

CONTRIBUȚII CU PRIVIRE LA EFICIENȚA ENERGETICĂ A CONSTRUCȚIILOR REZIDENȚIALE NOI ÎN CONTEXTUL DEZVOLTĂRII DURABILE

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

arh. Cristian Mărăcineanu

Conducător științific: prof.univ.dr.arh. Smaranda Maria Bica.
Referenți științifici: prof.univ.dr.arh. Dorin Ștefan.
prof.univ.dr.arh. Machedon Florin.
prof.univ.dr.arh. Teodor Octavian Gheorghiu.

Ziua susținerii tezei: 17.03.2017.

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

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, 2013

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, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel./fax 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele de studii doctorale cuprinsă între anii 2013-2017 în cadrul Facultății de Arhitectură și Urbanism a Universității Politehnica Timișoara.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof.dr.arh. Smaranda Maria Bica pentru încrederea și suportul acordate pe parcursul activității desfășurate în elaborarea prezentei lucrări cât și în timpul anilor de studii universitare. Prin cunoștințele împărtășite, încurajarea permanentă și îndrumarea pe etape succesive în care m-a susținut, domnia sa a avut o contribuție importantă în evoluția acestei lucrări.

Membrilor comisiei de îndrumare formată din prof.univ.dr.ing. Valeriu Stoian, prof.univ.dr.ing. Aldo de Sabata, conf.univ.dr.ing. Traian Jurcă aș vrea să le mulțumesc pentru susținerea și suportul oferit pe parcursul activității mele doctorale.

Pentru înțelegerea, răbdarea și sprijinul oferit pe parcursul anilor de studii doctorale aș vrea să îi mulțumesc domnului arhitect Trofin Florin a cărui suport și îndrumări au fost esențiale atât în elaborarea lucrării cât și în evoluția mea profesională.

Doresc de asemenea, să-mi exprim mulțumirile și recunoștința pentru sfaturile profesionale competente acordate pe parcursul anilor de studiu tuturor colaboratorilor.

Bunul demers al activității de cercetare a fost asigurat prin intermediul proiectului POSDRU/159/1.5/S/137516 „Parteneriat interuniversitar pentru excelență în inginerie - PARTING, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013”, axa prioritară: 1 Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere, domeniul major de intervenție: 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării” al cărui beneficiar am fost.

În mod deosebit aș vrea să mulțumesc și să dedic această lucrare familiei mele care mi-a fost alături, m-a susținut și m-a încurajat pe tot parcursul activității mele.

Timișoara, Martie 2017

arh. Cristian Mărcineanu

Mărăcineanu, Cristian

Contribuții cu privire la eficiența energetică a construcțiilor rezidențiale noi în contextul dezvoltării durabile

Teze de doctorat ale UPT, Seria 17, Nr. 09, Editura Politehnica, 2017, 166 pagini, 52 figuri, 27 tabele.

ISSN: 2393-3178

ISSN-L: 2393-3178

ISBN: 978-606-35-0137-1

Cuvinte cheie: arhitectură sustenabilă, eficiență energetică, program experimental, analiză economică comparativă a eficienței construcțiilor, sistem de încălzire bazat pe pompă de căldură, clădiri de locuit rezidențiale eficiente energetic.

Rezumat,

Partea teoretică a lucrării analizează în primă fază problematica creșterii continue a consumului de energie și efectele acesteia finalizând cu analiza conceptului de casă eficientă energetic conform teoriilor actuale din domeniu. Obiectivul final al abordării teoretice este reprezentat de expunerea unei metode de analiză a locului ideal de amplasare și orientare a construcțiilor rezidențiale eficiente energetic în cadrul siturilor în funcție de criteriile de proiectare specifice pentru acest tip de construcții.

În plan aplicativ teza de doctorat are ca obiectiv analiza și cercetarea aspectelor legate de consumul de energie al unui proiect pilot, lucrarea cuprinzând o analiză detaliată a pașilor și costurilor de construcție, a rezultatelor obținute din punct de vedere al consumurilor de energie precum și a soluțiilor de îmbunătățire a eficienței ce ar putea fi implementate.

Scopul final în analiza fezabilității diferitelor soluții de construire a proiectului pilot este acela de a prezenta eficiența fiecărei ipoteze și stabilirea unor direcții în cadrul procesului de proiectare pentru locuințe rezidențiale eficiente energetic.

Structura tezei este formată din 7 capitole din care primele 3 capitole prezintă partea teoretică a lucrării urmând ca ultimele 4 capitole să fie dedicate prezentării programului experimental și rezultatelor obținute din monitorizările directe ale proiectului pilot cât și din simulările realizate pentru ipotezele diferite de îmbunătățire ale acestuia.

CUPRINS

Cuprins	5
Notății, abrevieri, acronime	9
Lista de tabele	11
Lista de figuri	12
Rezumat	14

1. Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

1.1	Importanța și actualitatea temei în contextul global	20
1.2	Contextul național	23
1.3	Prezentarea temei de cercetare și a obiectivelor	30
1.4	Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse	31
1.5	Concluzii	32

2. Analiza principiilor de funcționare ale construcțiilor performante energetic

2.1	Introducere	34
2.2	Principii de funcționare	35
2.3	Sisteme de măsură	35
2.3.1	Necesarul de caldură	35
2.3.2	Coeficientul de energie primară	36
2.3.3	Sarcina termică	36
2.3.4	Coeficientul de transmisie termică, termoizolarea și anvelopa clădirii	36
2.3.5	Caracteristici normate generale ale anvelopei clădirilor	38
2.3.6	Confortul interior, calitatea aerului și ventilația	42
2.4	Concluzii	45

3.	Abordare teoretică în procesul de proiectare al caselor eficiente energetic	
3.1	Argument introductiv	47
3.2	Descrierea tehnicii de proiectare ierarhizată	48
3.3	Tehnici de analiză detaliată	49
3.3.1.	Clima și contextul	49
3.3.2.	Analiza curenților de aer	52
3.3.3	Mișcarea maselor de aer pe sit	57
3.3.4.	Analiza curenților de aer pe situl proiectului pilot pe baza principiilor mișcărilor maselor de aer	59
3.3.5.	Propunere de analiză teoretică a microclimatului sitului	62
4.	Program experimental cu privire la aspecte tehnico-economice legate de construirea și monitorizarea în timp a proiectului pilot	
4.1	Introducere	70
4.2	Prezentarea proiectului pilot	70
4.3	Caracteristicile sistemului de încălzire	72
4.4	Consumurile de energie electrică totale rezultate din monitorizări directe în perioada 2012-2015 – Ipoteza A	75
4.5	Calculul coeficienților de transfer termic	77
4.5.1.	Pereți exteriori opaci	78
4.5.2.	Perete interior	78
4.5.3.	Pardoseală	79
4.5.4.	Tavan	80
4.5.5.	Ferestre exterioare	81
4.5.6.	Uși exterioare	81
4.5.7.	Uși interioare	81
4.5.8.	Coeficient termic aferent benzii de contur	81

4.5.9.	Tavan cu izolație suplimentară	82
4.5.10	Pereți exteriori opaci din cărămidă Porotherm 25 cu termoizolație din polistiren de 10 cm grosime	82
4.6	Calculul necesarului de căldură pentru încălzire Ipoteza 'B'	83
4.6.1.	Coeficienți de transfer termic	83
4.6.2.	Determinarea necsarului de căldură pentru încălzire	84
4.6.3.	Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire	85
4.7	Calculul consumului anual de căldură pentru încălzire	92
4.8	Calculul necesarului de căldură - recapitulație Ipoteza 'B'	93
4.9	Calculul consumurilor de energie electrică pentru încălzire al pompei de căldură și costurile anuale	94
4.10	Concluzia - recapitulație comparativă între consumul estimat prin calcule și consumul înregistrat din monitorizări	95
4.11	Analiza costurilor aferente construcției proiectului pilot pe categorii de lucrări în ipoteza A și B	95
4.12	Interpretarea rezultatelor	99
5.	Analiza tehnico-economică a ipotezelor "C" și "D" a proiectului pilot	
5.1	Introducere	100
5.2	Program experimental - Ipoteza 'C'	101
	Calculul necesarului de căldură pentru încălzire	
5.2.1	Date de calcul	101
5.2.2	Determinarea necesarului de căldură pentru încălzire ...	102
5.2.3	Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire	104
5.3	Calculul consumului anual de căldură pentru încălzire	106
5.4	Analiza tehnico-economică a ipotezei 'C'	107
5.5	Interpretarea rezultatelor ipotezei 'C'	110
5.6	Program experimental - Ipoteza 'D'	111
	Calculul necesarului de căldură pentru încălzire	

8 Cuprins

5.6.1	Date de calcul	111
5.6.2	Coeficienți de transfer termic	112
5.6.3	Determinarea necesarului de căldură pentru încălzire ...	112
5.6.4	Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire	114
5.7	Calculul consumului anual de căldură pentru încălzire	111
5.8	Analiza tehnico-economică a ipotezei 'D'	117
5.9	Interpretarea rezultatelor ipotezei 'D'	120
5.10	Necesarul de căldură – recapitulație comparativă	121
6.	Analiza economică	
6.1	Argument introductiv	124
6.2	Premisele analizei	125
6.3	Evaluarea rezultatelor analizei economice	130
7.	Concluzii finale. Contribuții personale. Valorificarea rezultatelor. Publicații.	
7.1	Concluzii finale	133
7.2	Cotribuțiile autorului	136
7.3	Valorificarea rezultatelor. Publicații	137
7.4	Propuneri pentru continuarea cercetărilor	138
Bibliografie	140
Anexe	147

Notații, abrevieri, acronime

Capitolul I

Abrevieri

- CO₂ - dioxid de carbon
HVAC - Heating, ventilation and air conditioning

Acronime

- GESCDD - Grupului de Experti în domeniul Schimbărilor Climatice și Dezvoltării Durabile
MDRAP - Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice
SACET - Sistemul de Alimentare Centralizată cu Energie Termică
UE - Uniunea Europeană
PNAEE - Planurile Naționale în domeniul Eficienței Energetice
CES - Casa cu consum energetic scăzut

Capitolul II

Notații

- kWh/mp/an - kilowatt oră/metru pătrat/an
m²K - metru pătrat kelvin
 t - temperatura punctului de rouă
 t_r - diferența dintre temperatura aerului interior și temperatura
suprafaței

Abrevieri

- CO₂ - dioxid de carbon
RPE - rezistența termică a unui perete exterior

Capitolul III

Notații

- m/s - metru pe secundă
m - metru

Abrevieri

- HVAC - Heating, ventilation and air conditioning

Acronime

- INMH - Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie
NASA - National Aeronautics and Space Administration
ISMCS - International Station Meteorological Climate Summary

10 Notății, abrevieri, acronime

Capitolul IV

Notății

mp	- metru pătrat
m ³	- metru cub
m ²	- metru pătrat
W/ m ² K	- watt per metru pătrat kelvin
kW	- kilowatt
kWh	- kilowatt oră

Abrevieri

C	- celsius
---	-----------

Acronime

COP	- coeficient de performanță
-----	-----------------------------

Capitolul V

Notății

°C	- grade Celsius
mp	- metru pătrat
m ³	- metru cub
W/ m ² K	- watt per metru pătrat kelvin
kW	- kilowatt
kWh	- kilowatt oră

Abrevieri

CBES	- Casa buna cu necesar energetic scăzut
CAE	- Costuri anuale pt. energie electrică consumată

Capitolul VI

Notății

kWh	- kilowatt oră
-----	----------------

Acronime

CEE	- Consumul anual de energie electrică
VAN	- Valoarea actualizată netă
RIR	- rată internă de rentabilitat

Lista de tabele

Capitolul I	
Tabelul 1.1 – Caracteristici de performanță energetică – clădiri de locuit	25
Capitolul II	
Tabel 2.1 Coeficientii de transfer termic superficial	39
Tabel 2.2 Rezistențe termice corectate minime R'_{min} ale elementelor de construcții pe ansamblul clădirilor de locuit	40
Tabelul 2.3 Valorile normate pentru $\Delta t_{i max}[C]$	41
Tabelul 2.4: Categoriile de ambianță interioară	42
Capitolul III	
Tabel 3.1 Valori stabilite pentru definirea zonelor de climat confortabil în funcție de sezon	62
Capitolul IV	
Tabel 4.1 Calculul necesarului de căldură aferent ipotezei B	93
Tabel 4.2 Estimarea costurilor anuale pentru încălzire aferente ipotezei B	94
Tabel 4.3 Recapitulăție comparativă între consumul estimat în ip. A și ip. B.....	95
Capitolul VI	
Tabel 6.1 Consumuri de energie electrică aferente ipotezelor de studiu	125
Tabel 6.2 Costuri anuale pentru energia electrică aferente ipotezelor de studiu ..	126
Tabel 6.3 Rata de capitalizare maximă la data realizării analizei	126
Tabel 6.4 Costuri edificare proiect pilot aferente fiecărei ipoteze	127
Tabel 6.5 Valorile indicatorilor analizați în cadrul analizei cost-aferente	130

Lista de figuri

Capitolul I

Figura 1.1 – Amprenta ecologică a umanității între anii 1961 -2010	20
Figura 1.2 – Consum de energie în clădiri: medie 2005-2010 (locuințe), estimare (nerezidențial)	22
Figura 1.3 – Vechimea clădirilor rezidențiale (locuințe) după anul construirii	25
Figura 1.4 – Distribuția consumului final de energie (valori medii 2008-2010)	26
Figura 1.5 – Surse de încălzire în sectorul rezidențial	27
Figura 1.6 – Evoluția numărului de localități din România conectate la SACET	27
Figura 1.7 – Localități care dispun de serviciul de alimentare cu energie termică publică la nivelul anului 2014 și procentele de consumatori conectați la SACET	28
Figura 1.8 – Prețul comparativ al energiei electrice pentru utilizatorii casnici din UE în 2011	29
Figura 1.9 – Prețul comparativ al gazului pentru utilizatorii casnici din UE în 2011.	29

Capitolul II

Figura 2.1 Tipologii structurale ale pereților pentru case eficiente energetic	37
Figura 2.2 Tipologii structurale ale pereților pentru case eficiente energetic	37
Figura 2.3 Tipologie structurale ale pardoselii pentru case eficiente energetic ...	38
Figura 2.4 Tipologii structurale ale acoperișurilor pentru case eficiente energetic	38
Figura 2.5 Starea de confort interior în funcție de temperatura resimțită	43
Figura 2.6 Distribuția temperaturii straturilor de aer în încăperea în funcție de tipul de încălzire	44
Figura 2.7 Clasificarea construcțiilor în funcție de consumul de energie	45

Capitolul III

Figura 3.1 Evoluția producției de energie la nivel mondial 1970-2100	47
Figura 3.2 Ierarhia celor 5 nivele în designul clădirilor eficiente energetic	48
Figura 3.3 Studiul de însorire aferent sitului proiectului pilot în luna cea mai rece a anului - ianuarie și în luna cea mai caldă - iulie, pe intervale orare	50
Figura 3.4 Graficul iradianței solare, Timișoara, România	51
Figura 3.5 Roza lunară a vânturilor, Timișoara, România.....	53
Figura 3.6 Roza anuală a vânturilor, Timișoara, România	55
Figura 3.7 Viteza medie lunară a vânturilor pe intervale orare [m/s], Timișoara, România	56
Figura 3.8 Graficul mediilor lunare al vânturilor pe intervale orare, Timișoara, România	57
Figura 3.9 Viteza vântului în funcție de profilul terenului	58
Figura 3.10 Interacțiunea vântului cu obiectele pe care le întâlnește în calea sa. Reprezentare în plan și în elevație	59
Figura 3.11a Diagrama vântului de iarnă pe parcela proiectului pilot. Reprezentare în elevație	60
Figura 3.11b Diagrama vântului de iarnă pe parcela proiectului pilot. Reprezentare în plan	60
Figura 3.12a Diagrama vântului de vară pe parcela proiectului pilot. Reprezentare în elevație	61

Figura 3.12b Diagrama vântului de vară pe parcela proiectului pilot. Reprezentare în plan	61
Figura 3.13 Studiu însoririi pe parcela proiectului pilot. Reprezentare în plan în sezonul cald și rece	63
Figura 3.14 Diagrama vântului pe parcela proiectului pilot	64
Figura 3.15 Reprezentarea grafică a însoririi pe parcelă	65
Figura 3.16 Reprezentarea grafică a curenților de aer pe parcelă	66
Figura 3.17 Suprapunerea reprezentărilor grafice ale însoririi și vântului	67
Figura 3.18 Reprezentare numerică în funcție de condițiile climatice pe fiecare unitate de analiză	68
Figura 3.19 Model numeric al condițiilor climatice de pe parcela proiectului pilot pentru sezonul cald și rece	68
Figura 3.20 Model numeric al parcelei cu valorile de confort climatic	69
 Capitolul IV	
Figura 4.1 Planul parter al proiectului pilot	71
Figura 4.2 Schemă exterioară de funcționare a pompei de căldură	72
Figura 4.3 Schema axonometrică a pompei de căldură	73
Figura 4.4 Schemă interioară de funcționare a pompei de căldură	74
Figura 4.5 Grafic compartiv temperatură de lucru încălzire în pardoseală și încălzire corpuri statice	74
Figura 4.6 Consumurile de energie electrică ale proiectului pilot	75
Figura 4.7 Graficul consumurilor de energie electrică în perioada 2012 -2014	76
Figura 4.8 Analiza costurilor de întreținere anuale	77
 Capitolul VI	
Figura 6.1 Valoarea actualizată netă aferentă ipotezelor de analiză	131
Figura 6.2 Valoarea actualizată netă aferentă ipotezelor de analiză	131
Figura 6.3 Valoarea ratei de actualizare aferentă ipotezelor de analiză	132
Figura 6.4 Grafic comparativ al ratei de actualizare aferentă ipotezelor de analiză	132
Figura 6.5 Valoarea raportului cost-beneficiu aferent ipotezelor de analiză	133
Figura 6.6 Grafic comparativ raport cost-beneficiu	133

Rezumat

În plan aplicativ teza de doctorat are ca obiectiv cercetarea aspectelor legate de costurile de edificare și consumul de energie al unei construcții pilot cât și modalități de reducere ale acestuia, modul de comportare al sistemului de încălzire cu pompă de căldură apă-apă utilizat ca sursă de încălzire cât și analiza eficienței financiare de reducere a consumului de energie electrică.

În plan teoretic se propune analiza conceptului de casă eficientă energetic conform teoriilor actuale din domeniu și propunerea unei metode tip matrice de realizare a studiului de teren în vederea identificării locului ideal pentru amplasarea locuinței.

Topica abordată în acest studiu raspunde nevoilor de a găsi soluții la problemele menționate și creștere a performanțelor energetice ale construcțiilor noi, teza încadrându-se în prevederile Strategiei Europa 2020 cât și în Planurile Naționale în domeniul Eficienței Energetice (PNAEE).

Dincolo de faptul că arhitectura creează cadrul pentru viața societății, produsul de arhitectură ca rezultat al unui proces structurat de proiectare trebuie să reflecte nevoile sociale nu numai prin funcționalitate și raționalitate cât și prin eficiența construcției și sustenabilitate ei – prin modul în care ea interactuează cu mediul înconjurător.

Capitolul I – Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

Primul capitol al lucrării începe prin a prezenta importanța și actualitatea temei de cercetare în contextul global prin evidențierea tendinței continue de creștere a consumului de energie la nivel global ca un efect al creșterii demografice accelerate. Importanța și actualitatea temei în contextul global este pusă în evidență prin afirmațiile Grupului de Experti în domeniul Schimbărilor Climatice și Dezvoltării Durabile (GESD) conform cărora nivelul actual al consumului populațiilor din țările dezvoltate poate fi susținut, în condițiile performanțelor curente ale managementului resurselor planetare, pentru cel mult două miliarde de oameni. Populația lumii a atins deja acest prag încă din anul 1920, în prezent depășind 7 miliarde de locuitori. Prin urmare, ar fi nevoie de cel puțin încă două planete de tipul Pământului, pentru a putea oferi condiții de viață similare celor din țările dezvoltate, tuturor oamenilor cu tehnologiile actuale.

În subcapitolul 1.2 Contextul național este conturată imaginea de ansamblu a fondului imobiliar existent în România evidențiindu-se faptul că la majoritatea clădirilor rezidențiale construite atât în perioada 1961-1980 cât și în perioada de după 2000, perioadă în care tendința de migrare spre "noile dezvoltări urbane" a cunoscut un avânt fără precedent, au fost tratate superficial sau chiar deloc cerințele termice specifice ale elementelor de construcții ce alcătuiesc anvelopa acestora. În continuarea subcapitolului este realizată o scurtă analiză a principalelor sisteme energetice la nivel național conform datelor furnizate de Ministerul Energiei și Ministerul Dezvoltărilor Regionale, Administrației Publice și Fondurilor Europene.

Tema de cercetare abordată, ideile principale urmărite, scopul și obiectivele tezei de doctorat cât și stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse sunt prezentate în a doua parte a capitolului. Lucrarea analizează probleme legate de consumul de energie al proiectului pilot, modalități de reducere ale acestuia, modul

de comportare al diferitelor sisteme tehnologice folosite cât și eficiența financiară rezultată în urma măsurilor aplicate.

Subcapitolul 1.4 Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse pune în evidență modul în care a luat naștere conceptul de casa eficientă energetic, atât în Europa cât și în Statele Unite ale Americii amintind diferențele dintre acestea.

Capitolul II-Analiza principiilor de funcționare ale unei case eficiente energetic

Capitolul prezintă o selecție de date informative privind principiile de funcționare ale caselor eficiente energetic. Sunt evidențiate principiile de funcționare ale acestor tipuri de locuințe, caracteristicile minime ce trebuie îndeplinite de acestea, stratificații ale anvelopei și avantajele utilizării încălzirii în pardoseală așa cum se regăsesc și în literatura de specialitate.

Astfel, sunt descrise și definite necesarul de căldură, coeficientul de energie primară, sarcina termică, coeficientul de transmisie termică cât și câteva tipologii structurale ale principalelor părți ale anvelopei specifice locuințelor eficiente energetic.

Capitolul III - Date generale și abordare teoretică în procesul de proiectare al caselor eficiente energetic

În urma analizei asupra consumurilor de energie la nivel global și național realizată în capitolele precedente, a fost evidențiată necesitatea abordării unor principii și strategii în procesul de proiectare al clădirilor eficiente energetic.

Realizarea unui demers de proiectare eficient și logic care să fie abordat încă din fazele incipiente ale procesului de proiectare și prin care să fie asigurată relaționarea corectă a clădirii cu mediul înconjurător, cu resursele energetice locale, cu tehnologiile și materialele utilizate reprezintă subiectul prezentului capitol.

Tehnicile de analiză detaliată și strategiile de proiectare a clădirilor eficiente energetic prezentate în acest capitol pun accentul pe utilizarea energiilor distribuite (soare, vânt, apă) în locul energiilor elitiste (petrol, gaz, uraniu, carbune).

Este prezentată abordarea teoretică emisă de Mark deKay și G.Z Brown în lucrarea "Sun, wind and light" care propune o organizare pe nivele ierarhice în care o parte din performanța energetică este indusă prin proiectarea arhitecturală a clădirii. Fiecare nivel își propune o abordare a procesului de proiectare din perspectiva unor parametrii conceptual diferiți dar dependenți ca valori, rezultând astfel 5 nivele de abordare interdependente prin care se urmărește rezolvarea aspectelor legate de energie și proiectare cu un nivel de dotare tehnică minim necesar și costuri scăzute.

În continuare capitolului este propusă o metodă teoretică de analiză și convertire a studiului de amplasament, ce ține cont de criteriile existente pe sit, de resursele locale existente, într-un sistem de analiză matriceal care indică locurile ideale pentru amplasarea locuinței.

Utilizând un model caroiat al parcelei și datele locale referitoare la condițiile de însorire, umbrire, iradianță solară, curenți de aer sau tipare ale mișcărilor maselor de aer se realizează scheme grafice cu condițiile climatice aferente anotimpului rece și cald pe intervale orare (dimineață, prânz și seara). Aceste scheme grafice sunt reduse la modele numerice (matrici) care prin însumare indică pozițiile de pe parcelă cu elementele climatice favorabile amplasării construcției.

Avantajul metodei este reprezentat de resursele limitate pe care le utilizează și de posibilitatea de creare a unui soft computerizat pentru efectuarea acestui tip de analiză.

Capitolul IV- Program experimental cu privire la aspecte tehnico-economice legate de construirea și monitorizarea în timp a proiectului pilot

Subiectul abordării practice al lucrării este reprezentat de un proiect cu funcțiunea de locuință realizat în anul 2010 în localitatea Giroc, județul Timiș. Parcela aleasă pentru construirea casei are o suprafață de 645 mp, iar construcția în regim de înălțime parter are o arie construită de 125 mp.

Descrierea completă a parametrilor construcției, a consumatorilor electrici cât și a caracteristicilor sistemului de încălzire sunt realizate în subcapitolele 4.2 și 4.3 ale prezentului capitol.

În cadrul acestui capitol sunt prezentate datele obținute în urma programului experimental ce s-a întins pe o perioadă de 4 ani, timp în care a locuinței proiect pilot a fost monitorizată din punct de vedere al consumurilor de energie.

Consumurile de energie electrică monitorizate în perioada 2012-2014 precum și costurile de întreținere ale perioadelor menționate fac subiectul subcapitolului 4.4.

În continuarea capitolului sunt determinate, prin calcul direct, conform normativelor în vigoare, coeficienții de transfer termic aferenți elementelor ce alcătuiesc locuința - proiect pilot.

În urma determinării acestor coeficienți s-a realizat calculul necesarului de căldură pentru încălzire - Ipotezei B cât și calculul consumului anual de energie electrică pentru încălzire al pompei de căldură și costurile anuale ale locuinței.

Rezultatele obținute în urma calculelor energetice sunt comparate în partea finală a prezentului capitol cu consumurile energetice și costurile de întreținere înregistrate în perioada monitorizării (Ipoteza A - Monitorizare directă) rezultând astfel o estimare exactă a costurilor generate raportate la un metru pătrat de suprafață încălzită pe an.

În același timp, pentru metoda de calcul a eficienței energetice utilizată a fost determinată o diferență de -5% față de consumurile și costurile înregistrate în realitate.

Subcapitolul 4.10 tratează costurile de edificare ale construcției pe categorii de lucrări prezentând listele de cantități de lucrări și costurile aferente acestora. Pentru partea de sisteme de instalații au fost luate în considerare facturile care au stat la baza achizițiilor efectuate la momentul edificării locuinței.

Capitolul V- Analiza tehnico-economică a ipotezelor C și D a proiectului pilot

Consumurile de energie înregistrate ale proiectului pilot cât și datele tehnice și economice, prezentate în capitolele anterioare, au oferit un set de informații reale cu privire la costurile de construire și utilizare ale locuinței. Datele astfel obținute au fost utilizate în elaborarea unei analize a două scenarii diferite ale proiectului pilot ce constau în realizarea unor simulări ale consumurilor energetice și a costurilor de edificare.

În consecință, pentru a putea verifica eficiența scenariilor diferite a proiectului pilot a fost necesară stabilirea unor ipoteze de calcul pe baza cărora s-au efectuat simulări ale consumurilor energetice. În urma rezultatelor obținute din simulările

energetice s-a realizat analiza tehnico-economică a costurilor necesare pentru edificarea fiecărui scenariu propus.

În cadrul simulărilor experimentale și în stabilirea ipotezelor scenariilor s-au avut în vedere:

- păstrarea caracteristicilor arhitecturale și dimensiunile specifice proiectului pilot existent;
- îmbunătățirea parametrilor de consum energetic ai proiectului pilot prin aducerea lui către consumuri identice cu cele ale unei case eficiente energetic;
- ca soluțiile de îmbunătățire să fie realizabile din punct de vedere tehnic cât și economic, fiind posibile prin utilizarea unor materiale existente pe piața din România la costuri accesibile;

Necesitatea acestei evaluări este importantă în activitatea de proiectare deoarece poate ajuta în estimarea performanțelor energetice ale proiectelor rezidențiale în funcție de materialele alese pentru construcție.

Program experimental de simulare are următoarele obiective:

- cercetarea posibilităților de construire a unei case eficiente energetic cu privire la materialele utilizate și eficiența obținută;
- analiza costurilor necesare pentru construire în funcție de materialele utilizate;
- analiza costurilor de utilizare în funcție de materialele utilizate;
- identificarea bugetului necesar pentru îmbunătățirea energetică a proiectului pilot.
- determinarea timpului de amortizare a diferențelor de costuri prin economiile realizate.

Astfel, în cazul ipotezei "C" calculul se efectuează pentru situația în care construcția se execută în următoarele condiții:

- tavan cu izolație suplimentară;
- pardoseală ridicată la o cotă peste nivelul terenului sistematizat (0,5-0,6 m);

Aceste măsuri de îmbunătățire au fost luate datorită faptului că în cazul proiectului pilot, în urma calculelor, au fost evidențiate pierderi de căldură la nivelul pardoselii și al tavanului.

Plecând de la premisa accesibilității materialelor, ipoteza D propune analizarea eficienței energetice și economice a unei construcții identice ca planimetrie cu cea a proiectului pilot, cu următoarele caracteristici:

- o configurare structurală alcătuită din zidărie confinată de cărămidă cu goluri verticale, centuri, stâlpișori și fundații continue din beton armat;
- șarpanta de lemn și învelitoare din tiglă metalică;
- păstrarea planimetriei și a orientării proiectului pilot;
- păstrarea dimensiunilor elementelor structurale.

Pentru fiecare ipoteză din cele menționate anterior este realizată, într-un mod identic cu cel prezentat în capitolul IV, o analiză tehnico-economică pentru determinarea costurilor necesare pentru realizarea investițiilor. Aceste sunt comparate în capitolul VI.

Capitolul VI - Analiza economică

În capitolul VI este prezentată o analiză economică a rezultatelor obținute pentru fiecare ipoteză studiată. Analiza cost-beneficiu a proiectului prezentat vizează analiza fezabilității financiare prin prisma a trei indicatori de performanță financiară:

18 Rezumat

- valoarea actualizată netă (VAN);
- rata internă de rentabilitate (RIR);
- durata de recuperare a investiției.

În general, pentru orice tip de investiții este recomandată întotdeauna o analiză financiară. Este important să se înțeleagă întinderea până la care capitalul investit în proiect poate fi amortizat peste ani. Acesta poate fi fie prin fluxuri de numerar generate de o activitate economică (vânzarea produselor/ serviciilor generate de investiție) sau prin reduceri de costuri de întreținere generate de investiție și observabile pe perioadă de operare a acestora (ca și în cazul analizat).

Costul investiției necesare obținerii economiei de costuri a fost considerat costul suplimentar față de Ipoteza "A" pentru fiecare ipoteza (B, C, D).

Pentru determinarea costurilor suplimentare în tabelul 6.4 apar costurile totale de edificare considerând toate lucrările aferente implementării tehnologiilor pentru fiecare din ipoteze.

Raționamentul pentru care s-a luat în calcul doar costurile suplimentare ale investiției este faptul că aceste costuri generează efectiv economia de consum de energie electrică, celelalte costuri fiind identice în fiecare variantă constructivă, deci nu au o contribuție directă la fluxul de numerar analizat.

Rezultatele analizei efectuate confirmă faptul că toate ipotezele și variantele reprezintă investiții acceptabile – cu beneficii viitoare mai mari decât investiția necesară creării economiei de costuri însă ipoteza „D” conduce la maximizarea investiției realizate față de celelalte ipoteze, având cea mai mare rată internă de rentabilitate (RIR) și cea mai mică durată de recuperare a investiției.

Capitolul VII- Concluzii finale. Contribuții personale. Valorificarea rezultatelor. Publicații.

Sunt prezentate concluziile finale obținute în urma cercetărilor efectuate. Rezultatele analizelor pun în evidență diferențele de costuri de edificare și întreținere cât și consumurile energetice rezultate pentru fiecare ipoteză de calcul în parte.

Partea a doua a capitolului prezintă contribuțiile principale ale autorului și modalitățile de diseminare și de valorificare a tezei de doctorat prin proiecte de cercetare, prezentări și publicații în reviste de specialitate.

Astfel, o enumerare a contribuțiilor majore ale autorului este următoarea:

1. Proiectarea și realizarea unei construcții pilot cu funcțiunea de locuință, în cadrul careia au fost implementate anumite tehnologii existente pe piața din România ce utilizează energii neconvenționale și sisteme de construire ce contribuie la o scădere a consumului de energie.
2. Urmărirea costurilor de edificare pentru construirea proiectului pilot.
3. Monitorizarea directă și înregistrarea periodică a consumurilor de energie și costurilor de întreținere a construcției pilot ce funcționează cu pompă de căldură apă-apă.
4. Investigarea problemelor cu privire la consumul de energie, pierderile de energie aferente proiectului pilot.

5. Propunerea unui set de variante de simulări care să pună în evidență gradele diferite de reducere ale consumurilor de energie cât și diferențele cu privire la costurile de construcție în funcție de intervențiile suplimentare propuse și materialele utilizate pentru eficientizarea construcției pilot. Realizarea analizelor pentru ipotezele diferite și compararea rezultatelor.

6. Propunerea unei direcții de cercetare în legătură cu poziționarea și orientarea locuințelor individuale în cadrul parcelei, plecând de la situația existentă pe sit și urmărind reducerea acesteia la un model numeric simplificat.

CAPITOLUL I – CONTEXTUL GLOBAL ȘI NAȚIONAL CU PRIVIRE LA CONSUMURILE DE ENERGIE

1.1 Argument introductiv – importanța și actualitatea temei în contextul global

În momentul actual populația de pe Terra a depășit cifra de 7 miliarde și continuă să crească într-un ritm alert. Această explozie demografică dă naștere unei serii de consecințe, dintre care cele relevante pentru topicul studiului sunt:

- extinderea tendinței de consum;
- puțin peste 1 miliard de oameni au acces la bunăstare atrăgând pentru sine mare parte din consumul de energie și materii prime. Odată cu creșterea numărului de locuitori ai Terrei cresc și necesitățile în materie de consum;
- creșterea consumului de energie și materii prime care duc la secătuirea resurselor și degradarea calității vieții și a ecosistemului prin poluare;
- scăderea indicelui nivelului de trai al planetei stabilit în 1970 ca fiind 1, iar 2003 scăzând sub 0.8 datorită exploziei demografice și a poluării;
- emisiile ridicate de CO₂ în atmosferă cât și utilizarea iresponsabilă a resurselor [1].

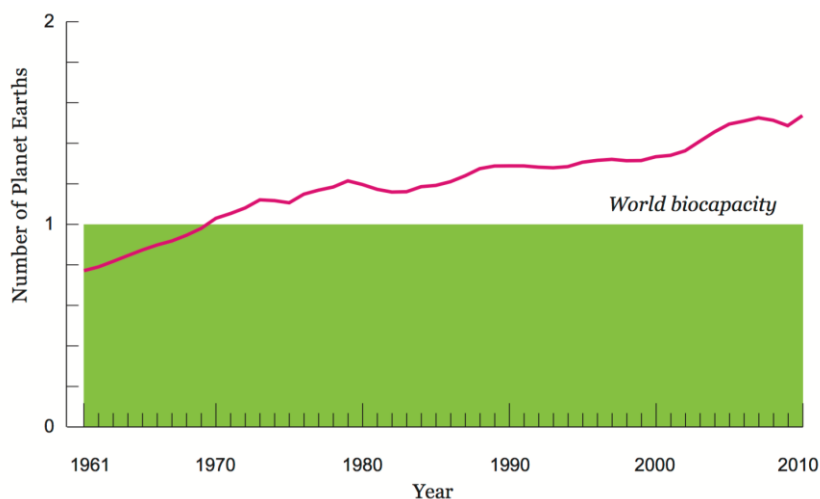


Figura 1.1 – Amprenta ecologică a umanității între anii 1961 -2010 (Sursa: Living Planet Report 2014, WWF, The Global Conservation Organization, 2006 - prelucrare)

Dorința declarată politic și în același timp necesitatea de eradicare a sărăciei extreme (persoane care dispun doar de 1 dolar pe zi sau mai puțin - de la 1,5 miliarde persoane în anul 1980 la 1,1 miliarde în anul 2001 la 767 milioane în 2013) nu ar fi posibilă fără găsirea unor surse alternative de energie și materii prime. Pe de altă parte, orice creștere a economiei are ca efect creșterea consumului de energie. [3]

Creșterea demografică alertă, dorința de eradicare a sărăciei, consumul excesiv de bunuri și servicii din țările dezvoltate, creșterea necesarului de energie și materii prime și exploatarea lor necontrolată acumulează pe termen lung o factură a resurselor naturale ce excede capacitatea de regenerare a planetei - vezi Figura 1.1.

Drept urmare, eradicarea sărăciei și creșterea nivelului de trai sunt deziderate ce trebuie atinse în modalități diferite de cele convenționale.

Potrivit Grupului de Experți în domeniul Schimbărilor Climatice și Dezvoltării Durabile (GESD), nivelul actual al consumului populațiilor din țările dezvoltate poate fi susținut, în condițiile performanțelor curente ale managementului resurselor planetare, pentru cel mult două miliarde de oameni. Ori, populația lumii a atins deja acest prag încă din anul 1920, în prezent depășind 7 miliarde de locuitori, după cum s-a prezentat anterior. Prin urmare, ar fi nevoie de cel puțin încă două planete de tipul Pământului, pentru a putea oferi condiții de viață similare celor din țările dezvoltate, tuturor oamenilor cu tehnologiile actuale. [2]

Cele două laturi ale creșterii continue ale consumului de energie sunt secătuirea resurselor pe de o parte și creșterea emisiilor de CO₂ pe de altă parte, fapt care agravează continuu starea ecosistemului terestru. De aceea implementarea unor soluții eficiente și viabile care să aibă ca scop scăderea consumului de energie în construcțiile noi este absolut necesară.

În concluzie:

- Limitarea creșterii consumului de energie, într-o economie convențională este o măsură imposibil de implementat și imorală politic;
- Găsirea unor surse alternative, ecologice, eficiente și regenerabile pentru producerea energiei necesare este o măsură susținută de progresul tehnologic din ultimii ani;
- Eficentizarea energetică a tuturor construcțiilor noi este o măsură susținută politic în anumite țări din Europa, însă tratată superficial în România unde măsurile se limitează la anveloparea termică exterioară;

Dincolo de abilitatea de a oglindi expresia culturii unui popor sau dincolo de faptul că arhitectura crează cadrul pentru viața societății, produsul de arhitectură, ca rezultat al unui proces structurat de proiectare, trebuie să reflecte nevoile sociale nu numai prin funcționalitate și raționalitate dar și prin eficiența construcției și sustenabilitatea ei – prin modul în care ea interacționează cu mediul natural înconjurător (îl degradează sau îl apreciază).[4]

În condițiile în care tot mai multe țări dezvoltate pun accentul pe eficiența energetică a construcțiilor noi și pe valorificarea caracteristicilor mediului existent prin utilizarea resurselor regenerabile și a tehnologiilor noi accesibile pe piața, este necesar să se găsească soluții de implementare și în România.

Clădirile constituie un element central al politicii statelor membre UE privind eficiența energetică, fiind responsabile pentru aproximativ 40% din consumul final de energie și 36% din emisiile de gaze cu efect de seră. La nivel național, consumul de

22 Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

energie în sectorul locuințelor și sectorul terțiar (birouri, spații comerciale și alte clădiri nerezidențiale) reprezintă împreună 45% din consumul total de energie. Consumul total de energie, pe categorii de clădiri, este prezentat în Figura 1.2.

Ca membră a Uniunii Europene, România trebuie să implementeze viziuni globale moderne, actualizând normele existente și adaptând legislațiile europene preluate la condițiile climatice și economice din țara urmărind cu strictețe implementarea lor. Astfel, prin intermediul normelor și reglementărilor europene este urmărită pe de o parte întărirea relației dintre mediul natural și peisaj, între amenajarea urbană și arhitectură și pe de altă parte creșterea eficienței construcțiilor noi prin valorificarea resurselor regenerabile, valorificarea mediului existent și utilizarea tehnologiilor noi, accesibile pe piață.

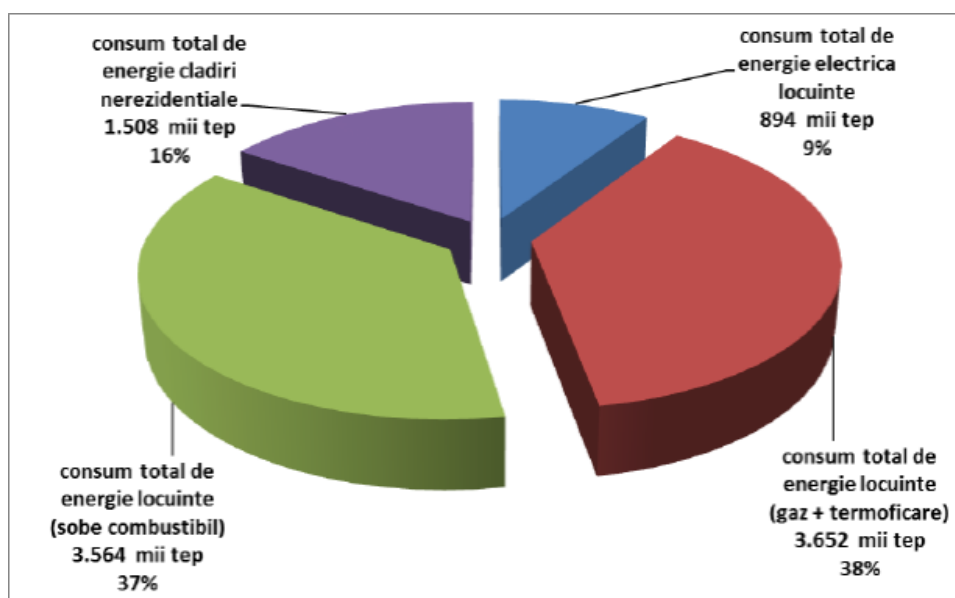


Figura 1.2 – Consum de energie în clădiri: medie 2005-2010 (locuințe), estimare (nerezidențial)

(Sursa: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții, Urbanism și Dezvoltare Teritorială Durabilă „URBAN-INCERC” - INCĐ URBAN-INCERC)

Acest lucru necesită implicarea nemijlocită a statului din punct de vedere legislativ și prin crearea de facilități în procesul de proiectare și construire, **implicarea arhitectului în toate etapele de proiectare – de la concept la execuție sub forma unui garant între stat și beneficiar**. Deși produsul de arhitectură rezultat rămâne cu un caracter privat, deoarece acesta afectează calitatea imaginii publice prin funcționalitate, raționalitate și eficiență, el nu poate fi lasat la opțiunea unui beneficiar sau dezvoltator.

Cu alte cuvinte, existența și formarea unei politici de stat, aliniată la normele europene, în domeniul arhitecturii/proiectării este o necesitate iminentă, având în vedere o creștere a calității mediului construit. Aceasta reprezintă o caracteristică esențială a unei societăți solide, luând în considerare faptul că arhitectura de astăzi va reprezenta patrimoniul arhitectural al viitorului.[3]

Este evident faptul că este necesară lansarea unei serii de procese documentate care au menirea de a introduce noi exigențe și standarde pentru piața proiectării și piața de construcții, standarde la care statul împreună cu toate instituțiile sale au datoria să se alinieze. Considerând doar schimbările climatice din ultimii ani și perspectiva epuizării resurselor energetice convenționale se poate trage concluzia că noi standarde și reglementări cu privire la arhitectură și performanțele energetice ale construcțiilor noi vor fi implementate la nivel global, european și în cele din urmă și național.

Implementarea unui mod de gândire actualizat tehnologic și ecologic pe piața construcțiilor rezidențiale noi reprezintă un aspect care trebuie avut în vedere pe termen scurt, întrucât poate aduce rezolvări pe termen mediu și lung ale unor probleme care pot fi interpretate ca fiind cele ale independenței energetice, eficienței financiare cât și a creșterii durabilității și calității construcțiilor noi.

1.2 Contextul național

Dezvoltarea rapidă a orașelor după 1958 a creat o cerere masivă de locuințe, astfel că în cadrul Congresului al II-lea al P.M.R din 20-27.07.1960 s-a impus constructorilor orientarea în perioada 1960-1965, spre noi procedee de execuție industrială, de mare productivitate [5]. În perioada imediat următoare constructorii au adoptat principiile de lucru ale industrializării:

- tipizare;
- realizare în serie;
- organizarea științifică a muncii;
- mecanizare intensivă.

Perioada cuprinsă între anii 1956-1986 a cuprins o dezvoltare a clădirilor de locuit realizate din panouri mari prefabricate care și-au dovedit eficiența atât prin productivitate ridicată cât și prin comportarea bună în timp și la cutremur. În România anilor 1989, moment al schimbărilor de regim politico-economic, a atras după sine o serie de transformări reprezentate prin perioade scurte de progres sau regres economic. Indiferent de factorii economici și politici ai perioadei amintite piața construcțiilor a înregistrat o creștere continuă în România.

Deschiderea către occident a încurajat investitorii și a favorizat dezvoltarea sectorului construcțiilor în special după anii 2000, perioadă în care extinderea localităților și tendința de migrare din inima orașului către noile "dezvoltări urbane" a cunoscut un avânt fără precedent. Astel, cererea ridicată de locuințe individuale în noile "cartiere moderne" încurajată și de progresul economic accelerat caracteristic perioadei 2000-2007 a reprezentat cheia succesului acestui tip de investiții ignorându-se complet calitatea cartierelor, a locuințelor sau gradul de sustenabilitate al ansamblului construit.

24 Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

Cei 15 ani de extindere agresivă a localităților și dezvoltare a cartierelor rezidențiale lasă în urmă amprente de dezvoltări haotice, majoritatea ineficiente din punct de vedere energetic și urbanistic, care asigură o satisfacție pe termen scurt însă fără nicio perspectivă de dezvoltare durabilă sau sustenabilă. Acest subcapitol are menirea de a creiona pe scurt ansamblul fondului funciar construit în România, pe categorii de locuințe, cât și rezultatele statistice ale consumurilor de energie pe categorii de clădiri.

O imagine de ansamblu a fondului imobiliar existent

În România, suprafața construită este de 493 000 000 m², 86% din aceasta fiind reprezentată de clădirile rezidențiale. Din cele 8,1 milioane de unități locative, locuințele unifamiliale sunt dominante, reprezentând 61% din acestea.[5]

Pentru sectorul rezidențial se poate spune:

- 88,5% din unitățile locative sunt ocupate permanent; [5]
- Aproape jumătate din totalul locuințelor (47,5%) sunt situate în zonele rurale, ceea ce înseamnă că procentul de populație rurală din România este peste media europeană; [5]
- În zonele rurale, 95% din unitățile locative sunt locuințe individuale (unifamiliale); [5]
- În zonele urbane, 72% din unitățile locative sunt situate în blocuri de locuințe (care au în medie cca. 40 de apartamente per bloc); [5]
- Peste 60% din blocurile de locuințe au regim de înălțime P+4 etaje, iar 16% au P+10 etaje; [5]
- Forma dominantă de proprietate este proprietatea privată, fenomen început în anii 1970 ce s-a accentuat după ani 1990 și care reprezintă 84% din fondul total de clădiri rezidențiale, restul de cca. 1% din clădiri se află în proprietate publică, iar 15% sunt clădiri deținute sub o formă de proprietate mixtă; [5]
- Locuințele (apartamentele) din blocurile de locuințe au o suprafață utilă încălzită, în medie, de 48 m², comparativ cu 73 m² în cazul locuințelor unifamiliale. [5]

În ceea ce privește vechimea acestora, majoritatea clădirilor rezidențiale au fost construite în a doua jumătate a secolului XX, evidențiindu-se perioada 1961-1980, după cum se ilustrează în figura 1.3. În această perioadă, marea majoritate a locuințelor din România au fost construite fără să existe cerințe termice specifice ale elementelor de construcții care alcătuiesc anvelopa acestora, acest lucru fiind ilustrat în tabelul 1.1.

Astfel, din punct de vedere al consumului energetic, fondul imobiliar existent are încă un potențial semnificativ de a fi adus la standarde ridicate în ceea ce privește

performanța energetică, evidențiind astfel importanța elaborării unei strategii de renovare a clădirilor rezidențiale din România.

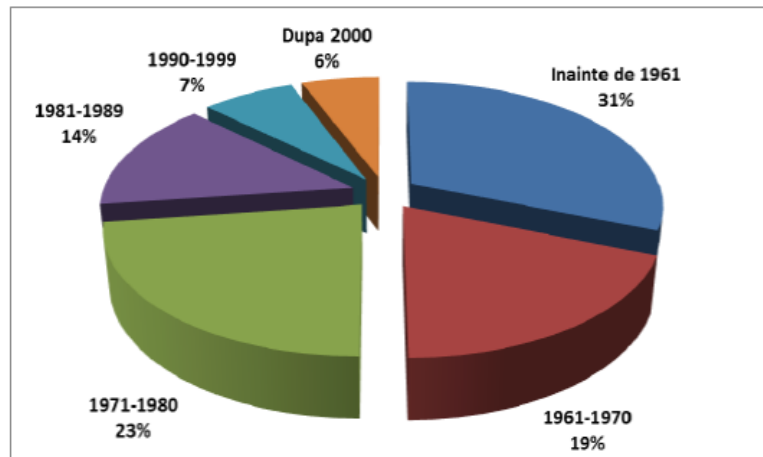


Figura 1.3 – Vechimea clădirilor rezidențiale (locuințe) după anul construirii
(Sursa: Institutul Național de Statistică, INCD URBAN-INCERC)

Din analiza fondului de clădiri rezidențiale, rezultă că energia pentru încălzire reprezintă aproximativ 55% din consumul total de energie în apartamente și până la 80% în casele individuale, iar în funcție de zona climatică, o locuință unifamilială consumă în medie cu 24% mai multă energie per m² comparativ cu o locuință (apartament) din blocurile de locuințe [7].

Anul construcției	Caracteristică termică U [W/(m ² K)]		Consum de energie finală (kWh/m ² an)
	Vertical	Orizontal	
< 1910	1.40 – 2.00	0.90 – 1.80	150 – 400
1910 - 1929	1.40 – 2.00	0.90 – 1.80	150 – 400
1930 - 1944	1.40 – 2.00	0.90 – 1.80	150 – 400
1945 - 1960	1.40 – 2.00	0.90 – 1.80	150 – 400
1961 - 1970	1.35 – 1.90	0.90 – 1.80	150 – 400
1971 - 1980	1.35 – 1.90	0.90 – 1.80	150 – 400
1981 - 1989	1.25 – 1.60	0.90 – 1.80	150 – 400
1990 - 1994	1.10 – 1.50	0.90 – 1.80	150 – 350
1995 - 1999	0.80 – 1.10	0.90 – 1.80	140 – 280
> 2000	0.70 – 1.10	0.90 – 1.80	120 – 230

Tabelul 1.1 – Caracteristici de performanță energetică – clădiri de locuit
(Sursa: INCD URBAN-INCERC)

26 Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

Datele statistice privind consumurile de energie, disponibile din Balanța energetică și structura utilajului energetic în perioada 2008 – 2014 respectiv, pentru anul 2010, permit defalcarea consumurilor finale pe domeniile principale ale economiei României prezentate în Figura 4:

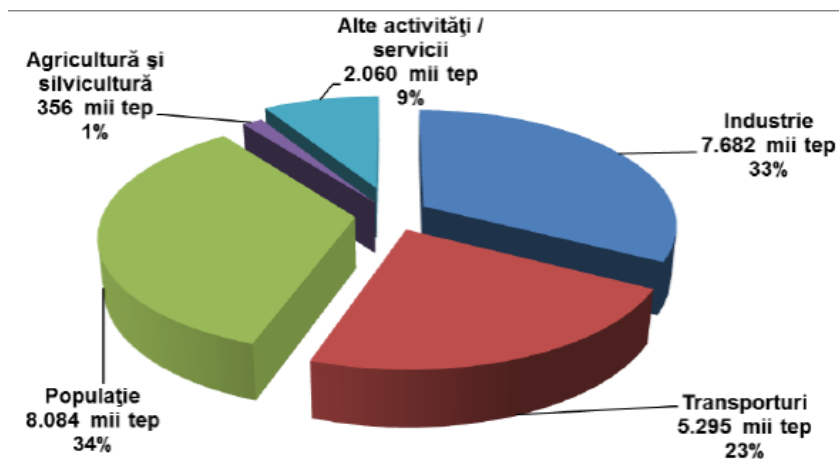


Figura 1.4 – Distribuția consumului final de energie (valori medii 2008-2010)
(Sursa: Institutul Național de Statistică, INCD URBAN-INCERC)

Ținând seama de măsurile strategice necesare pentru a reduce consumurile energetice relevate din statisticile anterioare, România va trebui să adapteze politica UE referitoare la consumul energetic al clădirilor care a fost consolidată în ultimii ani, în primul rând prin reformarea Directivei privind performanța energetică a clădirilor - EPBD, (*DIRECTIVA 2010/31/UE1*) în 2010, iar mai recent prin Directiva privind eficiența energetică - EED (*DIRECTIVA 2012/27/UE2*) care a abrogat directivele anterioare privind serviciile energetice și promovarea cogenerării.

Aceste directive, dar și altele, cum ar fi necesitatea de a avea în vedere utilizarea surselor regenerabile de energie pentru clădirile noi sau pentru cele care fac obiectul unor renovări majore, prevăzută de Directiva privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile (*DIRECTIVA 2009/28/EC3*), oferă un cadru prin care pot fi implementate măsuri politice menite să reducă consumul de energie, în special în sectorul clădirilor.[5]

Sisteme energetice la nivel național

În România există 3 surse de energetice folosite curent pentru încălzire: biomasă, gaz și sistem centralizat de termoficare (figura 1.5). Trei din patru case unifamiliale au un sistem de încălzire pe bază de biomasă, iar peste jumătate dintre blocurile de locuințe sunt conectate la o rețea centralizată de termoficare. Aproape toată energia furnizată de sistemele centralizate de termoficare (92%) este livrată prin sisteme de cogenerare. Puțin peste jumătate din energia cu care sunt alimentate sistemele centralizate de termoficare este reprezentată de gazul natural, restul fiind produse petroliere (26%) și cărbune (20%). În concluzie, toate sursele se bazează pe combustie fiind astfel surse de poluare a aerului.

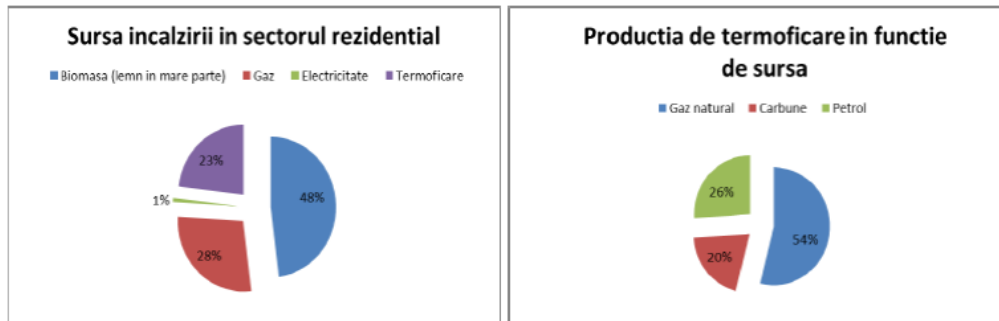


Figura 1.5 – Surse de încălzire în sectorul rezidențial (sursa: platforma de date BPIE)

În sectorul rezidențial, energia termică este folosită pentru încălzire și apă caldă menajeră. În general, eficiența acestei utilizări a energiei termice este de doar 43% (63% în București)[19]. În zonele rurale, încălzirea camerelor individuale este încă larg răspândită, în principal prin arderea lemnului în sobe.

Numărul localităților, conectate la sistemul centralizat de alimentare cu energie termică din România, a scăzut în perioada 1989 ÷ 2014 cu aproximativ 78%, respectiv de la 315 la 70 de localități.

În figura 1.6 se prezintă evoluția numărului de localități din România care dispun de serviciul centralizat de alimentare cu energie termică, în perioada 1989 ÷ 2014. [10]

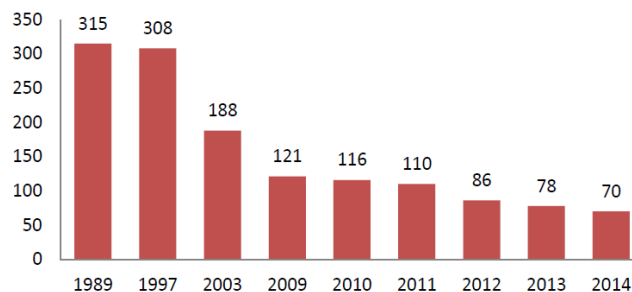


Figura 1.6 – Evoluția numărului de localități din România conectate la SACET (sursa: Raport privind evaluarea potențialului național de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență și a termoficării și răcirii centralizate eficiente, Ministerul Energiei și MDRAP, Decembrie 2015)

În figura 1.6 se observă o tendință continuă de reducere a numărului de localități conectate la sistemul centralizat de alimentare cu energie termică din România. Procentul maxim de localități în care s-au desființat sistemele centralizate de alimentare cu energie termică (40%) s-a înregistrat în perioada 1997-2003, procesul continuând până în prezent cu cca. 10% / an.

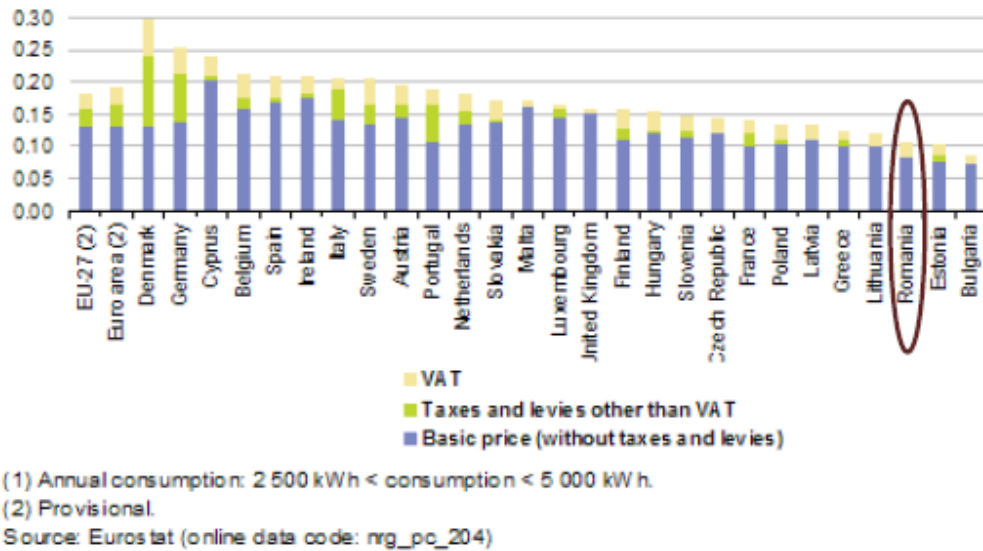


Figura 1.8 – Prețul comparativ al energiei electrice pentru utilizatorii casnici din UE în 2011
 (sursa: Eurostat)

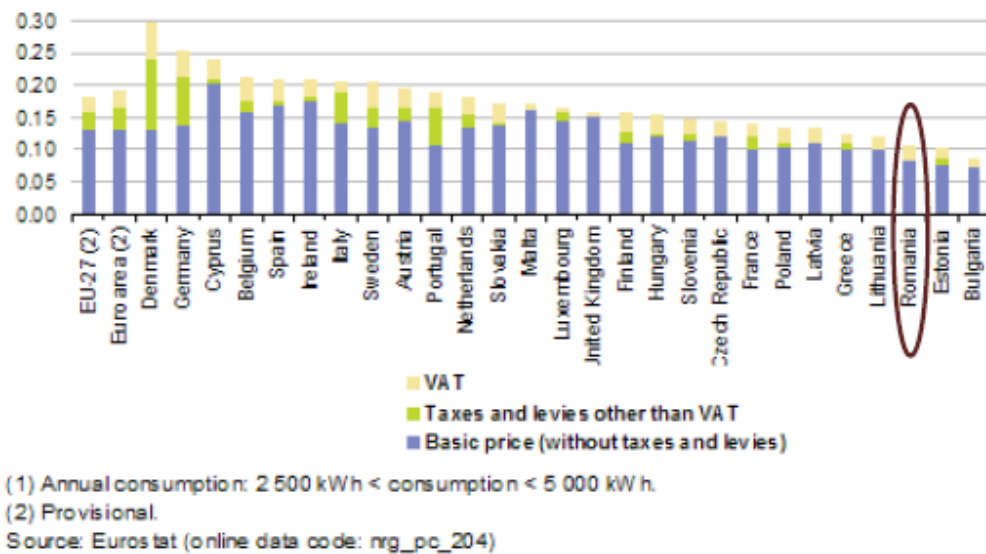


Figura 1.9 – Prețul comparativ al gazului pentru utilizatorii casnici din UE în 2011
 (sursa: Eurostat)

1.3. Prezentarea temei de cercetare și a obiectivelor

Criza ce s-a declanșat în anul 2008 a anulat progresul artificial înregistrat în perioada 2000-2007 în anumite țări ale Uniunii Europene, între care și România, care s-a bazat pe consumism și a forțat Europa să înceapă o perioadă de schimbări radicale de natură economică și socială. Astfel pentru anul 2020 sunt propuse noi priorități care abordează o ideologie calitativă și nu una cantitativă prin intermediul cărora sunt urmărite:

- o creștere durabilă: care se bazează pe promovarea unei economii ecologice și competitive cu o eficiență crescută din punct de vedere al utilizării resurselor naturale;
- o creștere inteligentă bazată pe o economie fondată pe cunoaștere și inovare;
- asigurarea coeziunii sociale printr-o economie cu o rată ridicată a ocupării forței de muncă.

Topica abordată în acest studiu raspunde nevoilor de a găsi soluții la problemele menționate și **creștere a performanțelor energetice ale construcțiilor noi, teza încadrându-se în prevederile Strategiei Europa 2020 cât și în Planurile Naționale în domeniul Eficienței Energetice (PNAEE).**

Caracteristicile ecologice și eficiența energetică a construcțiilor noi reprezintă obiective în domeniul proiectării și al edificării de locuințe noi, iar pe viitor, datorită creșterii demografice și a secătuirii resurselor naturale, vor fi necesar a fi implementate.

Tema de studiu aleasă este pune accentul pe eficiența energetică a construcțiilor rezidențiale noi în contextul dezvoltării durabile. Lucrarea de față tratează în primă fază problematica creșterii continue a consumului de energie și efectele acesteia, pentru ca mai apoi să cerceteze soluții pentru eficiența energetică a construcțiilor noi și scăderea consumului de energie prin utilizarea surselor de energie regenerabilă și a tehnologiilor noi aflate pe piață. În acest sens s-a realizat o construcție **cu scop experimental** – denumită casa eficientă energetic - construită în anii 2010. Lucrarea va analiza și cerceta problemele legate de consumul de energie al construcției și modalități de reducere ale acestuia, modul de comportare al diferitelor sisteme tehnologice folosite și găsirea unor soluții eficiente financiar și tehnologic de reducere a consumului.

În plan științific, se propune analiza conceptului de casă eficientă energetic conform teoriilor actuale din domeniu. Implementarea acestui concept pe piața din România are ca scop alinierea țării la tendințele internaționale. Unul din mijloacele cheie ale obținerii unui mediu construit îmbunătățit și eficient pentru construcțiile noi este reprezentat de potențialul oferit de factorii existenți (materiale existente pe piață, exploatarea corectă a caracteristicilor terenului, utilizarea resurselor regenerabile, posibilități de adaptare/readaptare inteligente) și disponibile în arealul considerat. Prin urmare, condiționarea pentru construirea unui mediu eficient, durabil este reprezentată de recunoașterea potențialului și valorilor mediului existent ca sursă pentru viitor.

Subiectul părții practice a studiului se concentrează pe proiectul pilot, ca investiție inițială, cercetarea cuprinzând o analiză detaliată a pașilor și costurilor de

construcție, a rezultatelor obținute din punct de vedere al consumurilor de energie precum și a posibilităților de îmbunătățire a eficienței energetice.

Folosind tehnologii constructive noi s-a realizat un proiect pilot cu scop experimental ce ține cont de anumite date cu privire la eficiența energetică și în cadrul căreia s-au implementat noi tehnologii cu privire la modalitatea de încălzire. Proiectul în starea sa reală este foarte apropiat de standardul prevăzut pentru "Casa cu consum energetic scăzut" (CES), conform încadrărilor specificate în lucrarea "Casa energetic pasivă" autor Diter Pregizer.

Partea aplicativă a lucrării va analiza consumurile energetice ale proiectului pilot monitorizate începând din anul 2012, urmărindu-se posibilitățile de îmbunătățire a performanțelor energetice prin metode accesibile pe piața din țară. Scopul care generează aceste acțiuni este reprezentat de analiza consumurilor și costurilor de întreținere a locuințelor și posibilitățile de îmbunătățire ale acestora prin metode și tehnologii accesibile pe piață, plaja de implementare a eventualelor rezultate fiind reprezentată atât de locuințele noi cât și cele existente.

1.4 Stadiul actual al cercetării în tematica tezei propuse

Construcția locuințelor ce folosesc resursele energetice locale datează încă din cele mai vechi timpuri, cunoscând adaptări și îmbunătățiri continue de-a lungul anilor. Tehnologiile însă, sunt într-o continuă dezvoltare, beneficiind de creșteri de randamente de la un an la altul.

Pe plan restrâns problema eficienței energetice a construcțiilor se pune de mult timp, putem considera că încă din antichitate, cand problema transportului obliga oamenii să se concentreze pe resursele și potențialul mediului existent local. În zilele noastre, actualitatea subiectului este tot mai iminentă întrucât oamenii sunt din nou constrânși prin intermediul instabilității piețelor, a legislației și a politicilor de încurajare să implementeze modalități de construcție eficiente energetic. Motivul care generează toate acțiunile prezentate mai sus este reprezentat de secătuirea resurselor convenționale, iar avantajul în această perioadă este dat de tehnologii, care facilitează producerea energiilor din surse regenerabile.

Literatura de cercetare abordată cuprinde:

- acte normative si directive;
- normative în domeniul studiului;
- articole de specialitate;
- studii de caz.

Mișcarea pentru protecția mediului înconjurător din anii 1960 din SUA susținută de creșterea prețului la petrol din 1973 a determinat abordarea unor măsuri de proiectare sustenabilă a locuințelor cât și intensificarea cercetărilor în domeniul construcțiilor sustenabile înca din acea perioadă. Perioada anilor 1990 este cea în care se pun bazele primelor organizații și instituții de reglementare și cercetare în domeniul energiilor regenerabile și a sustenabilității în construcții în SUA.[10]

Un pas important în teoria caselor eficiente energetic din Europa este reprezentat de primul standard în domeniu care își are rădăcinile într-o conversație din Mai 1988 dintre Bo Adamson, profesor la universitatea Lund din Suedia și Wolfgang Feist de la Institute for Housing and Environment din Germania. Conceptul lor a fost dezvoltat și finanțat de-a lungul mai multor proiecte. Astfel,

32 Contextul global și național cu privire la consumurile de energie

primele locuințe pasive au fost construite și ocupate în Darmstadt, Germania în anii 1990, urmând ca în anul 1996 să fie întemeiat Institutul de case pasive 'Passivhaus' din Darmstadt, un punct de referință important în domeniu și în prezenta lucrare.

Caracterizări sumare privind proiecte ale unor locuințe eficiente energetic analizate însă printr-o abordare a structurii de proiectare diferită de cea menționată anterior întâlnim în lucrarea lui Graf. A (2000) Das Passivhaus. Specific mediului est-european, din analiza lucrărilor a rezultat faptul că accentul principal gravitează în jurul sistemelor HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) și a tehnologiilor noi și eficiente lăsând într-un plan secund strategiile arhitecturale.

Dintre cercetările recente din Statele Unite ale Americii, studiile elaborate de Mark DeKay și G.Z. Brown (2014) reprezintă lucrări de referință sub raport teoretic și metodologic fără a fi neglijate sugestiile de ordin practic. Reținem din lucrarea amintită accentul pus pe strategiile arhitecturale abordate în cadrul procesului de proiectare al construcțiilor eficiente energetic încă din faza incipientă a proiectului. Strategiile bazate pe implementarea unor sisteme HVAC sunt amintite în cadrul procesului sistematic de elaborare a proiectului într-o etapă ulterioară, acestea fiind integrate și interconectate cu strategiile arhitecturale. Este interesant că în ultimul capitol, care atrage atenția din perspectiva cercetării de față, predomină metode de evaluare ale gradului de eficiență energetică a construcției.

Abordarea interdisciplinară pornind de la conturarea ipotezelor de lucru reliefând trasăturile caracteristice construcției până la implementarea soluțiilor în timpul procesului de edificare al construcției reprezintă un numitor comun în cazul lucrărilor studiate.

În zilele noastre este de necontestat faptul că locuințele cu consum de energie din surse regenerabile reprezintă o idee realistă și fezabilă, existând exemple deja construite care sunt un suport important în studiul de aprofundare al lucrării de față. În acest sens menționăm Casa Voggenthal din landul Oberpfalz prezentată și în lucrarea 'Casa energetic pasivă' scrisă de Dieter Pregizer. Locuința amintită este construită din panouri prefabricate termoizolate cu vacuum cu o desfășurare verticală pe trei nivele însumând o suprafață totală de 280 mp. Grosimea plăcilor termoizolante de vacuum este de 40 mm și a fost utilizată atât în sistemul de panouri prefabricate de lemn cât și în cel de beton.

1.5 Concluzii

Conceptul de casă pasivă și eficientă energetic a fost fundamentat teoretic încă din cele mai vechi timpuri. Bazele acestui mod de abordare al construcțiilor au fost puse în Europa în jurul anilor 1988, iar în SUA în perioada anilor 1970 înregistrându-se mici diferențe în metodologia de abordare a procesului de proiectare.

S-a arătat prin studiile recente că posibilitățile de construire ale unor case pasive sunt tot mai accesibile datorită progresului tehnologic. Astfel, în viitorul apropiat fiind posibilă și fezabilă ideea construirii unor case interconectate energetic cu posibilitate de compensare între ele. În acest fel se vor realiza primele cartiere de locuințe complet independente și interconectate din punct de vedere al energiei electrice.

Listă de referințe - capitolul I

- [1] Living Planet Report 2006, WWF, The Global Conservation Organization, 2006];[2] The Nielsens website, www.nielsen.com;
- [3] Mariana Stanciu, Institutul de Cercetare a Calității Vieții;
- [4] Adrian Botici, Studiul Soluțiilor de reabilitare pentru clădiri de locuit cu panouri mari prefabricate din beton armat, Universitatea Politehnică Timișoara, editura Politehnica, 2014;
- [5] Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice, Strategia pentru mobilizarea investițiilor în renovarea fondului de clădiri rezidențiale și comerciale, atât publice cât și private, existente la nivel național;
- [6] Institutul Național de Statistică;
- [7] Estimări BPIE bazate pe sondajul realizat pentru raportul BPIE "European Buildings under the Microscope", 2011;
- [8] website: www.buildings-typology.eu;
- [9] Raport privind evaluarea potențialului național de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență și a termoficării și răcirii centralizate; eficiente, Ministerul Energiei și MDRAP, Decembrie 2015;
- [10] www.archive.epa.gov;
- [11] PWC România: Provocări și oportunități pentru sistemul de furnizare centralizată a energiei termice din România, iunie 2011;

CAPITOLUL II - ANALIZA PRINCIPIILOR DE FUNCȚIONARE ALE UNEI CASE EFICIENTE ENERGETIC

2.1 Introducere

Studiul construcției proiectului pilot privind eficiența energetică a construcției analizează costurile de edificare și cele de exploatare în cazul introducerii unor tehnologii noi existente pe piața din România și în condițiile climatice specifice orașului Timișoara.

Este cunoscut faptul că din totalul consumului energetic al unei gospodării particulare 76,5% este procentul alocat pentru producerea căldurii necesare încălzirii spațiilor interioare în sezonul rece. De exemplu, pentru încălzirea unei case familiale standard se consumă anual în medie circa 2.000 până la 2.500 litri de păcură. O casă pasivă de mărimea unei case familiale standard consumă în medie 150 până la 200 litri de păcură anual.[1].

Ideea utilizării resurselor energetice distribuite într-o zonă climatică similară României este una fezabilă, pe termen lung, atât datorită aspectelor menționate în capitolul anterior, cât și din punct de vedere al reducerii emisiilor de CO₂. Deși conceptul la prima vedere stârnește ideea unui lucru complex și costisitor, o casă eficientă energetic sub aspect estetic păstrează forma unei locuințe obișnuite și oferă un mod de viață și locuire obișnuit.

Avantajul conceptului de casă eficientă energetic se reflectă în modul neconvențional de interacționare cu mediul imediat înconjurător, prin utilizarea și procesarea resurselor puse la dispoziție de acesta prin intermediul tehnologiilor noi disponibile pe piață la prețuri accesibile.

Considerând tendița de creștere continuă a energiei pe piață ca rezultat al liberalizării pieței de energie cât și a creșterii consumurilor, se poate afirma că independența locuinței în fața acestor factori alături de diminuarea necesarului de consum energetic al acesteia ar putea avea pe termen lung ca rezultat o rentabilitate financiară care va amortiza diferența costurilor de edificare. Această problemă a costurilor necesare pentru edificarea unei case eficiente energetic face subiectul acestei lucrări, și va fi tratat în capitolele următoare ale acestei teze având ca subiect de analiză o locuință eficientă energetic construită și monitorizată de 4 ani.

O construcție eficientă energetic presupune o investiție inițială mai mare. Pe termen lung însă, costurile de întreținere sunt mai mici. Raportându-ne la durata de viață a construcției, estimată la o perioadă de peste 50 de ani, putem aprecia ca fiind necesară pentru amortizarea diferenței de costuri pentru construcție o perioadă de 10-15 ani. Avantajul major constă în costuri de utilizare cu cel puțin 30% mai mici decât ale unei clădiri lipsită de tehnologii și principii sustenabile.

2.2 Principii de funcționare

Indiferent de zona în care urmează să fie construită casa, în urma unei analize atente putem distinge cel puțin o sursă de energie regenerabilă care trebuie exploatată: energia solară care poate fi utilizată pentru producerea apei calde menajere sau a energiei electrice, energie eoliană, surse de apa geotermală, apa din pânza freatică – cu o temperatură constantă între 9 -11 grade celsius indiferent de anotimp poate fi utilizată în anumite sisteme pentru încălzirea agentului termic iarna sau pentru răcire pe timp de vară. Prin urmare, o proiectare a casei bazată pe utilizarea de surse de energie regenerabilă alături de tehnologiile existente pe piață, accesibile ca preț, pot genera angrenaje tehnologice care asigură confortul necesar locuirii cu cantități de energie electrică absorbite din rețea ce pot tinde către 0.

Preocupările arhitecților și inginerilor pentru reducerea consumurilor energetice în clădiri au condus la o redescoperire a principiilor de control a mediului interior prin forma clădirilor, orientarea lor, modului de dispunere a deschiderilor, performanțele termice ale materialelor, adică prin utilizarea unor tehnologii pasive. Arhitectura pasivă este deci un termen generic, utilizat pentru a defini un demers care are ca obiectiv reducerea consumurilor de energie primară pentru încălzirea, iluminatul și climatizarea unei clădiri.[2]

Aspectele enumerate mai sus ce țin de arhitectură eficientă energetic trebuie implementate încă din faza de proiectare incipientă a casei urmărind însă atent și corectitudinea execuției în vederea eliminării pe cât posibil a punților termice.

Toate aceste aspecte urmează a fi tratate și prezentate pe rând ca noțiuni generale de bază, conform literaturii de specialitate în proiectarea caselor eficiente energetic, iar apoi utilizate în analiza proiectului pilot.

2.3 Sisteme de măsură

2.3.1 Necesarul de căldură

Din literatura de specialitate, ca unitate de măsură pentru consumul de energie se folosește valoarea caracteristică a energiei în kilowati oră pe metru pătrat de suprafață locuibilă într-un an (kWh/mp/an). Această unitate de măsură ne arată câtă energie este utilizată total în decursul unui an. În scopul de a compara eficiența diferitelor locuințe consumul este raportat la un metru pătrat de suprafață locuită.[1]

O casă eficientă energetic necesită un necesar de căldură minimal care să compenseze pierderile de căldură prin intermediul anvelopei și prin schimbul direct de căldură cu exteriorul. Cantitatea de căldură care se consumă prin transmisie și ventilație ar trebui să fie compensată prin încălzire în ideea de a menține o temperatură plăcută în interior, lucru care se poate realiza cu ajutorul energiei solare, curent electric, surse geotermale etc.

În concluzie, energia termică necesară este determinată printr-o balanță energetică. În această balanță energetică se determină pierderile de căldură, prin transmisie și ventilație, iar mai apoi se scad cantitățile estimate de căldură produsă din radiație solară și din surse interne. Diferența rezultată reprezintă necesarul anual de căldură (energie termică) care este raportat apoi la suprafața utilă a locuinței.[1]

În cazul unei case eficiente energetic consumul de energie reziduală nu trebuie să depășească 15 kWh/mp/an, ceea ce corespunde arderii unei cantități de aproximativ 1,5 l de pacură. Ținând cont de această valoare redusă se poate renunța la o instalație de încălzire tradițională. Pentru casele eficiente energetic standardele

tehnicii actuale impun un necesar de energie pentru încălzire cuprins între 30 și 70 kWh/mp/an. [4]

2.3.2 Coeficientul de energie primară

Sunt cunoscute sub denumirea de "energie primară" toate tipurile de energie obținute din surse de energie neregenerabile - denumite și energii elitiste (petrol, gaz, cărbuni). Pentru proiectarea caselor eficiente energetic cantitatea totală de energie primară consumată este limitată la maxim 120 kWh/mp/an. În această valoare este inclus întregul consum energetic al casei (încalzire, apă caldă menajeră, consum de curent electric).

2.3.3 Sarcina termică

Pe măsură ce conceptul caselor pasive s-a răspândit în toată lumea, în scopul simplificării metodei de calcul întrucât condițiile climatice diferă de la o zonă la alta, premisa necesarului de energie termică de 15 kWh/mp/an va trece pe loc secund. În locul său va fi luată în considerare sarcina termică efectivă pe metru pătrat, întrucât această unitate ia în considerare diferențele regionale precum și alți factori. Ca și valoare limită în construcția caselor pasive se ia în considerare o sarcină termică de 10 W/m².

2.3.4 Coeficientul de transmisie termică, termoizolarea și anvelopa clădirii

Începem acest subcapitol prin definirea unui coeficient important în ceea ce privește gradul de termoizolare al clădirilor. Acest coeficient este valoarea U (în trecut k) denumit coeficient de tranfer termic care ne indică cantitatea de energie calorică transferată printr-un metru pătrat de element de construcție la o diferență de temperatură de 1 grad Kelvin.

Cu ajutorul valorii U sunt exprimate proprietățile de izolare termică ale unui element de construcție. Cu cât valoarea U este mai mică cu atât capacitatea de izolare termică a respectivului element este mai bună. [4]

Conform standardelor pentru casele pasive coeficientul de transmisie al căldurii nu trebuie să depășească anumite valori pentru componentele opace ale clădirii, după cum urmează:

- pereți exteriori, tavane, acoperis $U < 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- fundații $U < 0.12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Conductibilitatea termică a unui material de construcție este determinată de următorii factori:

- densitatea materialului;
- mărimea și densitatea porilor cu aer din material;
- conținutul de apă a materialului;
- conductibilitatea termică a materialului de bază;

Termoizolarea clădirii constă în minimizarea periderilor termice. Astfel, toate componentele netransparente ale clădirii, cele care nu permit trecerea razelor solare spre interiorul clădirii, trebuie să fie eficiente și să minimizeze transferul termic.

Este necesar ca termoizolației exterioare să îi fie aplicat un strat de protecție împotriva agenților atmosferici care au ca scop împiedicarea contactului dintre termoizolație și apă, raze solare sau impurități care pot afecta și degrada în timp

materialul izolator. În acest scop se poate aplica un strat de tencuială, o fațadă suspendată din diverse materiale.

În continuare sunt prezentate secțiuni ale elementelor de anvelopă caracteristice caselor eficiente energetic cu scopul de a vizualiza modul de alcătuire al acestor structuri.

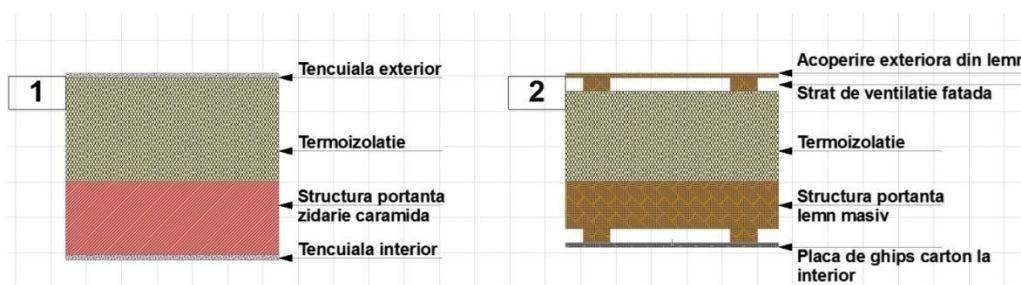


Figura 2.1 Tipologii structurale ale pereților pentru case eficiente energetic (sursa: aport personal)

Secțiunea de perete 1 din figura 2.1

- prezintă o zidarie de cărămidă portantă cu un sistem de izolație termică aplicat la exterior și protejat printr-un strat de tencuială.

Secțiunea de perete 2 din figura 2.1

- prezintă un perete portant din lemn masiv cu o termoizolație exterioară protejată de o acoperire cu lemn care facilitează și ventilarea naturală a fațadei.

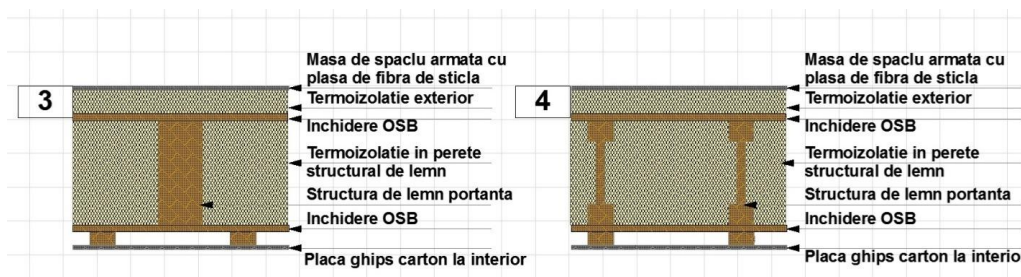


Figura 2.2 Tipologii structurale ale pereților pentru case eficiente energetic (sursa: aport personal)

Secțiunea de perete 3 din figura 2.2

- prezintă tipologia de perete de lemn tip sandwich care are o structură de lemn portantă alcătuită din dulapi de lemn dispuși pe două direcții, închiși cu plăci de OSB în interiorul cărora se află un strat termoizolator consistent. Pe exterior este aplicat un sistem de termoizolare exterioară protejată de o masă de spaclu armată cu plasă de fibră de sticlă.

Secțiunea de perete 4 din figura 2.2

- prezintă un sistem de perete similar celui prezentat în secțiunea 3 cu diferența că structura portantă este alcătuită din stâlpi de lemn portanți. Termoizolația este dispusă atât în interiorul peretelui cât și la exterior cu stratul de protecție necesar.



Figura 2.3 Tipologie structurală a pardoselii pe pentru case eficiente energetic (sursa: aport personal)

Stratificația pardoselilor caselor eficiente energetic are o importanță crescută în controlul pierderilor de căldură. După cum se poate observa și în secțiunea prezentată mai sus este foarte important gradul de izolare termică și de etanșeitate al anvelopei. De asemenea, atât la plăcile dispuse pe sol cât și la plăcile din spațiile încălzite, izolarea termică se realizează și perimetral.

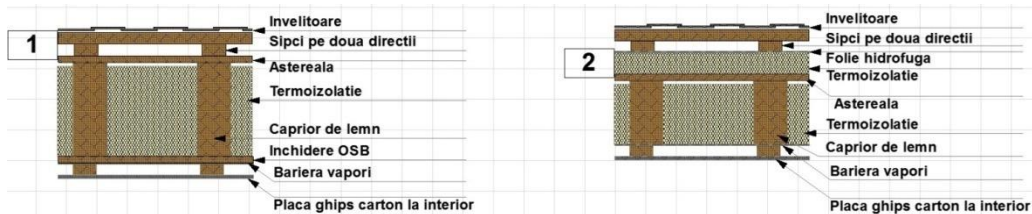


Figura 2.4 Tipologii structurale ale acoperișurilor pentru case eficiente energetic (sursa: aport personal)

Acoperișul reprezintă o componentă importantă a anvelopei care trebuie să fie atent executată în vederea încadrării în parametrii necesari caselor eficiente energetic.

2.3.5 Caracteristici normate generale ale anvelopei clădirilor

Rezistența termică a unui perete exterior R_{PE} [m²K/W] se calculează (ecuația (1)) ca sumă a rezistențelor termice R_k [m²K/W] a fiecărui strat k al peretelui și a straturilor limită de pe fața interioară R_i [m²K/W] și exterioară R_e [m²K/W]:

$$R_{PE} = R_i + R_e + \sum_k R_k = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \sum_k \frac{\delta_k}{\lambda_k}$$

α_i [W/m² K] –coeficient de transfer termic prin convecție [la fața interioară a peretelui

α_e [W/m² K] –coeficient de transfer termic prin convecție [la fața exterioară a peretelui

δ_k [m] –grosimea stratului din alcătuirea peretelui k

λ_k [W/mK] –conductivitatea termică a stratului din peretelui k

Coeficienții de transfer prin convecție se află în tabelul prezentat mai jos pentru fiecare direcție și sens al fluxului termic: ascendent/descendent, orizontal/vertical. De reținut este faptul că valoarea coeficientului este peste 20 W/mpK la exterior, unde temperatura este mai scăzută și adie vântul, iar la interior sub 10 W/mpK pentru spații interioare, unde temperatura este mai ridicată și nu avem curenți de aer. [5]

Direcția și sensul fluxului termic	Elemente de construcții în contact cu: exteriorul, pasaje deschise (ganguri), rosturi deschise		Elemente de construcții în contact cu spații ventilate neîncălzite: subsoluri și pivnițe, poduri, balcoane și logii închise, rosturi închise, alte încăperi	
	α_i/R_{si}	α_e/R_{se}	α_i/R_{si}	α_e/R_{se}
Flux orizontal	8/0,125	24/0,042*	8/0,125	12/0,084
Flux ascendent vertical	8/0,125	24/0,042*	8/0,125	12/0,084
Flux descendent vertical	8/0,125	24/0,042*	6/0,167	12/0,084

*) Pentru condiții de vară: $\alpha_e=12 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $R_{se}=0,084 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

Tabel 2.1 Coeficienții de transfer termic superficial

(sursa: Caracteristici termoenergetice ale anvelopei cladirilor, Universitate Tehnică de Construcții, București)

Condițiile privind rezistența termică a pereților exteriori

În vederea asigurării gradului de confort interior adecvat, rezistența termică a pereților exteriori trebuie să depășească anumiti parametrii minimi rezultati prin calcule. Astfel, orice perete exterior trebuie sa îndeplineasca trei condiții:

- 1: evitarea condensului pe suprafața interioară a peretelui.
- 2: valori provenite din principii tehnico-economice.
- 3: evitarea disconfortului datorat radiației reci a peretelui.

Rezistența termică a peretelui pentru calculul de proiectare, se va alege valoarea maxima dintre cele trei condiții enunțate. Descrierea celor 3 conditii va fi făcută în continuarea acestui subcapitol.

40 Analiza principiilor de funcționare ale unei case eficiente energetic

1. Rezistența termică a peretelui se calculează pe baza rezistenței termice a stratului limită interior, prin cunoașterea temperaturii la suprafața interioară a peretelui. Formula pentru determinarea acestui coeficient este următoarea:

$$R_{PE} = R_i \cdot \frac{t_i - t_e}{t_i - t_{si}}$$

t_i – temperatura aerului interior (°C);

t_{si} – temperatura suprafeței interioare a peretelui (°C);

t_e – temperatura aerului exterior (°C);

Evitarea condensului pe suprafața interioară a peretelui presupune că temperatura suprafeței interioare a peretelui să fie mai mare în comparație cu temperatura punctului de rouă caracteristic stării aerului interior, t_r [C]. Cu alte cuvinte, presupunând că temperatura suprafeței interioare a peretelui este mai ridicată cu un minim de 1 grad Celsius, rezultă că rezistența termică a peretelui trebuie să fie mai mare decât rezistența peretelui calculată în aceste condiții. Cu cât rezistența termică a peretelui este mai mare cu atât și temperatura suprafeței interioare este mai ridicată.

$$R_{PE\min} = R_i \cdot \frac{t_i - t_e}{t_i - (t_r + 1^\circ C)}$$

2. Condiția tehnico-economică discutată este importantă prin legătura sa cu cerințele pe plan mondial de economie energetică, de scădere a efectului de seră. Respectarea condițiilor tehnico-economice are ca rezultat scăderea emisiilor de CO₂ cât și a consumurilor de energie electrică.

Standardele românești (C 107/1-2010) prezintă valorile minime ale rezistențelor termice corectate pentru toate elementele de anvelopă : pereți, planșee, ferestre, acoperișuri. Valorile se află într-o continuă schimbare, ele fiind adaptate continuu cerințelor pe plan internațional. Pentru moment în România aceste valori sunt mai scăzute decât în Germania de exemplu, care prezintă condițiile cele mai severe.[5

Nr. crt.	Elementul de construcție	Clădiri de locuit	
		R' _{min} [m ² K/W]	U' _{max} [W/m ² K]
1.	Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	1,80	0,56
2.	Tâmplărie exterioară	0,77	1,30
3.	Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00	0,20
4.	Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	2,90	0,35
5.	Pereți adiacenți rosturilor închise	1,10	0,90
6.	Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindowi, ganguri de trecere etc.)	4,50	0,22
7.	Plăci pe sol (peste CTS)	4,50	0,22
8.	Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80	0,21
9.	Pereți exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90	0,35

Tabel 2.2 Rezistențe termice corectate minime R'_{min} ale elementelor de construcții, pe ansamblul clădirilor de locuit

(sursa: Caracteristici termoenergetice ale anvelopei cladirilor, Universitate Tehnica de Construcții, București)

3. Prin cerința 3 se impune ca diferența dintre temperatura aerului din interior și temperatura suprafețelor interioare ale peretelui să fie mai scăzută decât o anumită valoare prezentată în tabelul 2.3 și care diferită de la un perete la altul. Astfel se poate evita disconfortul creat de radiația rece a peretelui exterior pe o parte a corpului uman față de radiația caldă a pereților interiori, pe cealaltă parte a corpului uman.

Având ca punct de plecare ecuația valorii limită minime a rezistenței termice a peretelui exterior se calculează în funcție de diferența de temperatură impusă pentru fiecare perete cu următoarea formula:

$$R_{PE} = R_i \cdot \frac{t_i - t_e}{\Delta t_{i \max}}$$

$\Delta t_{i \max}[C]$ – diferența dintre temperatura aerului interior și temperatura suprafeței interioare a peretelui (în grade Celsius).

Valorile acestei diferențe de temperatură sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Cu cât rezistența termică a peretelui este mai mare cu atât și diferența dintre temperatura aerului interior și temperatura suprafeței interioare a peretelui este mai scăzută, iar disconfortul radiației reci este mai scăzut.

Grupa Clădirii	Destinatia clădirii	Φ_i , [%]	Valori normate $\Delta t_{i \max}$ [K]		
			Pereti	Tavane	Pardoseli
I	• Clădiri de locuit, cămine, internate, Spitale, policlinici ș. a.	60	4,0	3,0	2,0
	• Creșe, grădinite, Scoli, licee ș.a.	50	4,5	3,5	2,5
II	• Alte clădiri social-culturale, cu regim normal de umiditate	50	4,5	3,5	2,5
III	• Clădiri sociale cu regim ridicat de umiditate • Clădiri de producție cu regim normal de umiditate	60	6,0	4,5	3,0
IV	• Clădiri de producție cu regim ridicat de umiditate	≤ 75	0,8 * $\Delta t_{i \max}$ $\Delta t_{i \max} = t_i - \theta_r$)		3,5

⁾ θ_r este temperatura punctului de roua corespunzator lui t_i și Φ_i din incapere

Tabelul 2.3 Valorile normate pentru $\Delta t_{i \max}[C]$ conform C107/3-2005 (sursa: Caracteristici termoenergetice ale anvelopei cladirilor, Universitate Tehnica de Construcții, București,)

2.3.6 Confortul interior, calitatea aerului și ventilația

Senzația de bunăstare fizică este caracterizată prin faptul că schimbul de căldură dintre corpul uman și mediul înconjurător este realizat fără suprasolicitarea sistemului termoregulator și poartă denumirea de confort termic.

Pentru asigurarea confortului termic, aerul interior trebuie să îndeplinească anumite caracteristici care țin de temperatură, umiditate, viteza aerului fiecare normată în funcție de destinația încăperii, care vor fi analizate în ulterior în acest capitol. În același timp trebuie asigurată calitatea aerului interior și prin păstrarea nivelului de dioxid de carbon și al conținutului de noxe la un nivel rezonabil și suportabil, ce nu trebuie să depășească concentrațiile sau dozele admise (asimilate de persoane în perioada de ocupare), asigurând astfel igiena și sănătatea utilizatorilor.

Îndeplinirea parametrilor necesari pentru menținerea calității aerului interior într-una dintre aceste patru categorii este realizată prin introducerea de aer proaspăt prin ventilație pentru a dilua concentrația de poluanți din zona considerată. Standardul SR EN 15251:2007 prevede concentrațiile maxime de dioxid de carbon pentru fiecare din cele patru clase de calitate a aerului.

Ventilarea are drept scop realizarea unei ambianțe interioare care să răspundă condițiilor de confort termic și se realizează manual prin deschiderea geamurilor sau prin sisteme de ventilație. Prin deschiderea ferestrelor însă nu pierdem doar aerul utilizat ci și căldura deținută de acesta, pierdere de căldură care nu mai poate fi recuperată. În schimb prin utilizarea unui sistem de ventilație controlată căldura din aerul evacuat poate fi recuperată și transmisă aerului proaspăt admis prin intermediul unui schimbător de căldură, lucru benefic pentru realizarea economiei de energie.

În funcție de destinația clădirilor, de tipul clădirilor și de categoria ocupanților pot fi stabilite patru categorii ale calității ambianței interioare care corespund claselor IDA de calitate a aerului interior descrise mai sus. [7]

Categoria ambianței	Caracteristici și domeniu de aplicare recomandat
I	Nivel ridicat recomandat pentru spațiile ocupate de persoane foarte sensibile și fragile, care au exigențe specifice, ca de exemplu bolnavi, persoane cu handicap, copii mici, persoane în vârstă
II	Nivel normal recomandat clădirilor noi sau renovate
III	Nivel moderat acceptabil, recomandat în clădiri existente
IV	Nivel în afara celor de mai sus; recomandat a fi acceptat pentru perioade limitate de timp

Tabelul 2.4 Categoriile de ambianță interioară

(sursa: SR EN 15251:2007- Parametri de calcul ai ambianței interioare pentru proiectarea și evaluarea performanței energetice a clădirilor, care se referă la calitatea aerului interior, confort termic, iluminat și acustică)

În concluzie, confortul termic este determinat de următorii parametri:

- temperatura aerului interior;
- viteza aerului interior;
- izolarea termică ;
- temperatura medie de radiație a suprafețelor cu care corpul uman schimbă căldură prin radiație;
- umiditatea relativă a aerului;
- activitatea ocupanților care determină căldura degajată;

Din interpretarea graficului din figura 2.5, una din cerințele generale pentru menținerea confortului termic este ca suma dintre temperatura aerului și cea a suprafeței pereților să nu fie mai mică de 38 °C. Diferența mai mare de 4 °C între temperatura suprafețelor interioare și cea a pereților creează o stare de disconfort termic.

În figura 2.5 este prezentat graficul cu starea de confort în funcție de temperatura resimțită calculată ca medie aritmetică între temperatura aerului interior măsurată la o înălțime de 1,5 m de la pardoseală și temperatura suprafețelor. [8]

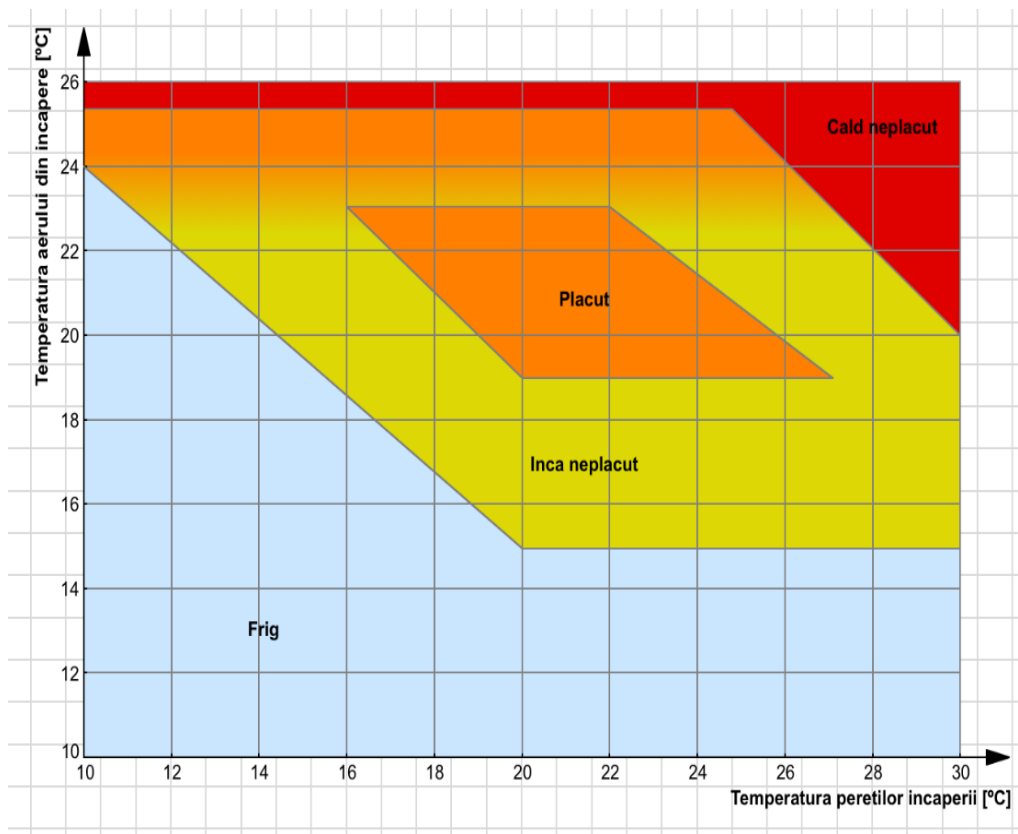


Figura 2.5 Starea de confort în funcție de temperatura resimțită
(sursa: aport personal)

44 Analiza principiilor de funcționare ale unei case eficiente energetic

De asemenea, distribuția temperaturii aerului pe verticală are o influență foarte mare asupra stării de confort termic a ocupanților, ea fiind ideală atunci când este mai mare la nivelul picioarelor și mai mică sub tavan.

Astfel în figura 2.6 sunt prezentate graficele de distribuție pe verticală ale aerului în încăperea în funcție de tipul de încălzire ales, fiind ușor de dedus superioritatea încălzirii în pardoseală.

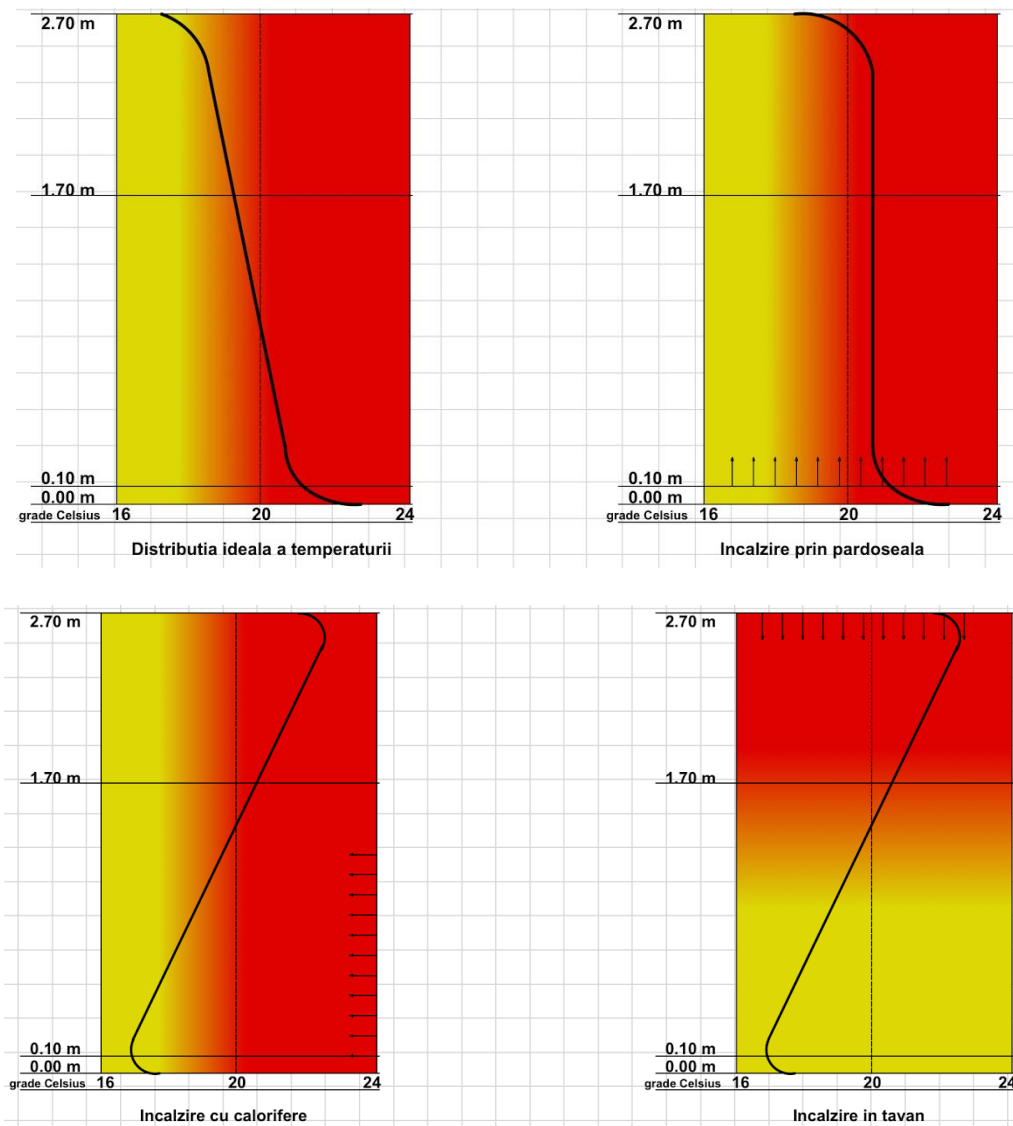


Figura 2.6 Distribuția aerului în încăperea în funcție de tipul de încălzire ales (sursa: aport personal)

Din rezultatele prezentate în figura 2.6 poate fi observat faptul că temperatura straturilor de aer dintr-o încăpere este influențată într-o mare măsură de tipul de încălzire utilizat în locuință. Din comparația graficului „Distribuția ideală a temperaturii” din figura 2.6 cu graficul „Încălzirea în pardoseală”, „Încălzirea în tavan” și „Încălzirea cu calorifere” se poate observa faptul că în cazul ultimelor două grafice amintite distribuția temperaturii straturilor de aer pe o înălțime de 2,7 m, înălțimea uzuală a unei încăperi, este una defavorabilă având în vedere diferențele de temperatură în care este expus corpul unei persoane aflate în încăpere.

Pe de altă parte, în cazul încălzirii în pardoseală se poate observa faptul că temperatura straturilor de aer considerate într-o secțiune verticală este uniformă, corpul uman fiind expus pe înălțimea sa unor temperaturi constante. Totodată, lipsa diferențelor mari de temperatură în interiorul unei încăperi determină și viteze de circulație ale aerului mai mici în interior.

2.4 Concluzii

Este evident faptul că pe măsură ce problema consumului de energie devine din ce în ce mai acută, necesitatea construirii de locuințe eficiente energetic este tot mai prezentă.

Conform graficului prezentat în lucrare „Casa energetic pasivă” a lui Dieter Pregizer putem cataloga construcțiile în funcție de consumul energetic astfel:

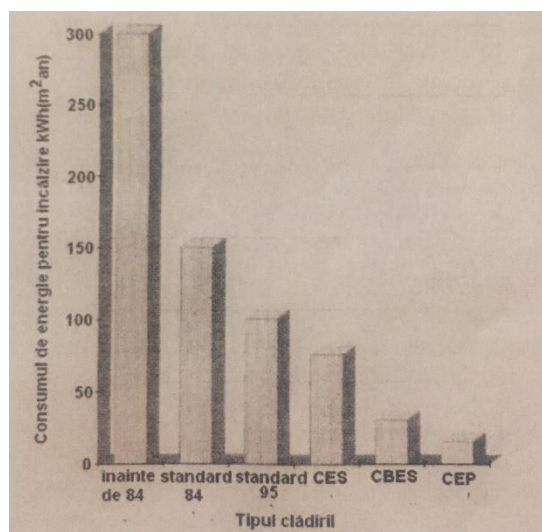


Figura 2.7 Clasificarea construcțiilor în funcție de consumul energetic (sursa: Casa energetic pasivă, Dieter Pregizer)

- casă cu necesar energetic scăzut (CES) – cu un consum între 30-90 kWh/mp/an;
- casă bună cu necesar energetic scăzut (CBES) – consum între 15-30 kWh/mp/an;
- casă energetic pasivă (CEP) – cu un consum de maxim 15 kWh/mp/an;

Listă de referințe capitolul II

- [1] Graf, Anton, Casa Pasivă, Matrixrom, Editura Casa, Oradea, 2013
- [2] Teodosiu, Cătălin, Sisteme de instalații interioare pentru case pasive adecvate condițiilor climatice din România, UTCB, Facultatea de instalații, București
- [4] Pregiezer, Dieter, Casa energetic pasivă, Editura Matrixrom, București, 2013
- [5] Caracteristici termotehnice ale anvelopei clădirilor, Universitatea Tehnică de Construcții, București
- [6] Standard I5:2010, Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare
- [7] Ionescu, Maria Anca, Cercetări privind consumul de energie pentru climatizarea clădirilor, UTCB, București, 2011

- [8] SR EN 15251:2007- Parametri de calcul ai ambianței interioare pentru proiectarea și evaluarea performanței energetice a clădirilor, care se referă la calitatea aerului interior, confort termic, iluminat și acustica

- [9] Dufka, Jaroslav, Încălzirea în pardoseală, Editura Casa, Oradea 2012

CAPITOLUL III – ABORDARE TEORETICA IN PROCESUL DE PROIECTARE AL CASELOR EFICIENTE ENERGETIC

3.1 Argument introductiv

În urma analizei asupra consumurilor de energie la nivel global și național realizată în capitolele precedente, a fost evidențiată necesitatea abordării unor principii și strategii în procesul de proiectare al clădirilor eficiente energetic.

Prin urmare, realizarea unui demers de proiectare pentru construcții eficiente energetic care să fie abordat încă din fazele incipiente ale procesului de proiectare și prin care să fie asigurată relaționarea corectă a clădirii cu mediul înconjurător, cu resursele energetice locale, cu tehnologiile și materialele utilizate, prezintă o importanță majoră pentru lucrarea de față.

Tehnicile de analiză și strategiile de proiectare a clădirilor eficiente energetic prezentate în acest capitol pun accentul pe utilizarea surselor de energie distribuite (soare, vânt, apă) în locul surselor de energie elitiste (petrol, gaz, uraniu, cărbune). Capacitatea punerii în opera a strategiilor necesare pentru proiectarea clădirilor eficiente energetic este strâns legată de știința construcțiilor, astfel că toate caracteristicile climatice și forțele derivate din acestea au o importanță semnificativă în arhitectura clădirilor, întrucât relaționarea clădirii cu climatul local își regăsește răspunsul în consumul de energie.

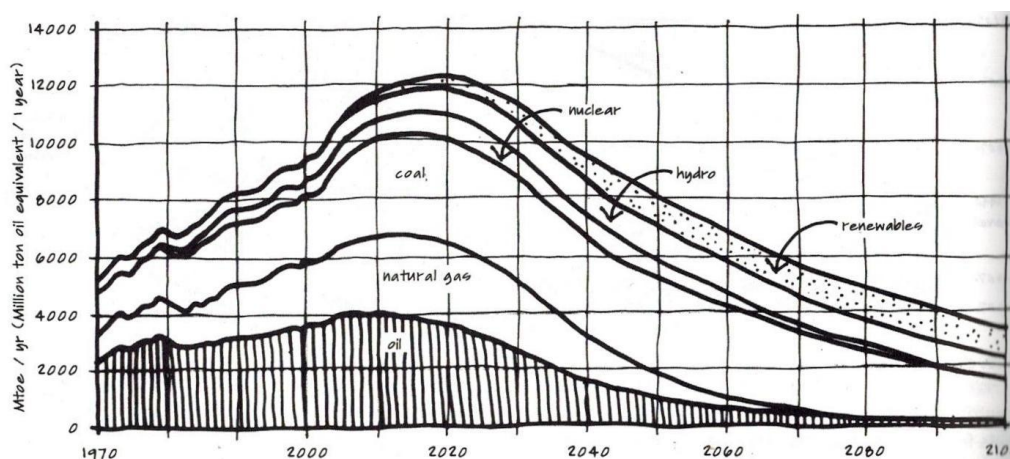


Figura 3.1 Evoluția producției de energie la nivel mondial 1970-2100,
(sursa: Sun Wind and Light, pag.4)

Conform estimărilor prezentate în graficul din figura 3.1 se poate observa faptul că vârful consumului de energie va avea loc în anul 2020, urmând ca în spre finalul secolului consumul de energie la nivel mondial să cunoască o evoluție descendentă prin impunerea de norme de proiectare pentru economia de energie. De asemenea, din totalul energiilor estimate a fi consumate după anul 2020, conform graficului amintit, este sesizabil faptul că energiile elitiste vor avea un aport tot mai scăzut în producerea energiei la nivel mondial, utilizarea petrolului și a gazelor naturale fiind estimate cu consumuri minime în istoria recentă.

Din acest punct de vedere, strategiile propuse în acest capitol au ca scop identificarea și valorificarea resurselor locale naturale regenerabile ce pot fi utilizate și prelucrate cu intenția de a reduce cât mai mult consumul de energie al locuinței.

3.2 Descrierea tehnicii de proiectare ierarhizata

Ca urmare a concluziilor din capitolele I și II, abordarea teoretică emisă de Mark deKay și G.Z Brown în lucrarea "Sun, wind and light" propune o organizare pe nivele ierarhice în care o parte din performanța energetică este indusă prin proiectarea arhitecturală a clădirii. Fiecare nivel își propune o abordare a procesului de proiectare din perspectiva unor parametrii conceptual diferiți dar dependenți ca valori, rezultând astfel 5 nivele de abordare interdependente prin care se urmărește rezolvarea aspectelor legate de energie și proiectare cu un nivel de dotare tehnică minim necesar și costuri scăzute.

Cu alte cuvinte, ecuația unei clădiri eficiente energetic poate fi rezolvată în moduri complet diferite, cu costuri mari sau minime, prin utilizarea tehnologiilor de ultimă oră HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning) sau prin aplicarea principiilor arhitecturii pasive în proiectarea casei și reducerea aportului tehnologic ce presupun costuri ridicate.

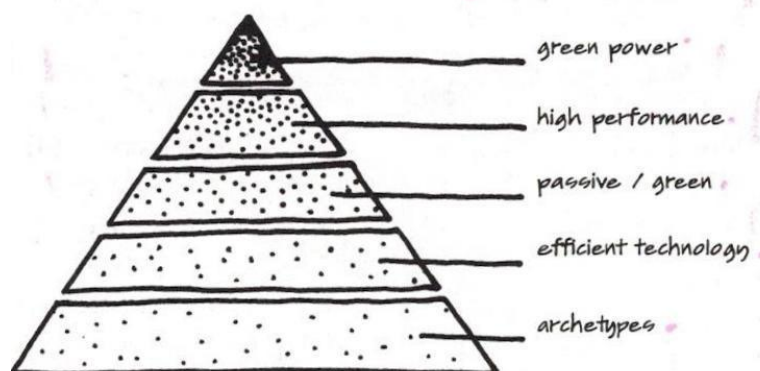


Figura 3.2 Ierarhia celor 5 nivele în designul clădirilor eficiente energetic
sursa: Sun, Wind and Light, pag.5

În figura 3.2 este reprezentată piramida ierarhică a strategiilor de abordare în procesul de proiectare de arhitectură a clădirilor eficiente energetic cu cele 5 nivele. Se poate observa faptul că primele 3 nivele ale piramidei propun utilizarea principiilor și a resurselor ce țin de natură și forțele ei: soare, vânt, lumină, apă, surse geotermale

și topografia terenului. Numai după ce proiectul este configurat în corelare cu primele 3 nivele, pot fi propuse soluții tehnologice, materiale și sisteme performante.

Primul demers denumit de autorii lucrării Sun, Wind and Light arhetipuri, nivelul de bază al proiectării de clădiri eficiente energetic, pune accentul pe o analiză în detaliu a posibilităților terenului legate de așezare, orientare, formă, raport arie/volum al clădirii cărora li se adaugă integrarea în contextul urbanistic, țesutul urban și tipologia arhitecturală a zonei.

Rezultatul analizei aduce în prim plan o organizare preliminară și o ierarhizare a constrângerilor și amendamentelor ce urmează a sta la baza procesului de proiectare al clădirii.

Nivelul 2, reprezintă o pregătire a implementării strategiilor pasive. Acest nivel propune stabilirea performanțelor energetice ale anvelopei cât și detalierea lor pregătind baza de lucru pentru nivelul 3.

Nivelul 3 este cel în care se stabilesc strategiile pasive ce vor fi adoptate în cadrul proiectului ținând cont de toate criteriile rezultate din analiza nivelului 1 și 2. Strategiile ce țin alcătuirea pereților, masă termică, camere încălzite/răcite pasiv, ventilație naturală, zone însorite, zone tampon sunt stabilite în acest nivel.

În cadrul nivelului 4 sunt puse bazele sistemelor și tehnologiilor eficiente de tip HVAC și integrarea lor în conceptul arhitectural și energetic al clădirii, urmând ca în continuarea nivelului 5 să fie stabilite detaliile privind introducerea de sisteme tehnologice care au la bază utilizare sistemelor regenerabile: sisteme fotovoltaice, captatoare solare, sisteme eoliene etc.

În baza reprezentării piramidale a nivelelor ierarhice, cu scopul de a putea identifica resursele disponibile de energie regenerabilă posibil a fi utilizate în cadrul unor strategii de proiectare eficiente din punct de vedere energetic care să poată fi integrate încă din faza de concept a proiectului, distingem tehnicile de analiză detaliată, tehnici ce vor fi exemplificate în prezentul capitol.

Prin urmare, factorii cu rol determinant ce țin de contextul în care este amplasată clădirea sunt următorii: clima, forma clădirii, funcționalitatea clădirii și anvelopa clădirii.

3.3 Tehnici de analiză detaliată a terenului

Majoritatea deciziilor legate de consumul de energie sunt luate în considerare în faza de anteproiect. Mai mult decât atât, efortul necesar implementării acestor decizii la începutul procesului de proiectare este semnificativ redus în comparație cu cel necesar pentru a implementa aceste decizii în faze ulterioare. Astfel, în faza incipientă a proiectului, în momentul în care arhitectul sintetizează punând cap la cap concepte, idei și strategii, este necesară o corelare a principiilor generate de criteriile funcționale și arhitecturale cu cele legate de considerentele energetice.

3.3.1 Clima și contextul

Tehnica de analiză descrisă mai jos se concentrează pe înțelegerea contextului din punct de vedere al însoririi, al vântului, al modului de iluminare naturală, ajutând astfel la determinarea resurselor de pe sit.

În cazul proiectului pilot, pentru evaluarea condițiilor de însorire existente pe sit s-a utilizat cadranul solar specific zonei noastre având latitudinea nordică de 45 de grade și un plan al parcelei reprezentând situația existentă a vecinătăților. Acesta este reprezentat la scară indicând cu exactitate topografia terenului, fără denivelări în cazul proiectului pilot, vegetația existentă, împrejmuirile și amplasarea clădirilor adiacente parcelei.

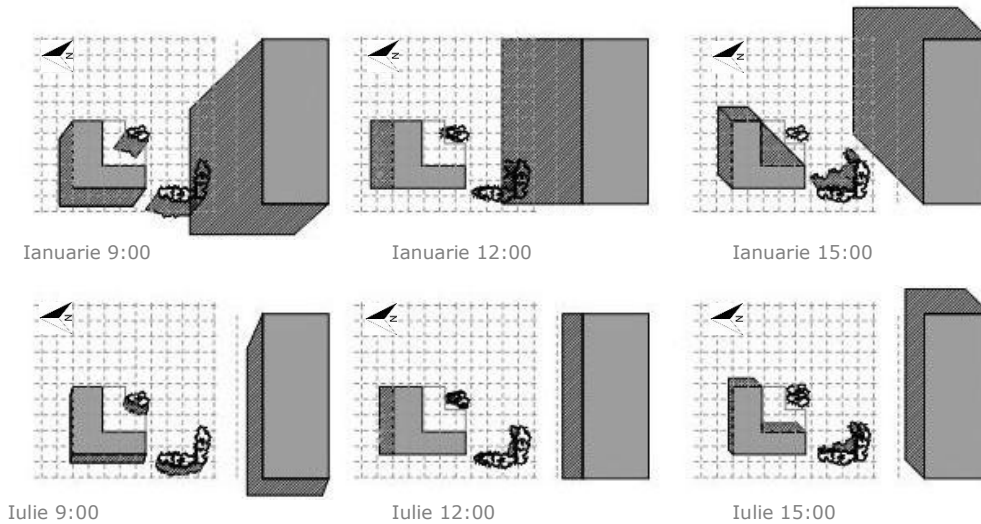


Figura 3.3 Studiul de însorire aferent sitului proiectului pilot în luna cea mai rece a anului - ianuarie și în luna cea mai caldă - iulie, pe intervale orare (sursă: aport personal)

Reprezentarea grafică din figura 3.3 a prezentului capitol evidențiază nivelul de însorire și umbrire a sitului proiectului pilot atât în cea mai rece lună a anului cât și în cea mai caldă lună a anului. Simulările însoririi au fost realizate pentru orele 9:00, 12:00 și 15:00 utilizând un model 3D al împrejurimilor ce a fost creat de autor pe baza relevării zonei de studiu cu ajutorul softului de proiectare Archicad 20, utilizat cu licența de utilizare comercială nr. SN:3-3573416.

Având în vedere topografia plată a terenului proiectului pilot, acesta nu influențează însorirea parcelei în nicio perioadă a anului. Rezultatul simulării aferentă lunii iulie pune în evidență faptul că pe timp de vară, moment în care soarele are un unghi de cca. 50° , umbrele aruncate sunt mai scurte, singurele zone umbrite de pe parcelă fiind în cazul de față cele în care există vegetație.

Luna ianuarie, perioadă în care unghiul soarelui este de cca. 22° iar umbrele aruncate sunt mai lungi, partea sudică a sitului este umbrită în marea parte a zilei de clădirea vecină din sud.

Până în acest punct putem afirma faptul că, pe parcursul întregului an, parcela este umbrită în proporție scăzută atât în sezonul cald cât și în sezonul rece. Prin urmare, pe timp de vară va fi necesară crearea unor sisteme de umbrire menite să împiedice pătrunderea directă a razelor solare în clădire, fiind astfel evitată încălzirea pasivă excesivă a acesteia în sezonul cald.

În perioada sezonului rece, anotimp în care încălzirea pasivă a locuinței este de dorit, conform studiului de însorire trebuie evitată amplasarea clădirii în zonele umbrite de clădirea vecină din sud.

Vegetația înaltă fiind de foioase, pe timp de iarnă va permite pătrunderea razelor solare în interiorul locuinței și încălzirea acesteia, rezultând astfel necesitatea amplasării construcției în zona nordică și conformarea anvelopei sudice astfel încât să permită pătrunderea razelor solare și încălzirea pasivă pe timp de iarnă (vegetația înaltă blochează razele solare vara).

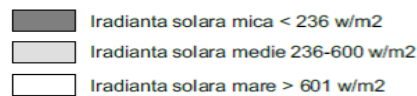
În același timp, rezultatul studiului de însorire evidențiază faptul că este fezabilă instalarea unor sisteme bazate pe utilizarea radiației solare - fotovoltaice sau termosolare - pe versantul de sud al acoperișului, aceasta beneficiind de însorire pe toată perioada anului.

În continuarea studiului, pentru a putea determina perioadele în care situația climatică oferă confort termic cât și perioadele în care radiația solară disponibilă este la nivel adecvat pe suprafața parcelei vizate pentru utilizarea sistemelor amintite, a fost necesară întocmirea graficului de iradianță solară aferent zonei orașului Timișoara. Prin intermediul graficului prezentat în figura 3.4, este ilustrată iradianța solară a unei suprafețe orizontale din Timișoara, locul proiectului pilot, informație necesară pentru estimarea cantităților de energie ce pot fi obținute anual din sursă solară și în același timp o informație vitală pentru dimensionarea sistemelor bazate pe utilizarea energiilor solare.

Datele care au stat la baza calculului iradianței solare medii orare au fost preluate din baze de date online furnizate de INMH, softul SolarGis, baza de date pusă la dispoziție în mod gratuit de site-ul NASA cât și baza de date furnizată de softul Climate Consultant versiunea 6.0. Prin interpretarea graficului pot fi identificate foarte ușor momentele din an și zilele în care iradianța solară este sub nivelul la care umbrirea suprafețelor vitrate nu este necesară, însă pe de altă parte sistemele ce utilizează resurse solare au o producție diminuată, fiind astfel necesară existența unor aporturi adiționale de energie.

În figura 3.4 se ilustrează media iradianței solare orare pentru fiecare lună din parcursul unui an. Reprezentarea aleasă a fost una matriceală, în care pe coloane sunt reprezentate lunile anului, iar pe rânduri intervalele orare zilnice.

Graficul ilustrează 3 paliere de iradianță solară, după cum urmează:



Ora	I	F	M	A	M	I	I	A	S	O	N	D
12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	35	77	0	0	0	0	0
5:00	0	0		37	86	93	121	43	0	0	0	0
6:00	0	0	50	135	205	243	265	162	67	0	0	0
7:00	25	72	131	270	327	365	394	267	184	91	30	0
8:00	52	125	263	373	434	473	481	432	298	195	94	48
9:00	110	172	345	463	500	558	575	515	392	264	160	91
10:00	140	227	402	525	577	628	653	615	458	348	208	122
11:00	165	249	431	555	608	644	676	656	494	382	233	138
12:00	167	252	434	558	611	649	680	663	498	386	236	140
13:00	158	240	411	545	587	628	653	629	470	359	223	122
14:00	132	198	362	497	536	576	628	581	411	303	186	100
15:00	78	142	307	421	457	497	620	489	324	264	129	60
16:00	25	72	213	319	355	394	425	369	213	117	40	37
17:00	0	36	79	198	236	275	280	232	95	42	0	0
18:00	0	0	26	75	144	181	199	97	30	0	0	0
19:00	0	0	0		45	67	50	22	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.4 Graficul iradianței solare, Timișoara, România
(sursa: aport personal)

Este de la sine înțeles, dar poate fi determinat cu exactitate din informațiile rezultate, iradianța solară maximă în zona parcelei ce face obiectul prezentului studiu este înregistrată în perioada mai - august. Perioadele februarie - mai și august - octombrie prezintă niveluri de iradianță solară medie. În restul lunilor aceasta tinde către iradianța solară sub nivelul mediu și chiar 0.

Intervalul orar cu cele mai crescute nivele ale iradianței solare de pe parcursul unei zile, se regăsește între orele 9:00 și 15:00 cu vârfuri atinse în perioada de vară între orele 10:00 și 14:00.

Fluctuațiile iradianței solare rezultate în urma interpretării graficului din figura 4 ne vor ajuta să delimităm cu exactitate perioadele orare și lunare în care sunt necesare sisteme de umbrire, cât și perioadele în care utilizarea resursei solare pentru producerea energiei necesare în consumul intern al casei este la nivelul necesar.

În concluzia acestui subcapitol, din punct de vedere al caracteristicilor însorii pe parcelă, datele furnizate până în acest moment oferă informații suficiente pentru a putea susține că parcela se pretează pentru construirea unei locuințe care să beneficieze de resurse de energie regenerabilă solară, de sisteme de încălzire pasivă prin radiație solară directă pe timp de iarnă în perioada noiembrie - februarie orele 9:00 -15:00, când razele solare nu sunt obturate de clădirea învecinată sau de vegetația de pe sit. De asemenea, este necesară utilizarea unor sisteme de umbrire artificială în perioada iulie-august între orele 10:00 și 14:00 cât și implementarea unei stratificații a pereților și învelitorii care să asigure un grad ridicat de izolare termică.

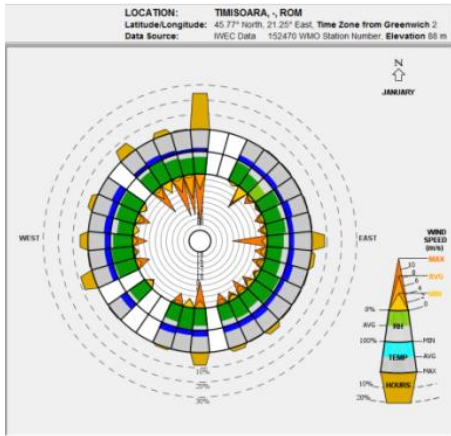
3.3.2 Analiza curenților de aer

Primul pas în estimarea potențialului eolian aferent zonei studiate este realizat și descris în cadrul prezentului subcapitol. Scopul studiului este de a obține informații cât mai detaliate legate de direcția, frecvența și intensitatea vântului pentru o anumită zonă.

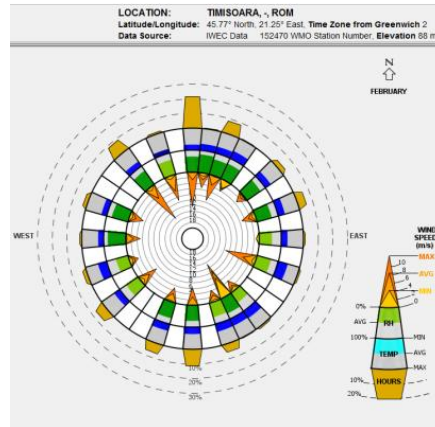
În zona climatică a orașului Timișoara, regimul eolian nu permite utilizarea energiei vântului într-un regim suficient de susținut pentru ca această sursă să poată fi considerată eficientă pentru producția susținută a energiei. Curenții de aer vor fi luați în considerare numai din punct de vedere al necesarului de ventilație naturală al construcției.

Pentru realizarea graficului cu viteza vânturilor pentru fiecare lună pe intervale orare au fost utilizați indicii înregistrați la stația meteo Timișoara, cea mai apropiată de situl proiectului pilot, alături de imaginile prezentate în figura 3.5 preluate din baza de date IWEC Data și generate cu ajutorul softului Climate Consultant versiunea 6.0 pus la dispoziția utilizatorilor în mod gratuit.

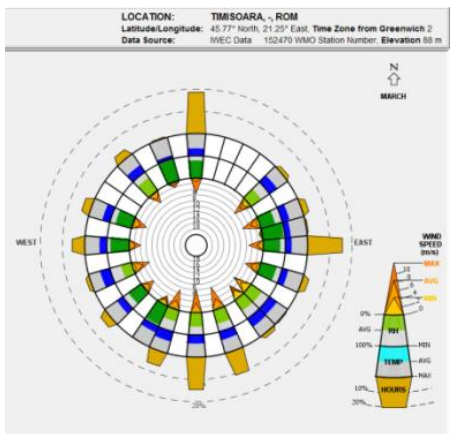
În privința considerațiilor de detaliu asupra mișcării maselor de aer zona Timișoarei, conform INMH și celor rezultate din graficele prezentate în figura 3.5 și figura 3.6 se poate observa că mișcările dominante din timpul primăverii și verii sunt cele temperate, de proveniență oceanică, care aduc precipitații semnificative. Destul de frecvent în timpul iernii se pot observa mase de aer umed care sosesc dinspre oceanul Atlantic aducând ploi și zăpezi însemnate cât și valuri succesive de frig. Din septembrie până în februarie apar frecvent pătrunderi ale maselor de aer polar-continental venite dinspre est.



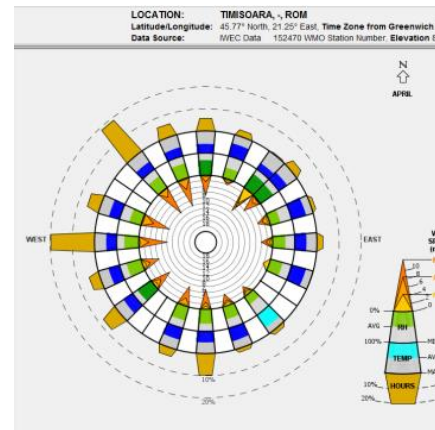
Ianuarie



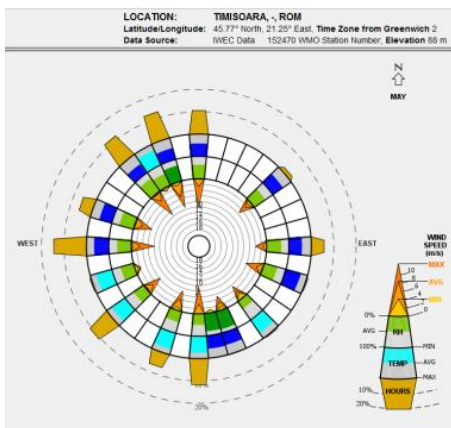
Februarie



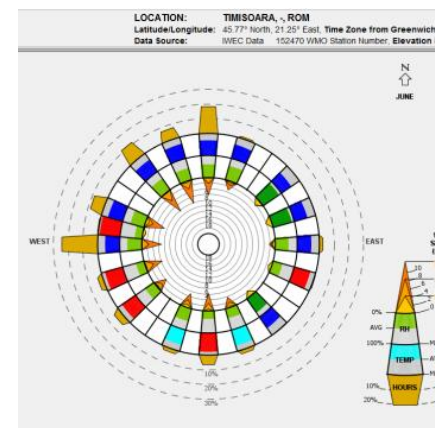
Martie



Aprilie



Mai



Iunie

54 Abordare teoretică în procesul de proiectare al caselor eficiente energetic

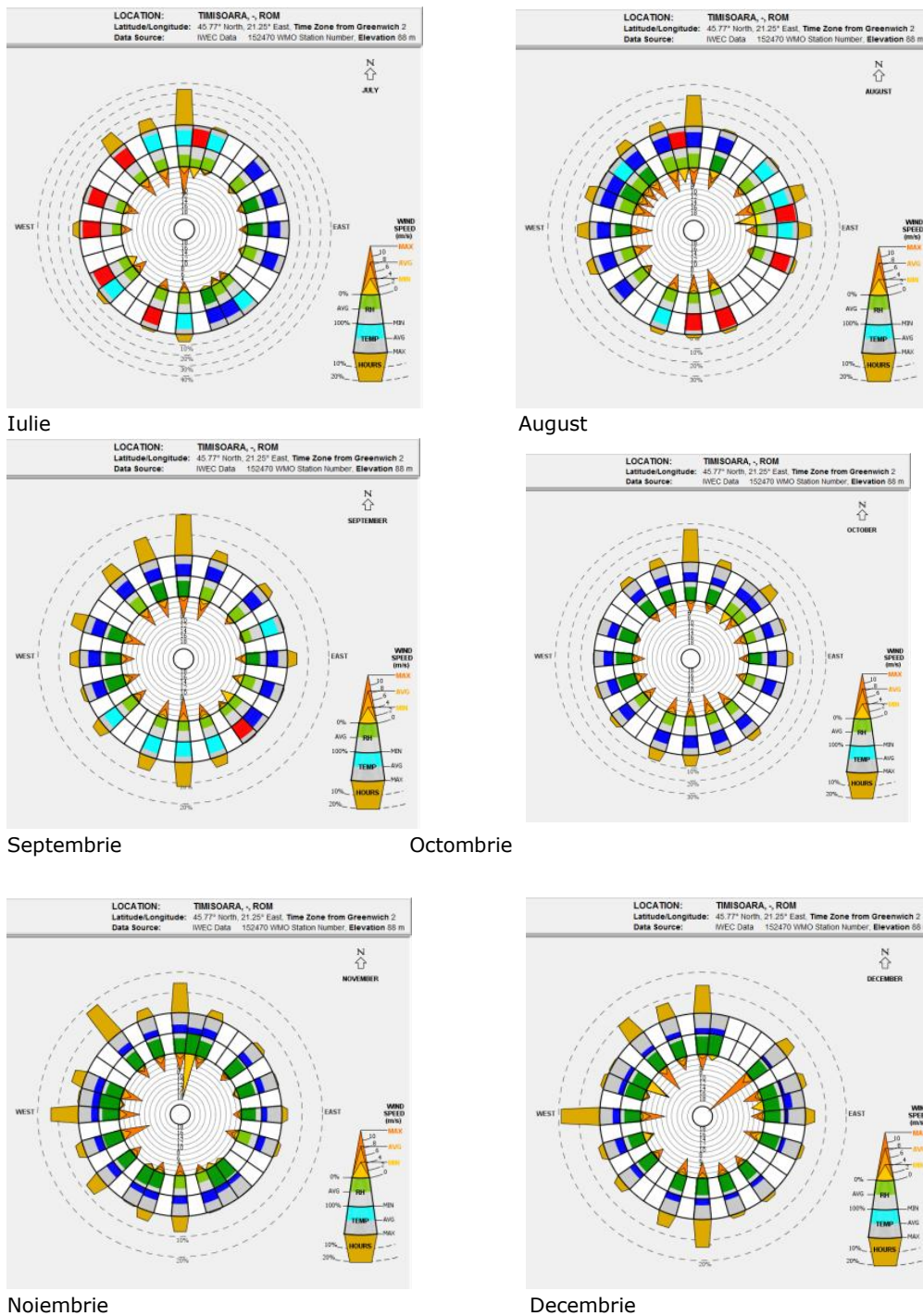
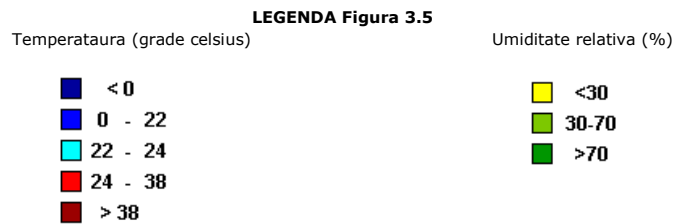


Figura 3.5 Roza lunară a vânturilor, Timișoara, România (sursa: baza de date IVEC Data)



Poziția geografică duce la o variație crescută a frecvențelor vânturilor pe principalele direcții, astfel fiind înregistrate frecvent vânturi din nord-vest (13%) cât și cele din vest (98%). În lunie aprilie și mai o frecvență crescută o au vânturile dinspre sud, însumând un procent de 8,4% din totalul vânturilor anuale, celelalte direcții înregistrând frecvențe reduse. Ponderea calmului atmosferic înregistrat în zona ce face obiectul prezentului studiu atinge un procent de 45.9%, iar direcțiile dominante pentru zona Timișoara sunt Nord-Sud 16% și Est - Vest 13% conform interpretărilor rezultate din graficele prezentate mai jos și a surselor INMH.

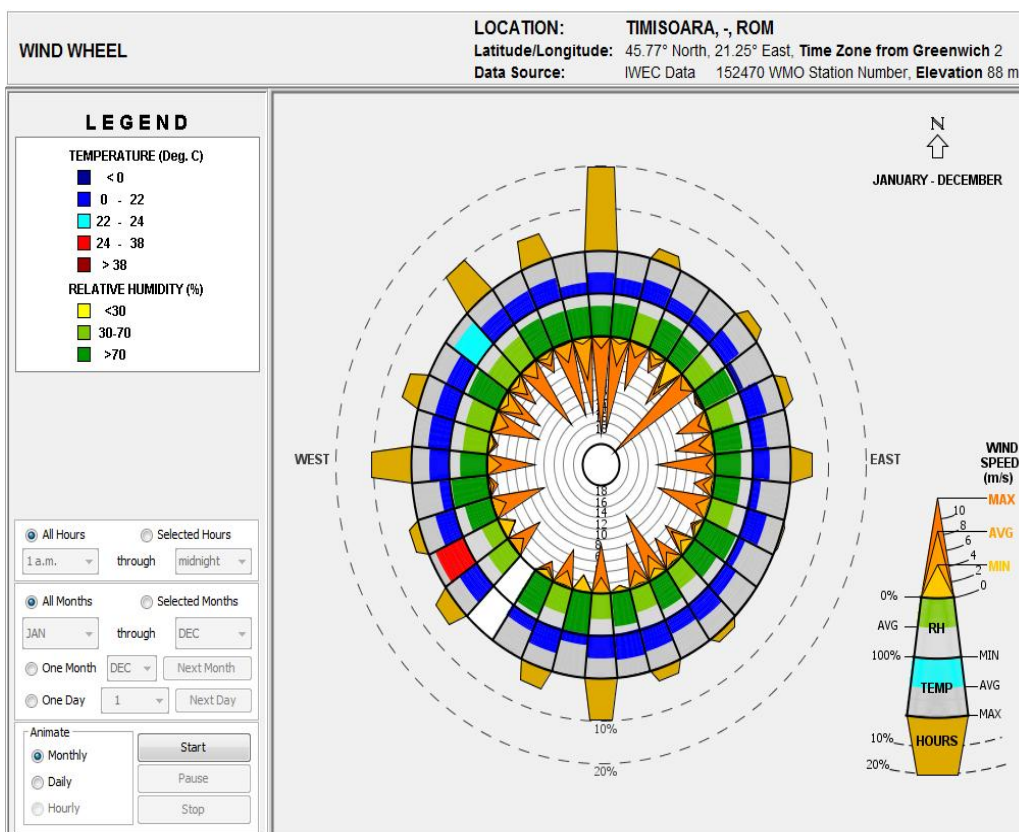


Figura 3.6 Roza anuală a vânturilor, Timișoara, România (sursa: baza de date IWEC Data)

Valorile datelor obținute din imaginile precedente sunt transpuse într-o interpretare matriceală care prezintă pe coloane lunile anului, iar pe rânduri intervalele orare ale zilei. Valorile din tabel indică o estimare a vitezei medii lunare a vânturilor într-un anumit interval orar măsurată în m/s:

Ora	I	F	M	A	M	I	I	A	S	O	N	D
12:00	1.32	1.17	1.28	1.22	1.51	0.49	1.03	1.46	0.58	0.90	0.87	1.22
3:00	1.63	1.37	1.16	1.17	1.10	0.61	1.28	1.57	0.65	0.98	0.66	0.81
6:00	1.32	1.14	1.40	0.92	1.45	0.70	0.90	1.70	1.01	1.00	0.61	1.18
9:00	1.44	1.17	1.60	2.05	1.27	0.84	0.75	2.30	1.35	0.99	0.68	1.64
12:00	1.96	1.35	2.50	2.81	2.81	2.11	1.25	2.64	2.40	2.00	1.50	1.01
15:00	1.96	1.58	2.80	3.03	3.28	2.15	2.38	2.73	3.00	1.81	2.16	1.70
18:00	1.83	1.20	2.63	2.84	2.25	2.27	2.30	2.51	2.11	1.56	0.89	1.34
21:00	1.42	1.27	1.67	1.39	1.28	0.63	0.94	1.98	0.76	0.77	0.76	1.61
24:00	1.27	1.16	1.44	1.20	1.40	0.46	1.08	1.40	0.58	0.91	0.80	1.68

Figura 3.7 Viteza medie lunară a vânturilor pe intervale orare [m/s], Timișoara, România
(sursa: aport personal)

Direcția dominantă a vânturilor este nord, nord-vest pe tot parcursul anului, resimțindu-se influențe ale vântului sudic în intervalul martie-iunie. Înregistrări ale vânturilor estice sunt rare și se dezvoltă de obicei în prima parte a zilei, între orele 9:00-12:00 și în ultima parte a zilei, între orele 21:00 și 24:00.

Referitor la viteza vânturilor, se poate remarca faptul că valori mai ridicate ce depășesc 2,5 m/s se întâlnesc în special în intervalul orar 12:00 - 18:00 în perioada primăverii cât și în perioada de toamnă, spre deosebire de vânturile de noapte care nu depasesc 1.5 m/s.

Pentru interpretarea grafică a caracteristicilor eoliene specifice terenului, în figura 3.8 au fost reprezentate grafic, în sistem matriceal similar cu cel din figura 3.7, direcțiile dominante ale vânturilor suprapuse cu interpretarea grafică a vitezei vânturilor.

Prin figura 3.8 sunt generate condițiile eoliene particulare zonei de interes, existând posibilitatea de a analiza și anticipa direcțiile, viteza și perioadele de intensitate crescută ale vântului pe lotul considerat.

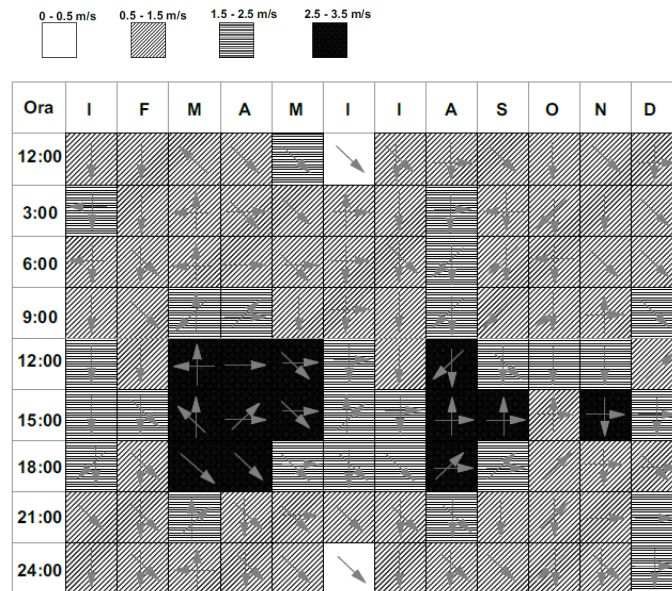


Figura 3.8 Graficul mediilor lunare al vânturilor pe intervale orare, Timișoara, Romania
(sursa: aport personal)

Datele necesare pentru realizarea graficului din figura 3.8 au fost preluate și prelucrate din bazele de date meteorologice globale ale NASA alături de datele furnizate de ISMCS (International Station Meteorological Climate Summary) și INMH prin stația meteo de la Timișoara cât și de simulările realizate cu ajutorul softului Climate Consultant.

Rezultatele obținute în acest subcapitol sunt utile în elaborarea proiectului pilot pentru definirea potențialului eolian, ce poate deveni o sursă de energie cât și pentru stabilirea criteriilor de orientare, amplasare a golurilor în fațade, posibilități de ventilare naturală.

3.3.3 Tiparul mișcării maselor de aer pe sit

Necesitatea acestui subcapitol este motivată prin faptul că mișcarea aerului pe sit poate avea direcții diferite față de mișcarea generală a aerului rezultată din subcapitolul anterior. Modificările curenților de aer de pe sit se datorează obstacolelor locale ce constau în clădiri adiacente sitului vizat, topografia sitului, vegetația locală, împrejurimile parcelelor, samd. Putem spune cu certitudine ca există un mod aparte în care curenții de aer interacționează la nivel local, în funcție de obstacolele naturale sau construite.

Această interacțiune este influențată de 3 principii ale mișcării maselor de aer:

1. Rezultatul frecării curenților de aer cu solul induce o micșorare a vitezei straturilor de aer de la nivelul solului, spre deosebire de straturile

superioare. Scăderea vitezei vânturilor este influențată de înălțimea și forma construcțiilor, vegetației și reliefului.

Figura 3.9, prezentată mai jos, ilustrează înălțimea la care viteza vântului atinge valoarea nominală în funcție de 3 tipuri diferite ale rugozității scoarței terestre. Se poate observa faptul că odată cu creșterea înălțimii construcțiilor are loc o scădere considerabilă a vitezei vântului la sol. Graficul desenat are la bază informațiile furnizate în lucrarea *Sun, Wind and Light* scrisă de Mark DeKay și G.Z. Brown, ca rezultat al unor experimente de laborator.

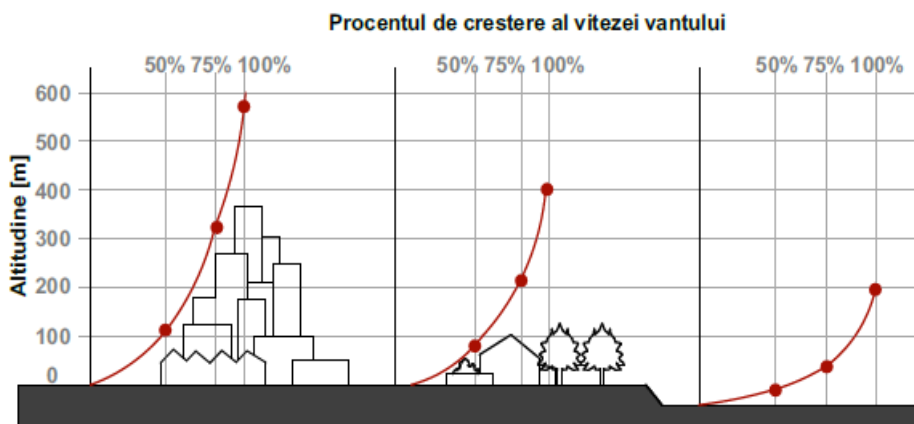


Figura 3.9 Viteza vântului în funcție de profilul terenului
(sursa: aport personal)

- Principiul al doilea pune în lumină faptul că în momentul în care aerul lovește un obiect, el tinde să își păstreze direcția, luând naștere zone de presiune și depresiune, zone de curgere laminară, creșteri ale vitezei vânturilor și turbioane. Așadar, asemenea principiilor curgerii fluidelor, curenții de aer vor curge în jurul obiectelor pe care le întâlnesc în calea lor.

Schemele prezentate mai jos în figura 3.10 au fost realizate după rezultatele obținute din experimente realizate în tuneluri de vânt (Evans 1957). Sunt figurate formele în plan ale construcțiilor și modul în care orientarea și modul de alcătuire al acestora în funcție de direcția curenților de aer principali influențează crearea unor curenți de aer locali ce au un rol deosebit în determinarea microclimatului local. De asemenea, aceste efecte sunt prezentate și în secțiune pentru a evidenția impactul formei acoperișului și a înălțimii clădirii asupra curenților de aer.

Se poate observa faptul că o formă a învelitorii cu o înclinație mare aruncă curenții de aer la înălțime având ca rezultat o creștere a înălțimii și lățimii în plan a zonei cu presiune scăzută.

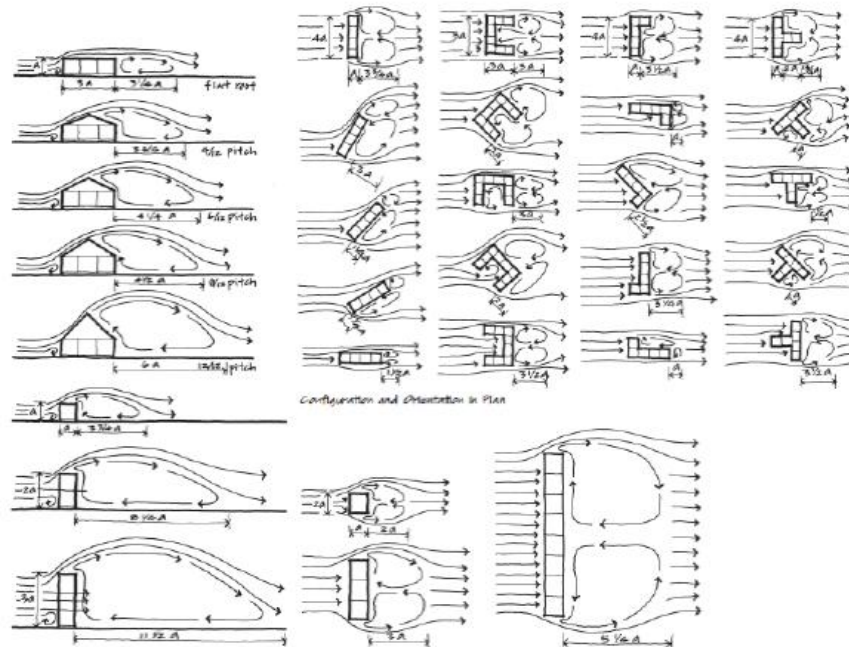


Figura 3.10 Interacțiunea vântului cu obiectele pe care le întâlnește în calea sa.
Reprezentare în plan și în elevație.

(sursa: Sun, Wind and Light, formatul electronic, pagina E295)

3. Al treilea principiu evidențiază faptul că toți curenții de aer vor curge dinspre zonele cu presiune mare către zonele cu presiune scăzută. Pentru a evidenția cât mai bine acest ultim principiu putem considera fenomenul rezultat în momentul în care soarele încălzește aerul dintr-o poiană/luncă având ca efect scăderea densității și ridicarea masei de aer, reducerea presiunii determinând formarea de curenți de aer la nivelul solului. Efectul secundar al fenomenului descris anterior constă în pătrunderea aerului rece cu presiune ridicată din pădurea limitrofă.

3.3.4. Analiza curenților de aer pe situl proiectului pilot pe baza principiilor mișcărilor maselor de aer

Utilizând principiile enumerate în subcapitolul anterior cât și direcțiile principale de mișcare ale aerului, se poate estima încă din faza de proiect modul în care forma și amplasarea viitoareii clădiri va genera mișcările ale maselor de aer în imediata apropiere a construcției și totodată necesitatea de a ridica bariere sau de a permite accesul curenților de aer în spațiul exterior în diferite sezoane.

În continuare se vor analiza mișcările maselor de aer în zona parcelei aferente proiectului pilot. Considerând direcțiile principale ale vântului rezultate din capitolul 3.3.2, pentru interpretarea teoretică din acest subcapitol au fost utilizate principiile rezultate din simularea mișcării curenților de aer amintite în subcapitolul anterior

alături de reprezentarea fidelă ca formă în plan și în elevație a proiectului pilot, vegetației înalte și a construcțiilor adiacente sitului.



Figura 3.11a Diagrama vântului de iarnă pe parcela proiectului pilot.
Reprezentare în elevație.
(sursa: aport personal)

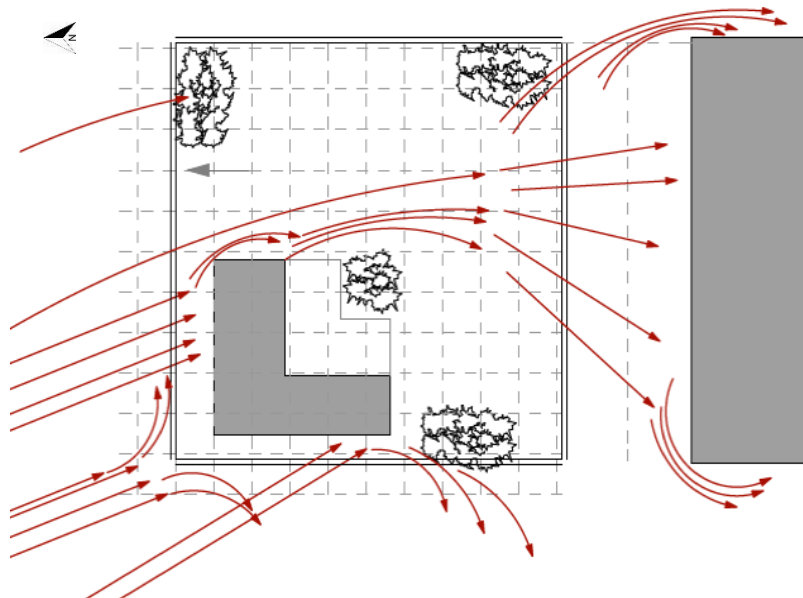


Figura 3. 11b Diagrama vântului de iarnă pe parcela proiectului pilot.
Reprezentare în plan
(sursa: aport personal)

Schemele grafice prezentate în figurile 11a și 11b ilustrează tiparul mișcării maselor de aer în sezonul rece pe parcela proiectului pilot. Conform celor enunțate anterior, pe timp de iarnă direcția dominantă a vântului este nord, nord-vest, astfel s-a considerat necesară protecția clădirii față de acest curent rece de aer prin amplasarea construcției la o distanță minimă posibilă de împrejmuirea nordică și vestică. Prin această soluție s-a urmărit o deviere parțială vântului rece de iarnă și evitarea impactului direct dintre acesta și clădire. În ideea creșterii acestei protecții în fața curenților de aer reci, s-a recurs la tratarea laturilor de nord și vest ale casei fără suprafețe vitrate, cu pereți opaci bine izolați, blocând vântul de iarnă pe cele două fațade.

Laturile sudice și estice ale proiectului pilot sunt cele care înglobează terasa de acces și aparatul de intrare în interiorul locuinței. Pe aceste laturi, după cum reiese

din secțiunea prezentată în figura 11a, există o zonă de presiune scăzută egală cu cca. $3 - 3/4$ din înălțimea casei.

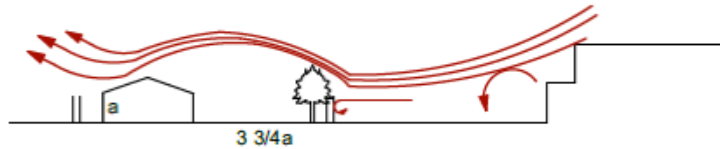


Figura 3.12a Diagrama vântului de vară pe parcela proiectului pilot.
Reprezentare în elevație.
(sursa: aport personal)

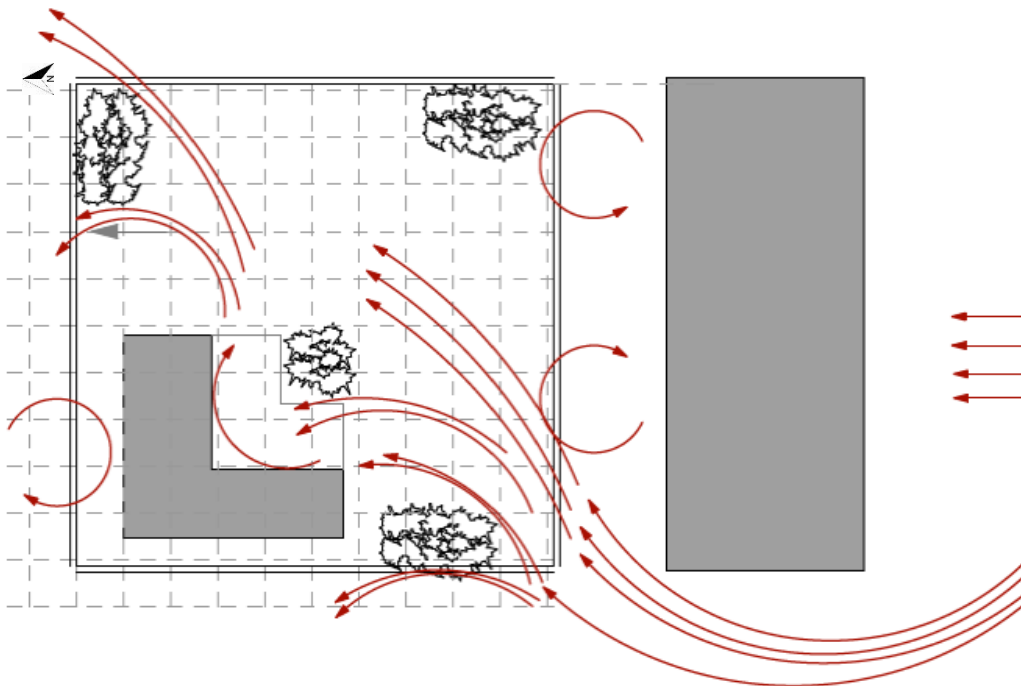


Figura 3.12b Diagrama vântului de vară pe parcela proiectului pilot.
Reprezentare în plan.
(surs: aport personal)

Figura 12a și 12b ilustrează direcția principală a vântului de vară în zona proiectului pilot și efectul mișcărilor maselor de aer pe sit. Se observă formarea unor curenți de aer care tranzitează parcela, facilitând crearea unor zone de presiune pe fațada sudică. Un rol important în devierea și încetinirea vitezei curenților de aer pe timp de vară revine vegetației înalte propuse.

3.3.5 Propunere de analiză teoretică a microclimatului unui sit

Propunerea de analiză a microclimatului sitului presupune coroborarea tuturor datelor climatice obținute din analizele anterioare și utilizarea lor în scopul stabilirii zonelor celor mai favorabile de amplasare a locuinței pe suprafața parcelei în funcție de factorii exteriori din imediata apropiere a sitului oferind o combinație benefică a condițiilor climatice în fiecare sezon.

Pentru realizarea analizei se va recurge la o metodă grafică prin intermediul căreia se vor reduce la un singur grafic toate diagramele prezentate până acum în acest subcapitol. Fiind o analiză teoretică a microclimatului unui sit realizată cu scopul de a defini zona cea mai bună pentru amplasarea viitoarei construcții se va face abstracție de existența actuală a clădirii a proiectului pilot.

Primul pas în efectuarea analizei constă în stabilirea condițiilor climatice dorite și necesare pentru asigurarea confortului în funcție de anotimp și de caracteristicile locale. Se propune atribuirea unui punctaj evaluat între 0 și 3 fiecărui tip de caracteristică climatică regăsită pe sit. Pentru cazul de față s-a realizat un tabel ce conține condițiile privind umbrirea, vântul și soarele cu ajutorul cărora se urmărește identificarea unor zone care să ofere microclimate confortabile pentru fiecare sezon:

	umbră	vânt	soare
primavara	1	1	2
vara	3	3	0
toamna	1	1	2
iarna	0	0	3

- 0 - element blocat - element nefavorabil
- 1 - element admis 35% - element puțin necesar
- 2 - element admis 70% - element necesar
- 3 - element admis 100% - element foarte necesar

Tabel 3.1 Valori stabilite pentru definirea zonelor de climat confortabil în funcție de sezon

(surs: aport personal)

Întregul studiu are ca suport planul existent al parcelei pe care urmează să fie realizată construcția, în cazul de față parcela proiectului pilot, pe care vor fi schițate vegetația existentă, diferențele topometrice, construcții existente pe parcela și în imediata apropiere. Parcela astfel reprezentată, la scară, va fi împărțită într-un caroiaj denumit unități de analiză ce va fi stabilit în funcție de mărimea parcelei (1m/1m sau 5m/5m, etc.)

Pașii ce urmează a fi descriși vor ilustra rând pe rând utilitatea analizelor microclimatului aferente sitului din punct de vedere al însoririi și circulației locale a curenților de aer. Studiul se bazează pe utilizarea graficelor de însorire, umbrire și vânt realizate pentru anotimpul cald și rece pentru orele 9:00, 12:00 și 15:00 pm.

Datele obținute din grafice vor fi convertite într-un model numeric rezultat prin atribuirea valorilor stabilite în Tabelul 3.1 fiecărei situații climatice întâlnite pe teren. Rezultatul în primă fază constă într-un model numeric unic pentru fiecare condiție climatică întâlnită pe sit în funcție de anotimp. Cumularea acestor modele climatice într-un singur tabel indică zonele favorabile pentru amplasarea viitoarei locuințe.

Analiza studiului de însorire al sitului

Perioadele de analiză au fost alese pentru lunile Iulie și Ianuarie, cea mai caldă și cea mai rece când umbra aruncată are o lungime foarte mică, respectiv foarte mare. Orele stabilite pentru realizarea simulării sunt 9:00, 12:00 și 18:00 astfel încât să fie acoperită poziția soarelui dimineața la prânz și seara.

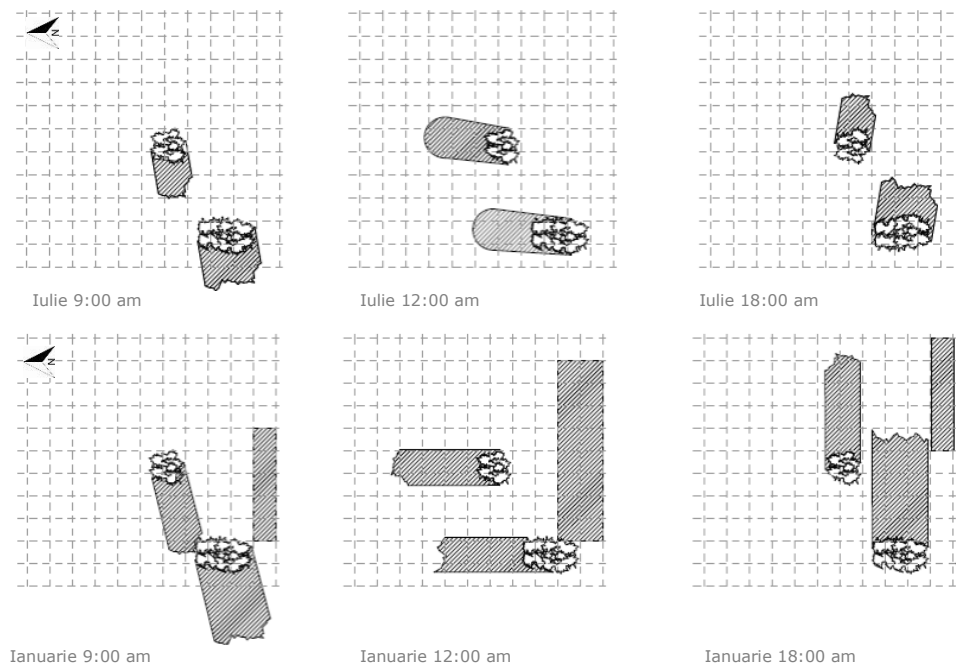


Figura 3.13 Studiu însoririi pe parcela proiectului pilot.
Reprezentare în plan în sezonul cald și rece.
(sursa: aport personal)

Analizând figura 3.13 prezentată mai sus, se poate observa faptul că în sezonul rece există o zonă umbră în partea de sud a parcelei. Amplasarea locuinței în această zonă umbră ar presupune ca pe timp de iarnă aceasta să nu fie expusă razelor solare directe, fiind blocat procesul de încălzire pasivă. Conform tabelului 1, indicele pentru un microclimat confortabil asimilat umbririi pe timp de iarnă este 0, rezultând astfel o zonă nefavorabilă amplasării construcției. Este recomandat ca în sezonul rece de iarnă însorirea să fie asigurată într-o proporție cât mai mare, lucru care ar facilita posibilitatea de încălzire pasivă a locuinței. Zonele de pe parcelă care ar putea asigura condițiile de însorire amintite anterior sunt cele nordice.

De asemenea, în sezonul cald putem observa faptul că zonele de umbră sunt reduse, vegetația de pe parcelă nefiind suficientă pentru blocarea îndeajuns a razelor

solare directe. Prin urmare se vor lua în calcul utilizarea unor sisteme artificiale de umbrire integrate în zona de sud a fațadei casei cât și introducerea vegetației deja existente astfel încât să asigure o umbrire optimă pe timp de vară.

Analiza direcției vântului pe parcelă

Pentru determinarea tiparului mișcării vântului, asemănător analizei anterioare a însoririi, s-a utilizat modelul caroiat al parcelei proiectului pilot și vegetația existentă. Conform datelor obținute în studiile precedente ce aveau ca subiect direcțiile maselor de aer din acest capitol, putem concluziona faptul că parcela este tranzitată de curenți de aer atât pe timp de vară cât și pe timp de iarnă.

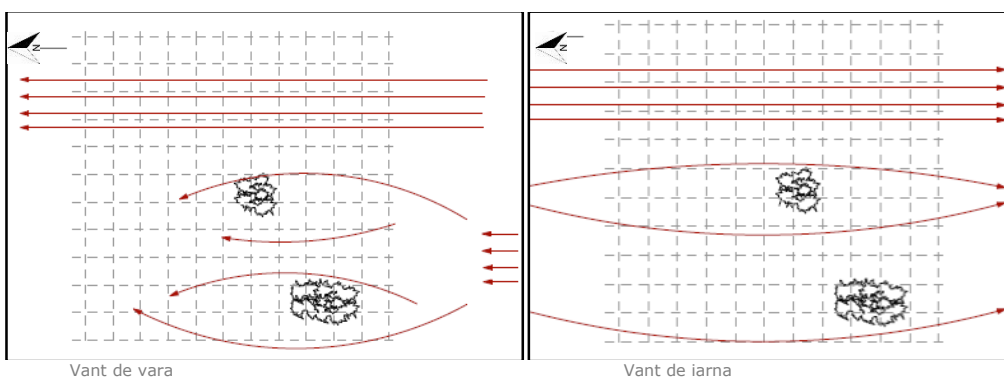


Figura 3.14 Diagrama vântului pe parcela proiectului pilot.
(sursa: aport personal)

Conform tabelului 3.1 din prezentul capitol, observăm indicele de confort climatic pentru vânt pe timp de iarnă este asimilat valorii 0, drept urmare este important ca protecția clădirii pe timp de iarnă să fie asigurată în primul rând la vânt. Vegetația existentă pe parcelă nu constituie o barieră, drept urmare parcela rămâne expusă curenților de aer. Acest lucru impune implementarea unor măsuri pentru protejarea pe zona de nord a clădirii pe timp de iarnă și utilizarea în sezonul cald a curenților de aer pentru o ușoară diminuare a temperaturii resimțite.

Măsurile implementate în cazul proiectului pilot au fost descrise anterior în cadrul analizei realizate în figura 3.11, iar acestea au presupus amplasarea casei la o distanță de 90 de cm față de împrejmuire, astfel încât o parte din curenții de aer reci să fie deviați de împrejmuirea perimetrală a parcelei. Tratarea fațadelor a fost și ea descrisă.

Convertirea rezultatelor de la punctul 1 și 2 într-un sistem de reprezentare grafic

Prezenta analiză presupune transformarea schemelor prezentate în figura 3.13 în modele grafice simplificate care prezintă parcela și fiecare unitate de analiză a climatului de pe parcelă cu nivelul de însorire sau umbrire aferent.

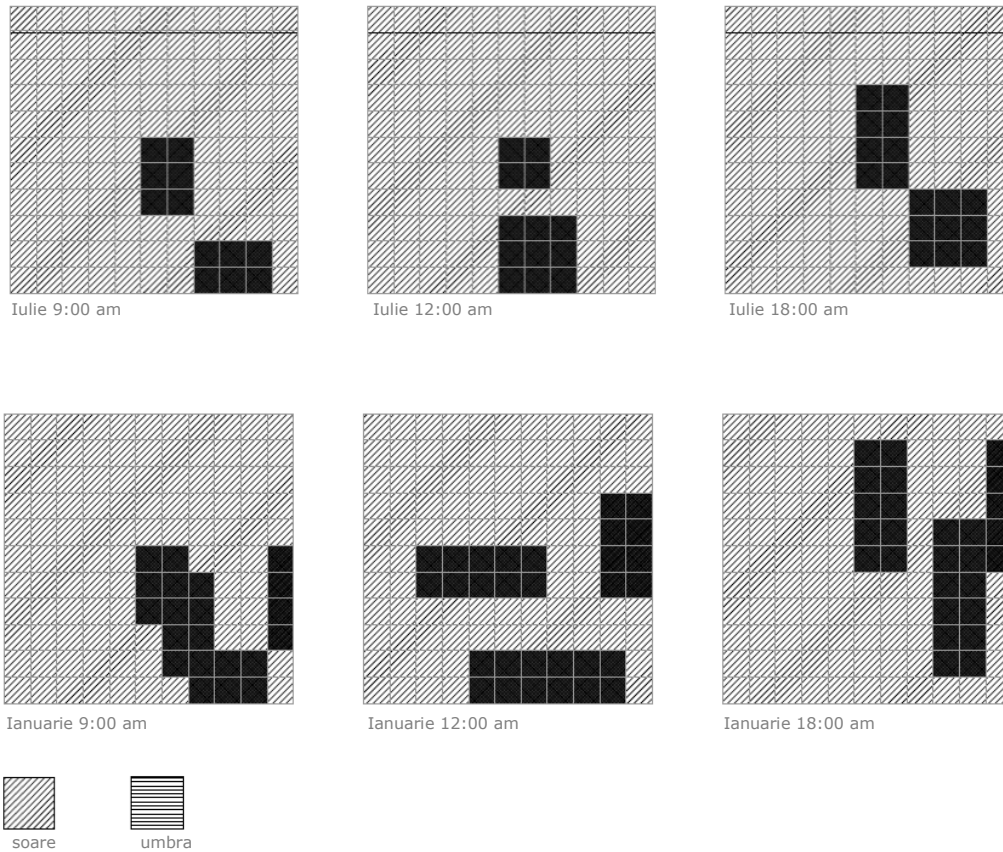


Figura 3.15 Reprezentarea grafică a însoririi pe parcelă.
(sursa: aport personal)

Convenția aleasă pentru reprezentarea grafică constă în hașură orizontală (pete de culoare întunecate) pentru zonele umbrite pe parcusul anului în timpul sezonului rece cât și în timpul sezonului cald, iar cu hașură oblică sunt indicate zonele însorite. Aceste reprezentări grafice vor fi tranformate într-un sistem numeric de indicare a microclimatului de pe parcelă.

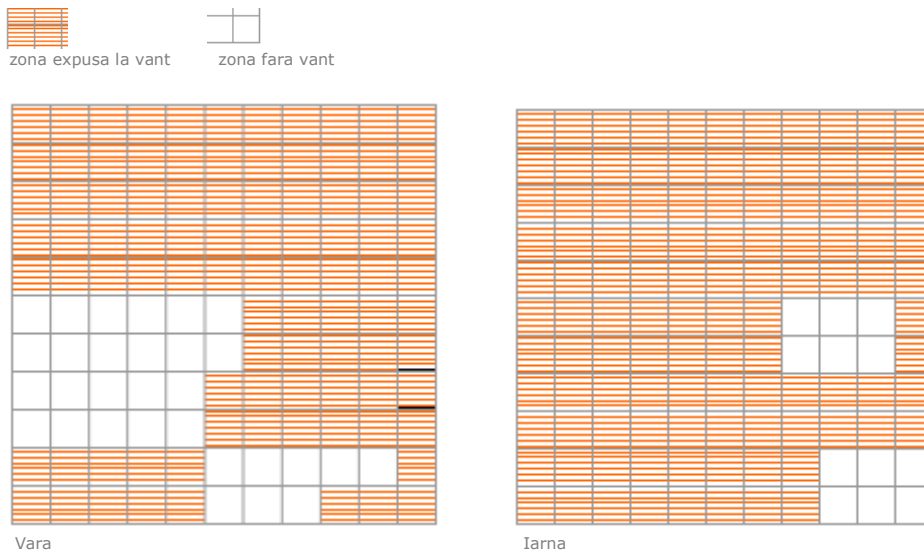


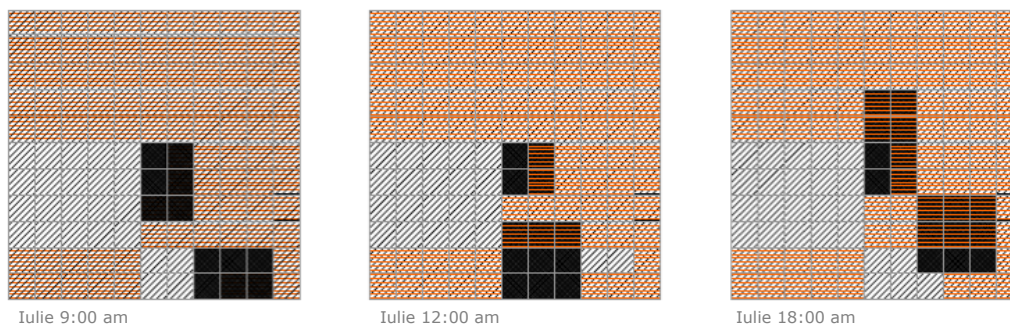
Figura 3.16 Reprezentarea grafică a curenților de aer pe parcelă.
(sursa: aport personal)

În reprezentarea grafică a curenților de aer de pe parcelă sunt preluate ca informații de bază rezultatele din figura 3.14. Acestea au fost împărțite în două categorii: zone expuse la vânt, reprezentate cu hașură orizontală și zone fără vânt, reprezentate fără hașură pe caroiajul parcelei.

Luând în considerare pașii realizați până în acest moment putem afirma faptul că în figurile 3.15 și 3.16 sunt furnizate informații referitoare la însorire și vânt specifice parcelei ce face subiectul analizei.

Suprapunerea reprezentărilor grafice

Suprapunerea datelor rezultate din demersurile anterioare pentru însorirea de iarnă și vară cu graficul curenților de aer din sezonul cald respectiv rece. Figura 3.17 prezintă rezultatul suprapunerilor descrise mai sus.



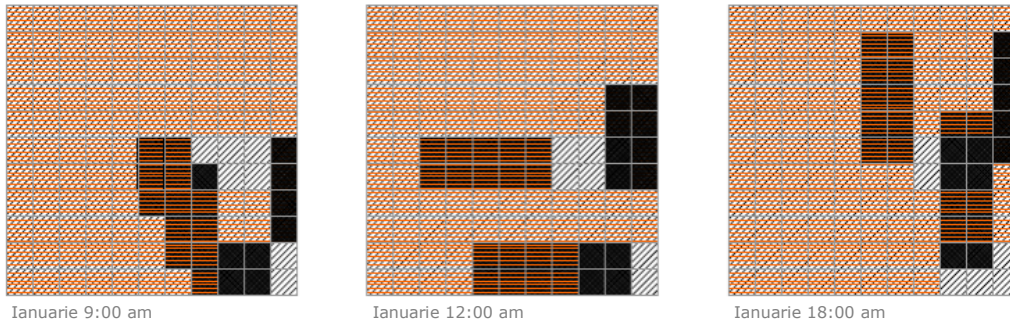


Figura 3.17 Suprapunerea reprezentărilor grafice ale însoririi și vântului (sursa: aport personal)

Dupa cum se poate observa, rezultatul constă în obținerea planului parcelei cu o zonificare a microclimatelor probabile din timpul sezonului cald și rece ce urmează a fi prelucrat cu scopul de a simplifica citirea informației.

Transformare graficelor de reprezentare într-o reprezentare numerică.

Această etapă propune transformarea schemelor grafice obținute până în acest moment în cadrul analizei într-un model numeric ușor de citit. Procesul de conversie din reprezentare grafică în model numeric este realizat având la bază Tabelul 3.1, astfel încât, fiecărei situații climatice rezultate în schemele grafice i-a fost atribuită o valoare numerică în relație cu importanța pentru confortul climatic în anotimpul considerat.

Au fost identificate 4 situații ce sunt prezentate mai jos într-o legendă a valorilor în funcție de condițiile climatice.

- 2 umbra
- 4 soare fara vant
- 1 umbra si vant
- 3 soare si vant

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	1	1	3	3	3
4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	4	4	2	2	2
3	3	3	3	3	4	4	2	1	1

Iulie 9:00 am

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	1	1	3	3	3
4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	2	2	1	1	3

Iulie 12:00 am

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	1	1	3	3	3
3	3	3	3	3	1	1	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	2	1	3	3	3
4	4	4	4	4	3	3	1	1	1
4	4	4	4	4	3	3	1	1	1
3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	2	2	2	3	3

Iulie 18:00 am

68 Abordare teoretică în procesul de proiectare al caselor eficiente energetic



Figura 3.18 Reprezentare numerică în funcție de condițiile climatice pe fiecare unitate de analiză (sursa: aport personal)

Utilizând modelul suport al parcelei, fiecărei unități de analiză i-a fost atribuită valoarea aferentă situației climatice. Rezultatul constă într-o reprezentare valorică a unităților de analiză de pe parcelă care indica gradul de confort climatic pe care respectiva zonă îl conferă în intervalul orar analizat aferent sezonului cald sau rece.

Cumularea reprezentărilor numerice ale condițiilor pentru sezon cald și rece

Prin însumarea valorilor fiecărei unități de analiză a parcelei rezultată un model numeric al parcelei pentru sezonul cald și unul pentru sezonul rece, cu evidențierea zonelor ce ofera condiții climatice bune pentru amplasare locuinței.

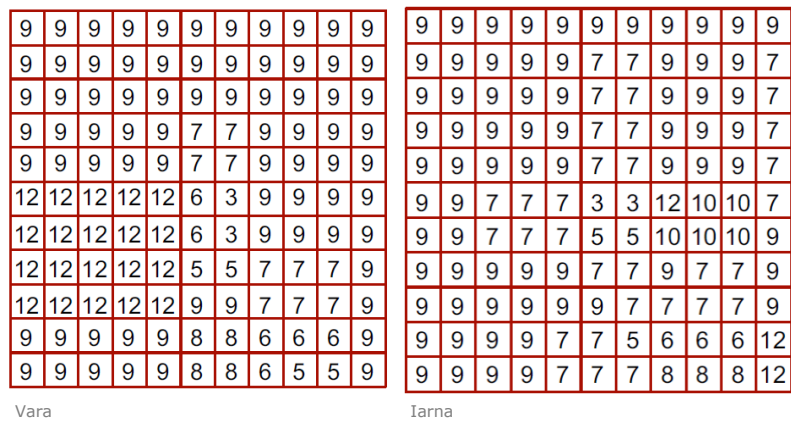


Fig 3.19 Model numeric al condițiilor climatice de pe parcela proiectului pilot pentru sezonul cald și rece. (sursa: aport personal)

Modelul obținut este prezentat în figura 3.19 și conține valorile interpretărilor descrise anterior. Aceasta vor fi utilizate în cadrul următorului demers al analizei.

Obținerea graficului final cu zonele cele mai bune din punct de vedere al însoririi și al vântului pentru amplasarea clădirii.

Ultimul demers al analizei presupune însumarea rezultatelor obținute în figura 3.19 rezultând o singură matrice numerică a parcelei care indică valorile de confort climatic.

18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
18	18	18	18	18	16	16	18	18	18	16
18	18	18	18	18	16	16	18	18	18	16
18	18	18	18	18	14	14	18	18	18	16
18	18	18	18	18	14	14	18	18	18	16
21	21	19	19	19	15	6	21	19	19	16
21	21	19	19	19	17	8	19	19	19	18
21	21	21	21	21	19	12	14	14	14	18
21	21	21	21	21	21	16	14	14	14	18
18	18	18	18	16	15	13	12	12	12	18
18	18	18	18	16	15	15	14	13	13	21

Figura 3.20 Model numeric al parcelei cu valorile de confort climatic
(sursa: aport personal)

Rezultatul final prezentat în figura 3.20 evidențiază faptul că zona propice din punct de vedere climatic pentru amplasarea viitoarei locuințe este zona de nord care indică 21 de puncte și cea de nord est care indică 18 puncte. Zonele din partea de sud și sud-vest ale parcelei înregistrează valori scăzute datorate umbririi accentuate din timpul perioadelor reci cât și a prezenței mișcărilor de aer din zonele respective.

În urma studiului, rezultatele obținute verifică amplasarea realizată empiric a proiectului pilot care este situat în colțul din nord-est al parcelei. Aceste zone prezintă valori cuprinse între 18 și 21, aspect ce conferă un set de avatanje atât în sezonul cald cât și în sezonul rece.

Analiza efectuată nu implică costuri ridicate din punct de vedere financiar, fiind necesare date climatice publice ale zonei vizate. Demersurile importante parcurse în procesul de proiectare în cadrul acestei simulări sunt:

- analiza condițiilor de însorire pe parcelă în funcție de anotimp și interval orar;
- influența țesutului urban adiacent asupra însoririi parcelei;
- aprecierea posibilității de utilizare a resurselor solare în sisteme pasive cât și active pe tot parcursul anului;
- analiza influenței curenților de aer ce străbat parcela;
- necesitatea implementării unor soluții de blocare/pătrundere a razelor solare și a vântului încă din faza anteproiectului;
- indicarea locurilor pe parcelă cu un coeficient ridicat de asigurare a confortului climatic pentru locuință.

Precizia de indicare a poziției ideale rezultată din studiu în comparație cu poziția reală a clădirii pe teren a fost estimată cu o acuratețe de 80%.

Bazat pe rezultatele obținute, analiza poate fi aplicată pentru orice zonă geografică pentru care sunt disponibile datele climatice necesare și o ridicare topografică a zonei sitului.

Proiectul pilot amplasat efectiv în poziția rezultată din analiza anterioară pe lotul situat în zona de sud-est a orașului Timișoara va fi denumită în continuare ipoteza A și va reprezenta elementul de comparație pentru evaluarea performanțelor pentru ipoteze prezumtive ce introduc elemente suplimentare de eficientizare energetică.

CAPITOLUL IV – PROGRAM EXPERIMENTAL - MONITORIZAREA PROIECTULUI PILOT

4.1 Introducere

Capitolul IV prezintă datele obținute în urma programului experimental, ce s-a întins pe o perioadă de 4 ani, timp în care locuința proiect pilot a fost monitorizată din punct de vedere al consumurilor de energie.

În prima parte a capitolului sunt determinate, printr-o simulare bazată pe "calcul direct" conform normativelor în vigoare, coeficienții de transfer termic aferenți elementelor ce alcătuiesc locuința - proiect pilot. În urma determinării acestor coeficienți s-a realizat calculul energetic aferent Ipotezei B - situația existentă, în ceea ce privește structura, compunerea spațiilor construcției și cu pardoseala la nivelul solului.

Rezultatele obținute în urma calculelor energetice sunt comparate în partea a doua a prezentului capitol cu consumurile energetice și costurile de întreținere înregistrate în perioada monitorizării (Ipoteza A - Monitorizare directă) rezultând astfel o estimare exactă a costurilor generate raportate la un metru pătrat de suprafață încălzită pe an.

Ultima parte a capitolului aduce în prim plan analiza tehnico-economică a proiectului pilot prin prezentarea costurilor de construire ale acestuia, creionarea unui preț pentru un metru pătrat de construcție aferent unei locuințe eficiente energetic. Aceste costuri au în vedere modalitatea de construcție în regie proprie și nu includ TVA.

Rezultate obținute din ipoteza A vor fi comparate cu ipotezele 'C' și 'D' care în capitolele ce urmează analizează din aceleași considerente proiectul pilot, însă cu modificări ale performanțelor construcției (îmbunătățiri energetice și schimbări de materiale constructive). Concluziile finale ale studiului de caz comparativ vor fi prezentate în capitolul 6.

4.2 Prezentarea proiectului pilot

Subiectul abordării practice al acestei lucrări este reprezentat de un proiect cu funcțiunea de locuință la a cărui concepere și edificare a participat autorul, acesta fiind realizat în anul 2010, în regie proprie, în localitatea Giroc din județul Timiș.

Parcela aleasă pentru construirea casei are o suprafață de 645 mp fiind marginită pe laturile de est și sud de două străzi, iar pe laturile de vest și nord de câte o parcelă de teren aflate în proprietate privată și libere de construcții. Prin urmare parcela va beneficia de o însorire foarte bună pe tot parcusul anului indiferent de forma și modul de amplasare al viitoarelor construcții din imediata apropiere.

Rezultatele studiilor geotehnice au indicat faptul că stratificația solului poate suporta construirea unei locuințe cu un sistem de fundare bazat de fundații continue de beton armat, iar pânza freatică de suprafață putea asigura un debit de apă constant

pe tot parcursul anului. Acest rezultat al analizei solului a condus la ideea de utilizare a unei pompe de caldură apă-apă.

Locuința a fost concepută și structurată de la bun început cu scopul de a satisface nevoile de locuire ale unei familii tinere cu cel mult un copil, are o suprafață utilă de 125 mp cu o formă în formă de 'L'. Alegerea formei în plan, deși din punct de vedere energetic nu este ideală, a facilitat crearea unei zone principale destinată locuirii permanente și a unei zone secundare cu acces separat cu destinație flexibilă în timp utilizată în momentul de față ca birou. Regimul de înălțime este parter.

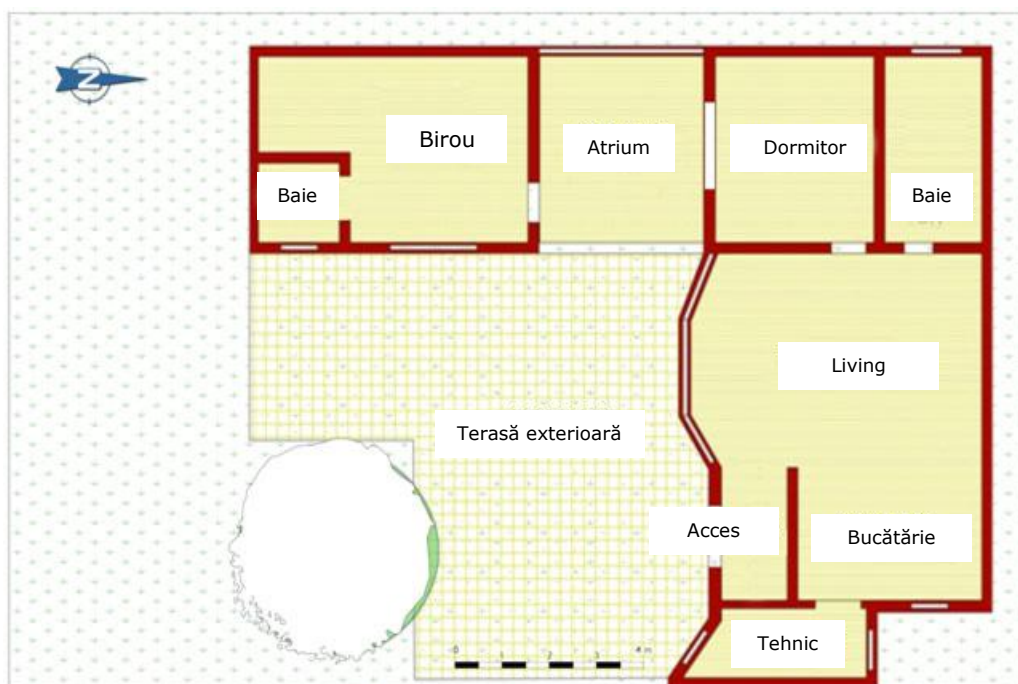


Figura 4.1 Planul parter al proiectului pilot
(sursa: aport personal)

Parametrii construcției

Suprafața construită (arie placă pe sol):	125.0 m ² ;	
Volum interior încălzit:	265.0 m ³ ;	
Înălțime medie interior (utilă):	2.50 m;	
Suprafața încălzită:	81,21 m ²	
Suprafețe vitrate:	20.4 m ²	
Vitraje orientate către sud	U=1.1 W/ m ² K	12.3 m ²
Suprafețe opace	U=0.20 / m ² K	227 m ²
Suprafață acoperiș	U=1.1 W/ m ² K	134 m ² ;

Structura: pereți cu structură de lemn și izolație de vată minerală bazaltică cu închideri de OSB. Placă de beton armat peste sol, șarpantă de lemn ecarisat în două ape cu învelitoare din țiglă metalică.

Suprafața totală a anvelopei este de 480 metri pătrați.

Consumatori electrici

- LED TV, Laptop, PC, plotter, imprimantă multifuncțională;
- Frigider, Microunde, Cuptor, Hotă;
- Mașină de spălat A+, călcător, aspirator;
- Corpuri de iluminat cu LED, pompă de căldură + componente sistem;

4.3 Caracteristicile sistemului de încălzire

Din primele faze ale proiectului unul din dezideratele care a stat la baza elaborării acestuia a fost utilizarea unor tehnologii noi care să utilizeze resurse regenerabile fapt ce a atras după sine alegerea unui sistem constructiv performant la acea vreme, bazat pe panouri tip sandwich realizate din lemn și termoizolate cu vată minerală bazaltică în interior.

La momentul respectiv, performanțele sistemului de construcții bazat pe panouri sandwich asigură cerințele necesare satisfacerii cerințelor esențiale de calitate ale construcțiilor cât și o izolare termică superioară nivelelor de rezistență termică minime impuse prin Mc001/2006 partea 1 cât să permită utilizarea unui sistem de încălzire bazat pe o pompă de căldură geotermală.

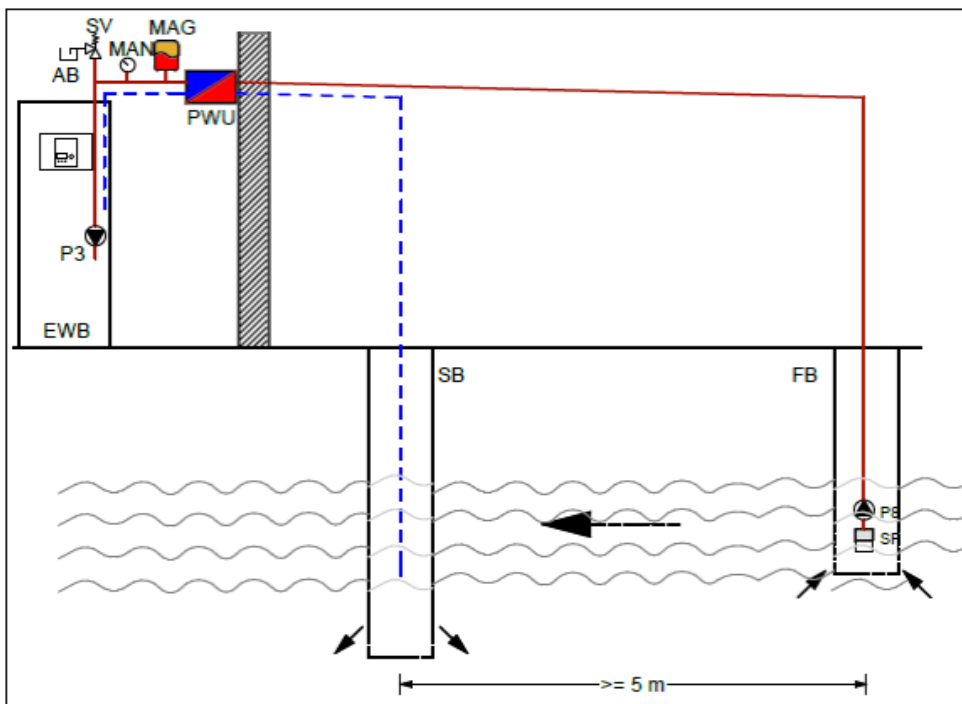


Figura 4.2 Schemă exterioră de funcționare a pompei de căldură (sursa: aport personal)

Încălzirea casei se realizează prin intermediul unei pompe de căldură apă-apă ce are o putere de 11 kW. Prin intermediul sistemului descris se asigură încălzirea casei în sezonul rece, răcirea acesteia în sezonul cald și producerea apei calde menajere.

Caracteristicile pompei de caldură:

- Senzor de temperatură de exterior;
- Senzor de temperatură de interior;
- COP 4.0;
- Boiler apă caldă menajeră 163 l;
- Compresor Mitsubishi Scroll;
- Agent refrigerant R407c;
- Temperatura maximă pe circuit 65 °C;
- Rezistență electrică auxiliară 3-9 kW;
- Dimensiuni HxLxl 1800x600x640;
- Funcții: încălzire, răcire, apă caldă menajeră.

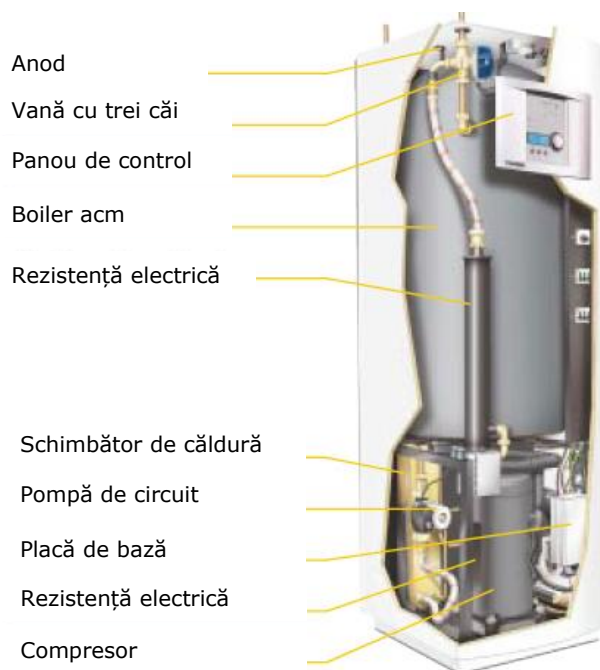


Figura 4.3 Schema axonometrică a pompei de căldură
(sursa: carte tehnică junkers + prelucrare imagine de autor)

Locuința este branșată la sistemul local de furnizare al energiei electrice. Alimentarea cu apă potabilă se realizează prin intermediul unui branșament la sistemul public de alimentare cu apă existent în zonă, iar alimentarea cu apă a pompei de căldură se realizează în sistem propriu prin intermediul unui puț forat.

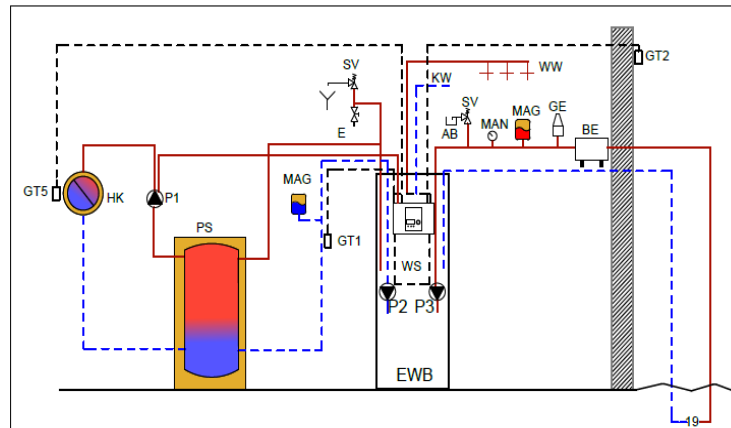


Figura 4.4 Schemă interioară de funcționare a pompei de căldură
(sursa: aport personal)

Apa uzată menajer este deversată în sistemul de canalizare menajer existent al localității, iar apa utilizată de sistemul de încălzire este reintrodusă în pânza freatică fiind deversată într-un puț secundar.

Pentru creșterea eficienței consumului de energie s-a folosit un sistem de încălzire și răcire în pardoseală. Acest tip de sistem utilizează un agent termic cu o temperatură de lucru cuprinsă între 35°C și 45°C pentru încălzire, spre deosebire de sistemul clasic cu corpuri statice unde temperatura agentului termic ajunge și la 90°C.

Figura 4.5 prezintă o analiză grafică comparativă a celor două sisteme de încălzire în pardoseală în care se poate observa că există o diferență a agentului termic utilizat de cele două sisteme de 20°C -25°C. Acest lucru evidențiază foarte clar faptul că utilizând un sistem de încălzire în pardoseală economia de energie poate fi de până la 30% față de sistemul clasic cu încălzire cu radiatoare.

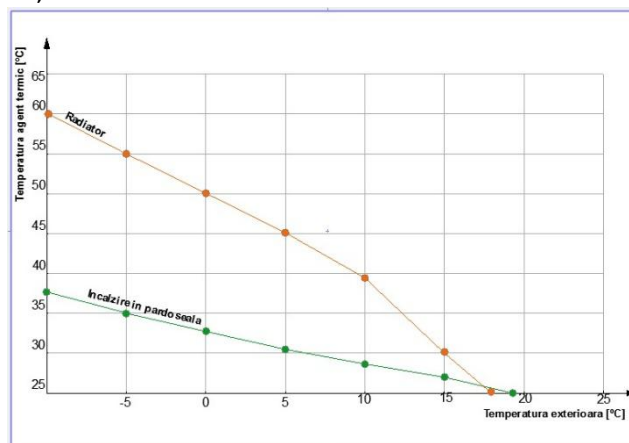


Figura 4.5 Grafic comparativ temperatură de lucru încălzire în pardoseală și încălzire corpuri statice
(sursa: aport personal)

4.4. Consumurile de energie electrică totale rezultate din monitorizări directe în perioada 2012 - 2015 - Ipoteza "A"

Prezentul subcapitol prezintă rezultatele obținute din monitorizările consumurilor energetice din ultimii 4 ani corespunzătoare consumurilor totale ale locuinței: energie electrică pentru încălzire/răcire și apă caldă, energie electrică pentru uz menajer.

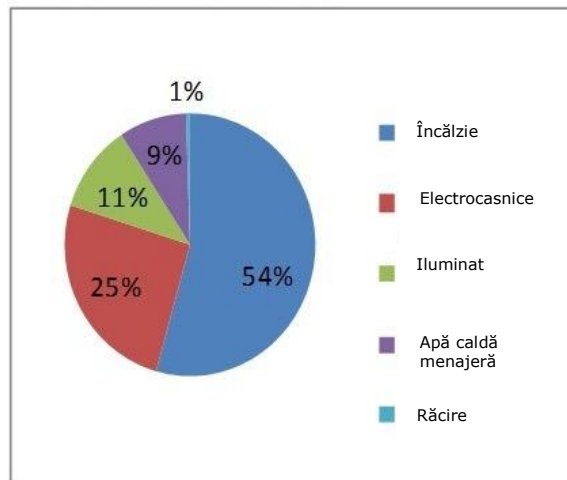


Figura 4.6 Consumurile de energie electrică ale proiectului pilot

Rezultatele prezentate în figura 4.6 arată faptul că cea mai mare parte a energiei electrice utilizate pe parcursul unui an este utilizată pentru încălzirea spațiului interior (54%), următorul consumator fiind echipamentele electrice care cumulează un consum de 25% din total. Restul procentelor se împart în 11% energie consumată pentru iluminat, 9% pentru producerea apei calde menajere și 1% pentru răcire.

În figura 4.7 sunt prezentate datele statistice referitoare la consumul de energie electrică pentru anii 2012-2014 aferenți fiecărei luni în funcție de media temperaturii exterioare din anul respectiv. În partea inferioară a fiecărei coloane este calculată media lunară pe cei trei ani, iar în partea dreaptă este prezentată media anuală a consumului de energie electrică pe cei 3 ani însumând 5249.5 kWh.

Dupa cum era de așteptat, se poate observa un consum de energie electrică crescut în lunile reci ale anului (noiembrie-februarie) în timp ce consumurile minime sunt înregistrate în perioada de vară (iunie-iulie).

Poate fi observată o scădere constantă a consumului de energie din 2012 - 6663.71 până în 2014 - 3913.83 kWh. Acest fenomen este explicat prin prisma faptului că anul 2012 temperatura medie a lunilor reci a fost cu două grade celsius mai mică decât cea a lunilor reci din anul 2014. De asemenea, un alt aspect care a avut o contribuție de cca. 2% în scăderea consumului de energie electrică este legat de faptul că în anul 2014 întregul sistem de iluminat interior a fost schimbat cu sisteme de iluminat tip LED, lucru care a dus la o scădere a consumului de energie cu 12% din consumul total anual.

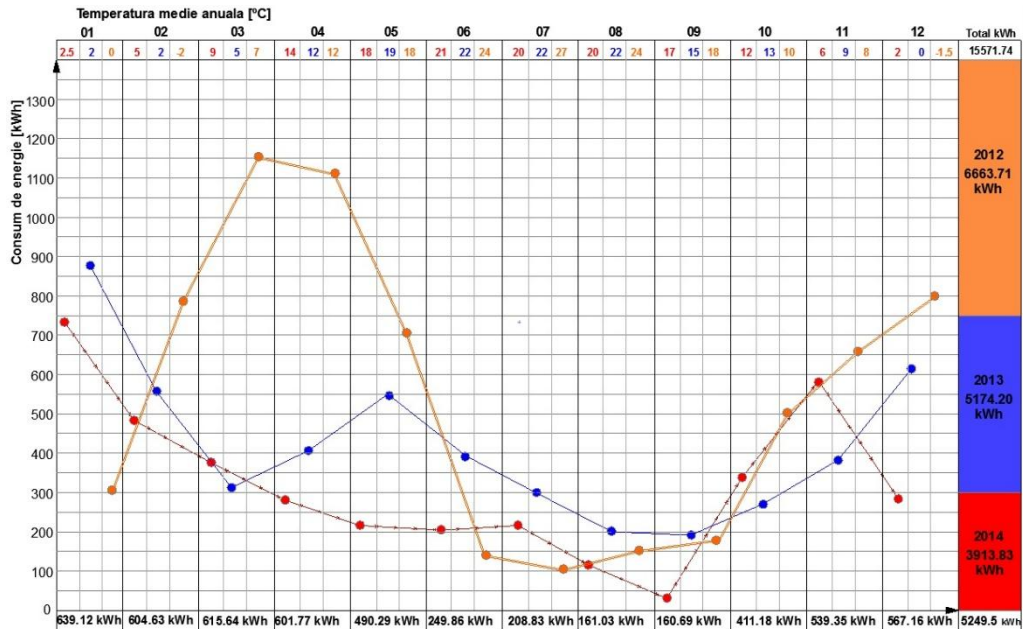


Figura 4.7 Graficul consumurilor de energie electrică în perioada 2012 -2014 (sursa: aport personal)

Datele prezentate în figura 4.7 au fost obținute din monitorizări directe ale consumatorilor și au fost comparate cu datele furnizate de compania de electricitate. Informațiile referitoare la temperaturile medii lunare au fost preluate din datele statistice furnizate în mod gratuit de Agenția Națională de Mediu. În conformitate cu datele statistice ale consumului de energie electrică al casei prezentat în figura 4.7 vom face o analiză a costurilor anuale și lunare de întreținere pentru fiecare an în parte.

Luna	2012 kWh	2013 kWh	2014 kWh
Ian	311.26	868	738.1
Feb	785.35	552.17	476.38
Mar	1162.34	315.17	369.42
Apr	1124.84	406.46	277.02
Mai	708.38	539.83	222.66
Jun	143.39	390.71	215.48
Jul	104.18	299.67	222.66

Aug	153.36	190.73	139
Sep	174.59	271.27	36.21
Oct	515.63	372	345.93
Nov	677.42	360	580.65
Dec	802.97	608.19	290.32
Total kWh	6663.71	5174.20	3913.83
Ron/kWh	0.54	0.55	0.56
Total RON	3598.4	2845.81	2191.74
Total EUR	808.62	639.50	492.52

Figura 4.8 Analiza costurilor de întreținere anuale
(sursa: întocmit de autor pe baza datelor obținute în urma monitorizării directe)

În conversia costurilor din tabelul 4.8 s-a luat în considerare un curs de referință de 1 eur = 4.45 ron.

Considerând cheltuielile anuale din figura 4.8, în urma conversiei efectuate, rezulta o medie de 67.37 euro/lună (tva inclus) cheltuieli lunare complete aferente anului 2012, 53.3 euro/lună în anul 2013, iar în anul 2014 a rezultat suma de 41 eur/lună.

4.5 Calculul coeficienților de transfer termic

Formule de calcul

Pentru calculul coeficienților de transfer termic, aferenți suprafețelor prin care se realizează schimb de căldură, se utilizează formula de bază:

$$U = \frac{1}{R} \quad [\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}] \text{ unde}$$

R – rezistența termică specifică a elementelor de construcție ce compun suprafața prin care se realizează schimbul de căldură și se calculează conform STAS 6472/3-89 înlocuit prin seria de normative C107 și de metodologia Mc001, respectiv:

$$R = R_{si} + R_{st} + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{K/W}] \text{ unde}$$

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i} \quad ; \quad R_{se} = \frac{1}{\alpha_e} \quad ; \quad \text{dupa caz } R_{st} \text{ se calculează cu formula:}$$

$$R_{st} = \sum_1 \frac{d_i}{\lambda_i b_i}$$

$R_{st} =$ - rezistența termică specifică elementelor de construcție din mai multe straturi omogene dispuse perpendicular pe fluxul termic;

$R_{st} =$ - rezistența termică specifică a elementelor de construcție alcătuite din mai multe straturi omogene dispuse paralele cu fluxul termic; precum și a celor cu

structura neomogenă pe ambele direcții având mai multe zone distincte din punct de vedere termic (se neglijează influența punților termice);

$\alpha_i=8$ - coeficient de transfer termic prin suprafețele interioare ale spațiilor închise, la o mișcare naturală a aerului [$W/m^2 \cdot K$] conform tabelului II din C107/3-2005.

$\alpha_e=24$ - coeficient de transfer termic prin suprafețele exterioare ale elementelor de construcție în contact cu aerul exterior [$W/m^2 \cdot K$];

R_{si} ; R_{se} - rezistențe specifice la propagarea căldurii prin suprafață;

d_i - grosimea de calcul a materialelor ce compun stratul omogen de construcție [m];

λ_i - conductivitatea termică de calcul a materialelor ce compun straturile elementelor de construcție, conform anexei A din C107/3-2005 [$W/m^2 \cdot K$];

b_i - coeficienți de corecție conform tabelului 2 din C107;

S_i - suprafețele zonelor distincte din punct de vedere termic, ce compun suprafața totală opacă a elementului de construcție [m];

R_{sti} - rezistențele specifice la permeabilitate termică corespunzătoare suprafețelor S_i [$m^2 \cdot K/W$];

4.5.1 Pereți exteriori opaci

$$U = \frac{1}{R_{PEO}}$$

$$R_{PEO} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i b_i} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + R_1 + \frac{d_2}{\lambda_2 b_2} + \frac{d_3}{\lambda_3 b_3} + \frac{d_4}{\lambda_4 b_4}$$

$\alpha_i=8$; $\alpha_e=24$; $R_1=0,04$ [$m^2 \cdot K/W$] - rezistența termică specifică a stratului de tencuială uscată cu gips carton (conform fișei tehnice);

- Două straturi OSB (2 x 2,5 cm) : $d_2= 0,05$ m ; $\lambda_2=0,13$; $b_2= 1,0$

- Strat vată bazaltică : $d_3= 0,25$ m ; $\lambda_3=0,035$; $b_3= 1,1$

- Strat vată bazaltică : $d_4= 0,10$ m ; $\lambda_4=0,035$; $b_4= 1,1$

$$R_{PEO} = \frac{1}{8} + \frac{1}{24} + 0,04 + \frac{0,05}{0,13 \times 1} + \frac{0,25}{0,035 \times 1,1} + \frac{0,1}{0,035 \times 1,1}$$

$$R_{PEO} = 0,125 + 0,04166 + 0,04 + 0,384 + 6,493 + 2,597 = 9,681 \text{ [} m^2 \cdot K/W \text{]}.$$

$$U_1 = \text{ [} W/m^2 \cdot K \text{]}.$$

$$U_1 = 0,1 \text{ [} W/m^2 \cdot K \text{]}.$$

4.5.2. Perete interior (în contact cu spații încălzite)

$$\alpha_i > \alpha_e = 8$$

- Doua straturi gips-carton $R_1=2 \times 0,04=0,08$ [$m^2\text{°K/W}$]
- Doua straturi OSB (2 x 2,5 cm) : $d_2= 0,05$ m ; $\lambda_2=0,13$; $b_2= 1,0$
- Strat vata bazaltică $d_3= 0,25$ m ; $\lambda_3=0,035$; $b_3= 1,1$

$$K_2 = \frac{1}{R_{PI}}$$

$$R_{PI} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + R_1 + \frac{d_2}{\lambda_2 b_2} + \frac{d_3}{\lambda_3 b_3}$$

$$R_{PI} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + 0,08 + \frac{0,05}{0,13 \times 1,0} + \frac{0,25}{0,035 \times 1,1}$$

$$R_{PI} = 0,125 + 0,125 + 0,08 + 0,384 + 6,493 = 7,20$$
 [$m^2\text{°K/W}$].

$$U_2 = [W/m^2 \text{°K}].$$

$$U_2 = 0,14$$
 [$W/m^2 \text{°K}$].

4.5.3. Placă peste sol (pardoseală)

Se utilizează relațiile de calcul arătate în anexa D din „Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție în contact cu solul” indicativ C107/5-2005.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{\lambda_p}{0,457 \cdot B' + d_f} \quad [W/m^2 \text{°K}] \text{ unde :}$$

$\lambda_p=1,5$ - conductivitatea termică a solului;

B' - lățimea caracteristică, convențională a clădirii sau încăperii (după caz) [m]

$$B' = \frac{2A}{P} \text{ unde : } A = \text{aria clădirii (încăperii)} ; P = \text{perimetrul clădirii (încăperii)}$$

Pentru cazul studiat : $A= 56,7$ m² ; $P= 37,55$ m;

$$B' = \frac{2 \times 56,7}{37,55} = 3,02$$
 [m];

d_f - grosimea echivalentă a plăcii pe sol [m];

$$d_f = g + \lambda_p(R_{si} + R_f + R_{se}) \text{ unde: } g=0,35 \text{ m - grosimea peretelui exterior}$$

$$R_{si}=0,17$$
 [$m^2\text{°K/W}$]

$$R_{se}=0,04$$
 [$m^2\text{°K/W}$]

$R_f = \sum_{i=1}^6 \frac{d_i}{\delta_i \cdot b_i}$ – rezistența termică specifică a straturilor ce compun placa la sol.

- Strat 1: parchet $d_1 = 0,005$ m ; $\lambda_1 = 0,23$; $b_1 = 0,04$
 - Strat 2: șapă armată $d_2 = 0,04$ m ; $\lambda_2 = 1,74$; $b_2 = 1,0$
 - Strat 3: polistiren extrudat $d_3 = 0,05$ m ; $\lambda_3 = 0,04$; $b_3 = 1,1$
 - Strat 4: plăci beton armat $d_4 = 0,12$ m ; $\lambda_4 = 1,74$; $b_4 = 1,0$
 - Strat 5: polistiren extrudat $d_5 = 0,05$ m ; $\lambda_5 = 0,04$; $b_5 = 1,1$
 - Strat 6: pietriș $d_6 = 0,3$ m ; $\lambda_6 = 0,7$; $b_6 = 1,0$
- $$R_f = \frac{0,005}{80,23} + \frac{0,04}{81,74} + \frac{0,05}{0,04 \times 1,1} + \frac{0,12}{1,74} + \frac{0,05}{0,04 \times 1,1} + \frac{0,3}{0,7}$$

$$R_f = 0,021 + 0,022 + 1,136 + 0,068 + 1,136 + 0,428 = 2,811 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$d_f = 0,35 + 1,5 \times (0,17 + 2,811 + 0,04) = 4,88 \text{ m}$$

$$U_3 = \frac{1,5}{0,457 \times 3,02 + 4,88} = \frac{1,5}{6,26} = 0,239$$

$$U_3 = 0,24 \text{ [W/m}^2\text{°K]}$$

4.5.4. Acoperiș tip șarpantă

$$U_4 = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + R_{st}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ [W/m}^2\text{°K]} \quad \alpha_e = 24 \text{ [W/m}^2\text{°K]}$$

Se ține cont de existența căpriorilor în structura acoperișului (tavanului), astfel încât pentru R_{st} se utilizează formula:

$$R_{st} = \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{R_{sti}}} = \frac{S_1 + S_2}{\frac{S_1}{R_{S1}} + \frac{S_2}{R_{S2}}} \text{ unde:}$$

$$S_1 = 128 \text{ m}^2 \quad \text{- suprafața izolației din vată minerală}$$

$$S_2 = 14 \text{ m}^2 \quad \text{- suprafața căpriorilor}$$

$$R_{S1} = \frac{d_1}{\lambda_1 \cdot b_1} \quad \text{- rezistența termică specifică a stratului de vată minerală}$$

$$d_1 = 16 \text{ cm} = 0,16 \text{ m} \quad \text{- grosimea stratului de vată minerală}$$

$$\lambda_1=0,04 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$b_1=1,05$$

$$R_{S1}=\frac{d_1}{\lambda_1 \cdot b_1} = 3,38 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$R_{S2}=\frac{d_{12}}{\lambda_2 \cdot b_2} \quad \text{- rezistența termică specifică a căpriorilor}$$

$d_2= 17 \text{ cm}=0,17 \text{ m}$ – grosimea stratului de vată minerală

$$\lambda_2=0,23 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$b_2=1,0$$

$$R_{S2}=\frac{0,17}{0,23 \times 1,0}=0,74 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$R_{St}=\frac{128+14}{\frac{128}{3,38}+\frac{14}{0,74}} = \frac{142}{37,86+18,91} = \frac{142}{56,77} = 2,5 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$R=\frac{1}{8}+\frac{1}{24}+2,5=0,125+0,04168+2,5=2,67 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$K_4=\frac{1}{2,67} = 0,374 \text{ [W/m}^2 \text{°K]}$$

$$\mathbf{K_4=0,37 \text{ [W/m}^2 \text{°K]}}$$

4.5.5. Ferestre exterioare (conform fisei tehnice)

$$\mathbf{K_5=1,30 \text{ [W/m}^2 \text{°K]}}$$

4.5.6. Uși exterioare (conform fisei tehnice)

$$\mathbf{K_6=1,14 \text{ [W/m}^2 \text{°K]}}$$

4.5.7. Uși interioare

$$\mathbf{K_7=2,0 \text{ [W/m}^2 \text{°K]}}$$

4.5.8. Coeficientul termic aferent benzii de contur

$$K_c=\frac{m_s}{n_s} \times \frac{1}{R_{bc}} \text{ [W/m}^2 \text{°K]}$$

Din tabelul 1 STAS 1907/1-2014, rezultă $R_{bc}=0,498 \text{ [m}^2\text{°K/W]}$ pentru :

- adâncimea de îngropare a pardoselii $h=0$;
- grosimea fundației $g=0,35 \text{ m}$;

- adâncimea pânzei de apă freatică $H > 10$ m;

Cu datele de mai sus, din fig 1 și fig 2 STAS 1907/1, rezultă:

$$m_s = 0,47 ; n_2 = 1,25$$

$$U_c = \frac{0,47}{1,25} \times \frac{1}{0,498} = 0,755 \quad U_c = U_8 = 0,76 \text{ [W/m}^2 \text{ °K]}$$

4.5.9. Acoperiș tip șarpantă cu izolație suplimentară

Calculul constă în determinarea grosimii izolației suplimentare ce se impune a se monta pe tavan (acoperiș) pentru îndeplinirea condiției de realizare a unei rezistențe termice specifice de $R > 5$ [$\text{m}^2\text{°K/W}$] prevăzute în indicativul de cost "SCOT-04/MDRT" pentru realizarea unui consum specific de energie pentru încălzire de max 100 kWh/ m^3 aria utilă .

$$R = 5 = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + R_{st} + \frac{d_s}{\lambda_s \cdot b}$$

Din punctul 4.5.4 avem: $R_{st} = 2,6$ [$\text{m}^2\text{°K/W}$]

$$\alpha_i = 8 ; \alpha_e = 24$$

=R- Se alege, ca izolație suplimentară, plăci de polistiren

$$= 5 - 2,23$$

$$\lambda_s = 0,04 ; b = 1,1$$

$$d_s = 2,23 \times 0,04 \times 1,1 = 0,098 \text{ m} = 9,8 \text{ cm}$$

Se alege grosimea de 10 cm, rezultând o rezistență specifică reală de :

$$R_{st} = 0,125 + 0,04166 + 2,6 + \frac{0,1}{0,04 \cdot 1,1} = 5,039 \quad \sim 5,04$$

Transmitața termică unidirecțională: $U_9 = \sim 0,2$ [$\text{W/m}^2 \text{ °K}$]

$$K_9 = 0,2 \text{ [W/m}^2 \text{ °K]}$$

4.5.10. Pereți exteriori opaci din caramida Porotherm 25 cm cu termoizolație din polistiren 10 cm grosime (propuși în sistemul structural al ipotezi D)

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda b} \text{ [m}^2\text{°K/W]}$$

$$\alpha_i=8 ; \alpha_e=24$$

- Strat 1: tenciuială exterioară și interioară $d_1= 0,05$ m ; $\lambda_1=0,93$; $b_1= 1,0$;
- Strat 2: polistiren $d_2= 0,10$ m ; $\lambda_2=0,04$; $b_2= 1,1$
- Strat 3: cărămidă porotherm $d_3= 0,25$ m ; $\lambda_3=0,33$; $b_3= 1,0$

$$R = \frac{1}{8} + \frac{1}{24} + \frac{0,05}{0,93 \times 1} + \frac{0,11}{0,04 \times 1,1} + \frac{0,25}{0,33 \times 1} =$$

$$= 0,125 + 0,0416 + 0,053 + 2,272 + 0,757 = 3,247 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{3,247} = 0,307 \quad \sim 0,31 \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad U_{10} = 0,31 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

4.6 Calcul necesar de căldură pentru încălzire IPOTEZA "B":

Ipoteza "B": Calculul se efectuează pentru situația existentă a proiectului pilot în ceea ce privește structura, planimetria construcției, cu pardoseală în contact cu solul (cota 0.00 = cota terenului sistematizat) și acoperiș tip șarpantă de lemn ecarisat cu învelitoare metalică.

Date de calcul

Date climatice:

- zonă climatică: II (conform STAS 1907/1-2014)
- zonă eoliană: IV (conform STAS 1907/1-2014)
- temperatura interioară în spațiile încălzite cf. STAS1907/2-2014:

- $t_{i1}=+22^\circ\text{C}$ - baie
- $t_{i2}=+20^\circ\text{C}$ - studio, dormitor și cameră de zi
- $t_{i3}=+15^\circ\text{C}$ - cămară
- $t_{i4}=+18^\circ\text{C}$ - grup sanitar

- temperatura exterioară de calcul conform STAS 1907/2-2014:

$$t_e = -15^\circ\text{C}$$

- viteza convențională a vântului de calcul:

$$V = 4,0 \text{ m/sec}$$

$$V^{4/3} = 6,35 \text{ m/sec}$$

- temperatura în sol la adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat conform STAS 1907/1-2014:

$$t_p = +10^\circ\text{C}$$

4.6.1. Coeficienți de transfer termic (transmitanțe termice a elementelor anvelopei clădirii)

- perete exterior opac $U_{01}=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- perete interior $U_{02}=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
- pardoseală $U_{03}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tavan $U_{04}=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ferestre exterioare (conform fișei tehnice) $U_{05}=1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ușă exterioară (conform fișei tehnice) $U_{06}=1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ușă interioară $U_{07}=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- bandă de contur $U_{08}=0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tavan cu izolație suplimentară $U_{09}=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- perete exterior opac din cărămidă porotherm $U_{10}=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

- coeficient de infiltrații a aerului exterior prin rosturi $i=0,02$
- adaosul pentru compensarea suprafețelor reci (conform tabel 3 din STAS 1907/1-2014) $A_c=4$

NOTA: Calculul coeficienților de transfer termic este arătat în subcapitolul 4.5.

4.6.2. Determinarea necesarului de căldură de calcul pentru încălzire (conform STAS 1907/1-2014)

Formule de calcul

$$Q = Q_T \left(1 + \frac{A_c + A_o}{100}\right) + Q_i \quad [\text{W}] \quad \text{în care:}$$

Q_T – flux termic cedat prin transmisie în regim staționar, corespunzător diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul elementelor constructive care delimitează o încăpăre, calculate conform formulei:

$$Q_T = \sum CM \cdot m \cdot A \frac{t_i - t_e}{R'} + Q_s \quad [\text{W}]$$

$A_c=4$ (vezi punctual 1.2)

A_o =adaosul pentru orientare conform tabel 2 STAS 1907/1-2014

Q_i – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatură exterioară de calcul a aerului infiltrat prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns la deschiderea acestora, determinate de viteza convențională a vântului, calculat conform formulei:

$$Q_i = \left\{ CM \left[\sum i \cdot L \cdot V^{\frac{4}{3}} \cdot (t_i - t_e) \right] + Q_u \right\} \left(1 + \frac{A_c}{100}\right) \quad [\text{W}]$$

Pentru cazul concret al construcției studiate fluxul termic cedat prin sol, Q_s , se calculează conform STAS 1907/1-2014 cu formula:

$$Q_s = A_p \frac{t_i - t_p}{R_p} + CM \frac{m_s}{n_s} \cdot \frac{t_i - t_e}{R_{bc}} \cdot A_{bc} \quad [\text{W}] \quad \text{în care:}$$

CM – coeficient de corecție al necesarului de clădire de calcul în funcție de masa specifică a elementelor de construcție interioare. Pentru cazul construcției studiate $CM=1$.

m – coeficient de masivitate termică a elementelor de construcție exterioare. Pentru cazul construcției studiate:

- $m_1=1,1$ – pereți exteriori opaci, plansee
- $m_2=1,2$ – ferestre și uși exterioare
- $m_o=1,0$ – elemente de construcție în contact cu solul

A – aria suprafeței fiecărui element de construcție determinate conform STAS 6472/3 actualizat, exprimată în "m²".

R' – rezistența termică specifică corectată a elementului de construcție considerat stabilită conform seriei de normative C107 exprimată în [m²°K/W].

$$R' = \frac{1}{U}; \quad U = \frac{1}{R'} \quad [\text{W/m}^2\text{°K}]$$

U – transmitanță termică unidirecțională a elementului de construcție considerat. Pentru elementele construcției studiate, coeficienții de transfer termic sunt arătați la cap 4.5.2.

A_p – aria cumulată a pardoselii încăperii și a pereților aflați sub nivelul terenului exprimată în $[m^2]$.

R_p – rezistența termică specifică cumulată a pardoselii și a stratului de pământ cuprins între pardoseală și adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat, exprimat în $[m^2 \cdot K/W]$.

$$R_p = \frac{1}{K_3} \quad K_3 = 0,24 \quad [W/m^2 \cdot K]$$

(vezi punctual 4.5.2) – coeficient de transfer termic prin pardoseală.

m_s – coeficient de masivitate termică a solului. Se determină din graficul din fig. 1 din STAS 1907/1-2014.

n_s – coeficient de corecție care ține seama de conductivitatea termică a solului (fig.2 din STAS 1907/1-2014).

R_{bc} – rezistența termică specifică a benzii de contur în funcție de adâncimea de îngropare a pardoselii față de cota zero a solului, grosimea fundației pereților exterior și adâncimea stratului de apă freatică (tabel 1 STAS 1907/1-2014).

A_{bc} – aria unei benzi cu lățimea de 1 m situată de-alungul conturului exterior al suprafeței A_p .

i – coeficient de infiltrație a aerului prin rosturi pentru uși și ferestre termoizolate:

$$i = 0,02 \quad [W/m^2 \cdot K] \left(\frac{m}{sec} \right)^{-4/3}$$

L – lungimea rosturilor ușilor și ferestrelor supuse acțiunii vântului $[m]$

Q_u – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioara convențională de calcul la temperatura interioară convențională de calcul a aerului pătruns la deschiderea ușilor exterioare. Pentru locuințe $Q_u = 0$.

În calculele necesarului de căldura pentru încălzire se vor înlocui valorile rezistențelor termice specifice, cu valorile respective ale coeficienților de transfer termic.

4.6.3. Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire (ipoteza B)

Spațiul P01 - baie

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo} = m_1 \times A_{peo} \times U_1 \times (t_{i1} - t_e) \quad [W]$$

A_{peo} = suprafața pereților exteriori opaci

$$A_{peo} = A_{pe} - A_{fe}$$

A_{pe} – aria totală a pereților exteriori

A_{fe} – aria ferestrelor exterioare

$$A_{peo} = 2,4(1,9+2,9) - 2 \times 0,6 \times 0,9 = 11,52 - 1,08 = 10,44 \quad m^2$$

$$Q_{peo} = 1,1 \times 10,44 \times 0,1 \times (22+15) = 42 \quad W$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe} = m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i1} - t_e) \quad [W]$$

$$Q_{fe} = 1,2 \times 1,08 \times 1,3 \times (22 + 15) = 62 \quad W$$

- perete interior

$$A_{pi} = 2,4(1,9 + 2,9) - 2 \times 0,9 \times 2,1 = 11,52 - 3,78 = 7,74 \text{ m}^2$$

$$Q_{pi} = U_2 \times A_{pi} \times (t_{i1} - t_{i2}) \quad [W]$$

$$Q_{pi} = 0,14 \times 7,74 \times (22 - 20) = 2W$$

- uși interioare

$$Q_{ui} = U_7 \times A_{ui} \times (t_{i1} - t_{i2}) \quad [W]$$

$$Q_{ui} = 2,00 \times 3,78 \times (22 - 20) = 15W$$

- tavan

$$Q_t = m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i1} - t_e) \quad [W]$$

$$Q_t = 1,1 \times 0,37 \times 7,4 \times (22 + 15) = 111 W$$

- pardoseală + contur (sol)

$$Q_s = A_p \times U_3 \times (t_{i1} - t_p) + K_8 \times A_{bc} \times (t_{i1} - t_e) \quad [W]$$

$$A_p = 7,4 \text{ m}^2 \text{ - aria pardoseli}$$

$$A_{bc} = 4,8 \text{ m}^2 \text{ - aria benzii de contur cu lățimea de 1 m}$$

$$Q_s = 7,4 \times 0,24 \times (22 - 10) + 0,76 \times 4,8 \times (22 + 15)$$

$$Q_s = 21 + 135 = 156 W$$

$$Q_T = 42 + 62 + 2 + 15 + 111 + 156 = 388 W$$

Adaosuri

$$A_c = 4; A_o = 5$$

Infiltrații

$$L = 2 \times 2 \times (0,6 + 0,9) = 6 \text{ m}$$

$$Q_i = [I \times L \times V^{4/3} (t_{i1} - t_e)] \times$$

$$Q_i = 0,02 \times 6 \times 6,34 \times (22 + 15) \times$$

$$Q_i = 29 W$$

$$Q_{poi} = 388 \times + 29$$

$$Q_{poi} = 388 \times 1,09 + 29 = 452 W$$

$$Q_{poi} = 452 W$$

Spațiul P02 - studio + chicineta + acces

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo} = m_1 \times A_{peo} \times K_1 \times (t_{i2} - t_e) \quad [W]$$

$$A_{peo} = 28,89 \text{ m}^2$$

$$t_i = 20^\circ C$$

$$U_1 = 0,1 \quad [W/m^2K]$$

$$m_1 = 1,1$$

$$Q_{peo} = 1,1 \times 28,89 \times 0,1 \times (20 + 15) = 111 W$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe} = m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i2} - t_e) \quad [W]$$

$$m_2 = 1,1$$

$$A_{fe} = 7,32 \text{ m}^2$$

$$U_5 = 1,3 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$Q_{fe} = 1,2 \times 7,32 \times 1,3 \times (20+15) = 400 \text{ W}$$

- uși exterioare

$$Q_{ue} = m_2 \times A_{ue} \times U_6 \times (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_{ue} = 2,31 \text{ m}^2$$

$$Q_{ue} = 1,2 \times 2,31 \times 1,14 \times (20+15) = 111 \text{ W}$$

- perete interior spre P04

$$Q_{pi} = A_{pi} \times U_2 (t_{i2} - t_{i3}) \quad [\text{W}]$$

$$A_{pi} = 2,4 \times 3,05 - 0,8 \times 2,1 = 7,32 - 1,68 = 5,64 \text{ m}^2$$

$$t_{i2} = 20^\circ\text{C} \quad t_{i3} = 15^\circ\text{C}$$

$$K_2 = 0,14 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$Q_{pi} = 5,64 \times 0,14 \times (20-15) = 4 \text{ W}$$

- uși interioare spre P04

$$Q_{ui} = U_6 \times A_{ui} \times (t_{i2} - t_{i3}) \quad [\text{W}]$$

$$A_{ui} = 1,68 \text{ m}^2$$

$$K_6 = 1,14 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$Q_{ui} = 1,14 \times 1,68 \times (20-15) = 10 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t = m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i2} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_t = 36,9 \text{ m}^2$$

$$Q_t = 1,1 \times 36,9 \times 0,37 \times (20+15) = 526 \text{ W}$$

- pardoseală + contur (sol)

$$Q_s = A_p \times U_3 \times (t_{i2} - t_p) + U_8 \times A_{bc} \times (t_{i2} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_p = 36,9 \text{ m}^2 \text{ - aria pardoseli}$$

$$A_{bc} = 16,05 \text{ m}^2 \text{ - (aria benzii de contur)}$$

$$Q_s = 36,9 \times 0,24 \times (20-10) + 0,76 \times 16,05 \times (20+15)$$

$$Q_s = 89 + 427 = 516 \text{ W}$$

$$Q_T = 111 + 400 + 111 + 4 + 10 + 526 + 516 = 1678 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c = 4; A_o = \emptyset$$

Infiltrații

$$L = 2 \times (1,6 + 1,2 + 1,1 + 2,1 + 1,0 + 1,5 + 1,6 + 1,5 + 1,0 + 1,5) = 2 \times 14,1 = 28,2 \text{ m}$$

$$Q_i = [i \times L \times V^{4/3} (t_{i2} - t_e)] \times$$

$$Q_i = [0,02 \times 28,2 \times 6,34 \times (20+15)] \times$$

$$Q_i = 130 \text{ W}$$

$$Q_{po2} = 1678 \times + 130 = 1875 \text{ W}$$

$$Q_{po2} = 1875 \text{ W}$$

Spațiul P03 - dormitor

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo} = m_1 \times A_{peo} \times U_1 \times (t_{i2} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_{peo} = 14,52 \text{ m}^2$$

$$t_{i2} = 20^\circ\text{C}$$

$$K_1 = 0,1 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$m_1 = 1,1$$

$$Q_{peo}=1,1 \times 14,52 \times 0,1 \times (20+15)=56 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_2=1,2$$

$$A_{fe}=2,4 \text{ m}^2$$

$$K_5=1,3 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i2}=20^\circ\text{C}$$

$$Q_{fe}=1,2 \times 2,4 \times 1,3 \times (20+15)= 131 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1=1,1$$

$$A_t=12,4 \text{ m}^2$$

$$K_4=0,37 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i2}=20^\circ\text{C}$$

$$Q_t=1,1 \times 12,4 \times 0,37 \times (20+15)= 177 \text{ W}$$

- pardoseală + contur (sol)

$$Q_s=A_p \times U_3 \times (t_{i2}-t_p) + K_8 \times A_{bc} \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_p=12,4 \text{ m}^2 - \text{aria pardoselii}$$

$$K_3=0,24 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_p=10^\circ\text{C}$$

$$K_8=0,76 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$A_{bc}=7,05 \text{ m}^2 - (\text{aria benzii de contur})$$

$$t_i=20^\circ\text{C}$$

$$Q_s=12,4 \times 0,24 \times (20-10)+0,76 \times 7,05 \times (20+15)=218 \text{ W}$$

$$Q_T=56+131+177+218=582 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$L=2 \times (1,6+1,5)=2 \times 3,1=6,2 \text{ m}$$

$$Q_i=[i \times L \times V^{4/3}(t_{i2}-t_e)] \times$$

$$Q_i=[0,02 \times 6,2 \times 6,34 \times (20+15)] \times 1,04=29 \text{ W}$$

$$Q_{po3}=582 \times +29=634 \text{ W}$$

$$Q_{po3}=634 \text{ W}$$

Spațiul P04 - camara si spatiul tehnic

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=m_1 \times A_{peo} \times U_1 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1=1,1$$

$$A_{peo}=2,4 \times (1,3+3,7+1,5)-0,8 \times 0,6=15,6-0,48=15,12 \text{ m}^2$$

$$A_{peo}=15,12 \text{ m}^2$$

$$K_1=0,1 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i2}=15^\circ\text{C}$$

$$Q_{peo}=1,1 \times 15,12 \times 0,1 \times (15+15)=50 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i3}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_2=1,2$$

$$A_{fe}=0,84 \text{ m}^2$$

$$K_5=1,3 \quad [\text{W/ m}^2\text{oK}]$$

$$t_{i3}=20^\circ\text{C}$$

$$Q_{fe}=1,2 \times 0,48 \times 1,3 \times (15+15)=22 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i3}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1=1,1$$

$$A_t=3,9 \text{ m}^2$$

$$K_4=0,37 \quad [\text{W/ m}^2\text{oK}]$$

$$t_{i3}=15^\circ\text{C}$$

$$Q_t=1,1 \times 3,9 \times 0,37 \times (15+15)= 48$$

- pardoseala + contur (sol)

$$Q_s=A_p \times U_3 \times (t_{i3}-t_p) + U_8 \times A_{bc} \times (t_{i3}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_p=3,9 \text{ m}^2 - \text{aria pardoseli}$$

$$K_3=0,24 \quad [\text{W/ m}^2\text{oK}]$$

$$t_p=10^\circ\text{C}$$

$$K_8=0,76 \quad [\text{W/ m}^2\text{oK}]$$

$$A_{bc}=(1,3+3,7+1,5)=6,50 \text{ m}^2 - (\text{aria benzii de contur cu lațimea de un 1 m})$$

$$t_i=15^\circ\text{C}$$

$$Q_s=3,9 \times 0,24 \times (15-10)+0,76 \times 6,50 \times (15+15)=5+148=153 \text{ W}$$

$$Q_T=50+22+48+153=273 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$L=2 \times (0,8+0,6)=2 \times 1,4=2,8 \text{ m}$$

$$Q_i=[i \times L \times V^{4/3}(t_{i2}-t_e)] \times \left(1 + \frac{A_c}{100}\right)$$

$$Q_i=[0,02 \times 2,8 \times 6,34 \times (15+15)] \times =11 \text{ W}$$

$$Q_{po4}=Q_T \times +Q_i=$$

$$Q_{po4}=273+11=284+11=295 \text{ W}$$

$$Q_{po4}=295 \text{ W}$$

Spațiul P05 - camera de zi

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=m_1 \times A_{peo} \times U_1 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1=1,1$$

$$A_{peo}=2,4 \times (5,7+3,63+4,4+2,3)-(0,5 \times 1,5+0,9 \times 2,1)=36,48 \text{ m}^2$$

$$U_1=0,1 \quad [\text{W/ m}^2\text{oK}]$$

$$t_{i2}=15^\circ\text{C}$$

$$Q_{peo}=1,1 \times 36,48 \times 0,1 \times (20+15)=140 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_2=1,2$$

$$A_{fe}=0,75 \text{ m}^2$$

90 Program experimental – monitorizarea proiectului pilot

$$K_5=1,3 \quad [W/ m^{2\circ K}]$$
$$t_{i32}=20^\circ C$$
$$Q_{fe}=1,2 \times 0,75 \times 1,3 \times (20+15)=41 \text{ W}$$

- usi exterioare

$$Q_{ue}=m_2 \times A_{ue} \times U_6 \times (t_{i2}-t_e) \quad [W]$$
$$m_2=1,2$$
$$A_{ue}=1,89 \text{ m}^2$$
$$K_6=1,14 \quad [W/ m^{2\circ K}]$$
$$Q_{ue}=1,2 \times 1,89 \times 1,14 \times (20+15)= 90 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i2}-t_e) \quad [W]$$
$$m_1=1,1$$
$$A_t=18,91 \text{ m}^2$$
$$K_4=0,37 \quad [W/ m^{2\circ K}]$$
$$t_{i2}=20^\circ C$$
$$Q_t=1,1 \times 18,91 \times 0,37 \times (20+15)=269 \text{ W}$$

- perete interior spre P06

$$Q_{pi}=A_{pi} \times U_2 \times (t_{i2}-t_{i4}) \quad [W]$$
$$A_{pi}=2,4 \times (1,3+1,3)- 1,89=6,24-1,89=4,35 \text{ m}^2$$
$$t_{i2}=20^\circ C \quad t_{i4}=18^\circ C$$
$$K_2=0,14 \quad [W/m^{2\circ K}]$$
$$Q_{pi}=4,35 \times 0,14 \times (20-18)=1 \text{ W}$$

- uși interioare spre P06

$$Q_{ui}=A_{ui} \times U_6 \times (t_{i2}-t_{i4}) \quad [W]$$
$$A_{ui}=1,89 \text{ m}^2$$
$$K_6=2,0 \quad [W/m^{2\circ K}]$$
$$Q_{ui}=1,89 \times 2,00 \times (20-18)=8 \text{ W}$$

- pardoseală + contur (sol)

$$Q_s=A_p \times U_3 \times (t_{i2}-t_p)+ K_8 \times A_{bc} \times (t_{i2}-t_e) \quad [W]$$
$$A_p=18,91 \text{ m}^2 - \text{aria pardoselii}$$
$$K_3=0,24 \quad [W/ m^{2\circ K}]$$
$$t_p=10^\circ C$$
$$K_8=0,76 \quad [W/ m^{2\circ K}]$$
$$A_{bc}=16,30 \text{ m}^2 - (\text{aria benzii de contur cu latimea de un 1 m})$$
$$t_i=20^\circ C \quad t_e=10^\circ C$$
$$Q_s=18,9 \times 0,24 \times (20-10)+0,76 \times 16,30 \times (20+15)=45+434=479 \text{ W}$$
$$Q_T=140+41+90+269+1+8+479=1028 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$L=2 \times (0,5+1,5+0,9+2,1)=2 \times 4,6=9,2 \text{ m}$$

$$Q_i = [i \times L \times V^{4/3}(t_{i2} - t_e)] \times \left(1 + \frac{A_c}{100}\right)$$

$$Q_i = [0,02 \times 9,2 \times 6,34 \times (20+15)] \times 1,04 = 42 \text{ W}$$

$$Q_{po5} = Q_T \times + Q_i$$

$$Q_{po5} = 1028 + 42 = 1111 \text{ W}$$

$$Q_{po5} = 1111 \text{ W}$$

Spațiul P06 - grup sanitar

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo} = m_1 \times A_{peo} \times U_1 \times (t_{i4} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1 = 1,1$$

$$A_{peo} = 2,4 \times (1,3 + 1,3) - 0,5 \times 0,7 = 6,24 - 0,35 = 5,89 \text{ m}^2$$

$$A_{peo} = 5,89 \text{ m}^2$$

$$K_1 = 0,1 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i4} = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{peo} = 1,1 \times 5,89 \times 0,1 \times (18+15) = 21 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe} = m_2 \times A_{fe} \times U_5 \times (t_{i4} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_2 = 1,2$$

$$A_{fe} = 0,35 \text{ m}^2$$

$$K_5 = 1,3 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i4} = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{fe} = 1,2 \times 0,35 \times 1,3 \times (18+15) = 23 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t = m_1 \times A_t \times U_4 \times (t_{i4} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$m_1 = 1,1$$

$$A_t = 1,69 \text{ m}^2$$

$$K_4 = 0,37 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_{i4} = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_t = 1,1 \times 1,69 \times 0,37 \times (18+15) = 23 \text{ W}$$

- pardoseală + contur (sol)

$$Q_s = A_p \times U_3 \times (t_{i4} - t_p) + U_8 \times A_{bc} \times (t_{i4} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$A_p = 1,69 \text{ m}^2 - \text{aria pardoselii}$$

$$K_3 = 0,24 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$t_p = 10^\circ\text{C}$$

$$K_8 = 0,76 \quad [\text{W/ m}^2\text{°K}]$$

$$A_{bc} = 2,60 \text{ m}^2 - (\text{aria benzii de contur cu latimea de un 1 m})$$

$$t_i = 18^\circ\text{C} \quad t_e = 10^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 1,69 \times 0,24 \times (18-10) + 0,76 \times 2,60 \times (18+15) = 3+65 = 68 \text{ W}$$

$$Q_T = 21+18+23+68 = 130 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c = 4; A_o = \emptyset$$

Infiltrații

$$L = 2 \times (0,5 + 0,7) = 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ m}$$

$$Q_i = [i \times L \times V^{4/3}(t_{i4} - t_e)] \times \left(1 + \frac{A_c}{100}\right)$$

$$\begin{aligned}
 Q_i &= [0,02 \times 2,4 \times 6,34 \times (18+15)] \times 10 \text{ W} \\
 Q_{po6} &= Q_T \times Q_i \\
 Q_{po6} &= 130+10=135+10=145 \text{ W} \\
 Q_{po6} &= 145 \text{ W} \\
 Q_{inc} &= Q_{po1}+Q_{po2}+Q_{po3}+Q_{po4}+Q_{po5}+Q_{po6} \text{ [W]} \\
 Q_{inc} &= 452+1875+634+295+1111+145=4512 \text{ W}
 \end{aligned}$$

4.7. Calculul consumului anual de căldură pentru încălzire (ipoteza B)

Varianta 1

În aceasta variantă de calcul consumul anual de căldură a fost calculat pornind de la consumul maxim orar înmulțit cu 24 ore/zi, numărul anual de grade zile și temperatura predominantă considerată pentru clădiri de locuit conform normativului C107, utilizând formula:

$$Q_{an} = \frac{Q_{zi \max} \cdot N}{\Delta t_{\max}} \text{ [KWh/an]} \quad \text{în care:}$$

$Q_{zi \max}$ – consumul zilnic maxim de căldura pentru încălzire

$$Q_{zi \max} = Q_{inc} \times 24 = 4512 \times 24 = 108.288 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \max} = 108,28 \text{ KWh/zi}$$

$N=3180$ – numărul anual de grade – zile pentru orasul Timișoara (stabilit conform normativ C107 în funcție de poziția geografică).

$$\Delta t_{\max} = t_i - t_e$$

t_i – temperatura interioară medie a spațiilor încălzite $\sim 20^\circ\text{C}$ (conform normativ)

t_e – temperatura exterioară - 15°C (conform normativ)

$$\Delta t_{\max} = 20 + 15 = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_{an} = \frac{108,28 \cdot 3180}{35} = 9838 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} \text{ [KWh/an m}^2\text{]}$$

$S = 81,20 \text{ m}^2$ – suprafață utilă încălzită

$$q_{sp} = \frac{9838}{81,2} = 121,1 \text{ KWh/an m}^2$$

Se constată că, în condițiile existente de izolare termică, clădirea nu întrunește cerințele de izolare prevăzute în standardul de cost indicativ "SCOST-04/MDRT", respectiv un consum specific de max 100 KWh/an m^2 arie utilă încălzită.

Varianta 2

Metoda de calcul utilizată în varianta 2 se bazează pe consumul mediu zilnic și numărul de zile de încălzire dintr-un an, având la bază formula:

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n \text{ [KWh/an]} \quad \text{unde:}$$

$Q_{zi \text{ med}}$ – consum zilnic mediu de căldură pentru încălzire

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24$$

$$Q_{h \text{ med}} = Q_{inc} \times \frac{t_i - t_{e \text{ med}}}{t_i - t_e} \text{ [W]}$$

$$t_{\text{ext med}} = +3,2^{\circ}\text{C} - \text{temperatura exterioară medie în perioada de încălzire pentru orașul Timișoara}$$

$$Q_{h \text{ med}} = 4512 \times \frac{20-3,2}{20+15} = 2166 \text{ W/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24 = 2166 \times 24 = 51984 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = 51,984 \text{ KWh/zi}$$

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n$$

$$n = 170 - \text{numarul de zile de încălzire / an (conform normativ C170/1)}$$

$$Q_{an} = 51,984 \times 170 = 8837 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} = \frac{8837}{81,2} = 108,8$$

$$q = \sim 109 \text{ KWh/an m}^2$$

În ambele variante de calcul a consumului anual de căldură se neglijează aportul de căldură rezultat din locuirea clădirii și aportul de căldură provenit din radiația solară directă.

Pentru fiecare ipoteză s-a realizat calculul consumului orar maxim, iar pentru fiecare spațiu au fost luate în considerare adaosuri de compensare ce țin cont de efectul suprafețelor reci cât și adaosuri de orientare (conform STAS 1907/1 actualizat).

Metodele de calcul utilizate și descrise în acest capitol vor fi aplicate și pentru ipotezele C și D ce fac subiectul capitolului V din cadrul prezentei lucrări.

4.8 Calculul necesarului de căldură - recapituție IPOTEZA B

Nr crt	Consum de caldură	U/M	Consum de caldura pentru încălzire	
			Var 1	Var 2
1	Consum anual de caldură pt încălzire	KWh/an	Ipoteza "B"	
			9838	8837
2	Consum specific de caldură	KWh/an m ²	121,1	109

Tabel 4.1 - Calculul necesarului de căldură aferent ipotezei B

1. Varianta de calcul (Var 1 – ipoteza B)

- a. Ipoteza de executie a construcției cu pardoseala pe sol (cota 0.00= cota teren sistematizat) neizolată termic nu îndeplinește condiția realizării unui consum specific de energie sub limita de 100 KWh/an m² suprafața utilă prevazută de standardul de cost indicative "SCOST-04MDRT" (anexa 2.4. la HG 363 / 2010) .

2. Varianta de calcul (Var 2 - ipoteza B)

- a. Construcția, realizată după ipoteza "B", cu izolația existentă și pardoseală pe sol, nu îndeplinește condiția stabilită prin standardul de cost.

Aceste încadrări sunt specificate în lucrarea "Casa energetică pasivă" autor Diter Pregizer.

4.9 Calculul consumurilor de energie electrică pentru încălzire al pompei de căldură și costurile anuale

Coefficientul de performanță al pompei de căldură

$$\text{COP} = \frac{\text{Energie totala produsa (EP)}}{\text{Energie electrica consumata (EC)}} \quad [1]$$

$$E_{\text{sol}} + E_{\text{electric}} = E_{\text{produsa}}$$

Ipoteze de calcul:

1. Energia totală produsă = consum anual de căldură pentru încălzire;
2. Temperatura exterioară = temperatura medie exterioară în perioada de încălzire $T_{\text{ex med}} = +3,2^{\circ}\text{C}$;
3. Temperatura agentului termic de încălzire pentru încălzire în pardoseală

$$T_{\text{inc}} = 40 \div 45^{\circ}\text{C}$$

Din tabelul 3.17 (conform fișă tehnică pompă de căldură) rezulta

$$\text{COP} \approx 4.0$$

Din relația [1] rezulta:

$$E_e = \frac{EP}{\text{COP}} = \frac{EP}{4}$$

Aferent ipotezei B, cu variantele 1 și 2, pentru calculul consumului anual de căldură, rezultă estimarea costurilor anuale pentru încălzire, în lei, aferente valorilor din tabelul de mai jos:

Nr crt	Consum de energie electrică	UM	Costuri anuale pentru consum de energie electrică la pompa de căldură - Ipoteza "B"	
			Var 1	Var 2
1	Consum anual de energie electrică (CEE)	KWh/an	2460	2209
2	Costuri anuale pt energie electrică consumată (CAE)	lei	1476	1326

Tabel 4.2 Estimarea costurilor anuale pentru încălzire aferente ipotezei B

Prețul mediu al energiei electrice considerat în efectuarea estimărilor la data de 06.11.2015 este de: 0,6 lei KWh

$$P_{\text{med}} = 0,6 \text{ lei/KWh}$$

$$\text{CAE} = \text{CEE} \times P_{\text{med}}$$

4.10 Concluzia - recapitulație comparativă între consumul estimat prin calcule și consumul înregistrat din monitorizări

Nr crt	Consum de energie electrică	UM	Costuri anuale pentru încălzire - consum de energie electrică	
			Ipoteza "B" Estimare prin calcul	Ipoteza "A" Monitorizare directa
1	Consum anual de energie electrică (CEE)	KWh/an	2460	2590.78
2	Costuri anuale pt energie electrică consumată (CAE)	lei	1476	1554

Tabel 4.3 Recapitulație comparativă între consumul estimat în ipoteza A și ipotezeza B

Indicatorii de cost pentru încălzire rezultați în urma estimărilor din simulările matematice arată un cost de 1476 ron/an pentru încălzire, în timp ce indicatorii rezultați din măsurătorile directe indică un cost mediu de 1554 ron/an. Astfel, între metoda de estimare prin calcul și cea reală rezultă o diferență de cca. 5% luând în considerare un consum mediu total de 5249.5 kWh pentru anii 2012-2014 din care 54% reprezintă consumul anual de energie electrică pentru încălzire, adică 2590.78 kWh.

Întrucât ipotezele simularilor ce urmează a fi realizate în continuarea lucrării se bazează tot pe calcule matematice, vom considera ca marjă de eroare procentul rezultat de 5% .

În ipoteza A au fost luate în considerare consumurile monitorizate ale proiectului pilot în timp ce în ipoteza B sunt considerate consumurile de căldură calculate pe baza alcătuirii anvelopei proiectului pilot.

4.11. Analiza costurilor aferente construcției proiectului pilot pe categorii de lucrări în ipoteza "A" și "B"

În prezentul subcapitol analizăm costurile de realizare ale proiectului pilot pe categorii de lucrări. În acest sens prezentăm lista de cantități rezultate în urma procesului de edificare a construcției și costurile aferente acestora.

[1.1] – PREGĂTIRE TEREN ȘI LUCRĂRI DE INFRASTRUCTURĂ

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Preț unitar	Valoare (RON)
1	Săpătură manuală fundații(funcție de duritatea pământului)	mc	26.80	26.00	696.80
2	Fasonare și montare oțel beton	kg	592.00	3.20	1,894.40
3	Cofraje pereți subsol, plăci, planșee, grinzi, fundații, stâlpi	mp	153.00	5.60	856.80
4	Preparare, transport și turnare beton fundații	mc	20.00	304.00	6,080.00
5	Umplutură pământ și compactarea lui	mc	42.00	17.00	714.00
6	Așternere strat de pietriș sub pardoseală (rupere capilaritate)	mc	25.00	68.00	1,700.00
7	Montaj folie pardoseală	kg	80.00	1.60	128.00
8	Preparare, transport și turnare beton pardoseală	mc	10.00	304.00	3,040.00
9	Hidroizolații sub ziduri	mp	50.00	9.50	475.00
	TOTAL				15,585.00

[1.2] - REALIZARE SUPRASTRUCTURĂ ȘI ÎNVELITOARE

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Preț unitar	Valoare (RON)
1	Pereți prefabricați din lemn, 25 cm grosime cu termoizolație vată minerală bazaltică	mp	297.78	255.00	75,933.90
2	Lemn pentru sarpantă prelucrat	mc	6.48	1,450.0	9,396.00
3	Termoizolație acoperiș cu vată minerală bazaltică 10 cm	mp	180.00	23.94	4,309.20
4	Folie anticondens	mp	180.00	5.20	936.00
5	Învelitoare tablă tip Lindab	mp	165.00	98.00	16,170.00
6	Streasina infundata lemn faltuit	mp	67.00	38.00	2,546.00
7	Tamplarie PVC	mp	17.40	466.00	8,108.40
8	Usa garaj	mp	5.80	265.00	1,537.00
	TOTAL				118,936.50

[1.3] - REALIZARE FINISAJE ȘI INSTALAȚII

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Preț unitar	Valoare (RON)
1	Placare pereți interiori cu gips carton pe structură metalică	mp	337.43	74.00	24,969.82
2	Placare tavan cu gips carton pe structură metalică	mp	98.60	92.00	9,071.20
3	Gletuire și zugrăvire pereți și tavan	mp	436.03	46.00	20,057.38
4	Faianță și gresie	mp	48.60	68.00	3,304.80
5	Pardoseală parchet laminat pe strat termoizolator	mp	82.45	83.00	6,843.35
6	Sistem termoizolant exterior cu plăci rigide de vată minerală bazaltică 10 cm și tencuială decorativă	mp	297.78	87.00	25,906.86
7	Instalație electrică interioară	buc	1.00	17,620.00	17,620.00
8	Instalații sanitare interioare	buc	1.00	14,820.00	14,820.00
9	Pompă de caldură Junkers Bosch TM 90-1	buc	1.00	21,690.00	21,690.00
10	Anexe pompă caldură(hidrofor, pompe, schimbător căldura, vas acumulare, fitinguri)	buc	1.00	19,842.00	19,842.00
11	Încălzire în pardoseală inclusiv sapă aditivată	mp	88.45	126.30	11,171.24
	TOTAL				175,296.65

4.12. Interpretarea rezultatelor

RECAPITULAȚIE	
TOTAL 1.1	15,585.00 ron
TOTAL 1.2	118,936.50 ron
TOTAL 1.3	175,296.65 ron
TOTAL GENERAL	309,818.15 RON / 68,848.47 EUR

rata de schimb valutar 1 eur = 4.50 ron

Din rezultatele analizei tehnico-economice a proiectului pilot rezultă că raportat la suprafața construită prețul de construcție este de 550.78 eur/mp suprafață construită. Aceste costuri presupun strict lucrările descrise mai sus fără obținerea terenului.

Raport cost anual/suprafață încălzită (5.175 eur/mp suprafață încălzită/an).

CAPITOLUL V - ANALIZA TEHNICO-ECONOMICĂ A IPOTEZELOR C ȘI D A PROIECTULUI PILOT

5.1 Introducere

Consumurile de energie înregistrate ale proiectului pilot cât și datele tehnice și economice, prezentate în capitolele anterioare, au oferit un set de informații cu privire la costurile reale de construire și utilizare ale locuinței. Datele astfel obținute au fost utilizate în elaborarea unei analize a două scenarii diferite ale proiectului pilot ce constau în realizarea unor simulări ale consumurilor energetice și a costurilor de edificare.

În consecință, pentru a putea verifica eficiența scenariilor diferite a proiectului pilot a fost necesară stabilirea unor ipoteze de calcul pe baza cărora s-a efectuat o simulare a consumurilor energetice. În urma rezultatelor obținute din simulările energetice s-a realizat analiza tehnico-economică a costurilor necesare pentru edificarea fiecărui scenariu propus.

În cadrul simulărilor experimentale și în stabilirea ipotezelor scenariilor s-au avut în vedere:

- păstrarea caracteristicilor arhitecturale și dimensiunile specifice proiectului pilot existent;
- îmbunătățirea parametrilor de consum energetic ai proiectului pilot prin aducerea lui către consumuri identice cu cele ale unei case eficiente energetic (casă cu consum redus de energie);
- ca soluțiile de îmbunătățire să fie realizabile din punct de vedere tehnic cât și economic, fiind posibile prin utilizarea unor materiale existente pe piața din România la costuri accesibile;

Necesitatea acestei evaluări este importantă în activitatea de proiectare deoarece poate ajuta în estimarea performanțelor energetice ale proiectelor rezidențiale în funcție de materialele alese pentru construcție.

Program experimental de simulare are următoarele obiective:

- cercetarea posibilităților de construire a unei case eficiente energetic cu privire la materialele utilizate și eficiența obținută;
- analiza costurilor necesare pentru construire în funcție de materialele utilizate;
- analiza costurilor de utilizare în funcție de materialele utilizate;
- identificarea bugetului necesar pentru îmbunătățirea energetică a proiectului pilot.

În continuarea prezentului capitol se va studia:

- analiza tehnico-economică a proiectului pilot în scenariul ipotezei C având caracteristicile geometrice similare ca structură și materiale cu proiectul pilot dar cu îmbunătățiri ale performanțelor anvelopei clădiri (eliminarea punții termice dintre placa pe sol și teren și a celei din zona acoperișului acoperișului);
- analiza tehnico-economică a proiectului pilot în scenariul ipotezei D având caracteristicile similare ca arhitectură, finisaje și instalații cu proiectul pilot dar cu un sistem structural diferit, alcătuit din zidarie și sâmburi de beton armat păstrând însă dimensiunile constructive originale.

5.2 Program experimental - IPOTEZA "C"

Caracteristicile proiectului considerate în simularea realizată în ipoteza de calcul C implică păstrarea planimetriei proiectului real în proporție de 100% cât și a structurii de rezistență alcătuită din panouri sandwich de lemn (cu rol structural) cu izolație de vată minerală bazaltică și închidere de plăci de osb. Termosistemul pereților exteriori identic cu cel al proiectului pilot va fi păstrat fiind alcătuit din plăci rigide de vată minerală bazaltică de 10 cm grosime. Structura acoperisului va rămâne similară cu cea existentă fiind considerată o termoizolație suplimentară de 5 cm ce constă în polistiren expandat cu conductivitatea termică de $\leq 0,042$ W/mk, conform fișei tehnice a producătorului.

În urma programului experimental al ipotezei A și B realizat în capitoul 4, una din punțile termice ce afectează considerabil eficiența energetică a proiectului este situată pe conturul pardoselii de la parter, la nivelul solului și în contact direct cu acesta. În varianta ipotezei C, prezentată în cele ce urmează se propune eliminarea punții termice identificate la pardoseală prin ridicarea acesteia de la nivelul terenului sistematizat cu (0.50 m).

5.2 Calculul necesarului de căldură pentru încălzire IPOTEZA "C":

Ipoteza "C": Calculul se efectuează pentru situația în care construcția se execută în următoarele condiții:

- acoperiș șarpantă cu izolație suplimentară;
- pardoseală ridicată la o cotă peste nivelul terenului sistematizat (0,5-0,6 m);

5.2.1 Date de calcul

Date climatice:

- zona climatică: II (conform STAS 1907/1-2014)
- zona eoliană: IV (conform STAS 1907/1-2014)
- temperatura interioară în spațiile încălzite conform STAS 1907/2-2014:

$t_{i1}=+22^{\circ}\text{C}$	- baie
$t_{i2}=+20^{\circ}\text{C}$	- studio, dormitor și camera de zi
$t_{i3}=+15^{\circ}\text{C}$	- camară
$t_{i4}=+18^{\circ}\text{C}$	- grup sanitar

- temperatura exterioară de calcul conform STAS 1907/2-2014:

$$t_e=-15^{\circ}\text{C}$$

- viteza convențională a vântului de calcul:

$$V=4,0 \text{ m/sec}$$

$$V^{4/3}=6,35 \text{ m/sec}$$

- temperatura în sol la adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat conform STAS 1907/1-2014:

$$t_p=+10^{\circ}\text{C}$$

Coeficienți de transfer termic

(transmitanțe termice a elementelor anvelopei clădirii)

- perete exterior opac	$U_{01}=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- perete interior	$U_{02}=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
- pardoseală	$U_{03}=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tavan	$U_{04}=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ferestre exterioare (conform fișei tehnice)	$U_{05}=1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ușa exterioară (conform fișei tehnice)	$U_{06}=1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ușa interioară	$U_{07}=2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- bandă de contur	$U_{08}=0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tavan cu izolație suplimentară	$U_{09}=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- coeficient de infiltrație a aerului exterior prin rosturi $i=0,02$	
- adaosul pentru compensarea suprafețelor reci $A_c=4$ (conform tabel 3 din STAS 1907/1-2014)	

Calculul detaliat al coeficienților de transfer termic este tratat în capitolul 4.

5.2.2. Determinarea necesarului de căldură de calcul pentru încălzire

(conform STAS 1907/1-2014)

5.2.2.1. Formule de calcul

$$Q = Q_T \left(1 + \frac{A_c + A_o}{100}\right) + Q_i \quad [\text{W}] \quad \text{în care:}$$

Q_T – flux termic cedat prin transmisie în regim staționar, corespunzător diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul elementelor de construcție care delimitează o încăpere, calculate conform formulei:

$$Q_T = \sum CM \cdot m \cdot A \cdot \frac{t_i - t_e}{R'} + Q_s \quad [\text{W}]$$

$A_c=4$ (vezi punctual 5.3.1)

A_o = adaosul pentru orientare conform tabel 2 STAS 1907/1-2014

Q_i – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioară de calcul a aerului infiltrat prin neetanșitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns la deschiderea acestora, determinate de viteza convențională a vântului, calculat conform formulei:

$$Q_i = \left\{ CM \left[\sum i \cdot L \cdot V^{\frac{4}{3}} \cdot (t_i - t_e) \right] + Q_u \right\} \left(1 + \frac{A_c}{100}\right) \quad [\text{W}]$$

Pentru cazul concret al construcției studiate fluxul termic cedat prin sol, Q_s , se calculează conform STAS 1907/1-2014 cu formula:

$$Q_s = A_p \frac{t_i - t_p}{R_p} + CM \frac{m_s}{n_s} \cdot \frac{t_i - t_e}{R_{bc}} \cdot A_{bc} \quad [\text{W}] \quad \text{în care:}$$

CM – coeficient de corecție al necesarului de căldură de calcul funcție de masa specifică a elementelor de construcție interioare. Pentru cazul construcției studiate $CM=1$.

m – coeficient de masivitate termică a elementelor de construcție exterioare. Pentru cazul construcției studiate:

- $m_1=1,1$ – pereți exteriori opaci, plansee;
- $m_2=1,2$ – ferestre și uși exterioare;
- $m_0=1,0$ – elemente de construcție în contact cu solul;

A – aria suprafeței fiecărui element de construcție determinate conform STAS 6472/3 actualizat, exprimată în "m²".

R' – rezistența termică specifică corectată a elementului de construcție considerat stabilită conform STAS 6472/3 actualizat, exprimată în [m²°K/W].

$$R' = \frac{1}{U} ; U = \frac{1}{R'} \quad [W/m^2\text{°K}]$$

U – coeficientul de transfer termic al elementului de construcție considerat. Pentru elementele construcției studiate, coeficienții de transfer termic sunt arătați la cap 4.

A_p – aria cumulată a pardoselii încăperii și a pereților aflați sub nivelul terenului exprimată în [m²].

R_p – rezistența termică specifică cumulată a pardoselii și a stratului de pământ cuprins între pardoseală și adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat, exprimat în [m²°K/W].

$$R_p = \frac{1}{U_3}$$

U₃=0,24 [W/m²°K] – coeficient de transfer termic prin pardoseală.

m_s – coeficient de masivitate termică a solului. Se determină din graficul din fig. 1 din STAS1907/1-2014.

n_s – coeficient de corecție care ține seama de conductivitatea termică a solului (fig.2 din STAS 1907/1-2014) .

R_{bc} – rezistența termică specifică a benzii de contur în funcție de adâncimea de îngropare a pardoselii față de cota zero a solului, grosimea fundației pereților exteriori și adâncimea stratului de apă freatică (tabel 1 STAS 1907/1-2014).

A_{bc} – aria unei benzi cu lățimea de 1 m situată de-alungul conturului exterior al suprafeței A_p.

i – coeficient de infiltrație a aerului prin rosturi pentru uși și ferestre termoizolate:

$$i = 0,02 [W/m^2\text{°K}] \left(\frac{m}{sec} \right)^{-4/3}$$

L – lungimea rosturilor ușilor și ferestrelor supuse acțiunii vântului [m]

Q_u – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioară convențională de calcul la temperatura interioară convențională de calcul a aerului pătruns la deschiderea ușilor exterioare. Pentru locuințe Q_u=0.

În calculele necesarului de căldură pentru încălzire se vor înlocui valorile rezistențelor termice specifice, cu valorile respective ale coeficienților de transfer termic.

5.2.3. Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire

Spatiul P01-baie

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=42 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=62 \text{ W}$$

- perete interior spre P02 și P03

$$Q_{pi}=2 \text{ W}$$

- uși interioare spre P02 și P03

$$Q_{ui}=15 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_g \times (t_{i1}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$Q_t=1,1 \times 0,2 \times 7,4 \times (22+15)=60 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=21 \text{ W}$$

$$Q_T=42+62+2+15+60+21=202 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=5$$

Infiltrații

$$Q_i=29 \text{ W}$$

$$Q_{po1}=202 \times \left(1 + \frac{5+4}{100}\right) + 29 = 249 \text{ W}$$

$$Q_{po1}=249 \text{ W}$$

Spațiul P02 - studio + bucatărie + acces

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=111 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=400 \text{ W}$$

- uși exterioare

$$Q_{ue}=111 \text{ W}$$

- perete interior spre P04

$$Q_{pi}=4 \text{ W}$$

- uși interioare spre P04

$$Q_{ui}=10 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_g \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$Q_t=1,1 \times 0,2 \times 36,9 \times (20+15)=284 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=89 \text{ W}$$

$$Q_T=111+400+111+4+10+284+89=1009 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i=130 \text{ W}$$

$$Q_{po2}=1009 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 130 = 1179 \text{ W}$$

$$Q_{po2}=1179 \text{ W}$$

Spațiul P03-dormitor

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=56 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=131 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_9 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$Q_t=1,1 \times 12,4 \times 0,2 \times (20+15)= 95 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=30 \text{ W}$$

$$Q_T=56+131+95+30=312 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i=29 \text{ W}$$

$$Q_{po3}=312 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 29=353 \text{ W}$$

$$Q_{po3}=353 \text{ W}$$

Spațiul P04-cămară și spațiul tehnic

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=50 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=22 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_9 \times (t_{i3}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$Q_t=1,1 \times 3,9 \times 0,2 \times (15+15)= 26 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=5 \text{ W}$$

$$Q_T=50+22+26+5=103 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i=11 \text{ W}$$

$$Q_{po4}=103 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 11=118 \text{ W}$$

$$Q_{po4}=118 \text{ W}$$

Spațiul P05-cameră de zi

- pereți exteriori opaci

$$Q_{peo}=140 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=41 \text{ W}$$

- uși exterioare

$$Q_{ue}=90 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=m_1 \times A_t \times U_9 \times (t_{i2}-t_e) \quad [\text{W}]$$

$$Q_t=1,1 \times 18,91 \times 0,2 \times (20+15)=146 \text{ W}$$

- perete interior spre P06

$$Q_{pi}=1 \text{ W}$$

- uși interioare spre P06

$$Q_{li}=8 \text{ W}$$

106 Analiza tehnico-economică a ipotezelor C și D a proiectului pilot

- pardoseală
 $Q_s=45 \text{ W}$
 $Q_T=140+41+90+1+8+45=471 \text{ W}$
Adaosuri
 $A_c=4; A_o=\emptyset$
Infiltrații
 $Q_i=42 \text{ W}$
 $Q_{po5}=471 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 42 = 532 \text{ W}$
 $Q_{po5}=532 \text{ W}$

Spațiul P06-grup sanitar

- pereți exteriori opaci
 $Q_{peo}=21 \text{ W}$
- ferestre exterioare
 $Q_{fe}=18 \text{ W}$
- tavan
 $Q_t=m_1 \times A_t \times U_g \times (t_{i4}-t_e) \quad [\text{W}]$
 $Q_t=1,1 \times 1,69 \times 0,2 \times (18+15) = 12 \text{ W}$
- pardoseală
 $Q_s=3 \text{ W}$
 $Q_T=21+18+12+3=54 \text{ W}$
Adaosuri
 $A_c=4; A_o=\emptyset$
Infiltrații
 $Q_i=10 \text{ W}$
 $Q_{po6}=54 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 10 = 66 \text{ W}$
 $Q_{po6}=66 \text{ W}$
 $Q_{inc}=Q_{po1}+Q_{po2}+Q_{po3}+Q_{po4}+Q_{po5}+Q_{po6} \quad [\text{W}]$
 $Q_{inc}=249+1179+353+118+532+66=2497 \text{ W}$

5.3. Calculul consumului anual de căldură pentru încălzire

5.3.1.Varianta 1

$$Q_{an} = \frac{Q_{zi \max} \cdot N}{\Delta t_{\max}} \quad [\text{KWh/an}] \quad \text{în care:}$$

$Q_{zi \max}$ – consumul zilnic maxim de căldură pentru încălzire

$$Q_{zi \max} = Q_{inc} \times 24 = 2497 \times 24 = 59.9280 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \max} = 59,92 \text{ KWh/zi}$$

$N=3180$ – numărul anual de grade – zile pentru orașul Timișoara

$$\Delta t_{\max} = t_i - t_e$$

t_i – temperatura interioară medie a spațiilor încălzite $\sim 20^\circ\text{C}$

t_e – temperatura exterioară -15°C

$$\Delta t_{\max} = 20 - (-15) = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_{an} = \frac{59,92 \cdot 3180}{35} = 5444 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} \text{ [KWh/an m}^2\text{]}$$

$S = 81,20 \text{ m}^2$ – suprafața utilă încălzită

$$q_{sp} = 67 \text{ KWh/an m}^2$$

5.3.2. Varianta 2

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n \text{ [KWh/an]} \quad \text{unde:}$$

$Q_{zi \text{ med}}$ – consum zilnic mediu de caldură pentru încălzire

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24$$

$$Q_{h \text{ med}} = Q_{inc} \times \frac{t_i - t_{e \text{ med}}}{t_i - t_e} \quad \text{[W]}$$

$t_{ext \text{ med}} = +3,2^\circ\text{C}$ – temperatura exterioara medie în perioada de încălzire pentru orașul Timișoara.

$$Q_{h \text{ med}} = 2497 \times \frac{20 - 3,2}{20 + 15} = 1199 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24 = 1199 \times 24 = 28776 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = 28,77 \text{ KWh/zi}$$

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n$$

$n = 170$ – numărul de zile de încălzire / an

$$Q_{an} = 28,77 \times 170 = 4892,0 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} = \frac{4892}{81,2} = 60,2$$

$$q \sim 60,0 \text{ KWh/an m}^2$$

5.4 Analiza tehnico-economică a ipotezei "C"

În urma rezultatelor obținute din simularea numerică a performanței energetice cu îmbunătățirile propuse în ipoteza C, prezentăm în continuare costurile necesare pentru atingerea nivelului de performanță energetică a proiectului pilot la "Casa buna cu necesar energetic scăzut (CBES)".

În elaborarea acestei simulări financiare considerăm ca invariabile din punct de vedere al costurilor:

- terenul aferent construcției;
- poziționarea casei pe teren;
- orientarea față de punctele cardinale;
- dotările de instalații interioare;
- sursa de caldură și sistemul de încălzire;
- nivelul de finisaje interioare și exterioare.

Intervențiile ce fac obiectul acestei evaluări economice se referă la infrastructura și constau în construirea unui soclu astfel încât construcția să fie ridicată cu 50 de cm de la sol, măsura prin care ar fi diminuate pierderile de caldură de pe conturul casei. A doua îmbunătățire constă în aplicarea unui strat de termoizolație suplimentară la nivelul stratificației componente a acoperișului, lucru care ar îmbunătăți coeficientul de tranfer termic al elementului de anvelopă.

[1.1] - PREGATIRE TEREN ȘI LUCRĂRI INFRASTRUCTURĂ

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Pret unitar	Valoare
1	Sapătură manuală fundații(f-tie de duritatea pamantului)	mc	26.80	26.00	696.80
2	Fasonare și montare oțel beton	kg	746.00	3.20	2,387.20
3	Cofraje pereți subsol, plăci, planșee, grinzi, fundații, stâlpi	mp	233.40	5.60	1,307.04
4	Preparare, transport și turnare beton fundație	mc	40.30	304.00	12,251.20
5	Umplutură pământ și compactarea lui	mc	89.60	17.00	1,523.20
6	Așternere strat de pietriș sub pardoseală (rupere capilaritate)	mc	25.00	68.00	1,700.00
7	Montaj folie pardoseală	kg	80.00	1.60	128.00
8	Preparare, transport și turnare beton pardoseală	mc	10.00	304.00	3,040.00
9	Hidroizolații sub ziduri	mp	50.00	9.50	475.00
	TOTAL				23,508.4

[1.2] - REALIZARE SUPRASTRUCTURĂ INCLUSIV ACOPERIȘ

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Pret unitar	Valoare
1	Pereți prefabricați din lemn, 25 cm grosime cu termoizolație vată minerală bazaltică	mp	297.78	255.00	75,933.90
2	Lemn pentru sarpantă prelucrat	mc	6.48	1,450.00	9,396.00
3	Termoizolație acoperiș cu vată minerală bazaltică 15 cm	mp	180.00	36.20	6,516.00
4	Folie anticondens	mp	180.00	5.20	936.00
5	Învelitoare tablă tip Lindab	mp	165.00	98.00	16,170.00

Analiza tehnico-economică a ipotezei "C" 109

6	Streașină infundată lemn falțuit	mp	67.00	38.00	2,546.00
7	Tâmplărie PVC	mp	17.40	466.00	8,108.40
8	Usa garaj	mp	5.80	265.00	1,537.00
	TOTAL				121,143.3

[1.3] - REALIZARE FINISAJE ȘI INSTALATII

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Pret unitar	Valoare
1	Placare pereți interiori cu gips-carton pe structură metalică	mp	337.43	74.00	24,969.82
2	Placare tavan cu gips-carton pe structură metalică usoară	mp	98.60	92.00	9,071.20
3	Gletuire și zugrăvire pereți și tavan	mp	436.03	46.00	20,057.38
4	Faiantă și gresie	mp	48.60	68.00	3,304.80
5	Pardoseală parchet laminat pe strat termoizolator	mp	82.45	83.00	6,843.35
6	Termosistem vată minerală bazaltică rigidă 10 cm și zugrăveală lavabilă	mp	297.78	87.00	25,906.86
7	Instalație electrică interioară	buc	1.00	17,620.00	17,620.00
8	Instalații sanitare interioare	buc	1.00	14,820.00	14,820.00
9	Pompă de caldură Junkers Bosch TM 90-1	buc	1.00	21,690.00	21,690.00
10	Anexe pompă caldură (hidrofor, pompe, schimbător caldură, vas acumulare, fittinguri)	buc	1.00	19,842.00	19,842.00
11	Încălzire în pardoseală inclusiv sapa aditivată	mp	88.45	126.30	11,171.24
	TOTAL				175,296.6

5.5 Interpretarea rezultatelor ipotezei "C"

RECAPITULATIE	
TOTAL 1.1	23,508.44 ron
TOTAL 1.2	121,143.30 ron
TOTAL 1.3	175,296.65 ron
TOTAL GENERAL	319,948.39 RON / 71,099.64 EUR

rata de schimb 1 eur = 4.50 ron

Analiza economică realizată în acest scenariu care propune soluții de îmbunătățire a proiectului pilot pentru atingerea nivelului de "Casă bună cu necesar energetic scăzut (CBES)" pune în evidență o creștere a costurilor totale pentru edificarea construcției cu 3.26% față de costurile rezultate în varianta reală.

Rezultând un cost de 71,099.64 eur pentru edificarea construcției rezultă un preț de 568.79 eur/mp de suprafață construită. Efectul secundar rezultat în urma îmbunătățirilor propuse se resimte prin reducerea consumului total de energie electrică al pompei de căldură la de la 1554 ron/an consum rezultat în ipoteza 'A', monitorizare directă, la 817 ron/an.

Cu alte cuvinte, considerând consumul de energie electrică al echipamentelor casnice și iluminatului interior invariabile în toate ipotezele, având valoarea de 637.74 stabilită în urma monitorizărilor directe, putem aprecia faptul că în ipoteza "C" cheltuielile anuale de întreținere ar atinge pragul de 1454.74 ron.

În concluzie, luând în considerare marja de 5% rezultată ca diferență între simularea prin calcule (Ipoteza B) și costurile reale (Ipoteza A) putem aprecia faptul că în ipoteza "C" costurile totale de întreținere sunt de 1527.47 ron - 339.43 eur/an rezultând o scădere a costurilor de întreținere cu 663.53 ron/an -147.45 eur față de ipotezele anterioare.

Raportul rezultat în cazul ipotezei C cost anual/suprafață încălzită este de 2.715 eur/mp suprafață încălzită/an.

5.6 Program experimental - IPOTEZA "D"

Plecând de la premisa accesibilității materialelor de pe piața din țară și considerând faptul că majoritatea construcțiilor noi au o conformare structurală bazată pe utilizarea zidărilor de cărămidă și a betonului armat, s-a considerat utilă analizarea unei ipoteze de calcul experimental D. Scopul acestei simulări este acela

de a evidenția într-un studiu comparativ performanțele tehnico-economice și energetice obținute în cazul utilizării materialelor clasice în procesul de edificare și utilizare al proiectului pilot.

Prin urmare, "Ipoteza D" propune analizarea eficienței energetice și economice a unei construcții identice ca planimetrie cu cea a proiectului pilot, cu următoarele caracteristici:

- o configurare structurală alcătuită din zidărie confinată de cărămidă cu goluri verticale, centuri, stâlpișori și fundații continue din beton armat;
- șarpanta de lemn și învelitoare din tiglă metalică;
- păstrarea planimetriei și a orientării proiectului pilot;
- păstrarea dimensiunilor elementelor structurale.

Considerând benefice rezultatele obținute în Ipoteza "C" în urma cărora, s-a decis înglobarea măsurilor de îmbunătățire energetică și în cadrul Ipotezei "D".

5.6 Calculul necesarului de căldură pentru încălzire IPOTEZA "D":

Condițiile de calcul impuse în realizarea acestei simulări au fost :

- respectarea grosimilor elementelor structurale ale proiectului pilot, astfel încât grosimea considerată a pereților este de 25 cm zidărie;
- termosistem polistiren de 10 cm, însumând cu structura de zidărie o grosime de 35 cm a pereților exteriori - situație identică cu cea a proiectului pilot;
- respectarea structurii acoperișului cu șarpanta de lemn și termoizolație suplimentară;
- învelitoare din tiglă metalică;
- nivel de finisare interior identic cu cel al proiectului pilot;
- păstrarea caracteristicilor sistemului de încălzire cu pompă de căldură și încălzire în pardoseală;
- pardoseală ridicată la o cota peste nivelul terenului sistematizat (0,5-0,6 m).

5.6.1 Date de calcul

Date climatice:

- zona climatică: II (conform STAS 1907/1-2014)
- zona eoliană: IV (conform STAS 1907/1-2014)
- temperatura interioară în spațiile încălzite conform STAS 1907/2-2014:

$t_{i1}=+22^{\circ}\text{C}$ - baie

$t_{i2}=+20^{\circ}\text{C}$ - studio, dormitor și camera de zi

$t_{i3}=+15^{\circ}\text{C}$ - cămara

$t_{i4}=+18^{\circ}\text{C}$ - grup sanitar

- temperatura exterioară de calcul conform STAS 1907/2-2014:

$t_e=-15^{\circ}\text{C}$

- viteza convențională a vântului de calcul:

$V=4,0$ m/sec

- $V^{4/3}=6,35$ m/sec- temperatura în sol la adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat conform STAS 1907/1-2014:

$t_p=+10^{\circ}\text{C}$

5.6.2. Coeficienți de transfer termic (transmitanțe termice a elementelor anvelopei clădirii)

- perete interior	$U_{02}=0,14 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- pardoseală	$U_{03}=0,24 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- tavan	$U_{04}=0,37 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- ferestre exterioare (conform fișei tehnice)	$U_{05}=1,30 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- ușa exterioară (conform fișei tehnice)	$U_{06}=1,14 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- ușa interioară	$U_{07}=2,00 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- banda de contur	$U_{08}=0,00 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- tavan cu izolație suplimentară	$U_{09}=0,20 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- perete exterior opac din cărămidă porotherm	$U_{10}=0,31 \text{ W/m}^2\text{°K}$
- coeficient de infiltrații a aerului exterior prin rosturi	$i=0,02$
- adaosul pentru compensarea suprafețelor reci STAS 1907/1-2014)	$A_c=4$ (conform tabel 3 din

Calculul detaliat al coeficienților de transfer termic este arătat în Capitolul 4.

5.6.3. Determinarea necesarului de căldură de calcul pentru încălzire (conform STAS 1907/1-2014)

Formule de calcul

$Q=Q_T+Q_i$ [W] în care:

Q_T – flux termic cedat prin transmisie în regim staționar, corespunzător diferenței de temperatură între interiorul și exteriorul elementelor de construcție care delimitează o încăpere, calculate conform formulei:

$$Q=Q_T\left(1+\frac{A_c+A_o}{100}\right)+Q_i \quad [\text{W}]$$

$A_c=4$ (vezi punctual 5.7.2)

A_o =adaosul pentru orientare conform tabel 2 STAS 1907/1-2014

Q_i – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioară de calcul a aerului infiltrat prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns la deschiderea acestora, determinate de viteza convențională a vântului, calculat conform formulei:

$$Q_i = \left\{ CM \left[\sum i \cdot L \cdot V^{\frac{4}{3}} \cdot (t_i - t_e) \right] + Q_u \right\} \left(1 + \frac{A_c}{100} \right) \quad [\text{W}]$$

Pentru cazul concret al construcției studiate fluxul termic cedat prin sol, Q_s , se calculează conform STAS 1907/1-2014 cu formula:

$$Q_s = A_p \frac{t_i - t_p}{R_p} + CM \frac{m_s}{n_s} \cdot \frac{t_i - t_e}{R_{bc}} \cdot A_{bc} \quad [\text{W}] \text{ in care:}$$

CM – coeficient de corecție al necesarului de căldură de calcul funcție de masa specifică a elementelor de construcție interioare. Pentru cazul construcției studiate $CM=1$.

m – coeficient de masivitate termică a elementelor de construcție exterioare. Pentru cazul construcției studiate:

- $m_1=1,1$ – pereți exteriori opaci, plansee;
- $m_2=1,2$ – ferestre și uși exterioare;
- $m_0=1,0$ – elemente de construcție în contact cu solul;

A – aria suprafeței fiecărui element de construcție determinate conform STAS 6472/3 actualizat, exprimată în "m²".

R' – rezistența termică specifică corectată a elementului de construcție considerat, stabilită conform STAS 6472/3 actualizat exprimată în [m²°K/W].

$$R' = \frac{1}{U}; U = \frac{1}{R'} \quad [W/m^2\text{°K}]$$

U – coeficientul de transfer termic al elementului de construcție considerat. Pentru elementele construcției studiate, coeficienții de transfer termic sunt arătați la capitolului 4.

A_p – aria cumulată a pardoselii încăperii și a pereților aflați sub nivelul terenului exprimată în [m²].

R_p – rezistența termică specifică cumulată a pardoselii și a stratului de pământ cuprins între pardoseală și adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat, exprimat în [m²°K/W].

$$R_p = \frac{1}{U_3}$$

$U_3=0,24$ [W/m²°K] – coeficient de transfer termic prin pardoseală.

m_s – coeficient de masivitate termică a solului. Se determină din graficul din fig. 1 din STAS 1907/1-2014.

n_s – coeficient de corecție care ține seama de conductivitatea termică a solului (fig.2 din STAS 1907/1-2014).

R_{bc} – rezistența termică specifică a benzii de contur în funcție de adâncimea de îngropare a pardoselii față de cota zero a solului, grosimea fundației pereților exteriori și adâncimea stratului de apă freatică (tabel 1 STAS 1907/1-2014).

A_{bc} – aria unei benzi cu lățimea de 1 m situată de-alungul conturului exterior al suprafeței A_p .

i – coeficient de infiltrație a aerului prin rosturi pentru uși și ferestre termoizolate:

$$i = 0,02 [W/m^2\text{°K}] \left(\frac{m}{sec} \right)^{-4/3}$$

L – lungimea rosturilor ușilor și ferestrelor supuse acțiunii vântului [m]

Q_u – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioară convențională de calcul la temperatura interioară convențională de calcul a aerului pătruns la deschiderea ușilor exterioare. Pentru locuințe $Q_u=0$.

În calculele necesarului de căldură pentru încălzire se vor înlocui valorile rezistențelor termice specifice, cu valorile respective ale coeficienților de transfer termic.

5.6.4 Necesarul de căldură de calcul pentru încălzire

Spațiul P01-baie

- pereți exteriori opaci

$$Q_{pe} = m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i1} - t_e) \quad [W]$$

$$Q_{pe} = 1,1 \times 10,44 \times 0,32 \times (22 + 15) = 132 \text{ W}$$

$$Q_{peo} = 132 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe} = 62 \text{ W}$$

- perete interior spre P02 și P03

$$Q_{pi} = 2 \text{ W}$$

- uși interioare spre P02 și P03

$$Q_{ui} = 15 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t = 60 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s = 21 \text{ W}$$

$$Q_T = 132 + 62 + 2 + 15 + 60 + 21 = 292 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c = 4; A_o = 5$$

Infiltrații

$$Q_i = 29 \text{ W}$$

$$Q_{po1} = 292 \times \left(1 + \frac{5+4}{100}\right) + 29 = 347 \text{ W}$$

$$Q_{po1} = 347 \text{ W}$$

Spațiul P02 - studio + bucătărie + acces

- pereți exteriori opaci

$$Q_{pe} = m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i2} - t_e) \quad [W]$$

$$Q_{pe} = 1,1 \times 28,89 \times 0,31 \times (20 + 15) = 345 \text{ W}$$

$$Q_{peo} = 345 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe} = 400 \text{ W}$$

- uși exterioare

$$Q_{ue} = 111 \text{ W}$$

- perete interior spre P04

$$Q_{pi} = 4 \text{ W}$$

- uși interioare spre P04

$$Q_{ui} = 10 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t = 284 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s = 89 \text{ W}$$

$$Q_T = 345 + 400 + 111 + 4 + 10 + 284 + 89 = 1243 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c = 4; A_o = \emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i = 130 \text{ W}$$

$$Q_{po2} = 1243 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 130 = 1423 \text{ W}$$

$$Q_{po2} = 1423 \text{ W}$$

Spațiul P03 - dormitor

- pereți exteriori opaci

$$Q_{pe}=m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i2}-t_e) \quad [W]$$

$$Q_{pe}=1,1 \times 14,52 \times 0,31 \times (20+15)= 173 \text{ W}$$

$$Q_{peo}=173 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=131 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=95 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=30 \text{ W}$$

$$Q_T=173+131+95+30=429 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i=29 \text{ W}$$

$$Q_{p03}=429 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 29 = 475 \text{ W}$$

$$Q_{p03}=475 \text{ W}$$

Spațiul P04 - camara și spațiul tehnic

- pereți exteriori opaci

$$Q_{pe}=m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i3}-t_e) \quad [W]$$

$$Q_{pe}=1,1 \times 15,12 \times 0,31 \times (15+15)= 154 \text{ W}$$

$$Q_{peo}=154 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=22 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=26 \text{ W}$$

- pardoseală

$$Q_s=5 \text{ W}$$

$$Q_T=154+22+26+5=207 \text{ W}$$

Adaosuri

$$A_c=4; A_o=\emptyset$$

Infiltrații

$$Q_i=11 \text{ W}$$

$$Q_{p04}=207 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 11 = 226 \text{ W}$$

$$Q_{p04}=226 \text{ W}$$

Spațiul P05 - cameră de zi

- pereți exteriori opaci

$$Q_{pe}=m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i2}-t_e) \quad [W]$$

$$Q_{pe}=1,1 \times 36,48 \times 0,321 \times (20+15)= 435 \text{ W}$$

$$Q_{peo}=435 \text{ W}$$

- ferestre exterioare

$$Q_{fe}=41 \text{ W}$$

- uși exterioare

$$Q_{ue}=90 \text{ W}$$

- tavan

$$Q_t=146 \text{ W}$$

- perete interior spre P06
 $Q_{pi}=1 \text{ W}$
 - uși interioare spre P06
 $Q_{ui}=8 \text{ W}$
 - pardoseală
 $Q_s=45 \text{ W}$
 $Q_T=435+41+90+146+1+8+45=766 \text{ W}$
 Adaosuri
 $A_c=4; A_o=\emptyset$
 Infiltrații
 $Q_i=42 \text{ W}$
 $Q_{po5}=766 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 42 = 839 \text{ W}$
 $Q_{po5}=839 \text{ W}$

Spațiul P06 - grup sanitar

- pereți exteriori opaci
 $Q_{pe}=m_1 \times A_{peo} \times U_{10} \times (t_{i4}-t_e) \quad [\text{W}]$
 $Q_{pe}=1,1 \times 5,89 \times 0,31 \times (18+15) = 66 \text{ W}$
 $Q_{peo}=66 \text{ W}$
 - ferestre exterioare
 $Q_{fe}=41 \text{ W}$
 - tavan
 $Q_t=12 \text{ W}$
 - pardoseală
 $Q_s=3 \text{ W}$
 $Q_T=66+41+12+3=122 \text{ W}$
 Adaosuri
 $A_c=4; A_o=\emptyset$
 Infiltrații
 $Q_i=10 \text{ W}$
 $Q_{po6}=122 \times \left(1 + \frac{4}{100}\right) + 10 = 137 \text{ W}$
 $Q_{po6}=137 \text{ W}$
 $Q_{inc}=Q_{po1}+Q_{po2}+Q_{po3}+Q_{po4}+Q_{po5}+Q_{po6} \quad [\text{W}]$
 $Q_{inc}=347+1423+475+226+839+137=3447 \text{ W}$

5.7 Calculul consumului anual de căldura pentru încălzire ipoteza "D"

Varianta 1

$Q_{an} = \frac{Q_{zi \max} \cdot N}{\Delta t_{\max}} \quad [\text{KWh/an}] \quad \text{în care:}$
 $Q_{zi \max}$ – consumul zilnic maxim de căldură pentru încălzire
 $Q_{zi \max} = Q_{inc} \times 24 = 3447 \times 24 = 82.728 \text{ Wh/zi}$
 $Q_{zi \max} = 82,728 \text{ KWh/zi}$
 $N=3180$ – numărul anual de grade – zile pentru orașul Timișoara
 $\Delta t_{\max} = t_i - t_e$
 t_i – temperatura interioara medie a spațiilor încălzite $\sim 20^\circ\text{C}$
 t_e – temperatura exterioara -15°C
 $\Delta t_{\max} = 20 - (-15) = 35^\circ\text{C}$

$$Q_{an} = \frac{82,728 \cdot 3180}{35} = 7516,4 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} \text{ [KWh/an m}^2\text{]}$$

S = 81,20 m² – suprafața utilă încălzită

$$q_{sp} = \frac{7516,4}{81,2} = 92,56 \text{ KWh/an m}^2$$

Varianta 2

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n \text{ [KWh/an]} \quad \text{unde:}$$

$Q_{zi \text{ med}}$ – consum zilnic mediu de căldură pentru încălzire

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24$$

$$Q_{h \text{ med}} = Q_{inc} \times \frac{t_i - t_{e \text{ med}}}{t_i - t_e} \quad [\text{W}]$$

$t_{ext \text{ med}} = +3,2^\circ\text{C}$ – temperatura exterioară medie în perioada de încălzire pentru orașul Timișoara

$$Q_{h \text{ med}} = 3447 \times \frac{20 - 3,2}{20 + 15} = 1655 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = Q_{h \text{ med}} \times 24 = 1655 \times 24 = 39720 \text{ Wh/zi}$$

$$Q_{zi \text{ med}} = 39,72 \text{ KWh/zi}$$

$$Q_{an} = Q_{zi \text{ med}} \times n$$

n = 170 – numărul de zile de încălzire / an

$$Q_{an} = 39,72 \times 170 = 6752,0 \text{ KWh/an}$$

$$q_{sp} = \frac{Q_{an}}{S} = \frac{6752}{81,2} = 83,15$$

$$q \sim 83,0 \text{ KWh/an m}^2$$

5.8 Analiza tehnico-economică a ipotezei "D"

Rezultatele obținute în urma calculelor energetice arată faptul că performanțele energetice obținute în urma utilizării unui sistem constructiv clasic amintit anterior în acest subcapitol au un comportament termic mult mai slab cauzând consumuri energetice mult mai mari decât cele utilizate în ipoteza "C", dar un grad îmbunătățit de consumuri energetice față de ipotezele "A" și "B";

În elaborarea acestei simulări financiare considerăm ca invariabile din punct de vedere al costurilor:

- terenul aferent construcției;
- poziționarea casei pe teren;
- orientarea față de punctele cardinale;
- dotările de instalații interioare;
- sursa de cadură și sistemul de încălzire;
- nivelul de finisaje interioare și exterioare;

Intervențiile ce fac obiectul acestei evaluări economice se referă în mod special la infrastructură și suprastructură și constau în construirea unui soclu astfel încât construcția să fie ridică cu 50 de cm de la sol, măsura prin care ar fi eliminate pierderile de căldură de pe conturul casei. A doua schimbare față de ipotezele precedente, constă în utilizarea zidăriei de cărămidă cu goluri verticale cu stâlpișori de beton armat cât și a unui termosistem similar ca și grosimi ale stratificațiilor cu cele ale ipotezelor precedente.

În continuare se urmărește o indicare a costurilor de construcție pentru o locuință construită din materiale clasice indicate anterior.

[1.1] - PREGATIRE TEREN ȘI LUCRĂRI INFRASTRUCTURĂ

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Pret unitar	Valoare (RON)
1	Săpătură manuală fundații (funcție de duritatea pământului)	mc	26.80	26.00	696.80
2	Fasonat și montat oțel beton	kg	746.00	3.20	2,387.20
3	Cofraje pereți subsol, plăci, planșee, grinzi, fundații, stâlpi	mp	233.40	5.60	1,307.04
4	Preparare, transport și turnare beton fundație	mc	40.30	304.00	12,251.20
5	Umplutură pământ și compactarea lui	mc	89.60	17.00	1,523.20
6	Așternere strat de pietriș sub pardoseală (rupere capilaritate)	mc	25.00	68.00	1,700.00
7	Montaj folie pardoseală	kg	80.00	1.60	128.00
8	Preparare, transport și turnare beton pardoseală	mc	10.00	304.00	3,040.00
9	Hidroizolații sub ziduri	mp	50.00	9.50	475.00
	TOTAL				23,508.4

[1.2] - REALIZARE SUPRASTRUCTURĂ INCLUSIV ACOPERIS

Nr. crt.	Denumire	UM	Cantitate	Pret unitar	Valoare (RON)
1	Zidarie din caramida Phoroterm 25 cm	mc	102.80	435.00	44,718.00
2	Fasonat și montat oțel beton stâlpi, grinzi, centuri	kg	386.00	5.60	2,161.60
3	Cofraje pereți subsol, plăci, planșee, grinzi, fundații, stâlpi	mp	123.80	25.60	3,169.28
4	Preparare, transport și turnare beton fundație	mc	9.40	386.00	3,628.40
5	Lemn pentru șarpantă prelucrat	mc	6.48	1,450.00	9,396.00
6	Termoizolație acoperiș cu vata minerală 15 cm	mp	180.00	36.20	6,516.00
7	Folie anticondens	mp	180.00	5.20	936.00
8	Învelitoare tablă tip Lindab	mp	165.00	98.00	16,170.00
9	Streașină infundată lemn falțuit	mp	67.00	38.00	2,546.00
10	Tâmplarie PVC	mp	17.40	466.00	8,108.40
11	Ușă garaj	mp	5.80	265.00	1,537.00
	TOTAL				98,886.68

[1.3] - FINISAJE ȘI INSTALATII

Nr. crt.	Denumire	Um	Cantitate	Preț unitar	Valoare (RON)
1	Placare pereți interiori cu gips carton pe structură metalică	mp	337.43	74.00	24,969.82

120 Analiza tehnico-economică a ipotezelor C și D a proiectului pilot

2	Placare tavan cu gips-carton pe structură metalică	mp	98.60	92.00	9,071.20
3	Gletuire și zugrăvire pereți și tavan	mp	436.03	46.00	20,057.38
4	Faianță și gresie	mp	48.60	68.00	3,304.80
5	Pardoseală parchet laminat pe strat termoizolator	mp	82.45	83.00	6,843.35
6	Termosistem cu polistiren 10 cm și zugrăveală lavabilă	mp	297.78	128.00	38,115.84
7	Instalație electrică interioară	buc	1.00	17,620.00	17,620.00
8	Instalații sanitare interioare	buc	1.00	14,820.00	14,820.00
9	Pompă de căldură Junkers Bosch TM 90-1	buc	1.00	21,690.00	21,690.00
10	Anexe pompă caldură (hidrofor, pompe, schimbător caldură, vas acumulare, fittinguri)	buc	1.00	19,842.00	19,842.00
11	Încălzire în pardoseală inclusiv sapă	mp	88.45	126.30	11,171.24
TOTAL					187,505.63

5.9 Interpretarea rezultatelor ipotezei "D"

RECAPITULATIE	
TOTAL 1.1	23,508.44 ron
TOTAL 1.2	98,886.68 ron
TOTAL 1.3	187,505.63 ron
TOTAL GENERAL	309,900.75 RON / 68,866.83 EUR

rata de schimb 1 eur = 4.50 ron

Analiza realizată în acest scenariu propune utilizarea unui sistem structural compus din materiale uzuale/clasice pentru edificarea proiectului pilot, la un nivel de eficiență energetică care atinge nivelul de "Casă cu consum energetic scăzut (CES)". Astfel este pus în evidență un cost total pentru edificarea construcției în ipoteza "D" de 309,900.75 ron (71,099.64 eur) în comparație cu suma de 319,948.39 ron (68,866.83 eur) aferenta ipotezei "C".

Prin urmare, construcția în ipoteza "D" înregistrează o scădere a prețului de execuție de 3.14%, însumând 10,047.64 ron (2232.81 eur) față de ipoteza "C", înregistrând în același timp o creștere a consumurilor energetice de 27.60% față de ipoteza "C".

Rezultatele analizei economice în ipoteza "D" pun în evidență o creștere a consumurilor energetice anuale cu 465 ron/an față de ipoteza "C", la o diferență de costuri pentru construcție de 10.047,64 ron.

Pentru un cost de 68,866.83 eur pentru edificarea construcției rezulta un preț de 550.93 eur/mp de suprafață construită. Această variantă înregistrează un preț pentru consum total de energie electrică al pompei de caldură de 1128 ron/an de la 1554 ron/an consum rezultat în ipoteza 'A' - monitorizare directă.

Cu alte cuvinte, considerând consumul de energie electrică al echipamentelor casnice și iluminatului interior invariabile în toate ipotezele, având valoarea de 637.74 ron/an stabilită în urma monitorizării directe, putem aprecia faptul că în ipoteza "D" realizăm cheltuieli de întreținere anuale de 1765.74 ron.

În concluzie, luând în considerare marja de 5% rezultată ca diferență între simularea prin calcule (ipoteza B) și costurile reale (ipoteza A) putem aprecia cu exactitate ca în cazul ipotezei "D" costurile totale de întreținere sunt de 1854.02 ron - 412.00 eur/an, rezultând o scădere a costurilor de întreținere de 337.72 ron/an - 75.04 eur.

Raportul rezultat în cazul ipotezei C cost anual/suprafață încălzită este de 4.12 eur/mp suprafață încălzită/an.

5.10 Necesarul de căldură - recapitulăție comparativă

Nr crt	Consum de căldură	UM	Consum de căldură pentru încălzire			
			Ipoteza "A"	Ipoteza "B" Var 1 Var 2	Ipoteza "C" Var 1 Var 2	Ipoteza "D" Var 1 Var 2
1	Consum anual de clădură pentru încălzire	KWh /an	9078.85	9838	5444	7516,4
				8837	4892	6752
2	Consum specific de caldură	KWh /an m ²	112	121,1	67	92,56
				109	60,2	83,15

Tabel recapitulăție comparativă cu privire la consumul de căldură ipoteza A-D

□ **Varianta de calcul (Var 1)**

- > Ipotezele de execuție ale construcției cu pardoseală pe sol (ipoteza A) nu îndeplinesc condiția realizării unui consum specific de energie sub limita de 100 kWh/an m² suprafață utilă, prevăzută de standardul de cost indicative "SCOST-04MDRT" (anexa 2.4. la HG 363/2010).
- > Toate ipotezele ce presupun ridicarea straturilor ce compun pardoseala peste nivelul solului (0,2-0,6 m) (ipoteza C, ipoteza D), întrunesc condiția de consum specific arătat în standardul de cost.

□ **Varianta de calcul (Var 2)**

- > Construcția, realizată după ipoteza "A", cu izolația existentă și pardoseala pe sol, nu îndeplinește condiția stabilită prin standardul de cost. În toate celelalte ipoteze C și D, se îndeplinește această condiție.
- > Construcția realizată în ipotezele D se încadrează în categoria "Casa cu consum energetic scăzut" (CES).
- > Construcția realizată în ipoteza "C" (cu tavan izolat suplimentar și pardoseală peste nivelul solului), poate fi încadrată în categoria "Casa buna cu necesar energetic scăzut (CBES)".

Aceste încadrări sunt specificate în lucrarea "Casa energetică pasivă" autor Diter Pregizer.

Coefficientul de performanță al pompei de caldură:

$$\text{COP} = \frac{\text{Energie totală produsă (EP)}}{\text{Energie electrică consumată (EC)}} \quad [1]$$

$$E_{\text{sol}} + E_{\text{electric}} = E_{\text{produsa}}$$

Ipoteze de calcul:

1. Energia totală produsă = consum anual de caldură pentru încălzire;
2. Temperatura exterioară = temperatura medie exterioară în perioada de încălzire $T_{\text{ex med}} = +3,2^{\circ}\text{C}$;
3. Temperatura agentului termic de încălzire pentru încălzire în pardoseală $T_{\text{inc}} = 40 \div 45^{\circ}\text{C}$;

Din tabelul 3.17 (conform fișă tehnică pompă de caldură) rezultă $\text{COP} \approx 40$

Din relația [1] rezultă:

$$E_e = \frac{EP}{\text{COP}} = \frac{EP}{4}$$

Aferent ipotezelor A÷D, fiecare cu variantele 1 și 2, pentru calculul consumului anual de căldură, rezultă costurile anuale, în lei, aferente valorilor din tabelul de mai jos:

Preț mediu al energiei electrice: 0,6 lei KWh

$P_{med}=0,6$ lei/KWh

$CAE=CEE \times P_{med}$

Nr crt	Consum de energie electrică	UM	Costuri anuale pentru consum de energie electrică la pompa de caldură			
			Ipoteza "A"	Ipoteza "B" <u>Var 1</u> <u>Var 2</u>	Ipoteza "C" <u>Var 1</u> <u>Var 2</u>	Ipoteza "D" <u>Var 1</u> <u>Var 2</u>
1	Consum anual de energie electrică (CEE)	KWh/an	2590.78	2460	1361	1879
				2209	1223	1688
2	Costuri anuale pentru energie electrică consumată (CAE)	lei	1554	1476	817	1128
				1326	734	1013

CAPITOLUL VI – ANALIZA ECONOMICĂ

6.1 Argument introductiv

Analiza bugetului de capital conține estimări privind fluxurile de numerar (calendarul de investiții și cheltuieli) asociate proiectelor de investiții pe termen lung – proiecte a căror câștiguri sunt așteptate să se obțină după cel puțin 1 an.

Se poate afirma că o investiție este profitabilă atunci când determină pe durata sa de viață valori actualizate nete pozitive ale fluxurilor de numerar generate sau, în cazul analizei de față, a economiilor de costuri determinate de eficiența energetică a soluțiilor constructive analizate.

Deciziile privind investițiile pe termen lung determină modificări în fluxurile de numerar (economii de costuri) în diferite perioade de timp viitoare. Astfel, este necesară luarea în considerare a diferențelor în timp între fluxurile de numerar. Acest lucru este realizat de abordarea bazată pe valoarea actualizată nrtă (VAN - vezi subcap. 6.2.6) prin actualizarea fluxurilor de numerar la rata de actualizare comensurată cu valoarea temporală a banilor și reflectând costurile de oportunitate ale fondurilor de finanțare a proiectelor de investiții.

O regulă de selecție corelată folosește abordarea bazată pe rata internă de rentabilitate (RIR - vezi subcap. 6.2.8), proiectele investiționale fiind acceptabile atunci când RIR este superioară costului de procurare a capitalului cu care se finanțează realizarea proiectelor în cauză sau cu randamentul obținabil prin investirea capitalului aferent unui proiect în alte variante investiționale (depozite bancare, investiții pe piața de capital etc.).

În general, pentru orice tip de investiții este recomandată întotdeauna o analiză financiară. Este important să se înțeleagă întinderea până la care capitalul investit în proiect poate fi amortizat peste ani. Acesta poate fi fie prin fluxuri de numerar generate de o activitate economică (vânzarea produselor/ serviciilor generate de investiție) sau prin reduceri de costuri de întreținere generate de investiție și observabile pe perioadă de operare a acestora (ca și în cazul analizat).

În stadiile de început, fluxurile de numerar cuprind doar valorile legate de cheltuielile aferente construcției (materiale, manoperă, transport, utilaj), lăsându-se la o parte cele legate de modul de finanțare, de politica fiscală, acestea fiind luate în considerare în stadiul de definitivare al proiectului.

Singurele metode valide din punct de vedere teoretic folosite pentru evaluarea financiară a proiectelor de investiții sunt acelea care recunosc deplin valoarea temporală a banilor. Aceste metode sunt denumite metode bazate pe actualizarea fluxurilor de numerar (a economiilor de costuri cu energia electrică în cazul analizat) estimate a fi realizate prin execuția investiției, de-a lungul perioadei sale de funcționare, la valoarea prezentă a momentului de referință (momentul dat de execuția și punerea în exploatare a investiției - t_0). Aceste metode iau în considerare

mărimea, cronologia (momentul apariției) și riscul fluxurilor de numerar asociate proiectului.[2]

Analiza economică a proiectelor care vizează eficiența energetică se va axa pe beneficiile de costuri (reducerea de cheltuieli cu utilitățile) raportate la costul suplimentar aferent transformării unui proiect care atinge nivelul "Casa cu consum energetic scăzut (CES).

6.2 Premisele analizei

Analiza cost-beneficiu a proiectului prezentat vizează analiza fezabilității financiare prin prisma a trei indicatori de performanță financiară:

- valoarea actualizată netă (VAN);
- rata internă de rentabilitate (RIR);
- durata de recuperare a investiției.

Premisele care au stat la baza analizei sunt următoarele:

Consumul anual de energie electrică

Pentru a reflecta beneficiul adus de eficientizarea energetică a subiectului s-au analizat diferite ipoteze și variante. S-a considerat drept consum de referință Ipoteza A față de care se realizează economiile de energie prin diferitele ipoteze analizate.

Față de acest consum de referință, s-au analizat economiile de consum de energie electrică pentru Ipotezele "B", "C", "D" și pentru fiecare variantă în cadrul acestor ipoteze.

Consum de energie electrică	UM	Monitorizare directă "A"	Consum de energie pentru încălzire					
			Ipoteza "B"		Ipoteza "C"		Ipoteza "D"	
			Var 1	Var 2	Var 1	Var 2	Var 1	Var 2
Consum anual de energie electrică CEE	KWh / an	2.590,78	2.460	2.209	1.361	1.223	1.879	1.688

Tabel 6.1 - Consumuri de energie electrică aferente ipotezelor de studiu (sursă: realizat de autor pe baza rezultatelor obținute)

Costul anual de energie electrică consumată

Pentru a reflecta beneficiul adus de eficientizarea energetică a proiectului pilot analizat, s-a considerat costul consumului de referință Ipoteza A, rezultat din monitorizarea directă, față de care se realizează economiile de energie prin diferitele ipoteze analizate.

Față de acest cost al consumului de referință, s-au analizat economiile de cost pentru fiecare ipoteză, "B","C","D", și pentru fiecare variantă în cadrul aceleiasi ipoteze.

Consum de energie electrică	UM	Monitorizare directă ipoteza "A"	Consum de caldură pentru încălzire					
			Ipoteza "B"		Ipoteza "C"		Ipoteza "D"	
			Var 1	Var 2	Var 1	Var 2	Var 1	Var 2
Costi anualept. energie electrică consumată	RON % din A	1.554 100 %	1.476 95,0 %	1.326 85,3 %	817 52,6 %	734 42,7 %	1.128 72,6 %	1.013 65,2 %

Tabel 6.2 - Costuri anuale pentru energie electrică aferente ipotezelor de studiu (sursă: realizat de autor pe baza rezultatelor obținute)

6.2.1 Rata de actualizare

Rata de actualizare (costul capitalului) reprezintă rata minimă a rentabilității, cerută pentru a satisface cerințele de rentabilitate ale investitorului.

Rata de actualizare s-a considerat dobânda medie la depozite bancare în lei, având în vedere faptul că valoarea investiției nu permite alte modalități viabile de plasare a acestor sume (investiții imobiliare, pe piață de capital, etc).

Rata de actualizare s-a bazat pe analiza profitabilității pe piața bancară a unui depozit de 10.000 lei (similar investiției necesare pentru realizarea economiilor de costuri vizate de fiecare ipoteza).

Pe baza acestor considerente, rata de capitalizare a fost considerată 2,3% - similară depozitelor bancare cele mai profitabile de pe piață la data analizei.

Banca	Marfin Bank	TBI Bank	Carpatica
Depozit de produs	Depozit la termen	Depozitul Promo	Depozitul Flexibil
Rata de dobândă	1,90 %	2,35 %	2,05 %
Tipul dobânzii	fixă	fixă	fixă
Plata dobânzii	la scadență	la scadență	la scadență
Dobândă netă după impozitare	159,60	197,40	172,20
Suma acumulată	10.159,60	10.197,40	10.172,20

Tabel 6.3 - Rata de capitalizare maximă la data realizării analizei (sursă: desenat de autor după datele obținute la data analizei)

6.2.2 Factorii de actualizare

Factorii de actualizare sunt calculați pe baza ratei de actualizare și reflecta valoarea prezentă a fluxurilor de numerar viitoare, conform principiului economic care stipulează ca o sumă de bani obținută în viitor va fi întotdeauna mai mică decât aceeași sumă obținută în prezent.

Formula de calcul a factorului de actualizare este:

$$\text{Factor de actualizare} = \frac{1}{(1+r)^n}$$

r = rata de actualizare

n = departarea temporală față de momentul realizării investiției (t_0)

6.2.3 Beneficii anuale actualizate

Beneficii anuale actualizate reprezintă valoarea beneficiilor rezultate din economia de consum de energie electrică, actualizată la momentul realizării investiției (t_0) cu factorul de actualizare aferent momentului producerii economiei de costuri (t_n).

6.2.4 Valoare reziduală

Estimarea valorii reziduale s-a făcut în baza ipotezei de continuare a activității constant la nivelul ultimului an de previziune. Valoarea reziduală este dată de capitalizarea fluxului de numerar disponibil din ultimul an de previziune explicită cu rata de capitalizare, iar ulterior prin actualizarea valorii astfel rezultate cu factorul de actualizare aferent ultimului an de previziune explicită.

$$\text{Val. reziduala} = \frac{CF_n}{r} \times \frac{1}{(1+r)^n}$$

CF_n = fluxul de numerar în ultimul an de previziune explicită

r = rata de actualizare

6.2.5 Investiția suplimentară pentru obținerea eficienței energetice

Costul investiției necesare obținerii economiei de costuri a fost considerat costul suplimentar față de Ipoteza "A" pentru fiecare ipoteza (B, C, D).

Pentru determinarea costurilor suplimentare în tabelul din tabelul 6.4 apar costurile totale de edificare considerând toate lucrările aferente implementării tehnologiilor pentru fiecare din ipoteze.

Raționamentul pentru care s-a luat în calcul doar costurile suplimentare ale investiției este faptul că aceste costuri generează efectiv economia de consum de energie electrică, celelalte costuri fiind identice în fiecare variantă constructivă, deci nu au o contribuție directă la fluxul de numerar analizat.

Nr. crt.	Specificații	Cost edificare euro	Cost edificare lei
1	Ipoteza "A"	68.848,67	309.818,15
2	Ipoteza "B"	68.948,67	309.918,15
3	Ipoteza "C"	71.099,64	319.948,39
4	Ipoteza "D"	68.866,83	309.900,75

Tabel 6.4 - Costurile edificare proiect pilot aferente fiecărei ipoteze (sursă: realizat de autor pe baza rezultatelor obținute)

6.2.6 Valoarea actualizată netă (VAN)

Valoarea actualizată netă (net present value) reprezintă câștigul investitorului pentru capitalul investit în proiectul vizat, exprimat în valoare absolută. VAN face compararea între fluxul de numerar total actualizat (incluzând valoarea reziduală), degajat pe durata de funcționare a investiției. Momentul de referință pentru calculul valorii actualizate a economiilor de costuri este momentul demarării investiției ($t=0$). VAN este un indicator integral de eficiență a investițiilor de tipul diferenței, ce pune în evidență surplusul de numerar în raport cu costul investiției, toate exprimate în valori actualizate.

VAN se determină prin deducerea din valoarea actualizată a economiilor de cost generate de eficiența energetică, a valorii investiției inițiale – investiția suplimentară necesară obținerii eficienței energetice, calculate ca diferență între ipoteza de bază "A" și fiecare ipoteză de eficientizare energetică "B"-"D".

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}$$

unde:

CF_t = beneficiile financiare rezultate din economia de consum de energie electrică;

r_t = rata de actualizare, respectiv costul capitalului pentru proiect în anul t ;

n = numărul de ani de funcționare a proiectului.

Valoarea investiției suplimentare necesare pentru obținerea eficienței energetice este cunoscută în momentul terminării execuției proiectului (t_0). Ea este valoarea "la zi" deja actualizată. Ca atare, rămâne de actualizat doar valoarea beneficiilor nete din economia de consum energetic, pentru a putea compara cele două fluxuri.

Relația completă de calcul a VAN, este:

$$VAN = -CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}$$

Criteriul de acceptabilitate:

- dacă $VAN > 0$, atunci proiectul este acceptabil;
- dacă $VAN < 0$, atunci proiectul nu este acceptabil;
- dacă $VAN = 0$, atunci investiție este marginală proiect a cărui acceptabilitate nu se judecă în funcție de criteriile financiare pentru ca din acest punct de vedere, efortul investițional este egal cu efectul, proiectul negenerând nici pierderi, nici câștig.

Dintre avantajele de bază ale criteriului Valorii actualizate nete se pot enumera:

1. Criteriul VAN recunoaște valoarea temporală a banilor, orice alt criteriu care nu recunoaște acest aspect putând fi considerat incorect;

2. VAN depinde doar de fluxurile de numerar generate de proiectul analizat (beneficiul realizat din economia de cost cu energia) și de costul de oportunitate al capitalului (rata de actualizare). Orice metodă influențată de performanțele unor proiecte similare deja existente va conduce la concluzii mai puțin relevante;
3. VAN utilizează toate fluxurile de numerar, inclusiv cele terminale (valoarea reziduala).

6.2.7 Raportul cost-beneficiu

Raportul cost-beneficiu mai este cunoscut și sub denumirea de Indice de profitabilitate (Profitability index). Indicele se calculează ca raport față de investiția inițială al valorii actualizate a economiilor de numerar nete estimate a fi realizate prin exploatarea proiectului:

$$\text{Raport } C/B = \frac{VA}{CF_0} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}}{CF_0} = \frac{1}{CF_0} \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}$$

unde:

VA = valoarea actualizată a fluxurilor de numerar estimate a fi generate de proiect;
 CF₀ = valoarea investiției inițiale.

Criteriul de acceptabilitate:

- dacă raportul C/ B > 1, atunci proiectul este acceptabil;
- dacă raportul C/ B < 1, atunci proiectul nu este acceptabil;
- dacă raportul C/ B = 0, atunci investiția este marginală.

În afară de faptul că este foarte simplu și se bazează pe fluxurile de numerar actualizate, raportul cost-beneficiu ajută la rezolvarea neajunsurilor majore implicate de folosirea VAN, exprimând profiabilitatea proiectului investițional pe unitatea monetară investițională (efectul investițional pe unitatea de efort investițional). Indicatorul raportului cost-beneficiu devine foarte util atunci când se pune problema clasificării proiectelor de investiții avute în vedere. Atunci când valorile VAN sunt foarte apropiate, verdictul este dat de raportul cost-beneficiu – predomină criteriul eficienței, respectiv al efectului investițional raportat la unitatea de efort investițional). Atunci când valorile VAN sunt foarte îndepărtate unele de altele, verdictul este dat de VAN – predomină criteriul câștigului absolut.

6.2.8 Rata internă de rentabilitate (RIR)

RIR reprezintă acea rată de actualizare (ca și cost de oportunitate) pentru care VAN = 0:

$$VAN = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+RIR)} + \frac{CF_2}{(1+RIR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+RIR)^n} = 0$$

Stabilirea RIR derivă din calculul VAN, însă valoarea ei se determină printr-o metodă iterativă de rezolvare a ecuațiilor algebrice.

Interpretarea valorilor RIR este următoarea:

1. Dacă $RIR = r$, atunci investiția degajă un flux de numerar egal cu capitalul investit și, pe durata sa de viață economică, rentabilitatea anuală a capitalului este egală cu costul de oportunitate al capitalului;
2. Dacă $RIR < r$, înseamnă că proiectul nu este eficient, deoarece investiția inițială ($-CF_0$) devine mai mare decât fluxurile de numerar actualizate generate de proiectul investițional pe durata de funcționare. În acest caz, VAN va fi negativ;
3. Dacă $RIR > r$, rezultă că proiectul de investiție este acceptabil, în acest caz VAN având o valoare pozitivă.

RIR reprezintă criteriul de referință ideal pentru aprecierea mărimii costului de finanțare a proiectului. Dacă RIR depășește costul fondurilor utilizate pentru finanțarea proiectului, surplusul rămas revine investitorilor. Astfel, economiile de costuri generate de investiție vor conduce la creșterea disponibilităților financiare ale investitorului.

6.3 Evaluarea rezultatelor analizei economice a rentabilității investițiilor

Valorile indicatorilor analizați în cadrul analizei cost-beneficiu sunt următorii:

Ipoteze	VAN	Raport cost-beneficiu	RIR	Durata de recuperare a investiției (ani)
IPOTEZA "B" - VARIANTA 1	3.291,30	33,91	78%	1,31
IPOTEZA "B" - VARIANTA 2	9.813,04	99,13	221%	0,45
IPOTEZA "C" - VARIANTA 1	21.913,24	3,16	13%	14,06
IPOTEZA "C" - VARIANTA 2	25.521,93	3,52	15%	12,64
IPOTEZA "D" - VARIANTA 1	18.439,14	224,23	502%	0,20
IPOTEZA "D" - VARIANTA 2	23.439,14	284,77	638%	0,16

Tabel 6.5 Valorile indicatorilor analizați în cadrul analizei cost-aferețe (sursă: realizat de autor pe baza rezultatelor obținute)

Ipoteza de referință este ipoteza A. În urma analizei economice în cazul ipotezei C valoarea economiilor nete de investiție generate de îmbunătățirile aduse față de ipoteza A sunt cuprinse între 21.913,24 și 25.521,93 cu o durată de recuperare

a diferenței de costuri de edificare de cca. 12-14 ani. În cazul ipotezei D valoarea economiilor nete de investiție generate de îmbunătățirile aduse față de ipoteza A sunt cuprinse între 18.439,14 și 23.439,14 cu o durată de recuperare a diferenței de costuri de edificare de cca. 0,2 ani.

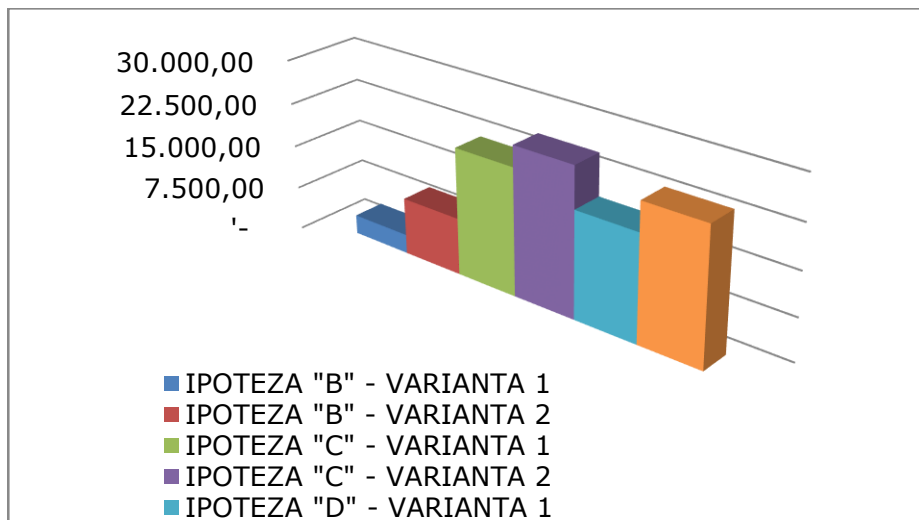


Figura 6.1 - Valoarea actualizată netă aferentă ipotezelor de analiză

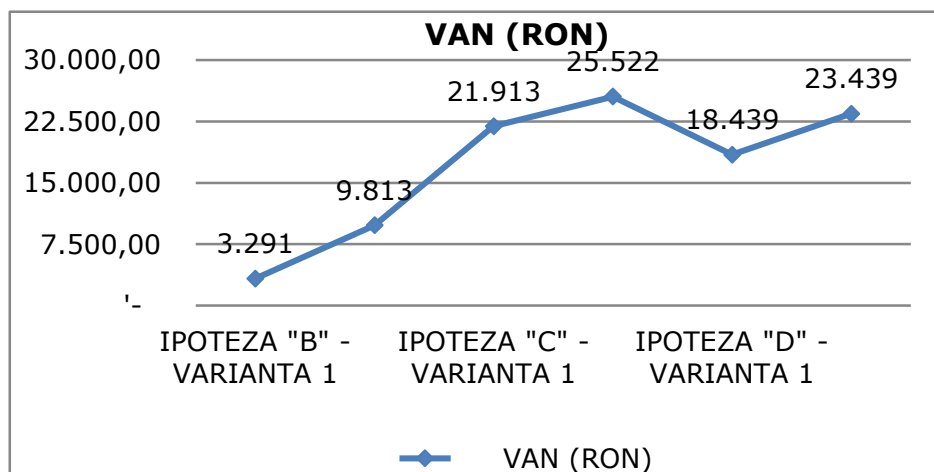


Figura 6.2 - Valoarea actualizată netă aferentă ipotezelor de analiză

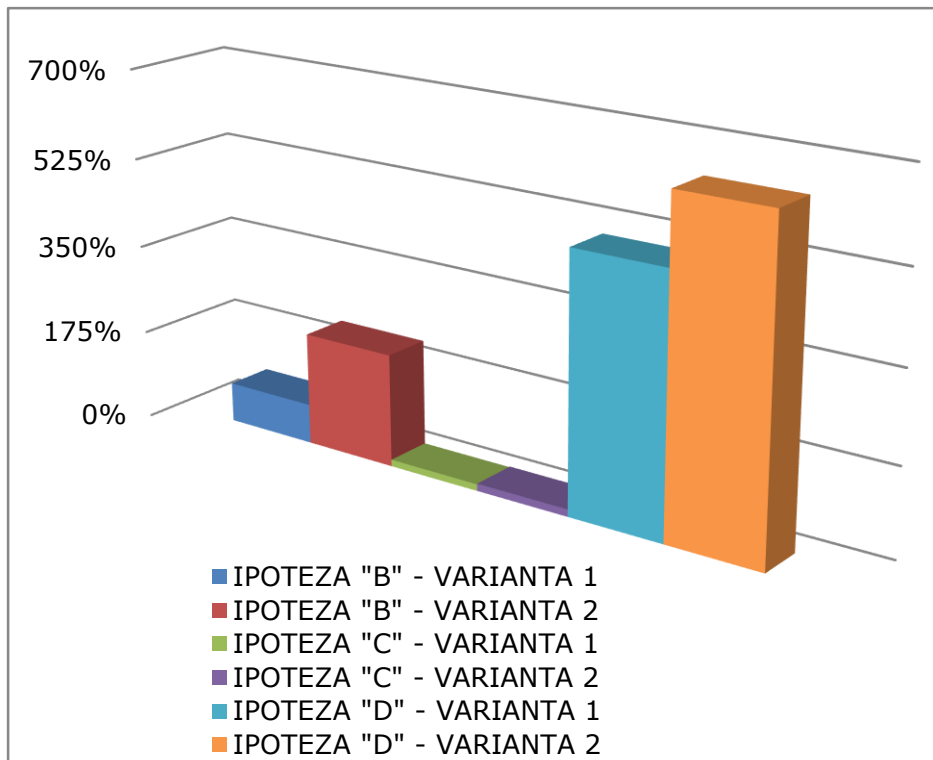


Figura 6.3 - Valoarea ratei de actualizare aferentă ipotezelor de analiză

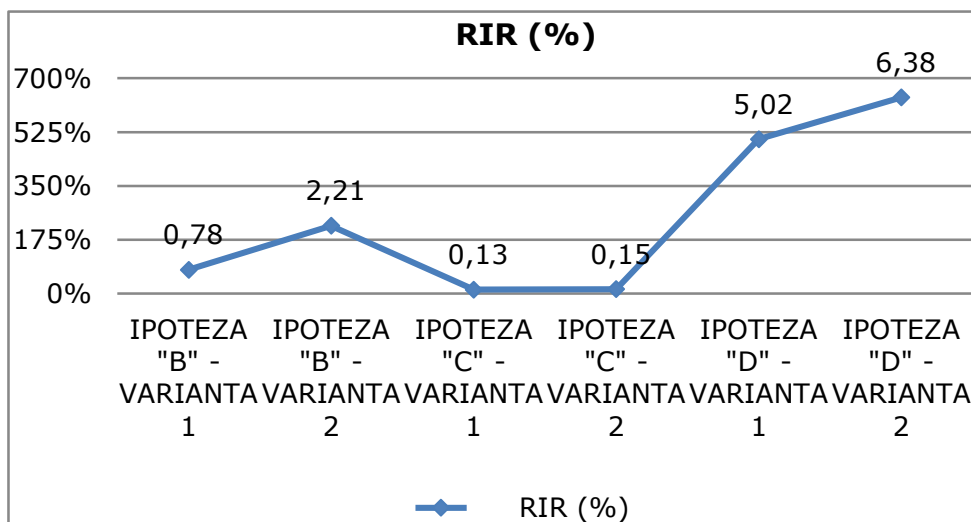


Figura 6.4 - Grafic comparativ al ratei de actualizare aferentă ipotezelor de analiză

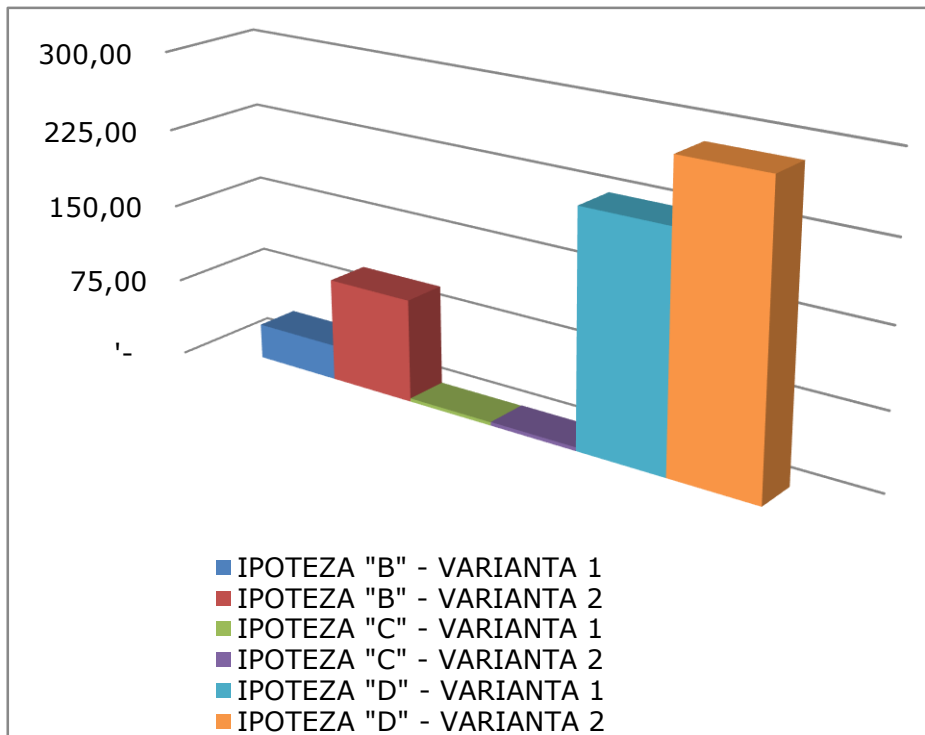


Figura 6.5 - Valoarea raportului cost-beneficiu aferent ipotezelor de analiză

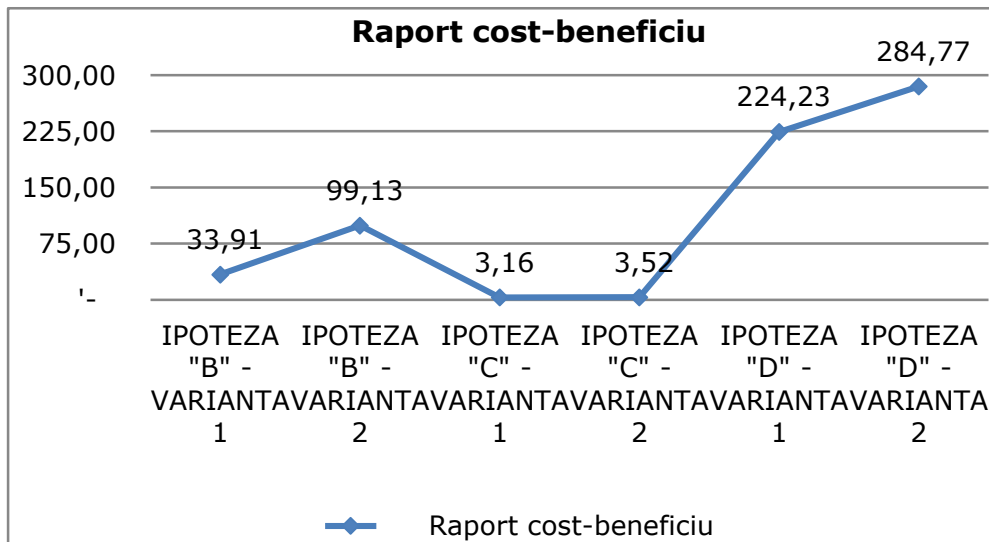
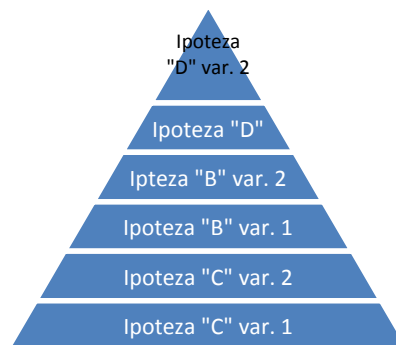


Figura 6.6 - Grafic comparativ raport cost-beneficiu

Din analiza efectuată se poate observa că toate ipotezele și variantele reprezintă investiții acceptabile – cu beneficii viitoare mai mari decât investiția necesară creării economiei de costuri.

Se poate observa că ambele variante ale Ipotezei „D” conduc la maximizarea investiției realizate față de celelalte ipoteze, având cea mai mare rată internă de renatabilitate (RIR) și cea mai mică durată de recuperare a investiției.

Ierarhizarea acceptabilității ipotezelor și variantelor în cadrul ipotezelor poate fi făcută astfel:



Listă referințe – capitolul VI

[1] Butler et al./ 1993, pag. 5

[2] Costea Munteanu si Alexandra Horobet, Finante Transnationale, 2013, pag. 33

CAPITOLUL VII – COCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII PERSONALE. VALORIFICAREA REZULTATELOR. PUBLICAȚII.

7.1 Concluzii finale

Analiza efectuată în cadrul acestei lucrări ia în considerare faptul că în preajma anului 2014 fondul construit din România ocupa o suprafața construită de circa 493 000 000 m², 86% din aceasta fiind reprezentată de clădirile rezidențiale. Din cele 8,1 milioane de unități locative, locuințele unifamiliale sunt dominante, reprezentând 61% din acestea.

Pentru sectorul rezidențial se poate spune:

- 88,5% din unitățile locative sunt ocupate permanent;
- Aproape jumătate din totalul locuințelor (47,5%) sunt situate în zonele rurale, ceea ce înseamnă că procentul de populație rurală din România este peste media europeană;
- În zonele rurale, 95% din unitățile locative sunt locuințe individuale (unifamiliale);
- În zonele urbane, 72% din unitățile locative sunt situate în blocuri de locuințe (care au în medie cca. 40 de apartamente per bloc);
- Peste 60% din blocurile de locuințe au regim de înălțime P+4 etaje, iar 16% au P+10 etaje;
- Forma dominantă de proprietate este proprietatea privată, fenomen început în anii 1970 ce s-a accentuat după ani 1990 și care reprezintă 84% din fondul total de clădiri rezidențiale, restul de cca. 1% din clădiri se află în proprietate publică, iar 15% sunt clădiri deținute sub o formă de proprietate mixtă;

În ceea ce privește vechimea acestora, majoritatea clădirilor rezidențiale au fost construite în a doua jumătate a secolului XX, evidențiindu-se perioada 1961-1980. În această perioadă, marea majoritate a locuințelor din România au fost construite fără să existe cerințe termice specifice ale elementelor de construcții care alcătuiesc envelopele acestora.

Se poate afirma că problema confortului termic și a consumului de energie în clădirile rezidențiale este în majoritatea situațiilor abordată convențional, situație care conduce la efecte negative cu un impact major. Soluțiile de reabilitare termică deși au efecte pozitive abordează unilateral problematica consumului de energie și a poluării aferente.

Prin urmare, putem afirma că este necesară elaborarea unor studii care să cuprindă și să trateze procesul de proiectare și edificare a construcțiilor rezidențiale

noi fără a scăpa din vedere stabilirea măsurilor necesare pentru reabilitarea clădirilor de locuit existente.

Procesul de proiectare planificată trebuie să pună accentul pe sustenabilitatea energetică a locuințelor cât și a întregului cartier căutând soluții de interconectare energetică, "energy sharing" și producere a energiei electrice pe cât posibil din surse locale și regenerabile pe de o parte.

Studiul ipotezelor prezentate în capitolele 4 și 5 pune în evidență o analiză comparativă a consumurilor de energie necesară pentru asigurarea condițiilor optime pentru funcțiunea de locuire într-o construcție pilot și analiza rezultatelor în cazul ipotezelor teoretice rezultate cât și costurile necesare pentru edificare și întreținere anuală. Plecând de la rezultatele provenite din monitorizarea directă a proiectului pilot, Ipoteza A, cea a situației existente, studiul prezintă variante cu grad diferit de reducere a consumului de energie ipotezele studiate utilizând și materiale diferite.

Rezultatele cu privire la costurile necesare pentru edificarea construcției în diferitele ipoteze pun în evidență un cost suplimentar de cca. 3000 euro între o construcție cu un consum de peste 100 kWh/mp/an (ipoteza A) și o construcție ce îndeplinește criteriile unei construcții considerată "Casă cu necesar energetic scăzut (CBES)" (Ipoteza C).

Investiția suplimentară de 3000 euro a dus conform calculelor efectuate cu privire la consumul anual de energie, la o scădere de cca. 45% a costurilor anuale de întreținere în Ipoteza C. În cadrul estimărilor rezultate a fost considerată o marjă de eroare rezultată prin calcul de +5% între simulările teoretice și monitorizările reale.

Un alt aspect pus în evidență în urma studiului pune în evidență faptul că costurile de edificare și performanțele energetice sunt asemănătoare atât în cazul sistemelor de construcții bazate pe zidarie cât și în cazul sistemelor structurale tip pereți sandwich.

Simulările efectuate reprezintă un prim pas în validarea soluțiilor de analiză realizate pe o construcție pilot existentă urmărindu-se atent diferențele de performanță și cost rezultate în cadrul fiecărei simulări.

7.2 Contribuțiile autorului

O enumerare a contribuțiilor majore ale autorului este următoarea:

1. Proiectarea și realizarea unei construcții pilot cu funcțiunea de locuință, în cadrul careia au fost implementate anumite tehnologii existente pe piața din România ce utilizează energii neconvenționale și sisteme de construire ce contribuie la o scădere a consumului de energie.
2. Urmărirea costurilor de edificare pentru construirea proiectului pilot.
3. Monitorizarea directă și înregistrarea periodică a consumurilor de energie și costurilor de întreținere a construcției pilot ce funcționează cu pompă de căldură apă-apă.

4. Investigarea problemelor cu privire la consumul de energie, pierderile de energie aferente proiectului pilot.

5. Propunerea unui set de variante de simulări care să pună în evidență gradele diferite de reducere ale consumurilor de energie cât și diferențele cu privire la costurile de construcție în funcție de intervențiile suplimentare propuse și materialele utilizate pentru eficientizarea construcției pilot. Realizarea analizelor pentru ipotezele diferite și compararea rezultatelor.

6. Propunerea unei direcții de cercetare în legătură cu poziționarea și orientarea locuințelor individuale în cadrul parcelei, plecând de la situația existentă pe sit și urmărind reducerea acesteia la un model numeric simplificat.

7.3 Valorificarea rezultatelor. Publicații.

Valorificarea rezultatelor obținute și diseminarea acestora a fost în primul rând realizată prin participarea la programul de cercetare POSDRU „Parteneriat interuniversitar pentru excelență în inginerie - PARTING, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, axa prioritară: 1 „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”, domeniul major de intervenție: 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”, program în cadrul căruia autorul a fost implicat direct în elaborarea rapoartelor științifice de cercetare cât și a rapoartelor parțiale de sinteză.

Sinteze cu rezultatele cercetării au fost valorificate prin publicarea în reviste de specialitate cât și prin prezentarea în cadrul unor conferințe naționale și internaționale:

Lucrări științifice publicate în cadrul unor manifestări științifice internaționale (Proceedings):

- Cristian Maracineanu, Smaranda Maria Bica, “The Energy-Efficient Home - Timisoara 'EEH' Pilot Project”, 2nd Conference for PhD students in Civil Engineering CE-PhD 2014, 10-13 December 2014, Cluj-Napoca, Romania.

- Cristian Mărăcineanu, Bica Smaranda Maria, “Analysis of building performance of an efficient house working with ground source heat pump”, Second International Conference on Advances in Civil, Structural and Construction Engineering - CSCE, 2015, Roma, Italia, 18 -19 Aprilie 2015.

Lucrări științifice prezentate în cadrul unor conferințe internaționale:

- Cristian Maracineanu, Smaranda Maria Bica, “The Energy-Efficient Home - Timisoara 'EEH' Pilot Project”, 2nd Conference for PhD students in Civil Engineering CE-PhD 2014, 10-13 December 2014, Cluj-Napoca, Romania. - Cristian Mărăcineanu, Bica Smaranda Maria, “Analysis of building performance of an efficient house working with ground source heat pump”, Second International Conference on Advances in

Civil, Structural and Construction Engineering - CSCE, Roma, Italia, 18 -19 Aprilie 2015.

- Tamasan Maria, Cristian Maracineanu, Smaranda Maria Bica, "Project for enhancing archaeological heritage in romanian villages - an environmental friendly saving approach", 15th International multidisciplinary scientific geoconference-SGEM 2015, Alebna, Bulgaria 18-24 iunie 2015.

- Cristian Maracineanu, Tamasan Maria, Smaranda Maria Bica, "Solar Efficient Technologies for Valorising an Archaeological Site in the Rural Area Romania", 10th biennial International Conference on Processes in Isotopes and Molecules (PIM 2015) Cluj Napoca, Romania 23-25 sept 2015, 24.09.2015.

Lucrări științifice publicate în cadrul unor reviste de specialitate internaționale:

- Cristian Mărăcineanu, Bica Smaranda Maria, Analysis of building performance of an efficient house working with ground source heat pump, International Journal of civil and structural engineering - IJCSE 2015, Volum 2, Nr. 2, pag. 413-417, Italia, ISSN 2372-3971, 2015.

- Cristian Mărăcineanu, Tămașan Maria, Smaranda Maria Bica, "An eco-friendly approach for enhancing rural archaeological heritage in Romania" Structures and Architecture Beyond the Limits, CRC Press 2016, Pages 1135-1143, ISBN978-1-138-02651-3, eBook ISBN: 978-1-317-54996-3, DOI: 10.1201/b20891-156.

Lucrări științifice publicate în cadrul unor reviste de specialitate naționale:

- Cristian Mărăcineanu, Bica Smaranda Maria, "Architectural and Energy Performance Analysis: a Case Study on a New Building in Timisoara", Acta Electrotehnica, Volumul 56, Nr. 1-2, pag. 74-77, Mediamira Science Publisher, 2015, ISSN 2344 - 5637, ISSN-L 1841 - 3323.

7.4 Propuneri de continuare a cercetărilor

În plan teoretic este considerată utilă aprofundarea metodei teoretice de studiu și amplasare a locuințelor pe parcelă. Crearea a unui soft computerizat care prin utilizarea bazelor on-line de date climatice și introducerea manuală a datelor locale să indice cu precizie poziția ideală pentru amplasarea locuințelor presupune un studiu aprofundat privind o corelare bună între:

- informațiile climatice din bazele de date on-line;
- informațiile introduse manual de arhitect în urma studiului de amplasament;
- corelarea cu planurile zonale de urbanism.

Programul experimental poate fi continuat prin analizarea eficienței rezultate în urma interconectării energetice a unui grup de locuințe individuale eficiente energetic în vederea realizării unui sistem tip "energy sharing". Acesta trebuie să fie bazat pe producerea locală, în cadrul fiecărei unități, a energiei electrice sau termice prin tehnologii bazate pe surse de energie regenerabilă.

Realizarea acestor analize și continuarea cercetării experimentale poate duce la obținerea unor informații asupra capacităților de producere a energiei electrice minime necesare pentru fiecare unitate conectată în rețeaua tip "energy sharing" cât și monitorizarea consumurilor de energie în cadrul acestui tip de sistem.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Living Planet Report 2006, WWF, The Global Conservation Organization, 2006; [2] The Niensens website, www.nielsen.com;
- [3] Mariana, Stanciu, Institutul de Cercetare a Calității Vietjii;
- [4] Adrian, Botici, *Studiul Soluțiilor de reabilitare pentru clădiri de locuit cu panouri mari prefabricate din beton armat*, Universitatea Politehnică Timișoara, Editura Politehnica, 2014;
- [5] Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice, *Strategia pentru mobilizarea investițiilor în renovarea fondului de clădiri rezidențiale și comerciale, atât publice cât și private, existente la nivel național*;
- [6] Institutul Național de Statistică;
- [7] Estimări BPIE bazate pe sondajul realizat pentru raportul BPIE, *European Buildings under the Microscope*, 2011;
- [8] website: www.buildings-typology.eu;
- [9] *Raport privind evaluarea potențialului național de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență și a termoficării și răcirii centralizate*;
- [10] www.archive.epa.gov;
- [11] PWC România: *Provocări și oportunități pentru sistemul de furnizare centralizată a energiei termice din România*, iunie 2011;
- [12] STAS 6472/3-89 , *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.*
- [13] STAS 6472/3-84, *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.*
- [14] STAS 6472/3-75, *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul rezistenței la transfer termic și la stabilitate termică.*
- [15] STAS 6472/3-73, *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul rezistenței la transfer termic și la stabilitate termică.*
- [16] STAS 6472, *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul rezistenței la transfer termic și la stabilitate termică.* 1968
- [17] STAS 6472, *Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calculul rezistenței la transfer termic și la stabilitate termică.* 1961

- [18] C 107-2005, *Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.*
- [19] C-107/0-2002 , *Proiectarea și execuția lucrărilor de izolații la clădiri.*
- [20] C-107/1-2005 , *Normativ privind calculul coeficientului global de izolare termică la clădiri de locuit.*
- [21] C-107/2-2005 , *Normativ privind calculul coeficientului global de izolare termică la clădiri cu alte destinații decât cele de locuit.*
- [23] C-107/3-2005 , *Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.*
- [24] C107/4-2005, *Ghid pentru calculul performanțelor termotehnice ale clădirilor de locuit.*
- [25] C 107/5-2005, *Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție în contact cu solul.*
- [26] C 107/6-2002 , *Normativ general privind calculul transferului de masă prin elementele de construcție.*
- [27] C 107/7-2002, *Normativ pentru proiectarea la stabilitate termică a elementelor de închidere a clădirilor.*
- [28] Tologea, S., Pop, S., *Executarea lucrărilor de construcții*, Editura Tehnică București, 1987.
- [29] Centrul de documentare pentru Construcții, Arhitectură și Sistemizare (CDCAS), *Construcții de locuințe*, buletin de informare tehnică BIT, caietul tehnic D, nr. 6/1968.
- [30] Legea 114/1996 , *legea locuinței.*
- [31] Legea 10/1995, *privind calitatea în construcții.*
- [32] Legea 372/2005, *privind performanța energetică a clădirilor.*
- [33] Directiva 2002/91/CE *privind performanța energetică a clădirilor.*
- [34] Ordinul nr. 157/2007 *pentru aprobarea reglementării tehnice Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor.*
- [35] NP 060-02, *Normativ privind stabilirea performanțelor termo-higro-energetice ale anvelopei clădirilor de locuit existente în vederea reabilitării lor termice.*
- [36] MC 001/2006, *Metodologie de calcul a performanței energetice a clădirilor.*

- [37] Directiva 2010/30/CE, *privind indicarea, prin etichetare și informații standard despre produs, a consumului de energie și de alte resurse al produselor cu impact energetic.*
- [38] NP 051/2001, *Normativ pentru adaptarea clădirilor civile și spațiului urban aferent la exigențele persoanelor cu handicap.*
- [39] Legea 50/1991 privind autorizarea executării lucrărilor de construcții.
- [40] Iancău, M, *Ultra-low energy buildings,* "Journal of Sustainable Energy", vol. I, nr. 4, 2010.
- [41] Iancău, M, *Heat transfer problems in an energy efficient building,* Journal of Sustainable Energy, vol. II, nr. 4, 2011.
- [42] Balota, R.S, *Recent progress in non residential building energy simulation software,* Journal of Sustainable Energy, vol. IV, nr. 3, 2013.
- [43] Clement, P, *Building energy retrofitting: from energy audit to renovation proposals The case of an office building in France,* Stockholm: Master of Science Thesis KTH School of Architecture and the Built Environment, 2012.
- [44] Lundström, L, *Weather data for building simulation New actual weather files for North Europe combining observed weather and modeled solar radiation,* School of Sustainable Development of Society and Technology, HST, 2012.
- [45] Newell, P, *Climate for Change - Non state actors and the global Politics of the Greenhouse,* Cambridge University Press, 2000.
- [46] Ourghi, R.A, *A simplified analyses method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings,* Energy Conversion and Management, no. 48, 2007.
- [47] Evans, R.L, *Fueling Our Future: An Introduction to Sustainable Energy,* Cambridge University Press, 2007.
- [48] Almusaed, A, *Effective thermal insulation - the operative factor of a passive building model,* InTech, 2012.
- [49] Dubois, Marie-Claude, *State-of-the-Art of Digital Tools Used by Architects for Solar Design,* 2010.
- [50] I. Tosun, *Modeling in transport phenomena - a conceptual approach,* Elsevier Science & Technology Books, 2007.
- [51] *The Fundamental Importance of Buildings in Future EU Energy Saving Policies,* 2010.

- [52] Council, U. G. B., *LEED Reference Guide for Green Building Design*, US Green Building Council, 2009.
- [53] Broin, E. Ó, *Energy Demands of European Buildings: A Mapping of Available Data, Indicators and Models*, 2007.
- [54] Beshears, Jhon, *Quantifying the Dynamic Envelope: Climate Responsive Façade Design for Thermal, Visual Comfort, and Energy Performance in a Laboratory Building*, in BESS 2010: High Performance Building Enclosures - Practical Sustainability Symposium, 2010.
- [55] Speyer, R. F, *Thermal Analysis of Materials*, Marcel Dekker Inc., 1994.
- [56] Szokolay, S. V, *Introduction to architectural science the basis of sustainable design*, 2004.
- [57] Davies, M. G, *Building Heat Transfer*, John Wiley & Sons Inc, 2004.
- [58] F. Y. C.P. Underwood, *Modelling Methods for Energy in Buildings*, Blackwell Publishing company, 2004.
- [59] Guvernul României, Ordinul nr. 2513/2005
- [60] Institutul Național de Statistică, *Balanța energetică și structura utilajului energetic*, Bucuresti, 2008-2010.
- [61] Toricelli, P, Pless, S și Deru, M, *Zero energy buildings: A critical look at the definition*, ACEE Summer study Pacific Grove, 2007.
- [62] European Commission, *Green Paper: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*, Brussels, 2006.
- [63] Dramu, P. N, *Importanța Climatologiei Urbane pentru evoluția orașelor din România*, R. Moldova, 2010
- [64] Danish Building Institute, *European Strategies to move towards very low energy buildings*, 2008.
- [65] Bradshaw. V, *The Building Environment: Active and Passive Control Systems : Third Edition*, Wiley and Sons INC., 2006.
- [66] DesignBuilder, *DesignBuilder EnergyPlus Simulation Documentation for DesignBuilder v2.3*, DesignBuilder.com, 2010.
- [67] Buildings Performance Institute Europe, *Implementarea clădirilor cu consum de energie aproape zero (nZEB) în România*, Institutul European pentru Performanța Energetică a Clădirilor (Buildings Performance Institute Europe – BPIE), 2012.

- [68] Oprea, C., *Radiația solară – aspecte teoretice și practice*, București, 2005.
- [69] Comisia UE, *Strategie UE privind adaptarea la schimbările climatice*, Bruxelles, 2013.
- [70] Agenția Europeană de Mediu, *Schimbările climatice devin evidente în întreaga Europă, confirmând necesitatea urgentă de adaptare*, Bruxelles, 2013.
- [71] Passiv Haus Institut, <http://passipedia.org/>, Passiv Haus Institut, 2015. <http://www.passiv.de/>, <http://passipedia.org/>. [Accesat 2015].
- [72] INCD URBAN - INCERC, *Date statistice legate de suprafețele construite din România*, 2012.
- [73] <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php> - climate consultant software (accesat 2015).
- [74] <http://data.giss.nasa.gov> (accesat 2015).
- [75] PVGIS (c) European Communities, 2001-2012 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [76] Ordinul Arhitecților din România, *Politica pentru arhitectură în România Cultura mediului construit și calitatea vieții 2010-2015*, București, 2010.
- [77] Gevorkian,P., *Solar power in building design*, 2008.
- [78] International Passive House Association, *Passivhaus primer: Designer's guide A guide for the design team and local authorities*, 2012.
- [79] International Passive House Association, *Passivhaus primer: Contractor's guide*, 2012.
- [80] International Passive House Association , *EnerPHit, Certification as Quality-Approved Energy Retrofit with Passive House Components - Criteria for Residential-Use Refurbished Buildings, Darmstadt, 2010*
- [81] Salans, *O analiză a legislației în domeniul eficienței energetice, realizată în cadrul Proiectului PNUD-GEF: Îmbunătățirea eficienței energetice în gospodăriile și comunitățile cu venituri mici din România*, Raport întocmit de SALANS pentru Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare Români, București 2013.
- [82] Miron,C., *Argumente pentru reabilitarea statutului materialelor locale, ecologice în dezvoltarea sustenabilă a construcțiilor în România*,București, 2012.
- [83] Wall, M., *Energy-efficient terrace houses in Sweden, simulations and measurements*, Energy and Buildings volume 38, 2006, USA: Elsevier Science Ltd.

- [84] Schmitt, Y., Sparber, W., *Monitoring of a multi family passive house in south Tyrol / Italy*, 10th International Passive House Conference, Hannover, Proceedings, Darmstadt, Passivhaus Institut, Mai 2006.
- [85] Gevorkian, P., *Alternative energy systems in building design*, Editura McGraw Hill, New York, 2008.
- [86] Badescu, V., Rotar, N., *Implementation of the German Passivhaus Concept in Southeast Europe*, Journal of Energy Engineering, 2012.
- [87] Hera, D, Drughean, L, Ilie, A, Crutescu, R, *Climatizarea unei case pasive cu functiune mixta*, a XV-a Conferinta; Confort, Eficienta, Conservarea energiei si Protectia mediului, 26 – 27 noiembrie 2008.
- [88] Directorate-General Transport and Energy , *Cost Efficient Passive Houses as European Standards*, A project within the THERMIE Programme of the European Commission, , Project Number: BU/0127/97, (<http://www.cepheus.de/eng/>) (2015).
- [89] Shurcliff, W., *Super insulated houses and double envelope houses: a survey of principles and practice*, Brick House Pub. Co., Architecture, 1981.
- [90] Adamson, B., *Toward Passive Houses in Cold Climates as in Sweden*, Report EBD-R--11/35, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment, Lund University, Udrea Ioana et al / Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 56 No 4 (2013) 15-21 Faculty of Engineering LTH, Sweden, 2011.
- [91] SoDa (Solar Radiation Data), *Solar Energy Services for Professionals*, (<http://www.soda-is.com/eng/index.html>), 2016
- [92] Tarlea, Gratiela, *Schimbator de caldura cu pamantul - Sursa de energie regenerabilă*, UTCB- Conferinta 2008.
- [93] Cobzaru, Alina, *Ghid de buna practica pentru proiectarea instalatiilor de ventilare si conditionare in cladiri*, MDRT- URBAN INCERC.
- [94] Teodosiu, C., *Sistem de instalatii interioare pentru case pasive*, Conferinta UTCB, 2008.
- [95] Makaka, G., Meyer, E. L., McPherson, M. , Thermal behaviour and ventilation efficiency of a low-cost passive solar energy efficient house, Renewable Energy, vol. 33-9, 2008.
- [96] Badescu, V., *Economic aspects of using ground thermal energy for passive house heating*, Renewable Energy, vol. 32-6, 2007.

- [97] Standard de cost « SCOST-04/MDRT » (anexa 24 la HG 363/2010) revizuire 2012.
- [98] Norme metodologice la OUG 18/2009 privind, *Creșterea performanței energetice a blocurilor de locuinte*.
- [99] Mărăcineanu, C, Bica, Smaranda Maria, *Architectural and Energy Performance Analysis: a Case Study on a New Building in Timisoara*, Acta Electrotehnica, Volumul 56, Nr. 1-2, pag. 74-77, Mediamira Science Publisher, 2015, ISSN 2344 – 5637, ISSN-L 1841 – 3323.
- [100] Mărăcineanu, Cristian, Bica, Smaranda Maria, *Analysis of building performance of an efficient house working with ground source heat pump*, International Journal of civil and structural engineering - IJCSE 2015, Volum 2, Nr. 2, pag. 413-417, Italia, ISSN 2372-3971, 2015.
- [101] Tamasan, Maria, Mărăcineanu, Cristian, Bica, Smaranda Maria, *Project for enhancing archeological heritage in romanian villages - an environmental friendly saving approach*, 15th International multidisciplinary scientific geoconference-SGEM 2015, Alebna, Bulgaria 18-24 iunie 2015.
- [102] Mărăcineanu, Cristian, Tămașan, Maria, Bica, Smaranda Maria, *An eco-friendly approach for enhancing rural archaeological heritage in Romania*, Structures and Architecture Beyond their Limits, CRC Press 2016, Pages 1135–1143, ISBN978-1-138-02651-3, eBook ISBN: 978-1-317-54996-3, DOI: 10.1201/b20891-156.
- [103] Mărăcineanu, Cristian, Tămașan, Maria, Bica, Smaranda Maria, *Solar Efficient Technologies for Valorising an Archaeological Site in the Rural Area Romania*, 10th biennial International Conference on Processes in Isotopes and Molecules (PIM 2015) Cluj Napoca, Romania 23-25 sept 2015, 24.09.2015.

ANEXE

Anexa 1 Tabele cu valorile de calcul ale ipotezelor A, B, C, D aferente capitolului VI

IPOTEZA "B" - VARIANTA 1

Specificații	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrică (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)	2.590,7	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "B" Var. 1 (Kwh/an)	2.460,0	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00	2.460,00
Beneficii rezultate din economia de consum de energie electrica (Kwh/an)	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78	130,78

Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00
Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "B" Var. 1 (RON)		1.476,0	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00	1.476,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrica (RON)		78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751	0,95554	0,93405	0,91305	0,89252	0,87246	0,85284	0,83367	0,81492	0,79660	
Beneficii anuale actualizate		76,25	74,53	72,86	71,22	69,62	68,05	66,52	65,03	63,56	62,14	

Anexe 149

Valoare reziduala	2.701,53	
Investitia suplimentara necesara obtinerii eficientei energetice	100,00	
Indicatori de performanta cost-beneficiu:		
VAN (RON)	3.291,30	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	33,91	proiectul este acceptabil
RIR (%)	78%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investitiei (ani)	1,31	

IPOTEZA "B" - VARIANTA 2

Specificații		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrică (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)		2.590,7	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78
Consum anual de energie electrică (CEE) - Ipoteza "B" Var. 2 (Kwh/an)		2.209,0	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00	2.209,00
Beneficii rezultate din economie de consum de energie electrică (Kwh/an)		381,78	381,78	381,78	381,78	381,78	381,78	381,78	381,78	381,78	381,78
Costuri anuale pt. energie electrică consumată (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00

Anexe 151

Costuri anuale pt. energie electrică consumată (CAE) - Ipoteza "B" Var. 2 (RON)		1.326,0	1.326,0	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00	1.326,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrică (RON)		228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00	228,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751	0,95554	0,93405	0,91305	0,89252	0,87246	0,85284	0,83367	0,81492	0,79660	
Beneficii anuale actualizate		222,87	217,86	212,96	208,18	203,50	198,92	194,45	190,08	185,80	181,63	
Valoare reziduală	7.896,79											

152 Anexe

Investiția suplimentară necesară obținerii eficienței energetice	100,00	
Indicatori de performanță cost-beneficiu:		
VAN (RON)	9.813,04	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	99,13	proiectul este acceptabil
RIR (%)	221%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investiției (ani)	0,45	

IPOTEZA "C" - VARIANTA 1

Specificatii	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "C" Var. 1 (Kwh/an)	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0	1.361,0
Beneficii rezultate din economia de consum de energie electrica (Kwh/an)	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7	1.229,7

Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00
Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "C" Var. 1 (RON)		817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00	817,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrica (RON)		737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00	737,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751	0,95554	0,93405	0,91305	0,89252	0,87246	0,85284	0,83367	0,81492	0,79660	
Beneficii anuale actualizate		720,43	704,23	688,40	672,92	657,79	643,00	628,55	614,42	600,60	587,10	

Anexe 155

Valoare reziduala	25.52 6,03	
Investitia suplimentara necesara obtinerii eficientei energetice	10.13 0,24	
Indicatori de performanta cost-beneficiu:		
VAN (RON)	21.91 3,24	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	3,16	proiectul este acceptabil
RIR (%)	13%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investitiei (ani)	14,06	

IPOTEZA "C" - VARIANTA 2

Specificatii	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)	2.590,7	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "C" Var. 2 (Kwh/an)	1.223,0	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00	1.223,00
Beneficii rezultate din economia de consum de energie electrica (Kwh/an)	1.367,7	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78	1.367,78

Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00
Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "C" Var. 2 (RON)		734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00	734,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrica (RON)		820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00	820,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751	0,95554	0,93405	0,91305	0,89252	0,87246	0,85284	0,83367	0,81492	0,79660	
Beneficii anuale actualizate		801,56	783,54	765,93	748,71	731,87	715,42	699,33	683,61	668,24	653,22	

158 Anexe

Valoare reziduala	28.40 0,74	
Investitia suplimentara necesara obtinerii eficientei energetice	10.13 0,24	
Indicatori de performanta cost-beneficiu:		
VAN (RON)	25.52 1,93	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	3,52	proiectul este acceptabil
RIR (%)	15%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investitiei (ani)	12,64	

IPOTEZA "D" - VARIANTA 1

Specificatii		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)		2.590,7	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78	2.590,78
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "D" Var. 1 (Kwh/an)		1.879,0	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00	1.879,00
Beneficii rezultate din economie de consum de energie electrica (Kwh/an)		711,78	711,78	711,78	711,78	711,78	711,78	711,78	711,78	711,78	711,78

Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00
Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "D" Var. 1 (RON)		1.128,0	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrica (RON)		426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00	426,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751	0,95554	0,93405	0,91305	0,89252	0,87246	0,85284	0,83367	0,81492	0,79660	
Beneficii anuale actualizate		416,42	407,06	397,91	388,96	380,22	371,67	363,31	355,14	347,16	339,35	

Anexe 161

Valoare reziduala	14.75 4,53	
Investitia suplimentara necesara obtinerii eficientei energetice	82,60	
Indicatori de performanta cost-beneficiu:		
VAN (RON)	18.43 9,14	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	224,2	proiectul este acceptabil
RIR (%)	502%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investitiei (ani)	0,20	

IPOTEZA "D" - VARIANTA 2

Specificatii		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 9	An 10
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "A" (Kwh/an)		2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7	2.590,7
Consum anual de energie electrica (CEE) - Ipoteza "D" Var. 2 (Kwh/an)		1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0	1.688,0
Beneficii rezultate din economie de consum de energie electrica (Kwh/an)		902,78	902,78	902,78	902,78	902,78	902,78	902,78	902,78	902,78	902,78

Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "A" (RON)		1.554,0	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00	1.554,00
Costuri anuale pt. energie electrica consumata (CAE) - Ipoteza "D" Var. 2 (RON)		1.013,0	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00	1.013,00
Beneficii financiare rezultate din economia de consum de energie electrica (RON)		541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00	541,00
Rata de actualizare	2,30%											
Factor de actualizare		0,97751 7	0,95554	0,93405 6	0,91305 6	0,89252 8	0,87246 1	0,85284 6	0,83367 1	0,81492 8	0,79660 6	
Beneficii anuale actualizate		528,84	516,95	505,32	493,96	482,86	472,00	461,39	451,02	440,88	430,96	

164 Anexe

Valoare reziduala	18.73 7,56	
Investitia suplimentara necesara obtinerii eficientei energetice	82,60	
Indicatori de performanta cost-beneficiu:		
VAN (RON)	23.43 9,14 %	proiectul este acceptabil
Raport cost-beneficiu	284,7	proiectul este acceptabil
RIR (%)	638%	proiectul este acceptabil
Durata de recuperare a investitiei	0,16	

