o densitate de 1000 până la 1500 kg/m³. Dacă pământul este comprimat, densitatea sa variază de la 1700 la 2200kg/m³ [365]. Densitatea constituie un factor important în ceea ce privește realizarea masei termice a unui element constructiv, caracteristică importantă în cadrul construcțiilor cu pământ.

4. Plasticitatea.

Pământul are patru stări de consistență: lichid, plastic, semisolid și solid. Determinarea stării de consistență determină alegerea tehnicii constructive. Studiarea în paralel a acestor indici determină gradul de coeziune al pământului, respectiv tehnica potrivită pentru a fi utilizată în funcție de caracteristicile materiei prime, așa cum s-a realizat în cadrul anexei 9.4.7. *Studiu referitor la caracteristicile pământului local.*

- *Limita lichidă* definește conținutul de apă la limita dintre stările lichidă și plastică.
- *Limita plastică* reprezintă conținutul de apă, exprimat procentual, la limita dintre stările de plastic și semisolid.

³⁶⁰ Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN 978-2-7011-5204-2;

³⁶¹ H.Houben, H.Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, ISBN 978-2-86364-161-3;

³⁶² Dachverband Lehm, 2009, “Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile”; Mirela Duculescu, Dachverband Lehm, 2010, “Reguli pentru construcția cu pământ”;

³⁶³ ZF Yan, 2005, „Research on the dynamic moisture adjusting effect of interior materials of adobe buildings”;

³⁶⁴ H. Houben, H. Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, pag.36-41:

Nisipul grosier are o suprafață specifică de aproximativ 23 cm²/g, siltul de aproximativ 450cm²/g și argilă are o suprafață specifică cuprinsă între 10m²/g pentru kaolinit și 800m²/g pentru montmorillonit.

³⁶⁵ H. Houben, H. Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, pag. 66-67 ;

- Diferența dintre limita lichidă și limita plastică se numește *indice de plasticitate*. În cazul buletinelor de analiză realizate în laboratoarele geotehnice, se disting și mărimi precum *indicele de consistență și lichiditate*.

5. Umflarea și contracția datorate apei

Dacă pământul intră în contact cu apa, argilele din componența sa se umflă și ca atare își schimbă starea de agregare de la solid la plastic. Umflarea pământului în contact cu apa și contracția prin uscare este dezavantajoasă pentru utilizarea sa ca material de construcție. Umflarea apare numai dacă pământul intră în contact direct cu suficientă apă încât să își piardă starea solidă, în timp ce absorbția umidității din aer nu duce la umflare.

Umflarea și contracția depind de tipul și de cantitatea de argilă (cu argila montmorillonit, acest efect este mult mai mare decât în cazul kaolinului sau ilitului), precum și de distribuția granulelor de silt și nisip. Fisurile pot fi contracarate prin adăugarea de nisip în cazul pământului bogat în argilă, respectiv prin optimizarea distribuției granulare a materialului [366]. *Limita de contracție* este definită ca limita dintre stările semisolid și solid și reprezintă limita la care contracția nu mai apare. În cazul pământului argilos, limita de contracție poate fi identificată și vizual, atunci când culoarea închisă a amestecului umez se transformă într-o nuanță mai deschisă datorită evaporării apei din porii materialului [367].

6. Conținutul de umiditate de echilibru

Conținutul de umiditate de echilibru este nivelul de umiditate caracteristic fiecărui material poros, chiar și în momentul în care este uscat, și depinde de temperatura și umiditatea aerului din mediul ambiant. În momentul în care nivelurile de temperatură și umiditate cresc, materialul va absorbi mai multă apă, în timp ce valorile reduse ale temperaturii și umidității determină desorbția apei [368]. Cu cât conținutul de argilă este mai mare, cu atât umiditatea este mai echilibrată. Trebuie menționat că în cazul materialelor de construcții, viteza de absorbție și procesele de desorbție sunt mai importante în comparație cu conținutul umidității de echilibru [369].

7. Difuzia de vapori.

Diferențele de temperatură dintre spațiul exterior și cel interior determină valori diferite ale presiunii vaporilor, ceea ce determină deplasarea acestora de la interior spre exterior prin pereții permeabili. Rezistența pe care materialele o induc acestei acțiuni este definită de *coeficientul de rezistență la difuzia vaporilor* (analizat în cadrul studiului de față prin intermediul factorului de rezistență la difuzia vaporilor " μ "). Produsul dintre grosimea elementului de construcție și factorul de rezistență la difuzia vaporilor " μ ", determină permeabilitatea la vapori a elementului – valoarea s_d în metri. Standardul european EN ISO 12575 DIN descrie procedura de testare precisă utilizată pentru determinarea acestor valori [370].

8. Condensarea

Vaporii de apă conținuți în aerul interior au tendința de a migra prin pereți spre exterior. Dacă aerul este răcit în pereți și se atinge punctul de rouă (momentul

³⁶⁶ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag.36-41;

³⁶⁷ Dachwerband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", pag.32 ;

³⁶⁸ Paul H. Baker, N. David, G.H. Galbraith, R.Craig Mclean, 2007, "Evaluation of the use of wooden dowels as a technique for the measurement of the moisture content of masonry";

³⁶⁹ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.46;

³⁷⁰ DIN EN ISO 12752, 2017, "Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties - Cup method (ISO 12572:2016);

în care umiditatea relativă depășește valoarea de 100%), se produce condens în grosimea elementelor. Această umezeală reduce capacitatea de izolare termică și poate duce la apariția fungilor. În astfel de cazuri, este important ca această umiditate să fie transportată rapid prin acțiunea capilară la suprafața pereților, unde se poate evapora. Prin urmare, materialele precum pământul care au proprietăți capilare ridicate, sunt avantajoase pentru reglarea umidității. Pământul acționează ca *material cu schimbare de fază* deoarece exploatează schimbarea stării de agregare a apei ca un mod de transfer de energie. Apa este în echilibru cu umiditatea din mediul ambiant și o parte se evaporă când temperatura exterioară crește. În schimb, apa condensează în tuburile capilare atunci când temperatura coboară [371].

Pentru a reduce pericolul de condensare în pereți, rezistența la difuzia vaporilor și capacitatea de izolare termică trebuie să fie mai mare în exterior decât în interior. Montarea termoizolației la exterior determină inhibarea formării condensului în pereți, dar există și posibilitatea de a realiza o barieră de vapori la interior prin utilizarea de vopsele sau folii. În cazul pereților monoliți, cum sunt cei din pământ compactat, apa pătrunde din exterior în perete și nu se poate evapora către interior din cauza barierei de vapori. În acest caz, peretele rămâne umed o perioadă mai lungă de timp.

Fenomenul de migrație al vaporilor se desfășoară și invers, din zonele interioare care prezintă o umiditate în exces, către exterior, menționându-se faptul că este necesară o barieră de vapori, în acest caz. În cadrul construcțiilor tradiționale, utilizarea nepotrivită a barierei de vapori prezintă dezavantaje semnificative deoarece nu sunt niciodată complet sigilate în practică, în special la îmbinări, ca în cazul pereților cu ușa, ferestrele și tavanul. În aceste articulații constructive se poate produce o condensare dăunătoare a elementelor utilizate.

9. Capilaritatea

Toate materialele cu structuri poroase deschise, precum pământul, sunt capabile să stocheze și să transporte apa în interiorul lor prin tuburi capilare. Prin urmare, apa migrează întotdeauna de la regiuni cu umiditate mare la regiuni cu umiditate mai mică. Capacitatea pământului de a răspunde la absorbție în acest mod, este denumită capilaritate și migrarea apei este definită drept activitate capilară. Cantitatea maximă de apă care poate fi absorbită în comparație cu volumul sau masa unui eșantion se numește *cantitate de apă capilară* și reprezintă o valoare importantă atunci când se iau în considerare fenomenele de condensare din elementele componente ale clădirii.

În timpul construcției, toate componentele din pământ sunt adesea expuse ploii și ciclului îngheț-dezgheț. Pământul nisipos are o rezistență redusă la ploaie, dar este rezistent la îngheț atunci când este lipsit de fisuri. Pământul cu un conținut ridicat de argilă tinde să dezvolte fisuri fine și prin urmare este susceptibil la îngheț. Dar, cu cât porozitatea este mai mare, cu atât rezistența la îngheț este mai mare, apa având spațiu de dilatare. Volumul de aer conținut în porii unui material și umiditatea acestuia sunt relevante pentru efectul de termoizolare.

Cu cât un material este mai ușor, cu atât este mai mare capacitatea sa de izolație termică, dar dacă nivelul de umiditate este prea mare, efectul său de izolator termic se reduce. Ideea conform căreia pământul este un bun izolator termic, trebuie însă dovedită în urma unui calcul termotehnic, așa cum s-a realizat în cadrul subcapitolului 7.1. *Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri*

³⁷¹ M.R. Hall, S. Casey, University of Nottingham, 2012, "Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings";

ceramice sau cărămidă nearsă. Proprietăți termice. Cărămizile nearse au o rezistență mare la îngheț, ceea ce permite utilizarea acestora la exterior, ca strat de umplutură în cadrul unei structuri de rezistență realizate din lemn sau beton [372].

10. Conductivitate termică

Fluxul de căldură printr-un material este caracterizat prin conductivitatea sa termică " λ " [W/mK] care măsoară cantitatea de căldură ce pătrunde printr-un perete gros de 1 m la o diferență de temperatură de 1°C. Pentru studiul de caz analizat, s-au folosit cărămizi ușoare din pământ cu o conductivitate termică de $\lambda = 0,21$ W/mK, în timp ce blocurile ceramice înregistrează o valoare a conductivității termice de $\lambda = 0,12$ W/mK.

11. Căldura specifică

Cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi un kilogram de material cu 1°C se numește căldură specifică și se notează cu " c ". Cărămizile utilizate în analiza comparativă au valori " c " similare de 1000 J/kgK. $c = Q / (m * T)$ [KJ/kgK],
 Q = cantitatea de căldură primită sau cedată de un sistem termodinamic, m = masa sistemului termodinamic, T = variația temperaturii datorată schimbului de căldură,

12. Capacitatea de stocare termică

Capacitatea de stocare termică a unui material, " Q_s ", este definită ca produsul dintre căldura specifică și densitate. Capacitatea de stocare termică definește necesarul de căldură pentru a încălzi 1m³ de material cu 1°C. Capacitatea termică Q_s pentru o unitate din aria peretelui este valoarea S (capacitatea termică), înmulțită cu grosimea elementului.

$$S = c * \rho [\text{kJ/m}^3\text{k}],$$

$$Q_s = c * \rho * s [\text{kJ/m}^2\text{k}],$$

c = căldura specifică a materialului,

ρ = densitatea materialului,

s = grosimea elementului

13. **Decalajul de timp (time lag effect)** se referă la modul în care peretele exterior al unei clădiri reacționează la căldură și perioada de decalaj de timp înainte ca temperatura exterioară să influențeze temperatura spațiului interior. Un perete cu o capacitate de stocare termică crează un decalaj mare de timp între înmagazinarea căldurii și eliberarea sa, în timp ce un perete bine termoizolat reduce doar amplitudinea temperaturii (diferența dintre temperatura minimă și maximă înregistrate) [373].

14. Rezistența la foc

Conform standardului german DIN 4102 (cuprins în informațiile oferite de organizația Dachverband Lehm care promovează tehnicile de construcție cu pământ), pământul, chiar atunci când este amestecat cu fibre, nu este combustibil dacă densitatea nu depășește valoarea de 1700 kg/m³ [374]. Densitatea brută a cărămizilor folosite în cadrul studiului de caz este între 650kg/m³ și 700kg/m³.

15. Rezistența la compresiune

Rezistența la compresiune a elementelor uscate din pământ, cum ar fi blocurile și zidurile din pământ compactat variază între 1-5N/mm³. Acest aspect depinde nu numai de cantitatea și calitatea argilelor folosite, ci și de distribuția

³⁷² C.J. Hopfe, Cardiff University, M.R. Hall, 2012, University of Nottingham, UK, "Humidity and Condensation";

³⁷³ Agaton Lehm, „Hochwertige Lehm-Baustoffe mit der Mehrwert der Natur“, Thermo Natur GmbH & Co., Nordlingen;

³⁷⁴ DIN 4102-1 fire test to building material;;

mărimii granulelor de silt, nisip și agregate mai mari, precum și de metoda de preparare, respectiv de gradul de compactare a amestecului [375].

16. Rezistența la întindere, rezistența la înconvoiere

Pentru construcțiile din pământ, rezistența directă la întindere a materialului uscat nu ar trebui considerată, deoarece este de preferat ca structurile din pământ să nu fie supuse acestor eforturi. Rezistența la înconvoiere are o importanță redusă pentru construcțiile cu pământ, dar are un rol atunci când se discută despre întregul șpalet de zidărie, de exemplu, atunci când se decide calitatea mortarului din pământ. Rezistența la înconvoiere depinde, în mod deosebit, de conținutul de argilă și de tipul mineralelor de argilă din compoziție (argila montmorillonit are o rezistență la înconvoiere mai mare decât kaolinitul) [376].

17. Rezistența la abraziune.

Suprafețele precum mortarul din pământ și pardoselile din pământ sunt sensibile la abraziune, din acest motiv stratul de uzură conține adaosuri precum cazeina (proteină folosită ca liant) [377].

18. Modulul de elasticitate E al pământului se situează între valorile de 600-850 N/m² [378].

19. Perioada de uscare este perioada în care pământul își atinge conținutul de umiditate de echilibru.

În cadrul testelor efectuate la Building Research Laboratory, Universitatea din Kassel, s-a constatat faptul că eșantioanele din pământ se usucă în 20-30 de zile, în timp ce cărămizile arse, cărămizile cu var și cimentul nu se usucă complet nici după o perioadă de 100 de zile [379].

20. Valoarea pH-ului.

Solul argilos reprezintă din punct de vedere chimic o bază cu valori pH cuprinse între 7 și 8.5. De obicei, pH-ul bazic împiedică creșterea fungilor (valoarea pH favorabilă pentru fungi se situează între 4.5-6.5) [380].

9.4.4. Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului

Pentru a îmbunătăți proprietățile materialului, se pune în discuție problema sustenabilității pământului în condițiile în care procedurile chimice sau adaosurile de diferite feluri pot schimba caracterul reversibil al materialului. În schimb, îmbunătățirea caracteristicilor pământului prin diverse tratamente sau prin adăugarea diferiților aditivi, este necesară pentru aplicații speciale, dar componentele care îmbunătățesc anumite proprietăți pot agrava alte deficiențe. De exemplu, rezistența la compresiune și la îndoire poate fi crescută prin adăugarea

³⁷⁵ Mirela Duculescu, 2010, "Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție", editura Arhitectura, pag.94;

³⁷⁶ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.34;

³⁷⁷ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.47;

³⁷⁸ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.34;

³⁷⁹ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.28;

³⁸⁰ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.35;

amidonului și a celulozei, dar acești aditivi reduc forțele de legătură dintre particulele materialului și cresc rata de contracție, ceea ce este dezavantajos. În funcție de caracterul ecologic al aditivilor sau al proceselor tehnologice la care este supus, materialul pământ poate fi reutilizat parțial sau devine un alt deșeu de construcție. Conform cercetărilor efectuate la Building Research Institute, de la Universitatea Kassel din Germania (Experimentelles Bauen) [381], centrul de cercetare CRATerre [382] și alte publicații de specialitate, următoarele probleme pot fi îmbunătățite prin tratamente speciale sau aditivi:

1. Reducerea fisurilor de contracție

În cazul suprafețelor expuse la ploaie, trebuie evitată formarea fisurilor de contracție. Acest fenomen determină o eroziune crescută și depinde de conținutul de apă, de tipul și cantitatea de minerale și de agregatele aflate în compoziție.

- Contracția argilei din materialele de construcție din pământ poate fi redusă prin adăugarea de fibre vegetale sau păr de animale. Acest aspect se datorează faptului că este redus conținutul de argilă și o anumită cantitate de apă este absorbită în porii fibrelor, ceea ce mărește forțele de legătură din amestec [383].
- În industria ceramică, argila este subțiată pentru a obține o fluiditate mai mare, permițând astfel să fie utilizată mai puțină apă, ceea ce reduce contracția finală a materialului.
- În schimb, cea mai simplă metodă de a diminua crăpăturile în elementele constructive din pământ este reducerea dimensiunilor agregatelor, îmbunătățirea timpului de uscare și proiectarea atentă a îmbinărilor [384].

2. Stabilizarea împotriva eroziunii la apă

Stabilizatorii acoperă mineralele de argilă și împiedică contactul cu apa care le-ar provoca umflarea, dar sunt și stabilizatori care cresc, de exemplu, rezistența la compresiune.

- Dacă există suficientă umiditate, atunci în pământ are loc un schimb de ioni folosind varul ca stabilizator. Ionii de calciu ai varului se schimbă cu ionii pământului, iar datorită acestui fenomen, apar aglomerări mai puternice de particule fine care împiedică pătrunderea apei în structura materialului.
- Produsele animale, precum gunoiul de grajd, cazeina și cleiul animal au fost folosite de-a lungul timpului pentru a stabiliza pământul.
- Varul reacționează chimic cu anumite ingrediente ale gunoiului de grajd, formând derivați de calciu insolubili în apă, iar compușii amonici au un efect dezinfectant împotriva organismelor.
- Celuloza întâlnită în diferitele adaosuri, îmbunătățește forțele de legătură acționând ca un liant între agregatele pământului și compușii amonici [385].
- Produsele vegetale precum uleiurile și derivatele din plante, în combinație cu varul, sunt utilizate ca și aditivi de stabilizare.

³⁸¹ Gernot Minke, 2006, "Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture", ISBN: 978-3-7643-7477-8;

³⁸² H.Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses,

³⁸³ Aurelie Laborel-Preneron, Jean-Emmanuel Aubert, Camille Magniont, 2016, „Corn Cob influence on unfired earth bricks properties”;

³⁸⁴ Gernot Minke, 2006, "Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture", pag. 40;

³⁸⁵ M. Moevus, R. Anger, L.Fontaine, 2016, "Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review", in Terra 2016;

- Uleiul de in, de exemplu, oferă un grad ridicat de protecție împotriva intemperiilor, iar amidonul și melasa sunt utilizate pentru a spori stabilitatea. Efectul de stabilizare este mai pronunțat în condițiile în care se adaugă și var.
- Cimentul și bitumul sunt elemente utilizate ca stabilizatori pentru pământul cu mai puțină argilă, în timp ce calcarul este util pentru pământurile mai argiloase.
- Cimentul este utilizat ca un stabilizator împotriva apei, în special în solurile cu conținut scăzut de argilă. Ca și în cazul betonului, rezistența maximă la apă a blocurilor de pământ stabilizate cu ciment este atinsă după 28 de zile.
- Bitumul a fost utilizat pentru stabilizarea cărămizilor din pământ încă din secolul al V-lea î.Hr. și este folosit pentru un pământ cu conținut scăzut de argilă. Efectul de stabilizare este mai accentuat dacă materialul este comprimat și este folosit un emulgator precum nafta, uleiul de parafină sau petrolul.
- După ce solventul și apa se evaporă, se formează un filtru care lipește particulele de pământ împreună, prevenind infiltrarea apei. Rășinile sintetice, parafinele și ceara sunt utile pentru efectul stabilizator pe care îl au asupra pământului.
- Cu toate acestea, deoarece sunt relativ scumpe, predispuse la degradarea cauzată de ultraviolete și acționează ca bariere de vapori, produsele utilizate pentru stabilizare trebuie testate în prealabil pentru a preîntâmpina orice efect negativ care poate să apară pe termen lung [386].

3. Îmbunătățirea forțelor de legătură

În cadrul construcțiilor tradiționale, amestecurile pământului local utilizate în mod obișnuit sunt suficiente, nefiind nevoie de nicio suplimentare a forțelor de legătură ale pământului ca material de construcție.

- Dacă forțele de legătură nu asigură stabilitatea corespunzătoare a materialului, așa cum rezultă dintr-o compoziție granulometrică nepotrivită, proprietățile materialului pot fi îmbunătățite prin adăugarea de argilă, adaosuri minerale, animale și vegetale, respectiv printr-o preparare adecvată a amestecului [387].
- Aceeași compoziție din pământ poate avea forțe de legătură foarte diferite. Prin metoda de preparare se dezvoltă un caracter mai omogen al materialului finit, ceea ce permite utilizarea sa în diferite ipostaze.
- O metodă de a îmbunătăți forțele de legătură în cadrul amestecurilor din pământ este adăugarea de argilă cu un conținut mare de montmorillonite, ceea ce determină o rezistență la îndoire ridicată, precum și reducerea ratei de contracție [388].

4. Creșterea rezistenței la compresiune

Rezistența la compresiune a unui tip de pământ depinde de dimensiunea agregatelor, conținutul de apă și de tipul de argilă. Nisipul și particulele de pietriș sunt distribuite astfel încât să rezulte un volum optim, în timp ce siltul și argilele umplu spațiile intergranulare, ceea ce conferă densitatea optimă a materialului.

³⁸⁶ Gernot Minke, 2006, "Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture", pag. 41;

³⁸⁷ Victoria Stephenson, Enrico Fodde, 2018, „The feasibility of using scientific techniques to assess repair-material suitability in earthen-building conservation”; in Terra 2016 Conference;

³⁸⁸ Gernot Minke, 2006, "Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture", pag. 42;

- Rezistența la compresiune a unui amestec este afectată și de modul de preparare, respectiv de apa utilizată în procesul de fabricare.
- Așa cum s-a prezentat anterior, coeziunea pământului constă în structura lamelară a diferitelor minerale de argilă și atracția lor electrică internă, activată prin apă și mișcare. Această caracteristică denotă că prin frământarea unui pământ în stare plastică, mineralele din argilă sunt capabile să se distribuie într-o structură paralelă, cu straturi ce au forțe de legătură bune, respectiv o rezistență mai mare la tracțiune și compresiune în momentul în care se usucă [389].
- Compactarea pământului sub o forță statică pentru a îi crește rezistența la compresiune este, în general, mai puțin eficientă decât vibrarea prin forțe aplicate dinamic. Aceste mișcări permit particulelor să se stabilizeze într-un model mai dens. Conținutul optim de apă din compoziție este cel la care se obține o densitate maximă uscată. Cu toate acestea, conținutul optim de apă nu duce neapărat la rezistența maximă la compresiune și nici nu este cel mai decisiv parametru, ci este mai important modul de punere în operă pentru activarea forțelor de legătură specifice materialului.
- Rezistența la compresiune a pământului poate fi îmbunătățită prin adăugarea de argilă montmorillonite care se găsește în bentonită, de exemplu. Adăugarea de var și ciment duce la creșterea rezistenței la compresiune. În schimb, pământul cu conținut ridicat de argilă montmorillonit trebuie stabilizat cu var și nu cu ciment, în timp ce pământul cu un conținut ridicat de kaolinit, trebuie stabilizat cu ciment. Dacă se adaugă cenușă vulcanică împreună cu var, se obține un efect similar de stabilizare și cantitatea de var poate fi redusă substanțial, ceea ce determină o amprentă de carbon mai redusă a amestecului, în condițiile în care pentru producerea varului se emit cantități considerabile de dioxid de carbon.
- Praful de cărămidă provenit din cărămizi coapte la temperaturi joase (denumită și argilă expandată) prezintă, de asemenea, proprietăți similare cenușei vulcanice – puzzolana, utilizată pentru stabilizarea betonului roman [390], variantă încercată în studiul realizat conform anexei 9.4.6. *Studiu de caz – Proiect de diplomă.*
- Un efect bun de stabilizare se observă atunci când argila, creta și pulberea de cuarț sunt amestecate cu silicatul de sodiu, rezultând un geopolimer. Materialul este format prin policondensare și prezintă o rețea tridimensională care apare o dată cu eliberarea apei din compoziție. Acest produs poate fi extrudat, presat sau spumat, iar fibrele sunt adăugate de obicei pentru reducerea contracției, îmbunătățind rezistența la tracțiune și rezistența la compresiune [391].

5. Rezistența la abraziune

Conform testelor de laborator efectuate în cadrul Universității din Kassel, un adaos de 10% de silicat de sodium a determinat o rezistență sporită a suprafețelor

³⁸⁹ Mariette Moevus, Romain Anger, Laetitia Fontaine, 2016, „Uniaxial compressive strength in Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review”, pag. 216

³⁹⁰ Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, 2009, pag.190;

³⁹¹ Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, 2009, pag.192;

realizate folosind tehnica pământului compactat. Rezistența la abraziune poate fi crescută cu ajutorul acoperirilor care pătrund adânc în material, dar trebuie reînnoite periodic. Materialele utilizate pentru creșterea rezistenței la abraziune, sunt: adăugarea de 5% ulei de in sau 5% produse lactate [392].

6. Îmbunătățirea izolației termice

Capacitatea de izolare termică a pământului poate fi îmbunătățită prin adăugarea de substanțe poroase precum fibrele vegetale, trestii, alge marine, plută și alte materiale organice ușoare. Pot fi adăugate particule minerale precum: piatra ponce, lava, argila expandată, sticla spumată, perlitul expandat și materiile vegetale [393]. De asemenea, pot fi folosite deșeuri din industria lemnului, resturi de cereale. Cu cât amestecul este mai poros, cu atât este mai ușor și cu o capacitate de izolare termică mai ridicată [394].

9.4.5. Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ

Restaurarea unei construcții din pământ constă în a reface în forma inițială o construcție care este marcată de uzura timpului prin intermediul degradărilor specifice. Dacă proiectul urmărit este de restaurare a unei clădiri istorice, procesul de proiectare va ține cont de caracteristicile inițiale ale construcției. Planul inițial poate fi reluat în întregime, așa cum se întâmplă în cazul restaurării cu caracter istoric. Dar în cazul în care nu se urmărește realizarea unei mărturii istorice, este vorba despre procedeul de reabilitare a construcțiilor. Limita dintre cele două domenii poate fi difuză, dar se prezintă posibilitatea de a păstra intenția arhitecturală inițială, utilizând materiale naturale și metode contemporane de intervenție asupra structurilor istorice.

În prima etapă, trebuie acționat asupra cauzelor acestor degradări, cât și asupra fenomenelor care distrug construcția în profunzime. Problemele structurale sunt determinate de tasarea diferențiată, de preluarea slabă a sarcinilor, în timp ce problemele de umiditate pot fi rezolvate prin refacerea fundațiilor, refacerea pereților despicați etc. În orice caz, reabilitarea va ține cont mai mult de planul de ocupație viitor al construcției, care poate fi foarte diferit de cel inițial prin găsirea unor soluții compatibile cu noile necesități funcționale, respectiv constrângerile și structura inițială a construcției. Scenariile potențiale de ocupare ale construcției influențează toate demersurile reabilitării, impun constrângeri spațiale, formale, estetice, care sunt la rândul lor limitate de structură și de planul construcției inițiale: poziția pereților, grad avansat al problemelor structurale. Reabilitarea, mai mult decât restaurarea, reprezintă domeniul care se preocupă de răspunsurile practice care vor fi aduse la nevoile de utilizare a construcțiilor, în comparație cu refacerea imaginii istorice inițiale a clădirii [395].

Bugetul investit se schimbă în funcție de decizia cu privire la natura intervenției. Definirea riguroasă a estimării lucrărilor întreprinse garantează fezabilitatea reală a operațiunii și finalizarea acesteia în limitele impuse. O astfel de

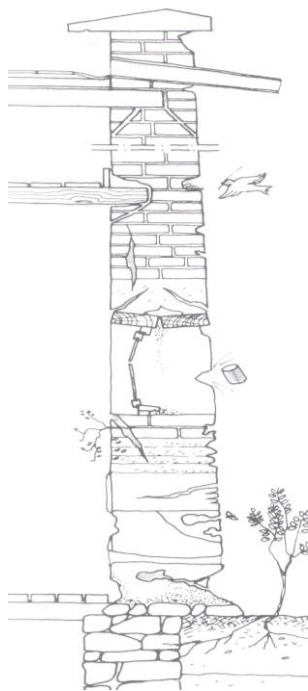
³⁹² Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.47;

³⁹³ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag. 42;

³⁹⁴ Preneron A.L., J.-E. Aubert, C. Magniont, 2016, „Corn cob influence on unfired earth bricks properties” in Terra;

³⁹⁵ Thierry Joffroy, 2012, „Preventive conservation: A concept suited to the conservation of earthen architectural heritage?”, 12th SIACOT Proceedings ;

estimare necesită evaluarea unui specialist deoarece ar putea fi mai dificil de restaurat sau reabilitat o construcție din pământ, în comparație cu realizarea unei construcții noi, în condițiile în care se dorește conformarea la standardele actuale privind siguranța și stabilitatea structurii. Trebuie evaluată importanța construcției și modul în care contribuie la valoarea fondului construit în care este amplasată. Bugetul reabilitării este constrâns de posibilitățile economice și mijloacele constructive, în special pentru realizarea elementelor structurale: fundații, subsol, planșee, care pot fi foarte costisitoare. În orice caz, trebuie acordată prioritate problemelor majore care includ absorbția apei și consolidarea structurii drept principalele elemente care pot afecta pe termen lung integritatea structurală a clădirii [396].



Expertiza stării existente a construcției și a soluțiilor de intervenție influențează direct costurile șantierului. Această estimare trebuie făcută având la bază cunoașterea problemelor caracteristice și a soluțiilor posibile. Acesta este motivul pentru care programul de intervenție va fi definit în felul următor:

- cercetarea istorică și realizarea unui relevu precis,
- expertiza patologică (în special, problemele de umiditate necesită uscarea pereților, nivelarea și drenajul terenului natural),
- diferitele scenarii de utilizare, detaliile sistemelor constructive, finisajele tradiționale.

În cazul specific al construcțiilor cu pământ, ciclul de udare și uscare asociat cu mișcarea sărurilor, poate provoca în timp eroziunea severă la baza peretelui. Acest fenomen poate determina o compromitere a coeziunii particulelor din compoziția pământului. Sigilarea perimetrului clădirii cu un strat de ciment, cu intenția de a proteja baza peretelui, poate afecta cauzele eroziunii.

Fig. 168. Detaliu de travee al unei construcții din pământ ilustrând degradări posibile, imagine preluată după: sursă: © H. Houben, H. Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 245;

Expunerea continuă la umezeală poate degrada structura internă a peretelui din pământ, permițând expansiunea argilelor. Este important ca apa să poată să se evapore din pereți, deoarece, în caz contrar, poate provoca o exfoliere a straturilor de pe suprafața acestora, ceea ce expune structura și altor efecte nefavorabile, precum acțiunea vântului. Umezeala care se acumulează la baza pereților migrează prin acțiunea capilară, slăbește considerabil rezistența elementelor constructive și provoacă pierderea coeziunii pământului.

Degradările structurale pot fi cauzate de o serie de probleme. Inițial, pot apărea ca o fisură minoră în perete, dar pe termen lung, acestea pot duce la prăbușirea întregului element. Cele mai întâlnite probleme se referă la amestecurile nepotrivite de pământ, utilizarea unor tehnici de construcție care nu sunt în

³⁹⁶ Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, pag.47;

concordanță cu proprietățile materiei prime. În continuare, sunt prezentate o parte din situațiile care pot determina apariția problemelor structurale și a degradărilor posibile, cu referire la particularitățile construcțiilor cu pământ:

- Utilizarea materialelor neadecvate este o problemă relevantă pentru reparațiile și reconstrucția zidurilor din pământ, deoarece materialele propuse necesită analiza într-un laborator specializat înainte de începerea construcției.
- Una dintre cauzele cele mai frecvente în ceea ce privește defectele structurale este alegerea deficitară a amplasamentului (zonele care se pot inunda cu ușurință sau unde clădirea poate fi expusă vânturilor puternice sau altor dezastre naturale în funcție de zona geografică) [397].
- Un alt punct sensibil al construcțiilor din pământ sunt dezastrele naturale precum inundațiile și cutremurele care pot afecta în mod iremediabil construcțiile din pământ, în condițiile în care acestea nu prezintă o structură corespunzătoare, atât în cazul fundațiilor, cât și în cazul elementelor structurale verticale.
- În urma cutremurelor din 1991, în localitatea Banloc, de exemplu, s-au realizat observații referitoare la starea construcțiilor din pământ și a comportamentului acestora la activitatea seismică. Studiile au fost realizate de către institutul de proiectare I.P.R.O.T.I.M., împreună cu compania de asigurări, pentru a determina în ce măsură construcțiile se pot reabilita.
- După cum se poate observa din figura 169. *Urmările unui cutremur în Banloc, 1991*, datorită lipsei conlucrării între pereții rigizi de zidărie și șarpanta mult mai flexibilă realizată dintr-o structură din lemn, se observă cum acoperișul s-a prăbușit datorită oscilațiilor orizontale. Acest fenomen poate fi împiedicat prin introducerea unei centuri perimetrice care să asigure preluarea adecvată a încărcărilor, realizarea unor stâlpi de susținere, respectiv includerea unor elemente de armătură între straturile de zidărie, așa cum a fost prezentat în capitolul 5. *Perețele ca element constructiv în cadrul edificiilor din pământ*.
- În cazul inundațiilor, construcțiile tradiționale din pământ prezintă o vulnerabilitate majoră deoarece apa se poate infiltra rapid în porozitatea pereților din pământ, ducând la cedarea elementelor constructive.
- Umflarea duce la pierderea stabilității și la prăbușirea elementelor constructive sub propria greutate. Drept urmare, structura este compromisă, iar construcțiile își pierd stabilitatea generală, așa cum se poate observa în figura 170. *Inundații în Banat, 2005, arh. Vasile Opreșan*.
- Există un risc de apariție a problemelor structurale atunci când construcțiile sunt realizate pe terenuri instabile sau cu rezistență scăzută, (soluri eterogene, soluri care sunt predispuse umflării sau tasării). Riscul este și mai crescut atunci când fundațiile sunt subdimensionate, nu sunt suficient de rezistente, sunt descentrate în raport cu încărcările sau sunt slab drenate de-a lungul perimetrului construcției.
- Realizarea defectuoasă a zidurilor poate slăbi considerabil structura clădirii. De exemplu, în cazul utilizării tehnicii pământului compactat, modul de dispunere al cofrajelor creează fisuri datorită suprapunerii necorespunzătoare în dreptul articulațiilor dintre elemente.
- Pereții de zidărie care prezintă proprietăți diferite în ceea ce privește dimensiunile și rezistența specifică a cărămizilor sau pereți construiți utilizând un mortar neaderent sunt mai fragili și pot crăpa mai ușor.
-

³⁹⁷ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", pag. 245;



Fig. 169. Urmările unui cutremur în Banloc, 1991, sursă: © E.Georgescu;

Fig. 170. Inundații în Banat, 2005, sursă: © arh. V.Oprișan;

- **Clădirile din pământ fără armături sunt foarte vulnerabile la activitatea seismică datorită:**

- masei mari a elementelor constructive, în general,
- a lipsei de continuitate între pereți și planșee,
- a conexiunii slabe a acoperișului cu pereții,
- ancorarea slabă a grinzilor planșeului sau absența unei centuri pot favoriza perforarea, crăparea sau ruperea elementelor constructive.

- **Fisurile caracteristice construcțiilor din pământ, pot să apară din următoarele motive:**

- varietatea materiei prime utilizate poate determina o compactare neregulată și poate provoca o densitate diferită a straturilor, ceea ce poate duce ulterior la fisuri,
- un conținut de apă mai redus poate diminua din coeziunea materialului, ceea ce poate duce, de asemenea, la proliferarea fisurilor de contracție,
- în dreptul deschiderilor, datorită încărcărilor structurale, pot apărea crăpături verticale direct deasupra stâlpilor de susținere,
- buiandrugii proiectați în mod neadecvat pot provoca fisuri care diminuează rezistența peretelui,
- încărcările acoperișului care nu sunt preluate în mod corespunzător, pot duce la probleme structurale precum crăparea pereților,
- tratarea necorespunzătoare a scurgerilor și a aticelor poate determina probleme cu infiltrațiile de apă [398].

- **Alte degradări posibile care pot să apară în cazul construcțiilor cu pământ și cauzele asociate acestora, sunt:**

- rosturile erodate în cadrul elementului constructiv care favorizează acumularea de apă, apariția cuiburilor de animale și a insectelor care atacă materialul în profunzime,
- rădăcinile prea apropiate ale copacilor, mai ales atunci când fundațiile sunt deja atacate de umezeală, pot afecta fundațiile și pot spori fragilitatea pereților pentru a provoca, în cele din urmă prăbușirea lor,
- vântul, plantele parazite, depunerile de săruri solubile, rozătoarele și insectele, sunt elemente care pot agrava degradarea pereților,

³⁹⁸ H. Kanefusa, O.K.M.Shimada, „International conservation principles in earthquake zones”, Japan” in Terra 2016, 12th SIACOT Proceedings, ISBN: 978-972-8479-94-7, 261-267;

- la acest aspecte se mai adaugă și reducerea coeziunii materialului de-a lungul timpului.
- **Pentru a rezolva o parte din problemele structurale care pot să apară**, în America Latină, de exemplu, s-au dezvoltat câteva tehnici de construcție care au ca scop stabilizarea zidurilor din cărămizi nearse în timpul cutremurelor puternice. În acest scop, patru tehnici au fost identificate drept cele mai relevante.
 - realizarea unor contraforturi din pământ,
 - introducerea colțarelor din lemn,
 - utilizarea grinzilor de legătură,
 - utilizarea stâlpilor de cărămidă ca elemente introduse în pereți sau adiacente acestora [399].

9.4.6. Studiu de caz – Proiect de diplomă

Centrul de vizitare al Parcului Național Buila Vânturarița, Costești, Vâlcea

Studiul referitor la proprietățile pământului ca material de construcție a început încă din timpul lucrării de licență al autoarei și s-a referit la realizarea unui centru de vizitare pentru Parcul Național Buila Vânturarița. Acest proiect a început de la o analiză a peisajului cultural local al Microregiunii Horezu. S-a încercat definirea unei identități locale din punct de vedere social, economic și de mediu, prin considerarea unei strategii teritoriale [400] mai ample. Din acest punct de vedere, s-au studiat elementele ce țin de cadrul natural, de tradiție, de arhitectură și comunitate. Pentru fiecare categorie s-au găsit elemente specifice care să configureze identitatea locală, respectiv menționarea inițiativelor existente care ar putea să ajute în cadrul întregul demers. De aceea, s-a realizat un time-line care să prezinte toate activitățile existente, inițiativele propuse și modul în care acestea pot să ajute la realizarea unei mai bune vizibilități a regiunii la nivel național și nu numai.

Tema de licență a propus realizarea unui centru de vizitare al microregiunii Horezu, obiectiv care face parte din strategia locală de promovare a regiunii Oltenia de sub munte. Scopul acestei inițiative a fost realizarea unor conexiuni teritoriale și sociale, în ideea de a crea o altă dinamică în cadrul comunităților locale și a modului în care aceasta se raportează la patrimoniul material și imaterial existent în zonă. În cadrul Microregiunii Horezu, se poate vorbi de existența unui microsistem care grupează un ansamblu de așezări rurale și urbane, cu legături istorice, economice și socio-culturale, care pot colabora pentru o valorificare eficientă a resurselor naturale și a valorilor de patrimoniu existente.

S-a creat o analiză în detaliu și o mapare a tuturor elementelor ce definesc peisajul cultural rural, pentru a permite o mai bună conexiune la nivelul întregii regiuni. Primul pas a fost realizarea unui studiu ce are la bază toate documentele deja realizate în cadrul comunității de către asociațiile existente care facilitează cooperarea între unitățile administrativ-teritoriale, asociațiile de dezvoltare comunitară și O.N.G.-urile locale. Această primă etapă de colectare a datelor a constituit o documentare necesară în demonstrarea fezabilității oricărei investiții la nivel local, urmărind cu atenție care sunt punctele forte, precum și

³⁹⁹ Daniel Torrealva, Erika Vicente, 2016 „Traditional Seismic Retrofitting techniques”,

⁴⁰⁰ Consiliul Județean Vâlcea, “Planul de Amenajare a Teritoriului județului Vâlcea”

deficiențele regiunii. Au fost considerate și acțiunile necesare pentru a susține o strategie de dezvoltare locală viabilă din punct de vedere social și economic [401].

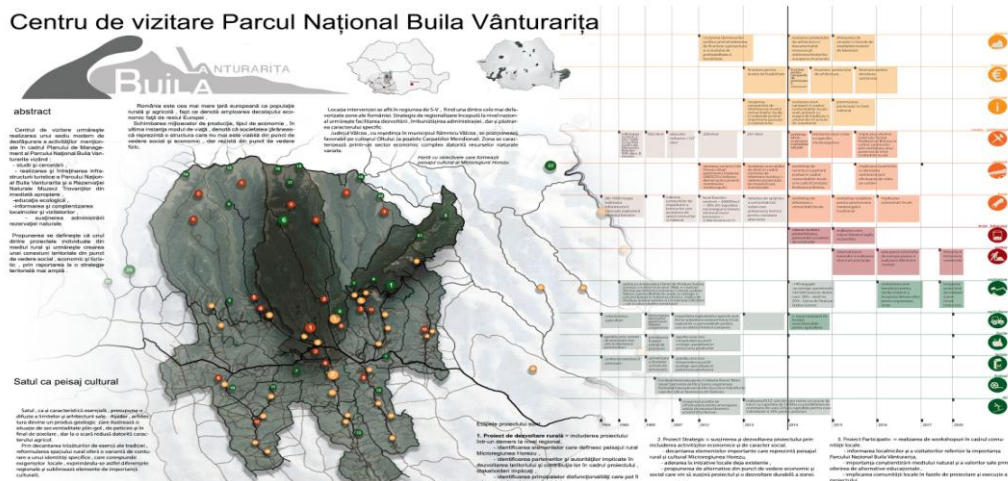


Fig. 171. Studiu referitor la peisajul cultural al Microregiunii Horezu, sursă: E.R. Florescu;

După o parcurgere în detaliu a tuturor materialelor puse la dispoziție de asociațiile locale, s-a propus realizarea unor viziuni comune de dezvoltare pornind de la oportunitatea Parcului Național „Buila Vânturarița” și a Rezervației Naturale „Muzeul Trovanților” de a deveni un element definitoriu al peisajului cultural specific zonei. S-a studiat modul în care resursele locale pot fi exploatate în mod judicios, respectiv cum poate fi integrată o dimensiune socio-culturală în întregul demers, astfel încât să se ajungă la o înțelegere mai bună a valorilor culturale care stau la baza regiunii. Din acest motiv, s-a propus reinterpretarea materialului pământ, folosit în zonă pentru olărit – meșteșug regăsit pe lista patrimoniului imaterial UNESCO, într-o soluție constructivă aliniată ultimelor dezvoltări tehnologice referitoare la capacitatea materiei prime de a oferi soluții sustenabile în domeniul construcțiilor. Având în vedere caracterul experimental al lucrării, s-a încercat realizarea unei soluții inovative, bazate pe valorificarea a cât mai multor elemente valoroase regăsite pe plan local.

- Una dintre problemele majore a fost faptul că terenul reprezenta un sit dezavantajos din punct de vedere al condițiilor de acces și al compoziției geotehnice a pământului de fundare. Din acest punct de vedere, s-a propus inclusiv schimbarea sitului, dar cum acest teren era singurul disponibil, s-a încercat rezolvarea acestui impediment folosind soluții tehnologice avansate, ceea ce duce la mărirea costurilor de investiție inițiale. În urma diversele soluții dezbătute, s-a ajuns la o variantă care presupunea îmbunătățirea prin injectare

⁴⁰¹ Planul de Management al Parcului Național „Buila Vânturarița” și a Rezervației Naturale „Muzeul Trovanților”;

În ceea ce privește intervenția punctuală referitoare la realizarea proiectului pentru centrul de vizitare al parcului național, Asociația Kogayon, a inițiat demersurile privind posibilitatea obținerii unei finanțări europene. Datorită dificultăților administrative și a problemelor legate de condițiile de eligibilitate, acțiunea nu s-a mai materializat. Au fost continuate, în schimb, diferite activități on-line cu rol în promovarea regiunii.

cu bentonită, respectiv folosirea unor tije metalice cu diametru de 50cm. În schimb, soluția propusă presupunea costuri mari pentru realizarea fiecărei fundații izolate.

- Pentru a constata dacă materialul local este adecvat pentru folosirea tehnicii pământului compactat, au fost prelevate mostre de pământ de la fața locului, cât și dintr-un amplasament utilizat în mod obișnuit de către localnici pentru realizarea cărămizilor din pământ. A fost consultat, de asemenea, studiului geotehnic realizat în cadrul inițiativelor înaintate de O.N.G.-ul local. După discuțiile avute cu inginerii de structură, s-a recurs la posibilitatea de a adăuga în amestec argilă expandată pentru a îmbunătăți calitatea de izolare termică a pământului.
- Agregatul propus provenea din surse locale, argila constituind reziduurile rezultate în urma atelierelor de ceramică. Prin urmare, au fost realizate epruvete de testare conținând pământ și argilă expandată provenite de la producătorii locali. Amestecul a fost realizat manual, folosind mai multe compoziții. S-au obținut mostre de 15x15x15cm, supuse testelor privind verificarea capacității de rezistență la compresiune în cadrul laboratorului de testare al Universității Politehnice din Timișoara. Rezultatele acestor prime teste au demonstrat că materialul se poate încadra în limitele proprietăților caracteristice tehnicii pământului compactat (în acest caz, fiind vorba de rezistența la compresiune), așa cum valorile au fost determinate în cadrul Centrului de Cercetare CRATerre din Franța [402].



Fig. 172. Pregătirea epruvetelor pentru testele de laborator în cadrul U.P.T., sursă: E.R.Florescu;

În acest mod, s-a demonstrat faptul că varianta propusă se încadrează în specificațiile general acceptate pentru tehnica pământului compactat. Din lipsă de resurse, testele s-au limitat la această etapă, dar au fost realizate în conformitate cu normativele în vigoare referitoare la efectuarea testelor geotehnice. S-a determinat rezistența la compresiune pentru cele 5 epruvete realizate folosind pământul local și agregate naturale din argilă expandată. Înainte de a fi testate la compresiune, materialele au fost uscate în prealabil timp de 3 săptămâni,

⁴⁰² H.Houben, H.Guillaud, "Traité de construction en terre", ", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag. 503-504;

epruvetele fiind depozitate la temperatură și umiditate constantă. În urma testului de rezistență la compresiune, s-a constatat faptul că prin adaosul de argilă expandată, se reduce din rezistența la compresiune a materialului, deoarece bucățile introduse elimină din coeziunea naturală a particulelor de argilă.



Fig. 173. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - punerea în formă, sursă: E.R.Florescu;
 Fig. 174. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - conformarea în funcție de forma matriței, sursă: E.R.Florescu;
 Fig. 175. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - îndepărtarea matriței după 3 săptămâni, sursă: E.R.Florescu;
 Fig. 176. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - inspectarea diverselor deformații rezultate în urma procesului de uscare, sursă: E.R.Florescu;



Fig. 177. Testarea epruvetelor în laboratorul UPT, sursă: E.R.Florescu;

Din punct de vedere funcțional, soluția arhitecturală mizează pe o variantă pavilionară ce conține spațiile importante ale ansamblului, fiind în concordanță cu posibilitățile materialului și cu funcțiunile propuse. S-au utilizat 3 module constructive ce utilizează interpretări ale vechilor proporții tradiționale în elemente ce compun un ansamblu coerent prin simplitate, cu un discurs arhitectural aflat în concordanță cu tipologiile existente. În acest mod, s-a realizat o relație mai bună între exterior și interior.

Nr. Crt.	l_1	L_1	A_1	l_2	L_2	A_2	A_m	F	f_c	f_{med}	f_b
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[N]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
A	110	112	12320	110	114	12540	12430,0	25800	2,08	2,01	2,21
B	108	110	11880	108	114	12312	12096,0	18200	1,50		
E	110	112	12320	110	110	12100	12210,0	17600	1,44		
O	110	110	12100	110	113	12430	12265,0	17100	1,39		
P	105	108	11340	106	112	11872	11606,0	41900	3,61		

f_{med} = rezistența la compresiune a elementului "i"

f_{med} = rezistența medie la compresiune

f_b = rezistența standardizată la compresiune

δ = factor de multiplicare (pentru cărămizile ceramice pline are valoarea 0,81; pentru elemente de beton celular autoclavizat are valoarea 1,10)

Fig. 178. Valorile testelor referitoare la rezistența la compresiune, sursă: E.R.Florescu;

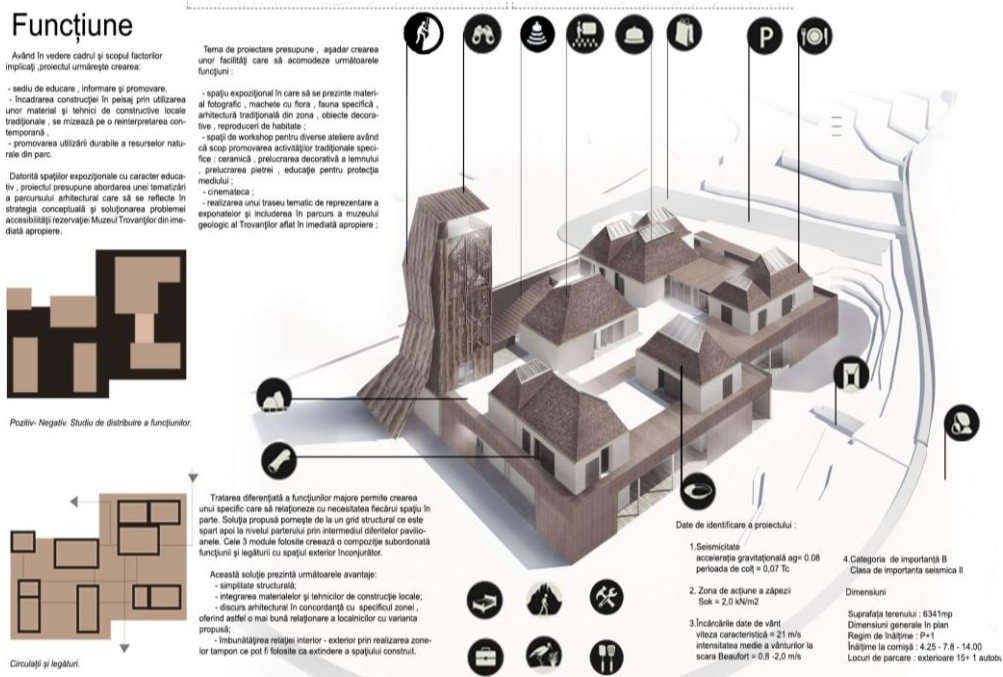


Fig. 179. Descrierea proiectului din punct de vedere funcțional, sursă: E.R.Florescu;

Sunt integrate soluții bioclimatice prin utilizarea pământului local, excavat de la fața locului, folosindu-se de capacitatea de stocare termică a materialului drept avantaj în realizarea confortului interior. În acest caz, s-a optat pentru o termoizolație din panouri de stuf. De asemenea, s-a propus realizarea unui dren perimetral care să asigure colectarea apelor pluviale în exces și retenția lor într-un bazin de colectare aflat în apropiere. Acesta poate funcționa și ca bazin de rezervă pentru utilizare în stingerea incendiilor. S-a propus un sistem de colectare și reutilizare a apei gri în ideea de a folosi cât mai multe sisteme care utilizează energie regenerabilă. Din punct de vedere al soluțiilor bioclimatice, se mai pot observa elementele ce țin de:

- ventilarea încrucișată datorată modulelor ce se înalță pe două niveluri,
- includerea trapelor de aerisire la nivelul parterului,
- elementele de protecție solară din dreptul ferestrelor,
- îmbunătățirea aperturilor solare prin asigurarea unei orientări a modulelor propuse în funcție de punctele cardinale.

Structura este realizată din cadre de lemn și pereți din pământ compactat. Soluția propusă mizează pe folosirea materialelor locale cu un impact redus asupra mediului înconjurător. Pereții modulelor sunt realizați din pământ compactat așezat între elementele structurale din lemn. Pereții din pământ compactat sunt realizați din straturi succesive de 15cm, având o grosime de 500mm, ceea ce este în concordanță cu arhitectura tectonică specifică.

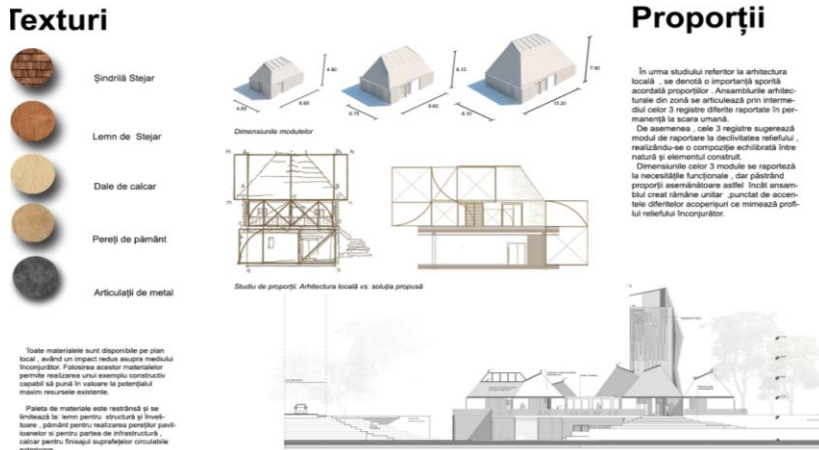


Fig. 180. Texturi și proporții utilizate în cadrul propunerii, sursă: E.R.Florescu;

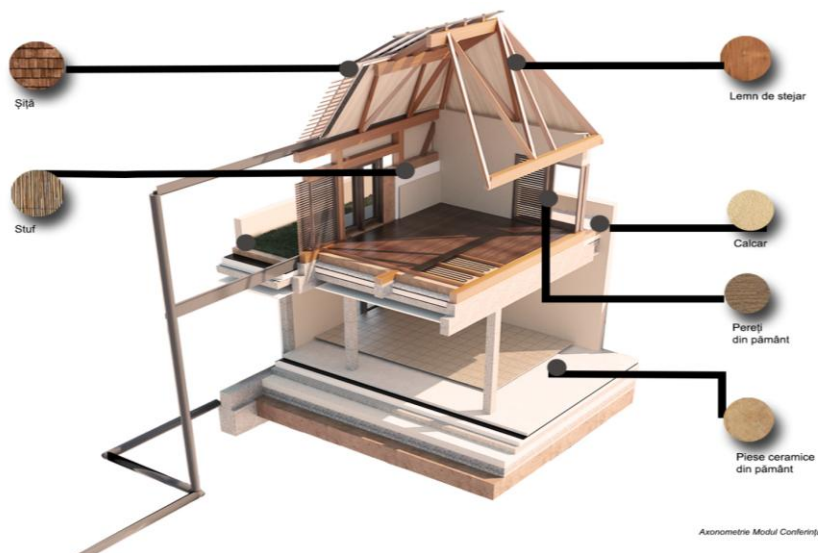


Fig. 181. Detalii 3D cu modulele prezentate, sursă: E.R.Florescu;

Cadrela din lemn sunt formate din stâlpi de 150x150mm, înglobați în pereții de pământ, în timp ce grinzile principale din lemn stratificat au dimensiuni de 150x350mm. Planșeele din pământ sprijină pe structura din lemn rigidizată în plan orizontal, în timp ce grinzile asigură continuitatea transmiterii eforturilor între structura modulelor și structura spațiilor înconjurătoare, acestea fiind gândite independent. Șarpanta este realizată din cadre spațiale care descarcă la nivelul popilor. Legătura structurală de la partea superioară se realizează prin intermediul unei grinzi perimetrice pe care sunt ulterior amplasate elementele de închidere care formează învelișul, stratul final fiind realizat din materialul utilizat în mod tradițional, și anume, șița de stejar.



Fig. 182. Secțiune realizată prin întregul ansamblu, sursă: E.R.Florescu;



Fig. 183. Fațada sud a întregul ansamblu, sursă: E.R.Florescu;

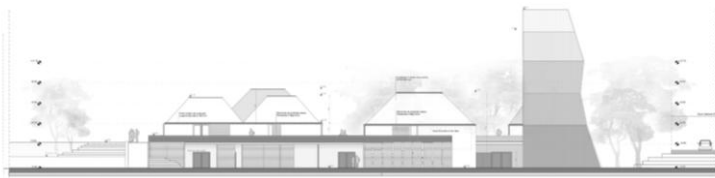


Fig. 184. Fațada nord a întregului ansamblu, sursă: E.R.Florescu;



Fig. 185. Perspectivă ansamblu, sursă: E.R.Florescu;

Soluția propusă mizează pe folosirea materialelor locale cu un impact redus asupra mediului înconjurător. Pereții modulelor sunt realizați din pământ compactat așezat între elementele structurale din lemn, iar șarpanta este realizată din cadre spațiale care descarcă încărcările structurale prin intermediul popilor. Având în vedere problemele de fundare ale terenului, s-au propus lucrări de îmbunătățire a acestuia. Soluția considerată adecvată, în acest caz, a fost injectarea cu bentonită pentru a evita decopertarea unei suprafețe mari de pământ

și pentru a atinge un nivel acceptabil de fundare. Fundațiile sunt realizate din blocuri continue, realizate sub pereții structurali din pământ.

Ca și concluzie, tentativa de reactualizare românească a spațiului rural constituie o soluție viabilă pentru administrarea teritoriului și conservarea peisajului cultural. Prin identificarea și decantarea elementelor valoroase, strategiile la nivel regional sunt capabile să realizeze o cooperare între comunitățile interesate, conturându-se bazele unor proiecte sustenabile. Programul, structura constructivă, aderarea la tradițiile specifice constituie aspecte ale unei arhitecturi tectonice, desprinse din topografia locului. Fără a mima motive și tipare tradiționale, o abordare firească este fezabilă în condițiile și cu resursele locale, reprezentând o detașare conștientă și lucidă față de curentele ecologice superficiale. La baza demersului se dorește un discurs clar și argumentat pe situația existentă, făcând referire la elementele cadrului natural și antropic care se află în proximitate și potențialul lor de valorificare într-o viziune contemporană [403].

Detaliu de travee

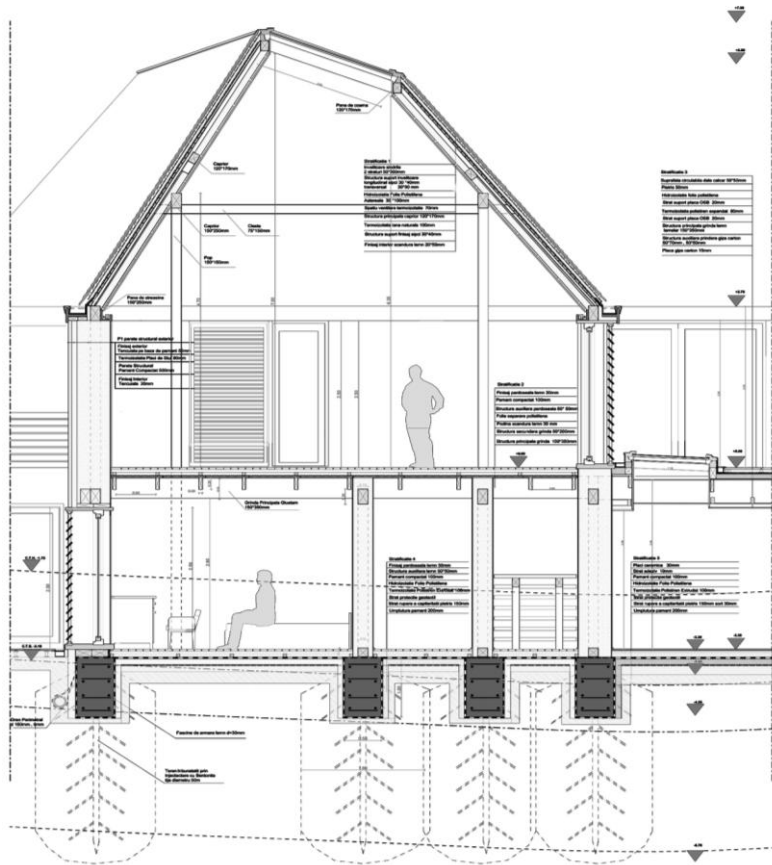


Fig. 186. Secțiune printr-un modul caracteristic, sursă: E.R.Florescu;

⁴⁰³ Lucrare de licență, Elena Roxana Florescu, Centru de vizitare Parcul Național Buila Vânturarița;

9.4.7. Studiu referitor la caracteristicile pământului local

În cadrul studiului doctoral s-au realizat deplasări în regiunea Banatului pentru a cerceta atât fondul construit existent, cât și pentru a constata dacă există inițiative locale de a construi cu pământ. Din acest punct de vedere, s-au constatat mai multe proiecte la nivel regional. Unul dintre acestea a fost inițiat de către un investitor privat care și-a dorit să realizeze la nivel experimental o construcție cu pământ, fiind interesat de aspectele ecologice ale materialului, în zona cunoscută drept Dealurile Lipovei, comuna Bogda. Prin intermediul acestui caz particular, s-a început orientarea studiului către un exemplu cât se poate de concret, respectiv demersurile necesare pentru a autoriza o locuință din pământ.

S-au realizat studii la fața locului pentru a determina proprietățile pământului local care au determinat principalele tehnici constructive întâlnite în teritoriu. Având în vedere existența acestor practici constructive la nivel de localitate, a fost considerată necesară o analiză preliminară pentru definirea modului în care teritoriul s-a dezvoltat și care au fost consecințele directe asupra fondului construit. A urmat consultarea documentelor oficiale, discuții cu populația locală și autoritățile din zonă, respectiv specialiști din domeniul construcțiilor, interesați de subiect sau implicați în proiecte similare.

Din punct de vedere administrativ, comuna Bogda conține satele Altringen, Buzad, Charlottenburg, Comeat și Sineat, reprezentând un teritoriu unde prima așezare compactă s-a realizat abia după anul 1400. Până în 1716, teritoriul a fost administrat de turci, urmând ca începând cu anul 1772, să înceapă colonizarea din prima etapă carolină, când primii coloniști germani au fost împroprietăriți cu teren agricol [404]. Succesiunea diferitelor regimuri administrative (austriac și ungar, fapt ce se denotă și din denumirea locuitorilor) se constată consultând planul localității care prezintă semnele sistematizării austriece precum trama stradală rectangulară, amplasarea locuințelor perpendicular pe frontul stradal, împărțirea rațională a loturilor și a parcelelor agricole.

Se observă adoptarea tipologiei constructive impuse de Imperiul Habsburgic din punct de vedere al locuințelor formate din cele 3 camere, pereții fiind realizați inițial din pământ compact și apoi din cărămizi nearse. Aceste prime modele constructive sunt explicate în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.* La sfârșitul secolului al XVIII-lea, așezarea primește numele de Neuhoff, în timp ce Sintar devine Buchberg, iar Comeat Lichtenwald. În timpul secolului al XIX-lea, comuna este deținută de proprietarii maghiari Csavossy care construiesc un conac cu un parc dendrologic în aria localității [405].

- Un element important pe plan local este realizarea băilor comunale din Bogda, atestate documentar încă din anul 1771 [406], când coloniștii germani au descoperit existența unor izvoare termale, urmând să dezvolte o stațiune balneară amplasată în Vila Tereza. După naționalizarea socialistă din 1949, această clădire este transformată în tabără de copii, dar abandonată între timp, aflându-se într-un stadiu avansat de ruină [407].

⁴⁰⁴ <https://www.primariabogda.ro/informații/istorie>, ultima accesare:03.2021;

⁴⁰⁵ <https://enciclopediaromaniei.ro/wiki/Bogda>, ultima accesare:03.2021;

⁴⁰⁶ www.cjtimis.ro/judetul-timis/unitati-administrativ-teritoriale/comuna-bogda.html, ultima accesare: 03.2021;

⁴⁰⁷ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Rig%C3%B3sf%C3%BCrd%C5%91>, ultima accesare:03.2021;



Fig. 187. Fotografii ilustrând localitatea Bogda în timpul administrației maghiare, locuințele tipice și Vila Tereza, sursă: © <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15740896>, ultima accesare: 03.2021;

În timpul perioadei interbelice, **există o comunitate germană numeroasă în localitate care a emigrat după cel de-al Doilea Război Mondial**. Fenomenul emigrației a luat o asemenea amploare încât, până în 1990, nu mai exista niciun german pe raza localității Bogda. În momentul actual, așezările se confruntă cu o depopulare masivă cauzată de exodul tinerilor către centrele urbane sau către străinătate. Acest fenomen se traduce în cazul fondului construit prin existența mai multor proprietăți raportate la numărul de locuitori, iar multe dintre acestea sunt într-un stadiu avansat de degradare, cauzată de lipsa de întreținere regulată.

Studiul de față vine ca un răspuns adresat celor care și-au achiziționat locuințe din pământ compactat sau cărămidă nearsă în mediul rural, dar în multe dintre cazuri, acestea nu mai sunt locuibile deoarece nu mai respectă standardele actuale de confort și stabilitate. S-a realizat un studiu referitor la degradările tipice existente în cadrul acestor construcții, subiecte dezbătute în cadrul anexei 9.4.5. *Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ*. Dar în același timp, s-a ridicat problema care sunt variantele de construire, astfel încât să se continue tradiția constructivă locală.

Reluarea acestor tehnici constructive reprezintă posibilitatea de a potența caracterul arhitectural al comunităților rurale, ca o dovadă istorică a dezvoltării regiunii Banatului. Efortul general de reabilitare a acestor locuințe din mediul rural, reprezintă un bun prilej de a relua practicile constructive tradiționale. Una dintre posibilitățile oportune, în acest caz, este de a oferi locuințe de vacanță populației urbane din centrele limitrofe – Timișoara și Arad. Măsura este binevenită în contextul dezvoltării urbane necontrolate și nesustenabile, constituind alternative pentru locuințele supraaglomerate din jurul orașelor.



Fig. 188. Bătrân în fața unei case din pământ, sursă: © Göncz József – Bognár Béla, „Szép TEMES MEGYÉNK” / „Frumosul nostru județ TIMIȘ” / „Unser schönes Komitat TEMES” (ediție trilingvă);

Studiul de caz analizat în continuare a pornit de la inițiativa unui beneficiar de a realiza o construcție în extravilanul localității Bogda. Din acest motiv, s-a propus o construcție cu funcțiunea de anexă agricolă, proprietarul având deja o locuință permanentă în localitate. Pornind de la caracteristicile alungite ale parcelei (front stradal 50m și lungime 272,64m, conform C.F. 400587, nr.top. 456/9) și panta accentuată a terenului, s-a propus o construcție semiîngropată, încadrată în peisaj.

Accesul se realizează folosind un drum de exploatare agricolă, iar utilitățile lipsesc din zonă. Acesta a fost unul dintre argumentele care au determinat propunerea unor soluții alternative de producere a energiei și de utilizare a resurselor existente pe sit, în condițiile în care conectarea la utilități în zona respectivă nu reprezintă o prioritate pentru autoritățile locale. Varianta construcției cu pământ a fost determinată de constrângerile existente de a folosi o soluție ecologică. Din punct de vedere funcțional, construcția nu prezintă un interes aparte, însă este interesantă maniera în care este integrată în peisaj (adaptarea la panta accentuată a terenului), modul în care se folosesc proprietățile materialului pământ din punct de vedere tehnic.

Propunerea a urmărit maniera de adaptare a tehnicii constructive tradiționale din zonă la un model contemporan, utilizând proprietatea materialului de a înmagazina în mod pasiv căldura. Soluția constructivă urmărește folosirea masei termice a pământului pentru stocarea termică, fiind unul dintre argumentele pentru care s-a optat pentru realizarea unor pereți din pământ compactat într-o variantă semiîngropată, respectiv crearea unui acoperiș înierbat. S-a propus realizarea unei structuri din lemn, înglobată în pereții groși din pământ compactat, realizați pe fundații din piatră. Referitor la sistemele de producere a energiei, s-au inclus în proiect panouri solare, utilizarea luminatoarelor zenitale pentru promovarea ventilației și îmbunătățirea aporturilor solare pe latura de sud.

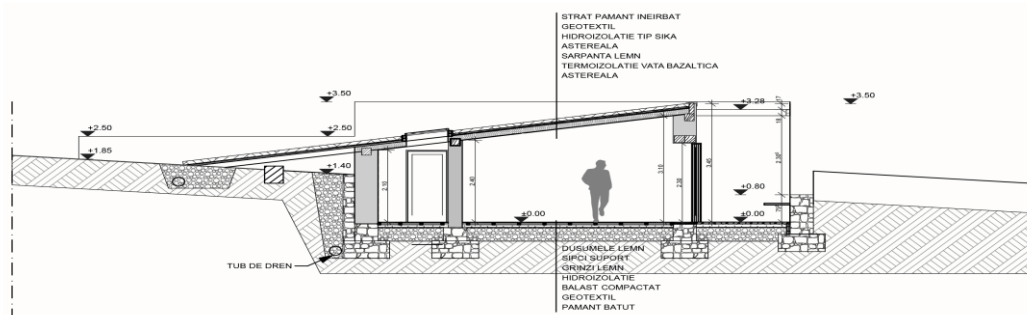


Fig. 189. Secțiune prin anexa propusă ilustrând sistemul constructiv și stratificațiile pentru acoperiș și pardoseală, sursă: E.R.Florescu, adaptare după proiect: © Arhitekt Studio A;

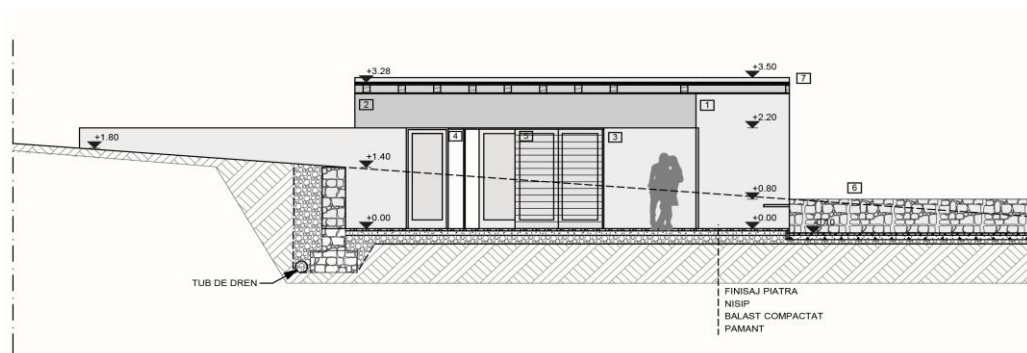


Fig. 190. Fațadă spre partea de nord. Datorită orientării nefavorabile a parcelei, s-a optat pentru utilizarea suprafeței acoperișului pentru captarea energiei solare și îmbunătățirea aperturilor solare, sursă: E.R.Florescu, adaptare după proiect: © Arhitekt Studio A;

Pasul următor a constat în studierea actelor normative care ar permite realizarea construcțiilor din pământ. Din acest punct de vedere, s-a concluzionat faptul că este admisă realizarea construcțiilor de o categorie de importanță D în condițiile în care pământul nu reprezintă materialul portant, ci se limitează la o simplă umplutură, motiv pentru care s-a optat pentru o structură portantă din lemn. Pentru a folosi pământul ca material de construcție, alternativa este realizarea unui agrement tehnic, dar costurile și dificultatea obținerii acestuia au determinat abandonarea propunerii inițiale. Din acest motiv, beneficiarul și echipa de proiectare s-au orientat către alte soluții mai accesibile, precum utilizarea cărămizilor nearse, această tehnică fiind cea mai utilizată pe plan local deoarece permite eficientizarea procesului de producție a elementelor constructive și o punere în operă mai ușoară a șpaletilor de zidărie.

Din punct de vedere al testelor efectuate, în primă fază a fost realizat un studiu geotehnic, ale cărui rezultate au fost folosite pentru determinarea caracteristicilor specifice ale pământului local [408]. Aceste teste au fost realizate în ideea de a utiliza solul excavat pentru realizarea umpluturii din

⁴⁰⁸ Studiului Geotehnic nr.1098/2014 pentru „Construire anexă la exploatare agricolă și împrejmuire”, date pentru pământul excavat din forajul 1, adâncime -1,50m ;

pământ aflată între cadrele de lemn cu rol structural, conform propunerii inițiale. În ceea ce privește cercetarea de față, această primă analiză a reprezentat un punct de plecare pentru a constata proprietățile pământului de pe sit și pentru a observa în ce măsură calitățile acestuia au determinat tehnicile constructive locale – pământ compactat sau cărămizi nearse. Comportamentul pământului ca material de construcție este condiționat de procentul de argilă care poate defini cea mai potrivită tehnică, dar nu constituie singurul parametru care cuantifică proprietățile materialului. Din acest motiv, este necesară observația proprietăților materiei prime sub încărcări ciclice sau sub acțiunea apei [409].

Conform studiului geotehnic, pentru a încadra pământul în clase de comportament specifice, este necesar calculul valorilor Atterberg (limita de contracție, limita de plasticitate și limita de lichiditate – definite în *Tablelul 27. Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda, C.F. 400587, nr.top. 456/9, conform Buletinului de analiză nr.23/2015.*). Studiile însă pot fi afectate de eterogenitatea pământului deoarece probele pot să difere în cazul în care sunt prelevate din zone distincte ale aceluiași strat, respectiv din amplasamente diferite. Aceste prime valori oferă o imagine asupra caracteristicilor pământului, specificându-se în funcție de mărimile analizate, dacă prezintă tendința de a se umfla excesiv sau dacă au un caracter friabil, respectiv în ce măsură se încadrează în valorile specifice anumitor tehnici, așa cum acestea au fost definite în cadrul centrului de cercetare CRATerre din Franța.

Analiza valorilor limitelor Atterberg ajută la realizarea unor corelări între caracteristicile pământurilor în timpul încercărilor de laborator. De exemplu, contracția este corelată cu plasticitatea și depinde de caracteristici specifice ale fiecărei mostre de pământ în parte, precum compoziția mineralogică, distribuția particulelor și a agregatelor din componență și tipul de cationi etc. De asemenea, plasticitatea influențează comportamentul materiei prime, dar nu reprezintă singurul criteriu necesar pentru a evalua comportamentul pământului în momentul în care este supus încărcărilor ciclice. Din acest motiv sunt necesare evaluări comparative între diversele proprietăți caracteristice ale materiei prime.

Au fost definiți o serie de parametri care au permis încadrarea pământului în funcție de tehnicile constructive specifice, iar centrul de cercetare CRATerre a concluzionat în urma testelor repetate, valori orientative corelate între diversele proprietăți ale mostrelor de pământ, corespunzătoare principalelor tehnici constructive [410]. Acesta este motivul pentru care s-a propus

⁴⁰⁹ Conform dr. ing. Andreea Damian, în articolul "Criterii de evaluare a susceptibilității la lichefiere a pământurilor coezive", publicat în revista Construcțiilor, anul XIII, nr. 137 din iunie 2017, accesată ultima dată on-line în 03.2021;

În cazul pământului cu granulație fină care prezintă mai mult de 50% particule fine, întrebarea este dacă scheletul materialului este capabil să preia sau nu tensiunile, deoarece în acest caz, nisipul este izolat față de restul agregatelor din componență. În cazul în care partea fină a unui pământ depășește 35% din compoziția unui pământ, această fracțiune fină poate forma o matrice care să preia încărcările. Din acest punct de vedere, comportamentul materialelor este stabilit în funcție de compoziția mineralogică, de forma particulelor sau de condițiile mediului de sedimentare.

⁴¹⁰ Conform Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 116-119 :

Pentru a determina în ce măsură pământul local se poate adapta tehnicilor pământului compactat sau a cărămizilor nearse, este necesară definirea texturii drept raport între cantitatea de granule care trec sita de cernere, împărțită la mărimea granulelor. De asemenea, se definește plasticitatea ca valoare determinată de indicele de lichiditate și indicele de plasticitate, în timp ce alți factori precum compresibilitatea (masa volumică uscată

corelarea valorilor rezultate din studiul geotehnic [411] efectuat pe sit, cu valorile prezentate în cadrul tratatelor de specialitate menționate în studiul efectuat de Hugo Houben și Hubert Guillaud, "Traité de Construction en terre", pentru a determina în ce măsură, pământul local se poate încadra în valorile specificate pentru cele două tehnici constructive regăsite în zonă, tehnica pământului compactat și cărămizile nearse. S-au studiat mai multe proprietăți ale pământului, folosind atât studiul geotehnic, cât și analize separate realizate ulterior pe diverse mostre de pământ. Valorile acestor proprietăți, precum și procedurile de testare sunt prezentate în cadrul tabelelor 27., 29.:

○ Tabel 27. *Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda,*

○ Tabel 29. *Tabel prezentând principalele caracteristici ale pământului prelevat din groapa de împrumut,*

și se referă la următoarele proprietăți ale mostrelor de pământ prelevate:

- contracția volumică,
- umiditatea naturală;
- limita inferioară de plasticitate (limita de curgere);
- limita superioară de plasticitate (limita de curgere);
- indicele de plasticitate,
- indicele de consistență,
- indicele de lichiditate;
- umflarea liberă,
- indicele de activitate,
- limita de contracție.

În urma studiului geotehnic nr. 1098 - „Construire anexă la exploatare agricolă și împrumut”, pământul găsit pe situl inițial a fost încadrat drept unul argilos, vârtos, cu un conținut de particule fine de 44% ($A_{2\mu}=44\%$) [412]. Această primă încadrare sugerează faptul că proprietățile pământului local nu sunt potrivite pentru utilizarea tehnicii pământului compactat, dar având în vedere flexibilitatea în ceea ce privește compoziția granulometrică a amestecului realizat, se poate ajunge la o valoare corespunzătoare a materialului final. În cadrul studiului geotehnic, s-au realizat o serie de analize, respectând procedurile laboratorului de gradul II - profile GTT, AchA, ACS, cu autorizația ISC nr.2696/28.02.2013.

O parte din analizele efectuate în cadrul acestui studiu sunt :

- Determinarea granulozității prin metoda combinată conform STAS 1913/5-85, SR EN ISO 14688-1:2004, 14688-2:2005;
- Determinarea umidității pământului conform STAS 1913/1-82;
- Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari, determinarea umflării libere, determinarea limitei de contracție și a contracției volumice pe proba tulburată, conform STAS 1913/12-88;

raportată la conținutul în apă) sau coeziunea, sunt proprietăți ce pot fi determinate prin realizarea altor încercări de laborator ce definesc constrângerile maxime acceptabile. Valorile sunt prezentate sub forma unor grafice care indică intervalul în care se pot situa mărimile indicilor studiați.

⁴¹¹ Conform Boulanger, R. W. Idriss, I.M., 2006, „Liquefaction Susceptibility Criteria for Silts and Clays”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, November,

Rezistențele ciclice pot fi evaluate pe baza informațiilor din încercările în situ, a încercărilor de laborator și a corelațiilor empirice, care sunt similare sau bazate pe procedura stabilită pentru evaluarea rezistenței la forfecare ciclică și statică pentru diferite depozite.

⁴¹² $A_{2\mu}$ – procentul de argilă cu diametrul mai mic de 0,002mm;

- Determinarea limitelor de plasticitate și a indicilor de plasticitate, consistență și lichiditate conform STAS 1913/4-82.

În urma acestor analize au rezultat proprietăți diferite ale materialului pământ, testele fiind efectuate pentru a determina caracteristicile materiei prime utilizate pentru tehnica pământului compactat sau pentru tehnica cărămizilor nearse. Prima sursă este reprezentată de situl propus în faza inițială în Bogda și cea de-a doua sursă este reprezentată de groapa de împrumut din aceeași localitate, respectiv cea din Sintar. Proprietățile studiate au fost comparate cu valorile de referință pentru cele două tehnici propuse, conform studiilor făcute în cadrul institutului de cercetare CRATerre. Conform analizelor granulometrice au rezultat următoarele caracteristici ale pământului local, prezentate în cadrul tabelului 30.

Comparație a caracteristicilor pământului prelevat din Bogda – situl considerat în faza inițială a proiectului, respectiv pământul prelevat din groapa de împrumut,:

1. Prima sursă, studiu geotehnic realizat pe situl din arealul localității Bogda, C.F. 400587, nr.top. 456/9:

- a rezultat un tip de pământ clasificat drept Argilă/CLAY - CL.
- conform diagramei ternare din SR EN 14688-1/2004, acest tip de pământ conține un amestec echilibrat de argilă (42%), praf (40%) și nisip (18%).
- având în vedere conținutul mare de argilă, acest pământ este mai greu de folosit pentru realizarea tehnicii pământului compactat deoarece necesită un adaos mare de stabilizatori, dar având în vedere flexibilitatea în ceea ce privește punerea în operă a acestei tehnici, se poate discuta despre fezabilitatea realizării unui perete folosind pământ cu această granulometrie.

2. A doua sursă, analize geotehnice realizate pe un teren din groapa de împrumut aflată pe raza localității Bogda și a localității Sintar:

- a rezultat un tip de pământ clasificat drept argilă prăfoasă nisipoasă - sasiCL.
- conform diagramei ternare din SR EN 14688-1/2004, acest tip de pământ conține un amestec egal de argilă (42%), praf (40%) și nisip (18%), ceea ce permite adaptarea cu ușurință a pământului la diverse tehnici constructive, adaptându-se în acest caz tehnicii cărămizii nearse.

Conform studiului geotehnic pentru determinarea proprietăților pământului de pe situl din comuna Bogda, având C.F. 400587, nr.top. 456/9, au rezultat următoarele valori:

Tab. 26. Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda, C.F. 400587, nr.top. 456/9, conform Buletinului de analiză nr.23/2;

	Valoarea măsurată	Definiție	Simbol și Valoare
1.	Contractia volumică	Contractia volumică este o descreștere a volumului de lichid din componența materialului. În timpul procesului de uscare, pământul se contractă datorită desorbției de apă, iar paletetele de argilă se aglomerează datorită forțelor capilare care apar odată cu	$C_v = 81,6\%$

		<p>pierderea de apă, în timp ce efectul de sucțiune crește [413].</p> <p>Contrația este definită ca raportul procentual dintre variația de volum a unui pământ saturat datorată uscării și volumul final [414].</p> <p>$C_V = (V_i - V_f) * 100 / V_f$ unde: V_i = este volumul inițial în stare saturată, V_f = este volumul final.</p>	
2.	Umiditatea naturală	<p>Constă în determinarea masei de apă pierdută de o cantitate cunoscută de pământ, prin uscare în etuvă termoreglabilă până la masa constantă, la temperatura de 105 +/- 2 °C [415].</p>	$w = 30,3\%$
3.	Limita inferioară de plasticitate	<p>W_p este limita inferioară de plasticitate și reprezintă umiditatea de la care pământul devine plastic. Metoda de determinare a W_p constă în determinarea umidității minime la care un pământ poate fi modelat sub formă de cilindri [416].</p>	$w_p = 25,0\%$
4.	Limita superioară de plasticitate	<p>W_L este limita superioară de plasticitate (limita de curgere) și reprezintă umiditatea de la care pământul devine fluid. Metoda de determinare a W_L constă în determinarea umidității la care o fantă făcută în pasta de pământ din cupa aparatului de măsurare se închide pe o lungime de 12mm după 25 de căderi ale cupei de la înălțimea de 10mm [417].</p>	$w_L = 77,6\%$

⁴¹³ Mariette Moevus, Romain Anger, Laetitia Fontaine, 2014, „Hygro-Thermo-Mechanical Properties of earthen materials for construction: a literature review”, Terra 2012, XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, april 2012, Lima, Peru, hal-01005948;

⁴¹⁴ Conform Normativ NP126:2010: Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate.;

⁴¹⁵ Conform STAS 1913/1-82: Procedura pentru determinarea umidității prezintă încercarea de determinare în laborator a umidității pământurilor și se aplică tuturor pământurilor clasificate și identificate conform SR EN ISO 14688-2:2005. Umiditatea naturală este un parametru important, utilizat în primul rând pentru determinarea indicelui de consistență, respectiv a indicelui de lichiditate specific pământurilor coezive, precum și a gradului de saturare a pământurilor. O probă de pământ uscată în aer la temperatură normală va da o umiditate mai mare cu câteva procente în comparație cu proba uscată în etuvă. Similar, o probă uscată în etuvă expusă la aer va avea o umiditate din ce în ce mai mare. **Acest fenomen rezultă din tendința fracțiunii argiloase de a absorbi umiditatea din aer, proprietate cunoscută drept higroscopicitate.;**

⁴¹⁶ Conform STAS 1913/4-86;

⁴¹⁷ Conform STAS 1913/4-86, STAS 1913/1-82;

5.	Indicele de plasticitate	<p>Intervalul de variație al umidității pentru care pământurile se comportă plastic, se numește indice de plasticitate I_p și reprezintă diferența dintre limita superioară de plasticitate w_L și limita inferioară de plasticitate w_p, cuantificând extinderea domeniului de umiditate pentru care pământul manifestă proprietatea de plasticitate [418].</p> <p>$I_p = w_L - w_p$, unde: w_L - limita superioară de plasticitate, w_p - limita inferioară de plasticitate.</p>	$I_p = 52,6\%$
6.	Indicele de consistență	<p>Este un factor a cărui valoare poate stabili dacă starea pământului se situează în interiorul plajei de plasticitate [419]. Reprezintă diferența dintre limita superioară de plasticitate și umiditatea naturală, împărțită la indicele de plasticitate.</p> <p>$I_c = (w_L - w) / I_p$, unde: w_L = limita superioară de plasticitate, w = umiditatea naturală, I_p = indicele de plasticitate, I_c = indicele de consistență.</p>	$I_c = 0,98$
7.	Indicele de lichiditate	<p>Indicele de lichiditate reprezintă diferența dintre umiditatea naturală (w) și limita inferioară de plasticitate (w_p), prin raportarea la indicele de plasticitate [420].</p> <p>$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p) = (w - w_p) / I_p$, unde: w = umiditatea naturală, w_p = limita inferioară de plasticitate, I_p = indicele de plasticitate.</p>	$I_L = 0,02$
8.	Umflarea liberă	<p>Este raportul procentual între diferența de volum final și volumul inițial [421], reprezentând capacitatea de a se umfla sau de a se contracta în funcție de variația umidității.</p>	$U_L = 100\%$ [422]

⁴¹⁸ Clasificarea pământurilor, extras din STAS 1243-88;

⁴¹⁹ Conform STAS 1243-88, pământul este clasificat în funcție de indicele de consistență: curgător, plastic curgător, plastic moale, plastic consistent, plastic vârtos (0,76-0,99) și tare.

⁴²⁰ Conform <https://www.revistaconstrucțiilor.eu/index.php/2017/06/01/criterii-de-evaluare-a-susceptibilitatii-la-lichiefiere-a-pamanturilor-coezive/>, accesat on-line: 03.2021;

⁴²¹ Clasificarea pământurilor, extras din STAS 1243-88;

⁴²² Conform NP 126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari: **Pământurile cu umflare liberă mai mică de 70% nu au caracteristici expansive, pământurile cu umflări libere mai mari de 70% au potențial expansiv moderat. Valorile mari ale umflării libere sunt asociate argilelor care produc umflări considerabile, în special sub încărcări ușoare.;**

		$U_L = (V_f - V_i) / V_i * 100$, unde: V_f = volumul final al sedimentului, în centimetri cubi, V_i = volumul inițial al pământului, egal cu 10cm^3 , rezultă relația devine: $U_L = 10 (V_f - 10)$, rezultatul final fiind media celor 3 teste realizate.	
9.	Indicele de activitate	<p>Indicele de activitate al pământurilor (I_A) în raport cu apa, ține cont de dependența între fenomenele de contracție - umflare și de prezența fracțiunii de argilă în masa pământului, reprezentând raportul dintre indicele de plasticitate și procentul de argilă cu diametru mai mic de $0,002\text{m}$ [423]:</p> $I_A = I_P / A_{2\mu}$, unde: I_P = indicele de plasticitate, $A_{2\mu}$ = procentul de argilă cu diametrul mai mic de $0,002\text{mm}$.	$I_A = 1,27$
10.	Limita de contracție	<p>Umiditatea pământului sub care nu mai au loc variații importante de volum la variații de umiditate se notează w_s și se definește ca limită de contracție [424]. Limita de contracție are loc atunci când suficientă apă este adăugată unui pământ în așa manieră încât crăpăturile solului sunt închise [425], în timp ce limita lichidă are loc atunci când suficientă apă este adăugată unui pământ pentru a se comporta ca un lichid [426].</p>	$w_s = 30\%$

Pentru a realiza o mai bună legătură între compoziția mineralogică a pământului și comportamentul sub încărcări ciclice, trebuie realizată o corelare între indicele de plasticitate I_p (52,6%) și procentul de argilă cu dimensiune mai mică de $0,002\text{mm}$ ($A_{2\mu} = 44\%$), raport ce definește indicele de activitate al pământului, considerat în acest caz unul foarte activ la variațiile de umiditate și la

⁴²³ Conform NP 126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate.;

⁴²⁴ Conform Normativului NP 126:2010;

⁴²⁵ <https://www.encyclopedia.com/earth-and-environmentalism/environmental-studies/atterberg-limits#1013Atterberglimits>, ultima accesare: 03.2021;

⁴²⁶ **Rezistența la forfecare a unei argile crește odată ce materialul este uscat, depășind limita superioară de plasticitate, în timp ce atunci când se atinge limita inferioară de plasticitate, apare fenomenul de desaturare al argilelor.** Când umiditatea pământului argilos scade sub limita inferioară de plasticitate, volumul pământului scade cu o rată mai redusă, în timp ce rezistența la forfecare crește semnificativ. În cele din urmă, nu mai există modificări de volum după ce pământul atinge limita de contracție, iar uscarea reduce umiditatea pământului la zero în condiții de volum constant.

sursă: asist.dr.ing. Florin Bejan, curs 1, Fizica Mediilor Poroase, Master Inginerie Geotehnică, www.florinbejan.ce.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2018/05/CURS-02_2018_02.pdf;

încărcările ciclice [427]. De regulă, limitele Atterberg și restul mărimilor măsurate nu s-au dovedit suficiente pentru a prezice caracteristicile dintre tensiunile și deformațiile specifice ale pământurilor. Acest aspect înseamnă că de sine stătătoare, nici indicele de activitate ($I_A=1,27$), nici mărimea particulelor nu au o utilitate practică, necesitând o constantă corelare cu caracteristicile de plasticitate.

Raportarea limitelor Atterberg la valoarea umidității naturale a unui pământ (w) prezintă informații referitoare la pierderea rezistenței acestuia, dar este necesar un alt indice pentru a cuantifica această problemă. Este vorba despre indicele de lichiditate - I_L (în acest caz are o valoare de 0,02) care compară umiditatea naturală cu limita inferioară de plasticitate și cu limita superioară de plasticitate [$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p) = (w - w_p) / I_p$], dar poate varia odată cu măsurătorile w , w_L , w_p în cazul pământurilor cu plasticitate redusă.

Indicele de plasticitate (definit ca diferență între limita superioară de plasticitate w_L , respectiv cea inferioară w_p) are o valoare de $I_p=52,6\%$, ceea ce indică o mărime relativ stabilă a pământului prin compararea cu valorile curbei granulometrice, respectiv conținutul de argilă al materialului. Din alt punct de vedere, valorile mari ale raportului w/w_L corespund în general pământurilor moi și cu sensibilitate ridicată la deformări sub acțiunea încărcărilor ciclice și a apei, în timp ce valori mici ale raportului w/w_L ($30,3/77,6 = 0,39$) sau a indicatorului I_L (0,02) corespund pământurilor cu senzitivitate redusă, așa cum este și pământul studiat în cazul de față [428].

Conform studiului geotehnic, pământul analizat este încadrat în categoria pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM), denumite și pământuri contractile sau expansive [429]. În urma acestor prime teste și a comparării acestora cu valorile - reper înregistrate în cadrul laboratoarelor de cercetare din Franța privind textura și plasticitatea specifice materiei prime utilizate pentru tehnica pământului compactat, se constată necesitatea efectuării unor analize suplimentare pentru a determina amestecul optim pentru tehnica respectivă.

Cu toate acestea, este evident faptul că pentru utilizarea pământului brut, trebuie modificată compoziția inițială, mai ales în condițiile în care coeficientul de umflare liberă este de 100%, ceea ce indică o sensibilitate la acțiunea apei, respectiv necesitatea de stabilizare a materiei prime. Pentru identificarea suplimentară a comportării pământului sub încărcări ciclice, este indicată mărimea granulelor care intră în compoziția materiei prime. Din acest

⁴²⁷ Conform studiul geotehnic nr.1098/2014 pentru „Construire anexă la exploatare agricolă și împrejmuire”, dacă indicii următori prezintă valori încadrate conform:

$A_{2\mu} > 30\%$, $I_p > 35\%$ și $I_A > 1,25$, atunci pământul este considerat drept foarte activ. Caracteristicile geotehnice care definesc proprietățile pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM) sunt următoarele:

- conținutul de particule fine $A_{2\mu} = 44\%$;
- indicele de activitate $I_A = 1,27$;
- contractia volumică $C_v = 81,6\%$;
- umflarea liberă $U_L = 100,00\%$.

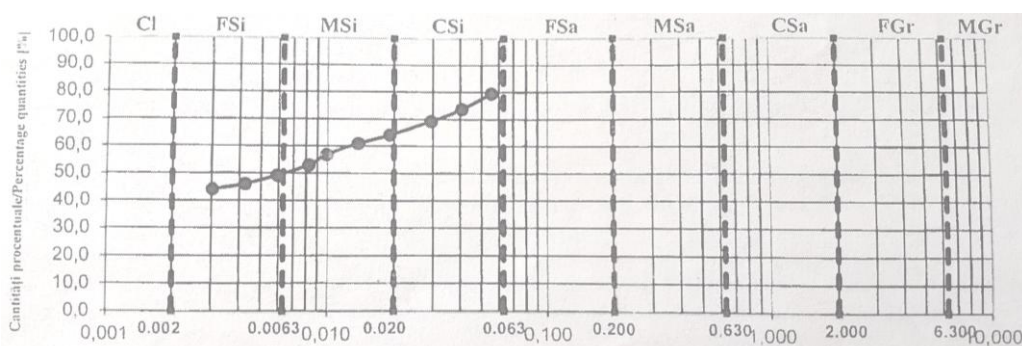
⁴²⁸ Conform dr. ing. Andreea Damian, în articolul „Criterii de evaluare a susceptibilității la lichefiere a pământurilor coezive”, publicat în revista Construcțiilor, anul XIII, nr. 137 din iunie 2017, accesată ultima dată on-line în 03.2021;

⁴²⁹ Conform indicativului P70-79, privind instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM), producerea unor variații însemnate de volum a pământurilor este condiționată de existența în zona de suprafață a unor argile active, susceptibile umflărilor și contracțiilor mari, respectiv producerea unor variații importante de umiditate ca urmare a condițiilor climatice sau a altor cauze precum sursele puternice de umezire sau uscare.

motiv, s-a realizat o analiză folosind o curbă granulometrică pentru a sorta și pentru a observa repartitia procentuală a particulelor din care este compus pământul [430]. S-a realizat un studiu al curbei granulometrice prin metoda sedimentării conform standardelor SR EN ISO 14688-2, într-un laborator autorizat de gradul II, cu autorizația nr. 2372/03.10.2011. Datele prezentate corespund buletinelor de analiză prelevate de la o adâncime de -1,50m, din care **a rezultat un tip de pământ clasificat drept Argilă/CLAY - CL.**

Conform diagramei ternare din SR EN 14688-1/2004, acest tip de pământ conține un amestec echilibrat de argilă (42%), praf (40%) și nisip (18%). Conținutul mare de argilă reprezintă un dezavantaj în cazul utilizării tehnicii pământului compactat deoarece este necesară adăugarea de agregate și aditivi pentru stabilizare (nisip, pietriș, ciment etc.). Aceasta a fost una dintre concluziile workshop-urilor realizate în cadrul Festivalului "Grains D'Isère" organizat de către laboratorul CRATerre în Villefontaine, Franța, eveniment prezentat în cadrul anexei 9.5. *Workshop-uri*. Cu toate acestea, deoarece permite un control mai bun asupra compoziției generale, tehnica pământului compactat permite utilizarea unor amestecuri folosind pământuri având diferite compoziții granulometrice. În acest caz particular, compoziția specifică rezultată conform analizei granulometrice prezentate în tabelul 28. *Principalele componente conform curbei granulometrice*, ilustrează toate agregatele care intră în componența materialului prelevat de pe situl din Bogda, județul Timiș:

Grafic 12. Curba granulometrică rezultată prin metoda sedimentării, ilustrează procentul de particule raportat la diametrul lor, realizat conform SR EN ISO 14688-2, sursă: Buletinului de analiză nr. 10.107/07.03.2015;



⁴³⁰ Conform STAS 1913/5, corelat cu SR EN 933-2:

Analiza granulometrică reprezintă procedeul tehnic prin care se individualizează și se sortează, sub formă de repartitie procentuală, particulele dintr-o probă de pământ, după mărimea acestora. În cazul studiului de față s-a folosit metoda cernerii pe sită, pentru pământuri cu granule între 2,00 și 0,08/0,05 (0,063) mm. Rezultatele analizei granulometrice reprezintă corelații între masa procentuală a particulelor solide cu diametrul mai mic decât o anumită valoare și diametrul particulelor, putând fi reprezentate în grafice specifice precum curba granulometrică. Curbele granulometrice dau informații asupra distribuției dimensiunilor particulelor solide din pământ și pot fi folosite pentru introducerea conceptelor legate de mecanica pământurilor nesaturate. Distribuția porilor reprezintă baza a numeroase tehnici propuse pentru estimarea curbelor caracteristice pământ-apă pentru pământurile nesaturate.

Tab. 27. Principalele componente conform curbei granulometrice rezultată prin metoda sedimentării pentru terenul preluat din forajul 1, adâncime -1,50m, realizat conform SR EN ISO 14688-2, sursă: Buletinului de analiză no. 10.107/07.03.2015;

Principalele componente conform curbei granulometrice				
1.	Argilă	$d < 0,002$	Clay [%]	42
2.	Praf fin	$0,002 < d < 0,0063$	Fine Sand [%]	8
3.	Praf mijlociu	$0,0063 < d < 0,02$	Medium Silt [%]	15
4.	Praf mare	$0,02 < d < 0,063$	Coarse Silt [%]	17
5.	Nisip mic	$0,063 < d < 0,2$	Fine Sand [%]	18
6.	Nisip mijlociu	$0,2 < d < 0,63$	Medium Sand [%]	0
7.	Nisip mare	$0,63 < d < 2$	Coarse Sand [%]	0
8.	Pietriș mic	$2 < d < 6,3$	Fine Gravel [%]	0
9.	Pietriș mijlociu	$6,3 < d < 20$	Medium Gravel [%]	0
10.	Pietriș mare	$20 < d < 63$	Coarse Gravel [%]	0

TOTAL				
1.	Argilă	$d < 0,002$	Clay [%]	42
2.	Praf	$0,002 < d < 0,0063$	Silt [%]	40
3.	Nisip	$0,063 < d < 2$	Sand [%]	18
4.	Pietriș	$2 < d < 63$	Gravel [%]	0

Unul dintre primele teste realizate în cazul în care se dorește utilizarea pământului local pentru realizarea diferitelor elemente de construcție este legat de gradul de contaminare al solului. În cadrul acestui studiu geotehnic s-a realizat și o analiză pentru a observa agresivitatea solului în eventualitatea realizării unor fundații de beton, conform cerințelor standard NE 012-1/2007. Procedurile de lucru au constatat în identificarea cantității de sulfatați și a acidității propriu-zise a pământului (pământul este excavat dintr-un foraj aflat la o adâncime de -1,50m), concluzionând că proprietățile pământului prezintă valori neagresive pentru realizarea fundațiilor din beton, și anume:

- Cantitatea de sulfatați calculată conform SR EN 196-2 = 40,00 mg/kg;
- Aciditatea conform DIN 4030-2 = 160 ml/kg.

Determinarea acestor mărimi este importantă în condițiile în care valorile crescute ale cantității de sulfatați, respectiv a acidității, determină imposibilitatea de a utiliza pământul pentru realizarea elementelor de construcție, mai ales în cazul pământului compactat la fața locului, unde materialul rămâne brut. Deși valorile măsurate în acest caz sunt comparate cu efectele poluanților asupra betonului, în cazul pământului, aceste aspecte trebuie considerate cu mai multă atenție în condițiile în care este cunoscut faptul că, în mod tradițional, pământul absoarbe substanțele toxice, fiind folosit pentru a elimina fosfații din apă. În același timp, o concentrație prea mare a sulfataților, a fosfaților și o aciditate exagerată, determină un grad de contaminare prea mare, ceea ce face ca pământul să nu fie utilizabil drept material de construcție sau pentru agricultură.

Aceste aspecte au fost dezvoltate și în cadrul studiului de caz prezentat în anexa 9.2.1. *Ghadamès*, exemplu ce ilustrează maniera în care orașul vechi a fost abandonat atunci când gradul de contaminare al solului nu a mai putut fi controlat. În urma acestor prime analize generale, precum și datorită discuțiilor cu diferiți

specialiști în domeniu (ingineri, arhitecți, urbanisti) și cu meșterii locali cu experiență în realizarea construcțiilor din pământ, s-a constatat necesitatea realizării unor teste suplimentare, utilizând de această dată pământ prelevat din groapa de împrumut folosită încă de pe vremea colonizării germane.

S-au studiat 3 probe pentru determinarea caracteristicilor materiei prime prin intermediul unor analize preliminare de laborator: 2 probe de la groapa de împrumut și una din localitatea Sintar, aflată la o distanță de 1,6km. Datele prezentate în continuare corespund buletinelor de analiză prelevate din groapa de împrumut, de la o adâncime de 1,00-1,10m, din care a rezultat un tip de pământ clasificat drept argilă prăfoasă nisipoasă - sasiCL. Conform diagramei ternare din SR EN 14688-1/2004, acest tip de pământ conține un amestec egal de argilă, praf și nisip, ceea ce permite adaptarea cu ușurință a pământului la diverse tehnici constructive. În acest caz se analizează posibilitatea de a realiza cărămizi nearse folosind resursele locale. Caracteristicile studiate sunt raportate la valorile de referință prezentate în studiul "Traité de Construction en terre" [431]. Mai exact este vorba despre graficul ce ilustrează textura drept relația dintre mărimea granulelor ce trec de sita de cernere (având ca referință valoarea 0,063mm), respectiv cantitatea cernută, măsurată în procente (cu o valoare de 27,04%).

Graficul privind compresibilitatea prezintă caracteristici potrivite prin intermediul valorii umidității de 19,96%. Drept urmare, valorile înregistrate în faza inițială demonstrează faptul că proprietățile materialului local se încadrează în marjele specifice utilizate pentru tehnica tradițională din zonă, cărămida nearsă. În schimb, factorul de umflare liberă de 100% indică necesitatea stabilizării suplimentare, fiind necesară și corectarea indicelui de lichiditate. Corelat cu conținutul mare de argilă, rezultatele relevă necesitatea efectuării unor teste suplimentare pentru a obține un amestec potrivit tehnicii propuse.

Alternativă sunt, fie obținerea unui agrement tehnic, fie achiziționarea produselor pe bază de pământ dintr-o fabrică ce respectă o procedură standard de producție. Cele două variante reprezintă singurele opțiuni de a oferi garanția siguranței și stabilității materialului, respectiv a elementelor constructive realizate din pământ. În concluzie, determinarea caracteristicilor termotehnice și mecanice ale unui amestec/material propus sau achiziționarea unor produse deja omologate care permit realizarea unor construcții sigure care utilizează materiale compatibile.

Există și varianta realizării unor construcții experimentale pentru a determina proprietățile pământului sau efectuarea în regie proprie a unor intervenții asupra construcțiilor existente. Problema este, în schimb, asigurarea stabilității structurale a construcției în condițiile unor degradări mai avansate. Din acest motiv, este necesară consultarea unui specialist în restaurare, respectiv un inginer care să evalueze siguranța utilizării structurii în continuare.

Intervențiile mici realizate în cadrul fondului construit necesită prezența unor specialiști pentru a determina proprietățile adecvate ale materialului ce urmează să fie utilizat pentru refacerea suprafețelor, cu scopul de a asigura compatibilitatea în cadrul stratificației. În cazul amintit în anexa 9.5.5. *Workshop Stanciova*, s-a discutat despre variantele de reabilitare a tencuielilor interioare din

⁴³¹ Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 118;

Conform ghidurilor de proiectare, acestea reprezintă valori aproximative, toleranțele putând varia în mod considerabil, deoarece în funcție de amestecul final, respectiv maniera de punere în operă, aceste valori nu au limite precise. Există cazuri în care deși pământul nu avea valori adecvate inițial pentru utilizarea conform unei tehnici anume, a dat rezultate satisfăcătoare.

pământ dintr-o locuință realizată folosind tehnica locală a cărămizilor nearse (văiuță). Activitatea a fost desfășurată cu ajutorul asociațiilor de promovare a patrimoniului local, respectiv voluntari din Timișoara, interesați de conservarea și promovarea construcțiilor din pământ. Aceste acțiuni dovedesc interesul reutilizării pământului ca resursă locală în Banat prin intermediul fondului construit existent și a tradiției constructive locale.

Prezentul subcapitol definește partea practică referitoare la modul în care se abordează din punct de vedere legislativ construcțiile cu pământ, respectiv testele necesare pentru identificarea proprietăților pământului local. Demersurile sunt analizate prin intermediul pașilor realizați în cadrul proiectului inițiat în Bogda. Pe lângă aceste studii, în cadrul subcapitolului sunt amintite trei variante posibile de operare cu materialele naturale, respectiv construcțiile realizate din pământ existente în Banat:

A. Conservarea fondului construit existent.

Se realizează o privire de ansamblu asupra specificului construcțiilor din pământ din regiunea Banatului în cadrul anexei 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.* cu scopul de a evidenția posibilitățile constructive și a modului în care acestea pot fi aplicate în contextul local.

- sunt prezentate aspecte referitoare la caracteristicile fondului construit existent și a modalităților de intervenție asupra construcțiilor din pământ:
- în cadrul anexei 9.4.5. *Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ*, sunt dezbătute mai mult aspectele practice referitoare la activitățile întreprinse privind reabilitarea și întreținerea fondului construit existent.
- în cadrul subcapitolului 9.5. *Workshop-uri, se discută despre fezabilitatea restaurării fondului construit existent și maniera în care activitățile de acest gen pot contribui la restabilirea tradițiilor și a comunităților locale.*
- se demonstrează astfel interesul pentru fondul construit existent și tradițiile locale, respectiv modul în care acestea pot fi aplicate la nivel regional pentru a asigura perpetuarea acestor practici în rândul comunităților locale, respectiv beneficiile asociate cu folosirea unor materiale naturale, care, pe lângă proprietățile termo-fizice obținute, prezintă un interes aparte datorită conștientizării importanței aspectelor ecologice privind energia termică încorporată, reutilizarea și reciclarea resurselor și a materialelor utilizate în construcție.

B. Folosirea pământului local în realizarea unor noi amestecuri și elemente constructive reprezintă o consecință ce rezultă din studierea în detaliu a proprietăților termotehnice referitoare la capacitatea de stocare termică (înmagazinarea căldurii sensibile și a căldurii latente), proprietățile materialului referitoare la schimbarea de fază și la decalajul de timp. Aceste aspecte sunt tratate sub diverse forme în cadrul tezei, în timp ce, aspecte specifice privind caracteristicile diverselor elemente constructive sunt tratate separat, după cum urmează :

- În capitolul 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă* sunt prezentate atât practicile tradiționale, cât și opțiunile actuale de implementare a acestora folosind amestecuri și tehnici contemporane;

- În subcapitolul 5.1.3. *Tencuieli pe bază de pământ*, sunt enumerate o parte din agregatele naturale care sunt utilizate în momentul actual pentru stabilizarea și îmbunătățirea proprietăților tradiționale ale materialelor din pământ;
- În cadrul subcapitolului 5.2. *Soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ*, sunt prezentate experimentele referitoare la adăugarea unor agregate naturale în compoziția pământului pentru a îmbunătăți proprietățile materialului, pământul fiind pus în operă folosind tehnica imprimării 3D;
- În anexa 9.4.4. *Metode de îmbunătățire a proprietăților pământului*, sunt prezentate experimentele realizate pentru a îmbunătăți caracteristicile tradiționale (rezistența la compresiune, stabilitatea generală și rezistența la abraziune etc.)

C. Utilizarea unor produse contemporane omologate din pământ.

Din cauza lipsei unor normative acceptate la nivel european privind materialele de construcție din pământ, este interesant de observat maniera în care tehnicile de construcție diferă în funcție de specificul pământului local.

- În anexa 3. *Construcții remarcabile din pământ în Europa* sunt prezentate câteva din tipologiile constructive întâlnite pe continentul european, respectiv caracteristicile acestora în funcție de adaptarea la condițiile climatice și compoziția granulometrică specifică;
- De asemenea, tehnica folosită este dependentă de specificul resurselor locale, așa cum este prezentat în cadrul anexei 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca resursă principală*. În cazul construcțiilor din pământ realizate pe teritoriul României, prin compararea cu standardele actuale, de regulă, se optează pentru o structură portantă din lemn, pământul fiind utilizat ca material de umplură.
- Prezentarea unor metode de îmbunătățire a proprietăților pământului ca variantă de introducere a unor noi opțiuni ecologice pe piața construcțiilor, așa cum este prezentat în subcapitolul 5.2. *Soluții inovative de punere în operă a pereților din pământ*;
- Prin indicarea mai multor inițiative existente la nivel internațional, analizate pe parcursul studiului doctoral, s-a ajuns la concluzia că pentru a obține o construcție care să corespundă standardelor actuale, este necesară implementarea unei soluții realizate din produse omologate din pământ, așa cum sunt prezentate în cadrul anexelor 9.6.1. *Casa Rauch din Voralberg, Austria* și 9.6.2. *Centrul Ricola din Elveția*.

Tab. 28. Tabel prezentând principalele caracteristici ale pământului prelevat din groapa de împrumut, conform buletinului de analiză nr. 23,298-393/2015, realizate în cadrul laboratorului de gradul II, cu autorizație ISC nr. 2696/28.02.2013;

Nr.	Valoarea măsurată	Procedura de laborator	Simbol și valoare
1.	Cantitatea totală unde m_d = masă epruvetă uscată m_c = masa capsulei, în gr.	<i>Proba de pământ se introduce într-o capsulă după care se usucă în etuvă la o temperatură de 105°C, până se ajunge la o masă constantă. După uscare, capsula cu pământ se lasă să se răcească, după care se determină masa totală a acestora [432].</i> $m = m_d + m_c$	$m_d = 50g$ (100% față de m_d)
2.	Cantitatea sedimentată $d \leq 0,063mm$	<i>Analiza granulometrică se face utilizând 50-100g de pământ. A fost aleasă metoda combinată (cernere și sedimentare), fiind vorba despre o argilă prăfoasă nisipoasă.</i>	39,48 (72,96% față de m_d)
3.	Cantitatea cernută $d > 0,063mm$		13,52 (27,04% față de m_d)
4.	Contractia volumică	<i>Contractia volumică ține cont de caracteristicile solului precum: compoziția mineralogică, distribuția particulelor, textura, structura, cationii interschimbabili ai argilelor, cantitatea de materie organică, conținutul de umiditate observat în procesul de contracție [433].</i>	$C_v = 90,2\%$

⁴³² Conform „Geotehnica – Manual pentru lucrările de laborator”, disponibil on-line pe www.dl-manual.com/doc/geotehnica-manual-pentru-lucrarile-de-laborator-analiza-granulometrica-a-pamanturilor-9zqkddx35gzp, ultima accesare: 03.2021,

Dacă pământul analizat prezintă coeziune, proba uscată pusă în capsulă se acoperă cu apă potabilă la care se adaugă 0,2g carbonat de litiu, păstrându-se 24h. După această perioadă, pământul din capsulă se spală cu apă pe o sită de sârmă cu ochiuri de 0,063mm și se separă liantul cu un curent de apă potabilă până la îndepărtarea sa. Pământul rămas pe sită se antrenează cu apa într-o capsulă, se usucă în etuvă la o temperatura de 105°C până atinge o masă constantă, după care se lasă să se răcească și se cântărește împreună cu capsula. Dacă masa liantului rezultat din spălare depășește 10% din masa probei de analizat m_d , aceasta se analizează în continuare din punct de vedere granulometric prin metoda sedimentării, caz în care volumul de apă de spălare a liantului, trebuie să nu fie mai mare de 1000 cm³.

⁴³³ Dorota Izdebska-Mucha, Emilia Wojcik, 2013, „Testing shrinkage factors: comparison of methods and correlation with index properties of soils”, Bulletin of Engineering, Geology and the Environment, 72;

5.	Umiditatea naturală	<p><i>Pământul se introduce în recipiente cu capac, se numerotează, se usucă la 105+/-2°C, se răcește și apoi se tarează (i se adaugă greutate nemarcate formate din diferite bucăți de metal sau de sticlă, care se folosesc la diferite cântăriri de laborator). Durata minimă de uscare este de 16h pentru pământuri argiloase [434].</i></p> <p>W = $(m_u - m_d) / (m_d - m_c) \times 100$, unde :</p> <p>m_u = masa materialului umed + tara recipientului, în grame,</p> <p>m_d = masa materialului uscat + tara recipientului, în grame,</p> <p>m_c = tara recipientului, în grame.</p>	w = 19,96%
6.	Limita inferioară de plasticitate	<p><i>Metoda determinării limitei inferioare de plasticitate (W_p) constă în măsurarea umidității maxime a unei paste din pământ care este comprimată între medii filtrante absorbante până în momentul în care aceasta crapă la apăsarea cu mâna liberă [435]. Pentru efectuarea testului de laborator, se analizează o cantitate de aproximativ 100g. care se trece prin răzătoare, se omogenizează și apoi se frământă. În cazul în care pământul este prea uscat, se adaugă apă până se obține o pastă consistentă.</i></p>	W_p = 17,93%
7.	Limita superioară de plasticitate	<p><i>Pentru a determina limita superioară de plasticitate, se analizează o cantitate de 200g. de materie primă care se trece prin răzătoare, se adaugă apă și se omogenizează, prin amestecare prelungită, până se obține o pastă plastică moale, omogenă care se testează folosind cupa aparatului de măsurare, folosind o epruvetă cu o greutate de 200+/-10g. [436].</i></p>	W_L = 56,96%
8.	Indicele de plasticitate	<p><i>Indicele de plasticitate oferă o măsură referitoare la reducerea conținutului de apă necesar pentru a converti un pământ din starea lichidă</i></p>	I_p = 39,04%

⁴³⁴ Conform STAS 1913-1-82;

⁴³⁵ STAS 1913/4-86;

⁴³⁶ STAS 1913/4-86;

		<i>Într-o stare semisolidă. Oferă valoarea în umiditate la care solul este într-un stadiu plastic. Indicele de plasticitate poate fi considerat ca o măsură care sugerează coeziunea pământului [437].</i>	
9.	Indicele de consistență	<i>Indicele de consistență este legat de indicele de lichiditate și este un factor care marchează forța de forfecare. Pe măsură ce indicele de consistență se mărește, crește și fermitatea sau rezistența la forfecare a pământului testat [438].</i>	I_c=0,95
10.	Indicele de lichiditate	<i>Pământurile care au un indice de lichiditate apropiat de 1 sau mai mult vor fi mai apropiate de stadiul lichid, în timp ce un indice apropiat de 0, indică soluri care sunt mai tari și mai friabile [439].</i>	I_L=0,05
11.	Umflarea liberă	<i>În funcție de acest parametru se stabilește necesitatea de a stabiliza pământul sau de a-i modifica din proprietăți, ceea ce poate duce la creșterea rezistenței sau a durabilității.</i>	U_L=100%

⁴³⁷ Department of Transportation of the State of New York, Office of Technical Service, Geotechnical Engineering Bureau, 2015, „Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity index”, pag. 15-16;

⁴³⁸ <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;

⁴³⁹ <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;

Prin urmare, în urma testelor efectuate se dovedește faptul că pământul local, datorită proprietăților sale, ilustrate în cadrul analizelor de mai sus, se pretează realizării cărămizilor nearse, tehnică constructivă utilizată în mod tradițional în regiunea Banatului. În tabelul 30. *Comparație a caracteristicilor pământului prelevat din Bogda, respectiv pământul prelevat din groapa de împrumut*, este prezentată o analiză comparativă a studiilor efectuate asupra terenurilor prelevate din cele două surse principale (situl considerat pentru proiectul propus în faza inițială, respectiv pământul prelevat din groapa de împrumut situată pe teritoriul comunei Bogda).

Pornind de la aceste prime valori înregistrate și de la tradiția constructivă regăsită pe plan local, respectiv existența fabricilor de cărămidă din regiunea Banatului, se dovedește fezabilitatea folosirii elementelor constructive din pământ în contextul local. Acest aspect este valabil mai ales în cazul cărămizilor nearse, ținând cont de existența fabricilor la nivel regional, așa cum a fost menționat în introducerea capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane.* Studiul a fost completat de o analiză a proprietăților termice, precum și o analiză economică, pentru a dovedi faptul că reprezintă un material sustenabil. În urma acestor cercetări a rezultat faptul că pământul reprezintă o variantă constructivă adaptată cerințelor viitoare datorită caracteristicilor ecologice. Proprietățile sunt descrise pe larg în cadrul capitolului 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți.*, concluziile fiind punctate în cadrul tabelelor sintetice realizate în cadrul capitolului 8. *Concluzii.*

Tab. 29. Tabel prezentând principalele caracteristici ale pământului prelevat din groapa de împrumut, conform buletinului de analiză nr. 23,298-393/2015, realizate în cadrul laboratorului de gradul II, cu autorizație ISC nr. 2696/28.02.2013;

Comparație între caracteristicile geotehnice ale pământurilor prelevate din cele două surse						
Conform studiului geotehnic, pentru situl considerat în cadrul proiectului propus : - pământ argilos, vârtos cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, considerat pentru realizarea tehnicii pământului compactat.			Conform buletinelor de analiză, pământul prelevat din groapa de împrumut: - argilă prăfoasă nisipoasă , încadrată în categoria pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM), denumite și pământuri contractile sau expansive, considerat pentru realizarea tehnicii cărămizilor nearse.			
Nr.	Valoarea măsurată	Simbol și Valoare	Nr.	Valoarea măsurată	Simbol și valoare	Observații:
1.	Contracția volumică $C_v = (V_i - V_f) * 100 / V_f$	$C_v = 81,6\%$	1.	Contracția volumică	$C_v = 90,2\%$	Un indice de contracție volumică ridicat nu este indicat în cazul folosirii tehnicii pământului compactat datorită

					suprafeței mari care poate fisura, în timp ce pentru realizarea cărămizilor nearse, această valoare nu este așa de relevantă.	
2.	Umiditatea naturală	$w = 30,3\%$	2.	Umiditatea naturală	$w = 19,96\%$	O valoare mare a umidității naturale indică gradul de saturare specific al pământului, respectiv gradul de coeziune caracteristic materiei prime. În primul caz, valoarea recomandă utilizarea pământului pentru realizarea tehnicilor monolitice.
3.	Limita inferioară de plasticitate	$w_p = 25,0\%$	3.	Limita inferioară de plasticitate	$w_p = 17,93\%$	Valorile mari ale raportului w/w_L corespund în general pământurilor moi și cu sensibilitate ridicată la deformări sub acțiunea încărcărilor ciclice și a apei, în timp ce valori mici ale raportului w/w_L sau a indicatorului I_L corespund pământurilor cu senzitivitate redusă, ceea ce nu este cazul conform valorilor înregistrate pentru cele două mostre considerate: - pentru primul caz: $30,3/77,6 = 0,39$, - pentru cel de-al doilea caz: $19,96/56,96 = 0,35$.
4.	Limita superioară de plasticitate	$w_L = 77,6\%$	4.	Limita superioară de plasticitate	$w_L = 56,96\%$	
5.	Indicele de plasticitate $I_p = w_L - w_p$	$I_p = 52,6\%$	5.	Indicele de plasticitate	$I_p = 39,04\%$	Indicele de plasticitate exprimă coeziunea pământului și este corelat cu cantitatea de argilă conținută în compoziție. Un conținut prea mare de argilă nu este indicat în cazul folosirii tehnicii pământului compactat, dar materia se poate îmbunătăți prin adăugarea de agregate și aditivi.
6.	Indicele de consistență $I_c = (w_L - w)/I_p$	$I_c = 0,98$	6.	Indicele de consistență	$I_c = 0,95$	Indicele de consistență este în directă legătură cu indicele de lichiditate și marchează

					rezistența la forfecare a pământului. Pe măsură ce indicele de consistență se mărește, crește și fermitatea și rezistența la forfecare a pământului, în acest caz fiind înregistrate valori similare.
7.	Indicele de lichiditate $I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p) = (w - w_p) / I_p$	$I_L = 0,02$	7.	Indicele de lichiditate	$I_L = 0,05$ Pământurile care au un indice de lichiditate apropiat de 1 sau mai mult vor fi mai apropiate de stadiul lichid. Un indice apropiat de 0, indică soluri care sunt mai tari și mai friabile, precum cele studiate în cazul de față. Pentru tehnica pământului compactat sunt preferate pământurile mai tari și mai nisipoase.
8.	Umflarea liberă $U_L = (V_f - V_i) / V_i * 100$	$U_L = 100\%$	8.	Umflarea liberă	$U_L = 100\%$ Coeficientul de umflare liberă este de 100%, ceea ce indică o sensibilitate considerabilă la acțiunea apei, respectiv necesitatea de stabilizare a materiei prime înainte de utilizarea sa, indiferent de tehnica propusă.
9.	Indicele de activitate	$I_A = 1,27$	Indicele de activitate al pământului este corelat cu indicele de plasticitate, respectiv procentul de argilă din compoziția sa ($I_A = I_p / A_{2\mu}$). Conform valorilor înregistrate în acest caz, a rezultat un pământ foarte activ la variațiile de umiditate și la încărcările ciclice. Valoarea indicată sugerează necesitatea stabilizării amestecului înainte de utilizarea acestuia, fiind încadrat drept un pământ cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate.		
10.	Limita de contracție	$w_s = 30\%$	Limita de contracție reprezintă umiditatea pământului în dreptul căreia nu mai are loc micșorarea volumului pământului și ține cont de porozitatea materialului, de comportamentul său sub acțiunea apei. Valoarea înregistrată în acest caz, indică un pământ coeziv.		

BULETIN DE ANALIZĂ NR. 23.393 / 2015

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR FIZICE ȘI MECANICE ALE PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

DETERMINAREA UMFLĂRII LIBERE

DETERMINAREA LIMITEI DE CONTRACȚIE ȘI A CONTRACȚIEI VOLUMICE PE PROBA TULBURATĂ

conform STAS 1913 / 12 - 88

Obiect : Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda, jud. Timiș, pentru construire casă de pământ Silviu Dalca

Foraj : SU' Pădure

Adâncime : 1,00 ÷ 1,10 m

Tip pământ : sasiCI - Argilă prăfoasă nisipoasă

DETERMINAREA UMFLĂRII LIBERE						
ELEMENTE DE CALCUL	SIMBOL	UM	DETERMINĂRI			MEDIA
			1	2	3	
Volum final	V_f	cm ³	20,0	20,0	20,0	—
Umflarea liberă	$U_L = 10 \times (V_f - 10)$	%	100,0	100,0	100,0	100,0

Data : 14.07 - 22.07.2015

Lucrat de : tehn. chimist Lazăr Delia

DETERMINAREA LIMITEI DE CONTRACȚIE ȘI A CONTRACȚIEI VOLUMICE						
ELEMENTE DE CALCUL	SIMBOL	UM	DETERMINĂRI			MEDIA
			1	2	3	
Ștanța nr.	—	—	1	2	3	—
Știclea de ceas nr.	—	—	A	B	C	—
Masă epruvetă uscată	m_d	—	41,06	40,37	40,4	—
Masă epruvetă uscată parafinată	m_1	g	42,42	41,77	41,71	—
Masă epruvetă uscată parafinată imersată	m_2	g	20,9	20,4	20,6	—
Densitate apă	$\rho_{apă}$	g/cm ³	1,00	1,00	1,00	—
Densitate parafină	$\rho_{parafină}$	g/cm ³	0,90	0,90	0,90	—
Volum ștanță (volum inițial epruvetă)	V_i	cm ³	37,71	37,71	37,71	—
Volum epruvetă uscată parafinată imersată	$V_1 = (m_1 - m_2) / \rho_{apă}$	cm ³	21,52	21,37	21,11	—
Volum înveliș parafină	$V_2 = (m_1 - m_d) / \rho_{parafină}$	cm ³	1,51	1,56	1,46	—
Volum epruvetă uscată (final)	$V_f = V_i - V_2$	cm ³	20,01	19,81	19,65	—
Limita superioară de plasticitate	w_L	%	56,96	56,96	56,96	—
Limita de contracție	$w_c = w_L - 100 \times \rho_{apă} \times [(V_i - V_f) / m_d]$	%	13,8	12,6	12,3	12,9
Contracția volumică	$C_v = [(V_i - V_f) / V_i] \times 100$	%	88,5	90,3	91,9	90,2

Fig. 191. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari, conform STAS 1913/12-88, sursă: © buletin de analiză nr.23.393/2;

S.C. GEO PROIECT S.R.L. TIMIȘOARA
 Laborator de gradul II - profile GTF, AChA, ACS
 Autorizație ISC nr. 2696 / 28.02.2013

Contract nr. 1578 din 16.07.2015
 Comanda nr. 01 din 14.07.2015
 Beneficiar : S.C. PATH'S ROUT S.R.L. TIMIȘOARA
 Titular investiție : SILVIU DALCA

BULETIN DE ANALIZĂ NR. 23.300 / 2015

DETERMINAREA LIMITELOR DE PLASTICITATE ȘI A INDICILOR DE PLASTICITATE, CONSISTENȚĂ ȘI LICHIDITATE
 conform STAS 1913 / 4 - 86

Obiect : Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda, jud. Timiș, pentru construire casă de pământ Silviu Dalca

Foraj : SU' Pădure

Adâncime : 1,00 ÷ 1,10 m

Tip pământ : sasiCl - Argilă prăfoasă nisipoasă

Elemente de calcul	Simbol	UM	Limita inferioară de plasticitate			Limita superioară de plasticitate		
			Metoda cilindrilor de pământ			Metoda într-un singur punct		
			w_p			w_N		
			(%)			(%)		
			1	2	3	1	2	3
Număr de căderi ale cupei	N	căderi	—	—	—	25	25	25
Sticla de ceas nr.	—	—	120	121	122	16	17	18
Masă probă umedă + tara	A	g	34,95	35,65	34,54	54,69	54,18	57,41
Masă probă uscată + tara	B	g	33,23	33,91	32,82	39,28	38,56	40,68
Tara	C	g	23,67	24,08	23,31	12,27	11,16	11,24
Masă apă liberă	A - B	g	1,72	1,74	1,72	15,41	15,62	16,73
Masă probă uscată	B - C	g	9,56	9,83	9,51	27,01	27,40	29,44
Umidități w_i	$100 \times \frac{A-B}{B-C}$	%	17,99	17,70	18,09	57,05	57,01	56,83
Media rezultatelor		%	17,93			56,96		

UMIDITATEA NATURALĂ $w = 19,96 \%$
 LIMITA INFERIOARĂ DE PLASTICITATE $w_p = 17,93 \%$
 LIMITA SUPERIOARĂ DE PLASTICITATE $w_L = w_N + K = 56,96 \%$ $K = 0,00$
 INDICELE DE PLASTICITATE $I_p = w_L - w_p = 39,04 \%$
 INDICELE DE CONSISTENȚĂ $I_c = (w_L - w) / I_p = 0,95$
 INDICELE DE LICHIDITATE $I_L = (w - w_p) / I_p = 1 - I_c = 0,05$

Fig. 192. Determinarea limitelor de plasticitate și a indicilor de plasticitate, consistență și lichiditate conform STAS 1913/4-8, sursă: © buletin de analiză nr.23.30/2015;

9.4.8. Adaptarea unui partiu tradițional la cerințe contemporane

În urma deplasărilor pe teren efectuate în cadrul studiului doctoral în zona rurală a Banatului (Grăniceri, Ghiera, Deta, Stanciova, Buzad etc.), s-au identificat mai multe tipologii de construcții din pământ, așa cum au fost prezentate în cadrul subcapitolului 4. *Tehnici constructive folosind pământul ca principală resursă*. Scopul a fost de a identifica problemele tipice ale fondului construit din pământ și a măsurii în care aceste construcții pot fi restaurate (anexa 9.4.5. *Reabilitarea și întreținerea construcțiilor din pământ*), dar cauza principală a degradărilor este reprezentată de abandonarea construcțiilor din pământ în favoarea utilizării unor materiale convenționale de construcție, puse în operă mult mai ușor, care nu necesită o forță de muncă foarte calificată. Din acest punct de vedere, unul dintre exemplele considerate relevante a fost cel identificat în Birda, județul Timiș, localitate aflată la 47km de Timișoara. Acest caz particular a fost considerat important deoarece ilustrează modul în care construcțiile vechi din pământ au fost înlocuite de noi modele constructive care nu respectă specificul local.



Fig. 193. Demolarea unei locuințe tipice din Banat și construcția unei perpendiculare pe direcția principală a lotului, sursă: E.R.Florescu;

Vechea tipologie a locuințelor perpendiculare pe frontul stradal a fost înlocuită cu locuințe amplasate în adâncimea lotului, respectând retragerea de 12m prevăzută prin Certificatul de Urbanism. Această reglementare contravine în esență cu tipologia constructivă locală, în care construcțiile sunt așezate perpendicular pe frontul stradal. Fenomenul este explicabil în condițiile în care traficul a devenit din ce în ce mai aglomerat, iar vegetația de protecție de pe marginea drumului lipsește. În aceste condiții, reglementările aflate în vigoare impun retrageri importante ca măsuri de compensare în locul unor drumuri ocolitoare ale localităților.

Toate aceste noi tipologii constructive, cărora le lipsește adaptarea la specificul local, constituie adesea exemple stilistice importate din țările europene care au constituit destinația de migrare a celor care construiesc momentan în mediul rural. Problema este că aceste abordări nu se potrivesc caracterului compact al satelor bănățene. Exemplul ilustrat, amplasat pe strada principală din Birda, numărul 86, prezintă modul în care vechea locuință din pământ a fost parțial demolată, iar în spate s-a amplasat o locuință nouă, care ocupă aproape toată lățimea lotului. Locuința inițială, realizată din pământ compactat și cărămizi nearse, s-a degradat pe parcursul timpului, fiind expusă direct la

intemperii. Se mai poate observa compartimentarea specifică formată din cele trei camere, cu un perete frontal realizat din cărămizi nearse, mai extins în acest caz. Fragmentele de pereți rămase relevă o grosime variabilă între 30-50cm.

Noul corp de clădire este amplasat cu mult în spatele limitei de proprietate, ocupând toată lățimea parcelei. Limbajul formal și amplasarea pe lot contravin tipologiei tradiționale utilizate pe plan local. Construcția nu respectă normativele de securitate la incendiu deoarece nu mai este permis accesul către capătul parcelei, nemaivorbind de propagarea transversală a focului. Acesta este doar unul dintre exemplele tipice de intervenții contemporane care nu se integrează în mod corespunzător în țesutul rural. Pe baza acestor observații adunate la fața locului, precum și a studiilor întreprinse în etapa de analiză istorică a regiunii Banatului ilustrate în capitolul 9.3. *Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat*, s-a realizat o transpunere în variantă contemporană a planimetriei specifice utilizate în cadrul tipologiilor propuse în timpul colonizării.

Propunerea de față vine ca o reacție la adresa modului în care se construiește acum, nerespectându-se reglementările urbanistice impuse încă din perioada de colonizare a Banatului. Deși au fost întreprinse activități precum realizarea unor ghiduri de încadrare în specificul local, măsurile precizate nu sunt întotdeauna respectate. Acesta este unul dintre motivele pentru care s-a realizat o propunere pornind de la o situație concretă, pentru a oferi o alternativă de construcție care să corespundă specificului local prin intermediul tehnicii constructive, a volumetriei și a unui nou tip de compartimentare care să corespundă nevoilor funcționale actuale.

Inițiative de reinterpretare a construcțiilor tradiționale au fost realizate și în alte regiuni care prezintă un fond construit din pământ. De exemplu, studiul întreprins de arhitectul Angel Castellarnau Visus în Spania, atrage atenția asupra construcțiilor din pământ și a tradiției constructive locale, dar propune o locuință contemporană realizată din pământ compactat [440]. Proiectul vine ca o reacție firească de construire în mediul rural prin adaptarea partiului tradițional la standardele actuale de locuire. În consecință, în cadrul acestei anexe, s-a încercat un demers similar, considerat necesar din punct de vedere funcțional.

În cazul propunerii de față, s-a propus o variantă contemporană a modului specific introdus încă din perioada colonizării, în așa manieră încât să permită adaptarea la un mod de viață actual, dar care să păstreze proporția și configurația tradițională. Acest parcurs se dovedește util în păstrarea imaginii de ansamblu a peisajului rural bănățean, marcat de o depopulare severă. În acest context, noile investiții imobiliare par a se concentra spre alte tipologii constructive care nu se aseamănă cu cea tradițională. Soluția propusă urmărește modul în care se pot insera locuințele unifamiliale în țesutul rural, drept una dintre acțiunile considerate utile în urma analizei tendințelor actuale de proiectare și construire.

Locuința propusă permite implementarea principiilor bioclimatice [441] în cadrul unui modul adaptat specificului construcțiilor din Banat.

⁴⁴⁰ Angels Castellarnau Visus, 2016, „Contemporary Vernacular House, an awareness exercise” Terra;

⁴⁴¹ Conform Barbara Widera, 2015, “Bioclimatic Architecture” Journal of Civil Engineering and Architecture Research, pag.567-578:

Conceptul de arhitectură bioclimatică utilizează resursele locale precum (interacțiunea cu soarele, vântul, precipitațiile, vegetația, temperatura și umiditatea din aer și sol) pentru a oferi soluții constructive ecologice, ținând cont de circumstanțele individuale precum factorii culturali și analizele economice.;

Posibilitatea de a realiza un exemplu de bune practici facilitează promovarea componentelor constructive din pământ. Propunerea a pornit și de la principiile de casă pasivă [442] studiate în prealabil, deoarece modulul compact al locuințelor tipice bănățene poate cuprinde o serie de principii asociate acestui concept, mai ales în ceea ce privește eficiența energetică determinată de forma compactă și conceptele referitoare la înmagazinarea căldurii.

Se pune problema în ce măsură gradul de etanșitate tipic construcțiilor de tip casă pasivă, nu contravine caracteristicilor higroscopice [443] ale materialelor pe bază de pământ, așa cum s-a demonstrat în cadrul studiului teoretic realizat în capitolul 7. *Studiu teoretic referitor la proprietățile stratificațiilor de pereți. Reinterpretarea unei tradiții constructive din regiunea Banatului utilizând mijloace contemporane.* Studiile recente [444] confirmă posibilitatea folosirii materialelor pe bază de pământ într-un sistem hibrid, utilizând cărămizi nearse sau baloți de paie ca element de umplutură, cu o structură portantă din lemn, aceasta fiind finisată cu tencuieli naturale pe bază de argilă.

Soluția arhitecturală propusă se remarcă printr-un caracter compact, tipic locuințelor bănățene, având în total 3 dormitoare, un spațiu de zi cu o bucătărie și un birou în apropierea accesului. Locuința corespunde necesităților unei familii normale, cu posibilitatea de a fi reședință permanentă sau de vacanță. Această adaptare urmărește crearea unui confort sporit prin adăugarea unui nivel, locuințele tradiționale fiind, de regulă, organizate pe parter, cu spații de depozitare sub acoperiș. Planimetria propusă urmărește regula celor 3 unități principale care formează locuința tradițională. Tinda a fost înlocuită cu spațiul tehnic și o depozitare în apropierea bucătăriei. Soluția păstrează principiul camerei principale către stradă, transformată în dormitor matrimonial cu dressing și grup sanitar, respectiv un birou accesibil din spațiul de circulație principal.

În schimb, cel de-al doilea spațiu principal dinspre grădină își modifică funcțiunea inițială de dormitor secundar, transformându-se într-un spațiu de zi deschis către grădină și către circulația principală. Prin această opțiune se realizează un spațiu de zi mai amplu ce comunică și pe verticală prin intermediul circulației principale care conține scara către mansardă. În această manieră, se realizează ventilația cu efect de stivă în spațiului central prin legătura directă dintre spațiul de zi de la nivelul parterului și balconul amplasat la etajul următor.

În locul spațiului de depozitare de la mansardă, au fost adăugate două dormitoare suplimentare, despărțite de un balcon generos care realizează legătura interior-exterior. De regulă, locuințele tradiționale erau organizate în jurul parterului, cu spații de depozitare funcționale sub acoperiș, însă această adaptare propusă în cadrul soluției propuse urmărește crearea unui confort sporit prin adăugarea unui nivel. Locuința corespunde necesităților unei familii extinse, cu

⁴⁴² Conform Revistei Arhitectura, nr. 1 din 2017 (667), cele 5 principii ale casei pasive sunt:

1. Termoizolarea continuă a tuturor componentelor casei,
2. Etanșitatea la aer și reducerea infiltrațiilor,
3. Ruperea punților termice și a străpungerilor,
4. Tâmplării performante orientate după soare,
5. Ventilație cu recuperare de căldură.

⁴⁴³ Conform WarbletonCouncil.org,

Higroscopicitatea este proprietatea pe care o au unele substanțe de a absorbi sau de a expulza moleculele de apă către sau din mediul înconjurător. O substanță higroscopică are capacitatea de a absorbi (sau de a expulza) vaporii de apă din aerul din jur, până când se atinge un anumit nivel de umiditate de echilibru sau până când substanța devine saturată.

⁴⁴⁴ Conform <https://www.lehmkunst.at/>, ultima accesare: 05.2021;

posibilitatea de a fi reședință permanentă sau de vacanță. Spre deosebire de varianta tradițională, mult mai simplificată și compactă, varianta propusă reprezintă o adaptare funcțională în conformitate cu necesitățile contemporane și permite, realizarea unei relații mai bune cu spațiul exterior, asigurând separarea funcțiilor principale prin articulații simple.

Fig. 194. Planimetria tipică prin adaptarea planului trichelular, plan parter, sursă: E.R.Florescu;

Ca urmare a studiilor efectuate pe diverse prototipuri similare, s-a constatat posibilitatea de folosire a unei structuri din lemn care să fie umplută folosind diferite tehnici constructive cu pământ. Au fost analizate mai în detaliu alte soluții propuse în cadrul centrelor de cercetare internaționale, respectiv proiectul CobBauge din Marea Britanie și Franța și prototipul Terra Nostra, realizat la Lyon în 2016 pentru competiția internațională Solar Decathlon.

S-a constatat că o soluție eficientă este utilizarea unei structuri din lemn, în timp ce cărămizile conferă masă termică, reușind adaptarea atât la cerințele structurale, cât și la cerințele referitoare la realizarea confortului termic. S-au studiat mai multe variante de realizare a structurii, însă analiza a rămas la un nivel incipient, de concept, fără a intra în detalii structurale.

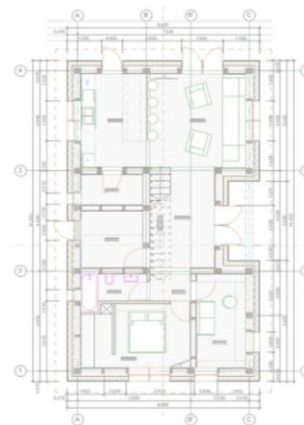
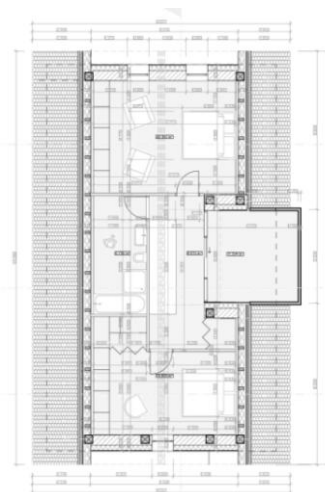


Fig. 195. Reconsiderarea unei planimetrii tipice prin adaptarea planului trichelular, plan etaj, sursă: E.R.Florescu;

La nivel de planimetrie, etajul propune două dormitoare cu spațiile de depozitare aferente și balconul comun, respectiv zona de circulație. Balconul permite minimizarea suprafeței expuse la soarele de vară, precum și realizarea unei zone de acces la nivelul parterului. De asemenea, vitrajul generos asigură aporturi solare substanțiale pentru zona centrală a clădirii.

Ventilația încrucișată este realizată prin intermediul spațiului central care asigură efectul de stivă deoarece, cu cât diferența termică și înălțimea spațiului interior sunt mai mari, cu atât este mai mare forța de flotabilitate a aerului. Acest aspect permite realizarea unui coș termic care asigură ventilația naturală, fiind reprezentat de spațiile de circulație. Soluția reprezintă o variantă economică și funcțională de rezolvare a problemei circulației aerului dintr-o locuință.



În cadrul studiului teoretic dezvoltat în continuare, se insistă asupra comparației dintre pereții realizați din blocuri ceramice convenționale și pereții din cărămizi nearse, deoarece a reprezentat opțiunea constructivă pentru care s-au găsit suficiente informații necesare realizării unui studiu mai aprofundat. În cadrul acestei analize sunt cuprinse atât proprietățile termice, cât și indicatorii de mediu prezentați în subcapitolul 6.3. *Considerații referitoare la ciclul de viață al construcțiilor. Indicatori ecologici pentru evaluarea impactului asupra mediului și utilizarea resurselor.* Documentarea parcursului este o parte importantă a studiului deoarece arată cum diferitele încercări au determinat rezultatul final. Această

descriere permite realizarea unei imagini mai clare referitoare la parcursul de cercetare, dificultățile întâmpinate și modul cum acestea au dus la concentrarea asupra unei singure tehnici constructive, respectiv cea a cărămizilor nearse.

În etapa următoare a studiului au fost realizate detalii caracteristice cu scopul de a observa proprietățile specifice ale materialelor din pământ, prin considerarea variantelor contemporane de construcție. Deși s-a dorit realizarea unui studiu complet referitor la bilanțul energetic, din lipsa datelor referitoare la toate elementele de construcție, analiza s-a limitat la studiul proprietăților pereților din cărămizi nearse. În momentul realizării detaliilor caracteristice, s-a cercetat dacă există pe piață materiale de construcție din pământ care se pot adapta cerințelor actuale referitoare la confortul termic.

Datele referitoare la stratificații au fost preluate din bibliografia parcursă în cadrul studiului doctoral, din datele furnizate de producători, precum și din baza de date a programul de calcul Ubakus. De exemplu, pentru pardoseala din pământ s-au folosit date generice pornind de la detaliile lui Martin Rauch din "Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", adaptate unui context local. Cum nu toate valorile pentru elementele de pardoseală din pământ sunt omologate și nu se cunosc datele necesare pentru realizarea unei simulări complete, studiul s-a limitat la o analiză preliminară a pereților din zidărie. Stratificațiile sunt descrise în amănunt în cadrul subcapitolul următor referitor la proprietățile termice *7.1. Analiză comparativă între pereți compoziți folosind blocuri ceramice sau cărămidă nearsă. Proprietăți termice*, și au fost concepute în așa fel încât să corespundă unei grosimi de stratificație tradițională, dar care să conțină o termoizolație corespunzătoare (între 10 și 16cm) - pereții din pământ compactat aveau, de regulă, o grosime cuprinsă între 50-60cm, în timp ce grosimile pereților de zidărie măsurau aproximativ 36,5cm.

Stratificațiile analizate corespund detaliilor din figura 196:

- **Detaliu 1. Perete folosind cărămizi nearse din pământ**
 - Tencuială de exterior: 19mm grosime;
 - Termoizolație din fibre de lemn: 160mm;
 - Cărămizi nearse din pământ, 2 straturi (115cm și 245cm);
 - Tencuială de interior 21mm.
- **Detaliu 2. Racord pardoseală și perete**
 - Amestec pământ cu fibre și cazeină 10mm;
 - Plasă de armare 2mm;
 - Amestec pământ cu fibre, nisip și var 180mm;
 - Șapă suport instalații 50mm;
 - Termoizolație XPS 50mm;
 - Placă suport B.A. 120mm;
 - Folie de separare;
 - Termoizolație XPS 150mm, pietriș, geotextil, teren natural.

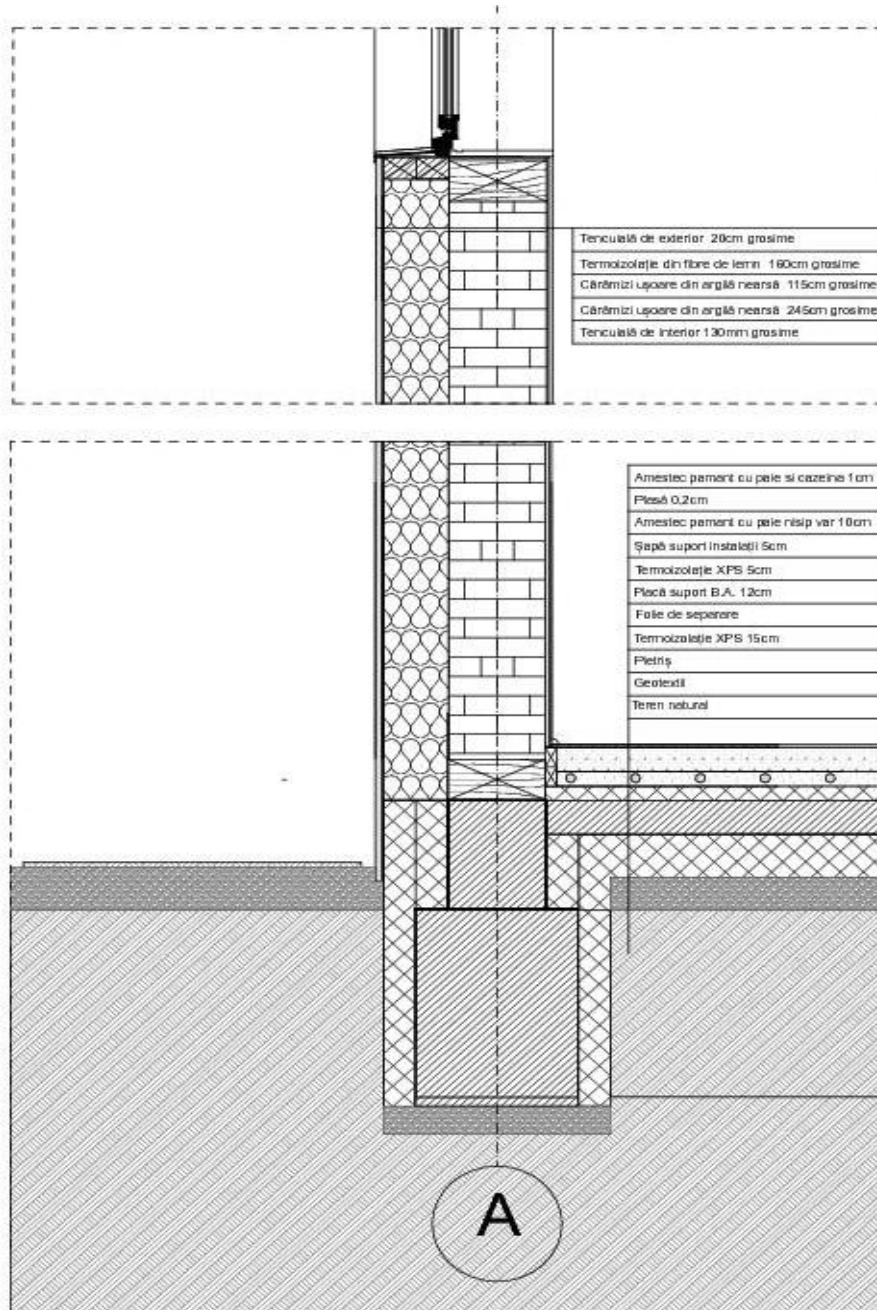


Fig. 196. Detaliu de travee realizat prin intermediul unui perete generic din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu;

9.5. Workshop-uri

9.5.1. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration” Muzeul Satului Bănățean din Timișoara



Fig. 197. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”-, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia;

În cadrul festivalului Plai, organizat în toamna anului 2015, s-a realizat un workshop de către asociația TerraPia, împreună cu alți parteneri locali precum Living Heritage și CoderDojo Timișoara. Prin intermediul acestei activități, s-au introdus mai multe inițiative pedagogice referitoare la pământ ca material de construcție, așa cum sunt implementate în cadrul Institutului de Cercetare CRATerre din Franța. Amplasat în cadrul unui pavilion din Muzeul Satului Bănățean, workshop-ul în aer liber desfășurat pe parcursul celor 2 zile de festival, a avut ca scop prezentarea caracteristicilor esențiale ale pământului prin intermediul unor experimente pedagogice interactive.

Urmând metodologia implementată de către institutul CRATerre, Franța, sunt realizate ateliere practice care parcurg într-un mod simplu și coerent proprietățile elementare ale pământului utilizat ca material de construcție. Scopul a fost de a crea un discurs capabil să informeze publicul larg referitor la calitățile materialului, valorificarea unei tehnici constructive și a fondului construit ce poate rezulta din utilizarea creativă a materialelor disponibile pe plan local. Obiectivele acestei activități pedagogice au constat în posibilitatea de a experimenta direct cu materia primă și de a observa maniera în care tehnica locală a avut un impact asupra fondului construit prin observarea construcțiilor existente în cadrul Muzeului Satului Bănățean din Timișoara.

În acest mod s-a putut realiza o legătură practică între noțiunile teoretice (parcurea proprietăților de bază ale pământului) și exemplele de construcții din pământ, respectiv gospodăriile existente în cadrul muzeului, realizate folosind cărămizi nearse, tehnica prezentată cu ocazia workshop-ului. Latura interactivă a acestei activități a determinat un interes deosebit din partea celor prezenți în cadrul festivalului Plai. Prin urmare, din punct de vedere al metodologiei pedagogice utilizate, au fost parcurse următoarele etape:

- explicarea într-o variantă simplificată a noțiunilor bazice de fizică ce determină caracteristicile materialului pământ;
- workshop-urile practice în urma cărora s-a prezentat tehnica constructivă locală, cea a cărămizilor nearse, fiind realizate elemente constructive cu ajutorul voluntarilor și participanților;
- prezentarea tehnicilor constructive din pământ și exemplificarea acestora prin intermediul exemplelor existente în cadrul Muzeului Satului Bănățean.

Prima etapă a workshop-ului a constat în prezentarea noțiunilor teoretice referitoare la proprietățile pământului. Aceste noțiuni au fost prezentate în anexa 9.4.3. *Proprietățile caracteristice ale pământului ca material de construcție.* În cadrul workshop-ului, au fost indicate într-o variantă simplificată, următoarele aspecte referitoare la proprietățile pământului:

- noțiuni referitoare la compoziția granulometrică tipică a pământului,
- efectul apei asupra foilor de argilă,
- structura moleculară a argilelor și explicarea forțelor principale care stau la baza legăturilor între plachete.



Fig. 198. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”- realizarea de cărămizi nearse, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia;

Etapa următoare a conținut o latură practică în care a fost încurajată experimentarea efectivă cu materialele pedagogice prezentate. Acest aspect a permis crearea unei legături logice între noțiunile teoretice și caracteristicile fizice ale materialului. Activitatea practică din cadrul workshop-ului a presupus realizarea cărămizilor nearse la fața locului, folosind tehnica tradițională întâlnită în zonă.

- S-au realizat cărămizi nearse din pământ, nisip și fibre vegetale.
- În acest mod, s-a putut crea o legătură practică între noțiunile teoretice (parcurgerea proprietăților de bază ale pământului) și realizarea elementelor constructive din pământ.
- A urmat o prezentare a fondului construit din pământ existent în cadrul Muzeului Satului, drept dovadă a tradiției constructive din Banat.



Fig. 199. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”- realizarea de cărămizi nearse, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia;

Faptul că workshop-ul a fost disponibil unui public țintă atât de variat, a permis o interacțiune dinamică între participanți de diferite vârste. Posibilitatea de a se adresa unui public numeros, a determinat o diseminare eficientă a acestor prime informații și a facilitat evaluarea interesului general privind practicile constructive tradiționale. Această acțiune a fost una dintre primele activități întreprinse în cadrul unei campanii mai largi de informare și promovare a construcțiilor cu pământ din Banat, realizate cu ajutorul organizațiilor existente pe plan local.

Inițiativele realizate la nivel local cuprind workshop-uri, activități de reabilitare a fondului construit existent, diseminarea informațiilor în cadrul diverselor prezentări, precum și întâlniri ale specialiștilor din diferite domenii, precum arhitecți, ingineri, antropologi etc. Latura practică a acestor demersuri a creat un mare interes din partea celor prezenți în cadrul diferitelor evenimente. Scopul acestor activități este de a informa publicul larg referitor la existența unei tradiții constructive cu pământ, respectiv promovarea fondului construit din Banat și a posibilităților de dezvoltare care pot rezulta din utilizarea materialelor naturale, produse pe plan local. Aceste acțiuni se regăsesc într-o strategie de promovare a tradițiilor constructive pe plan regional, respectiv apartenența la o mișcare internațională referitoare la valorificarea patrimoniului din pământ, demersuri susținute de centrul de cercetare CRATerre, Franța.

Prin urmare, este necesară adunarea tuturor activităților existente la nivel local privind practicile constructive tradiționale, prin intermediul:

- unor campanii de informare în cadrul publicului larg,
- realizarea training-urilor de formare a viitorilor profesioniști,
- dezvoltarea unor direcții posibile de cercetare academică în jurul elementelor ce definesc această cultură constructivă.

9.5.2. Congresul Mondial referitor la arhitectura din pământ – TERRA 2016

Orașul Lyon din Franța a găzduit pentru prima dată, cel de-al 12-lea Congres Mondial de arhitectură din pământ, Terra 2016, un eveniment major care a reunit peste 800 de participanți având 80 de naționalități diferite în perioada 11-14 iulie. Cu acest prilej, mai multe instituții importante din regiune, inclusiv școlile de arhitectură și inginerie, s-au reunit pentru a redescoperi proprietățile materialului pământ, folosit pretutindeni. Activitățile propuse (expoziții, conferințe, ateliere și demonstrațiile practice) au permis vizitatorilor să înțeleagă importanța acestei arhitecturi din pământ folosite în regiunea Auvergne-Rhône-Alpes, încă din perioada galo-romană. Promovarea acestor tradiții constructive a început încă din secolul al XIX-lea, când arhitectul François Cointeraux, a cartat și promovat tehnicile constructive din pământ.

Orașul Lyon se distinge prin capacitatea sa de a-și valorifica istoria și fondul construit, aflându-se pe lista Patrimoniului UNESCO datorită centrului istoric unde se păstrează construcțiile realizate folosind tehnicile tradiționale din pământ (cartierul Croix Russe, de exemplu), în timp ce în prezent se proiectează conform ultimelor tendințe contemporane (ex. Muzeul Confluențelor). Zona Rhône-Alpes este recunoscută pentru tradiția sa constructivă cu pământ, ceea ce face ca teritoriul să fie propice pentru punerea în valoare a acestor edificii, respectiv pentru a cerceta noi posibilități de dezvoltare. Congresul a reprezentat un prilej de întâlnire între știință, artă și arhitectură pentru a demonstra cum pământul poate fi dezvoltat în context contemporan, exploatând tocmai aceste valențe multiple ale materialului.

Pentru a marca evenimentul prin intermediul unui exercițiu practic, s-a realizat un prototip de locuință folosind tehnici constructive din pământ, construit de către studenții școlilor de arhitectură și inginerie din toată regiunea Auvergne-Rhône-Alpes [445]. Echipa multidisciplinară responsabilă de acest proiect a fost compusă din profesori și cercetători, arhitecți, ingineri, tehnicieni și constructori, fiind susținută de firme și de instituții locale care au adus un suport financiar, precum și o expertiză tehnică în etapele de realizare ale proiectului.

În ceea ce privește soluția arhitecturală, s-a propus un prototip de locuință modulară care face parte dintr-un complex de locuințe sociale. Prin intermediul acestui proiect sunt promovate noțiunile de economie de energie prin utilizarea materialului pământ folosit pentru realizarea elementelor constructive, precum și a strategiilor sustenabile privind exploatarea resurselor locale [446]. Proiectul are la bază experiența Solar Decathlon 2012, reprezentând propunerea

⁴⁴⁵ Broșura "15^{eme} Festival Grains D'Isère. Architecture, Art & Science", 27-29 mai 2016, Les Grands Ateliers Villefontaine, realizată de dixitdesign.fr, Imprimerie Cusin;

⁴⁴⁶ Bonnevie, Maxime (dir), 2018. *Terra nostra, prototype d'habitat: un projet pédagogique innovant*. Grenoble : AE&CC-ENSAG. 89 p. ISBN 979-10-96446-15-5;

statului francez în competiția internațională. Scopul general a fost de a crea un prototip de locuințe ecologice la nivel urban. Se păstrează obiectivul unei intervenții la scară mare prin intermediul soluțiilor propuse la nivel de cartier:

- producerea energiei din panouri fotovoltaice,
- apă caldă de consum și încălzire din panouri solare,
- fațadele verzi, laboratorul de agricultură urbană,
- reciclarea deșeurilor, colectarea și reutilizarea apei de ploaie.



Fig. 200. Randare ilustrând prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, "Terra nostra, prototype d'habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.29;

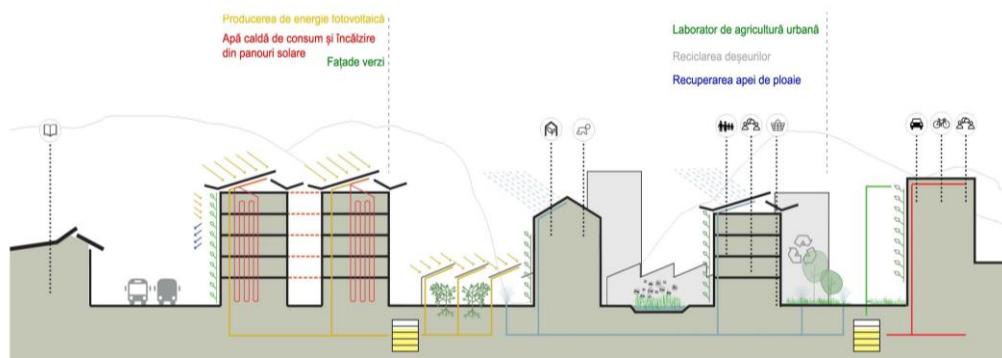


Fig. 201. Secțiune prin ansamblul locativ propus, ilustrând tehnologiile sustenabile propuse în cadrul prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, "Terra nostra, prototype d'habitat: un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.28;

Din punct de vedere social, s-a mizat pe realizarea unei comunități care să fie implicată în actul de a construi, permițând astfel reducerea costurilor și personalizarea locuințelor. Acest principiu este interesant deoarece prezintă opțiunea de a mobiliza beneficiarii în fazele de execuție a propriilor locuințe. În acest mod, proiectul eco-responsabil devine participativ, favorizând o interacțiune socială benefică în crearea unei comunități locale. Principiul se regăsește și în cadrul conceptului arhitectural, proiectul mizând pe realizarea unor spații comune puse la dispoziția locuitorilor. Prin urmare, locuințele mizează pe o evoluție graduală a

ocupării funcționale, în funcție de nevoile locuitorilor, precum mărirea familiei sau munca la domiciliu.

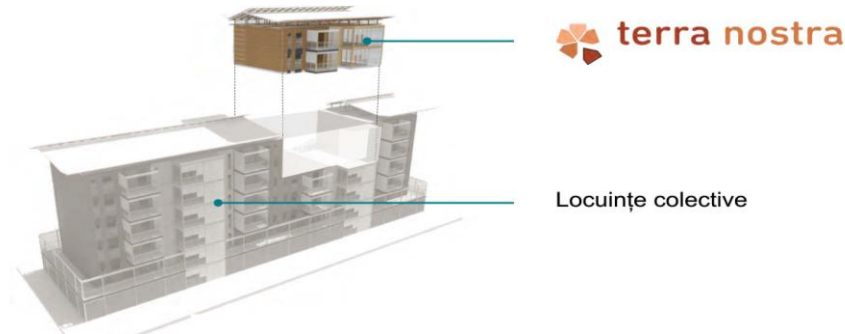


Fig. 202. Axonometrie ilustrând modulul de locuințe prezentat în cadrul prototipului Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, "Terra nostra, prototype d'habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.29;

Proiectul este împărțit în module denumite "Terra nostra", formate din 2 etaje, ușor de inserat în cadrul unor ansambluri de locuințe colective. Volumele propuse sunt simple, modulate, pentru a permite adaptarea într-un complex locativ mai mare, dar și pentru a facilita procesul constructiv printr-o asamblare rapidă. Din punct de vedere al materialelor folosite, s-au propus variante provenite din surse ecologice, adaptate la tradiția constructivă locală. Această opțiune limitează efectele nefaste asociate cu emisiile de CO₂, rezultate în urma transportului pe distanțe lungi.

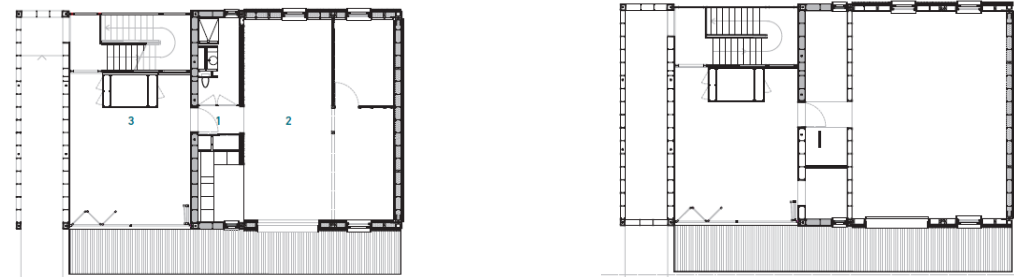


Fig. 203. Prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, "Terra nostra, prototype d'habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.33;

Structura portantă este realizată din cadre de lemn cu pereți de umplură din cărămizi ușoare, protejate printr-o termoizolație din fibre de lemn, iar suprafețele exterioare sunt tencuite cu materiale pe bază de pământ. Structura portantă dispune de elemente verticale de rigidizare și este umplută cu cărămizi nearse sau cu pământ ușor cu fibre, în timp ce pereții din interior sunt realizați din pământ compactat pentru a profita de calitățile higroscopice ale materialului. Utilizarea cărămizilor nearse facilitează realizarea închiderilor perimetrare, acestea putând fi decupate pentru a se adapta cu ușurință osaturii din lemn, în timp ce partea interioară este finisată folosind un mortar din pământ și tencuială pe bază de argilă. Scopul a fost de a utiliza materiale ecologice într-o

manieră judicioasă, în așa fel încât proprietățile materialelor să fie exploatate într-un mod eficient, promovând o soluție constructivă cu o amprentă de carbon redusă.

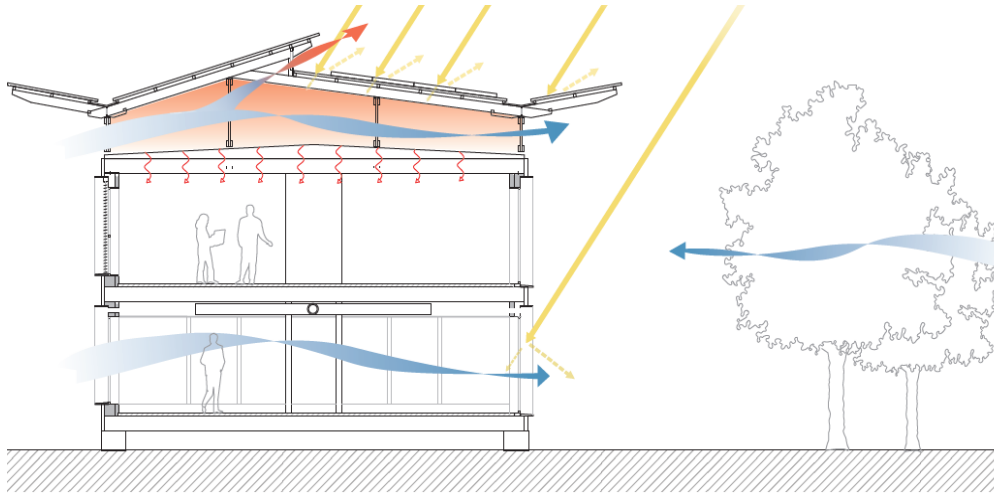


Fig. 204. Prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, "Terra nostra, prototype d'habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.28;

Pereții interiori de compartimentare sunt realizați folosind panouri din pământ ușor, încadrate în structuri auxiliare din lemn. Aceste panouri au fost dezvoltate în cadrul atelierului AMACO (Atelier Matière à Construire din cadrul Institutului de Cercetare Villefontaine) și reprezintă o alternativă ecologică pentru plăcile din ghips-carton, utilizate în mod convențional. Elementele sunt decupate pentru a se adapta dimensiunilor peretelui pe care sunt montate, fiind finisate printr-o tencuială din argilă. În planul pereților sunt incluse, de asemenea, panouri cu încălzire radiantă (acestea conțin o rețea de țevi care fac să circule apa caldă și rece, reglând temperatura și umiditatea în interiorul locuinței). Este realizată o prezentare a acestor elemente în cadrul subcapitolului 4.4. *Pământul utilizat ca material de umplură în cadrul structurilor din lemn, drept variante contemporane de utilizare a tehnicilor constructive tradiționale.*

Acoperișul este compus dintr-o copertină articulată față de structura principală, realizată din lemn înleiat. Forma evazată a acoperișului protejează tencuielile din pământ, în timp ce spațiul rezultat facilitează ventilarea naturală sub copertina de protecție. În acest mod este evitată supraîncălzirea datorată aporturilor solare. Învelitoarea este etanșezată printr-o folie, având pe acoperiș dispuse panouri fotovoltaice care captează energia solară. Aporturile solare înregistrate în dreptul fațadelor sunt reduse prin intermediul elementelor de tip brise-soleil, prin dimensiunile mari ale elementului de streașină, așa cum este ilustrat în figura. 204. *Prototipul Terra Nostra, 2017.* Prin urmare, sunt folosite sisteme simple de reducere a consumului de energie, profitând de proprietățile elementelor constructive realizate din pământ de a înmagazina căldura și de a regla umiditatea aerului.

Dintre soluțiile constructive propuse în cadrul proiectului cu scopul de a economisi energie, se numără:

- ventilația naturală, panourile de umbrire pentru fațade, utilizarea materialelor cu o mare inerție termică.

- sistemul de ventilație mecanică este redus la câteva circuite precum extracția aerului prin grilajele poziționate în spațiile tehnice, în bucătărie și în grupul sanitar, respectiv inserarea unei presiuni mici de aer în spațiul de zi.
- sistemul de încălzire se limitează la panourile radiante montate în pereți, mizând pe conductivitatea termică mai ridicată a materialelor naturale, proprietate ce determină creșterea fluxului termic prin stratificație.



Fig. 205. Prototipul Terra Nostra în forma finală, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, "Terra nostra, prototype d'habitat : un projet pédagogique innovant. CRATerre, pag.26;

În momentul în care s-a desfășurat festivalul Grains d'Isère, ediția 2016 (26-29 mai), prototipul Terra Nostra era în stadiul de construcție parter. Studenții și cercetătorii au fost angrenați atât în realizarea proiectului, cât și în prezentarea pavilionului participanților prin intermediul diverselor ateliere. Un exemplu interesant finalizat în cadrul campusului Villefontaine este pavilionul de recepție de la intrare, o construcție realizată din pământ compactat care cuprinde secretariatul institutului de cercetare, cât și alte spații administrative. Ridicat cu ceva timp în urmă deja, pavilionul este o demonstrație a modului în care pereții din pământ compactat rezistă intemperiilor, structura de rezistență a pavilionului fiind realizată din cadre de lemn. Datorită formei evazate a acoperișului, fațada s-a păstrat în condiții bune, facilitând ventilația dintre copertina din policarbonat și suprafața acoperișului, soluție adoptată într-un mod similar în cadrul prototipului Terra Nostra, exemplu ilustrat în cadrul figurii 208. *Recepția Institutului de Cercetare și spațiile conexe.*

Din punct de vedere administrativ, centrul de cercetare CRATerre aparține de Facultatea de Arhitectură din Grenoble, având ca laborator principal Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau din localitatea Villefontaine, unde sunt realizate experimentele la scară mare, precum prototipul Terra Nostra, prezentat anterior. Echipa laboratorului de cercetare CRATerre a dezvoltat o metodă de predare inovatoare ce și-a dovedit eficiența atât în cadrul diseminării informațiilor în rândul publicului larg, cât și în ceea ce privește cercetarea academică. Prototipurile

realizate reprezintă exemple inovative ale dezvoltărilor ecologice de mâine, oferind diverse programe de studiu precum "Architecture de terre, cultures constructives et développement durable", realizat în colaborare cu catedra UNESCO din Grenoble.



Fig. 206. Stadiul prototipului în timpul festivalului Grains D'Isère 26-29 mai 2016, sursă: E.R. Florescu;

Fig. 207. Stadiul prototipului în timpul festivalului Grains D'Isère 26-29 mai 2016, sursă: E.R. Florescu;

În fiecare an, institutul CRATerre organizează un eveniment de promovare a materialului pământ în rândul publicului larg (Festivalul Grains D'Isère), fiind și un prilej de întâlnire al profesioniștilor din domeniu prin realizarea unor prezentări din sfera materialelor constructive ce au la bază pământul. Pe parcursul ediției din 2016 a festivalului, realizat sub egida Congresului Mondial Terra 2016, echipa institutului CRATerre a organizat mai multe tipuri de ateliere pedagogice și workshop-uri pentru a explica proprietățile materialului pământ: atelier plastic, senzorial, elementar, atelier de creație peisageră, prezentarea prototipului în curs de realizare, Terra Nostra, vizita ansamblului "Domeniul Pământului" din Villefontaine (prezentat în cadrul subcapitolului 6.1 Stadiul actual al cercetărilor în Europa și inițiativele existente pe plan local), întâlniri cu profesioniștii locali din domeniul construcțiilor, precum și activități culturale, spectacole și alte expoziții realizate în jurul subiectului construcțiilor sustenabile.



Fig. 208. Recepția Institutului de Cercetare și spațiile conexe, 2016, sursă: E.R. Florescu;

În cadrul atelierelor sunt prezentate proprietățile materialului pământ prin intermediul unor experimente practice cu scopul de a ilustra cum sunt realizate amestecurile de pământ pentru diversele tehnici constructive utilizate: pământ compactat, paiantă, cărămidă nearsă, bulgări de pământ etc. Variantele expuse în cadrul acestor pavilioane au fost realizate pe parcursul zilelor de festival și au fost create de către instructorii CRATerre, împreună cu studenții de la Școala Superioară de Arhitectură din Grenoble și Lyon, voluntari și participanți ai festivalului Grains D'Isère. Pentru fiecare tehnică constructivă în parte s-a realizat câte un atelier separat, urmând ca prin intermediul fiecare activități să se prezinte ultimele cercetări din cadrul institutului. Prin prezentarea acestor experimente practice s-au fundamentat principiile generale ale tehnicilor constructive tradiționale.

Metoda pedagogică implementată de către Institutul CRATerre promovează maniera în care contactul direct cu materia primă poate realiza conexiuni logice în ceea ce privește propunerea unor variante constructive adaptate cerințelor contemporane. În acest sens, s-au prezentat și experimente mai recente privind utilizarea pământului. De exemplu, pentru realizarea modulelor prefabricate de fațadă, s-a realizat un workshop dedicat acestei metode, *figura. 214. Experimentarea unei rețete pentru realizarea unor module prefabricate de fațadă cu instructorul Anne Lyse Antoine.*

Una dintre concluziile studiilor efectuate pe parcursul activității institutului a fost faptul că tehnica pământului compactat este considerată cea mai versatilă metodă de a utiliza pământul ca material de construcție deoarece indiferent de curba granulometrică a materialului brut, se pot obține compoziții adecvate în ceea ce privește capacitatea structurală. În cadrul acestei tehnici se permite utilizarea inclusiv a pietrișului, iar compoziția de argilă poate fi reglată prin adăugarea de nisip. În schimb, tehnica pământului compactat prezintă dezavantajul de a presupune multă forță de muncă specializată, în timp ce realizarea zidăriei din cărămizi nearse sau arse înlătură acest aspect.

S-au prezentat și experimentele particulare privind efectul aditivilor asupra proprietăților elementelor constructive, precum adăugarea de mortar între straturile de pământ compactat, studiindu-se în ce măsură se modifică

rezistența la încărcări orizontale și laterale. În cadrul exemplului prezentat, mortarul a fost adăugat în exces între straturile de pământ, reducând din omogenitatea și capacitatea portantă care ar fi fost indusă prin utilizarea aditivului. Din acest motiv, deformările rezultate în cadrul peretelui supus încărcărilor specifice au determinat aproximativ aceleași valori în cazul ambelor variante – un perete din pământ compactat realizat într-o manieră simplă și un perete realizat folosind mortar de var între straturi. Acest comportament este contraintuitiv, având în vedere că varul este utilizat, în mod normal, pentru a crește rezistența și plasticitatea peretelui, însă folosirea în exces a materialului, slăbește din portanța generală a elementului constructiv. De regulă, pământul se compactează în straturi de 15 sau 30cm, cu grosimi variabile în funcție de amestecul folosit.



Fig. 209. Experimente privind tehnica pământului compactat, modul în care se adaugă lianți în straturile intermediare (în acest caz straturi de mortar), se modifică rezistența la compresiune, sursă: E.R.Florescu;

Fig. 210. Experimente privind tehnica paiantei, diferite moduri de a realiza structura portantă a peretelui, 2016, sursă: E.R.Florescu;



Fig. 211. Variante de țesere a zidăriei din cărămizi nearse, sursă: E. R, Florescu;

Fig. 212. Perete experimental din pământ ușor, realizare unor forme organice, 2016, sursă: E.R. Florescu;

Îmbunătățirea constantă a proprietăților fizice aferente cărămizilor, duce la utilizarea acestora pentru realizarea pereților interiori, cât și a pereților exteriori, ca umplutură pentru structurile din lemn. Experimentul realizat, în acest caz, a mizat pe realizarea unei alternative de țesere a zidăriei din cărămizi nearse pentru a ilustra variante creative de realizare a unor pereți utilizați în interior, capabili să filtreze lumina și să promoveze ventilația naturală între spații. Elementele pot fi utilizate și pentru realizarea pereților exteriori, în condițiile în care prezintă elemente suplimentare de protecție (ecrane de sticlă similare celor utilizate pentru peretele Trombe).



Fig. 213. Prezentări privind proiecte inovatoare folosind pământul ca resursă principală, 2016, sursă Roxana Florescu;

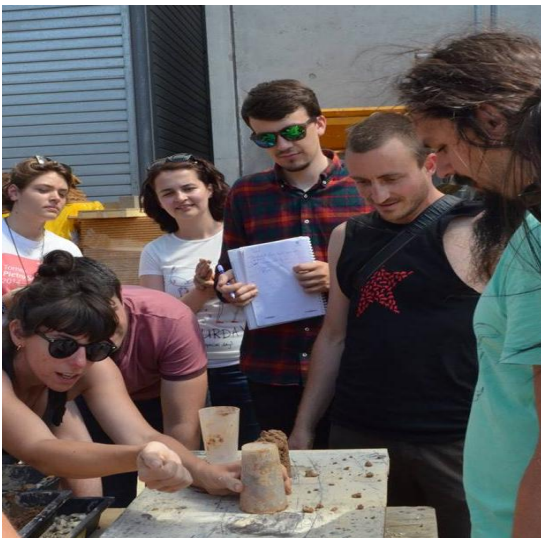


Fig. 214. Experimentarea unei rețete pentru realizarea unor module prefabricate de fațadă cu instructorul Anne Lyse Antoine, sursă: E.R. Florescu;

Fig. 215. Poster expoziția „Ma Terre Première. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>;

9.5.3. Expoziția "Ma terre première" – Muzeul Confluențelor, Lyon – Franța

În cadrul expoziției "Ma terre première", realizată în cadrul Muzeului Confluențelor din Lyon, au fost prezentate calitățile materialului pământ, tradițional, dar în același timp inovativ, pornind de la tradiția constructivă existentă la nivel regional. Evenimentul, organizat în colaborare cu laboratorul CRAterre al Școlii de Arhitectură din Grenoble, Muzeul Confluențelor și Departamentul de Științe din Lyon, se înscrie într-un demers mai amplu referitor la Congresul Mondial Terra 2016 și a avut ca scop diseminarea informațiilor în rândul publicului larg. Marcat de numeroase alte activități realizate în jurul subiectului pământ, Lyon a reprezentat destinația potrivită pentru aprofundarea informațiilor, atât în rândul publicului larg, cât și în rândul profesioniștilor interesați de subiect [447]. Prin intermediul unei campanii extinse de informare și experimentare, s-a realizat promovarea fondului construit din pământ în regiune, folosind o strategie coerentă și adaptată resurselor existente pe plan local.



Fig. 216. Machetă din expoziția "Ma Terre Première. Musée des Confluences. Pour construire demain", sursă: © <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>;

Fig. 217. Instalație realizată în cadrul „Ma Terre. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © P. Lévy, https://amaco.terra-award.org/wp-content/uploads/2020/04/dp_ma-terre-premiere.pdf;

Fig. 218. Workshop „Ma Terre. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © Kätell Le Cars, musée des Confluences, https://amaco.terra-award.org/wp-content/uploads/2020/04/dp_ma-terre-premiere.pdf;

Din acest motiv, s-a realizat o trecere în revistă a calităților materialului, prin prezentarea tehnicilor tradiționale și contemporane, folosind diferite materiale, precum machete, instalații interactive și workshop-uri (figurile 216., 217., 218), cu scopul de a oferi o interacțiune cât mai interesantă cu

⁴⁴⁷ Dosarul de presă al expoziției "Ma terre première", realizat de Maud Cerci, Espace presse : www.museedesconfluences.fr/fr/espace_presse ;

materialul prezentat. Pornind de la aceste simple elemente demonstrative ce țin de compoziția materialului și de exemplele construite, se introduc noțiuni referitoare la dezvoltarea sustenabilă deoarece pământul este considerat din ce în ce mai mult ca o alternativă a betonului [448]. Scopul acestei expoziții a fost unul pur educativ, fiind introduse rezultate științifice într-o manieră simplă sau prin intermediul unor ateliere practice, interactive, în ideea de a informa publicul țintă referitor la potențialul ecologic al pământului. Considerând aceste exemple istorice și teoretice referitoare la proprietățile pământului ca material de construcție, se introduc tematicile actuale referitoare la sustenabilitate, ca și concept implementat în practica arhitecturală contemporană.

9.5.4. Workshop Buzad, Timiș – Regio EARTH 2018

Necesitatea actuală de promovare a construcțiilor cu pământ din zona Banatului vine într-un moment în care zonele rurale sunt din ce în ce mai depopulate. Inițiativele locale de promovare a patrimoniului construit pot oferi identitate și continuitate unei zone nedefinite. Aceste activități au început în cadrul unui grup interdisciplinar, având preocupări conexe (arhitectură, peisagistică, antropologie, meșteșugari, artiști), interesați de calitatea proiectării și întreținerii peisajului cultural rural, dar și cu scopul de a educa publicul larg în ceea ce privește valorificarea corectă a fondului construit existent [449]. Inițiativele menționate prezintă servicii culturale cu rol în coeziunea socială și accesul comunității la informații referitoare la dezvoltarea regională din punct de vedere istoric, al specificul arhitectural și al practicilor constructive tradiționale. Pentru a promova acest demers, a fost inițiată o abordare interdisciplinară în mediul academic, adresată și publicului mai larg.

În cazul elementelor ce definesc fondul construit din Banat, metoda de cercetare interdisciplinară este o modalitate de integrare a datelor, tehnicilor, instrumentelor, perspectivelor și a conceptelor care lipsesc din mai multe materii pentru a rezolva sau pentru a contura o imagine cât mai completă referitoare la specificul local. Acest tip de inițiativă trebuie să se constituie într-un plan de acțiune de lungă durată, care începe odată cu variantele de informare primară, precum și cu introducerea elementelor de bază ce definesc o identitate regională. În cazul Banatului este vorba despre caracterul multi-etnic indus de colonizare, sistematizarea localităților și specificul constructiv cu pământ, precum și o posibilă dezvoltare ulterioară a aspectelor valoroase ce țin de patrimoniul imaterial și material.

În cazul fondului construit, o abordare interdisciplinară înseamnă realizarea unei legături între teorie și practică, între problemele actuale și originea lor, respectiv posibilele soluții. Având în vedere numeroasele probleme cu care se confruntă mediul construit rural din Banat, o abordare sustenabilă pe termen lung este singura modalitate de a obține rezultate prin implicarea factorilor socio-culturali, de mediu și economici [450], constituind o soluție fezabilă la nivel

⁴⁴⁸ <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>;

⁴⁴⁹ Melinda Harlov-Csortan, „Adaptation history of an earth-built World Heritage”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4 ;

⁴⁵⁰ M. Dabaieh, M. Sakr, 2015. „Transdisciplinarity in rammed earth construction for contemporary practice”, p.107-113, Earthen Architecture: Past, Present and Future – Mileto, Vegas, García Soriano & Cristini (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02711-4;

regional. Prin intermediul acestui concept contemporan al sustenabilității se poate explica maniera în care potențialul unui fond construit bine conservat, poate aduce beneficii sociale și economice, promovându-se elementele de identitate locală. Sunt realizate strategii care sunt fezabile pe termen lung, incluzând în primă fază cercetarea academică pentru identificarea resurselor la nivel regional, măsuri ce încurajează turismul și economia locală, respectiv realizarea coeziunii sociale prin oferirea unor servicii comunitare.

Pentru a crea o abordare care să favorizeze înțelegerea și aprecierea fondului construit din pământ, informațiile trebuie diseminate către public sub diverse forme: ateliere, prezentări, cercetări ulterioare în mediul academic și în domeniul construcțiilor. În acest sens, activitățile demarate în cadrul comunității arhitecților din Timișoara s-au adresat publicului larg prin evenimente și prezentări locale, precum cele întreprinse în cadrul Muzeului Satului Bănățean, Bastionul Maria Theresia din centrul orașului, workshop-urile organizate în piața Traian, precum și alte amplasamente din oraș sau din județ etc.

Un exemplu de activitate realizată în această direcție a fost cea demarată de Asociația ReCult din Timișoara, împreună cu partenerii săi. Este vorba despre proiectul cultural "*Despre pământ. Oamenii și casele lor din Banat*" [451], gândit ca o campanie de sensibilizare a publicului larg cu privire la potențialul construcțiilor rurale realizate, folosind diferitele tehnici constructive din pământ existente pe plan local. În sprijinul activităților demarate, contactul cu alte instituții de cercetare a reprezentat un element-cheie în promovarea reabilitării construcțiilor din pământ și al reinventării tehnicilor constructive tradiționale, furnizând informații și exemple în ceea ce privește direcțiile de cercetare internațională. Scopul proiectelor existente este de a îmbunătăți percepția publicului larg asupra elementelor importante ce au potențialul de a defini elemente ale patrimoniului construit existent.

Migrația forței de muncă, amintită și în cadrul anexei 9.3.1. Context politic și social, începută încă din secolul al XVI-lea, apare ca fenomen recurent în regiunea Banatului, marcând perioadele de recesiune care au urmat celor două Războaie Mondiale, și nu numai. Aceste mișcări ale populației prezintă atât aspecte negative, cât și avantajele unei infuzii de capital, respectiv a formării unor buni profesioniști în afara granițelor, cu posibilitatea de a-i implica ulterior în demararea unor activități la nivel local, regional sau național. Fenomenul se desfășoară și în momentul actual, când lipsa forței de muncă pe plan local este cauzată de migrația populației către țările dezvoltate din Europa. Din acest motiv, inițiativele guvernamentale urmăresc tocmai realizarea unor proiecte la nivel european și regional privind oferirea unor locuri de muncă bine remunerate pe plan local pentru a descuraja această migrație a populației.

Una dintre posibilitățile de promovare a practicilor tradiționale din pământ este prin realizarea unor cursuri de calificare profesională, așa cum sunt cele introduse în legislația franceză la inițiativa institutului de cercetare CRATerre, precum și cele organizate de asociația Dachverband Lehm, aspecte menționate în cadrul capitolului 6. *Construcțiile din pământ. Alternativă ecologică de construcție folosind principii sustenabile.* Cursurile permit oportunități de aprofundare a unor cunoștințe referitoare la tehnicile constructive tradiționale sau de conversie profesională. În condițiile unei cereri pe piață din ce în ce mai mare, astfel de activități pot constitui oportunități de relansare economică și de învățare în funcție de specificul local, constituind variante de dezvoltare regională. Prin urmare,

⁴⁵¹ <https://desprepamant.ro/>, ultima accesare: 2020;

reactivarea acestor meșteșuguri reprezintă oportunitatea de recalificare a persoanelor din mediul rural, oferind posibilitatea de a stopa migrația forței de muncă, fenomen ce se desfășoară într-un mod frecvent în România.



Fig. 219. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, principala locație a activităților întreprinse, sursă: E.R. Florescu;

Una dintre posibilitățile de promovare este de a integra elementele fondului construit din Banat în lista patrimoniului UNESCO. Aceasta este una dintre posibilitățile de a oferi soluții constructive adaptate pe plan local, respectiv de conservare a acelor caracteristici locale care formează elementele patrimoniului material și imaterial. Prin urmare, s-a optat pentru formarea unui grup de specialiști tehnici din diversele centre de cercetare existente pe plan regional (România, Serbia și Ungaria), iar cunoștințele acumulate au fost ulterior diseminate printr-un atelier interdisciplinar. Denumit Regio Earth, evenimentul realizat în vara anului 2018, a propus următoarele activități:

- Informarea și instruirea forței de muncă locale pentru a efectua lucrări de întreținere și restaurare a clădirilor din pământ;
- Demonstrarea potențialului diferitelor tehnici și a modului în care acestea pot fi utilizate în context contemporan;
- Gestionarea și monitorizarea zonei prin formarea de parteneri care să asigure diseminarea informațiilor în rândul populației locale, conștientizându-se elementele arhitecturale valoroase existente [452].

În cadrul Festivalului Regio Earth 2018, a fost realizat un atelier mai complex privind construcțiile cu pământ din Buzad, Timiș. Realizat de către o echipă interdisciplinară de cercetători, evenimentul a fost la a doua sa ediție, după cel realizat în Ungaria, cu scopul de a face schimb de cunoștințe și experiențe practice în regiune. Evenimentul a fost organizat în Buzad, un sat aflat în zona

⁴⁵² Zuzana Syrova, Jiri Syrova, „Constructions en terre dans le système d’information du patrimoine,” 2018, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATerre, ISBN: 979-10-96446-12-4 ;

denumită *Dealurile Lipovei*, la 45km de Timișoara. Zona este cunoscută pentru satul Charlottenburg, fondat de coloniștii șvabi, dar localitatea în care este amplasat evenimentul este depopulată cu excepția unor activități ce se desfășoară pe parcursul anului, precum sărbători religioase sau recentul festival de muzică inaugurat în localitate.

Organizatorii principali au fost membrii Asociației Recult, împreună cu o serie de formatori instruiți în cadrul institutului CRATerre din Franța.

La eveniment au participat diverse instituții, fundații, asociații locale, iar amplasamentul principal al atelierului a fost centrul cultural din Buzad. Acest spațiu a fost transformat în muzeu local prin intermediul diverselor acțiuni întreprinse pe parcursul timpului. Abordarea metodologică a workshop-ului Regio Earth 2018 s-a bazat pe următoarele principii:

- Introducerea caracteristicilor pământului local prin realizarea de teste simple, evaluându-se astfel proprietățile adecvate ale pământului în ceea ce privește utilizarea sa în construcții;
- Realizarea unor panouri demonstrative prin care se evidențiază principalele tehnici constructive locale. Organizatorii acestui eveniment au propus realizarea unui pavilion împreună cu voluntarii și meseriașii locali pentru a demonstra posibilitățile constructive ale materialului pământ;
- Diseminarea informațiilor în cadrul prezentărilor realizate referitoare la studiile întreprinse pe plan internațional, introduse de instructorii specializați din cadrul CRATerre.

Cercetarea devine cu adevărat interdisciplinară atunci când nu se referă doar la postarea a două discipline împreună pentru a crea un nou subiect, ci reprezintă mai degrabă o sinteză de idei și metode. Acest scop a fost urmărit și în cadrul workshop-ului Regio Earth prin includerea, atât a activităților practice, cât și a celor referitoare la diseminarea informațiilor în cadrul publicului larg și a comunității de profesioniști din domeniu [453]. În contextul analizat, multe activități de promovare a fondului construit sunt realizate prin voința unor grupuri mici, iar pentru a susține aceste inițiative și pentru a le face mai eficiente în realizarea obiectivelor lor, sunt necesare fonduri suplimentare, atrase prin sponsorizări, proiecte culturale etc.

Promovarea unor astfel de activități aduce beneficii sociale, economice și promovează păstrarea fondului construit și a resurselor locale, într-un demers cu adevărat sustenabil, mai ales pentru comunitățile în care se desfășoară. Continuitatea acestor activități depinde în mare parte de implicarea asociațiilor locale care au demarat inițiativele pe plan local, respectiv de suportul acordat prin intermediul diferitelor surse de finanțare. Conștientizarea importanței acestor acțiuni/workshop-uri la nivel rural reprezintă un prim pas de promovare a fondului construit din pământ, respectiv a practicilor tradiționale. Posibilitatea de a lua parte în cadrul unor asemenea activități determină relansarea activităților din mediul rural prin intermediul voinței unui grup de participanți activi. Se contribuie la formarea unei comunități locale implicate în buna gestionare a elementelor care constituie aspectele identitare principale ale regiunii.

⁴⁵³ Florescu Elena Roxana, Bica Smaranda Maria, 2019, „Interdisciplinary approach in promoting earth construction technoques in the Banat region, Romania”, ISBN 978-605-82433-5-4;



Fig. 220. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, atelier privind utilizarea cărămizilor nearse, sursă: E.R. Florescu;



Fig. 221. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, sursă: © TERRA pia;

9.5.5. Workshop Stanciova

Workshop-ul de la Stanciova, județul Timiș, organizat în vara anului 2019, s-a încadrat într-un set de întâlniri regulate ce se desfășoară în gospodăria organizatorilor Alergotura (eveniment local de promovare a activităților sportive în cadrul comunității locale din Timișoara) cu scopul de a reabilita o veche locuință din cărămizi nearse, precum și realizarea unor anexe, în ceea ce va continua să fie un avanpost pentru realizarea traseelor de alergare din zonă. Demersul pare a se încadra în viziunea colectivă referitoare la activitățile culturale din mediul rural și este susținută în continuare prin activitățile realizate de o serie de voluntari și profesioniști din domeniu.



Fig. 222. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova, sursă: © TERRA pia;

În ceea ce privește reabilitarea vechii gospodării, s-au realizat lucrări de intervenție etapizate ce au vizat:

- curățarea în prealabil a șantierului,
- stoparea infiltrațiilor de apă,
- crearea unui dren între vecinătăți,
- prelevarea tencuielilor existente,
- realizarea unor amestecuri diferite pentru a vedea în ce măsură tencuiala veche și mortarul pot fi refoșosite pentru reabilitarea suprafețelor interioare ale construcției.
- realizarea unor noi tencuieli la interior.

Activitățile s-au desfășurat pe o perioadă mai îndelungată de timp, fiind etapizate în cadrul câtorva intervenții majore. Pentru realizarea workshop-ului, s-a recurs la ajutorul voluntarilor din cadrul asociațiilor locale ce se ocupă de promovarea patrimoniului local din Banat. S-a realizat un demers conectat cu celelalte activități întreprinse, reușind să pună laolaltă arhitecți, studenți, peisagiști, membri ai diferitelor O.N.G.-uri din Timișoara. S-a creat mediul propice unei activități de partajare a cunoștințelor privind reabilitarea acestor locuințe, modul în care prin intervenții simple, elementele fondului construit local din pământ se pot utiliza în continuare.

În ceea ce privește aspectele tehnice ale activităților întreprinse, s-a mizat pe capacitatea practică a meșterilor implicați de a identifica cele mai bune amestecuri pornind de la materialele utilizate pe plan local. Membrii echipei TERRA pia, pe baza experienței acumulate de-a lungul timpului, au fost în măsură să identifice amestecurile necesare în vederea reabilitării elementelor constructive afectate de degradări, în special a tencuielilor interioare din pământ. Posibilitatea de a promova aceste cunoștințe permite perpetuarea lor, respectiv introducerea noțiunilor și în rândul celor care își doresc să participe mai departe sau să realizeze, intervenții minore, în regie proprie, asupra unor construcții existente din pământ.

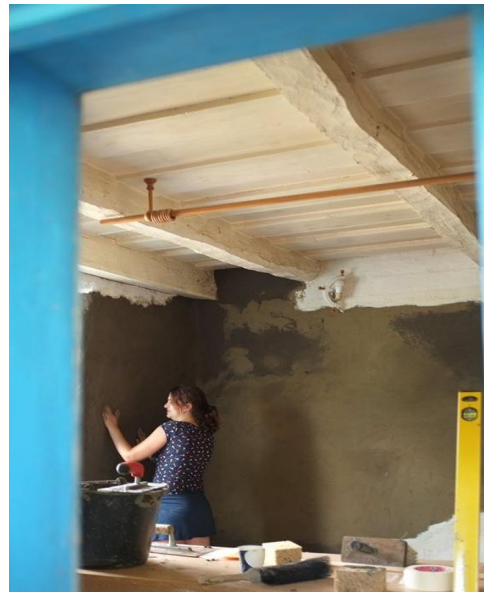


Fig. 223. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova - văruierea fațadelor exterioare, sursă: © TERRA pia;

Fig. 224. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova - refacerea tencuielilor interioare din pământ, sursă: © TERRA pia;

Realizarea intervențiilor prin intermediul unor soluții simple permite contactul direct cu materialele folosite, implicarea unui public țintă cât mai diversificat, fără a avea o experiență prealabilă în domeniul construcțiilor. Posibilitatea de a crea un eveniment mic, dar cu un impact asupra mai multor categorii de participanți, a permis realizarea unei activități alternative de prezentare a construcțiilor cu pământ din zonă. În această manieră, s-a reușit familiarizarea cu subiectul construcțiilor din pământ în cadrul unor persoane din afara cercului existent de profesioniști interesați de tema construcțiilor ecologice.

Workshop-urile de acest tip au capacitatea de a propune oportunități de socializare, de recreere pentru o comunitate urbană din ce în ce mai separată de mediul natural, de tradițiile locale și de valorile care au stat la baza conviețuirii în cadrul unor comunități așa de variate, precum cele din Banat. De exemplu, posibilitatea de a oferi un ajutor reciproc în realizarea construcțiilor a constituit un factor important în menținerea comunităților coagulate, respectiv în realizarea unor conexiuni interumane tipice mediului rural. Capacitatea de a recrea cel puțin parțial aceste vechi obiceiuri poate conferi încredere în validitatea unei

inițiative ce se dorește a fi continuată prin intervenții constante și cu un impact mai mare asupra fondului construit și a comunităților locale.

Prezentarea tehnicilor vechi de rehabilitare și de intervenție, a permis crearea unor conexiuni practice între elementele fondului construit din mediul rural și comunitățile urbane, multe dintre acestea din urmă, neavând capacitatea de a se conecta cu valorile tradiționale zonei deoarece nu aparțin teritoriului respectiv. În acest mod, există capacitatea de a realiza o integrare socială a diferitelor comunități aflate pe teritoriul Banatului, facilitând legăturile interumane în jurul unui scop comun, și anume, realizarea unui simț al apartenenței în cadrul unui mediu cultural cât mai diversificat. Pentru a contura un punct de vedere al sustenabilității introducerii construcțiilor cu pământ, este important a considera și perspectiva socio-culturală a activităților întreprinse, în măsura în care acestea reușesc să creeze legături pe termen lung în cadrul comunității locale (continuitatea evenimentelor realizate, rezultatele acestora pe termen scurt și lung).

Inițiativele practice sunt singurele în măsură să creeze oportunități reale de conectare, rezultând și necesitatea de a le continua și de a le duce mai departe prin intermediul voluntariatului, al O.N.G.-urilor și al asociațiilor locale. Unul dintre scopuri este realizarea unei conexiuni între diversele entități cu intenția de a propune activități comune, necesare în cadrul unei societăți urbane și rurale din ce în ce mai individualizate. Prin intermediul acestor activități se realizează un bun prilej de dialog, cu scopul de a ajunge la un numitor comun, și anume acela de a oferi ajutor și de a crea o comunitate extinsă și variată, pornind de la aprecierea valorilor tradiționale.

În concluzie, participarea la aceste acțiuni permite mobilizarea unor comunități și grupuri inițial separate, ceea ce reprezintă caracterul aparte al elementelor tradiționale specifice diferitelor culturi. S-a urmărit partajarea de informații la nivel local și obținerea unei unități în cadrul unui grup atât de diversificat din punct de vedere social și cultural. În cazul de față este vorba de a oferi prilejul de comunicare și de partajare a ideilor și a experiențelor referitoare la practicile tradiționale, pornind de la niște elemente valoroase ale fondului construit. Această ocazie reprezintă un bun prilej de conștientizare a diversității tradițiilor din Banat, drept caracteristică specifică întâlnită încă din secolul al XVIII-lea, ca urmare a colonizării teritoriului.

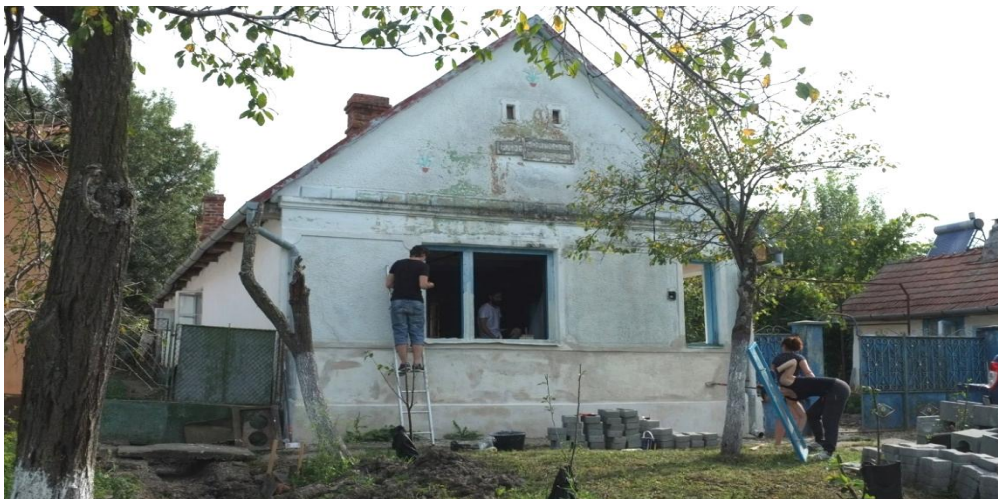


Fig. 225. Rehabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova, sursă: © TERRA pia;

9.6. Construcții contemporane din pământ

9.6.1. Casa Rauch din Voralberg, Austria,

arh. Roger Boltshauser,
manager de proiect și constructor Martin Rauch

Martin Rauch a descoperit pământul ca material de construcție nu prin arhitectură, ci prin educația sa de ceramist și sculptor. Tendința sa către o manieră aplicată a designului a fost determinată de activitățile sale ca voluntar în Africa. Această experiență directă cu tehnicile de construcție simple, respectiv cu utilizarea optimă a resurselor locale, a stârnit o reacție împotriva tehnologiilor și materialelor extrem de complexe, mult mai ineficiente din punct de vedere ecologic, dificil de reparat, nereciclabile.

Experiențele sale l-au determinat în cele din urmă să construiască o casă din pământ în satul său natal - Voralberg, Austria, pe o pantă abruptă orientată spre sud. Arhitectul Roger Boltshauser din Zürich a fost cel care l-a asistat pe Martin Rauch pe parcursul proiectului. Rauch și-a realizat propria companie de materiale prefabricate din pământ, ajungând să capete o mare notorietate în cadrul comunității științifice interesate de subiect [454].

Locuința a fost proiectată pe o parcelă îngustă. Structura monolită are un aspect sculptural ce se integrează în panta mediului înconjurător. S-a dorit realizarea unei locuințe realizată exclusiv din materiale ecologice, drept urmare, folosirea pământului a fost o opțiune evidentă, construcția fiind un experiment.



Fig. 226. Perspective exterioare Casa Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 01.2021;

Fig. 227. Perspective exterioare Casa Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 01.2021;

Casa Rauch conține 85% pământ excavat de pe amplasament, materie primă care a fost reutilizată pentru tehnici diferite: pereți de susținere, pereți prefabricați, pardoseli și tencuieli din pământ. S-a încercat experimentarea unei game largi de produse din pământ ce urmează să fie produse în cadrul fabricii Lehm Ton Erde din Austria. În continuare, sunt prezentate câteva

⁴⁵⁴ <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>;

dintre elementele constructive realizate din pământ, precum și desenele de arhitectură ale proiectului:

- Pereții au fost comprimați în cofraje cu utilaje pneumatice, ajungând până la o grosime de 45cm, având inserții orizontale de cărămidă arsă pentru a contracara efectele de eroziune.
- Plafoanele de la etajele superioare sunt realizate dintr-o structură din lemn și pământ de umplutură, grinzile de lemn fiind integrate în pereții masivi. Deschiderile prezintă cadre de susținere din lemn, iar fiecare tavan are o centură inelară circulară, montată din motive de stabilitate statică.
- Acoperișul nu prezintă folii, numai pământ compactat utilizat drept material izolant, rezistent la vânt, acoperit cu pietriș și dale din pământ ars.
- În ceea ce privește finisajele interioare, se folosesc tencuieli din pământ având diverse texturi, de la tencuială albă din argilă și cuarț, până la plăci ceramice glazurate [455].

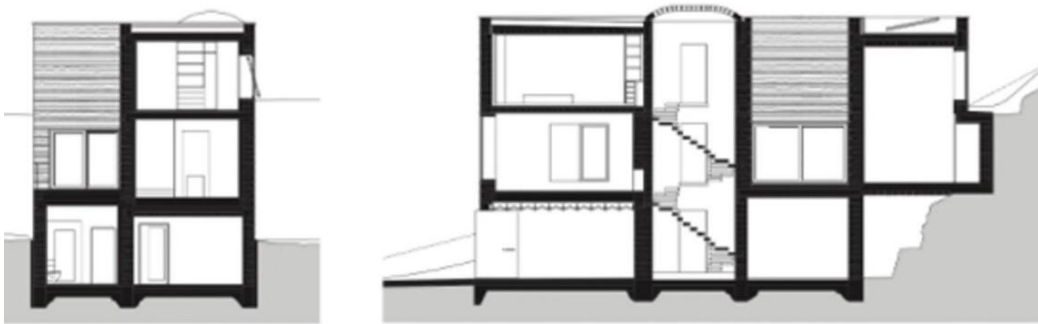


Fig. 228. Secțiuni Casa Rauch, sursă: © <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>;
Fig. 228. Secțiuni Casa Rauch, sursă: © <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>,
ultima accesare: 01.2021;



Fig. 229. Planuri Casa Rauch, sursă: © <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>,
ultima accesare: 01.2021;

⁴⁵⁵ <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>;

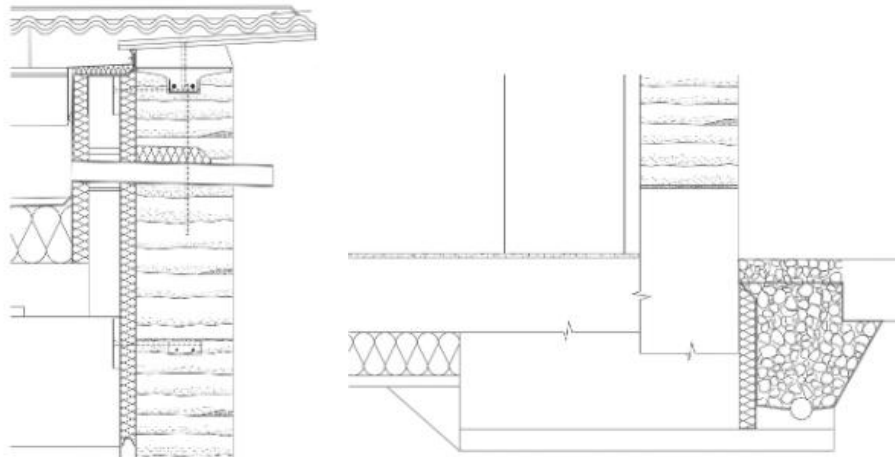


Fig. 230. Imagine cu detalii constructive, Casa Rauch, sursă: © Beat Bühler, Martin Rauch, <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020;
 Fig. 231. Imagine cu detalii constructive, Casa Rauch, sursă: © Beat Bühler, Martin Rauch, <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020;



Fig. 232. Imagini interioare casa Rauch, Austria, sursă: © Martin Rauch (Lehm Ton Erde GmbH) & Roger Boltshauser, <https://www.architonic.com/en/project/boltshauser-architekten-rammed-earth-house-rauch-family-home/5100620>, ultima accesare: 01.2021;
 Fig. 233. Imagini interioare casa Rauch, Austria, sursă: © Martin Rauch (Lehm Ton Erde GmbH) & Roger Boltshauser, <https://www.architonic.com/en/project/boltshauser-architekten-rammed-earth-house-rauch-family-home/5100620>, ultima accesare: 01.2021;

9.6.2. Centrul Ricola din Elveția,

arhitecți Herzog and de Meuron,
constructor Martin Rauch Lehm-Ton-Erde,

Centrul Ricola din Laufen, Elveția, a fost proiectat în 2012 de către arhitecții Herzog și De Meuron, iar fațada a fost realizată de Martin Rauch, folosind elemente prefabricate din pământ compactat. Proiectul a fost conceput pentru a demonstra angajamentul puternic al brandului în ceea ce privește noțiunile legate de ecologie și sustenabilitate, fiind vorba de o companie care realizează produse pe bază de plante medicinale. Conceptul a avut la bază motivații legate de eficiența logistică și utilizarea rațională a resurselor, așa cum se denotă în ansamblul întregului proiect. Ecologia și sustenabilitatea nu sunt tratate pur și simplu ca noțiuni auxiliare tehnice. Conceptele enumerate sunt integrate în proiectul de arhitectură prin strategii simple de utilizarea a resurselor locale, precum materialele și elementele regăsite în imediata proximitate, respectiv sisteme ecologice de captare a energiei solare (panourile fotovoltaice) și de reglare a temperaturii și umidității din spațiul interior (pereții din pământ compactat) [456].



Fig. 234. Centrul Ricola din Elveția, arh. Herzog și de Meuron, constructor Lehm-Ton-Erde, Martin Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;

Construcția este formată dintr-un volum paralelipipedic lung care adăpostește linia de producție, elementele prefabricate din pământ fiind realizate într-o fabrică din apropiere cu agregate din carierele și minele locale, ceea ce reduce considerabil din energia încorporată a materialelor folosite. Fațada din pământ compactat este autoportantă (grosime 45cm, lungime 111m) și este independentă

⁴⁵⁶ <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>;

de structura portantă din beton aflată la interior. Argila, marna și pământul excavate de la fața locului sunt amestecate și compactate într-un cofraj și apoi stratificate în panouri pentru a realiza pereții. Datorită plasticității pământului, rosturile pot fi retușate, conferind structurii generale un aspect omogen. Pentru a împiedica eroziunea cauzată de condițiile climatice, un mortar realizat din tuf vulcanic și var este introdus între straturile de pământ pe măsură ce acestea sunt compactate [457].

Pământul a fost considerat drept materialul de construcție optim pentru realizarea pereților fabricii, deoarece compania a solicitat depozitarea plantelor în condiții climatice speciale: temperatură constantă între 5°C-28°C și umiditatea relativă a aerului de 50%. În acest sens, capacitatea de stocare termică a pământului compactat este foarte avantajoasă. Fațada prezintă proprietatea de a absorbi și de a elibera căldura, fără a se resimți variații mari de temperatură la interior, în timp ce umiditatea aerului este constantă. Acest fenomen este dovedit prin absorbția nivelului de umiditate ambientală în momentul în care mărimea r.H. depășește 50%, umiditatea fiind restabilită la aproximativ aceeași valoare în momentul în care valoarea acesteia scade sub 50%.

Pentru a determina stratificația potrivită, au fost realizate simulări termice pentru a demonstra avantajele utilizării pământului compactat în ceea ce privește realizarea fațadelor, și anume, se permite difuzia vaporilor prin material, având ca efect reglarea umidității și a temperaturii. Un alt factor ce menține temperatura constantă în interiorul construcției este faptul că panourile fotovoltaice amplasate pe acoperiș umbresc suprafața exterioară și crează un spațiu de ventilare între finisajul acoperișului și suprafața panourilor. Sistemul fotovoltaic capătă două funcțiuni, și anume, produce energie electrică și formează o suprafață de protecție împotriva radiației solare în exces, a intemperiei, profitând de suprafața generoasă a acoperișului terasă.



Fig. 235. Imagine din timpul șantierului Ricola Herb Centre, sursă: © Ricola Iwan Baan, <https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>, ultima accesare: 12.2020;

⁴⁵⁷ <https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>

Posibilitatea de a realiza un proiect industrial de această anvergură, dovedește faptul că materialul pământ are un potențial de utilizare în domenii variate, atât în domeniul rezidențial, cât și în aplicații industriale. Din acest punct de vedere, eforturile corelate de cercetare și producție ale lui Martin Rauch permit crearea unor soluții adaptate cât mai multor funcțiuni, reușind să se alinieze standardelor în vigoare. Conform testelor efectuate în cadrul laboratorului companiei Lehm Ton Erde [458], valorile specifice pentru elementele prefabricate din pământ compactat utilizate în cadrul acestui proiect, sunt următoarele:

- Forța la compresiune: 2.4N/mm^2 ;
- Rezistența la înconvoiere : $0,52\text{N/mm}^2$;
- Rezistența la forfecare: $0,62\text{ N/mm}^2$;
- Contractia materialului: $0,25\%-1\%$;
- Deformarea cauzată de flambaj: 0.2% ;
- Dilatarea termică : $0,005\text{ mm/mK}$;
- Conductivitatea termică: $0,64 -0,93\text{ W/mK}$.



Fig. 236. Montarea panourilor prefabricate, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;

9.6.3. L'Orangerie, spațiu de birouri în Lyon

Clément Vergély Architectes (CVA)

Proiectul a pornit de la dezvoltarea cartierului urban "La Confluence" din Lyon, amplasat între râurile Rhône și Saone, având la bază masterplanul arhitecților elvețieni Herzog și de Meuron. Situl cuprinde un număr de 5 clădiri de birouri, pavilionul din pământ fiind elementul central din cadrul ansamblului urban

⁴⁵⁸ Martin Rauch, 2015, "Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", ISBN 978-3-95553-273-4, pag.125;

propus. Proiectul face referință la patrimoniul construit din pământ, motiv pentru care proiectul a fost ales câștigător. În acest caz, se observă cum cvartalul deține o poziție privilegiată în cadrul ansamblului urban, având acces la frontul de apă.

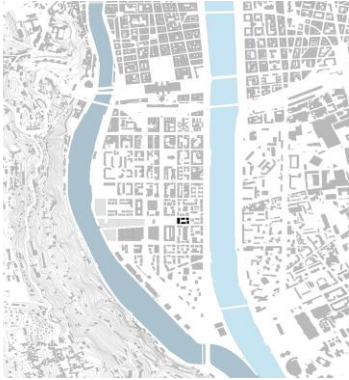


Fig. 237. Master Plan Pentru orașul Lyon, realizat de arhitecții Herzog and de Meuron, prezentând cvartalul b2 din zona "La Confluence", sursă: © Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020; Se poate observa maniera în care complexul de birouri este inserat în cadrul ansamblului urban, realizându-se o densitate echilibrată a spațiului construit în comparație cu spațiul public. S-a propus amenajarea accesului la frontul de apă pentru îmbunătățirea calității spațiului public. De asemenea, ansamblul este într-o conexiune directă cu o piațetă publică în care este inserată multă vegetație. În acest mod se realizează un culoar vegetal în cadrul insulei urbane care leagă cele două cursuri de apă principale.



Fig. 238. Randare aeriană a complexului propus, sursă: F.Fouillet, preluat din articolul preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon", sursă : © Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020, ultima accesare: 04.2020;

Planul parter (dimensiuni 14x32m) cuprinde 2 arii funcționale grupate în jurul spațiului de servicii poziționat central. Pereții din pământ compactat sunt realizați pe fundații ridicate din beton armat și pornesc de la o grosime de 80cm, dar își reduc din dimensiune pe măsură ce se înalță. Forma concatenară a deschiderilor urmărește descărcarea optimă a încărcărilor, așa cum acestea au fost determinate în urma calculului structural.



Fig. 239. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă: © F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clément Vergély Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței;

În cadrul acestui proiect s-a testat modul în care elementele constructive din pământ compactat nestabilizat, fără aditivi, pot reprezenta o opțiune viabilă pentru a realiza pereți cu deschideri semnificative. În acest caz, deschiderile sub formă de arc ale clădirii reprezintă 40% din suprafața peretelui, punând la încercare proprietățile structurale ale materialului din pământ compactat (care au un comportament adaptat la forțele de compresiune). Forțele orizontale sunt preluate de elementul central reprezentat de casa de scară care se conectează cu pereții din pământ compactat prin intermediul planșelor.

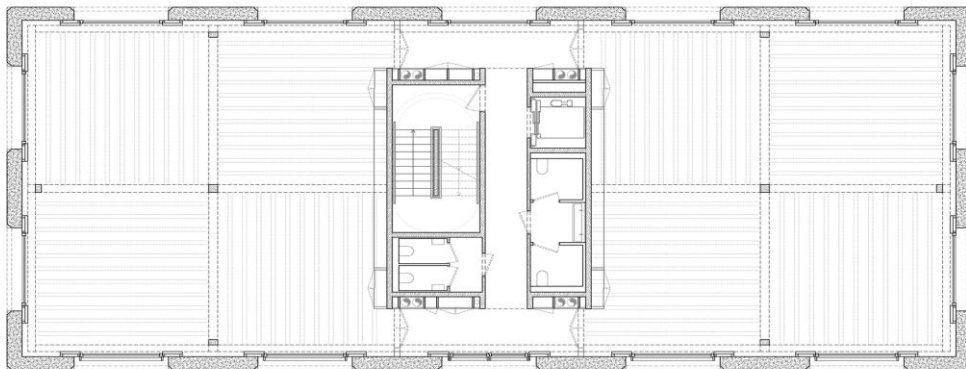


Fig. 240. Plan Parter pavilionul Orangerie, sursă: ©Clément Vergély Architectes, cvartalul B2 - "La Confluence";

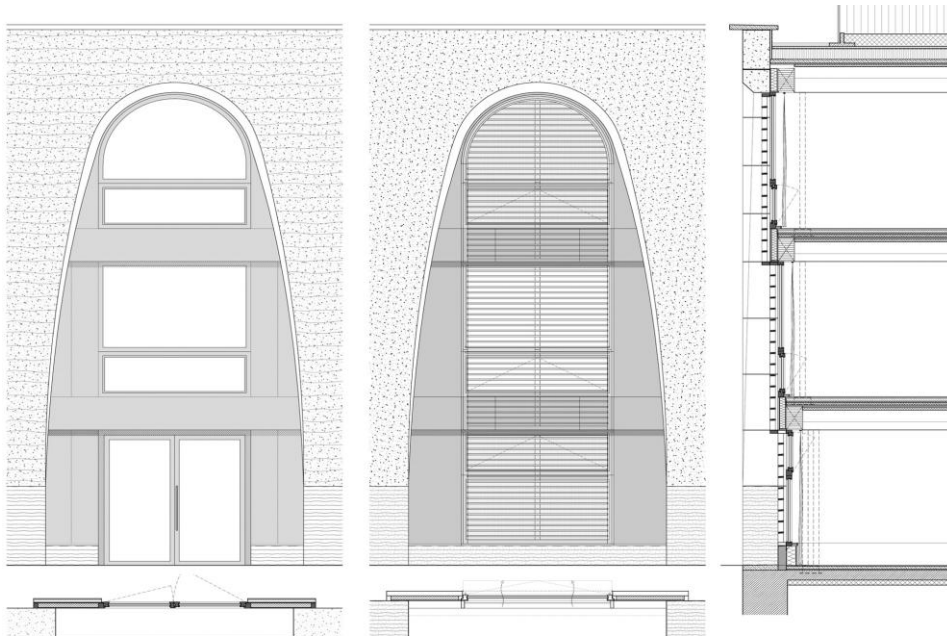


Fig. 241. Fațadă și secțiune, sursă: Clément Vergély Architectes, cvartalul B2 –



Fig. 242. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă: F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clément Vergély Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020;

Fig. 243. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă: F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clément Vergély Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020;

Pământul funcționează ca o coajă de protecție, în timp ce lemnul este folosit pentru structura planșeelor și pentru elementele intermediare care preiau din încărcarea utilă. Conexiunea dintre grinzile de lemn și fațadă se realizează prin piese metalice încastrate în blocurile din pământ compactat. Pentru producerea elementelor de fațadă, pământul de pe sit nu a putut să fie folosit deoarece era contaminat din cauza funcțiunilor anterioare care au existat la fața locului. Din acest motiv, s-au adus 380 de tone de pământ de culoare roșie de pe un sit de construcție aflat la 30km depărtare. Deoarece s-a folosit un pământ excavat pentru realizarea unor fundații, materia primă a fost disponibilă în mod gratuit, plătindu-se doar costul de transport. Caracteristicile materialului brut au fost testate de către specialiștii din cadrul Institutului ENTPE – Colegiul pentru dezvoltarea sustenabilă a planificării spațiale.

Procesul de construcție al elementelor de fațadă, a avut la bază experiența acumulată a constructorului, un artizan local. În etapa de studiu, au fost create epruvete care au fost testate pentru a identifica o serie de caracteristici precum: *densitatea, absorbția de umiditate, forța de compresiune, testul de cernere, culoarea și volumul materialului disponibil.* În timpul fazei de planificare și detaliere, fațada a fost împărțită în 286 de blocuri individuale, care au fost construite folosind un cofraj din metal, procesul constructiv prezentând similitudini cu cel de producere a cărămizilor din pământ. Un avantaj al acestei metode este abilitatea de a realiza un amestec omogen din pământ și de a controla calitatea, respectiv monitorizarea fiecărui bloc în parte care cântărește mai mult de 4 tone. Greutatea și umiditatea fiecărui bloc au fost atent monitorizate prin inspectarea periodică în timpul fabricației, drept măsură suplimentară de asigurare a calității produsului finit.

Procesul de fabricație a fost semi-automatizat, umplerea cofrajelor realizându-se utilizând o bandă transportatoare. Se înlocuiește o parte din munca fizică necesară în cadrul procedurii realizat, de regulă, manual. Elementele au fost prefabricate la fața locului, între aprilie și sfârșitul lui octombrie, atunci când condițiile climatice au fost favorabile. Depozitarea și procesul natural de uscare a elementelor din pământ a fost realizat într-o zonă adiacentă sitului de construcție. Acest lucru a permis controlarea ratei de contracție a elementelor de fațadă, fiind asigurat un timp de uscare de doi ani pentru piesele prefabricate, înainte de a fi puse în operă.

Pentru a utiliza cât mai bine proprietățile de echilibrare a umidității aerului, pereții sunt expuși la interior pentru a absorbi sau a desorbi această umiditate în exces. Trape de vânt asigură ventilarea naturală, iar în timpul nopții, acestea sunt dublate de ventilatoare mecanice. Drept urmare, aerul condiționat nu este necesar în clădire, în timp ce încălzirea este realizată prin țevi amplasate în pardoseală. Materialele au fost lăsate expuse și nefinisate, iar toate instalațiile tehnice au rămas cât mai simple. Elementele de umbrire de tip brise-soleil protejează împotriva aporturilor solare în exces și au fost instalate pe fațada sudică. Majoritatea fațadelor sunt umbrite de clădirile adiacente, ceea ce înseamnă că este suficient un strat de protecție aplicat pereților de tip cortină.

În cadrul legislației din Franța este menționat faptul că pentru realizarea oricăror construcții din pământ este necesar un acord tehnic. Comisia responsabilă de verificare a proprietăților tehnice ale pământului utilizat în acest caz particular, a menționat necesitatea asigurării unor coeficienți de siguranță mult prea mari. Se dovedește scepticismul cu care acest material este văzut în continuare, chiar și în condițiile existenței unei perioade de doi ani de negocieri cu inginerii care au inspectat dosarul realizat pentru obținerea acordului tehnic.

Toate aceste rețineri referitoare la folosirea materialului se datorează faptului că materialul nu a fost realizat industrial, omologat într-o fabrică, deși a existat o monitorizare riguroasă a modului de fabricație. Din punct de vedere al costurilor, având în vedere că este o clădire publică, acestea au fost monitorizate și s-au situat în jurul sumei de 2100 euro/m² de suprafață utilă (aproximativ 1000 m²), costul pavilionului central ajungând până la suma de 570.000 euro [459].

9.6.4. Cycle Terre, Fabrica Sevrans și ecocartierul Ivry sur Seine

În Paris, s-a propus realizarea unui cartier folosind materiale naturale ca urmare a demersurilor științifice în ceea ce privește studierea pământului în centrele de cercetare din Franța – în special, CRAterre. Capitala este construită pe zeci de metri de straturi geologice argiloase, iar o dată cu excavarea noilor stații și linii de metrou, milioane de m³ de pământ vor fi disponibile până în 2030. Ca o etapă premergătoare proiectului, în cadrul expoziției "*Terres de Paris*", s-a prezentat modul în care pământul excavat poate fi o resursă pentru diverse elemente constructive produse într-un mod sustenabil [460].

Această inițiativă este susținută prin înființarea unei fabrici locale în Sevrans, zonă din nord-estul Parisului. Datorită sprijinului financiar acordat de Uniunea Europeană, o linie de procesare a pământului va fi realizată, precum și o fabrică pentru producția diferitelor elemente constructive din pământ. În cadrul fabricii sunt realizate noi amestecuri în conformitate cu diverse formule și procese de transformare, pentru a obține: pământ compactat, pământ turnat, panouri, cărămizi comprimate din pământ, cărămizi extrudate, cărămizi nearse, pământ ușor pentru umplere și izolare, tencuieli și mortare.

Prin urmare, materialele produse în cadrul fabricii "Cycle Terre" vor fi folosite în noul cartier urban din Ivry sur Seine. Din suprafața totală de 60.000 de m² aferentă construcțiilor planificate, mai mult de jumătate vor fi construite folosind pământul compactat, precum și alte tehnici și elemente constructive din pământ, toate fiind fabricate în proximitatea șantierului. Acest aspect implică automat costuri diminuate legate de transport, reciclare și aprovizionare, creându-se un circuit complet caracteristic unei economii circulare în cadrul metropolei.

⁴⁵⁹ Conform lui F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020;

⁴⁶⁰<https://www.demainlaville.com/cycle-terre-a-sevrans-la-premiere-brique-pour-des-villes-plus-naturelles>;



Fig. 244. Fabrica Cycle Terre, sursă: © <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-constructeurs/>, ultima accesare: 12.2020;



Fig. 245. Fabrica Cycle Terre, sursă: broșura "Fabriquer la ville bas carbone avec cycle terre", Matériaux en terre crue produits à partir de déblais, ultima accesare: 06.2021;

Referințe capitolul 9

9.1. Arhitectura din pământ în diferite zone geografice.

- [250]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRaterre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 17-25;
- [251]. www.craterre.org/recherche/, accesat on-line :03.2021;
- [252]. Organizația ISCEAH, Icomos, http://isceah.icomos.org/?page_id=227, ultima accesare: 25.11.2020;
- [253]. Christine Schepens, 2015, "The factors involved in the florescence of 'art' and symbolic practices in the Neolithic of Anatolia and the Levant", <https://www.semanticscholar.org/paper/The-factors-involved-in-the-florescence-of-%27art%27inSchepens/5e1d6943605ba57b82fb151a043574ec008dbae0/figure/96>;
- [254]. Hubert Guillaud., 1998, „Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation" Habitat e Architetture di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive, fhal-01806210f, ultima accesare: 03.2021;
- [255]. Sir Banister Fletcher, 1996, "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10:0750622679, pag. 39-90;
- [256]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRaterre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 19;
- [257]. www.ancient.eu/Deir-el-Medina, ultima accesare : 03.2021;
- [258]. www.britannica.com/place/Dayr-al-Madinah, ultima accesare : 03.2021;
- [259]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRaterre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 19;
- [260]. Sir Banister Fletcher, 1996, "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0750622679, pag. 39-90;
- [261]. Margarete van Ess, Jasmine Alia Blaschek, Christof Ziegert, 2020, "Preservation of the Iraqi Archaeological Architectural Heritage – Current conservation projects in Uruk (southern Irak)", LEHM Erde International Conference on Building with Earth, Weimar, Germany, articol disponibil on-line, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/online>, ultima accesare: 04.2021;
- [262]. <https://www.lingfil.uu.se/research/assyriology/babylon>, ultima accesare:03.2021;
- [263]. Sir Banister Fletcher, 1996, "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0750622679;
- [264]. <https://www.ancient.eu/babylon/>, ultima accesare: 03.2021;
- [265]. „Bam and its Cultural Landscape”, Iran, <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, ultima accesare: 25.09.2019;
- [266]. Manjusha Misra 2008, "Bam and its cultural landscape", International Journal of Environmental Studies, 65:4, pag. 603-6019, DOI: 10.1080/00207230802294748;
- [267]. G.Amirjamshidi, E.Fodde, D.D. Ayala, E.Mokhtari, 2012, "The role of intangible assets in the conservation of Bam and its cultural landscape as a World Heritage site", WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol.161, WIT Press, ISSN 1743-3541;
- [268]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.49;
- [269]. Rania Daher, 2015, „L'Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire", teză de doctorat susținută în cadrul Universite Paris-Saclay – Universite Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 30-38;

- [270]. <https://wmf.org/project/cour-royale-de-tiébébé>, ultima accesare:03.2021;
- [271]. <https://africa.uima.uiowa.edu/peoples/show/Kassena>, ultima accesare: 03.2021;
- [272].https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 03.2021;
- [273]. Steve Nelson, 2007, „From Cameroon to Paris.Mousgoum Architecture in & out of Africa”, The University of Chicago Press, 2007, ISBN: 978-0-226-57183-6, pag. 1-44;
- [274]. <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare: 03.2021;
- [275]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 72;
- [276].<https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/africa-ap/a/great-mosque-of-djenne>, ultima accesare: 03.2021;
- [277]. Sir Banister Fletcher, 1996, “A history of Architecture”, Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, pag. 20-30;
- [278]. Deqi Shan, Dehu Wang, 2004, “Chinese vernacular dwelling”, China Intercontinental Press, ISBN: 7-5085-0370-8, <https://www.mdpi.com>, ultima accesare: 04.2021;
- [279]. A.Preciado, K. Ayala, S. Torres, K. Villareal, 2017, „Performance of a Self-Build Rammed Earth House in a High Seismic Zone in Mexico”, 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions, Lisbon, Portugal, Volume 1;
- [280]. E. Frangedacki, XGao, Nikos Lagaros, B. Briseghella, Giuseppe C. Marano, G.Fivos Sargentis, Nikiforos Meimaroglou „Fujian Tulou Rammed Earth Structures: Optimizing Restoration Techniques Through Participatory design and Collective Practices”, „, 1st International Conference on Optimization – Driven Architectural Design (OPTARCH 2019);
- [281]. Fujian Tulou, <https://whc.unesco.org/en/list/1113/01.12.2020>;
- [282]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 80-85;
- [283]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRaterre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 24-25;
- [284]. <https://www.wmf.org/project/tambo-colorado>, ultima accesare: 03.2021;
- [285]. Getty Institute, „The earthen architecture initiative, Guidelines for the teaching of earthen conservation”, ultima accesare: 02.2021;
- [286]. <https://whc.unesco.org/en/list/492/>, ultima accesare: 03.2021;
- [287]. Pueblo de Taos, 1987, „Évaluation de l'organisation consultative (ICOMOS)”, <http://whc.unesco.org/en/documents/153576>, ultima accesare : 2020;
- [288]. David Easton, Cynthia Wright, 2007, “The rammed earth house”, Chelsea Green Publishing, ISBN: 1933392371, pag. 22;
- [289]. https://www.getty.edu/conservation/core_areas/index.html, ultima accesare: 02.2021;

9.2. Utilizarea tehnicilor tradiționale în ansambluri urbane.

- [290]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 12;
- [291]. Michael Amundsen, 2018, “Questions-réponses avec Juhani Pallasmaa sur l'architecture, l'esthétique des ambiances et les effets du temps”, <https://doi.org/10.4000/ambiances.1257>, 20.08.2019, ultima accesare: 03.2021;
- [292]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 16-23;
- [293]. William Facey, 2015, “Back to Earth. Adobe Building in Saudi Arabia”, Al-Turath Foundation, King Fahd National Library Cataloging-in Publication Data, ISBN: 978-603-8014-28-8;
- [294]. Laila Hamed Abidi, Andrew Alcorn, Carlos Bello, „Ancient Adobe for Modern Sustainability: Solutions from and for Ghadamès”, Sustainable Architecture and Urban Development, sursă: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC22683, ultima accesare: 04.2021;
- [295]. Ghadamès, Libia, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;

- [296]. Maha S. Al-Zubaidi, 2002, „The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buildings-The Traditional House of Ghadamès, Libya”, Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec, Canada;
- [297]. Ghadamès, Libya, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;
- [298]. M.A. Ealiwa, A.H. Taki, A.T. Howarth, M.R. Seden, 2001, „An investigation into thermal comfort in the summer season of Ghadames, Libya”, Building and Environment, Volume 36, Issue 2, February 2001, pag. 231-237, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132399000712>;
- [299]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 18-21;
- [300]. <https://www.icomos.org/>, ultima accesare: 03.2021;
- [301]. A.Eltrapolsi, H.Altan, 2017, „Interpretation of Sustainable Desert Architecture in Ghadames City, Lybia”, SOS tierra 2017: International Conference on Vernacular Earthen Architecture, Conservation and Sustainability, Valencia, DOI: 10.1201/9781315267739-18, <https://www.researchgate.net/publication/320176979>, ultima accesare: 04.2021;
- [302]. <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 03.2021;
- [303]. <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 03.2021;
- [304]. www.archleague.org/article/citiesofearth, ultima accesare: 03.2021;
- [305]. Deepa Mehta, 2009, „On Conservation and Development: The Role of Traditional Mud Brick Firms in Southern Yemen”, Globelics 2009: Inclusive Growth, Innovation and Technological Change: education, social capital and sustainable development, October 6th-8th, Dakar, Senegal,;
- [306]. Barbara Finster, „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg, <https://archnet.org/publications/3047>, ultima accesare: 04.2021;
- [307]. Barbara Finster, „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg, <https://archnet.org/publications/3047>, ultima accesare: 04.2021;
- [308]. Qaten. M.A, 2016, “Old walled city of Shibam of UNESCO and Yemeni legislation”, <https://whc.unesco.org/en/list/192/>;
- [309]. <https://www.akdn.org/architecture/project/rehabilitation-old-city>, ultima accesare: 03.2021;
- [310]. Viola Bertini; Salma Samar Damluji, 2018, „Hassan Fathy: Earth & Utopia”, King Publishing, Laurence, ISBN: 9781786272614, <https://www.wallpaper.com/architecture/hassan-fathy-book-laurence-king>;
- [311]. <https://archnet.org/authorities/1>, The Aga Khan Trust for Culture, 1989” The Hassan Fathy Collection. A catalogue for visual documents at the Aga Khan Award for Architecture, Bern, Switzerland”;
- [312]. Randa A. Mahmoud, 2016, “Old Gournā: Redefining Sustainability in Vernacular Architecture/Urbanism”, Procedia Environmental Sciences, Volume 34, pag. 439-452, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877040816307054>;
- [313]. Malcom Miles, 2016, „Utopias of Mud? Hassan Fathy and Alternative Modernism”, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1206331205285852?journalCode=saca>, ultima accesare: 03.2021;
- [314]. Aga Khan Trust for Culture, Bern, Switzerland, https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260, ultima accesare: 03.2021;
- [315]. <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;
- [316]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 13;

9.3. Pământul ca principală resursă locală. Tehnici constructive și caracteristici arhitecturale ale construcțiilor din Banat.

- [317]. Felix Hilgert, 2017, "Les potentiels de la construction en pisé aujourd'hui", "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne", ISBN 978-3-03863-029-6, pag.164-165;
- [318]. Avram Andea, 1996, "Banatul cnezial până la înstăpânirea Habsburgică(1718)", Reșița, Editura Banatica;
- [319]. Remus Crețan, 1999, "Aspects of the historical geography of eighteenth century settlements, Geographical Essays on the Romanian Banat Region"(D. Turnock Ed), vol. I: 143-150, University of Leicester;
- [320]. Ion Viorel Popescu, 2009, "Arhitectura casei bănațene", Ed.Eurostampa,Timișoara, ISBN 978-973-687-897-8;
- [321]. Adrian Bejan; Erno Pataky, 1995 , "Aspecte ale vieții cultural-științifice timișorene în a doua jumătate a secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea". Societatea de Istorie și Arheologie și Societatea de Științe Naturale, în „Banatica”, 13/ I, Reșița;
- [322]. Aurel Țintă, 1972, "Colonizări habsburgice în Banat 1716-1740 (Habsburg colonisation in Banat 1716-1740)", Timișoara: Facla;
- [323]. Traian Simu, 1924, "Colonizarea șvabilor în Banat (The colonisation of the Germans in Banat)", Banatul, I: 8- 75, Timișoara;
- [324]. F. Kräuter, 1929, "Germanii din Banat (The Germans from Banat)", Transilvania, Banatul, Crișana Maramureșul, I : 639-648, București;
- [325]. Ioan Munteanu, 2004-2005, "Emigrări din Banatul istoric la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea", Analele Banatului, Arheologie Istorie, XII-XIII,;
- [326]. Ion Viorel Popescu, 2003, "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara;
- [327]. Antoniu Marchescu, 1941, "Grănicerii bănațeni și comunitatea de avere (contribuții istorice și juridice), Caransebeș;
- [328]. Ion Viorel Popescu, 2003, "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara;
- [329]. Aurel Țintă, 1972, "Colonizări habsburgice în Banat 1716-1740 (Habsburg colonisation in Banat 1716-1740) ", editura Facla, Timișoara;
- [330]. Nicolae Stoica de Hațeg, 1981, "Cronica Banatului", Timișoara, editura Facla, ediția a II-a, 1981;
- [331]. Johann Jakob Ehrler, 2006, "Banatul de la origini până acum (1774) ", Timișoara Ed. de Vest, ISBN: 9789733604204;
- [332]. F. Kräuter, 1929, "Germanii din Banat (The Germans from Banat) ", Transilvania, Banatul, Crișana Maramureșul, I: 639-648, București;
- [333]. Mariana Correia, Letizia Dipasquale, Saverio Mecca, 2011, "Terra Europae Earthen Architecture in the European Union", ISBN: 9788846729576;
- [334]. Petrescu Paul, 1959-1961, "Studiul arhitecturii populare în Banat", în "Anuarul Muzeului Etnografic al Transilvaniei", Cluj-Napoca;
- [335]. Ioan Viorel Popescu, 2009, "Arhitectura casei bănațene: sec XVIII-XX", Editura Eurostampa, Timișoara;
- [336]. Ion Viorel Popescu, "Casa Bănățeană – secolele XVIII-XX", Teză de doctorat, Analele Universității de Vest, Timișoara;
- [337]. Marius Bizerea, 1975, "Banatul ca unitate și individualitate istoricogeografică în cadrul pământului locuit de români", în „Tibiscusetnografie", volum editat de Muzeul Banatului, Timișoara,
- [338]. Ion Viorel Popescu, 2003, "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara, pag. 112-115;
- [339]. Teodor Octavian Gheorghiu, 2008, "Locuire tradițională rurală din zona Banat-Crișana [Elemente de istorie și morfologie; Protecție și integrare]", DTP Expres Timișoara, ISBN: 978-973-620-375-6, pag.366;
- [340]. Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR /despre-oar/Timiș, <https://www.oar.archi>, ultima accesare: 2020;
- [341]. Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR Timiș, ultima accesare: 2020;

9.4. Proprietăți ale pământului folosit ca material de construcție

- [342]. Daniel Maskell, Venkatarama Reddy, Andrew Heath, Peter Walker, 2016, "Modern earth construction techniques – an overview", Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference, Padova, Italy, 26-30 June 2016, Claudio Modena, F. Da Porto, M.R. Valluzzi, ISBN: 9781138029996;
- [343]. Abhilash HOLUR Narayanaswamy, Jean-Claude MOREL, Antonin FABBRI, 2018, "Shear Test Procedure for Rammed Earth", articles selected for on-line publication, Villefontaine : CRATerre. ISBN:979-10-96446-12-4;
- [344]. Elvire Leylavergne, 2018, "La filière terre crue en France - enjeux, freins et perspectives", articles selected for on-line publication, Villefontaine : CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4;
- [345]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.101;
- [346]. M.R. Hall, S.Casey, University of Nottingham, 2012, "Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings" in "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 25-28, <https://www.oreilly.com/library/view/modern-earth-buildings/9780857090263/xhtml/B9780857090263500022.htm>, ultima accesare: 04.2021;
- [347]. F.Pacheco-Torgal, Said Jalali, 2012, „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, Construction and Building Materials 29, pag.512-519;
- [348]. L.Rongen, 2014, University of Applied Sciences, Germany, 2014, "Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN:978-0-85709-026-3;
- [349]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.50;
- [350]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0;/ Mirela Duculescu, Dachverband Lehm, 2010, "Reguli pentru construcția cu pământ", ISBN: 9789730085747 9730085749, pag. 37;
- [351]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRaterre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 126;
- [352]. Martin Rauch, 2015, " Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", ISBN 978-3-95553-273-4, pag.53-59;
- [353]. Alonso Dura, A. Martinez Boquera, Lopis Pulido, 2012 , " Analysis and characterization of earthen architecture as a structural material: The corbelled course dome in Syria", London, United Kingdom, CRC Press Taylor, ISBN:978-0-415-62125-0;
- [354]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [355]. Bahar R., Benazzoung M., Kenai S.,2004 , "Performance of compacted cement stabilized soil", Cement Concrete Composition 26:811-20, Elsevier, ISSN: 0958-9465, <https://trid.trb.org/view/769327>, ultima accesare: 04.2021;
- [356]. H.Houben, H.Guillaud, "Traité de construction en terre", ", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3;
- [357]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 16-23;
- [358]. Clémence Mathieu, 2009, „La physique des grains. Entretien avec Romain Anger et Laetitia Fontaine,, Revue Ecologik, numero 12, pag. 74-79;
- [359]. L.N. Reddi, A.K. Jain, H.B. Yun, 2012, "Soil materials for earth construction: properties, classification and suitability testing", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 155-171, <https://scholars.fiu.edu/display/pub-000315529500007>, ultima accesare: 04.2021;
- [360]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture", ISBN: 978-2-7011-5204-2;

- [361]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 42;
- [362]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0;/ Mirela Duculescu, Dachverband Lehm, 2010, "Reguli pentru construcția cu pământ", ISBN : 9789730085747 9730085749, pag. 97-98;
- [363]. ZF Yan, 2005, „Research on the dynamic moisture adjusting effect of interior materials of adobe buildings”, School of Architecture, XI'an University of Architecture & Technology, China, Proceedings: Indoor Air, <http://lib.hljucm.net/auto>;
- [364]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag.36-41;
- [365]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag. 66-67;
- [366]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag.36-41;
- [367]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0, pagina 32;
- [368]. Paul H. Baker, N. David, G.H. Galbraith, R.Craig Mclean, 2007, "Evaluation of the use of wooden dowels as a technique for the measurement of the moisture content of masonry", London, UCL in "Engineering historic futures: stakeholders dissemination and scientific research report", ISBN: 978-0-9539021-87, https://www.researchgate.net/publication/282476705_Measurement_of_moisture_content_in_solid_brick_walls_using_timber_dowel;
- [369]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.46;
- [370]. DIN EN ISO 12752, 2017, "Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties - Cup method (ISO 12572:2016)", <https://www.iso.org>, ultima accesare: 05.2021;
- [371]. M.R. Hall, S.Casey, University of Nottingham, 2012, "Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings" in "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 25-28, <https://www.oreilly.com/library/view/modern-earth-buildings/9780857090263/xhtml/B9780857090263500022.htm>, ultima accesare: 04.2021;
- [372]. C.J. Hopfe, Cardiff University, M.R. Hall, 2012, University of Nottingham, UK, "Humidity and Condensation", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN: 978-0-85709-026-3, pag.60, <https://2lib.org/book/>, ultima accesare: 04.2021;
- [373]. Agaton Lehm, „Hochwertige Lehm-Baustoffe mit der Mehrwert der Natur”, Thermo Natur GmbH & Co., Nordlingen, <https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/AGATON-LEHM-Gesamtprospekt.pdf>, ultima accesare: 04.2021;
- [374]. DIN 4102-1 fire test to building material, <https://fr.polymerinsights.com>, ultima accesare:05.2021;
- [375]. Mirela Duculescu, 2010, "Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție", editura Arhitectura, ISBN: 9789730085747, pag.94;
- [376]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.34;
- [377]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;
- [378]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.34;
- [379]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.28;
- [380]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.35;
- [381]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8;
- [382]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, "Traité de Construction en terre", CRATerre , Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3;

- [383]. Aurelie Laborel-Preneron, Jean-Emmanuel Aubert, Camille Magniont, 2016, „Corn Cob influence on unfired earth bricks properties”, articles selected for on-line publication, Villefontaine : CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4;
- [384]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.40;
- [385]. M. Moevus, R. Anger, L.Fontaine, 2018, „Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review”, in Terra 2016 JOFFROY, Thierry, GUILLAUD, Hubert, SADOZAI, articole selectate pentru publicare on-line Villefontaine: CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4, https://www.researchgate.net/publication/281661050_Hygro-thermo-mechanical_properties_of_earthen_materials_for_construction_a_literature_review, ultima accesare: 04.2021;
- [386]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.41;
- [387]. Victoria Stephenson, Enrico Fodde , 2016, „The feasibility of using scientific techniques to assess repair-material suitability in earthen-building conservation”; in Terra 2016 JOFFROY, Thierry, GUILLAUD, Hubert, SADOZAI, articole selectate pentru publicare on-line Villefontaine : CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4;
- [388]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [389]. Mariette Moevus, Romain Anger, Laetitia Fontaine, 2016, „Uniaxial compressive strength in Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review”, in Terra 2012 Proceedings, 11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, pag. 216;
- [390]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 190;
- [391]. Laetitia Fontaine, Romain Anger, 2009, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 192;
- [392]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;
- [393]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [394]. Preneron A.L., J.-E. Aubert, C. Magniont, 2016, „Corn cob influence on unfired earth bricks properties” in Terra 2016, articles selected for on-line publication, Villefontaine: CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4;
- [395]. Thierry Joffroy, 2012, „Preventive conservation: A concept suited to the conservation of earthen architectural heritage?”, 12th SIACOT Proceedings ;[477]. Victor Olgyay; Josefina Frontado; Luis Clavet, 1998, “Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas”, <https://www.worldcat.org/title/arquitectura-y-clima-manual-de-diseno-bioclimatico-para-arquitectos-y-urbanistas/oclc/968794539>, ultima accesare: 04.2021;
- [396]. Gernot Minke, 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;
- [397]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag. 245;
- [398]. H. Kanefusa, O.K.M.Shimada, „International conservation principles in earthquake zones”, Japan” in Terra 2016, 12th SIACOT Proceedings, ISBN: 978-972-8479-94-7, 261-267;
- [399]. Daniel Torrealva, Erika Vicente, 2016 „Traditional Seismic Retrofitting techniques”, https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/33_2/gcinews16.html, ultima accesare: 04.2021;
- [400]. Consiliul Județean Vâlcea, “Planul de Amenajare a Teritoriului județului Vâlcea”,<http://www.cjvalcea.ro>, ultima accesare:05.2021;
- [401]. Planul de Management al Parcului Național „Buila Vânturarița” și a Rezervației Naturale „Muzeul Trovanților”, <http://www.buila.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [402]. H.Houben, H.Guillaud, “Traité de construction en terre”, “, CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag. 503-504;

- [403]. Lucrare de licență, Elena Roxana Florescu, Centru de vizitare Parcul Național „Buila Vânturarița”, https://issuu.com/fac.arhitecturasiurbanism.upt/docs/student_trends_-diplome_nr.6_2014, ultima accesare: 05.2021;
- [404]. <https://www.primariabogda.ro/informații/istorie>, ultima accesare:03.2021;
- [405]. <https://enciclopediaromaniei.ro/wiki/Bogda>, ultima accesare:03.2021;
- [406]. www.cjtimis.ro/judetul-timis/unitati-administrativ-teritoriale/comuna-bogda.html, ultima accesare: 03.2021;
- [407]. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Rig%C3%B3sf%C3%BCrd%C5%91>, ultima accesare:03.2021;
- [408]. Studiului Geotehnic nr.1098/2014 pentru „Construire anexă la exploatare agricolă și împrejmuire”, date pentru pământul excavat din forajul 1, adâncime -1,50m ;
- [409]. dr. ing. Andreea Damian, “Criterii de evaluare a susceptibilității la lichefiere a pământurilor coezive”, publicat în revista Construcțiilor, anul XIII, nr. 137 din iunie 2017, <https://www.revistaconstrucțiilor.eu>, ultima accesare: 03.2021;
- [410]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 116-119;
- [411]. Boulanger, R. W. Idriss, I.M., 2006, „Liquefaction Susceptibility Criteria for Silts and Clays”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, November; <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/>, ultima accesare: 03.2021;
- [412]. $A_{2\mu}$ – procentul de argilă cu diametrul mai mic de 0,002mm;
- [413]. Mariette Moevus, Romain Anger, Laetitia Fontaine, 2014, „Hygro-Thermo-Mechanical Properties of earthen materials for construction: a literature review”, Terra 2012, XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, Lima, Peru, <https://tel.archives-ouvertes.fr/ENSAG/hal-01005948v1>, ultima accesare: 03.2021;
- [414]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpsda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [415]. STAS 1913/1-82, procedura pentru determinarea în laborator a umidității pământurilor, <https://kupdf.net>, ultima accesare: 05.2021;
- [416]. Conform STAS 1913/4-86, <https://dokumen.tips>, ultima accesare: 05.2021;
- [417]. Conform STAS 1913/4-86, STAS 1913/1-82;
- [418]. Clasificarea pământurilor, extras din STAS 1243-88;
- [419]. Conform STAS 1243-88, pământul este clasificat în funcție de indicele de consistență: curgător, plastic curgător, plastic moale, plastic consistent, plastic vârtos (0,76-0,99) și tare.
- [420]. Conform <https://www.revistaconstrucțiilor.eu/index.php/2017/06/01/criterii-de-evaluare-a-susceptibilitatii-la-lichefiere-a-pamanturilor-coezive/>, accesat on-line:03.2021;
- [421]. STAS 1243-88, <https://dokumen.tips>, ultima accesare: 05.2021;
- [422]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpsda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [423]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpsda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [424]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpsda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [425]. <https://www.encyclopedia.com/earth-and-environmentalism/environmental-studies/atterberg-limits#1013Atterberglimits>, ultima accesare: 03.2021;
- [426]. sursă: asist.dr.ing. Florin Bejan, curs 1, Fizica Mediilor Poroase, Master Inginerie Geotehnică, www.florinbejan.ce.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2018/05/CURS-02_2018_02.pdf, ultima accesare: 02.2021;

- [427]. Conform studiul geotehnic nr.1098/2014 pentru „Construire anexă la exploatare agricolă și împrejmuire”;
- [428]. dr. ing. Andreea Damian, în articolul “Criterii de evaluare a susceptibilității la lichefiere a pământurilor coezive”, publicat în revista Construcțiilor, anul XIII, nr. 137 din iunie 2017, ultima accesare: 03.2021;
- [429]. Indicativul P70-79, privind instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM), <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [430]. STAS 1913/5, corelat cu SR EN 933-2, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [431]. Hugo Houben, Hubert Guillaud, 2006, “Traité de Construction en terre”, CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 118;
- [432]. „Geotehnica – Manual pentru lucrările de laborator”, disponibil on-line pe www.dl-manual.com/doc/geotehnica-manual-pentru-lucrările-de-laborator-analiza-granulometrica-a-pamanturilor-9zqkddx35gzp, ultima accesare: 03.2021;
- [433]. Dorota Izdebska-Mucha, Emilia Wojcik, 2013, “Testing shrinkage factors: comparison of methods and correlation with index properties of soils”, Bulletin of Engineering, Geology and the Environment, 72, <https://depot.ceon.pl/handle/123456789/15880>, ultima accesare: 04.2021;
- [434]. STAS 1913-1-82, <https://kupdf.net>, ultima accesare: 05.2021;;
- [435]. STAS 1913/4-86, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [436]. STAS 1913/4-86, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [437]. Department of Transportation of the State of New York, Office of Technical Service, Geotechnical Engineering Bureau, 2015, „Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity index”, pag. 15-16, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/technical-services-repository/GTM-7b.pdf>;
- [438]. <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;
- [439]. <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;
- [440]. Angels Castellarnau Visus, 2016, „Contemporary Vernacular House, an awareness exercise” Terra; Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATERre, ISBN: 979-10-96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [441]. Conform Barbara Widera, 2015, “Bioclimatic Architecture” Journal of Civil Engineering and Architecture Research, pag.567-578, https://www.researchgate.net/publication/276936877_Bioclimatic_architecture, ultima accesare: 04.2021;
- [442]. Revistei Arhitectura, nr. 1 din 2017 (667);
- [443]. WarbletonCouncil.org, ultima accesare: 04.2021;
- [444]. Conform <https://www.lehmkunst.at/>, ultima accesare: 05.2021;

9.5. Workshop-uri

- [445]. Broșura “15^{eme} Festival Grains D’Isère. Architecture, Art & Science”, 27-29 mai 2016, Les Grands Ateliers Villefontaine, realizată de dixitdesign.fr, Imprimerie Cusin;
- [446]. Bonnevie, Maxime (dir), 2018. Terra nostra, prototype d’habitat: un projet pédagogique innovant. Grenoble : AE&CC-ENSAG. 89 p. ISBN 979-10-96446-15-5, <https://craterre.hypotheses.org/1797>, ultima accesare: 04.2021;
- [447]. Dosarul de presă al expoziției “ Ma terre première”, realizat de Maud Cerci, Espace presse : www.museedesconfluences.fr/fr/espace_presse, ultima accesare: 01.2021 ;
- [448]. <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>, ultima accesare: 01.2021;
- [449]. Melinda Harlov-Csortan, „Adaptation history of an earth-built World Heritage”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Articole selecționate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATERre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [450]. M. Dabaieh, M. Sakr, 2015. “Transdisciplinarity in rammed earth construction for contemporary practice”, p.107-113, Earthen Architecture: Past, Present and Future – Mileto, Vegas, García Soriano & Cristini (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London,

- ISBN 978-1-138-02711-4,
<https://portal.research.lu.se/portal/files/5518370/5276390.pdf>,
ultima accesare: 04.2021;
- [451]. <https://desprepamant.ro/>, ultima accesare: 2020;
- [452]. Zuzana Syrova, Jiri Syrova, „Constructions en terre dans le système d’information du patrimoine”, 2018, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [453]. Florescu Elena Roxana, Bica Smaranda Maria, 2019, „Interdisciplinary approach in promoting earth construction technoques in the Banat region, Romania”, ISBN 978-605-82433-5-4;

9.6. Construcții contemporane din pământ

- [454]. <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;
- [455]. <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020;
- [456]. <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;
- [457]. <https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>, ultima accesare: 12.2020;
- [458]. Martin Rauch, 2015, “Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth”, ISBN 978-3-95553-273-4, pag.125;
- [459]. F.Fouillet, preluat din articolul “L’Orangerie – A new generation of earth building in Lyon” de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 12.2020;
- [460]. <https://www.demainlaville.com/cycle-terre-a-sevran-la-premiere-brique-pour-des-villes-plus-naturelles>, ultima accesare: 12.2020;

BIBLIOGRAFIE

CĂRȚI

A

- [175]. Augarde C.E., (2012), "Soil mechanics and earthen construction: strength and mechanical behaviour" in "Earth Building: History, Science and Conservation", Durhan University, pag. 204-221;
- [318]. Andea A., (1996), "Banatul cnezial până la înstăpânirea Habsburgică(1718)", Reșița, Editura Banatica;
- [20]. Bachelard G., (1948), "Pământul și reveriile voinței" Titlu original "La terre et les Rêveries de la Volonté", Editura Univers, București, Piața Presei Libere nr.1. ISBN 973-34-0535-3;
- [310]. Bertini V.; Samar Damluji S., (2018), „Hassan Fathy: Earth & Utopia”, King Publishing, Laurence, ISBN: 9781786272614, <https://www.wallpaper.com/architecture/hassan-fathy-book-laurence-king>;
- [321]. Bejan A.; Pataky E., (1995), "Aspecte ale vieții cultural-științifice timișorene în a doua jumătate a secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea". Societatea de Istorie și Arheologie și Societatea de Științe Naturale, în „Banatica”, 13/ I, Reșița;
- [337]. Bizerea M., (1975), "Banatul ca unitate și individualitate istoricogeografică în cadrul pământului locuit de români", în „Tibiscusetnografie”, volum editat de Muzeul Banatului, Timișoara;

C

- [333]. Correia M., Dipasquale L., Mecca S. , (2011), "Terra Europae Earthen Architecture in the European Union", ISBN: 9788846729576;
- [131]. Crawford R.H., (2011), „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.25;
- [137]. Crawford R. H., (2011), „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.41-43;
- [141]. Crawford R.H., (2011), „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor&Francis, London and New York, ISBN13: 978-0-415-55795-5, pag.38-41;
- [319]. Crețan R., (1999), "Aspects of the historical geography of eighteenth century settlements, Geographical Essays on the Romanian Banat Region"(D. Turnock Ed), vol. I: 143-150, University of Leicester;

D

- [85]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0, pag. 41-46;
- [350]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0;/ Mirela Duculescu, Dachverband Lehm, 2010, "Reguli pentru construcția cu pământ", ISBN: 9789730085747 9730085749, pag. 37;
- [362]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0;/ Mirela Duculescu, Dachverband Lehm, 2010, "Reguli pentru construcția cu pământ", ISBN : 9789730085747 9730085749, pag. 97-98;
- [367]. Dachverband Lehm, 2009, "Lehmbau Regeln Begriffe – Baustoffe-Bauteile", Weimar ISBN 978-3-8848-0189-0, pagina 32;
- [375]. Duculescu M., (2010), "Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție", editura Arhitectura, ISBN: 9789730085747, pag.94;
- [4]. Daher R., (2015), „L’Architecture en terre crue dans la vallée du Jourdain; Une filière en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, pag. 36-37 19-25;
- [9]. Daher R., (2015), „L’Architecture en terre crue dans la vallée du Jourdain; Une filière en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-

- Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, special.: arhitectură, pag. 19-25;
- [113]. Daher R., (2015), „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 38-39;
- [243]. Daher R., (2015), „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 19-25;
- [269]. Daher R., (2015), „L’Architecture en terre crue dans la vallee du Jourdain; Une filiere en reconstruction...temporaire”, teză de doctorat susținută în cadrul Université Paris-Saclay – Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Școala doctorală Științele Omului și ale Societății, specialitatea: arhitectură, pag. 30-38;
- [192]. DIN 4108-6, SR EN 12524, date de la producător;
- [64]. Duculescu M., (2010), „Reguli pentru Arhitectura din pământ. Noțiuni, Materiale, Elemente de Construcție”, editura Arhiterra, ISBN: 9789730085747, pag.91;
- [177]. Duculescu M., (2010), „Reguli pentru arhitectura din pământ. Noțiuni, materiale, elemente de construcție”, ISBN : 9789730085747, pag. 95;

E

- [57]. Easton D., (2007), „The Rammed Earth House”, Chelsea Green Publishing, ISBN-10: 1933392371, pag.56;
- [331]. Ehrler J. J., (2006), „Banatul de la origini până acum (1774) ”, Timișoara Ed. de Vest, ISBN: 9789733604204;

F

- [18]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.13;
- [41]. Fontaine L., Romain Anger, (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 40-41;
- [46]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 21;
- [54]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 26-27;
- [56]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 70-71;
- [60]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 214;
- [62]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 124;
- [63]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 124;
- [112]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.83;
- [162]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag.18;
- [216]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188;
- [268]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.49;
- [275]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 72;
- [277]. Fletcher sir B., 1996, „A history of Architecture”, Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0 75062 2679, pag. 20-30;
- [282]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag. 80-85;
- [290]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 12;
- [292]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 16-23;
- [293]. Facey W., (2015), „Back to Earth. Adobe Building in Saudi Arabia”, Al-Turath Foundation, King Fahd National Library Cataloging-in Publication Data, ISBN: 978-603-8014-28-8;
- [299]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 18-21;
- [316]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 13;
- [357]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 16-23;
- [360]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 16-23;
- [361]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 42;
- [390]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 190;
- [391]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN: 978-2-7011-5204-2, pag. 192;
- [255]. Fletcher sir B., (1996), „A history of Architecture”, Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0750622679, pag. 39-90;

- [260]. Fletcher sir B., (1996), "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0750622679, pag. 39-90;
- [263]. Fletcher sir B., (1996), "A history of Architecture", Architectural Press, The Royal Institute of British Architects and the University of London, ISBN-10: 0750622679;
- [26]. Frampton K., (2007) "Part 3: Universal Civilization and National Cultures 1935-1998. In: The Evolution of 20th Century Architecture: A Synoptic Account." Springer, Vienna, pg. 85-86 , ISBN: 978-3-211-31195-0;

G

- [432]. „Geotehnica-Manual pentru lucrările de laborator”, disponibil on-line pe www.dl-manual.com/doc/geotehnica-manual-pentru-lucrarile-de-laborator-analiza-granulometrica-a-pamanturilor-9zqkddx35gzp, ultima accesare: 03.2021;
- [339]. Gheorghiu T. O., (2008), "Locuire tradițională rurală din zona Banat-Crișana [Elemente de istorie și morfologie; Protecție și integrare]", DTP Expres Timișoara, ISBN: 978-973-620-375-6, pag.366;
- [194]. Ghiaus A. G., 2003, "Transferul de căldură", CONPRESS București, ISBN 973-8165-84-9;
- [10]. Goodhew S., (2016), „Sustainable construction processes: a resource text” Chichester, United Kingdom; Hoboken, John Wiley & Sons, ISBN: 9781405187596;
- [17]. Golden E. M., 2018, „Building from tradition. Local Materials and Methods in Contemporary Architecture”, Routledge edition ISBN-10: 1138909920;
- [132]. Goodhew S., Griffiths R., (2004), "Sustainable earth walls to meet the building regulations", Energy and Buildings 37, Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944, pag. 451-459;

H

- [288]. Easton D., Wright C., (2007), "The rammed earth house", Chelsea Green Publishing, ISBN: 1933392371, pag. 22;
- [1]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 16;
- [36]. Houben H., Guillaud H. , (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 20;
- [37]. Houben H., Guillaud H. , (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 21;
- [65]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag.194;
- [74]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 258;
- [75]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 261;
- [86]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 255;
- [168]. Horst S., 2016, "Sustainable Building with Earth", in "The Development of Earth Building", pp.1-46;
- [250]. Houben H., Guillaud H., 2006, "Traité de Construction en terre", CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 17-25;
- [256]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 19;
- [259]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 19;
- [283]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 24-25;
- [351]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATERre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 126;

- [356]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de construction en terre", ", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3;
- [364]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag.36-41;
- [365]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, pag. 66-67;
- [366]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag.36-41;
- [382]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3;
- [402]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de construction en terre", ", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN 978-2-86364-161-3, pag. 503-504;
- [410]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 116-119;
- [431]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 118;

K

- [3]. Kapfinger O., Sauer M., (2015), „Martin Rauch. Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth“, Edition Detail, ISBN 978-3-95553-273-4. Pag. 6-12;
- [139]. dipl. ing. arhitekt König H., Bayerisches Landesamt für Umwelt, "Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden, Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten", pag.6-98, <https://www.lbb-bayern.de/fileadmin/quicklinks/Quick-Link-Nr-98300000-LfU-Inhalt-Lebenszyklusanalyse.pdf>, ultima accesare: 04.2021;
- [324]. Kräuter F., (1929), "Germanii din Banat (The Germans from Banat)", Transilvania, Banatul, Crișana Maramureșul, I : 639-648, București;
- [332]. Kräuter F., (1929), "Germanii din Banat (The Germans from Banat)", Transilvania, Banatul, Crișana Maramureșul, I: 639-648, București;

M

- [25]. Mallgrave H. F., (2010), "The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture", Willey-Blackwell, ISBN 9781405195850, pag.188-206;
- [72]. Minke G., 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.108;
- [81]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.140;
- [82]. Houben H., Guillaud H., (2006), "Traité de Construction en terre", CRATerre, Edition Parenthèses, ISBN : 978-2-86364-161-3, pag. 263;
- [8]. Mihăilescu V., 2017, "De ce este România astfel? avaturile excepționalismului românesc", Editura Polirom, ISBN13: 9789734668182;
- [89]. Minke G., 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag.92-97;
- [231]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8, pag. 15;
- [345]. Minke G., 2006, „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.101;
- [349]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.50;
- [354]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [369]. Minke G. (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN: 978-3-7643-7477-8; pag.46;
- [376]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.34;
- [377]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture“, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;

- [378]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.34;
- [379]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.28;
- [380]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.35;
- [381]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8;
- [384]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.40;
- [386]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.41;
- [388]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [392]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;
- [393]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.42;
- [396]. Minke G., (2006), „Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture”, ISBN-13: 978-3-7643-7477-8, pag.47;

N

- [273]. Nelson S., (2007), „From Cameroon to Paris. Mousgoum Architecture in & out of Africa”, The University of Chicago Press, 2007, ISBN: 978-0-226-57183-6, pag. 1-44;
- [172]. Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02;
- [174]. Normativ pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02;
- [178]. Normativ pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02;
- [195]. Normativul general privind calculul transferului de masă (umiditate) prin elementele de construcție, Indicativ C 107/6-01;
- [199]. Conform Normativului pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice la clădiri, C-107/0-02 ;
- [213]. Normativului privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativ N.E. 001-1996;
- [217]. Normativ privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri, Indicativ N.E. 001-1996;

P

- [24]. Pallasmaa J., (2012), "The eyes of the skin: architecture and the senses", Wiley, ISBN-10: 9781119941286, pag. 40-71;
- [52]. Parkin S. J., (2014), „Valuing the Vernacular: Scotland’s earth-built heritage and the impacts of climate change”, Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, School of Natural Sciences, University of Stirling;
- [140]. Conform Pachetului de Proiectare pentru Case Pasive, elaborat în 2015 de către Institutul Passive House din Germania, pag.58;
- [320]. Popescu I. V., (2009), "Arhitectura casei bănațene", Ed.Eurostampa,Timișoara, ISBN 978-973-687-897-8;
- [326]. Popescu I.V., (2003), "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara;
- [328]. Popescu I.V., (2003), "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara;
- [334]. Petrescu P., (1959-1961), "Studiul arhitecturii populare în Banat", în "Anuarul Muzeului Etnografic al Transilvaniei", Cluj-Napoca;
- [335]. Popescu I. V., (2009), "Arhitectura casei bănațene: sec XVIII-XX", Editura Eurostampa, Timișoara;
- [336]. Popescu I. V., (2009), "Casa Bănățeană – secolele XVIII-XX", Teză de doctorat, Analele Universității de Vest, Timișoara;
- [338]. Popescu I. V. , (2003), "Evoluția așezărilor rurale din Banat", editura Waldpress, Timișoara, pag. 112-115;

R

- [352]. Rauch M., 2015, "Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", ISBN 978-3-95553-273-4, pag.53-59;
- [458]. Rauch M., (2015), "Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth", ISBN 978-3-95553-273-4, pag.125;

S

- [245]. Sălăgean T., 2013, "De la tradiție la ocupare. Revitalizarea vechilor tradiții și dezvoltarea comunităților rurale", Ed. Argonaut, Cluj-Napoca;
- [7]. Sassi P., (2006), "Strategies for Sustainable Architecture", Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon ISBN 10: 0-415-34142-6;
- [119]. Smith P.F., (2005) , „Architecture in a climate of change. A guide to sustainable design", Amsterdam, ISBN 0 7506 65440, pag. 129;
- [123]. Goodhew S.,(2016), "Sustainable construction processes: a resource text", Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944 , pag.18-22;
- [123]. Goodhew S.,(2016), "Sustainable construction processes: a resource text", Chichester, UK ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, ISBN 9781119247944 , pag.15-16;
- [133]. Smith P. F., (2005), "Architecture in a Climate of Change. A guide to sustainable design", ISBN: 0 7506 65440, pag. 205-208;
- [323]. Simu T., (1924), "Colonizarea șvabilor în Banat (The colonisation of the Germans in Banat)", Banatul, I: 8- 75, Timișoara;
- [330]. Stoica N., 1981, "Cronica Banatului", Timișoara, editura Facla, ediția a II-a, 1981;

T

- [47]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 55-56;
- [50]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 44-47;
- [117]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 67-71;
- [322]. Țintă A.,(1972), “Colonizări habsburgice în Banat 1716-1740 (Habsburg colonisation in Banat 1716-1740)”, Timișoara: Facla;

X

- [180]. Xie H., Gong G., Wu Y., Liu Y., Wang Y., 2018, „Research on the Hygroscopicity of a Composite Hygroscopic Material and its influence on Indoor Thermal and Humidity Environment”, ultima accesare: 03.2021;

ARTICOLE:

A

- [58]. Aimilios M., Philokyrou M., Thravalou S., Ioannou I., (2016), "The role of adobes in the thermal performance of vernacular dwellings", Terra Lyon 2016, Villefontaine, CRATerre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [296]. Al-Zubaidi, M.S., (2002), "The Efficiency of Thermal Performance of the Desert Buildings-The Traditional House of Ghadamès, Libya", Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec, Canada;
- [267]. Amirjamshidi G., Fodde E., Ayala, D.D. Mokhtari E., (2012), "The role of intangible assets in the conservation of Bam and its cultural landscape as a World Heritage site", WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol.161, WIT Press, ISSN 1743-3541;
- [291]. Amundsen M., (2018), "Questions-réponses avec Juhani Pallasmaa sur l'architecture, l'esthétique des ambiances et les effets du temps", <https://doi.org/10.4000/ambiances.1257>, 20.08.2019, ultima accesare: 03.2021;
- [14]. Andres B., Devillers P., Defrenne E., (2018), "Influence de la conception architecturale et du climat sur les transferts d'humidité dans une paroi", J. Thierry, G. Hubert, S. Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATerre, ultima accesare: 04.2021;
- [114]. Anger R., Fontaine L., Joffroy T., Ruiz E., (2010), "Proparco" Construire en terre, une autre voie pour loger la planète", No. 9, , UN Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, Buildings and Constructions as tools for promoting more sustainable patterns of consumption and production, Sustainable Development, Innovation Briefs, <http://craterre.org>, ultima accesare: 03.2021;
- [394]. Aubert J.-E., Magniont C.,(2016), "Corn cob influence on unfired earth bricks properties" in Terra 2016, articles selected for on-line publication, Villefontaine: CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4;

B

- [104]. Balaguera A., Carvajal G.I., Alberti J., Palmer P.F., (2018), "Life Cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review" in Resources, Conservation and Recycling, Volume 132, pag. 37-48; <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-footprint>;
- [368]. Baker P. H., David N., Galbraith G.H., Mclean R.C., (2007), "Evaluation of the use of wooden dowels as a technique for the measurement of the moisture content of masonry", London, UCL in "Engineering historic futures: stakeholders dissemination and scientific research report", ISBN: 978-0-9539021-87, https://www.researchgate.net/publication/282476705_Measurement_of_moisture_content_in_solid_brick_walls_using_timber_dowel;
- [244]. Barrow J., Jones R., (2016), "Cornerstones Community Partnerships assis communities in preserving their earthen-architectural heritage", 11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage;
- [426]. asist.dr.ing. Bejan F., curs 1, Fizica Mediilor Poroase, Master Inginerie Geotehnică, www.florinbejan.ce.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2018/05/CURS-02_2018_02.pdf, ultima accesare: 02.2021;
- [11]. Ben Alon L., Loftness V., Harries K. A., Cochran Hameen E., (2020), "Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)", LEHM Erde International Conference on Building with Earth, Weimar, Germany, articol disponibil on-line, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/online>, ultima accesare:04.2021;
- [93]. Ben-Alon L., Loftness V., Harries K. A., Cochran Hameen E., (2020), "Integrating earthen building materials and methods using perception surveys and life cycle assessment (LCA)", School of Architecture, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, Civil and Environmental Engineering Department, University of Pittsburgh, USA, https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_ben-alon-et-al_en.pdf, ultima accesare: 04.2021;

- [355]. Benazzoung B.R., Kenai S., (2004), "Performance of compacted cement stabilized soil", *Cement Concrete Composition* 26:811-20, Elsevier, ISSN: 0958-9465, <https://trid.trb.org/view/769327>, ultima accesare: 04.2021;
- [190]. Berardi U., Soudian S., (2018), "Benefits of latent thermal energy storage in the retrofit of Canadian high-rise residential buildings", *Building Simulations*, 11, 709-723, <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0435-x>, ultima accesare: 04.2021;
- [185]. Bilgin F., Arici M., (2017), "Effect of Phase Change Materials on Time Lag, Decrement Factor and Heat-Saving" in Special Issue of the 3rd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2016), Vol. 132, DOI:10.12693/AphysPoA.132.1102, <http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/132/app132z3-IIp077.pdf>, ultima accesare: 04.2021;
- [107]. Bolthausen R., (2017), "Techniques de construction en terre crue et potentiel des modes de construction hybrides en argile en Europe centrale", "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne", ISBN 978-3-03863-029-6, pag.80;
- [446]. Bonnevie M., (2018), "Terra nostra, prototype d'habitat: un projet pédagogique innovant", Grenoble : AE&CC-ENSAG. 89 p. ISBN 979-10-96446-15-5, <https://craterre.hypotheses.org/1797>, ultima accesare: 04.2021;
- [411]. Boulanger, R. W. Idriss, I.M., (2006), "Liquefaction Susceptibility Criteria for Silts and Clays", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, November; <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/>, ultima accesare: 03.2021;

C

- [29]. Canizaro V. B., (2007), "Collected writings on place, identity, modernity and tradition" Princeton Architectural Press, New York, Chapter 7, ISBN-13:978-1-56898-616-6, pAg.368-394;
- [440]. Castellarnau Visus A., (2016), "Contemporary Vernacular House, an awareness exercise" Terra; Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [130]. Caro D., (2019), "Carbon Footprint" in *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)*, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Vol.4, pag. 252-257, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534719300523>, ultima accesare: 04.2021;
- [5]. Costa P., (2013), "Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development", CRC Press/ Taylor & Francis, pag. 727-729;

D

- [450]. Dabaieh M., Sakr M., (2015). "Transdisciplinarity in rammed earth construction for contemporary practice", p.107-113, *Earthen Architecture: Past, Present and Future – Mileto, Vegas, García Soriano & Cristini (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London*, ISBN:978-1-138-02711-4, <https://portal.research.lu.se/portal/files/5518370/5276390.pdf>, ultima accesare: 04.2021;
- [409]. dr. ing. Damian A., "Criterii de evaluare a susceptibilității la lichiefiere a pământurilor coezive", publicat în revista *Construcțiilor*, anul XIII, nr. 137 din iunie 2017, <https://www.revistaconstrucțiilor.eu>, ultima accesare: 03.2021;
- [153]. Dincer I., Bicer Y., (2018), "Fundamentals of energy systems" în *Integrated Energy Systems for Multigeneration*, pag. 33-83, DOI:10.1016/B978-0-12-809943-8.00002-9, https://www.researchgate.net/publication/338307203_Fundamentals_of_energy_systems, ultima accesare: 04.2021;
- [235]. Djurovic-Petrovic M. D., (2015), "Experimental Investigation of Rockwool Insulation Hydrothermal properties related to material structure" in *Thermal Science*, Vol.19, no.3, pag. 923-928, DOI: 10.2298/TSCI131216168D, https://www.researchgate.net/publication/283181542_Experimental_investigation_of_rockwool_insulation_hydrothermal_properties_related_to_material_structure, ultima accesare: 04.2021;
- [353]. Dura A., Martinez Boquera A., Pulido L., (2012), "Analysis and characterization of earthen architecture as a structural material: The corbelled course dome in Syria", London, United Kingdom, CRC Press Taylor, ISBN:978-0-415-62125-0;

E

- [301]. Eltrapolsi A., Altan H., (2017), „Interpretation of Sustainable Desert Architecture in Ghadames City, Lybia”, SOS tierra 2017: International Conference on Vernacular Earthen Architecture, Conservation and Sustainability, Valencia, DOI: 10.1201/9781315267739-18, <https://www.researchgate.net/publication/320176979>, ultima accesare: 04.2021;
- [261]. van Ess M., Alia Blaschek J., Ziegert C., (2020) „Preservation of the Iraqi Archaeological Architectural Heritage – Current conservation projects in Uruk (southern Irak)”, LEHM Erde International Conference on Building with Earth, Weimar, Germany, articol disponibil on-line, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/online>, ultima accesare: 04.2021;

F

- [280]. Frangedacki E., Gao X., Lagaros N., Briseghella B., Marano G. C., Sargentis G.F., Meimaroglou N., (2019), „Fujian Tulou Rammed Earth Structures: Optimizing Restoration Techniques Through Participatory design and Collective Practices”, 1st International Conference on Optimization – Driven Architectural Design;
- [31]. Frampton K., 2002, „Botticher, Semper and the Tectonic: Core Form and Art Form.” In *What is Architecture?* New York:Routledge, pag.138-152;
- [197]. Fontaine L., Anger R., (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, ISBN : 978-2-7011-5204-2, pag.188;
- [16]. Florescu E.R. , Bica S.M., (2020), „Earth as an alternative. Indicators regarding the ecological character of building materials”, 7th International Conference on Education and Social Sciences, Dubai, ISBN 978-605-82433-8-5;
- [453]. Florescu E.R., Bica S.M., (2019), „Interdisciplinary approach in promoting earth construction technoques in the Banat region, Romania”, ISBN 978-605-82433-5-4;
- [459]. Fouillet F., preluat din articolul „L’Orangerie – A new generation of earth building in Lyon” de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 12.2020;
- [306]. Finster B., „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg, <https://archnet.org/publications/3047>, ultima accesare: 04.2021;
- [307]. Finster B., „An outline of the history of islamic religious architecture in Yemen”, University of Bamberg, <https://archnet.org/publications/3047>, ultima accesare: 04.2021;

G

- [129]. Godard O., (2008), „The Stern Review on the Economics of Climate Change: contents, insights and assessment of the critical debate”, publicat în *Sapiens*, DOI: 10.5194/SAPIENS-1-17-2008, Departement d’Economie, Ecole Polytechnique Paris, <https://www.researchgate.net/publication/30438170>, ultima accesare: 04.2021;
- [108]. Guillaud H.. (1998), *Tradition et modernité des cultures constructives de l’architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation. Habitat e Architettura di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01806210/document>,ultima accesare: 04.2021;
- [254]. Guillaud H., (1998), „Tradition et modernité des cultures constructives de l’architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation” *Habitat e Architettura di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive*, [ffhal-01806210f](https://hal-01806210f), ultima accesare: 03.2021;
- [158]. Guinee J., (2015), „Abiotic Depletion Potential-its philosophy from 1995/2002” in *Metals Industry Workshop on „Mineral resources in LCIA”, Natural History Museum, London*, <https://www.euromimes.org>, ultima accesare: 04.2021;
- [55]. Gunawardena K-C., (2008), „The future of cob and strawbale construction in the UK”,University of Cambridge,

https://www.researchgate.net/publication/319204964_The_future_of_cob_and_strawblae_construction_in_the_UK_Subject_paper, ultima accesare: 04.2021;

H

- [346]. Hall M.R., Casey S., (2012), University of Nottingham, "Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings" in "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 25-28, <https://www.oreilly.com/library/view/modern-earth-buildings/9780857090263/xhtml/B9780857090263500022.htm>, ultima accesare: 04.2021;
- [371]. Hall M.R., Casey S., (2012), "Hygrothermal behaviour and occupant comfort in modern earth buildings" in "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", University of Nottingham, Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 25-28, <https://www.oreilly.com/library/view/modern-earth-buildings/9780857090263/xhtml/B9780857090263500022.htm>, ultima accesare: 04.2021;
- [294]. Hamed Abidi L., Alcorn A., Bello C., „Ancient Adobe for Modern Sustainability: Solutions from and for Ghadamès”, Sustainable Architecture and Urban Development, sursă: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC22683, ultima accesare: 04.2021;
- [449]. Harlov-Csortan M.,(2020), „Adaptation history of an earth-built World Heritage”, J. Thierry, G. Hubert, S. Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [212]. Haupts H., (2020), „Historical timber and earth constructions in Norway. Vapour permeable surfaces – restoration challenges”, https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020_online/pdf/lehm2020_b_haupts_en.pdf , ultima accesare: 04.2021;
- [317]. Hilgert F., (2017), "Les potentiels de la construction en pisé aujourd'hui", "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne", ISBN 978-3-03863-029-6, pag.164-165;
- [372]. Hopfe C.J., M.R. Hall, (2012), University of Nottingham, UK, "Humidity and Condensation", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Cardiff University, Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN: 978-0-85709-026-3, pag.60, <https://2lib.org/book/>, ultima accesare: 04.2021;
- [120]. Horst S., (2015), "Sustainable Building with Earth", in "Structures Built of Earth Building Materials – Impacts, Structural Damage and Preservation", pp.527-540, https://www.researchgate.net/publication/284780560_Sustainable_Building_with_Earth, accesat on-line:04.2021;

I

- [204]. Irsyad M., Pasek A.D., Indartono Y.S., Pratomo A.W.,(2016), „Heat transfer characteristics of building walls using phase change material”, 1st International Symposium on Green Technology for Value Chains, IOP Conference Series:Earth and Environmental Science 60(2017) 012028, doi:10.1088/1755-1315/60/1/012028;
- 433]. Izdebska-Mucha D., Wojcik E., (2013), "Testing shrinkage factors: comparison of methods and correlation with index properties of soils", Bulletin of Engineering, Geology and the Environment, 72, <https://depot.ceon.pl/handle/123456789/15880>, ultima accesare: 04.2021;

J

- [2]. Jain A., (2012), "Performance of Earth as a Building Material", Architectural Association School of Architecture, Londra, Regatul Unit;
- [182]. Jannat N., Hussien A., Abdullah B., Cotgave A., (2020), „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics” , Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4892> ultima accesare: 03.2021;
- [191]. Jannat N., Hussien A., Abdullah B., Cotgave A., (2020), „A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics”,

https://www.researchgate.net/publication/342179366_A_Comparative_Simulation_Study_of_the_Thermal_Performances_of_the_Building_Envelope_Wall_Materials_in_the_Topics, Open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution, ultima accesare: 04.2021;

- [395]. Joffroy T., (2012), „Preventive conservation: A concept suited to the conservation of earthen architectural heritage?“, 12th SIACOT Proceedings;

K

- [398]. Kanefusa H., Shimada O.K.M., (2016), „International conservation principles in earthquake zones“, Japan” in Terra 2016, 12th SIACOT Proceedings, ISBN: 978-972-8479-94-7, 261-267;
- [32]. Kawamukai M., (2000), A study on Gottfried Semper’s „The four elements of Architecture“, Journal of Architecture and Planning;
- [149]. Kim, S.Tae, C.U.Chae, 2016, „Analysis of Environmental Impact for Concrete Using LCA by varying the Recycling Components, the Compressive Strength and the Admixture Material Mixing” in Sustainability 2016, 8, 389, licență Basel, Switzerland. Acest articol este cu acces libCreative Commons Attribution <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, ultima accesare: 03.2021;
- [232]. Kim T. Hyoung, Chae C.U., (2016), Environmental Impact Analysis of Acidification and Eutrophication Due to Emissions from then Production of Concrete, sustainability, Life Cycle Assessment on Green Building Implementation,, 8(6) <https://doi.org/10.3390/su8060578>, ultima accesare: 03.2021;
- [239]. Klinge A., Roswag E., Fontana P., Hoppe J., Richter M., Sjostrom C., (2016), “Hygroscopic natural materials versus mechanical ventilation”,https://terra2016.scienceconf.org/conference/terra2016/2016_07_01_pre_actes_terra2016.pdf, ultima accesare: 04.2021;

L

- [383]. Laborel-Preneron A., Aubert J.-E., Magniont C., (2016), „Corn Cob influence on unfired earth bricks properties”, articles selected for on-line publication, Villefontaine: CRATERre, ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [94]. Landrou G., Brumaud C., Habert G., (2016), “Procede innovant pour le developpement d’un beton d’argile auto-placant”, https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-267_Landrou.pdf, Villefontaine : CRATERre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [344]. Leylavergne E., (2018), “La filière terre crue en France - enjeux, freins et perspectives”, articles selected for on-line publication, Villefontaine : CRATERre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [187]. Lizarraga J. M.PS., Picallo-Perez A., (2020), “ Exergy analysis of heat transfer in buildings”, in Exergy Analysis and Thermoconomics of Buildings, Design and Analysis for Sustainable Energy Systems, pag. 263-343, <https://dokumen.pub/exergy-analysis-and-thermoconomics-of-buildings-design-and-analysis-for-sustainable-energy-systems-0128176113-9780128176115.html>, ultima accesare: 04.2021;

M

- [312]. Mahmoud R.A., (2016), “Old Gourn: Redefining Sustainability in Vernacular Architecture/Urbanism”, Procedia Environmental Sciences, Volume 34, pag. 439-452, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877040816307054>;
- [327]. Marchescu A., (1941), “Grănicerii bănațeni și comunitatea de avere (contribuții istorice și juridice), Caransebeș;
- [342]. Maskell D., Reddy V., Heath A., Walker P., (2016), “Modern earth construction techniques – an overview”, Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference, Padova, Italy, 26-30 June 2016, C. Modena, F. Da Porto, M.R. Valluzzi, ISBN: 9781138029996;
- [358]. Mathieu C., (2009), „La physique des grains. Entretien avec Romain Anger et Laetitia Fontaine”, Revue Ecologik, numero 12, pag. 74-79;
- [90]. Mattone M., Bignamini M., (2012), “Conservation of earthen constructions: Earth gypsum plasters”, London, United Kingdom, CRC Press Taylor Francis Group;

- [246]. McLaughlin D., Addersley P., Kennedy C., Leslie A., (2020), „Management of Louisiana’s historic bousillage buildings”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRATerre, ultima accesare: 04.2021;
- [27]. Meganck L., Van Santvoort L., De Maeyer J., (2013), „Regionalism and Modernity. Architecture in Western Europe. 1914-1940”, Leuven University Press, ISBN: 9789058679185;
- [305]. Mehta D., (2009), „On Conservation and Development: The Role of Traditional Mud Brick Firms in Southern Yemen”, Globelics 2009: Inclusive Growth, Innovation and Technological Change: education, social capital and sustainable development, October 6th-8th, Dakar, Senegal;
- [91]. Melia P., Ruggieri G., Sabbadini S., Dotelli G., (2014), „Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters”, Journal of Cleaner Production, v.80, pag. 179-186;
- [233]. Menon S., Naranje dr. V. G., (2017), “Experimental Investigation of Recycling of Rock Wool Insulation as Insulator in Concrete Blocks” in International Journal of Engineering and Applied Science (IJEAS) ISSN: 2394-3661, Vol.4, no.4, https://www.researchgate.net/publication/323561460_Experimental_Investigation_of_Recycling_of_Rock-Wool_Insulation_as_Insulator_in_Concrete_Blocks, ultima accesare:04.2021;
- [313]. Miles M., (2016), „Utopias of Mud? Hassan Fathy and Alternative Modernism”, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1206331205285852?journalCode=saca>, ultima accesare: 03.2021;
- [266]. Misra M. (2008), “Bam and its cultural landscape”, International Journal of Environmental Studies, 65:4, pag. 603-6019, DOI: 10.1080/00207230802294748;
- [95]. Moevus-Dorvaux M., Couvreur L., Ronsoux L., Christian OIagnon Y.-J., Maximilien S., Fontaine L., Anger R., Doat P., (2016), „Environmental clay based concrete”, XII Congrès mondial sur les architectures de terre, CRATerre et Amaco, France, https://www.researchgate.net/publication/320421889_Environmental-Clay-based_Concrete, ultima accesare : 04.2021;
- [385]. Moevus M., Anger R., Fontaine L., (2018), “Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review”, in Terra 2016 T. Joffroy, H. Guillaud, H. Sadozai, article selectate pentru publicare on-line Villefontaine: CRATerre. ISBN 979-10- 96446-12-4, https://www.researchgate.net/publication/281661050_Hygro-thermo-mechanical_properties_of_earthen_materials_for_construction_a_literature_review, ultima accesare: 04.2021;
- [389]. Moevus M., Anger R., Fontaine L., (2016), „Uniaxial compressive strength in Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review”, in Terra 2012 Proceedings, 11th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, pag. 216;
- [413]. Moevus M., Anger R., Fontaine L., (2014), „Hygro-Thermo-Mechanical Properties of earthen materials for construction: a literature review”, Terra 2012, XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, Lima, Peru, <https://tel.archives-ouvertes.fr/ENSAG/hal-01005948v1>, ultima accesare: 03.2021;
- [15]. Moulis I., Jamin M. et Marcom A. , (2018), „Quand les travailleurs de la terre apprennent à la bâtir”, article selectate pentru publicare on-line Villefontaine: CRATerre, ISBN:979-10-96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [176]. Muller U., Ziegert C., Kaiser C., Rohlen U., (2012), „Eigenschaften industrieller Lehmbauprodukte für den Mauerwerksbau und Verhalten von Lehmsteinmauerwerk”, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co, KG, Berlin, Mauerwerk 16;
- [325]. Munteanu I., (2004-2005), “Emigrări din Banatul istoric la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea”, Analele Banatului, Arheologie Istorie, XII

N

- [343]. Narayanaswamy A. H., Morel J.-C., Fabbri A., (2018), "Shear Test Procedure for Rammed Earth", articles selected for on-line publication, Villefontaine :CRATERre.ISBN:979-10-96446-12-4, ultima accesare:03.2021;

O

- [159]. van Oers L., Guinea J.B., Heijungs R., (2020), „Abiotic resource depletion potentials (ADPs) for elements revisited – updating ultimate reserve estimates and introducing time series for production data”, in *The International Journal of Life Cycle Assessment*, no.25, pag, 294-308, LCIA of impacts on Human Health and Ecosystems, <https://www.researchgate.net/publication/336595332>, ultima accesare: 04.2021;
- [477]. Olgyay V.; Frontado J.; Clavet L., (1998), "Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas", <https://www.worldcat.org/title/arquitectura-y-clima-manual-de-diseno-bioclimatico-para-arquitectos-y-urbanistas/oclc/968794539>, ultima accesare: 04.2021;

P

- [19]. Pacheco-Torgal F., Jalali S., (2012), „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, *Construction and Building Materials* 29, pag.512-519;
- [102]. Pacheco-Torgal F., S. Jalali, (2012), „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, *Construction and Building Materials* 29, pag.512-519, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>;
- [347]. Pacheco-Torgal F., Jalali S., (2012), „Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction”, *Construction and Building Materials* 29, pag.512-519;
- [23]. Pallasmaa J., (1988), „Tradition and Modernity: The Feasibility of Regional Architecture in Post Modern Society”, *The Architectural Review*, pag.25-34;
- [22]. Papale P., Chiesi L., Rampinini A.C., P. Pietrini P., Ricciardi E.,(2016), „When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain”. *Front Psychol.*; 7:866. Published 2016 Jun 9, doi:10.3389/fpsyg.2016.00866;
- [164]. Papayianni I., Anastasiou E. & Papadopoulou K., (2015), *Laboratory of Building Materials, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Greece*, " Comparative Life Cycle Assessment of earth-block and conventional concrete-based houses", *WIT Transactions on Ecology and The Environmnet*, Vol. 193, WIT Press, ISSN 1743-3541;
- [92]. Pointet M., Schmitt B., Plumier C., Le Tiec J.-M., (2016), „Terre coule armee: du beton de ciment au beton de terre. L’avance des etudes et mises en œuvre du systeme terre coulee pour un beton architectonique”,
- [224]. Praseeda K.I., Venkatarama Reddy B.V., Mani M., (2017), „Life-Cycle Energy Assessment in Buidings: Framework, Approaches and Case Studies, Reference module in Earth Systems and Environmental Sciences, pag. 113-136, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10188-5>, ultima accesare: 04.2021;
- [279]. Preciado A., Ayala K., Torres S., Villareal K., (2017), „Performance of a Self-Build Rammed Earth House in a High Seismic Zone in Mexico”, 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions, Lisbon, Portugal, Volume 1;

R

- [359]. Reddi L.N., Jain A.K., Yun H.B., (2012), "Soil materials for earth construction: properties, classification and suitability testing", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, pag. 155-171, <https://scholars.fiu.edu/display/pub-000315529500007>, ultima accesare: 04.2021;
- [87]. Rescic S., Mattone M., Fratini F., Luvidi L., (2021), „Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign” articolo disponibile on-line Villefontaine: CRATERre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 02.2020;
- [215]. Rescic S., Mattone M., Fratini F., Luvidi L., (2021), "Earthen Plasters Stabilized through Sustainable Additives: An Experimental Campaign", publicat în "Protection and Sustainable Development of Traditional Earthen Architecture", <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1090>, ultima accesare: 04.2021;

- [154]. Rice K.C., Herman J., (2012), "Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scales", *Applied Geochemistry*, Volume 27, Issue 1, pag. 1-14, ISSN 0883-2927, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.09.001>, <https://www.researchgate.net/publication/251599602>, ultima accesare: 04.2021;
- [48]. de la Rocha Mille R., (2011), „Museum without walls, the museology of George Henry Riviere ", City University London, Department of Cultural Policy and Management, pag. 70-90;
- [53]. Rongen L., (2014), University of Applied Sciences, Erfurt and Rongen Architects, Germany, „Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN: 978-0-85709-026-3, pag. 148-151;
- [348]. Rongen L., (2014), University of Applied Sciences, Germany, "Passive house design: a benchmark for thermal mass fabric integration", "Modern Earth Buildings. Materials, Engineering, Constructions and Applications", Woodhead Publishing Series in Energy, ISBN:978-0-85709-026-3;
- [189]. Rincon L., Carrobe A., Medrano M., Sole C., Castell A., Martorell I., (2019), "Analysis of the thermal behaviour of an earthbag building in Mediterranean Continental Climate: Monitoring and Simulation", December 2019, *Energies* 13(1):162, DOI:10.3390/en13010162;

S

- [145]. Santi S., Piero F., Corrandini G., Cavvalli R., Zanetti M., (2016), „Massive wood material for sustainable building design: the Massiv-Holz-Mauer wall system", *Journal of Wood Science*, 62, 416-428, <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/s10086-016-1570-7>, ultima accesare: 04.2021;
- [21]. Sarvimaki M., (2011), "Considering Research: Reflecting Upon Current Themes in Architectural Research", *Proceedings of the 2011 ARCC Spring Research Conference*, Architectural Research Centers Consortium Considering Research, Lawrence Tech University, Editors: Philip Plowright, Bryce Gamper ISBN 978-1-257-32189-6, pag.245-257;
- [88]. Santos T., Faria P., (2016), „Evaluating earthen mortars for rendering", *articol disponibil on-line Villefontaine : CRAterre*. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 02.2020;
- [214]. Santos T., Faria P., (2020), Characterization of earthen plasters. Influence of formulation and experimental methods. <https://editorialrestauro.com.mx/characterization-of-earthen-plasters-of-formulation-and-experimental-methods>, accesat on-line: 03.2021;
- [253]. Schepens C., (2015), "The factors involved in the florescence of 'art' and symbolic practices in the Neolithic of Anatolia and the Levant", <https://www.semanticscholar.org/paper/The-factors-involved-in-the-florescence-of-%27art%27inSchepens/5e1d6943605ba57b82fb151a043574ec008dbae0/figure/96>;
- [138]. Schroeder H., Lemke M., Dachverband Lehm, (2020), „The ecological life cycle assesement of earth building materials" in *Lehm Conference Weimar Germany*, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 04.2021;
- [143]. Schroeder H., Lemke M., Dachverband Lehm, (2020), „The ecological life cycle assesement of earth building materials" in *Lehm Conference Weimar Germany*, <https://www.dachverband-lehm.de/lehm2020/conference>, ultima accesare: 04.2021;
- [278]. Shan D., Wang D., (2004), "Chinese vernacular dwelling", *China Intercontinental Press*, ISBN: 7-5085-0370-8, <https://www.mdpi.com>, ultima accesare: 04.2021;
- [134]. Shukla A., Tiwari G.N., Sodha M.S., (2009), "Embodied energy analysis of adobe house", *Renewable Energy* 34 (2009), 755-761, <https://www.researchgate.net/publication/229092779>;
- [184]. Sivanathan A., Dou Q., Li Y. W.Y., Corker J., Zhou Y. and Fan M., (2020), „Phase change materials for building construction: An overview of nano-/microencapsulation",

- doi:<https://doi.org/10.1515/ntrev20200067>,<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/ntrev-2020-0067/html>, ultima accesare:03.2021;
- [148]. Solomon S., Wuebbles D., (2012), „Ozone Depletion Potentials, Global Warming Potentials, and Future Chlorine/Bromine Loading”, accesat on-line: <https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/1994/chapters/chapter13.pdf>, ultima accesare:03.2021;
- [387]. Stephenson V., Fodde E. , (2016), „The feasibility of using scientific techniques to assess repair-material suitability in earthen-building conservation”; in Terra 2016 T. Joffroy, H. Guillaud, H. Sadozai, articole selectate pentru publicare on-line Villefontaine: CRAterre. ISBN 979-10- 96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [247]. Syrova Z., Syrový J.,(2020), „Constructions en terre dans le système d’information du patrimoine”, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- [452]. Syrova Z., Syrova J., „Constructions en terre dans le système d’information du patrimoine”, 2018, Joffroy Thierry, Guillaud Hubert, Sdozai Chamsia, Article selectionate pentru publicare on-line, Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4, ultima accesare: 04.2021;
- T**
- [207]. Teitelbaum E., Jayathissa P., Miller C., Meggers F.M., (2019), „Design with Comfort: Expanding the psychrometric chart with radiation and convection dimensions”, Energy and Buildings,https://www.researchgate.net/publication/334697927_Design_with_Comfort_Expanding_the_psychrometric_chart_with_radiation_and_convection_dimensions, ultima accesare: 04.2021;
- [399]. Torrealva D., Vicente E., (2016) „Traditional Seismic Retrofitting techniques”, https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/33_2/gcinews16.html, ultima accesare: 04.2021;
- V**
- [249]. Vassallo J., (2017), “Un essai sur la terre crue” în Pisé – Tradition et Potentiel”, “Ecole polytechnique fédérale de Lausanne”, ISBN : 978-3-03863-029-6 , pag. 152;
- Y**
- [363]. Yan Z.F., (2005), „Research on the dynamic moisture adjusting effect of interior materials of adobe buidings”, School of Architecure, XI’an University of Architecture & Technology, China, Proceedings: Indoor Air, <http://lib.hljucm.net/auto>;
- Z**
- [237]. Zhang, Qin M., Chen Z., (2017), “Moisture Buffer Effect and its Impact on Indoor Environment” in 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October, Jinan, China;
- [206]. Ziegert C., Roswag-Klinge E., (2016), „Internal insulation pf historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAterre, ISBN:979-10-96446-12-4;
- [211]. Ziegert C., Roswag-Klinge E., (2016), „Internal insulation pf historic buildings with earth building materials”, articole selectate pentru publicare on-line. Villefontaine, CRAterre, ISBN: 979-10-96446-12-4;
- [441]. Widera B., (2015), “Bioclimatic Architecture” Journal of Civil Engineering and Architecture Research, pag.567-578, https://www.researchgate.net/publication/276936877_Bioclimatic_architecture, ultima accesare: 04.2021;

SURSE ON-LINE:

- [314]. Aga Khan Trust for Culture, Bern, Switzerland, https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260, ultima accesare: 03.2021;
- [71]. Agaton Lehm Gesamtkatalog 2019, Putze und farben, lehmplatten, wandheizung, THERMO NATUR GmbH & Co. KG, ultima accesare: 01.2020;
- [373]. Agaton Lehm, „Hochwertige Lehm-Baustoffe mit der Mehrwert der Natur“, Thermo Natur GmbH & Co., Nordlingen, <https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/AGATON-LEHM-Gesamtprospekt.pdf>, ultima accesare: 04.2021;
- [118]. Anita Frajman Ivković, Marija Ham, Josipa Mijoč, 2014, „Measuring Objective Well-Being and Sustainable Development Management“, Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology, <https://www.researchgate.net/publication/263558369>, ultima accesare: 04.2021;
- [110]. Asociația Dachverband Lehm, Germania, <https://www.dachverband-lehm.de/>, ultima accesare: 01.12.2020;
- [173]. Asociației Producătorilor Europeni de Materiale de Izolație (EURIMA), sursă: <https://www.eurima.org/u-values-in-europe>, ultima accesare: 03.2021;
- [66]. Building with Earth. Consumere Information, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.10;
- [265]. „Bam and its Cultural Landscape“, Iran, <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, ultima accesare: 09.2019;
- [445]. Broșura „15^{eme} Festival Grains D’Isère. Architecture, Art & Science“, 27-29 mai 2016, Les Grands Ateliers Villefontaine, realizată de dixitdesign.fr, Imprimerie Cusin;
- [111]. Catedra UNESCO, „Architecture de terre, cultures constructives et developpement durable“ din cadrul CRATERRE-ENSAG, <http://craterre.org/>, ultima accesare: 04.2021;
- [400]. Consiliul Județean Vâlcea, „Planul de Amenajare a Teritoriului județului Vâlcea“, <http://www.cjvalcea.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [127]. Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, consiliu, comitetul economic și social european și comitetul regiunilor. „O strategie a UE pentru încălzire și răcire“, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/ALL/?uri=CELEX%3A52016DC0051>, ultima accesare: 02.2021;
- [116]. Conseil Architecture Urbanisme Environnement, Urbanisme Operationnel Extension, „Au cœur du village terre“, www.caue41.fr/conseils-aux-collectivites/, ultima accesare: 04.2021;
- [109]. Comitetului Științific Internațional pentru patrimoniul arhitectural din pământ, <https://www.icomos.org/en?p=274>, ultima accesare: 01.12.2020;
- [179]. Crișan R., fig.77. Zidărie de 1 ½ cărămizi, 37,5cm, extras din Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton 2006-2007, pag.2, ultima accesare: 04.2021;
- [28]. Delany G., „Lessons/regionalism in architecture – definition, characteristics, examples“ <https://study.com/academy/lesson/regionalism-in-architecture-definition-characteristics-examples.html>, ultima accesare: 05.2020;
- [437]. Department of Transportation of the State of New York, Office of Technical Service, Geotechnical Engineering Bureau, 2015, „Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity index“, pag. 15-16, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/technical-services-repository/GTM-7b.pdf>, ultima accesare: 05.2021;
- [61]. DIN 18945 : 2018-12, Lehmsteine – Anforderungen, Prufung und Kennzeichnung, <https://www.beuth.de/de/norm/din-18945/296262224>, accesat on-line: 04.2021;
- [84]. DIN 18946: 2013-08 Lehmputz-Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren, DIN; <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-din-normen>, ultima accesare: 10.2021;
- [370]. DIN EN ISO 12752, 2017, „Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties - Cup method (ISO 12572:2016)“, <https://www.iso.org>, ultima accesare: 05.2021;
- [374]. DIN 4102-1 fire test to building material, <https://fr.polymerinsights.com>, ultima accesare: 05.2021;

- [447]. Dosarul de presă al expoziției " Ma terre première", realizat de Maud Cerci, Espace presse : [www. museedesconfluences.fr/ fr/espace_presse](http://www.museedesconfluences.fr/fr/espace_presse), ultima accesare: 01.2021;
- [298]. Ealiwa M.A., Taki A.H., Howarth A.T., Seden M.R., (2001) „An investigation into thermal comfort in the summer season of Ghadames, Libya”, Building and Environment, Volume 36, Issue 2, February 2001, pag. 231-237;
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132399000712>;
- [105]. EU environmental policy targets and objectives , 2010-2050, "Towards a green economy in Europe", EEA Report, no.8/2013, ultima accesare: 04.2021;
- [51]. Extras din "Le Corbusier, "Oeuvre complete", volumul 4, 1938-1946, www.fondationlecorbusier.fr;
- [30]. Frampton K., 1983 , "Towards a Critical Regionalism. Six Points for an Architecture of Resistance";
<https://www.modernindenvier.com/wpcontent/uploads/2015/08/Frampton.pdf>, ultima accesare: septembrie 2020;
- [281]. Fujian Tulou, <https://whc.unesco.org/en/list/1113/>, ultima accesare:12.2020;
- [285]. Getty Institute, „The earthen architecture initiative, Guidelines for the teaching of earthen conservation”, ultima accesare: 02.2021;
- [295]. Ghadamès, Libia, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;
- [297]. Ghadamès, Libia, <https://whc.unesco.org/en/documents/119108>, pag. 17, 29.11.2020;
- [340]. Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR /despre-oar/Timiș,<https://www.oar.archi>, ultima accesare: 2020;
- [341]. Ghid de arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, Județul Timiș, OAR Timiș, ultima accesare: 2020;
- [136]. Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency, <https://www.trafikstyreisen.dk>, pag.8, ultima accesare: 04.2021;
- [144]. Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency, <https://www.trafikstyreisen.dk>, ultima accesare: 04.2021;
- [429]. Indicativul P70-79, privind instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM), <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [6]. Hauff V., Raport Brundtland din 1987 al Comisiei Mondiale a Mediului și Dezvoltării (WCED),<https://sustainabledevelopment.un.org/content/document/5987our-common-future.pdf>, ultima accesare: 05.2021;
- [67]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 12;
- [68]. <https://www.claytec.de/en/products/clay-drybuilding>, ultima accesare: 01.2021;
- [69]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13;
- [70]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13;
- [73]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 8, ultima accesare: 04.2021;
- [76]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 11,;
- [77]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 14,;
- [78]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13,;
- [79]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 13,;
- [80]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 14,;
- [83]. Lehmbau Customer Information, publicat 2014, ultima accesare: 01.2020, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag. 16,;

- [39]. Lotti G., Mecca S., „Earth. Earthen Architecture in Southern Italy”, Edizioni ETS, ISBN: 978-884672146-4, ultima accesare: 03.2021;
- [403]. Lucrare de licență, (2014), E.-R. Florescu, Centru de vizitare Parcul Național „Buila Vânturarița”, https://issuu.com/fac.arhitecturasiurbanism.upt/docs/student_trends_-_diplome_nr.6_2014, ultima accesare: 05.2021;
- [241]. Manualul LehmBau Info, http://www.earthbuilding.info/pdf/DVL_consumerinfo_gb.pdf, pag.27, ultima accesare: 04.2021;
- [115]. Ministère de l’Urbanisme et du Logement. Plan Construction et Habitat, 1986, „Modernité de la construction en terre. L’Isle d’ Abeau „ ISBN 2-11-085340-9, <http://www.urbanisme-puca.gouv.fr>, ultima accesare: 04.2021;
- [414]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [422]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [423]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [424]. Normativ NP126:2010, Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari, pământul face parte din categoria pământurilor argiloase cu potențial de contracție-umflare la variații de umiditate, <https://www.mlpda.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [252]. Organizația ISCEAH, Icomos, http://isceah.icomos.org/?page_id=227, ultima accesare: 11.2020;
- [401]. Planul de Management al Parcului Național „Buila Vânturarița” și a Rezervației Naturale „Muzeul Trovanților”, <http://www.buila.ro>, ultima accesare: 05.2021;
- [45]. Peter Steingass, Berlin, „New chances for modern earth building”, www.moderner-lehmbau.com/english/programm/Chances_MEB_peter.pdf;
- [34]. „Phenomenology in Peter Zumthor’s architecture”, 2017, <https://phdessay.com/phenomenology-peter-zumthors-architecture/>, ultima accesare: 2020;
- [287]. Pueblo de Taos, (1987), „Évaluation de l’organisation consultative (ICOMOS)”, <http://whc.unesco.org/en/documents/153576>, ultima accesare : 2020;
- [308]. Qaten. M.A, (2016), “Old walled city of Shibam of UNESCO and Yemeni legislation”, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 03.2021;
- [183]. Reinhardt B., 2010, “Thermal Energy Storage”, curs de fizică în cadrul Stanford University, <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/reinhardt1/>, ultima accesare: 03.2021;
- [415]. STAS 1913/1-82, procedura pentru determinarea în laborator a umidității pământurilor, <https://kupdf.net>, ultima accesare: 05.2021;
- [416]. STAS 1913/4-86, <https://dokumen.tips>, ultima accesare: 05.2021;
- [417]. STAS 1913/4-86, STAS 1913/1-82, <https://dokumen.tips>, ultima accesare: 05.2021;
- [418]. Clasificarea pământurilor, extras din STAS 1243-88;
- [419]. Conform STAS 1243-88, pământul este clasificat în funcție de indicele de consistență: curgător, plastic curgător, plastic moale, plastic consistent, plastic vârtos (0,76-0,99) și tare;
- [421]. STAS 1243-88, <https://dokumen.tips>, ultima accesare: 05.2021;
- [35]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-81, ultima accesare:03.2021;
- [40]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 77-82, ultima accesare: 03.2021;
- [44]. Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, pag. 65-70, ultima accesare: 03.2021;

- [33]. Țugui E., (2015) „Materiale si materialități – Argument”, <http://arhitectura1906.ro/2015/10/materiale-si-materialitati-argument/>, ultima accesare : 2020;
- [38]. Vitruvius, 1960, “The Ten Books on Architecture”, https://www.academia.edu/35082765/VITRUVIUS_THE_TEN_BOOKS_ON_ARCHITECTURE, ultima accesare: 04.2021;
- [166]. wikimapia.org/22362924/ro/Fabrica-de-Caramida-Lugoj, ultima accesare: 04.2021;
- [12]. <https://www.britannica.com/science/ecological-footprint>, ultima accesare: 04.2021;
- [13]. <https://whc.unesco.org/en/culturallandscape/>, ultima accesare:04.2021;
- [42]. www.petitfute.co.uk/v35686-champdieu-42600/c1173-visites-points-d-interet/c937-monuments/c949-chateau/203594-chateau-de-vaugirard.html, ultima accesare: 03.2021;
- [43]. <https://qa.cirkwi.com/en/point-interet/133498-vaugirarg-castle>, ultima accesare: 03.2021;
- [59]. <https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/tn-agaton-lehm-gesamtkatalog-2019-low.pdf>, ultima accesare:04.2021;
- [96]. <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>, ultima accesare: 04.2021;
- [97]. <https://industryeurope.com/the-first-house-3dprinted-with-earth/>ultima accesare: 01.03.2021;
- [98]. <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>, ultima accesare:03.2021;
- [99]. https://www.mcarchitects.it/tecla-prima-casa-stampata-in-3d-low-cost-e-ad-alta-sostenibilita?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;
- [100]. https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com, ultima accesare: 04.2021;
- [101]. https://www.archdaily.com/956854/round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours/602534aef91c81b8c70002f9-round-houses-of-raw-earth-3d-printing-sustainable-homes-in-200-hours-image?next_project=no, ultima accesare: 01.2021;
- [103]. <https://www.thebalancesmb.com/a-step-by-step-guide-to-achieving-lead-certification-845316>, ultima accesare: 03.2021;
- [106]. <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circulara-definitie-importanta-si-beneficii>, ultima accesare: 02.2021;
- [121]. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/nonrenewable-resources/>, ultima accesare: 03.2021;
- [122]. <https://sciencing.com/things-made-recycled-plastic-6872.html/>, ultima accesare: 03.2021;
- [124]. <https://www.adelaide.edu.au/arcpoh/dperu/fluoride/ppm.html>, ultima accesare: 03.2021;
- [125]. <https://www.eea.europa.eu/ro/themes/climate/about-climate-change>, ultima accesare: 03.2021;
- [126]. <https://climate.nasa.gov/evidence/>, ultima accesare on-line: 03.2021;
- [135]. Tab. 7. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă: definite în standardul european EN 15978:2011, <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/62c22cef-5666-4719-91f9-c21cb6aa0ab3/en-15978-2011>, ultima accesare: 10.2021;
- [142]. Explicații conform programului de calcul Ubakus: <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [146]. <https://www.ubakus.de/umwelt-produktdeklarationen-verstehen-und-verwenden/>, accesat on-line:03.2021;
- [147]. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/gemet-environmental-thesaurus/ozone-depletion-potential>; ultima accesare: 03.2021;
- [150]. <https://londonair.org.uk/LondonAir/guide/SummerSmog.aspx>, ultima accesare: 04.2021;
- [151]. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/info-specialists/air-quality-in-switzerland/ozone---summer-smog.html>, ultima accesare:04.2021;
- [152]. <https://www.bregroup.com/greenguide/page.jsp?id=2105>, ultima accesare: 03.2021;
- [155]. <https://space4water.org/water/eutrophication-potential>, ultima accesare: 03.2021;
- [156]. <https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html>, ultima accesare: 03.2021;

- [157]. <https://www.britannica.com/science/eutrophication>, ultima accesare: 03.2021;
- [160]. gutebaustoffe.de/bibliothek/glossar/, ultima accesare: 03.2021;
- [161]. https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekez_Typ=1&SW=16&LNG=2, ultima accesare: 03.2021;
- [163]. <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-construc-teurs/>, ultima accesare: 04.2021;
- [165]. <https://cautare-tm.arhivelenationale.ro/cautare-tm/detail.aspx?ID=28804>, ultima accesare:04.2021;
- [167]. https://ro.wikipedia.org/wiki/Jacob_Muschong, accesat on-line:04.2021;
- [169]. <https://www.oekobaudat.de/en/html>, accesat on-line: 04.2021;
- [170]. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Chirpici>, accesat on-line:04.2021;
- [171]. <https://passivehouse.com>, accesat on-line:04.2021;
- [181]. <https://www.onecommunityglobal.org/thermal-lag>, accesat on-line:03.2021;
- [186]. <https://www.ubakus.com/waermespeicherfaehigkeit/>, ultima accesare: 04.2021;
- [188]. https://www.new-learn.info/packages/clear/thermal/buildings/building_fabric/properties/time_lag.html, ultima accesare: 03.2021;
- [193]. <https://www.britannica.com/science/thermodynamics/Equations-of-state>, ultima accesare: 04.2021;
- [196]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [198]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [200]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [201]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [202]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [203]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [205]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021;
- [208]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [209]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [210]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/> și date oferite de producător, ultima accesare: 04.2021;
- [218]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [219]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [220]. <https://www.ubakus.de/troknungreserve-nach-din-68800-2>, ultima accesare: 04.2021;
- [221]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [222]. <https://www.britannica.com/science/thermodynamics/Equations-of-state>, accesat on-line: 01.2021;
- [223]. <https://www.ubakus.de/berechnung-des-hitzeschutzes/>, ultima accesare: 04.2021;
- [225]. https://passipedia.org/basics/energy_and_ecology/primary_energy_quantifying_sustainability, accesat on-line 03.2021;
- [226]. <https://www.oekobaudat.de/en.html>, accesat on-line 03.2021;
- [227]. <https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail>, accesat on-line 03.2021;
- [228]. <https://dexonline.ro/definiție/deflocurare>, accesat on-line 03.2021;
- [229]. <https://dexonline.ro/definiție/sinterizare>, accesat on-line 03.2021;
- [230]. <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics>, accesat on-line 03.2021;
- [236]. <https://web.steico.com/en/>, accesat on-line:03.2021;
- [238]. <https://www.ubakus.de>, ultima accesare: 04.2021;
- [240]. <https://www.ubakus.com/en/r-value-calculator/>, ultima accesare: 04.2021
- [242]. www.stlb-bu-online.de, ultima accesare: 04.2021;
- [248]. <https://www.anna-heringer.com/vision/>, accesat on-line 03.2021;
- [251]. <https://www.craterre.org/recherche/>, accesat on-line :03.2021;
- [257]. <https://www.ancient.eu/Deir-el-Medina>, ultima accesare : 03.2021;
- [258]. <https://www.britannica.com/place/Dayr-al-Madinah>, ultima accesare : 03.2021;
- [262]. <https://www.lingfil.uu.se/research/assyriology/babylon>, ultima accesare:03.2021;
- [264]. <https://www.ancient.eu/babylon/>, ultima accesare: 03.2021;
- [270]. <https://wmf.org/project/cour-royale-de-tiébélé>, ultima accesare: 03.2021;
- [271]. <https://africa.uima.uiowa.edu/peoples/show/Kassena>, ultima accesare: 03.2021;
- [272]. https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 03.2021;

- [274]. <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare: 03.2021;
- [276]. <https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/africa-ap/a/great-mosque-of-djenne>, ultima accesare: 03.2021;
- [284]. <https://www.wmf.org/project/tambo-colorado>, ultima accesare: 03.2021;
- [286]. <https://whc.unesco.org/en/list/492/>, ultima accesare: 03.2021;
- [289]. https://www.getty.edu/conservation/core_areas/index.html, ultima accesare: 02.2021;
- [300]. <https://www.icomos.org/>, ultima accesare: 03.2021;
- [302]. <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 03.2021;
- [303]. <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 03.2021;
- [304]. www.archleague.org/article/citiesofearth, ultima accesare: 03.2021;
- [309]. <https://www.akdn.org/architecture/project/rehabilitation-old-city>, ultima accesare: 03.2021;
- [311]. <https://archnet.org/authorities/1>, The Aga Khan Trust for Culture, 1989" The Hassan Fathy Collection. A catalogue for visual documents at the Aga Khan Award for Architecture, Bern, Switzerland", ultima accesare: 03.2021;
- [315]. <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021;
- [404]. <https://www.primariabogda.ro/informații/istorie>, ultima accesare: 03.2021;
- [405]. <https://enciclopediaromaniei.ro/wiki/Bogda>, ultima accesare: 03.2021;
- [406]. www.cjtimis.ro/judetul-timis/unitati-administrativ-teritoriale/comuna-bogda.html, ultima accesare: 03.2021;
- [407]. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Rig%C3%B3sf%C3%BCrd%C5%91>, ultima accesare: 03.2021;
- [420]. <https://www.revistaconstrucțiilor.eu/index.php/2017/06/01/criterii-de-evaluare-a-susceptibilitatii-la-lichefiere-a-pamanturilor-coezive/>, accesat on-line: 03.2021;
- [425]. <https://www.encyclopedia.com/earth-and-environmentalism/environmental-studies/atterberg-limits#1013Atterberglimits>, ultima accesare: 03.2021;
- [426]. sursă: asist.dr.ing. Florin Bejan, curs 1, Fizica Mediilor Poroase, Master Inginerie Geotehnică, www.florinbejan.ce.tuiași.ro/wp-content/uploads/2018/05/CURS-02_2018_02.pdf, ultima accesare: 02.2021;
- [430]. STAS 1913/5, corelat cu SR EN 933-2, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [434]. STAS 1913-1-82, <https://kupdf.net>, ultima accesare: 05.2021;
- [435]. STAS 1913/4-86, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [436]. STAS 1913/4-86, <https://scribd.com>, ultima accesare: 05.2021;
- [438]. <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;
- [439]. <https://www.globalgilson.com/blog/atterberg-limits-a-quick-reference-guide>, ultima accesare: 03.2021;
- [442]. Revistei Arhitectura, nr. 1 din 2017 (667);
- [443]. <https://www.warbletonCouncil.org>, ultima accesare: 04.2021;
- [444]. Conform <https://www.lehmkunst.at/>, ultima accesare: 05.2021;
- [448]. <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>, ultima accesare: 01.2021;
- [451]. <https://desprepamant.ro/>, ultima accesare: 2020;
- [454]. <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;
- [455]. <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020;
- [456]. <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020;
- [457]. <https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>, ultima accesare: 12.2020;
- [460]. <https://www.demainlaville.com/cycle-terre-a-sevran-la-premiere-brique-pour-des-villes-plus-naturelles>, ultima accesare: 12.2020;

Listă tabele și grafice:

Tab. 1. Tehnicile constructive din pământ. Această reprezentare grafică însușește tehnicile de construcție folosite, împărțite în funcție de maniera de punere în operă. Conform fiecărei opțiuni prezentate, se remarcă o tehnică constructivă aparte, preluare după: Laetitia Fontaine, Romain Anger, (2009), „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.526;	50
Tab. 2. Tehnicile de construcție în funcție de conținutul de apă, preluare după: L. Fontaine, R. Anger, (2009) „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.27;	51
Tab. 3. Strategii privind beneficiile asupra mediului © Robert H. Crawford, 2011, „Life Cycle Assessment in the Built Environment”, Spon Press, Taylor & Francis, London and New York, pag.25;), modul în care se poate reduce impactul antropic asupra mediului prin folosirea unor strategii simple și disponibile, respectiv a beneficiilor de mediu asociate cu acestea, așa cum sunt explicate în cadrul tabelul 3. Strategii privind beneficiile asupra mediului.	102
Tab. 4. Explicarea etapelor ciclului de viață, sursă: definite în standardul european EN 15978, 2011;)	104
Tab. 5. Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului, interpretare după H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, “Introduction to LCA of Buildings”	110
Tab. 6. Comparație între materialele principale propuse - blocuri ceramice și cărămizi din argilă nearsă, sursă: E.R. Florescu;	129
Tab. 7. Proprietățile termice ale stratificației din blocuri ceramice, sursă: E.R. Florescu utilizând Ubakus;	134
Tab. 8. Proprietățile termice ale stratificației din cărămizi nearse, sursă: E.R. Florescu utilizând Ubakus;	141
Tab. 9. Analiză comparativă în ceea ce privește umiditatea relativă și temperatura în cadrul stratificațiilor propuse;	144
Tab.10. Caracteristicile materialelor care asigură masa termică în cadrul stratificațiilor prezentate, respectiv cărămizile și termoizolația folosită, sursă:	148
Tab. 11. Caracteristicile tencuielilor folosite în cadrul stratificațiilor propuse:	150
Tab. 12. Valori termotehnice comparative între cele 2 stratificații propuse	152
Tab. 13. Indicatori pentru evaluarea impactului asupra mediului prin raportare la blocurile ceramice și cărămizile nearse;	158
Tab. 14. Compoziția indicatorilor PENR și GWP din timpul producției în kg CO2 echivalent/m2 pentru stratificația realizată din blocuri ceramice;	164
Tab.15. Compoziția indicatorilor PENR și GWP din timpul producției în kg CO2 echivalent/m2 pentru stratificația realizată din cărămizi nearse;	165
Tab.16. Compoziția GWP din timpul producției în kg CO2 echivalent/m2 și indicatorul PENR pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	166
Tab. 17. Compoziția GWP din timpul producției în kg CO2 echivalent/m2 și indicatorul PENR pentru stratificația realizată din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	167
Tab. 18. Comparație între factorii PENR și GWP pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu utilizând Ubakus;	168
Tab. 19. Tabel sintetic cu indicatorii de mediu considerați în cadrul analizei efectuate	171
Tab. 20. Valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu	172
Tab. 21. Valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru stratificația realizată din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind software-ul Ubakus;	173
Tab. 22. Comparație a indicatorilor privind evaluarea impactului asupra mediului la nivel de stratificații;	177
Tab. 23. Indicatori de cost pentru cele 2 stratificații propuse, , sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	186
Tab. 24. Tabel sintetic referitor la proprietățile termice pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu;	200
Tab. 25. Tabel sintetic referitor la valorile indicatorilor pentru evaluarea impactului asupra mediului pentru cele 2 stratificații propuse;	205

Tab. 26. Tabel sintetic cu indicatorii de cost pentru cele 2 stratificații propuse, sursă: E.R.Florescu;	207
Tab. 27. Determinări și încercări geotehnice de laborator pe probe de pământ prelevate din arealul localității Bogda, C.F. 400587, nr.top. 456/9, conform Buletinului de analiză nr.23/2;	312
Tab. 28. Principalele componente conform curbei granulometrice rezultată prin metoda sedimentării pentru terenul preluat din forajul 1, adâncime -1,50m, realizat conform SR EN ISO 14688-2, sursă: Buletinului de analiză no. 10.107/07.03.2015;	318
Tab. 29. Tabel prezentând principalele caracteristici ale pământului prelevat din groapa de împrumut, conform buletinului de analiză nr. 23,298-393/2015, realizate în cadrul laboratorului de gradul II, cu autorizație ISC nr. 2696/28.02.2013;	322
Tab. 30. Tabel prezentând principalele caracteristici ale pământului prelevat din groapa de împrumut, conform buletinului de analiză nr. 23,298-393/2015, realizate în cadrul laboratorului de gradul II, cu autorizație ISC nr. 2696/28.02.2013;	325
Grafic 1. Stratificație 1 – Blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	133
Grafic 2. Umiditatea relativă prin perețele de zidărie din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu;	136
Grafic 3. Fluctuațiile de temperatură prin perețele de zidărie din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu;	137
Grafic 4. Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice , Amplitudinea de temperatură pentru stratificația realizată din blocuri ceramice, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	138
Grafic 5. Stratificația 2 – Cărămizi din argilă nearsă 360mm, sursă: E.R.Florescu;	140
Grafic 6. Umiditatea relativă și punctul de saturație prin perețele de zidărie realizat din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	142
Grafic 7. Temperatura printr-un perete realizat din blocuri ceramice cu goluri verticale, raportat la un perete din cărămizi din argilă nearsă, sursă: E.R.Florescu folosind programul Ubakus;	143
Grafic 8. Fluctuațiile de temperatură pentru stratificația realizată din cărămizi de argilă nearsă,	144
Grafic 9. Amplitudinea de temperatură [] pentru stratificația realizată din cărămizi nearse din argilă, sursă: E.R.Florescu folosind Ubakus;	145
Grafic 10. Analiza LCA pentru stratificația 1 - blocuri ceramice, indicatorii PENR și GWP,	163
Grafic 11. Analiza LCA pentru stratificația 2 - cărămizi nearse, indicatorii PENR și GWP,	163
Grafic 12. Curba granulometrică rezultată prin metoda sedimentării, ilustrează procentul de particule raportat la diametrul lor, realizat conform SR EN ISO 14688-2, sursă: Buletinului de analiză nr. 10.107/07.03.2015;	317

Listă figuri:

Fig.1. Arhitectură de interior – Lorna de Santos, Madrid, Spania, sursă: © https://worldarchitecture.org/article-links/efzfc/lorna-de-santos-creates-topography-of-interiors-with-smooth-surfaces-for-a-house-in-madrid.html ;	11
Fig. 2. Un mod de viață interiorizat și subiectiv care face referire la materialele naturale, sursă: © https://worldarchitecture.org/article-links/efzfc/lorna-de-santos-creates-topography-of-interiors-with-smooth-surfaces-for-a-house-in-madrid.html ;	11
Fig. 3. Propunere Muzeul de artă în Riehen, Elveția - pământ compactat, sursă: © Atelier Peter Zumthor & Partner, https://www.fondationbeyeler.ch/en/museum/extension-project/ ;	31
Fig. 4. Propunere Muzeul de artă în Riehen, Elveția - pământ compactat, sursă: © Atelier Peter Zumthor & Partner, https://www.fondationbeyeler.ch/en/museum/extension-project/ ;	31
Fig. 5. Hartă cu specificul construcțiilor din pământ pe continentul european, realizată în cadrul proiectului © "Terra incognita";	34

- Fig. 6. Restaurarea unui zid fortificat din Gela, Sicilia, Italia, utilizând cărămizi nearse, sursă: © Letizia Dipasquale, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 35
- Fig. 7. Locuință tradițională în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; are: 03.2021; 35
- Fig. 8. Locuință tradițională în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 36
- Fig. 9. Perete din cărămidă nearsă în Kastaneri, Grecia, sursă: © Saverio Mecca, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 36
- Fig.10. Cărămidă nearsă și structură de lemn în Bulgaria, sursă: © Saverio Mecca; Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 37
- Fig.11. Cărămidă nearsă și structură de lemn în Bulgaria, sursă: © Saverio Mecca; Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 37
- Fig.12. Locuințe realizate din pereți folosind tehnica pământului compactat, cu bovindou la partea superioară în Agios Lavredios, Pelion, Grecia, sursă: © Georgia Bej, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 37
- Fig.13. Locuințe realizate din pereți folosind tehnica pământului compactat, cu bovindou la partea superioară în Agios Lavredios, Pelion, Grecia, sursă: © Georgia Bej, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 37
- Fig.14. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos, sursă: © <https://www.andalucia.org/en/banos-de-la-encina-cultural-tourism-castillo-de-banos>, ultima accesare: 03.2021; 38
- Fig.15. Imagine de ansamblu cu zidurile conservate ale cetății Banos, sursă: © <https://www.andalucia.org/en/banos-de-la-encina-cultural-tourism-castillo-de-banos>; 38
- Fig.16. Locuință din cărămizi nearse în Lamezia, zona Calabria, sursă ©: Ettore Pelaia, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 39
- Fig. 17. Fermă din pământ compactat Cascina, Pagella, Lobbi, Alessandria, zona Piedmont, Italia. sursă ©: Pierre Buch, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 39
- Fig. 18. Locuință folosind tehnica bulgărilor din pământ, Cotentin, Normandia, Franța, sursă: © Terra Incognita, Discovering/Preserving European earthen architecture, Argumentum/Culture Lab Editions, 2008, Inventarul general al patrimoniului cultural, sursă©: Manuel de Rugy, ultima accesare:03.2021; 40
- Fig.19. Castelul Vaugirard , secolul al XVII-lea, Champdieu, Valea Loirei, sursă : © Rene Guerin, pag. 120, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 40
- Fig.20. Diferite tipuri de pereți - văiușă, cărămidă arsă, bulgări de pământ, pământ compactat în Slovenia, sursă : © Fernando Vegas, Camilla Mileto, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 41
- Fig. 21. Locuință din paiantă, Wittstock, Brandenburg, sursă : © Rene Gueri, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 42
- Fig. 22. Locuință de șase etaje din pământ compactat, sursă : © DVL H. Schreckenbach, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 42
- Fig.23. Comparatie între o locuință din pământ compactat abandonată și exemple de locuințe restaurate Bukovci, Slovenia, sursă: © Borut Juvanec, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 42

- Fig.24 Comparație între o locuință din pământ compactat abandonată și exemple de locuințe restaurate Bukovci, Slovenia, sursă: © Borut Juvanec, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 42
- Fig.25. Construcție din Alsacia, Franța, folosind tehnica colombage, umplută înainte cu paiantă, înlocuită între timp cu cărămizi nearse sau beton celular autoclavizat, sursă: © Terra Incognita. Argumentum/Culture Lab Editions, 2008, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 43
- Fig.26. Locuințe folosind tehnica colombage în Limburg, Germany, sursă : © H. Schreckenbach, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 43
- Fig. 27. Restaurarea unei locuințe din bulgări de pământ în Effin, Irlanda, sursă : © Marie Chabenat, ultima accesare: 03.2021; 44
- Fig. 28. Restaurarea unei locuințe din bulgări de pământ în Effin, Irlanda, sursă : © Marie Chabenat, ultima accesare: 03.2021; 44
- Fig. 29. Frilandsmuseet Open Air Museum, Denmark, sursă : ©Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 44
- Fig. 30. Muzeul în aer liber Bokrijk, tehnica timberframe și paiantă Belgium, sursă : © Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 45
- Fig. 31. Muzeul în aer liber Bokrijk, tehnica timberframe și paiantă Belgium, sursă : © Mariana Correia, Jacob Merten, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 45
- Fig. 32. Villa Terra construită din pământ compactat în Suedia, Falkenberg, Suedia – 1925, sursă: © Jenny Andersson, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 46
- Fig. 33. Plan prin prototipul locuințelor „Maisons Murondis” realizate de Le Corbusier, sursă : © FLC/ADAGP, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 47
- Fig. 34. Plan prin prototipul locuințelor „Maisons Murondis” realizate de Le Corbusier, sursă : © FLC/ADAGP, Terra Europae, „Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 47
- Fig. 35. Metoda de construcție a cobului, imagine preluată după : © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.63; 52
- Fig. 36. Locuință din bulgări de pământ, construită în 1536, Devon, Anglia, sursă: © Kan-Chane Gunawardena; 53
- Fig. 37. Pământ pulverizat, invenția lui David Easton, sursă: © „Bâtir en terre: 53
- Fig. 38. Metoda de construcție a cărămizilor compactate, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.42-43; 54
- Fig.39.Workshop organizat în Canyon Road, Statele Unite ale Americii, sursă: © <https://kxci.org/events/adobe-brick-making-workshop/>; 54
- Fig. 40. Metoda de construcție a pământului compactat, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.282; 56
- Fig. 41. Porțiuni ale vechilor fortificații sunt din pământ compactat, Dawn Charles V, Palatul Alhambra Granada, Spania, sursă:© Wikipedia, ultima accesare: 01.2021; 57
- Fig.42. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare: 01.2021; 58
- Fig.43. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare: 01.2021; 58
- Fig.44. Capela Reconcilierii, Berlin, arhitecții: Reitermann and Sassenroth, sursă: © pichleringenieure.com, ultima accesare:01.2021; 58
- Fig.45. Metoda de construcție a paiantei, imagine preluată după: © Laetitia Fontaine și Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.78-79; 59
- Fig.46. Tehnica tradițională a paiantei regăsită în muzeul în aer liber din Szentendre, Ungaria, sursă: © Fernando Vegas, Camilla Mileto; 60

- Fig. 47. Locuințe folosind tehnica colombage, Troyes, Franța, sursă: © Wikipedia, ultima accesare: 08.2020; 60
- Fig.48. Școala din pamant ușor și bambus, sursă: © Roswag Architekten, Jar Maulwitehnica; <https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/locally-manufactured-cob-and-bamboo-school-building-jar-maulwi?show=b659f749-23dd-4024-b530-1d9dcc0e98e0>; 60
- Fig. 49. Școală realizată folosind o structură din lemn de bambus cu pământ ușor. Se observă o structură ușoară, armată suplimentar prin trunchiuri de bambus dispuse sub forma unui grid dens între care se plasează pământul ușor, sursă: © Roswag Architekten, Jar Maulwitehnica; <https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/locally-manufactured-cob-and-bamboo-school-building-jar-maulwi?show=b659f749-23dd-4024-b530-1d9dcc0e98e0>; 60
- Fig. 50. Etapele de finisare a unui perete cu panouri din pământ ușor și tencuială pe bază de pământ. Profilele sunt tăiate, apoi prinse pe structura suport. Stratul de tencuială necesită o plasă de armare, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wand; 61
- Fig. 51. a,b,c,d: Etapele de finisare a unui perete cu panouri din pământ ușor și tencuială pe bază de pământ. Profilele sunt tăiate, apoi prinse pe structura suport. Stratul de tencuială necesită o plasă de armare, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare: 08.2020; 61
- Fig. 52. Panouri din pământ ușor dispuse la partea de interior, utilizabile și împreună cu un sistem de încălzire inclus în perete, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare : 08.2020; 62
- Fig. 53. Panouri din pământ ușor dispuse la partea de interior, utilizabile și împreună cu un sistem de încălzire inclus în perete, sursă: © Agaton Lehm Putze und Farben Lehmplatten Wandheizung, ultima accesare : 08.2020; 62
- Fig. 54. Decalarea rosturilor în asize succesive, extras din: © „Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton”, 2006-2007, Rodica Crișan, pag.2; 64
- Fig. 55. Zidărie de 1 ½ cărămizi, 37,5cm, extras din: © „Curs de zidărie – Construcții din zidărie și beton”, 2006-2007, Rodica Crișan, pag.2; 64
- Fig. 56. Detalii de armare a zidăriei la colț, respectiv realizarea îmbinării cu peretele din zidărie sau pământ compactat, preluat după: © H. Houben, H. Guillaud, „Traité de Construction en terre”, pag.260; 65
- Fig.57. Detalii de armare a zidăriei la colț folosind bare de armături longitudinale și transversale, respectiv realizarea îmbinării în T cu peretele din pământ compactat folosind elemente de ancorare în grosimea peretelui, preluare după: sursă: © H. Houben, H. Guillaud, „Traité de Construction en terre”, pag.260; 65
- Fig. 58. Detalii de armare a zidăriei la colț, respectiv realizarea îmbinării cu peretele din zidărie, preluat după: © H. Houben, H. Guillaud, „Traité de Construction en terre”, pag.260; 66
- Fig. 59. Perete din pământ compactat realizat cu cofraj glisant, sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 11; 67
- Fig. 60. Perete existent din cărămizi de pământ cu mortar din argilă, , sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 14; 67
- Fig. 61. Perete pe structură din lemn cu panouri ușoare din pământ, bandă pentru ranforsarea rosturilor, tencuială fină din argilă, sursă: © Manualul Lehmbau pag.12; 67
- Fig. 62. Structură de lemn acoperită cu pământ ce conține paie cu substructură suport umplută din lemn de esență tare și salcie, sursă: © Manualul Lehmbaupag.13; 68
- Fig. 63. Placare perete existent cu cărămizi de pământ cu mortar din argilă, sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 14; 68
- Fig. 64. Cărămizi din pământ stivuite la interiorul unui perete existent printr-o legătură uscată, fără mortar, sursă: © Manualul Lehmbau, 2014, pag. 16; 68
- Fig. 65. Variante de consolidare a deschiderilor prin armarea pieselor de contur, respectiv conlucrarea elementelor de zidărie cu tâmplăria, sursă: © Manualul Lehmbau, pag.265; 69
- Fig. 66. Variante de consolidare a deschiderilor prin armarea buiandrugului (din lemn sau din beton armat), respectiv realizarea unui solbanc la partea inferioară, sursă: © Manualul Lehmbau, pag. 265; 70

- Fig. 67. Pereți realizați din elemente prefabricate, sursă: © Lehm Ton Erde Baukunst GmbH; 76
- Fig.68. Robot semiautomat, sursă: © <https://www.ireviews.com/news/2017/04/05/sam100-semi-automated-mason>, ultima accesare:01.2021; 76
- Fig. 69. Pereți realizați prin adaptarea elementelor prefabricate, sursă: © Lehm Ton Erde Baukunst GmbH, ultima accesare:01.2021; 78
- Fig.70. Mașină de tencuit, sursă: © <http://www.hbxhmmachinery.com/ProDetail.aspx?ProId=399>, ultima accesare: 01.2021; 78
- Fig.71.Fotografie realizată în timpul imprimării 3D, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>ultima accesare: 01.2021; 79
- Fig.72.Stratificație pentru peretele Gaia, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>ultima accesare:01.2021; 79
- Fig.73. Fotografie realizată pe șantier, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>ultima accesare: 01.2021; 80
- Fig.74. Axonometrie ilustrând sistemele de ventilare introduse, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/> ultima accesare:01.2021; 80
- Fig.75.Imprimarea în sincron a modulelor TECLA, sursă: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>;, ultima accesare: 04.2021; 81
- Fig.76. Axonometrie ilustrând dispunerea funcțională a unui modul Tecla, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>,ultima accesare: 04.2021; 82
- Fig.77. Axonometrie ilustrând dispunerea funcțională a unui modul Tecla, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>; ultima accesare: 04.2021; 82
- Fig.78. Perspectivă aeriană ilustrând grid-ul funcțional hexagonal determinat de amplasarea imprimantelor 3D, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>, ultima accesare: 04.2021; 83
- Fig.79. Randare cu interiorul prototipului propus, preluare după: © <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>. Ultima accesare: 04.2021; 84
- Fig.80. Vedere de ansamblu, "Domeniul Pământului", Villefontaine – Franța, sursă: © <https://www.caue-isere.org/operations-exemplaires/le-domaine-de-la-terre-villefontaine/>ultima accesare: 11.2020; 92
- Fig. 81. Plan "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © Roger Bolthausen, 2017, "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne"; 93
- Fig. 82. Axonometrie "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © Roger Bolthausen, 2017, "Pisé – Tradition et Potentiel", "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne"; 93
- Fig.83. Desene turnul de observație, "Domeniul Pământului", Villefontaine, sursă: © <https://www.caue-isere.org/operations-exemplaires/le-domaine-de-la-terre-villefontaine/> ultima accesare: 08.2020; 94
- Fig.84. Turnul "Domeniului Pământului", Villefontaine, sursă: © <https://www.caue-isere.org/>94
- Fig.85. Una dintre tipologiile de construcții existente pe sit, "Domeniul Pământului", 94
- Fig.86. Ansamblu locuințe colective Villefontaine, Franța, sursă: © revista Ecologik, nr. 12; 94
- Fig.87.Teste de compresiune efectuate asupra epruvetelor realizate din pământ local, sursă: © <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>; 96
- Fig.88. Realizarea pereților din pământ comprimat cu structură din lemn, sursă: © <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>; 96
- Fig. 89. Planul propus ilustrând grosimea considerabilă a pereților din pământ , sursă: © <https://arhigest.ro/ro/casa-din-pamant-lelese/?u=3&sub=5>; 96
- Fig. 90. Etapele ciclului de viață, sursă: © Harpa Birgisdóttir, Freja Nygaard Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency; 106
- Fig. 91. Contribuțiile la indicatorul GWP (Potențialul de încălzire globală – echivalent CO2) provenind din: planșee, pereți, acoperiș, sisteme tehnice. sursă: © H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency; 115
- Fig.92. Distribuția a 100kg de materiale de construcții folosite pentru o casă tipică din Danemarca, preluare după: © H. Birgisdóttir, F. N. Rasmussen, 2016, "Introduction to LCA of Buildings", Danish Transport and Construction Agency; 115
- Fig.93. Ecocartierul Sevran, exemplu de dezvoltare durabilă sursă: © citedelarchitecture.fr, ultima accesare: 08.2020; 117

- Fig. 94. Locuință din pământ în Stanciova, sursă: © E.R.Florescu; 213
- Fig. 95. Patrimoniul mondial UNESCO de arhitectură din pământ, preluare după: © France Dorothee Alex din "Recognition of a heritage in danger: rammed-earth architecture in Lyon city", 2018; 219
- Fig.96. Piramidele egiptene El Lahoun, sursă: © http://elevation.maplogs.com/poi/al_lahun_hawaret_adlan_al_fayoum_faiyum_governorate_egypt.141634.html, ultima accesare: 27.11.2020; sursă: © Mark Abel; 221
- Fig. 97. Situl Deir el-Medina, 725km la sud de Cairo, Egipt. Satul de artizani al necropolei din Teba, sursă: ©C.Gobeil,<https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199935413.001.0001/oxfordhb-9780199935413-e-32>, ultima accesare: 11.2020; 222
- Fig.98. Ziguratul din Uruk, secolul al XXI-lea î.Hr., sursă: © https://www.researchgate.net/figure/24-The-Eanna-District-and-the-Inanna-Ziggurat-Uruk-By-Ayad-Kathum-2013_fig14_319881377/ ultima accesare:09.2019; 223
- Fig.99. Turnul lui Babel, (604–562 v. Chr.) sursă: © Staatliche Museen zu Berlin, Vorderasiatisches Museum / Olaf M. Teßmer, ultima accesare: 11.2020; 223
- Fig.100. Fortăreața orașului Bam, Iran, sursă: © <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, Martin Gray, ultima accesare: 11.2020; 224
- Fig.101. Fortăreața orașului Bam, Iran, sursă: <https://whc.unesco.org/en/list/1208/>, ©Martin Gray, ultima accesare: 11.2020; 224
- Fig.102. Fortăreața orașului Bam, Iran, <https://whc.unesco.org/en/list/1208/> sursă: ©CRA Terre, ultima accesare: 11.2020; 224
- Fig.103. Decorațiile locuințelor din Burkina Faso, sursă ©: https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 11.2020; 225
- Fig.104. Decorațiile locuințelor din Burkina Faso, sursă ©: https://i1.wp.com/www.fieldstudyoftheworld.com/wpcontent/uploads/2018/11/DSC_0521.jpg?ssl=1, ultima accesare: 11.2020; 225
- Fig.105.Planul unei gospodării tradiționale, sursă: © <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare:10.2020; 226
- Fig.106. Modul de construcție al locuințelor tip obus,sursă: © <http://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>, ultima accesare:10.2020; 226
- Fig.107. Moscheea din Djenné, Mali, sursă: © <https://www.khanacademy.org/humanities/ap-art-history/africa-ap/a/great-mosque-of-djenne>, Mark Abel, ultima accesare: 10.2020; 227
- Fig. 108. Moscheea din Djenne, Mali, sursă:© <https://www.akdn.org/where-we-work/west-africa/mali/cultural-development/mali-earthen-architecture-programme>, AKDN/Christian Richters, ultima accesare: 11.2020; 228
- Fig.109. Moscheea din Tombuktu, Mali, sursă:© Dariusz Wiejaczka/Fotolia <https://www.britannica.com/place/Timbuktu-Mali>, sursă: © Dariusz Wiejaczka/Fotolia, ultima accesare: 11.2020; 228
- Fig. 110. Zidul chinezesc și fortăreața Jianyuguan, construită de Dinastia, sursă: © Adolfo Preciado,Ming,https://www.researchgate.net/figure/Earthen-walls-at-the-Jiayuguan-fortress-in-China-built-by-the-Ming-Dynasty-around-1372_fig1_319774400, ultima accesare: 06.2019; 229
- Fig. 111. Secțiune prin intermediul unei construcții tulou, sursă: © J. Aaberg-Jørgensen, Clan Homes in Fujian. Arkitekten. Arkitekten, November 2000, Vol. no. 28, pp, 2–9; ultima accesare:01.2021; 230
- Fig.112. Reședințele Tulou din Fujian,China, realizate între secolele XII și XX, sursă:© Basile Cloquet, <https://whc.unesco.org/en/list/1113/gallery/&index=1&maxrows=12>, ultima accesare: 01.2021; 230
- Fig.113. Piramida din cărămidă nearsă, Huaca de la Luna, Peru, sursă: © https://en.wikipedia.org/wiki/Huaca_de_la_Luna#/media/File:Cerro_Blanco_and_Huaca_de_la_Luna.jpg, ultima accesare: 12.2020; 231
- Fig.114. Piramida din cărămidă nearsă, Huaca del Sol, Peru, sursă: © <https://www.thoughtco.com/huaca-del-sol-peru-adobe-pyramid-171255>,ultima accesare: 12.2020; 231

- Fig. 115. Așezarea Tambo Colorado, sursă: © <https://artsandculture.google.com/asset/an-aerial-view-showing-the-layout-of-the-structures-at-tambo-colorado>, ultima accesare: 12.2020; Fig. 116. Așezarea Tambo Colorado, sursă: © <https://artsandculture.google.com/asset/an-aerial-view-showing-the-layout-of-the-structures-at-tambo-colorado>, ultima accesare: 12.2020; 231
- Fig.117. Locuințele stivuite din satul Taos, sursă: © Edmondo Gnerre; 232
- Fig.118. Orașul Wadi Doan (Yemen), sursă: © <https://www.discoverimages.com>, ultima accesare: 12.2020; 234
- Fig.119. Orașul Ghadames sursă: © <https://trustmyscience.com/temperatures-extremes-endoits-chauds-planete/ghadames/>, ultima accesare: 09.2019; 237
- Fig.120. Trama stradală a orașul Ghadamès, în vestul Libiei, preluare după: © A.Eltrapolsi, H.Altan; 238
- Fig.121. Diferența dintre trama stradală organică a orașul vechi, întrepătrunsă de oaza înconjurătoare, și organizarea orașul nou, după principiul cvartalurilor bine determinate, dispuse radial; preluare după: © A.Eltrapolsi, H.Altan, „Interpretation of Sustainable Desert Architecture in Ghadamès City, Lybia”; 238
- Fig.122. Sistemul de ventilare naturală din orașul Ghadamès, preluare după: © Laetizia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag. 21; 239
- Fig.123. Secțiune printr-o locuință din Ghadamès, preluare după: © A.Shahran, D.Reba, M. Krklješ, „Thermal Comfrot, Adaptability and sustainability of vernacular single family houses in Libya”, ISSN:1848-6339, ultima accesare: 09.2019; 239
- Fig.124. Exemplu de locuință din Ghadamès, sursă: ©Ko Hon Chiu Vincent, whc.unesco.org/en/documents/125442/, ultima accesare: 09.2019; 241
- Fig.125. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © George Steinmetz, <https://whc.unesco.org/en/list/192/>, ultima accesare: 09.2021; 242
- Fig.126. Vedere aeriană a vechiului oraș Shibam și a conexiunii cu oaza, sursă: © Hiddenarchitecture.net/shiba/, ultima accesare: 09.2021; 243
- Fig.127. Planul orașului Shibam, indicându-se clădirile instituțiilor de stat, moscheile și locuințele, Shibam cuprinde mai mult de 500 de clădiri, dintre care cele mai multe datează din secolul al XVI-lea d.Hr., sursă: © Jean François Breton, Institut des Materiaux Jean Rouxel, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico, ultima accesare:01.2021; 243
- Fig.128. Orașul Shibam, Yemen, sursă: sursă:© Jean-Jacques Gelbart, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020; 244
- Fig.129. Orașul Shibam, Yemen, sursă: sursă:© Maria Gropa, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020; 244
- Fig.130. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © Aneta Ribarska, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020; 244
- Fig.131. Orașul Shibam, Yemen, sursă: © Aneta Ribarska, <https://whc.unesco.org/en/list/192>, ultima accesare: 12.2020; 244
- Fig.132. Secțiunea unei locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico, ultima accesare: 01.2021; 245
- Fig.133.Fațadele unor locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico, 245
- Fig.134.Planurile unei locuințe turn din orașul Shibam, Yemen, sursă: © Jean François Breton, 1.magazin, depozitare,2. Rezervă de provizii, 3. Ghenă de ventilație și lumină, 246
- Fig.135.Schiță ilustrând sistemul tradițional de canalizare, sursă: © www.Docartis.com/YEMEN/Yemen_Fonti_documentarie/Foto/Mud_Brick_Architecture.html, ultima accesare: 03.2021; 247
- Fig.136.Introducerea instalațiilor în construcțiile existente, sursă: © Hiddenarchitecture.net/shiba/,ultima accesare: 03.2021; 247
- Fig.137. Perspectivă ilustrând construcțiile din centrul orașului, aflate într-o stare bună de conservare,sursă:© Hiddenarchitecture.net/shiba/,ultima accesare: 03.2021; 248

- Fig.138. Desene tehnice centrul de ceramic Al-Fustat, Cairo – Egipt,sursă: © Abhinaina Bhatia,<https://www.slideshare.net/abhinaina/hassan-fathy-21625787i>,
[https://thecairoscene.me/ArtsAndCulture/35-Spectacular-Structures-by-Egypt-s-Architectural-Legend-Hassan-F Fathy](https://thecairoscene.me/ArtsAndCulture/35-Spectacular-Structures-by-Egypt-s-Architectural-Legend-Hassan-F-Fathy), ultima accesare: 10.2019;Ventilația naturală este realizată prin intermediul turnului malqaf. Aerul este răcorit și curățat de praf înainte de a fi introdus în spațiul central. Aceste elemente au constituit piese definitorii în arhitectura vernaculară arabă, 249
- Fig.139.Realizarea schimburilor de căldură prin intermediul anvelopei termice și prin ventilație, Secțiune printr-un modul de locuință propus, sursă: © Fathy H., 1973, „Architecture for the poor”, The University of Chicago Press, accesat on-line: <https://issuu.com/dida-unifi/docs/earth-lands> ultima accesare:03.2021; 249
- Fig.140. Centrul de ceramică Al – Fustat, Cairo - Egipt , <https://www.slideshare.net/abhinaina/hassan-fathy-21625787>, sursă: © Abhinaina Bhatia, ultima accesare:10.2019; 250
- Fig.141. Plan pentru realizarea centrului comunitar din New Baris. Orașul este trasat pe o direcție nord-sud sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021; 250
- Fig.142. Schemă de ventilare prin intermediul circulațiilor și a sălii principale. Se observă existența unei calote sferice care este adăugată spațiului pieței centrale, a unui turn de ventilație, precum și a 2 turnuri secundare care favorizează circulația aerul și reduc temperatura cu până la 15°C grade, sursă:© <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021; 251
- Fig.143. Imagine de ansamblu al complexului New Baris, sursă: © Viola Bertini https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260, ultima accesare: 03.2021; 252
- Fig.144. Secțiunile prin complexul New Barris, demonstrează sistemele pasive de ventilare utilizate, respectiv relația cu curtea interioară, sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021; 253
- Fig. 145.Secțiunile prin complexul New Barris, demonstrează sistemele pasive de ventilare utilizate, respectiv relația cu curtea interioară, sursă: © <https://www.sensesatlas.com/territory/hassan-fathy-building-in-the-desert-in-new-baris/>, ultima accesare: 03.2021; 253
- Fig.146. Unități comerciale new Baris, sursă: © https://archnet.org/sites/2560/media_contents/30260 Viola Bertini, ultima accesare: 03.2021; 253
- Fig.147.Harta cu tehnici tradiționale folosind pământul pe teritoriul României, 2011, realizată în cadrul proiectului european: sursă:© „TERRA EUROPÆ - Earthen Architecture in the European Union”, ISBN 978-88-467-2957-6, ultima accesare: 03.2021; 255
- Fig.148. Așezările colonizate de către Imperiul Habsburgic în secolul XVIII, Harta preluată din articolul „Cultural Heritage Highlighted by the Habsburg Colonisations – A particular view on the Romanian Banat Area”, sursă: © Remus Crețan, Universitatea de Vest din Timișoara’, Departmentul de Geografie, Review of Historical Geography and Toponomastics, vol. IV no. 7-8, 2009, pp. 103-118; 256
- Fig.149. „Venirea șvabilor în Banat” - pictură de Stefan Jäger, sursă: © <http://www.dvhh.org/history/>, ultima accesare :06.2020; 259
- Fig. 150. Așezările risipite din jurul comunei Cornereva, sursă: © Google Earth, 262
- Fig. 151. Luncanii de Sus (zona Făgetului), sursă: © Google Earth, 262
- Fig. 152. Surducu Mic (zona Lugoșului), sursă: © Google Earth, 262
- Fig. 153. Periam (Câmpia Banatului), sursă: © Google Earth, 262
- Fig. 154. Tipologii constructive în Banatul rural în timpul administrației habsburgice, sursă: © Ion Gabriel Panasiu, http://www.simpara.ro/ara7/a7_02_13.html, ultima accesare: 08.2020; 263
- Fig. 155. Planificare urbanistică și tipologii de locuințe în timpul administrației Habsburgice, Ion Gabriel Panasiu, satele Engelsbrun (Fântânele) și Schoendorf (Frumeșeni) și Șarlota (Charlottenburg), sursă:© Ion Gabriel Panasiu, http://www.simpara.ro/ara7/a7_02_13.html, ultima accesare: 10.2019; 264

- Fig.156. Charlottenburg, satul rotund din România, sursă: cjtimis.ro, ©
<https://greatnews.ro/satul-rotund-din-romania-bijuteria-aproape-necunoscuta-ascunsa-intre-dealuri/>, ultima accesare: 11.2020; 264
- Fig. 157. Tipologie de locuință pentru casele din Banat în timpul Ocupației Habsburgice, sursă: Ion Gabriel Panasiu, © http://www.simpara.ro/ara7/a7_02_13.html, ultima accesare: 04.2020; 265
- Fig. 158. Evoluția gospodăriilor din zona Banatului, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș; 267
- Fig.159. Evoluția gospodăriilor din zona Banatului, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș; 268
- Fig.160. Tipologii de gospodării tradiționale și propuneri de intervenții, preluare după: sursă: © T.O. Gheorghiu, "Locuire tradițională rurală din zona Banat-Crișana, pag. 366; 269
- Fig.161. Exemplu locuință din Banat, secolul XX, releveu realizat de către: sursă: © arh.Diana Bogdan, 08.2015, sub îndrumarea ing. Cornel Farcaș; 270
- Fig.162. Tipologii de locuințe din Banat, preluare după: © Ghid de Arhitectură pentru încadrarea în specificul local din mediul rural, județul Timiș, OAR Timiș, pag.17; 272
- Fig. 163. Satul german agricol Guttenbrunn în Heckenland lângă Arad. Este satul de origine al poetului Adam Müller-Guttenbrunn, sursă : © Hans Retzlah; 274
- Fig.164. Casă sârbească din 1927, Voivodina, sursă: sursă: © <http://www.banaterre.eu/romana/banatul-romanesc-casa-sarbeasca-din-1927>, ultima accesare: 01.2019; 274
- Fig.165. Locuință tipică din Banat, Borlova, secolul XX, 20th century, sursă: © <http://muzeul-satului.ro/planifica-vizita/ce-pot-vedea/expozitia-permanenta-arhitectura-vernaculara/gospodarii/borlova-judetul-caras-severin-1897/sursă:11.2020>; 275
- Fig.166. Argila observată la microscopul electronic, în formă de plachete, sursă: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.103; 282
- Fig.167. Argila observată la microscopul electronic, în formă de plachete, sursă: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.103; 282
- Fig. 168. Detaliu de travee al unei construcții din pământ ilustrând degradări posibile, imagine preluată după: sursă: © Laetitia Fontaine, Romain Anger, „Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture”, pag.245; 294
- Fig. 169. Urmările unui cutremur în Banloc, 1991, sursă: © E.Georgescu; 296
- Fig. 170. Inundații în Banat, 2005, sursă: © arh. V.Oprișan; 296
- Fig. 171. Studiu referitor la peisajul cultural al Microregiunii Horezu, sursă: E.R.Florescu; 298
- Fig. 172. Pregătirea epruvetelor pentru testele de laborator în cadrul U.P.T., sursă: E.R.Florescu; 299
- Fig. 173. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - punerea în formă, sursă: E.R.Florescu; 300
- Fig. 174. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - conformarea în funcție de forma matriței, sursă: E.R.Florescu; 300
- Fig. 175. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - îndepărtarea matriței după 3 săptămâni, sursă: E.R.Florescu; 300
- Fig. 176. Epruvetele realizate folosind pământ local în diferite stadii de uscare - inspectarea diverselor deformații rezultate în urma procesului de uscare, sursă: E.R.Florescu; 300
- Fig. 177. Testarea epruvetelor în laboratorul UPT, sursă: E.R.Florescu; 301
- Fig. 178. Valorile testelor referitoare la rezistența la compresiune, sursă: E.R.Florescu; 301
- Fig. 179. Descrierea proiectului din punct de vedere funcțional, sursă: E.R.Florescu; 302
- Fig. 180. Texturi și proporții utilizate în cadrul propunerii, sursă: E.R.Florescu; 303
- Fig. 181. Detalii 3D cu modulele prezentate, sursă: E.R.Florescu; 303
- Fig. 182. Secțiune realizată prin întregul ansamblu, sursă: E.R.Florescu; 304
- Fig. 183. Fațada sud a întregul ansamblu, sursă: E.R.Florescu; 304
- Fig. 184. Fațada nord a întregul ansamblu, sursă: E.R.Florescu; 304
- Fig. 185. Perspectivă ansamblu, sursă: E.R.Florescu; 304
- Fig. 186. Secțiune printr-un modul caracteristic, sursă: E.R.Florescu; 305
- Fig. 187. Fotografii ilustrând localitatea Bogda în timpul administrației maghiare, locuințele tipice și Vila Tereza, sursă: ©

- <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15740896>, ultima accesare: 03.2021; 307
- Fig. 188. Bătrân în fața unei case din pământ, sursă: © Göncz József – Bognár Béla, „Szép TEMES MEGYÉNK” / „Frumosul nostru județ TIMIȘ” / „Unser schönes Komitat TEMES” (ediție trilingvă); 308
- Fig. 189. Secțiune prin anexa propusă ilustrând sistemul constructiv și stratificațiile pentru acoperiș și pardoseală, sursă: E.R.Florescu, adaptare după proiect: © Arhitekt Studio A; 309
- Fig. 190. Fațadă spre partea de nord. Datorită orientării nefavorabile a parcelei, s-a optat pentru utilizarea suprafeței acoperișului pentru captarea energiei solare și îmbunătățirea aporturilor solare, sursă: E.R.Florescu, adaptare după proiect: © Arhitekt Studio A; 309
- Fig. 191. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari, conform STAS 1913/12-88, sursă: © buletin de analiză nr.23.393/2; 328
- Fig.192. Determinarea limitelor de plasticitate și a indicilor de plasticitate, consistență și lichiditate conform STAS 1913/4-8, sursă: © buletin de analiză nr.23.30/2015; 329
- Fig. 193. Demolarea unei locuințe tipice din Banat și construcția unei perpendiculare pe direcția principală a lotului, sursă: E.R.Florescu; 330
- Fig. 194. Planimetria tipică prin adaptarea 333
- Fig. 195. Reconsiderarea unei planimetrii tipice prin adaptarea planului trichelular, plan etaj, sursă: E.R.Florescu; 333
- Fig. 196. Detaliu de travee realizat prin intermediul unui perete generic din cărămizi nearse, sursă: E.R.Florescu; 335
- Fig. 197. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”-, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia; 336
- Fig. 198. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”- realizarea de cărămizi nearse, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia; 337
- Fig. 199. Workshop „Local Heritage - (re)source of inspiration”- realizarea de cărămizi nearse, sursă: © Alessandro Serra, Atelier TerraPia; 338
- Fig. 200. Randare ilustrând prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, “Terra nostra, prototype d’habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.29; 340
- Fig. 201. Secțiune prin ansamblul locativ propus, ilustrând tehnologiile sustenabile propuse în cadrul prototipului Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, “Terra nostra, prototype d’habitat: un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.28; 340
- Fig.202. Axonometrie ilustrând modulul de locuințe prezentat în cadrul prototipului Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, “Terra nostra, prototype d’habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.29; 341
- Fig.203. Prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, “Terra nostra, prototype d’habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.33; 341
- Fig.204. Prototipul Terra Nostra, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, “Terra nostra, prototype d’habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.28; 342
- Fig.205. Prototipul Terra Nostra în forma finală, 2017, sursă: © Maxime Bonnevie, 2017, “Terra nostra, prototype d’habitat : un projet pédagogique innovant. CRAterre, pag.26; 343
- Fig. 206. Stadiul prototipului în timpul festivalului Grains D’Isère 26-29 mai 2016, 344
- Fig. 207. Stadiul prototipului în timpul festivalului Grains D’Isère 26-29 mai 2016, 344
- Fig. 208. Recepția Institutului de Cercetare și spațiile conexe, 2016, sursă: E.R. Florescu; 345
- Fig. 209. Experimente privind tehnica pământul compactat, modul în care se adaugă lanți în straturile intermediare (în acest caz straturi de mortar), se modifică rezistența la compresiune, sursă: E.R.Florescu; 346
- Fig. 210. Experimente privind tehnica paiantei, diferite moduri de a realiza structura portantă a peretelui, 2016, sursă: E.R.Florescu; 346
- Fig. 211. Variante de țesere a zidăriei din cărămizi nearse, sursă: E. R, Florescu; 346
- Fig. 212. Perete experimental din pământ ușor, realizare unor forme organice, 2016, sursă: E.R. Florescu; 346
- Fig. 213. Prezentări privind proiecte inovatoare folosind pământul ca resursă principală, 2016, sursă Roxana Florescu; 347

- Fig. 214. Experimentarea unei rețete pentru realizarea unor module prefabricate de fațadă cu instructorul Anne Lyse Antoine, sursă: E.R. Florescu; 347
- Fig. 215. Poster expoziția „Ma Terre Première. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>; 347
- Fig. 216. Machetă din expoziția „Ma Terre Première. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © <https://amaco.org/ma-terre-premiere-pour-construire-demain/>; 348
- Fig. 217. Instalație realizată în cadrul „Ma Terre. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © P. Lévy, https://amaco.terra-award.org/wp-content/uploads/2020/04/dp_ma-terre-premiere.pdf; 348
- Fig. 218. Workshop „Ma Terre. Musée des Confluences. Pour construire demain”, sursă: © Katell Le Cars, musée des Confluences, https://amaco.terra-award.org/wp-content/uploads/2020/04/dp_ma-terre-premiere.pdf; 348
- Fig. 219. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, principala locație a activităților întreprinse, sursă: E.R. Florescu; 351
- Fig. 220. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, atelier privind utilizarea cărămizilor nearse, sursă: E.R. Florescu; 353
- Fig. 221. Pavilion cu structură din lemn realizat în fața căminului cultural din Buzad, sursă: © TERRA pia; 353
- Fig. 222. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova, sursă: © TERRA pia; 354
- Fig. 223. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova - văruirea fațadelor exterioare, sursă: © TERRA pia; 355
- Fig. 224. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova - refacerea tencuielilor interioare din pământ, sursă: © TERRA pia; 355
- Fig. 225. Reabilitarea unei locuințe în localitatea Stanciova, sursă: © TERRA pia; 356
- Fig. 226. Perspective exterioare Casa Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 01.2021; 357
- Fig. 227. Perspective exterioare Casa Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/rauch-house-in-austria-by-roger-boltshauser-with-martin-rauch>, ultima accesare: 01.2021; 357
- Fig. 228. Secțiuni Casa Rauch, sursă: © <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 01.2021; 358
- Fig. 229. Planuri Casa Rauch, sursă: © <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 01.2021; 358
- Fig. 230. Imagine cu detalii constructive, Casa Rauch, sursă: © Beat Bühler, Martin Rauch, <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020; 359
- Fig. 231. Imagine cu detalii constructive, Casa Rauch, sursă: © Beat Bühler, Martin Rauch, <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=7>, ultima accesare: 12.2020; 359
- Fig. 232. Imagini interioare casa Rauch, Austria, sursă: © Martin Rauch (Lehm Ton Erde GmbH) & Roger Boltshauser, <https://www.architonic.com/en/project/boltshauser-architekten-rammed-earth-house-rauch-family-home/5100620>, ultima accesare: 01.2021; 359
- Fig. 233. Imagini interioare casa Rauch, Austria, sursă: © Martin Rauch (Lehm Ton Erde GmbH) & Roger Boltshauser, <https://www.architonic.com/en/project/boltshauser-architekten-rammed-earth-house-rauch-family-home/5100620>, ultima accesare: 01.2021; 359
- Fig. 234. Centrul Ricola din Elveția, arh. Herzog și de Meuron, constructor Lehm-Ton-Erde, Martin Rauch, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>, ultima accesare: 12.2020; 360
- Fig. 235. Imagine din timpul șantierului Ricola Herb Centre, sursă: © Ricola Iwan Baan, <https://www.archdaily.com/634724/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>, ultima accesare: 12.2020; 361

- Fig.236.Montarea panourilor prefabricate, sursă: © <https://www.architectural-review.com/buildings/earth/ricola-herb-centre-in-switzerland-by-herzog-and-de-meuron-with-martin-rauch>,ultima accesare: 12.2020; 362
- Fig.237.Master Plan Pentru orașul Lyon, realizat de arhitecții Herzog and de Meuron, prezentând cvartalul b2 din zona "La Confluence", sursă: © Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020; Se poate observa maniera în care complexul de birouri este inserat în cadrul ansamblului urban, realizându-se o densitate echilibrată a spațiului construit în comparație cu spațiul public. S-a propus amenajarea accesului la frontul de apă pentru îmbunătățirea calității spațiului public. De asemenea, ansamblul este într-o conexiune directă cu o piațetă publică în care este inserată multă vegetație. În acest mod se realizează un culoar vegetal în cadrul insulei urbane care leagă cele două cursuri de apă principale. 363
- Fig. 238. Randare aeriană a complexului propus, sursă: F.Fouillet, preluat din articolul preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon", sursă : © Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020, ultima accesare: 04.2020; 363
- Fig. 239. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă:© F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței; 364
- Fig. 240. Plan Parter pavilionul Orangerie, sursă: ©Clément Vergély Architectes, cvartalul B2 - "La Confluence"; 364
- Fig. 241. Fațadă și secțiune, sursă: Clément Vergély Architectes, cvartalul B2 – 365
- Fig.242. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă: © F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020; 365
- Fig.243. Pavilionul Orangeriei în timpul construcției, sursă: © F.Fouillet, preluat din articolul "L'Orangerie – A new generation of earth building in Lyon" de Stefan Jeske, Clement Vergely Architects (CVA), Lyon, France, publicat în cadrul conferinței Lehm 2020; 365
- Fig.244. Fabrica Cycle Terre, sursă: © <https://objectifgrandparis.fr/la-terre-crue-nouvelle-coqueluche-des-constructeurs/>,ultima accesare: 12.2020; 368
- Fig.245. Fabrica Cycle Terre, sursă: © broșura "Fabriquer la ville bas carbone avec cycle terre", Matériaux en terre crue produits à partir de déblais, ultima accesare: 06.2021; 368