

POROZITATEA FORMELOR ARHITECTURALE ORGANICE

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

Arh. Giurea Diana

Conducător științific:

Referenți științifici:

prof.univ.dr.arh. Cristian Dumitrescu

prof.dr. Cristian Cheșuț

prof.dr.arh. Vlad Gaivoronschi

conf.dr. arh. Beatrice Jöger

Ziua susținerii tezei: 22 ianuarie 2016

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 2. Chimie | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 3. Energetică | 12. Ingineria sistemelor |
| 4. Ingineria Chimică | 13. Ingineria energetică |
| 5. Inginerie Civilă | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 6. Inginerie Electrică | 15. Ingineria materialelor |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 16. Inginerie și Management |
| 8. Inginerie Industrială | 17. Arhitectură |
| 9. Inginerie Mecanică | 18. Inginerie civilă și instalații |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul scolii 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, 2016

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” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Facultății de Arhitectură și Urbanism a Universității „Politehnica” din Timișoara.

Mulțumiri deosebite îi adresez conducătorului meu de doctorat Prof.Dr.arh. Cristian Dumitrescu pentru competența îndrumare, înțelegere, răbdare și sprijin moral acordat pe durata elaborării tezei, pentru indicațiile și sugestiile de înalt nivel științific.

Deosebită recunoștință și multe mulțumiri adresez referenților, membri ai comisiei de doctorat: Prof. Dr. Arh. Vlad Gaivoronschi, de la Universitatea Politehnica, Facultatea de Arhitectură și Urbanism, Timișoara, Prof.Dr. Cristian Cheșuț, de la Universitatea de Artă și Design, Cluj Napoca, Conf.Dr.Arh. Beatrice Jöger de la Universitatea de Arhitectură și Urbanism "Ion Mincu", București, pentru timpul și răbdarea alocate analizei lucrării, pentru sugestiile și observațiile acordate, și acceptul de a mă onora cu prezența la susținerea tezei. Îi mulțumesc doamnei prof.dr.arh. Smaranda Bica, de la Universitatea Politehnica, Facultatea de Arhitectură și Urbanism, Timișoara pentru amabilitatea de a prezida comisia de susținere publică a tezei.

Mulțumesc de asemenea comisiei de îndrumare formată din Prof. Dr. Arh. Smaranda Bica, prof. Dr. Arh. Teodor Gheorghiu, conf.dr.arh. Liliana Roșiu pentru interesul acordat bunului demers al prezentei cercetări.

Pe parcursul stagiului doctoral am beneficiat de sprijin educațional din partea trainerilor din cadrul workshopurilor la care am participat activ, cărora le sunt pe deplin recunoscătoare, cu precădere lui Zoran Popovici (centrul de training Edukube).

Și nu în ultimul rând, mulțumesc familiei mele, lui Aron, în calitate de stimul motivațional permanent, prietenilor, colegilor și tuturor celor care mi-au oferit sprijin moral sau profesional în tot acest timp.

Timișoara, Ianuarie 2016

Diana Giurea

Giurea, Diana

Porozitatea formelor arhitecturale organice

Teze de doctorat ale UPT, Seria 17, Nr. 5, Editura Politehnica, 2016, 204 pagini, 217 figuri, 0 tabele.

ISSN: 2393-3178

ISSN-L: 2393-3178

ISBN: 978-606-35-0045-9

Cuvinte cheie: natură, faună, porozitate, arhitectură, formă, organic, digital

Rezumat:

Prezenta teză de doctorat tratează subiectul formei arhitecturale organice pornind de la analiza exemplurilor furnizate de regnul animal. Explorarea posibilităților de generare formală în arhitectură are ca sursă de inspirație una dintre multiplele proprietăți ale modelelor naturale și anume porozitatea.

Obiectivul tezei este de a contribui la completarea cadrului teoretic și aplicativ al domeniului formelor arhitecturale organice prin studiul porozităților naturale și mijloacele prin care această proprietate poate fi valorificată în termeni arhitecturali.

Cercetarea este structurată în 7 capitole care abordează subiectul la nivel macro și micro. Nivelul macro este partea generală prin care se delimitează zona de studiu în ceea ce privește elementele naturale, analiza domeniului arhitecturii organice și a particularităților acestuia, stabilirea unei metodologii de transfer a informațiilor din sfera biologiei în limbaj arhitectural. Astfel, această parte conține o abordare interdisciplinară a arhitecturii organice prin relaționarea și întrepătrunderea informațiilor extrase din domeniile conexe ei (biologie, matematică, inginerie etc.)

În cea de-a doua parte a lucrării - nivelul micro, discursul se concentrează pe definirea unui cadru teoretic al conceptului de porozitate arhitecturală printr-o analiză multicriterială a posibilităților de interpretare și transfer a acestei însușiri. Fezabilitatea materializării conceptului studiat este ilustrată prin prisma trinomului alcătuit din uneltele de proiectare digitală, materiale constructive și fabricație digitală.

Aplicabilitatea datelor teoretice în practica arhitecturală este demonstrată printr-o serie de studii de caz experimentale. Studiile de caz au scopul atât de a valida cadrul teoretic stabilit cât și de a trasa direcții viitoare de cercetare în domeniul arhitecturii organice.

Relevanța acestei teze în contextul practicilor arhitecturale contemporane constă în faptul că subiectul studiului contribuie la dezvoltarea domeniului digital din tendințele "free form" prin specificitatea sa.

CUPRINS

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURI | 9 |
| INTRODUCERE | 19 |
| Tema tezei | 19 |
| Stadiul actual și relevanța temei tezei | 20 |
| Justificarea alegerii temei de cercetare | 21 |
| Structura tezei | 23 |
| 1. FORMELE ORGANICE NATURALE ȘI ARHITECTURA POROZITĂȚII | 25 |
| 1.1. Manifestări formale în natură | 25 |
| 1.2. Manifestări formale în regnul animal | 27 |
| 1.2.1. Tipologia formelor naturale specifice faunei | 27 |
| 1.2.1.1. Structurile anatomice ale organismelor | 27 |
| 1.2.1.2. Structurile constructive ale animalelor | 28 |
| 1.2.1.3. Structurile constructive ale animalelor sociale | 29 |
| 1.2.1.4. Structuri constructive temporare | 31 |
| 1.2.2. Materialele de construcție specifice faunei | 32 |
| 1.2.2.1. Materiale colectate | 32 |
| 1.2.2.2. Materiale secrete | 33 |
| 1.2.2.3. Materiale mixte | 34 |
| 1.3. Inteligența formală a structurilor organice | 35 |
| 1.3.1. Greutate și rezistență | 35 |
| 1.3.2. Dezvoltare prin algoritmi de creștere naturală a formei și subdivizarea ei | 36 |
| 1.3.3. Forme aerodinamice și hidrodinamice | 38 |
| 1.3.4. Flexibilitate | 39 |
| 1.3.5. Duritate | 39 |
| 1.4. Porozitatea naturală | 40 |
| 1.4.1. Funcțiile porozității | 41 |
| 1.4.2. Tipuri de porozități organice | 42 |
| 1.4.3. Tehnici de generare a porozității | 43 |
| 1.4.4. Pattern-uri poroase naturale | 45 |
| 1.5. Concluzii | 46 |
| 2. FORMA ORGANICĂ ÎN ARHITECTURĂ | 48 |
| 2.1. Istoricul practicii și teoriei arhitecturii organice | 50 |
| 2.2. Argumente pentru utilizarea formelor organice în arhitectură | 59 |
| 2.3. Contextul formelor organice arhitecturale | 61 |
| 2.3.1. Contextul temporal | 61 |
| 2.3.2. Contextul spațial | 62 |
| 2.3.2.1. Relaționare totală | 62 |
| 2.3.2.2. Relaționare parțială | 63 |
| 2.3.2.3. Independență absolută | 63 |
| 2.3.2.4. Negarea contextului | 64 |
| 2.4. Analiza formală a produselor arhitecturii organice | 65 |
| 2.4.1. Geometria formelor organice | 65 |
| 2.4.2. Morfologia formelor organice arhitecturale | 66 |
| 2.4.3. Structurile formelor organice | 67 |

6 Cuprins

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3.1. Poliedrate | 68 |
| 2.4.3.2. Plăci curbe subțiri..... | 70 |
| 2.4.3.3. Reticulate | 71 |
| 2.4.3.4. Elicoidale | 71 |
| 2.4.3.5. Riglate..... | 72 |
| 2.4.3.6. Structuri tensionate..... | 73 |
| 2.4.3.7. Structuri pneumatice | 74 |
| 2.5. Concluzii..... | 74 |
| 3. METODE DE SELECȚIE, INVESTIGARE FORMALĂ ȘI IMPLEMENTARE ÎN ARHITECTURĂ..... | 76 |
| 3.1. Alegerea modelului natural | 76 |
| 3.2. Studiul modelelor natural organice din perspectiva arhitecturală în sistem "botton-up" (de jos în sus)..... | 81 |
| 3.2.1. Examinarea | 81 |
| 3.2.2. Observația/ percepția..... | 81 |
| 3.2.3. Analiza sau "văd, intuiesc și explic"..... | 82 |
| 3.2.4. Selecția asociativă | 82 |
| 3.2.5. Transformarea | 83 |
| 3.2.6. Studiu de caz - exercițiul de Ecotetură..... | 83 |
| 3.3. Grade de valorificare formală a modelelor naturale | 87 |
| 3.3.1. Între mimetism și creativitate | 88 |
| 3.3.2. Nivelul metamorfozei geometrice a modelului natural | 89 |
| 3.3.3. Nivelul interpretării structurale a formei naturale..... | 90 |
| 3.3.4. Nivelul adaptabilității formale..... | 91 |
| 3.3.5. Nivelul dimanismului formal | 92 |
| 3.4. Evaluarea demersului și a rezultatului | 93 |
| 3.5. Concluzii..... | 94 |
| 4. POROZITATEA ÎN ARHITECTURĂ..... | 96 |
| 4.1. Porozitatea în arhitectură..... | 97 |
| 4.2. Principiile de organizare compozițională a porozității arhitecturale..... | 99 |
| 4.2.1. Compoziție uniformă | 100 |
| 4.2.2. Compoziție neuniformă | 102 |
| 4.2.2.1. Sistemul uniform - neuniform | 103 |
| 4.2.2.2. Sistemul neuniform-uniform | 104 |
| 4.2.2.3. Sistemul neuniform- neuniform..... | 105 |
| 4.3. Operații de generare a porozității în arhitectură | 106 |
| 4.3.1. Tehnici substructive | 106 |
| 4.3.1.1. Tăieri parțiale | 106 |
| 4.3.1.2. Tăieri totale (decupaje)..... | 108 |
| 4.3.1.3. Excavare supraterană | 109 |
| 4.3.1.4. Excavare subterană..... | 110 |
| 4.3.2. Tehnici aditive..... | 111 |
| 4.3.2.1. Jesere | 112 |
| 4.3.2.2. Stratificare..... | 113 |
| 4.3.2.3. Adiții volumetrice prin aglomerări..... | 114 |
| 4.4. Porozitatea elementelor de arhitectură | 116 |
| 4.4.1. Porozitatea în masa volumetrică..... | 116 |
| 4.4.2. Porozitatea anvelopei..... | 118 |
| 4.4.3. Porozitatea structurală | 120 |
| 4.4.4. Porozitatea materialului constructiv | 121 |
| 4.5. Porozitatea spațiului interior..... | 122 |

| | |
|---|------------|
| 4.5.1. Articularea formală | 123 |
| 4.5.2. Permeabilitatea partiționărilor spațiale | 124 |
| 4.5.3. Nevoia de un anumit tip de iluminare | 124 |
| 4.5.4. Rezolvarea unor probleme legate de partea de acustică | 125 |
| 4.5.5. Fluxuri și spații..... | 125 |
| 4.5.6. Ambientarea spațiului interior | 126 |
| 4.5.6.1. Panotare cu pattern-uri organice poroase..... | 127 |
| 4.5.6.2. Corpuri de iluminat punctual sau general | 127 |
| 4.5.6.3. Mobilier | 128 |
| 4.6. Porozitatea decorației arhitecturale | 129 |
| 4.7. Concluzii..... | 130 |
| 5. DESEN, MATERIAL DE CONSTRUCȚIE ȘI FABRICAȚIE DIGITALĂ | 132 |
| 5.1. Unelte de proiectare digitală | 133 |
| 5.2. Materiale de construcție..... | 134 |
| 5.2.1. Lemn | 135 |
| 5.2.2. Metal | 138 |
| 5.2.3. Beton..... | 139 |
| 5.2.4. Cărămida | 141 |
| 5.2.5. Materiale compozite..... | 142 |
| 5.3. Fabricația digitală | 143 |
| 5.3.1. Tăiere | 144 |
| 5.3.1.1. Secționări | 144 |
| 5.3.1.2. Mozaicări | 145 |
| 5.3.2. Operații de substracții | 145 |
| 5.3.3. Operații de aditii..... | 147 |
| 5.3.3.1. Imprimarea 3d | 147 |
| 5.3.3.2. Țeseri..... | 148 |
| 5.3.3.3. Modelări..... | 149 |
| 5.3.3.4. Plieri..... | 150 |
| 5.4. Concluzii..... | 151 |
| 6. STUDII DE CAZ..... | 153 |
| 6.1. Studiu de caz 1 - EXPANDED POROSITY (POROZITATE EXPANDATĂ)..... | 155 |
| 6.1.1. Tema de proiectare..... | 155 |
| 6.1.2. Concept | 155 |
| 6.1.3. Volumetrie..... | 156 |
| 6.1.4. Tehnologia..... | 161 |
| 6.1.5. Concluzii | 162 |
| 6.2. Studiu de caz 2 - OPTIMIZAREA UNEI SUPRAFEȚE DE ACOPERIRE | 163 |
| 6.2.1. Tema de proiectare..... | 163 |
| 6.2.2. Concept | 163 |
| 6.2.3. Volumetrie..... | 164 |
| 6.2.4. Unelte de proiectare parametrică..... | 168 |
| 6.2.5. Concluzii | 168 |
| 6.3. Studiu de caz 3 - HIDDEN NEST | 170 |
| 6.3.1. Tema de proiectare..... | 170 |
| 6.3.2. Concept | 170 |
| 6.3.3. Volumetrie..... | 172 |
| 6.3.4. Unelte de proiectare parametrică și fabricație digitală | 176 |
| 6.3.5. Implementare | 177 |
| 6.3.6. Concluzii | 181 |
| 6.4. Concluzii..... | 182 |

8 Cuprins

| | |
|--|------------|
| 7. CONCLUZII ȘI CONSIDERAȚII FINALE | 183 |
| 7.1. Atingerea obiectivelor..... | 183 |
| 7.2. Contribuții personale | 184 |
| 7.3. Lucrări publicate | 184 |
| 7.4. Activități conexe cercetării | 185 |
| 7.5. Strategii viitoare de cercetare | 186 |
| BIBLIOGRAFIE | 187 |
| ANEXE..... | 195 |

LISTA DE FIGURI

| | |
|--|----|
| Fig. 1.1 Structura modului de analiza a formelor organice naturale | 26 |
| Fig. 1.2 Exemple de animale cu structuri anatomice complexe | 27 |
| Fig. 1.3 Structuri constructive ale animalelor individuale | 28 |
| Fig. 1.4 Structuri ale animalelor sociale: (a) cuib de păsări țesător; (b) mușuroi de termite; (c) cuib de viespi | 30 |
| Fig. 1.5 Geometria ouălor de insecte | 31 |
| Fig. 1.6 Tipuri de coconi..... | 31 |
| Fig. 1.7 Tipuri de materiale colectate și prelucrate de către insecte (a,b) sau păsări (b,c,d) în cadrul adăposturilor..... | 33 |
| Fig. 1.8 Materiale secretate:(a)saliva, (b) mătase, (c)mucus, (d) ceară | 33 |
| Fig. 1.9 Cuibul de viespi: (a) suplimentarea fibrelor vegetale cu secreție proprie pentru hidroizolarea materialului; (b) secțiune prin structura cuibului | 34 |
| Fig. 1.10 Modificări anatomice apărute în timpul creșterii [27] | 36 |
| Fig. 1.11 Spirale naturale..... | 37 |
| Fig. 1.12 Relații geometrice stabilite prin numerele șirului lui Fibonacci..... | 37 |
| Fig. 1.13 Aripa de libelulă cu subdiviziuni structurate după diagrama Voronoi | 37 |
| Fig. 1.14 Studiul formal al traiectoriei aripilor pe timpul zborului de (a) libelulă; (b) gâsca canadiană; (c) molia; (d) pasărea colibri | 38 |
| Fig. 1.15 Structuri anatomice aerodinamice adaptate formal la mediul marin, terestru și aerian..... | 39 |
| Fig. 1.16 Structuri anatomice flexibile..... | 39 |
| Fig. 1.17 Cochilia de scoică- desene ale zonelor în care este crescută duritatea | 40 |
| Fig. 1.18 (a) radiolarii (b) ochi de fluture de noapte [33]; (c) extras din cochilia ariciului de mare [34] | 41 |
| Fig. 1.19 Secțiune prin osul de pasăre | 41 |
| Fig. 1.20 Burete de mare portocaliu cu pori dimensional diferențiați | 42 |
| Fig. 1.21 Vipera africană a cărei piele, privită la microscopul electronic cu scanare relevă prezența unei structuri poroase | 43 |
| Fig. 1.22 Exemple de radiolari | 43 |
| Fig. 1.23 (a) Rețea de canale subterane săpate de cârțițe; (b) cuiburi excavate în rocă..... | 44 |
| Fig. 1.24 Tipuri de țesături în cadrul coconilor țesuți de viermii de mătase | 44 |
| Fig. 1.25 Porozități organizate sub forma rețelelor uniforme și neuniforme bidimensionale (a) structura ouălor de țânțar (b) structura buretelui de mare sticlos;(c) structura cojii oului de pasăre | 45 |
| Fig. 1.26 Porozități organizate sub forma rețelelor uniforme și neuniforme tridimensionale (a) structura oului de gândac; (b) structura oului de fluture; (c) structura osului de pasăre | 45 |
| Fig. 2.1 Cele 3 instanțe ale formei arhitecturale (după Vitruvius) [40] | 49 |
| Fig. 2.2 (a) Tipuri de sisteme constructive aborigene întâlnite în Queensland; (b) Unități de locuire preistorice, Cappadocia, Turcia | 50 |

10 Lista de figuri

| | |
|---|----|
| Fig. 2.3 (a) Statuia lui Doryphoros (b)Sistem de proporționare bazat pe secțiunea de aur aplicat fațadei templului Neptun din Paestum | 51 |
| Fig. 2.4 Exemple de geometrie în arhitectura islamică (a,b) Moscheea lui Imam, Ishfahan, Iran; (c) Moscheea Jameh, Ishfahan, Iran | 51 |
| Fig. 2.5 (a)Notre-Dame, Chartres, Franta; (b) Catedrala, Reims, Franta | 52 |
| Fig. 2.6 (a) Oxford University Museum - arh. Thomas Newenham Deane & Benjamin Woodward, Oxford, UK, 1850 (b) Natural History Museum - arh. Francis Fowke, Londra, UK, 1881 | 52 |
| Fig. 2.7 Ilustrații extrase din "Art forms in nature", Ernst Haeckel | 53 |
| Fig. 2.8 Antoni Gaudi: (a,b)Detalii din parcul Guell, Barcelon, Spania; (c) Catedrala Sagrada Familia, Barcelona, Spania | 54 |
| Fig. 2.9 Frank Lloyd Wright: (a) David and Gladys Wright House, Phoenix, USA, 1952; (b) Guggenheim Museum, New York, USA, 1939..... | 54 |
| Fig. 2.10 Bavinger House- arh. Bruce Goff, Norman, USA, 1950 | 55 |
| Fig. 2.11 Primul si al doilea Gotheanum - arh. Rudolf Steiner, Dornach, Elvetia, 1919, respectiv 1928 | 55 |
| Fig. 2.12 (a) Terminalul TWA- arh. Eero Saarinen, New York, USA, 1962; (b) Endless House, arh. F.Kiesler, 1950 | 56 |
| Fig. 2.13 Alvar Aalto - (a)Auditorium of the University of Technology, Helsinki, Finlanda, 1949 (b) House of Culture, Helsinki, Finlanda, 1958..... | 57 |
| Fig. 2.14 Hans Scharoun: Cladirea Filarmonicii, Berlin, Germania, 1963..... | 57 |
| Fig. 2.15 (a) Muzeul Vitra - arh.Frank O. Gehry, Weil Am Rhein, Germany, 1989, (b) Statie de pompieri Vitra - arh. Zaha Hadid, Weil Am Rhein, Germany, 1993; (c) City of Culture - arh. Peter Eisenmann, Santiago de Compostela , Spania, 1999- prezent | 58 |
| Fig. 2.16 Zaha Hadid Architects: (a) Galeria Serpentine, Londra, UK, 2013; (b) Galaxy SOHO, Beijing, China, 2012 | 58 |
| Fig. 2.17 Avantajele si dezavantajele formelor organice arhitecturale (contribuție personală)..... | 60 |
| Fig. 2.18 Exemple de arhitectură organică iconică (a) Clădire de birouri - arh. Foster+ Partners, Londra, UK, 2004 (b) Clădirea operei - arh. Jørn Utzon, Sydney, Australia, 1973; (c) Muzeul Guggenheim - arh. Frank Gehry, Bilbao, Spania, 1997 | 62 |
| Fig. 2.19 (a) Pedrera Barcelona - arh. Antoni Gaudi, Barcelona, Spania, 1910; (b) Clădire de birouri - arh. UNStudio, Groningen, Olanda, 2011 | 63 |
| Fig. 2.20 Dancing House - arh. Farnk Gehry, Praga, Cehia, 1996 | 63 |
| Fig. 2.21 (a) Centru cultural- arh. Zaha Hadid, Baku, Azerbaijan, 2012 ; Boidome- arh. Roger Taillibert, Montreal, Canada, 1992; Sala de concerte- arh.Norman Foster, Newcastle, UK, 2004..... | 64 |
| Fig. 2.22 Exemple de forme organice parazitare (a) Clădire de birouri - arh. Za bor architects, Moscova, Rusia, 2011 (b) La bulle Pirate - arh.Jean-Louis Chanéac, Geneva, Elvetia, 1971 (c) Sediul fundației Jérôme Seydoux-Pathé- arh. Renzo Piano, Paris, Franta, 2014 | 64 |
| Fig. 2.23 Forme bidimensionale: curbe închise și curbe deschise (contribuție personală)..... | 65 |

| | |
|--|----|
| Fig. 2.24 Curbe deschise: elice și spirale dezvoltate vertical sau de-a lungul unei axe date (contribuție personală)..... | 65 |
| Fig. 2.25 Forme tridimensionale regulate și neregulate (contribuție personală) | 66 |
| Fig. 2.26 Suprafață cu dublă curbura definită de o rețea de curbe (contribuție personală) | 66 |
| Fig. 2.27 (a) premiza analizei: două curbe cu un punct comun; (b) suprafața obținută prin translația primei curbe de-a lungul celei de-a doua; (c) suprafața rezultată prin mișcarea curbei largi de-a lungul primei curbe; (d) suprafața care are o secțiune transversală variabilă în funcție de prima curbă și o a treia curbă situată la capătul opus; (e) suprafața generată prin translație cu schimbări de secțiune impuse în zona mediană; (f) suprafața realizată prin rototranslație care implică și o transformare dimensională prin scalare (contribuție personală) | 67 |
| Fig. 2.28 Suprafața cutată (desen propriu); Eli & Edythe Broad Art Museum - arh. Zaha Hadid Architects, 2012 | 68 |
| Fig. 2.29 Tetraedrea unui tor (desen propriu); Busan Cinema Center - arh. Coop Himmelb(l)au, Busan, Coreea de Sud, 2011 | 68 |
| Fig. 2.30 Suprafața piramidală (desen propriu); Pavilionul Arboskin, arh. Institute of Building Structures and Structural Design, Stuttgart, Germania, 2013 | 69 |
| Fig. 2.31 Suprafață fațetată (desen propriu); The Turbulences FRAC Centre - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Orleans, Franța, 2013 | 69 |
| Fig. 2.32 Suprafață de rotație (desen propriu); Saint Louis Science Center - arh. Gyo Obata , St. Louis, Missouri, USA, 1963 | 70 |
| Fig. 2.33 Suprafață ciclică (desen propriu); Pavilionul Danemarcei la Shanghai - arh. BIG, Shanghai, China, 2010 | 70 |
| Fig. 2.34 Suprafață reticulată (desen propriu); Heydar Aliyev Center - arh. Zaha Hadid Architects, Baku, Azerbaijan, 2012 | 71 |
| Fig. 2.35 Suprafață elicoidală (desen propriu); Muzeul Guggenheim - arh. Frank Lloyd Wright, New York, 1937 | 72 |
| Fig. 2.36 Suprafață riglată desfășurabilă (desen propriu); Fundatia Louis Vuitton - arh. Frank Gehry, Paris, Franța, 2014 | 72 |
| Fig. 2.37 Suprafață riglată nedesfășurabilă (desen propriu); Cladirea DZ Bank - arh. Frank Gehry, Berlin, Germania, 2001 | 73 |
| Fig. 2.38 Suprafață tensionată (desen propriu); Pavilionul Germaniei la Expoziția Internațională și Universală- arh. Frei Otto, Montreal, Canada, 1967..... | 73 |
| Fig. 2.39 (a)Structură gonflabilă (desen propriu); (b)Peace Pavilion - arh. Atelier Zundel Cristea, Londra, UK, 2013 | 74 |
| Fig. 3.1 Secvențele fluxului de cercetare în biomimetica: de jos în sus este echivalent cu declanșarea cercetării prin domeniul biologiei; de sus în jos este echivalent cu declanșare prin tehnologie | 77 |
| Fig. 3.2 Structura aripii de libelulă și dispunerea în masă a forțelor la care sunt supuse celulele | 78 |
| Fig. 3.3 Exemple de valorificare formală a structurii voronoi după care este structurată aripa de libelulă (a) Dragonfly Pavilion - arh. CDR Studio Architects, PC, Hoboken, NJ, USA, 2013..... | 78 |
| Fig. 3.4 (a)Fagurele de albine; (b) Izola Social Housing - arh. OFIS arhitekti, Izola, Slovenia, 2006..... | 79 |

12 Lista de figuri

| | |
|--|-----|
| Fig. 3.5 Interpretările formale ale păsării în viziunea lui Santiago Calatrava (a) The Quadracci Pavilion, Milwaukee, USA, 2001(b) Gare de Saint-Exupéry, Franța, 1994; (c) World Trade Center Transportation Center, New York, USA, ~2016 | 79 |
| Fig. 3.6 Conceptul de țesere al unui cocon interpretat în diverse maniere (a) Flux cocoon- arh. Allegory, Lausanne, Elveția, 2012; (b) Silk Pavilion - MIT Media Lab, 2013; (c) Magazin Hermes- arh. RDAI, Paris, Franța, 2010..... | 80 |
| Fig. 3.7 Forme de manifestare simbolică a arhitecturii utilizând modele naturale (a) Centru de meditație Matrimandir - arh. Mirra Alfassa, Roger Anger, Auroville, India, 2008 (b) Bahá'í Temple of South America - arh. Hariri Pontarini Architects, Santiago, Chile, 2014..... | 80 |
| Fig. 3.8 Diagrama strategiei utilizate de designul biomimetic [76]..... | 81 |
| Fig. 3.9 Schema cu componente naturale de translație în termeni arhitecturali | 82 |
| Fig. 3.10 stud.arh. Gondos Zsolt - Discotecă inspirată de licurici, Ecotectură 2011 | 85 |
| Fig. 3.11 stud.arh. Meglei Vlad - Teatru experimental inspirat de ochiul de insectă, Ecotectură 2011..... | 85 |
| Fig. 3.12 stud.arh. Caragi Sandu - Club nautic inspirat din caluțul de mare, Ecotectură 2011..... | 86 |
| Fig. 3.13 stud.arh. Onescu Eugen - Delfinariu inspirat de pisica de mare, Ecotectură 2011..... | 86 |
| Fig. 3.14 Exemplul mușuroiului de termite interpretat în termeni arhitecturali cu grade de valorificare multicriteriale..... | 87 |
| Fig. 3.15 Exemple de construcții care ilustrează nivelul de transpunere "rescalare și păstrare a parametrilor formali ai modelului natural" (a) Chicken Church - arh. Daniel Alamsjah , Magelang, Indonezia; 1990; (b) Gradinița - arh. Tomi Ungerer & d'Ayla-Suzan Yöndel, Karlsruhe, Germania, ; (c) The big duck - arh. Martin Maurer, Long Island, USA, 1931 (d) Magazin de lână - Tirau, Noua Zeelandă .. | 88 |
| Fig. 3.16 (a) Parc de relaxare, arh. Toyo Ito, Torre Vieja, Spania, 2004, inspirat de cochilia de scoică (b) Adăposturi pe gheață, arh. Patkau Architects, Winnipeg, Canada, 2011, inspirat de coconul de fluture | 89 |
| Fig. 3.17 Pavilionul Bowooss, arh. The School of Architecture at Saarland University, Saarbrücken, Germania, 2012, inspirat de structura anatomică a planctonului | 91 |
| Fig. 3.18 Pavilion, ICD-ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Germania, 2013 inspirat de structura cochiliei cărăbușului | 91 |
| Fig. 3.19 (a) Pisica de mare, imagine a modului de deplasare în mediul acvatic; (b) Meiso no Mori, arh. Toyo Ito, Gifu Prefecture Kakamigahara, Japonia, 2006..... | 92 |
| Fig. 3.20 Arhitectura responsabilă- One Ocean, Pavilion tematic EXPO 2012, arh. Soma, Yeosu-si, Jeollanam-do, Coreea de Sud, 2012..... | 93 |
| Fig. 4.1 Conceptul de porozitate exprimat în manieră organică (a) Metropolitan opera house - arh. Toyo Ito, Taichung, Taiwan, 2014; (b) Gole Yach - arh. Kelvan Architecture Group, Shemshak, Teheran, 2008..... | 98 |
| Fig. 4.2 Porozitatea în sistem cartezian (a) Simmons Hall - arh. Steven Holl, Cambridge, USA, 2002 ; (b) Experimente în cadrul exercitiului Opening the Tower care explorează diferite aspecte ale porozității [90]..... | 99 |
| Fig. 4.3 (a) Uniform - uniform bidimensional (algoritm Anexa 1); (b) uniform - uniform tridimensional (contribuție personală) | 100 |

| | |
|--|-----|
| Fig. 4.4 Sistemul "uniform-uniform" tridimensional volumetric (contribuție personală)..... | 101 |
| Fig. 4.5 (a) Burete de mare; (b) Radiolari cu structură scheletală uniform poroasă | 101 |
| Fig. 4.6 (a) Clădire de birouri - arh. RKW & HEMPRICH TOPHOF, Berlin, Germania, 2011, (b) Biblioteca Națională a Regelui Fahad - arh. Gerber, Riyadh, Arabia Saudita, 2013; (c) Urban Hive - arh. Archium, Seoul, Coreea de Sud, 2008.. | 101 |
| Fig. 4.7 Cochilia ariciului de mare vazuta la microscopul electronic cu scanare.... | 102 |
| Fig. 4.8 (a) Sistemul uniform-neuniform bidimensional (algoritm Anexa 2); (b) uniform - neuniform tridimensional (contribuție personală)..... | 103 |
| Fig. 4.9 Sistemul "uniform-neuniform" tridimensional volumetric (contribuție personală)..... | 103 |
| Fig. 4.10 (a) Sistemul neuniform-uniform - compozitie bidimensionala (algoritm Anexa 3); (b) Campus Netzwerk Office - arh. Format Elf Architekten, Töging am Inn, Germania | 104 |
| Fig. 4.11 Sisteme neuniform-neuniform pe o suprafață cu multiple curburi (a) Suprafață perforata cu un stimul (punct); (b) cu doi stimuli (2 puncte); (c) cu o direcție (dreaptă); (e) cu un volum; (contribuție personală) | 105 |
| Fig. 4.12 (a)Sistemul neuniform - neuniform (algoritm Anexa 4); Anvelopa cu porozitate neuniforma, Muzeul Științei pentru copii - arh. HAEAHN Architecture, Yooshin Architects & Engineers, Seongwoo Engineering & Architects, Incheon, Coreea de Sud, 2011 | 105 |
| Fig. 4.13 Tăieri parțiale în regnul animal (a) carapacea de armadillo; (b) branhii de rechin; (c) branhii de pisică de mare..... | 107 |
| Fig. 4.14 Tăieri parțiale (contribuție personală algoritm Anexa 5)..... | 107 |
| Fig. 4.15 Exemple de porozități ale anvelopei clădirilor prin tehnica tăierii parțiale: (a) Clădire de apartamente - arh. Toyo Ito, Barcelona, Spania, 2009; (b) Fațada Liverpool - arh. Iñaki, Echeverria, Villahermosa, Tabasco, Mexico, 2012; (c) Teatru - arh. Makoto Sei Watanabe, Taichung, Taiwan, 2009 | 107 |
| Fig. 4.16 Tipuri de decupaje produse de insecte..... | 108 |
| Fig. 4.17 Tăieturi totale în suprafață (contribuție personală algoritm Anexa 6).... | 108 |
| Fig. 4.18 Exemple de tăieturi totale (a) Gradina Zoologica - arh. Markus Schietsch Architekten, Zurich, Elvetia, 2014; (b) Blob - arh. Massimiliano Fuksas, Eindhoven, Olanda, 2010 (c) Mikimoto - arh. Toyo Ito, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 2005..... | 109 |
| Fig. 4.19 Structuri de adăpost prin excavare în masiv în suprateran | 109 |
| Fig. 4.20 Porozitate în masa supraterană (a) Rolex learning Center - arh. Sanaa, Lausanne, Elvetia, 2010; (b) Hotel Opus - arh. Zaha Hadid, Dubai, UAE, in constructie | 110 |
| Fig. 4.21 Structuri subterane poroase - vizuină de iepuri | 110 |
| Fig. 4.22 Porozitate subterană (a) The other Room III - arh. Guan Lee, Buckinghamshire, UK, 2014; (b) Crematoriu uman - arh. Diana Giurea, lucrare de diploma, 2010 | 111 |
| Fig. 4.23 (a) Locuința unifamilială - arh. SeARCH and Christian Muller Architects, Vals, Elveția, 2009 ; (b) Locuințe multifamiliale - arh. Peter Vetsch, Dietikon, Elveția | 111 |

14 Lista de figuri

| | |
|--|-----|
| Fig. 4.24 Structuri constructive masive rezultate prin adăugarea de straturi succesive de material constructiv (a) cuib de rândunici; (b) cuib de păsări țesători; (c) cuib de viespi..... | 112 |
| Fig. 4.25 Sisteme de țesere (a) uniform ; (b) neuniform (contribuție personală Anexa 7,8) | 112 |
| Fig. 4.26 (a) Țesere uniformă, Stadion olimpic- arh. Herzog& de Meuron, Beijing, China, 2008; (b) Țesere neuniformă, Pavilion experimental - arh. ICD-ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Germania, 2013 | 113 |
| Fig. 4.27 Stratificări (a) porozitate prin multistratificare (contribuție personală algoritm Anexa 9); (b) Muzeul Luvru - arh. Jean Nouvel, Abu Dhabi, Arabia Saudita, 2015 | 113 |
| Fig. 4.28 "Central signal box" - arh. Herzog & de Meuron, Basel, Elveția, 1994 | 113 |
| Fig. 4.29 Bureți de mare | 114 |
| Fig. 4.30 (a) Kunsthaus - arh. Peter Cook & Colin Fournier, Graz, Austria, 2003; (b) Distorsion - arh. Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhaga, Danemarca, 2010..... | 114 |
| Fig. 4.31 (a) Pavilionul Plasti(k) - arh. Marc Fornes & The Verymany, St.Louis, USA, 2011 ; (b) Pavilion parametric - arh. Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico, Monterrey, Mexic, 2015 | 115 |
| Fig. 4.32 Cazul 1- extrudările cu factor de scalare și amplitudine constante (contribuție personală algoritm Anexa 10) | 115 |
| Fig. 4.33 Cazul 2- extrudările cu factor de scalare și amplitudine variabile (contribuție personală)..... | 116 |
| Fig. 4.34 (a)(b)Mușuroi de termite; (c) Cuiburi de rândunici săpate în stâncă..... | 117 |
| Fig. 4.35 Tipuri de porozități în masă - (a) Sediul Euronews, arh. Jakob - arh. Macfarlane Architects, Lyon, Franța,2015;(b) Cladire cu funcțiuni mixte - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Lyon, Franța, 2011 | 117 |
| Fig. 4.36 (a) Forum - arh. Herzog & de Meuron, Barcelona, Spania, 2004 (b) Centru comercial - arh. MVRDV, Rotterdam, Olanda, 2014..... | 118 |
| Fig. 4.37 (a) ouă de pasăre (b) imaginea cojii oului obținută la microscop; (c) Pavilionul Danemarcei- arh. BIG, Luwan, China, 2010..... | 118 |
| Fig. 4.38 (a)Ochi de muscă; (b)(c) Cupolă - arh. Buckminster Fuller, Miami, USA, 2011 (1965) | 119 |
| Fig. 4.39 (a)Cocon ; (b) Pavilionul Italiei - arh. Nemesi, Milano, Italia, 2015 | 119 |
| Fig. 4.40 (a),(b)vipera West African Gaboon ; (c) The Board- arh. Diller Scofidio + Renfro, Los Angeles, USA, 2015 | 120 |
| Fig. 4.41 (a) Radiolar; (b),(c) La voûte de lefevre - arh.Matter Design, Ohio, USA, 2012..... | 120 |
| Fig. 4.42 City of Arts - arh. Santiago Calatrava, Valencia, Spania, 2003..... | 121 |
| Fig. 4.43 (a) bloc poros de beton(b)căramizi poroase (c)coală din lemn asupra căreia s-au aplicat tăieturi pentru creșterea flexibilității..... | 122 |
| Fig. 4.44 Spațiul interior al porozitatilor naturale | 122 |
| Fig. 4.45 Spațiul interior al arhitecturii poroase masive (a) Simmons Hall - arh. Steven Holl, Cambridge, USA, 2002; (b) Pavilionul Custore - arh. Anna Dobek | |

| | |
|--|-----|
| + Mateusz Wojcicki, Varşovia, Polonia, 2013 (c) Pavilionul Termite - arh. Softroom Architects, Londra, UK, 2009 | 123 |
| Fig. 4.46 Articulare formală între două volume - aplicabilă atât în spațiul exterior cât și în interior (contribuție personală) | 123 |
| Fig. 4.47 Sisteme de partiționări interioare asupra cărora s-au aplicat decupaje uniforme sau în gradient (a) "The Expandable Surface Wall" - arh. Jacob Bek, Nacho Martí, Pablo Zamorano, Londra, UK, 2011 ; (b) Sediul "The Inaugure Hospitality Group" - YLAB Arquitectos, Barcelona, Spania, 2013 | 124 |
| Fig. 4.48 Tipuri de umbre lăsate de suprafețele poroase (contribuție personală) . | 125 |
| Fig. 4.49 (a) circulație multidirecțională orizontală Himalayas Art Center - arh. Arata Isozaki, Shanghai, China, 2010 (b) circulație multidirecțională orizontală și cea verticală este doar perceptibilă, Gole Yach - arh. Kelvan Architecture Group, Shemshak, Teheran, 2008; (c) Cladire cu funcțiuni mixte - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Lyon, Franța, 2011 | 126 |
| Fig. 4.50 Spațiul interior poros (contribuție personală) | 126 |
| Fig. 4.51 Sistem de panotare a închiderilor laterale: Bar- arh. Studio Mode, Sofia, Bulgaria, 2013 | 127 |
| Fig. 4.52 Sistem de panotare a planului de deasupra capului (surse multiple)..... | 127 |
| Fig. 4.53 Corpuri de iluminat general și punctual a caror volumetrie este tratată conform conceptului de porozitate (surse multiple) | 128 |
| Fig. 4.54 Piese de mobilier (surse multiple) | 128 |
| Fig. 4.55 Club de noapte - arh. Virginia Melnyk & Tiffany Dahlen, Tokyo, Japonia | 129 |
| Fig. 4.56 Pattern-uri parametrice cu sursă de inspirație în modelele regnului animal (surse multiple) | 130 |
| Fig. 5.1 Exemplu de inseriere de componente în platformă Grasshopper. Figurile gri rectangulare reprezintă componentele interconectate prin fire de legătură pentru activarea funcțiilor lor | 133 |
| Fig. 5.2 Sistem de acoperire a terasei restaurantului "Masseria Ospitale"- arh. CMMKM, Lecce, Italia, 2010 | 136 |
| Fig. 5.3 Metropol Parasol - arh. Jurgen Mayer, Sevilla, Spania, 2011 | 136 |
| Fig. 5.4 Pavilion experimental - arh. Manuel Fabian Hartmann, Alberschwende, 2013 | 136 |
| Fig. 5.5 Pavilionul centrului norvegian de reni sălbatici, arh. Snohetta, Hjerkin, Dovre, Norvegia, 2011 | 137 |
| Fig. 5.6 Variante de îmbinări ale elementelor din lemn (a) chertări; (b) fixare cu piese metalice (c) piese de îmbinare din lemn; (d) operații dulgherești de îmbinări multiple | 137 |
| Fig. 5.7 Stadionul național din Beijing, arh. Herzog & de Meuron, Beijing, China, 2008..... | 138 |
| Fig. 5.8 Structuri autoportante din coli de oțel (a) Rainbow gate - arh. Tonkin Liu, Burnley, UK, 2012; (b) Shadow Pavilion- arh. PLY Architecture, Michigan, USA, 2009; (c) The Archipelago Pavilion - arh. Chalmers University of Technology, Copenhaga, Danemarca, 2012 | 138 |
| Fig. 5.9 Muzeul de Artă Soumaya- arh. FREE Fernando Romero Enterprise, | 139 |

16 Lista de figuri

| | |
|--|-----|
| Fig. 5.10 (a) Sun Moon Lake Centru de vizitare - arh. Norihiko Dan and Associates , Taiwan, 2011; (b) Stație de autobuz - arh. Justo García Rubío, Casar de Cáceres, Spania, 2003 ; (c) Scoala de muzica - arh. Dominique Coulon et asociés, Maizière-les-Metz, Franta, 2009..... | 139 |
| Fig. 5.11 (a,b) Concrete ribbons - arh. Area., 2013 (c) Crushed Wall- Walter Jack Studio, Cornwall, UK, 2012 (d,e) Quake Column - arh. Emerging Objects, 2014 | 140 |
| Fig. 5.12 Pavilionul [C]Space - arh. AA School, Londra, UK, 2008 | 140 |
| Fig. 5.13 (a) Pavilion la MoMA - arh. The Living, New York, USA, 2014; (b) Fațada de cărămidă - arh. Gramazio& Kohler Architects, Pfungen, Elveția, 2012; Pavilionul Bricktopia- arh. MAP13, Barcelona, Spania, 2013, | 141 |
| Fig. 5.14 The programmed column 2 - arh. Gramazio Kohler & ETH, Zurich, Elvetia, 2010..... | 142 |
| Fig. 5.15 Ilustratie a importanței relative a materialelor de-a lungul timpului..... | 142 |
| Fig. 5.16 (a) International Strawberry Symposium - arh. DADA Architectural Design + Planning, Changping District, Beijing, China, 2012 ; (b) The Broad Museum - arh. Diller Scofidio + Renfro, Los Angeles, USA, 2015; (c) Western Australian Institute of Sport (WAIS) - arh. Sandover Pinder Architects & dwp/suters architects, Mount Claremont, Australia, 1996..... | 143 |
| Fig. 5.17 Pavilionul Franței la Expo 2015 - arh. XTU Architects, Milano, Italia, 2015 | 144 |
| Fig. 5.18 Mozăicari de suprafețe cu dublă curbură (a),(b) Voussoir Cloud - arh. Lisa Iwamoto, Los Angeles, USA, 2008 (c) Pavilionul Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart | 145 |
| Fig. 5.19 Substracții ale animalelor: (a) cochilii de scoici în alveole excavate; (b) Cuiburi de păsări excavate în perete vertical..... | 146 |
| Fig. 5.20 (a) Frezare CNC de mică adancime Parametric Green Screen- arh. MLZDESIGN ; (b) Descompunerea geometriei pe părți componente care după frezare sunt asamblate - La voûte de lefevre - arh. Matter Design, Ohio, USA, 2012..... | 146 |
| Fig. 5.21 Tehnica adiției în regnul animal: (a) Cuib de rândunici; (b) Mușuroaie de termite | 147 |
| Fig. 5.22 Pavilionul Radiolaria realizat prin tehnica stereolitografiei arh. Shiro Studio architects, Pontedera, Italia, 2009..... | 147 |
| Fig. 5.23 (a) Jeserea paianjenului de apă; (b) Cuib de pasăre; (c) Vierme de mătase cu cocon țesut | 148 |
| Fig. 5.24 (a) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2011 ; (b) "Cocoon"-arh. DUS, Delft, Olanda, 2012 (c) "Silk Pavilion" - arh. MIT Media Lab, 2013 | 149 |
| Fig. 5.25 Braț robotizat care pune în operă materialul constructiv (a) The Programmed Wall Gramazio Kohler, Zurich, Elveția, 2012 (b) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2014; (c) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2011 | 149 |
| Fig. 5.26 (a) P-Wall - arh. Matsys, San Francisco, USA, 2009 ; (b) SeatSlug - arh. Rael San Fratello Architects, San Francisco, USA, 2011 | 150 |

| | |
|---|-----|
| Fig. 5.27 Exemple de plieri din regnul animal | 150 |
| Fig. 5.28 (a)Pleats.M - arh. Hironaka Ogawa & Associates, Saitama, Japonia, 2012; (b) Arum - arh. Zaha Hadid Architects, Venetia, Italia, 2012; (c) ShellLace Structure - arh. Tonkin Liu, Londra, UK, 2014..... | 151 |
| Fig. 6.1 Imagini ale curții interioare a cafenelei Aethernativ, Timișoara | 155 |
| Fig. 6.2 (a)Cărăbușul de castravete; (b)ouă ale cărăbușului de castravete; (c) imagine a structurii oului (corionul) obținută cu ajutorul microscopului electronic cu scanare (SEM) | 156 |
| Fig. 6.3 "Pavilion for one summer", Austria, University of Innsbruck împreună cu Manuel Fabian Hartmann, 2013..... | 156 |
| Fig. 6.4 "Digital Weave", San Francisco MOMA, arh. Lisa Iwamoto | 157 |
| Fig. 6.5 Ilustrații cu iterațiile formale care s-au dezvoltat de-a lungul procesului de generare formală, demers care a studiat diverse moduri de ancorare și de relaxare a structurii propuse (contribuție personală) | 158 |
| Fig. 6.6 Vedere frontală a unei serii de celule constitutive extrase din sistemul propus; vedere axonometrică a celulelor hexagonale pe suprafața cărora sunt figurate tăieturile necesare pentru expandarea lor (contribuție personală) | 158 |
| Fig. 6.7 Imagine axonometrică și frontală ale diverselor grade de expandare ale celulelor hexagonale (contribuție personală) | 159 |
| Fig. 6.8 În funcție de gradul de deschidere al celulelor hexagonale sunetul poate fi absorbit sau din contră, reflectat. Gradientul de porozitate este setat în funcție de proximitatea față de emițătorul undelor sonore (contribuție personală).... | 159 |
| Fig. 6.9 Planuri ale curții interioare cu evidențierea tipului de ocupare și ancorare ale structurii propuse (contribuție personală) | 160 |
| Fig. 6.10 Secțiuni longitudinală și transversală cu evidențierea structurii propuse și modul de relaționare cu scara umană și funcțiunile existente (contribuție personală) | 160 |
| Fig. 6.11 Simulări fotorealistice (contribuție personală) | 161 |
| Fig. 6.12 Extras din definiția algoritmului din Grasshopper pentru tăierea celulelor | 161 |
| Fig. 6.13 (a) Desen extras din cartea lui Ernst Haeckel [127], (b) structuri de spongieri în sistem de ramificație arborescentă (c) elemente componente ale spongierului..... | 164 |
| Fig. 6.14 NonLin/Lin Pavilion, Franța, Marc Fornes, 2011 | 164 |
| Fig. 6.15 Pavilionul Arboskin, Stuttgart, produs al Institute of Building Structures and Structural Design, 2013 | 165 |
| Fig. 6.16 Componentele geometrice inițiale (contribuție personală) | 165 |
| Fig. 6.17 Triangularea Delaunay a suprafeței și subdiviziări (contribuție personală) | 166 |
| Fig. 6.18 Extrudarea uniformă pe verticală a modulelor și subdivizarea cu algoritmul Catmull Clark pentru obținerea unei suprafețe netede (contribuție personală) | 166 |
| Fig. 6.19 Radiația solară calculată cu Ecotect pentru modelul în care extrudarea este uniformă (contribuție personală) | 166 |
| Fig. 6.20 Înălțimea și dimensiunea deschiderilor se dorește a fi optimizată astfel încât numărul de raze solare care intră în contact cu structura și spațiul său | |

| | |
|---|-----|
| interior să fie maxim pe timp de iarnă și minim pe timp de vară (contribuție personală)..... | 167 |
| Fig. 6.21 Iterații formale în demersul de optimizare formală din punct de vedere al radiației solare la nivel de anvelopă (contribuție personală) | 167 |
| Fig. 6.22 (a)Solutia volumetrica optimizată (b) căreia i s-a aplicat o subdivizare cu algoritmul Catmull Clark pentru obținerea unei suprafețe netede..... | 168 |
| Fig. 6.23 Extras din algoritmul utilizat in procesul de generare formală..... | 168 |
| Fig. 6.24 Exemplu de gabarit posibil raportat la scara umană (contribuție personală) | 169 |
| Fig. 6.25 Simulări cu difuzarea luminii de la interior (contribuție personală) | 169 |
| Fig. 6.26 Imagini cu situația existentă a portii de acces în incinta Muzeului Banatului, Timișoara | 170 |
| Fig. 6.27 Tipuri de cuiburi de pasari in functie de modul de tesere al materialului vegetal | 171 |
| Fig. 6.28 Cuiburi suspendate ale păsării țesător | 171 |
| Fig. 6.29 Pavilionul "Part to whole", Seoul, arh. Hyoung-gul Kook, 2014 | 172 |
| Fig. 6.30 Pavilionul "Serpentine", Londra, arh. Sou Fujimoto, 2013 | 172 |
| Fig. 6.31 Studii de dematerializare a volumului maxim (a) volum plin, (b),(c),(d) dematerializare pe cele trei direcții carteziene (e) volumul final realizat prin îmbinarea celor 3 instanțe de la (b), (c), (d) (contribuție personală) | 173 |
| Fig. 6.32 Studiu de volumetrie cu suprafețe relaxate. (a) Vederi frontale (b) vederi orizontale (contribuție personală) | 174 |
| Fig. 6.33 Stabilirea volumului ce urmează a fi excavat, corpul comun dintre volumul maxim și volumul golului (contribuție personală)..... | 174 |
| Fig. 6.34 Operația de excavare și generare de porozitate în masă (contribuție personală)..... | 175 |
| Fig. 6.35 Vedere laterală (contribuție personală)..... | 175 |
| Fig. 6.36 Simulare fotorealistică cu zona de acces (contribuție personală)..... | 175 |
| Fig. 6.37 Simulare fotorealistică din zona de distribuție către alei (contribuție personală) | 176 |
| Fig. 6.38 Inserții de volumetrie pe poze de la fața locului (contribuție personală) 176 | |
| Fig. 6.39 Definiția parametrică pentru relaxarea suprafeței excavate utilizând plug-in-ul Grasshopper cu extensia Kangaroo (contribuție personală)..... | 177 |
| Fig. 6.40 Imagini cu cadrele transversale construite izolat..... | 177 |
| Fig. 6.41 Imagini din timpul procesului de asamblare a cadrelor de lemn | 178 |
| Fig. 6.42 Imagini din timpul procesului de asamblare a cadrelor de lemn | 178 |
| Fig. 6.43 Poză de la nivelul accesului din stradă | 179 |
| Fig. 6.44 Imagine din interiorul "cuibului" | 179 |
| Fig. 6.45 Imagine din punctul de distribuție a circulațiilor..... | 180 |
| Fig. 6.46 Imagine din incinta Muzeului..... | 180 |
| Fig. 6.47 Imagine din incinta Muzeului..... | 181 |
| Fig. 6.48 Detalii | 181 |

INTRODUCERE

Arhitectura, ca produs al omului, este parte componentă a naturii și, prin urmare, dezvoltarea fondului construit este influențată și influențează la rândul său mediul înconjurător. Sustenabilitatea intervențiilor umane în mediul natural poate fi dobândită prin aplicarea principiilor naturii produselor de arhitectură. Lucrurile însă nu sunt chiar atât de simple, dificultatea constând în selecția și transpunerea acestor principii la scara arhitecturală. În acest sens s-a conturat domeniul arhitecturii biomimetice care se ocupă cu investigarea formelor și principiilor naturale în scopul inovației și a creșterii performanțelor produselor de arhitectură având ca sursă de inspirație exemple naturale. Arhitectura biomimetică este un subiect deschis ce are nevoie constantă de aprofundare a bazei teoretice, de cercetare, teste și experimente, altfel spus, ea este asemeni unui organism viu aflat într-o permanentă dezvoltare prin creștere și adaptabilitate la nevoile schimbătoare ale omului.

Tema tezei

Prezenta temă de cercetare propune studiul formelor organice din natură ca și baza de pornire în demersul de creație arhitecturală. Natura a reprezentat dintotdeauna o sursă inepuizabilă de inspirație pentru designeri, arhitecți, ingineri, peisagiști și urbanisti motiv pentru care consider necesară dezvoltarea fundației teoretice a biomimeticii în arhitectură.

Din diversitatea formală oferită de natură, atenția studiului se concentrează pe formele organice naturale și mai exact pe sfera faunei. Elementele regnului animal sunt analizate din perspectiva a patru componente majore care au relevanță în domeniul arhitecturii: structura anatomică a viețuitoarelor, structurile constructive ale regnului animal, structuri constructive ale viețuitoarelor sociale organizate în comunități și nu în ultimul rând, structuri constructive temporare specifice. Studiul acestor patru elemente are în vedere principiile și proprietățile folosite și încorporate de acestea deoarece forma naturală reprezintă rezultatul interacțiunii dintre multipli factori de origine internă sau externă. Studiul structurilor anatomice ale viețuitoarelor poate da naștere anumitor sisteme de anvelopare ale pieselor de arhitectură, astfel încât structurile constructive organismelor vii oferă indicii despre utilizarea rațională a materialelor, sustenabilitate și originalitate, structurile constructive ale viețuitoarelor organizate în comunități subliniază nevoia de funcționare a mediului construit ca un tot unitar, în timp ce structurile temporare ale acestora pot fi exploatate în domeniul arhitecturii efemere.

Sistemele naturale sunt analizate din perspectiva evoluționistă, abordare prin care se dorește depistarea unor cauze, efecte și răspunsuri ce stau la baza dezvoltării durabile specifice modelelor naturale. Cercetarea dezbată subiectul formeii arhitecturale organice, încercând să furnizeze răspunsuri la întrebări precum:

- Cum se pot interpreta creativ informațiile extrase din modelele naturale?
- Cum poate mediul construit să își redefinească silueta prin incorporarea principiilor biomimeticii?

- Cum se operează la nivelul limbajului arhitectural cu o caracteristică întâlnită la formele naturale?

Studiul propus are la bază conceptul conform căruia procesul creației arhitectural-artistice are ca punct de pornire interacțiunea vizuală cu sursa de inspirație, în cazul de față cu elemente specifice organismelor vii, având ca scop materializarea ideilor extrase și transpuse în creația arhitecturală prin utilizarea anumitor mijloace de limbaj. Accentul cade pe procesul de conceptualizare și abstractizare a formelor organice naturale. Investigarea experienței vizuale prin metode de cercetare are scopul de a descoperi relații care se stabilesc între forma și funcțiune, funcțiune și performanță, semnificația acestora și depistarea unor posibile direcții de operare cu acestea.

Tema de cercetare se concentrează pe generarea unui sistem specific de analiză și implementare a datelor extrase din exemplele naturale în scopul facilitării transpunerii lor în mediul construit și se va baza pe aspecte multidisciplinare cum ar fi:

- selecția de informații provenite din diferite sfere disciplinare (biologie, fizică, matematică, psihologie etc.) în scopul stabilirii parametrilor de investigare formală și comportamentală în domeniul arhitecturii;
- identificarea și analiza specificității formale și comportamentale ale sursei de inspirație;
- modalități de operare cu informațiile oferite de modelul natural;
- propuneri de procedee utilizabile în transpunerea la scară umană a sistemelor naturale.

Pentru a evita un caracter general informativ al cercetării, partea specifică a acesteia explorează posibilitățile de valorificare a unei proprietăți tipice organismelor naturii - porozitatea.

În concluzie, tema cercetării abordează domeniul arhitecturii organice în strânsă legătură cu domeniile conexe acesteia pentru a ilustra posibilele direcții de analiză a sistemelor naturale organice și modul prin care ele pot stimula producția de forme alternative în arhitectură.

Stadiul actual și relevanța temei tezei

Arhitectura biomimetică este un subiect de cercetare care a început să prindă contur la mijlocul secolului XXI [1] și până în prezent acest domeniu prezintă un interes major prin specificitatea sa pentru numeroși cercetători.

În momentul de față, la nivel mondial, literatura de specialitate se bucură de un număr tot mai crescut de publicații care tratează subiectul legăturii dintre formele naturale și cele arhitecturale. Cărți, articole în jurnale sau publicații rezultate în urma unor conferințe tematice contribuie constant la conturarea bazei teoretice a domeniului arhitecturii biomimetice. Acesta vastă literatură reunește informații atât din domeniul arhitecturii cât și din cel al biologiei, domenii care au încetat să mai fie tratate distinct și se caută acele zone unde cele două se întrepătrund și comunică constant și logic. Anumite reviste de specialitate publică numere speciale cu tematica bionicii arhitecturale (de exemplu revista de prestigiu Architectural Design "Future details of Architecture" 2014 sau "Techniques and Technologies in Morphogenetic Design" 2006).

Studiile de caz și exeperimentele realizate în școli de arhitectură sau inițiate de anumiți arhitecți în forma lor de organizare dau naștere inovațiilor și scot la iveală direcții viitoare de studiu în acest domeniu.

Referitor la curricula învățământului de arhitectură, la ora actuală în diferite facultăți din lume există departamente sau discipline care tratează subiectul aplicării caracteristicilor sistemelor naturale în mediul construit sub diverse forme de abordare (departamentul Media Lab, MIT, universitatea din Stuttgart cu cele două institute "Institute for computational design" și "Institute of building structures & Structural Design", disciplina de Studiul formei cu exercițiul de Ecotectură Timișoara etc.).

Conferințele tematice sunt însoțite de ateliere în care participanții au ocazia de a realiza structuri bionice pe baza legilor și regulilor naturii (exemplu: Atelierul Internațional de Arhitectură și Bionica, inițiat în 1993, se desfășoară anual timp de o săptămână în Cuenca, Spania).

De-a lungul timpului, experimente de succes precum cele ale lui Otto Frei ca parte aplicativă a cărții "Naturliche Konstruktionen" au constituit contribuții importante în domeniul arhitecturii bionice atât pentru fondul construit cât și pentru fundamentele teoretice.

Anumite cercetări se axează pe stabilirea paralelelor între mediul construit și modelele naturale, având totuși în vedere dificultățile apărute în momentul rescalării și tehnologizării. Concomitent se relevă și diferențele dintre fenomenele naturale și trăsăturile mediului construit în scopul identificării necesarului de investigat [2].

Pe de altă parte, posibilitățile modelării digitale s-au diversificat în așa măsură încât proiectarea cu ajutorul calculatorului a anumitor forme nu mai prezintă un obstacol în actul creator. Modelarea computațională permite noi abordări ale utilizării, procesării și generării de informații de origine naturală care sunt transpuse în formă arhitecturală prin intermediul noilor tehnologii [3].

Progresul tehnologiilor de fabricație digitală susține fezabilitatea proiectării formelor arhitecturale organice: imprimante 3D, brațe robotizate (KUKA) sau mașini cu comandă numerică (CNC) sunt deja instrumente uzuale în materializarea pieselor de arhitectură organică.

În România, interesul pentru formele organice a început să reapară odată cu organizarea de workshop-uri și cursuri care promovează programele de modelare parametrică (IDZ Arhitectură, Laboratorul de Arhitectură - București; Lăcuste în Eter, Encoded Fields - Timișoara) și care se concretizează adesea prin implementarea proiectelor sub formă de pavilioane experimentale.

Ținând cont de cele enunțate anterior și de faptul că, creativitatea este singura care poate coborî bariere, se poate afirma că tematica aleasă face parte dintr-un domeniu care tratează probleme de actualitate cu răspunsuri eficiente și raționale. Mai mult, prin polivalența sa, domeniul de cercetare oferă multiple direcții de cercetare încă neexploatate suficient, iar tema aleasă se vrea a fi una dintre acestea.

Justificarea alegerii temei de cercetare

Arhitectura organică nu este un stil, ci mai degrabă o opțiune de manifestare creativă cu respect față de mediul înconjurător, iar subiectul prezentei cercetări își propune să acopere unul dintre multiplele goluri pe care acest tip de arhitectură îl resimte la nivel teoretic.

Tema aleasă pentru cercetare și anume posibilitatea transpunerii formelor naturale organice în arhitectură, are la baza ideea conform căreia natura, prin diversitatea formală de care dispune, poate fi privită ca o sursă inepuizabilă de răspunsuri în creația arhitecturală, fie că ne referim la materialele utilizate, sisteme

22 Introducere

constructive, adaptabilitate la mediu sau generarea formei propriu-zise. Astfel, sistemele naturii pot inspira și/sau influența:

- Originalitatea produsului arhitectural atât din punct de vedere structural cât și formal. Aceasta originalitate poate proveni din stabilirea anumitor relații cu mediul specific și cu viețuitoarele care sunt perfect adaptate mediului din care provin. De precizat este faptul că, capacitatea de adaptabilitate a organismelor trebuie privită și studiată drept un fenomen care se desfășoară în mai multe stadii de evoluție deoarece mediul în sine este într-o continuă schimbare;
- Calitatea estetică a formei generale privită din exterior cât și configurația spațiului interior prin tratarea într-o anumită manieră a planșelor de delimitare. Nivelul esteticii arhitecturale nu poate fi măsurat în absența unei scări de măsură datorită individualității și unicității fiecărui proiect în parte. Frumusețea obiectelor de arhitectură poate fi dobândită prin armonizarea formală și funcțională, așa cum sunt înzestrate formele naturale a căror armonie este incontestabilă, iar prin raportarea la acestea există șansa de a dobândi o estetică naturală;
- Managementul resurselor folosite: formele și procesele din natură sunt eficiente în ceea ce privește managementul resurselor/materialelor precum și tolerante din perspectiva coexistenței în biodiversitate. Natura respectă legi și reguli clare și astfel, eficiența ilustrează capacitatea de supraviețuire și performanță a structurilor. În natură se aplică cu precădere conceptul funcționalist de "forma urmează funcției", unde forma este direct influențată de materialul constructiv, prin urmare și materialul este negociat de funcție.

Necesitatea studiului domeniului arhitecturii în paralel cu cel al formelor naturale poate fi justificată din multe puncte de vedere, cum ar fi:

- inovația: sunt necesare soluții inovative pentru rezolvarea anumitor probleme legate de mediul construit și prin urmare, studiul sistemelor naturale va oferi indicii valoroase despre cum a reușit natura să soluționeze anumite aspecte;
- tehnologia: implementarea caracteristicilor biologice ale vieții în proiectele arhitecturale este facilitată de progresul tehnologic care furnizează diferite mijloace de planificare și de construire. Rolul acestor noi tehnologii este acela de a crea posibilitatea interpretării arhitecturii prin prisma relaționării oamenilor cu mediul lor;
- probleme ale mediului înconjurător: investigarea proceselor naturale poate furniza indicii despre ce atitudini trebuie luate astfel încât efectele și influențele create pot fi anticipate și gestionate corect. Acest lucru prezintă o deosebită importanță datorită progresului tehnologic și economic care își lasă profund amprenta asupra mediului înconjurător.

Legătura dintre arhitectură și diversele forme în care se prezintă elementele naturii se poate identifica în procesul de creație al proiectelor. Necesitatea inovației se face resimțită în diverse cazuri, cum ar fi:

- proiectarea de piese de arhitectură pentru medii noi;
- generarea de soluții pentru stimularea procesului tehnologic;
- favorizarea interacțiunii dintre arhitectură și organismele vii, arhitectură și mediul înconjurător;
- utilizarea rațională a materialului constructiv și a stimulării producției de materiale noi care să încorporeze principiile naturale;

- creșterea calității vieții prin performanțe sporite ale mediului construit.

Opțiunea pentru studiul formelor organice, și anume faună, indiferent de stadiul de evoluție al viețuitoarelor se datorează lacunelor din cercetare referitoare la această sferă a arhitecturii bionice. Fascinația față de formele inedite prin care natura își configurează sistemele și părțile componente este, printre altele, cea care a condus la alegerea acestei teme de cercetare.

Din perspectiva didactică, începând cu anul 2010 și până în prezent am avut ocazia să activez ca și cadru didactic la Facultatea de Arhitectură și Urbanism din Timișoara, Universitatea "Politehnica" în cadrul disciplinelor Studiul Formei, Atelier de Proiectare, Compoziție și Geometrie Descriptivă, toate tributare conceptului de "forma" în arhitectură și aspectelor sale: metode de generare formală, armonizare formală, implementare în mediul construit și înțelegerea deplină a geometriilor complexe. În tot acest timp, am sesizat nevoia de aprofundare a conceptului de forma în arhitectură, în special cea organică, atât în direcția didacticii arhitecturale cât și în literatura de specialitate consultată, iar prin prezenta lucrare doresc să completez și golurile existente în latura educațională a acestui tip de investigare formală.

Structura tezei

Informațiile prezentate în această lucrare sunt structurate în două părți majore: prima parte (capitolele 1,2,3) cu caracter general care dorește trasarea cadrului teoretic în care se desfășoară cercetarea, iar cea de-a doua parte cu un caracter specific (capitolele 4,5,6) și axat pe aplicabilitatea bazei teoretice.

Caracterul general al primelor trei capitole furnizează baza teoretică în care se desfășoară investigarea formelor naturale organice în scopul translatării acestora în domeniul arhitecturii, după cum urmează:

- În cadrul **primului capitol** se prezintă informațiile extrase din natură organică care autorul le-a considerat relevante pentru exploatare în domeniul arhitecturii și potențialul de a se constitui în formă de stimul creativ. Principiile naturii, structurarea componentelor oferite de regnul animal, proprietățile acestora și operarea cu materialul constructiv sunt cele patru componente majore ale acestui capitol. Fiecare informație extrasă din aceste componente este analizată în scopul identificării aplicabilității, fezabilității acesteia în mediul construit;
- În **capitolul doi** se ridică problematica nevoii de studiu al formei în arhitectură împreună cu detalierea conceptului de arhitectură inspirată din formele naturii (arhitectura organică). Evoluția istorică a cadrului teoretic și a produselor arhitecturale de factură organică împreună cu analiza multicriterială a formelor organice arhitecturale conturează fundalul teoretic general în care se plasează forma arhitecturală organică;
- În **capitolul trei** se discută despre metodele de selecție, investigare formală și implementare a modelelor naturale în arhitectură. Astfel, se identifică modurile de alegere a sursei de inspirație din bogăția formelor naturale organice și se propune o metodologie de lucru pentru facilitarea procesului de translație a acestora în termeni arhitecturali. Folosind această structură, atenția autorului se îndreaptă către clasificarea tipologiilor de valorificare a formelor organice în arhitectură. În plus, se subliniază importanța evaluării demersului creativ și a aspectului de calitate în arhitectura de inspirație

organică. Acest capitol are un puternic caracter didactic, fapt demonstrat de rezultatele obținute la exercițiul de Ecotectură întreprins la Facultatea de Arhitectură din Timișoara.

Aceste prime trei capitole reunesc informațiile care populează cadrul teoretic al studiului formelor naturale în arhitectură. Ținând cont de faptul că natura oferă arhitectului un paletar generos de modele din care poate să aleagă, atenția este îndreptată nu către o anumită clasă de viețuitoare, ci către o proprietate care se regăsește la toate structurile faunei fie ele anatomice sau constructive - porozitatea. Aceasta însușire este regăsită deopotrivă în natura și arhitectură.

Următoarele trei capitole dezbat conceptul de porozitate în arhitectura după cum urmează:

- **Capitolul patru** susține ideea de porozitate prin fixarea unor categorii formale stabilite multicriterial și exemplificate atât prin ilustrații proprii cât și exemple din fondul construit existent. Autorul precizează implicațiile pe care le are conceptul de porozitate în diferitele paliere ale arhitecturii și fezabilitatea lui, modurile de operare asupra configurației elementelor componente ale obiectului de arhitectură pentru dobândirea proprietății de porozitate arhitecturală;
- **Capitolul cinci** se concentrează pe posibilitățile de materializare și implementare a formelor organice arhitecturale poroase. Tehnologiile disponibile de modelare parametrică, fabricația digitală și materialul constructiv sunt cele trei subiecte supuse analizei.
- În **capitolul șase** sunt prezentate trei studii de caz care au menirea de a susține și exemplifica varietatea aplicației conceptului de porozitate în arhitectura experimentală;
- **Capitolul șapte** este dedicat concluziilor generale ale demersului, reia contribuțiile personale revendicate și creionează multiple perspective viitoare ale cercetării.

Bibliografia folosită pentru elaborarea lucrării este alcătuită din 139 referințe bibliografice selectate din domeniul arhitecturii și din domenii conexe precum biologie și matematică cu relevanță în arhitectura organică.

1. FORMELE ORGANICE NATURALE ȘI ARHITECTURA POROZITĂȚII

OBIECTIVE

- Enunțarea tipologiei formelor naturale organice și a principiilor care le guvernează
- Stabilirea proprietăților formelor organice naturale
- Delimitarea cadrului de studiu din domeniul biologiei prin detalierea proprietății de porozitate

Termenul "natură" face referire la totalitatea sistemelor organice, anorganice și a fenomenelor care apar între acestea. Mijloacele de manifestare naturală etalează în fața observatorului un catalog ce abundă în forme, rețele de organizare, structuri sau fenomene, furnizând astfel un număr nelimitat de modele ce pot servi drept sursă de inspirație pentru creația arhitecturală.

În mediul natural, atât sistemele animate cât și cele fără viață ilustrează perfecțiune formală, adaptate la mediul în care trăiesc și interacționează într-o manieră armonioasă. Astfel, indiferent de aria de cercetare, omul va găsi răspunsuri la diverse probleme doar printr-o analiză atentă a soluțiilor întrebuițate de sistemele naturale.

Din punct de vedere arhitectural, se pot identifica multiple motive pentru care exemplele naturale pot fi luate în calcul drept sursă de inspirație în procesul de creație arhitecturală:

- Eficiență formală raportată la funcțiune;
- Estetica structurilor naturale;
- Utilizarea rațională a materialului de construcție;
- Adaptarea perfectă la condițiile de mediu a sistemelor naturale;
- Principiile naturii oferă informații verificate și validate prin procesul de selecție naturală;
- Elementele naturii au rezistat testului timpului.

1.1. Manifestări formale în natură

Universul natural formal poate fi împărțit în diverse categorii, în funcție de direcțiile de studiu, însă pentru prezenta cercetare voi lua în considerare o clasificare cu relevanță în domeniul formei arhitecturale, alcătuită în funcție de sfera naturală de proveniență a formelor. Scopul acestui demers constă în evidentierea acelor forme naturale capabile să genereze soluții inovatoare în mediul construit artificial ce încurajează o dezvoltare durabilă a formelor de manifestare umane. Astfel, se pot identifica următoarele categorii formale:

- Formele cosmice: fac referire la totalitatea elementelor care definesc universul, atât sistemele cosmice cât și fenomenele care au loc între ele.

- Caracteristica principală a acestor tipuri de forme este dinamismul liniei curbe care tinde adesea către perfecțiunea cercului. Formele curbe cosmice se regăsesc la formele planetelor, la mișcările continue care au loc între acestea datorate unor forțe gravitaționale, forțe de dispersie sau diverse fenomene electromagnetice, la dispunerea sistemelor universului care se organizează după direcții curbate (spirale, elipse);
- Formele reliefului terestru: au drept caracteristică de bază, din punct de vedere formal, masivitatea. Masă compactă a formelor reliefului suferă transformări formale prin acțiunea agenților externi de mediu la care este supusă sau a proceselor interne, rezultând astfel o gamă formală cu geometrii complexe;
- Formele minerale: au în general un aspect poliedrat datorat structurii interne a rocii. Volumetria vizibilă a acestora reflectă rezultatul dialogului dintre procesele interne și a factorilor externi. Aceste forme aparent complicate au la bază relații geometrice clare și echilibrate;
- Formele vegetale: sunt caracterizate de o anumită sveltețe și liniaritate verticală specifică plantelor. Dinamismul formelor vegetale reiese din sistemele de ramificație și creștere, procese care se bazează pe anumiți algoritmi de calcul în dezvoltarea plantei;
- Formele organice: se referă la toate tipurile de organisme vii fără a lua în considerare stadiul de evoluție în care se găsesc. Bogăția formală a regnului animal se regăsește la toate palierele sale, începând cu organismele care îl definesc și continuând cu toate aspectele și formele de manifestare ale acestora - principii de organizare, proprietăți, sisteme constructive, fenomene și material constructiv. Din punct de vedere formal, caracteristica generală a acestor tipuri de forme este linia și suprafața curbă de unde provine și dinamismul încorporat.

Având în vedere această clasificare formală a mijloacelor de expresie a naturii și a numărului ridicat de direcții de cercetare pe care aceasta îl implică, prezenta lucrare își delimitează cadrul de studiu la analiza ultimei categorii - formele organice naturale datorită lizibilității principiului funcționalist "forma urmează funcției"¹, un deziderat al formelor de manifestare arhitecturale și perfect ilustrat de formele organice naturale.

Pentru studiul formelor specifice regnului animal, consider că este necesară stabilirea componentelor care au relevanță în domeniul formei arhitecturale, într-o structură etapizată, pornind de la ce se poate observa cu ochiul liber într-o primă fază, în urma căreia să se poată stabili acele principii care stau la baza acestor rezultate și nu în ultimul rând identificarea proprietăților specifice formelor organice (Figura 1.1).

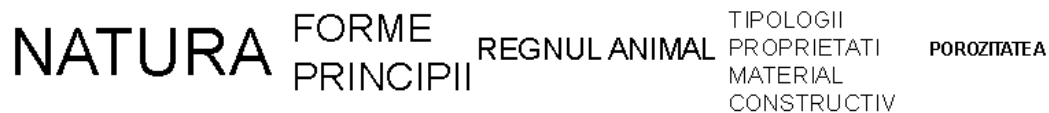


Fig. 1.1 Structura modului de analiza a formelor organice naturale²

¹ "Form follows function" - principiu funcționalist introdus de arh. Louis Sullivan în articolul "The tall office building artistically considered" apărut în revista Lippincott, , p.403-408

² Structura prezentului capitol evidentiază tranziția de la scara macro la micro și poziția proprietății de porozitate care se va detalia în capitolele următoare

1.2. Manifestări formale în regnul animal

1.2.1. Tipologia formelor naturale specifice faunei

Natura nu furnizează doar materie primă ci și un set de informații referitoare la modul de acționare asupra mediului înconjurător. Analiza și studiul activităților în materie de construcție a sistemelor animalelor poate fi extrem de sugestiv pentru arhitecți. Primele forme de manifestare arhitecturală a oamenilor au fost inspirate de structurile specifice faunei, însă prin abilitatea omului de a-și genera propriile tehnici constructive și de a spori gradul de complexitate a structurilor, el și-a dobândit specializarea tehnică și tehnologică proprie. Astfel, raportarea la structurile faunei, considerate primitive în exprimare, a devenit în timp lipsită de atractivitate.

Revenirea la analiza acestor structuri organice este însă un gest firesc deoarece aceste structuri simple ale animalelor ilustrează concepte de bază, logice și eficiente de construire care, împreună cu "know-how-ul" omului și a mijloacelor tehnologice avansate de care dispune el, pot da naștere unor soluții arhitecturale sofisticate și cu performanțe ridicate.

Scopul studiului mijloacelor de expresie specifice faunei este de a identifica paralele, diferențe și sinergii între mediul construit specific omului și modelele naturale pentru ca mai apoi acestea să dea naștere inovației în domeniul arhitecturii. Există o sumedenie de strategii exclusive lumii organice care pot stimula noi opțiuni pentru modul în care oamenii pot acționa asupra mediului.

Formele organice fac referire la structurile anatomice ale animalelor, la structurile constructive ale acestora [4], cât și la dinamica mișcării acestora în timp și spațiu. Atența analiză a acestora va evidenția anumite strategii de protecție împotriva agenților externi cu impact negativ fără a bloca interacțiunea cu mediul extern, sisteme structurale perfect adaptate la condițiile mediului înconjurător, utilizarea optimă a materialului constructiv și nu în ultimul rând forme alternative de structurare a materiei.

1.2.1.1. Structurile anatomice ale organismelor



Fig. 1.2 Exemple de animale cu structuri anatomice complexe

Studiul formal al structurii anatomice a organismelor vii face referire fie la totalitatea componentelor care alcătuiesc modelul natural, fie se poate concentra doar pe anumite componente din structura acestuia. Oricare ar fi varianta aleasă, atenția se va canaliza către identificarea cauzelor care au determinat o anumită configurație, care sunt funcțiile pe care le îndeplinește și care este răspunsul comportamental la acțiunea agenților externi.

Învelișul exterior al animalelor permite organismului să comunice cu mediul înconjurător, oferindu-i protecție în același timp. Organismele vii dispun de sisteme tegumentare variate care pot fi rigide sau flexibile, mereu adaptate nevoilor organismului, favorizând schimbul de fluide dintre interior și exterior.

Formațiunile tegumentare de pe suprafața corpului animalelor (de exemplu blană, pene, țepi etc.), prin capacitatea lor de activare datorată mușchilor erectili, îndeplinesc funcții variate: protecție, termoregulare, favorizarea schimbului de fluide, cea de element senzorial, propulsie etc. Expunerea repetată la diverși agenți presupune uzare ceea ce determină apariția ciclului de regenerare pentru asigurarea schimbului dintre uzat și nou.

Din punct de vedere formal, structurile anatomice ale viețuitoarelor sunt caracterizate de prezența liniei curbe și în mare parte a suprafețelor curbate. Aceste curbe pot fi închise sau continue, în ambele cazuri fiind permisă creșterea anatomică. Liniile curbe mai pot apărea odată cu secvențele de deplasare, cum se întâmplă în cazul pisicii de mare care prin mișcarea ondulatorie a pielii, forma sa plană din starea inertă se transformă într-o serie de suprafețe parabolice [5].

Corpul unei broaște țestoase este protejat de o suprafață cu o singură curbura fațetată (poligoane care aproximează pentagoane și hexagoane) alcătuită dintr-un sistem osos dur multistratificat [6]. În funcție de specie, anvelopa poate lua diverse forme – de la dublă (cazul cleștilor) până la elicoidală (cazul cochiliei de melc).

Studiul integral al structurii anatomice se pretează a se realiza la organismele cu un grad evolutiv mai redus, de exemplu cum este cazul anumitor specii de insecte sau unele animale marine (diatomi), unde suprafața anvelopantă reunește toate funcțiile necesare vieții, observându-se astfel structurarea materiei anvelopante și dozarea materialului constructiv în masa organismului. Pe de altă parte, studiul formal se poate axa doar pe o singură componentă a structurii anatomice majore, identificându-se atât structuri geometrice complexe cât și principiile și proprietățile care stau în spatele acestor forme. De exemplu, ochiul de mușcă aproximează o suprafață sferică modulată hexagonal [7] sau aripa unei libelule care este organizată în celule care au capacitatea de a se plia în timpul zborului [8].

De remarcat este faptul că odată cu analiza structurilor anatomice se relevă o serie de principii și proprietăți ale acestora care explică forma organismelor drept rezultată a funcțiilor pe care le adăpostește.

1.2.1.2. Structurile constructive ale animalelor



Fig. 1.3 Structuri constructive ale animalelor individuale

În 1974, Karl von Frisch este cel care introduce conceptul de „arhitectura animalelor” prin demonstrarea abilității cu care albinele construiesc structuri complexe etalând competență tehnologică desăvârșită [9]. Animalele au fost mentorii oamenilor primitivi în arta construirii prin soluțiile constructive simple, dar ingenioase, pe care acestea le-au preluat ca modele și dezvoltat de-a lungul timpului. Formele arhitecturii animalelor ilustrează complexitate prin însăși simplitatea și eficiența lor.

Funcțiile structurilor constructive ale animalelor sunt de trei tipuri: adăpostire, dispozitive capcană și mijloace de intracomunicare [10] (Fig. 1.3), iar în funcție de amplasament ele pot fi supraterane sau subterane. Elementul de interes în cazul structurilor constructive ale animalelor este manipularea materialului constructiv ceea ce presupune procesarea prin diverse tehnici și punerea sa în operă. Operațiile prin care animalele își construiesc structurile specifice cu raportare la modul de operare cu materialul constructiv sunt fie substructive fie aditive. Săparea în roci, pământ sau lemn presupune operarea cu o masă existentă, procedeul întâlnit la viețuitoare precum cârțile care creează în subteran sisteme complexe de tuneluri interconectate sau cazul unor specii de rândunici care excavează în pereți stâncoși pentru a crea cuiburi alveolare.

Pe de altă parte, procedeele aditive presupun utilizarea de diverse tehnici de procesare a materialului constructiv, precum acumulare, împletire și țesere, lipire (saliva rândunicilor în contact cu aerul se întărește, funcționând ca un lipici), modelare, pliere și rulare, sculptare [11]. De remarcat este faptul că adeseori materialul constructiv colectat este completat de materie primă secretată fie pentru o mai bună manipulare, fie din rațiuni legate de creșterea performanței, sau în cazul păianjenilor și al altor insecte, materialul secretat este folosit în exclusivitate pentru construcția anumitor structuri.

Din punct de vedere formal, la fel ca în cazul structurilor anatomice ale viețătorilor, structurile constructive sunt definite de linia curbă ceea ce subliniază legătura dintre construcție, constructor și utilizator. De exemplu, forma cuiburilor de păsări diferă de la specie la specie, ele progresând de la cele mai simple forme - suprafețe sferice, până la dispozitive complexe spiralate, elicoidale sau geometrii complicate care încorporează multiple funcțiuni (de ex. o specie de pițigoi își configurează cuibul sub forma unui sac suspendat executat din materiale vegetale și care prezintă două aparate de acces sub forma unor pâlnii).

Structurile animalelor denotă cunoștințe avansate în domeniul ingineriei constructive: materialul vegetal sau mineral folosit este organizat și dozat astfel încât să asigure rezistența structurală a construcției, se remarcă operarea optimă cu elemente care sunt supuse forțelor de compresiune și întindere sau modul de folosire optimă a proprietăților materialelor constructive. Un interes aparte îl prezintă pânzele de păianjen și al lor mod de ancorare și țesere generând atât structuri bidimensionale cât și tridimensionale. Un caz aparte este păianjenul de apă care își țese pânza în mediul subacvatic sub formă de clopot, unde tehnica de construire stârnește un interes aparte.

Chiar dacă structurile constructive ale animalelor nu prezintă aceeași bogăție formală ca structurile lor anatomice, ele furnizează informații prețioase despre răspunsurile optime găsite de viețuitoare la acțiunea forței gravitaționale, a încărcărilor care apar și a utilizării raționale, dar creative a materialului constructiv.

1.2.1.3. Structurile constructive ale animalelor sociale

Relevanța în domeniul arhitecturii a studiului structurilor constructive ale animalelor sociale constă în faptul că aceste forme de organizare colectivă

furnizează informații despre fluxuri constructive, sistematizarea locuirii colective, structurarea spațiului interior și integrarea optimă a unui set de funcțiuni care vin în întâmpinarea nevoilor comunității viețuitoarelor.



Fig. 1.4 Structuri ale animalelor sociale: (a) cuib de păsări țesător; (b) mușuroi de termite; (c) cuib de viespi

Anumite specii de insecte și animale se organizează în comunități capabile să genereze structuri constructive sofisticate, dobândind un nivel superior de complexitate prin comparație cu structurile animalelor individuale. Din categoria animalelor sociale fac parte furnicile, termitelile, viespile, anumite specii de păsări, dar și corali ca reprezentanți ai regnului animal marin. De remarcat este faptul că aceste exemple de viețuitoare au grade de dezvoltare variate, însă, indiferent de acesta, structurile lor releva cunoștințe avansate în arta construirii și organizării spațiale.

Din punct de vedere arhitectural, structurile animalelor sociale se definesc prin modularitatea unităților celulare, sisteme inteligente de generare volumetrică ce permite expansiunea în cazul creșterii populației adăpostite și utilizarea materialelor constructive adecvate acestor sisteme. Ele furnizează exemple de sisteme care facilitează schimbul de substanțe dintre spațiul interior și cel exterior.

Stupul de albine se constituie din unități celulare din ceară, unde celulele sunt definite de plăci rectangulare configurate sub forma unei prisme hexagonale, configurație care permite atât ocuparea optimă a spațiului cât și dezvoltarea stupului odată cu creșterea numărului de locatari.

Cuibul de viespi ilustrează sistemul structural al plăcilor curbe subțiri prin construirea acestuia dintr-un material subțire și ușor, similar cu hârtia, însă alcătuit din fibre vegetale mixate cu salivă secretată de viespi [12]. Materialul constructiv, prin tehnica îndoirii (Fig. 1.3. c), dobândește un comportament optim la încărcări, iar anizotropia materialului pe întreaga structură a cuibului ilustrează cunoștințele avansate ale viespilelor despre relația dintre material constructiv și forțele la care trebuie acesta să răspundă [13].

Mușuroiul de termite (Fig. 1.3 b) este, probabil, una dintre cele mai interesante exemple de arhitecturi naturale care ilustrează un sistem complex de ventilare asigurând buna funcționare a procesului de termoregulare. În plus, mușuroaiele țin cont de orientarea optimă către punctele cardinale utilizând optim atât radiația solară cât și lumina naturală pe parcursul întregii zile.

Anumite specii de păsări trăiesc în comunități ceea ce a dus la apariția cuiburilor colective. Dacă în cazul exemplurilor de mai sus ele sunt definite strict de un caracter public al spațiului interior, în cazul păsărilor se remarcă o locuire colectivă în care se pune accent și pe intimitatea indivizilor, lucru ilustrat de

prezența numeroaselor aparate de acces aferente fiecărei unități de locuire din cadrul cuibului (Fig.1.3 a).

Coralii sunt viețuitoare cu un grad de dezvoltare redus, însă organizarea lor în colonii dau naștere unor structuri constructive care se desfășoară pe suprafețe mari. Materialul dur, dar poros, reprezintă atât structura anatomică a coralului cât și adăpost și sistem defensiv în același timp.

În concluzie, studiul sistemelor constructive ale animalelor sociale prezintă interes în domeniul arhitecturii datorită formelor inedite de organizare spațială, operare cu materialul constructiv, și nu în ultimul rând pentru performanțele ridicate ale sistemelor structurale din perspectiva comportamentului la încărcări. Din punct de vedere formal, structurile constructive ale animalelor sociale sunt definite prin geometrii complexe, modulare și deschise, în sensul că ele permit expandarea spațiului locuit prin adăugarea de noi unități de locuit.

1.2.1.4. Structuri constructive temporare



Fig. 1.5 Geometria ouălor de insecte



Fig. 1.6 Tipuri de coconi

Funcția de reproducere este cea care favorizează apariția structurilor temporare ale animalelor, structuri ce asigură protecția și dezvoltarea până într-un anumit stadiu de dezvoltare a embrionului. Pentru prezenta cercetare voi analiza viețuitoarele ovipare adică cele care depun ouă în mediul extern, unde sarcina de adăpostire și protecție este preluată de aceste structuri pe toată durata incubăției.

În studiul acestor structuri din perspectiva arhitecturală, un interes aparte îl reprezintă anatomia oului și a coconilor ca produse ale insectelor. Geometria ouălor diferă de la specie la specie (Fig.1.5) cu grade diferite de complexitate. Schimbul gazos dintre interior și exterior se asigură prin coaja oului ceea ce explică caracterul poros al învelișului acestora.

Apariția sistemelor de tip cocon se explică prin metamorfoza datorată creșterii și dezvoltării totale a larvelor pe toată durata incubăției, dar și ca adăpost temporar în cazul insectelor cu perioade inactive datorate condițiilor nefavorabile ale vremii [14]. Transformările de natură morfologică (creșterea în dimensiuni) și fiziologică (dezvoltarea funcțiilor vitale) care au loc în această perioadă de viața necesită structuri constructive care permit buna derulare a acestora. În funcție de specia de insectă, tranzitul de la stadiul de larvă la cel de insectă adultă presupune apariția unui stadiu intermediar, cel de pupă. Specific acestui nivel de dezvoltare este faptul că organismul în plină dezvoltare rămâne imobil până la atingerea unui anumit grad de maturitate (Fig. 1.6). Astfel, coconul devine o capsulă protectivă cu rezistență specifică, dar care permite eclozarea, adică ruperea structurii sale de către insectă adultă.

Pupele fluturilor, de exemplu, se afla în coconi realizați de către omide prin țeserea mătăsii secretate, procedează întâlnit și la coconul viermelui de mătase, unde caracteristica principală este densitatea țeserii și a lungimii crescute a firului. Țeserile pot fi multistratificate, unde fibrele sunt interconectate, iar densitățile variate de-a lungul coconului ilustrează zone mai mult sau mai puțin poroase [15]. Există anumite specii care preferă construcția adăposturilor temporare din materiale colectate care mai apoi sunt procesate după anumite tehnici specifice.

Din punct de vedere formal, la fel ca și în cazul structurilor constructive permanente ale viețuitoarelor, ouăle și coconii se raportează direct la locuitorii lor, iar linia curbă va descrie suprafețe sferice sau ovoidale direct influențate de modul de țesere [16]. Coaja ouălor de insecte, denumită corion, atrage atenția prin suprafețele curbe mozaicate și modulate după sisteme triunghiulare sau hexagonale, vizibile doar la microscop în unele cazuri. Se remarcă multiple straturi în alcătuirea corionului, unele structurale altele funcționale cu configurații specializate pe anumite funcții [17]. Datorită gradului redus de dezvoltare al acestor viețuitoare, structurile temporare sunt reduse la forme primare și eficientizate în direcția îndeplinirii funcției.

Pentru a concluziona, analiza structurilor constructive temporare ale animalelor va furniza date atât despre sisteme de anvelopare eficientizate din punct de vedere al dialogului dintre interior și exterior, despre crearea de structuri optimizate geometric, dar și despre modul de operare cu materialul constructiv incluzând atât punerea lui în operă cât și relaționarea cu contextul natural.

1.2.2. Materialele de construcție specifice faunei

Studiul materialității specifice regnului animal are scopul de a evidenția relația dintre viețuitoare, habitatul lor și mediul înconjurător, prin raportarea la acțiunea agenților externi. Structurile constructive ale animalelor, fie că e vorba despre sisteme de adăpostire, fie de dispozitive capcană, sunt realizate din diverse tipuri de materiale care, în funcție de proveniența lor se pot clasifica în trei categorii: colectate, secretate sau mixte [18].

1.2.2.1. Materiale colectate

Materialul constructiv colectat, mineral sau organic, în starea lui brută trece adesea printr-un proces de prelucrare care presupune sortare și procesare în scopul aducerii lui într-o formă capabilă să răspundă nevoilor constructive.

Păsările sunt cele care etalează cele mai variate exemple de operare cu material constructiv de origine organică (Figura 1.7), care, pentru construcția

cuiburilor, mixează elementele vegetale colectate (crenguțe, plante flexibile etc.) cu pene, puf sau blană pentru sporirea confortului termic în cadrul cuibului. De exemplu, rața sălbatică se folosește de penajul de la partea inferioară pentru a-și construi cuibul. Penele și puful raței conferă izolare termică ridicată prin absența fulgilor și posibilității de înfioiere a acestora [19].



Fig. 1.7 Tipuri de materiale colectate și prelucrate de către insecte (a,b) sau păsări (b,c,d) în cadrul adăposturilor

Pe de altă parte, există anumite viețuitoare care optează pentru material constructiv de origine minerală precum nămolul sau rocile. Cunoștințele avansate ale animalelor despre proprietățile materialelor constructive se remarcă de exemplu prin actul de armare a nămolului cu materiale fibroase ceea ce denotă faptul că viețuitoarele dețin informații despre comportamentul elastic al materialului cu un grad ridicat de umiditate, dar și comportamentul plastic odată cu uscarea acestuia. Dacă în cazul cuiburilor de păsări construcția cuibului din nămol presupune colectarea lui în starea sa cu umiditate ridicată, unele insecte recurg la menținerea procentului de apă prin completarea constantă cu apă.

Se remarcă o serie de tehnici prin care sunt procesate materialele constructive: tăieri, îndoiri, modelari, țeseri, etc. Relevanța acestora se va regăsi în capitolele ce urmează.

1.2.2.2. Materiale secretate

Materialele secretate de către animale ilustrează perfect nevoile comportamentale din punct de vedere structural pe care trebuie să le îndeplinească materialul atât pe durata procesului de punere în operă cât și pe durata exploataării. Materialele secretate de animale sunt salivă, ceară, mucusul și mătasea folosite atât la adăposturi cât și la dispozitivele capcană (Fig.1.8).



Fig. 1.8 Materiale secretate: (a) salivă, (b) mătase, (c) mucus, (d) ceară

Procedeele enunțate în cadrul materialelor colectate rămân valabile și în cazul celor secretate. De exemplu, ceara de albine este procesată prin mestecare și transformată în ceara de fagure [20]. Procesul de mandibulare are scopul de a spori valorile proprietăților mecanice ale cerii, astfel, ceara procesată este convertită într-un material ușor de manipulat și modelat la temperaturile fagurelui, având o rezistență la întindere mai mare decât cea secretată în condiții optime ale mediului intern al fagurelui [21].

În funcție de comportamentul la solicitări de-a lungul suprafeței unui material, se pot identifica două tipuri de materiale: anizotrope³ sau izotrope⁴. În regnul animal se remarcă preferința pentru materialele anizotropice datorită comportamentului flexibil al acestora și capacității de a doza eficient cantitatea de material în funcție de necesitățile structurale.

Materialul de construcție se caracterizează prin răspunsul pe care acesta îl da unei acțiuni a forțelor exterioare și prin consistența sa, unde calitățile comportamentale sunt măsurate în funcție de rezistență la rupere, greutate specifică, densitate, deformabilitate, elasticitate (modulul lui Young), deformabilitate și rezistența la întindere. În natură, chiar dacă materialele secretate nu dețin valori caracteristice optime⁵, eficiența acestora survine din colaborarea dintre material, structură și formă [22]. Analiza materialelor secretate are relevanță în domeniul materialelor de construcție pentru identificarea acelor compoziții capabile să ofere un răspuns optim la funcția pe care trebuie să o îndeplinească.

1.2.2.3. Materiale mixte



Fig. 1.9 Cuibul de viespi: (a) suplimentarea fibrelor vegetale cu secreție proprie pentru hidroizolarea materialului⁶; (b) secțiune prin structura cuibului

În unele cazuri, precum exemplul cuibului de viespi, materialele colectate sunt mixate cu propriile secreții ale animalelor, generându-se materiale compuse, cu scopul de a dobândi anumite performanțe structurale necesare unei funcții. Foile cuibului de viespi dobândesc impermeabilitate prin procesarea materialelor vegetale plane cu saliva secretată, conferind astfel cuibului protecție ridicată împotriva umidității (Fig. 1.9 a) [23].

³ Materiale care au proprietăți mecanice diferite în funcție de direcția de aplicare a forțelor

⁴ Proprietățile mecanice sunt la fel pe toată suprafața materialului indiferent de direcția de aplicare a forțelor

⁵ Valorile optime ale materialelor constructive fac referire la o rezistență și elasticitate crescută și o rezistență la rupere de 20-30% [22]

⁶ <http://www.asknature.org/strategy/ed085a912c8436b34346bd1b414a4a97>, accesat 3.07.2014

Un alt exemplu necesar de menționat este cazul mușuroiului de termite, unde termita construiește cu particule de origine minerală procesate prin mixarea lor cu secreția proprie astfel încât materialul de construcție dobândește proprietățile mecanice necesare, asigurându-se un comportament optim la încărcări, inclusiv greutatea proprie care poate fi semnificativă în unele situații [24].

În concluzie, materialitatea lumii organice furnizează informații atât despre compoziții chimice optime din punct de vedere al proprietăților mecanice ale materialelor, cât și o serie de tehnici de punere în operă care valorifică caracteristicile comportamentului structural al materialului brut natural.

1.3. Inteligența formală a structurilor organice

Investigarea principiilor designului specific naturii urmărește identificarea anumitor soluții aplicabile mediului construit care mai apoi pot fi traduse sub forma unor linii de ghidaj în demersul creator. Principiile regăsite în natură sunt sintetizate de către Janine Benyus în 12 metode care pot influența dezvoltarea tehnică și tehnologică [25]:

- Auto-asamblare
- Chimia apei
- Asimilarea energiei solare
- Inteligența formală
- Materiale ca sisteme
- Selecția naturală ca dispozitiv de inovație
- Reciclarea materialelor
- Ecosisteme generatoare de resurse proprii
- Conservarea energiei
- Rezistență și vindecare
- Detectare și reacție
- Viața creează condiții favorabile pentru viață

Formele naturale îndeplinesc toate aceste principii interdependente, unde metoda de configurare formală se concretizează într-un produs finit la baza căruia stau aceste procedee.

Cele 12 principii se pot reduce la un număr mai mic datorită relațiilor de incluziune care pot apărea în cazul structurilor faunei. Inteligența formală va îngloba autoasamblarea, asimilarea energiei solare, materialele ca sisteme, selecția naturală, conservarea energiei, rezistența și vindecare, detectare și reacție. Astfel, se poate afirma că analiza formei naturale organice concluzionează cu informații despre metode de design care sunt capabile să genereze forme cu eficiența structurală maximizată cu un consum minimizat de resurse.

Însă la ce se referă această inteligență formală? Răspunsul la această întrebare se va căuta prin prisma îndeplinirii principiilor mai sus enunțate. Conform arhitectului american Eugene Tsui în cartea sa "Evolutionary Architecture: Nature as a Basis for Design", inteligența formală se definește prin: greutate și rezistență, maximizarea eficienței structurale, creștere, aerodinamică și hidrodinamică, flexibilitate și duritate.

1.3.1. Greutate și rezistență

Organismele naturii sunt obligate a folosi metode specifice de construire pentru a minimiza aportul de material și de energie necesară punerii în operă a

acestui, precum și maximizarea rezistenței dobândite ulterior [26]. Acest lucru conduce spre maximizarea eficienței structurale prin întrebuințarea unei cantități reduse de resurse și materii prime organizate în configurații în care acestea sunt valorificate din punct de vedere structural [26] și spre maximizarea volumului înglobat care presupune dobândirea unui raport optim între volum și anvelopă, traducându-se prin reducția consumului energetic în schimbul dintre mediul intern și cel extern. Aceasta maximizare are loc prin intermediul formei curbilinii care permite scăderea suprafeței pielii și creșterea volumului intern. Avantajele formelor curbilinii se regăsesc în menținerea unei temperaturi optime cu un consum minim de energie, în faptul că greutatea totală a organismului este diminuată, viețuitoarele dobândesc capacitatea de a absorbi și disipa încărcări de-a lungul structurilor lor [26].

1.3.2. Dezvoltare prin algoritmi de creștere naturală a formei și subdivizarea ei

Referindu-mă strict la structurile anatomice ale viețuitoarelor, formele naturale sunt rezultatul proceselor care au loc în interiorul organismelor și a acțiunii factorilor externi de mediu care supun vietatea unor solicitări de deformare. Forma anatomică derivă din rate de creștere, unde procesul de dezvoltare până la stadiul de maturitate se poate întinde pe perioade lungi sau scurte de timp (Fig.1.10). Un rol important îl are și materialul din care este alcătuit organismul deoarece limitările acestuia vor oferi anumite răspunsuri la acțiunea agenților deformați și condiționează forma finală a organismului.

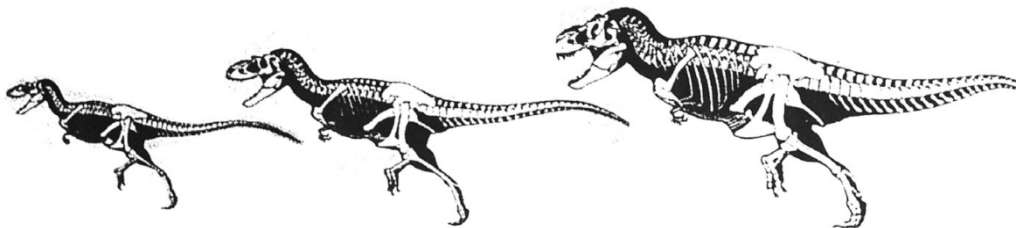


Fig. 1.10 Modificări anatomice apărute în timpul creșterii [27]

Inteligența formală raportată la procesul de creștere survine din faptul că acest fenomen are la bază progresii algoritmice, identificându-se anumite relații numerice care apar pe parcursul creșterii. Numerologia specifică explică apariția sistemelor deschise traduse formal prin curbe deschise - spirale (Fig. 1.11) dar și a celor închise prin sisteme poligonale de subdivizionare a unei suprafețe (Fig.1.12). Sistemele deschise⁷ spiralate se regăsesc în regnul animal în diverse structuri anatomice precum cochilia, coarne sau la dinamica modului de flexare a unor terminații sau a întregului trup. Aceste exemple de regularitate matematică au la bază șiruri de numere generate prin rate de creștere, iar cel mai frecvent întâlnit în natură cu relevanță în studiul formal este șirul lui Fibonacci⁸[28]. Spiralele

⁷ Prin progresul evolutiv, în schimbul creșterii capacității de regenerare odată cu apariția unei daune, organismele dezvoltă îmbunătățiri ale sistemului structural care sunt capabile de a preveni eventuale daune [26].

⁸ Șir introdus în jurul anului 1200 de către Leonardo Bonacci, unde suma a două numere consecutive generează următorul număr din șir. Acest tip de succesiune valorică se regăsește în majoritatea ratelor de creștere și organizare spațială a sistemelor naturale

fibonacciene sunt caracterizate de prezența centrului, denumit apex, în jurul căruia se dezvoltă excrescențe denumite primordii succesive. Tipuri de spirale naturale sunt individualizate de relațiile care se stabilesc între primordiile succesive în raport cu poziția apexului, prin urmare, gama variată de spirale este dată de succesiunea în timp a primordiilor, adică prin unghiurile dintre acestea și apex [28] (Fig.1.13).



Fig. 1.11 Spirale naturale

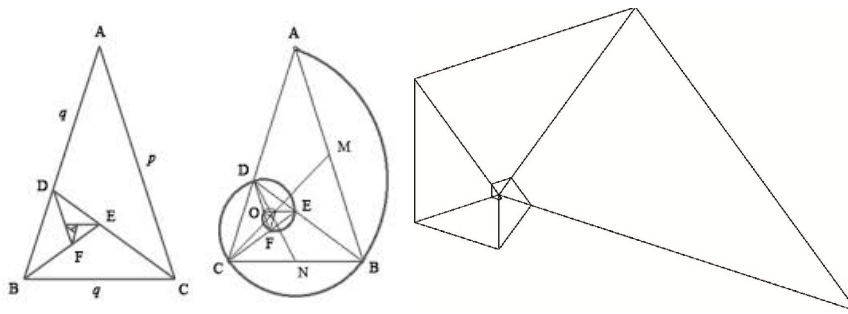


Fig. 1.12 Relații geometrice stabilite prin numerele șirului lui Fibonacci

Pe de altă parte, sistemele închise apar odată cu încheierea ciclului de creștere și atingerea stadiului de maturitate anatomică a organismelor. Subdiviziunile de suprafețe atrag atenția prin geometria ilustrată. Un caz aparte îl reprezintă venitățile aripii de libelulă care intrigă privitorul prin diviziunile poligonale neregulate. Algoritmul de subdivizionare poate fi tradus în limbaj matematic cu formula Voronoi pentru un set de puncte P care descriu o regiune din spațiu, iar seturile de puncte p reprezintă unitățile celulare în care este subdivizată regiunea P : $Vor(p, P) = \{x : |px| \leq |qx| \forall q \in P\}$ [29]

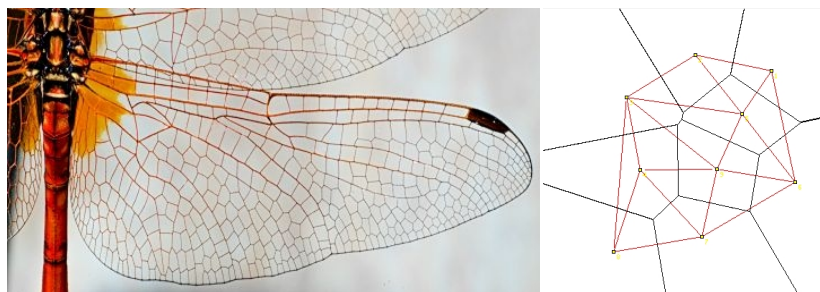


Fig. 1.13 Aripa de libelulă cu subdiviziuni structurate după diagrama Voronoi

Studiul ratelor de creștere și a sistemelor de subdivizionare specifice naturii organice are scopul de a confirma existența relațiilor dintre formele naturale și legile matematice care stau în spatele acestora.

1.3.3. Forme aerodinamice și hidrodinamice

O mare parte dintre organismele naturii sunt mobile și prin urmare sunt supuse legilor aerodinamicii sau hidrodinamicii. Din punct de vedere formal, răspunsul la aceste legi se concretizează prin două elemente: traiectoriile descrise de mișcarea acestora prin deplasare (Fig.1.14) și forma anatomică a viețuitoarelor (Fig.1.15)

În primul caz, așa cum Eleanor Lutz a surprins în infograficele animate ale diverselor vietăți zburătoare, suprafețele descrise de traiectoriile aripilor sunt riglate și cu curburi ce diferă de la specie la specie.

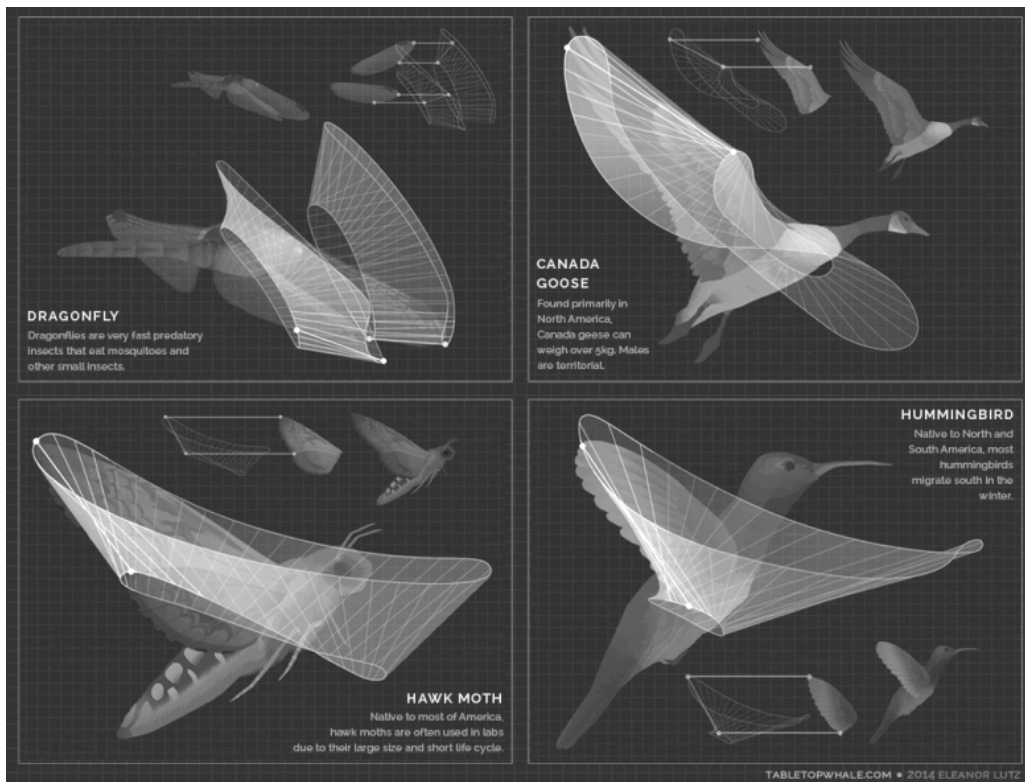


Fig. 1.14 Studiul formal al traiectoriei aripilor pe timpul zborului de (a) libelulă; (b) gâsca canadiană; (c) molia; (d) pasărea colibri⁹

În cel de-al doilea caz, forma anatomică a organismelor înfățișează diferite curburi care sunt stabilite de condițiile mediului extern (spațiul prin care se

⁹ <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2776970/Watch-fruit-bat-fly-hummingbird-hover-The-hypnotic-animations-reveal-exactly-different-animals-skies.html>, accesat 17.01.2015

deplasează care poate fi marin, terestru sau aerian), dar și de posibilitățile de mobilitate ale lor. Prin folosirea formelor curbe, organismele dobândesc capacitatea de a absorbi și disipa încărcări de-a lungul structurilor sale și mai mult, sunt eliminate zonele cu potențial de adunare a încărcărilor suplimentare și prin urmare se exclude necesitatea adaosului de armare. Legile aero/hidrodinamicii sunt cele care stabilesc tipologia structurală, modul de organizare și dispunere în suprafață al materialului din care sunt alcătuite viețuitoarele.



Fig. 1.15 Structuri anatomice aerodinamice adaptate formal la mediul marin, terestru și aerian

1.3.4. Flexibilitate

Elasticitatea structurilor anatomice ale viețuitoarelor vine adesea în întâmpinarea nevoilor de mobilitate, comprimare sau expandare a structurii anatomice. Flexibilitatea implică existența proprietății de deformabilitate care devine posibilă cu ajutorul unor articulații (de exemplu cum sunt picioarele de lăcustă), comprimări parțiale (exemplu îl constituie majoritatea animalelor târâtoare) sau prin ondulații (în cazul viețuitoarelor marine flexibilitatea devine un imperativ în actul de înot) (Fig.1.16).



Fig. 1.16 Structuri anatomice flexibile

1.3.5. Duritate

Duritatea anumitor structuri ale naturii organice se explică prin nevoia de sisteme defensive și de armare în cazul apariției pericolelor externe, funcție de protecție pe care duritatea anatomică sau constructivă a structurilor faunei o asigură.

Spre exemplu, cochiliile moluștelor au o anumită duritate datorită compușilor prezenți în structura cojii care îi conferă rezistență structurală grație microstructurii unice (Fig.1.17). Straturile ceramice înglobate în matricea proteică sunt orientate la unghiuri diferite în scopul redirectionării propagării fisurilor [30].

K. Jirapong și R.J. Krawczyk consideră că răspunsul geometriei unei cochilii pentru orice sarcină externă este acela de redirectionare a forțelor prin fiecare secțiune a structurii cochiliei de-a lungul curburilor multiple ale cojii, pentru că mai apoi ele să fie transferate mai departe către punctele de sprijin [31]. Se poate concluziona ușor că duritatea unei forme naturale este strâns legată de mediul în care își derulează existența.

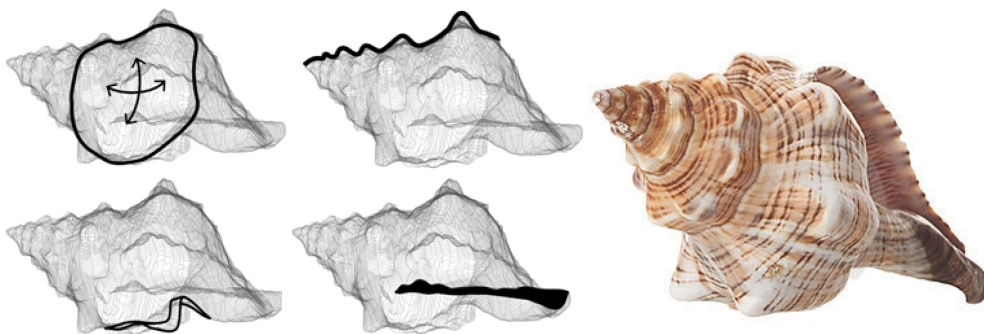


Fig. 1.17 Cochilia de scoică- desene ale zonelor în care este crescută duritatea¹⁰

Desigur că lista proprietăților structurilor faunei rămâne deschisă, însă pentru prezenta cercetare proprietatea de porozitate reprezintă tema centrală de studiu în direcția valorificării ei în termenii limbajului formal arhitectural.

1.4. Porozitatea naturală

Structurile specifice regnului animal, pornind de la mijloacele de expresie a inteligenței formale, etalează observatorului o serie de caracteristici și proprietăți funcționale precum aerodinamică, flexibilitate, duritate, cromatică, porozitate etc. Dintre acestea, în prezenta lucrare, studiul se concentrează pe proprietatea care se regăsește la toate nivelurile de manifestare formală din natură organică: porozitatea.

Prin mediu poros se va înțelege, în mod intuitiv, un sistem, mai mult sau mai puțin complex, de orificii cu o geometrie bine stabilită care permite tranzitul materiilor gazoase sau lichide prin el [32]. Astfel, porozitatea se traduce prin grade de permeabilitate ale structurilor specifice regnului animal. Formele poroase se întâlnesc într-o mare varietate formală în natură deoarece ele ajută la îndeplinirea unor seturi de funcții pe care organismul le îndeplinește pentru menținerea vieții (Fig.1.18). În faună porozitatea se regăsește în două ipostaze: la nivel anatomic în țesuturile biologice (oase, blană, piele etc.) și la nivel constructiv în cazul adăposturilor viețuitoarelor fie ele permanente sau temporare. Analiza porozității

¹⁰<http://www.archdaily.com/551062/shell-lace-structure-tonkin-liu-s-nature-inspired-structural-technique/5421222dc07a800de5000c2-shell-lace-structure-tonkin-liu-s-nature-inspired-structural-technique-image>, accesat 3.08.2015

naturale organice are scopul de a explica apariția porozității, cauzele care au determinat numărul, forma și dispunerea în suprafață a porilor. Toate informațiile rezultate vor fi bază pentru procesul de translatare și transformare în date cu caracter arhitectural.

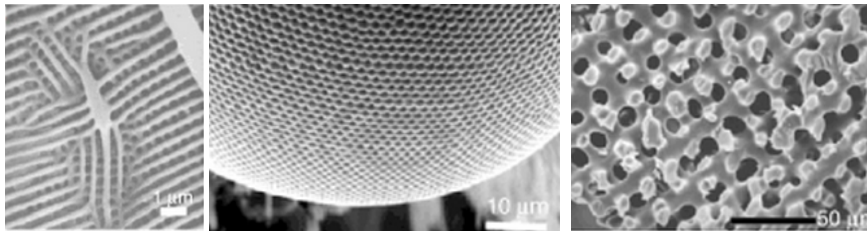


Fig. 1.18 (a) radiolarii (b) ochi de fluture de noapte [33]; (c) extras din cochilia ariciului de mare [34]

1.4.1. Funcțiile porozității

Apariția porozității în natură se explică prin activitățile proceselor care au loc în interiorul animalului (procese de creștere, de vindecare, de reparare, de menținere a vieții etc.), a condițiilor de mediu exterior care însumează totalitatea agenților de mediu ce acționează asupra viețuitoarei. Temperatura, presiunea, lumina, umezeala sunt doar o parte dintre factorii care influențează direct structura poroasă. Structură precisă și complexă la nivel molecular nano sau micro indică adaptabilitate la condițiile mediului mereu schimbător [35].

Porozitatea naturală se explică prin funcțiile pe care organismele trebuie să le îndeplinească pentru asigurarea vieții: hrănire, asigurarea schimbului gazos dintre mediul intern și cel extern și producerea homeostazei¹¹ (de exemplu structura cu micropori a ouălor).

Funcția porozității în cazul păsărilor este de a ușura structura anatomică a acestora, în Fig.1.19 se observă structura cu grade variate de porozități ale osului de pasăre unde se poate vedea dozarea materialului anatomic în proporții mai mari pe zonele marginale și în cantități reduse în zonele mediane. Secțiunea caracteristică a oaselor păsărilor diferă în funcție de necesitățile funcționale. În plus, configurația spațială ale fibrelor osoase contribuie la creșterea rezistenței fără a suplimenta greutatea totală (Fig.1.19)



Fig. 1.19 Secțiune prin osul de pasăre¹²

¹¹ Procesul de homeostază se referă la menținerea echilibrului mediului intern al viețuitoarelor

¹² <http://publicdisplaysofaffection.ca/wp-content/uploads/2010/11/bird-bone.jpg>, accesat 5.05.2014

Bureții de mare își asigură aportul de materie nutritivă prin intermediul orificiilor de dimensiuni variate integrate în structura lor anatomică. Dimensiunile porozităților sunt direct influențate de fluxurile de apă, gestionând prin filtrare și circulații cantitățile de apă care pătrund în interiorul lor (Fig.1.20).

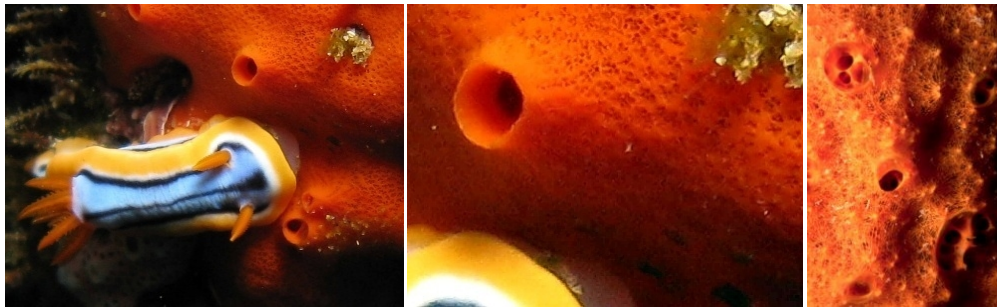


Fig. 1.20 Burete de mare portocaliu cu pori dimensional diferențiați¹³

1.4.2. Tipuri de porozități organice

Porozitatea naturală nu întotdeauna se prezintă privitorului direct, iar observarea ei se poate realiza fie la nivel micro (observarea structurilor cu ajutorul unor instrumente de analiză performante care permit vizualizarea structurii organismelor) sau macro (observare directă cu ochiul liber).

Structurile organice naturale încorporează proprietatea de porozitate la diferite niveluri constructive. De la caz la caz, porozitatea se poate manifesta fie doar la un singur nivel, fie la mai multe. Astfel, porozitatea poate fi clasificată în funcție de componenta la care se aplică:

- **Porozitatea în masa construită** se remarcă în special la structurile constructive permanente ale animalelor individuale și sociale (Fig.1.23). În aceste cazuri, porozitatea este dobândită prin spațiul interior, iar materialul constructiv este procesat prin procedee de săpare și excavare;
- **Porozitatea anvelopei:** se regăsește la nivelul pielii viețuitoarelor, iar prezența caracterului poros se explică prin relația cu mediul extern a organismelor. Un exemplu îl constituie pielea viperei africane care funcționează ca sistem de camuflaj [36] prin profunzimea spațială a microporilor vizibili doar prin intermediul instrumentelor specializate de vizualizare (Fig.1.21).
- **Porozitatea structurală:** apariția ei se explică prin proporționarea în anumite cantități a materialul constructiv (anatomic sau colectat) în scopul obținerii unui comportament structural optim; Exemplu pentru porozitate structurală îl constituie radiolarii¹⁴ (Fig.1.22) a căror structura anatomică ilustrează o structurare diferențiată a materiei anatomice în sistem modular poros;

¹³ <http://www.seasluqforum.net/find/21876>, accesat 8.08.2015

¹⁴ Protozoare marine care au o cochilie silicioasă, cu prelungiri subțiri, dispuse în sistem compozitional radio centric.

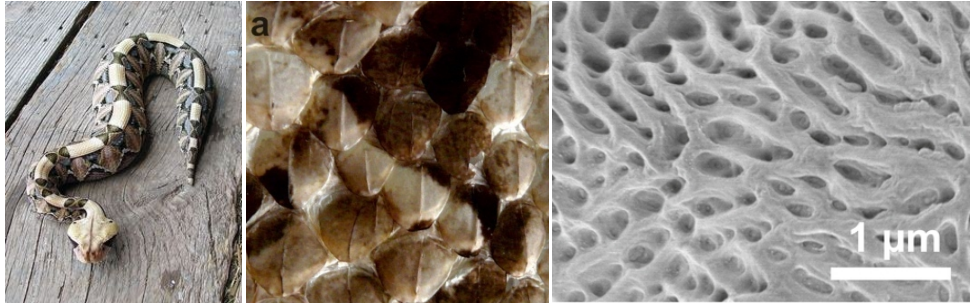


Fig. 1.21 Vipera africană a cărei piele, privită la microscopul electronic cu scanare relevă prezența unei structuri poroase¹⁵

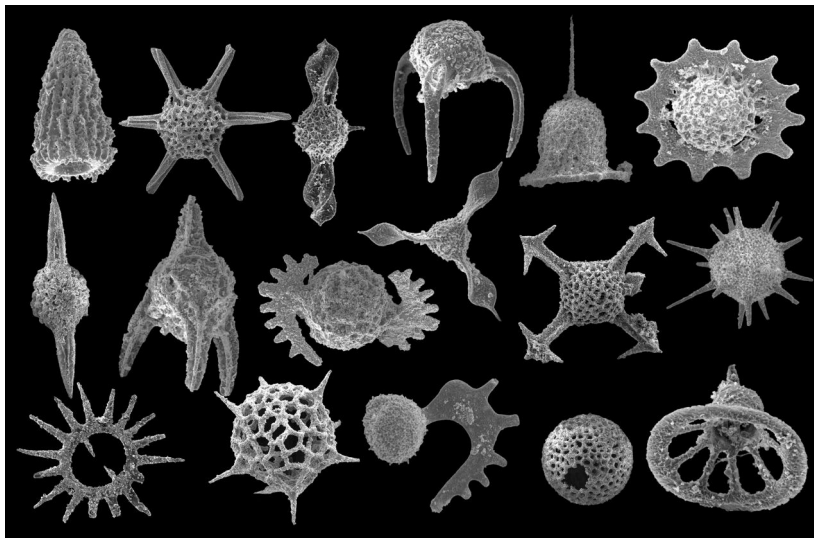


Fig. 1.22 Exemple de radiolari¹⁶

1.4.3. Tehnici de generare a porozității

Tehnicile prin care porozitatea prinde contur depinde integral de modul de operare cu materialul constitutiv. Metodele de dobândire a porozității pot fi atât substructive cât și aditive. Permeabilitatea structurilor specifice faunei va fi caracterizată, în funcție de cantitatea materialului constructiv, prin densitate sau rarefiere, grosime sau subțirime, planeitate sau profunzime.

Astfel, modalitățile substructive prin care structurile regnului animal pot dobândi porozitate vor presupune procese de excavare supra sau subterană și procesări ale materialului constructiv prin tăieri și decupaje. Exemplu pentru tehnica excavării îl reprezintă unele tipuri de vizuine, precum cele ale cârțișelor care prin săpare își crează o rețea de canale subterane (Fig.1.23). Pe de altă parte, tehnicile

¹⁵ <http://www.nature.com/articles/srep01846>, accesat august 2015

¹⁶ www.europeana.eu/portal/record/2023901/NatEu_HNHM_Palaeontology_HNHM_PAL_0055_jpg.html, accesat 8.08.2014

44 1. Formele organice naturale și arhitectura porozității

de procesare prin decupaje se referă la prelucrarea unui material constructiv care este caracterizat de grosimi reduse și configurate sub formă de foi. Decupajele vor avea rolul de a crește elasticitatea modelării materialului colectat, sau de a reduce greutatea totală a sistemului constructiv.

Se observă că tipologia tehnicilor substructive face trimitere la strict la materialele constructive colectate sau la acțiunea directă a condițiilor de mediu în care animalul activează.



Fig. 1.23 (a) Rețea de canale subterane săpate de cârțițe¹⁷; (b) cuiburi excavate în rocă¹⁸

Trebuie specificat că proprietatea de porozitate poate fi definită atât în cadrul structurilor anatomice ale viețuitoarelor cât și în sistemele lor constructive, cu precădere cele realizate din materiale secretate sau mixte.

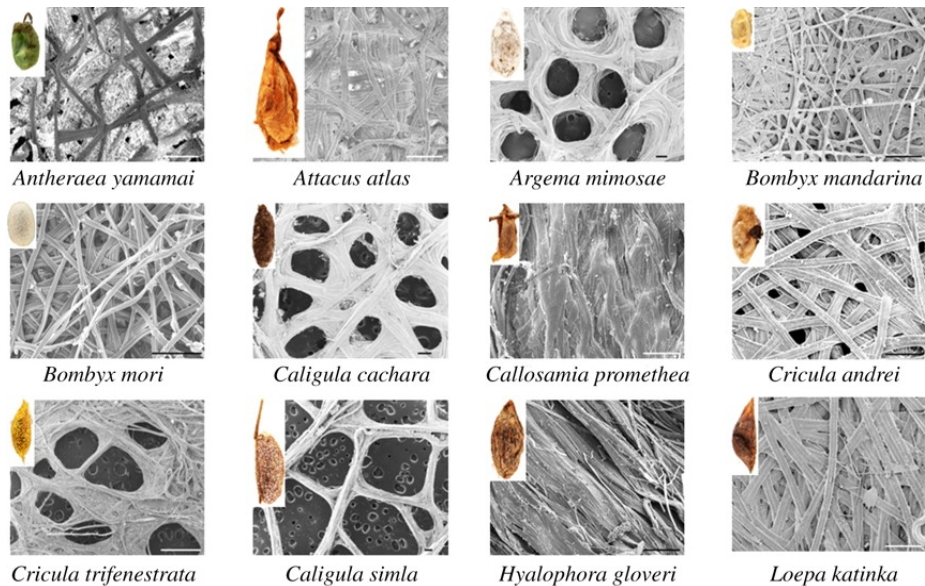


Fig. 1.24 Tipuri de țesături în cadrul coconilor țesuți de viermii de mătase¹⁹

¹⁷ <https://www.pinterest.com/pin/284219426455804188/>, accesat 29.07.2014

¹⁸ http://cherylharner.blogspot.ro/2012_05_01_archive.html, accesat 29.07.2014

Tehnicile aditive dau naștere unor structuri poroase prin modul de dispunere a materialului constructiv. Din această categorie vor face parte procedee precum țesere (Fig.1.24) sau stratificări succesive de materie primă.

De menționat este faptul că tehnicile folosite de viețuitoare sunt în strânsă legătură cu capacitățile lor de operare cu materialul constructiv și cu condițiile mediului înconjurător și funcția pe care trebuie să o îndeplinească structura.

1.4.4. Pattern-uri poroase naturale

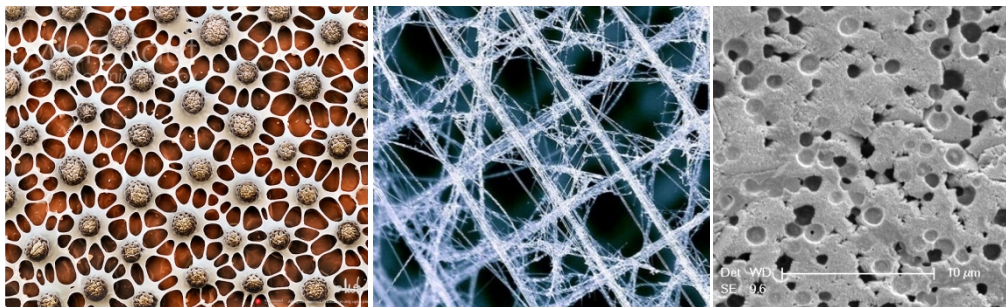


Fig. 1.25 Porozități organizate sub forma rețelelor uniforme și neuniforme bidimensionale (a) structura ouălor de țânțar (b) structura buretelui de mare sticlos; (c) structura cojii oului de pasăre

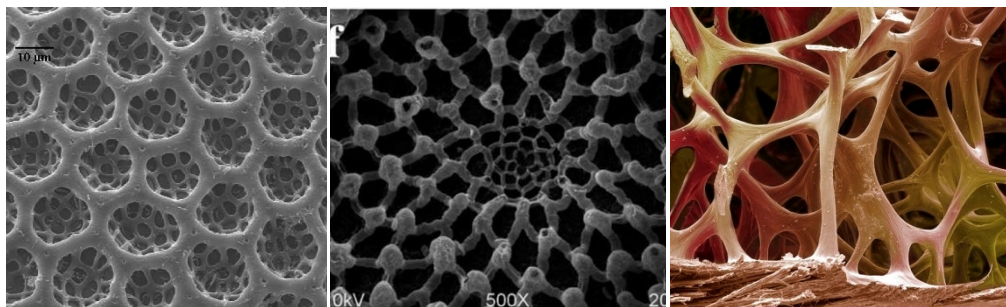


Fig. 1.26 Porozități organizate sub forma rețelelor uniforme și neuniforme tridimensionale (a) structura oului de gândac; (b) structura oului de fluture²⁰; (c) structura osului de pasăre

Pattern-urile poroase iau naștere odată cu modul de dozare a materialului constructiv anatomic sau secretat, iar pentru observarea acestora este nevoie adesea de dispozitive specializate precum microscopul electronic cu scanare (SEM), având în vedere scara redusă la care porozitatea are loc. Atât structurile anatomice ale viețuitoarelor cât și cele constructive relevă geometrii complexe caracterizate de o anume permeabilitate. Prezența acestor modele se explică prin raportarea la

¹⁹ In articolul "Structure and physical properties of the silkworm cocoons" autorii precizeaza ca tesaturile coconilor pot fi uni sau multistrat, in functie de specie, iar ajustarea porozitatii tesaturii se realizeaza prin microcristale de oxalat de calciu [15]

²⁰ Imagine preluata din articolul ""Polyommatus ripartii: The Biological Basis for the Conservation and the Morphology of the Developmental Stages of a Critically Endangered, Relict Population in Central Europe" Łukasz Przybyłowicz, publicat in Journal of Insect Science, 12.12.2014

funcțiile porozității care dictează configurațiile pattern-urilor. Prezența unor diformități la nivel modular sau organizatoric se datorează în mare parte acțiunii agenților externi de mediu care pot crea mutații sau scurtcircuitări ale dezvoltării organismelor, însă, făcând abstracție de aceste zone, forma elementelor componente și legile compoziționale prin care acestea se relaționează este relativ ușor de intuit.

Modul de organizare al porozității releva două tipuri de dispuneri spațiale: bidimensionale (Fig. 1.25) și tridimensionale (Fig.1.26). Prin analiză comparativă a celor două tipologii, se pot identifica anumite similitudini: prezența unor mijloace compoziționale bazate pe grile uniforme, neuniforme sau mixte, diferențierea prin ierarhizare, stratificări ale masei, densificări ale materialului constitutiv, caracterul scheletal relaționat cu imaginea de masă compactă și geometrii bine definite.

1.5. Concluzii

Informațiile prezentate în acest capitol și modul lor de organizare au scopul de a stabili baza teoretică, extrasă din domeniul biologiei, cu relevanță în domeniul arhitecturii și al specificității studiului.

Tipologia formelor organice s-a realizat în funcție de relevanța și potențialul lor în procesul de translație în câmpul arhitecturii. Structurile anatomice ale viețuitoarelor au ajuns în forma pe care o vedem în prezent prin procese de adaptabilitate formală și de selecție naturală, o perfecționare care a fost dintotdeauna solicitată de factorii de mediu. Prin factori de mediu se va înțelege totalitatea parametrilor variabili existenței: temperatură, umiditate, presiune, vânt, dar și modificările produse de aceștia ce au putut declanșa, de exemplu, dezvoltarea sistemelor de mobilitate ale viețuitoarelor sau adaptări ale pielii.

Datele extrase despre materialul constructiv întâlnit în regnul animal și modurile de operare cu acesta furnizează informații despre tehnicile de procesare folosite de animale pentru construirea unor structuri optimizate din punct de vedere al cantității de resurse utilizate și din perspectiva comportamentului mecanic al sistemelor naturale.

Principiile, formele specifice regnului animal și materialele de construcție întâlnite în faună sunt elementele cu care voi opera în sensul generării de forme alternative în arhitectură. Cunoașterea și conștientizarea acestora este un imperativ în cazul arhitecturii organice.

Enunțarea principiilor legate de inteligența formală are ca scop identificarea mijloacelor prin care organismele se adaptează la condițiile de mediu, dar și la procesele interne care le asigură echilibrul. Animalele, oricare ar fi gradul lor evolutiv, funcționează după principii bine stabilite care le permit adaptarea la contextul în care își desfășoară existența. Accentul pus pe inteligența formală a structurilor faunei are scopul de a evidenția acele informații care se pot transla în domeniul arhitecturii umane pentru a crește performanțele fondului construit artificial, dar și pentru o mai bună relaționare și integrare a acestuia în mediul natural.

Detalierea proprietății de porozitate naturală anticipează specificul prezentului studiu și reprezintă baza teoretică din domeniul biologiei din care se vor extrage informațiile relevante pentru domeniul arhitecturii. Selecția unei proprietăți din paleta variată oferită de regnul animal s-a realizat din considerente ce țin de rata apariției ei la toate nivelurile tipologice ale structurilor faunei. Astfel, porozitatea este explicată prin structurile în care se întâlnește, la funcțiile care stau în spatele ei, dar și în instanțele formale prin care este ea configurată spațial.

În acest capitol, contribuția autorului reiese din:

- inventarierea ariilor de interes din biologie în domeniul arhitecturii și din intenția de identificare a potențialului aplicativ al acestora;
- structurarea tipologiilor formale și constructive ale regnului animal;
- stipularea tehnicilor și procedeelelor de operare cu materia primă de construcție;
- dezvoltarea principiului de design specific naturii - inteligența formală;
- detalierea teoretică a subproprietății de porozitate naturală ca parte componentă a principiului de inteligența formală.

2. FORMA ORGANICĂ ÎN ARHITECTURĂ

| | |
|-----------|--|
| OBIECTIVE | <ul style="list-style-type: none">• Plasarea conceptului de formă arhitecturală organică în condițiile de mediu și cele socio-culturale existente• Analiza istorică a practicii și teoriei arhitecturii organice• Raportarea formelor arhitecturale organice la contextul temporal și spațial• Enunțarea unor argumente pentru utilizarea formelor organice în arhitectură• Stabilirea mijloacelor de generare formală a elementelor de arhitectură organică |
|-----------|--|

Necesitatea studiului formei arhitecturale survine din schimbările majore care redefinesc mediul antropizat printr-o varietate de fenomene și procese socio-culturale interconectate. Diversitatea și diferențierea sunt principalele deziderate ale acestui mediu aflat într-un continuu proces de schimbare și recalibrare în care fondul construit joacă un rol esențial. Acest fapt a condus la nevoia de a gândi și a acționa creativ și inovativ conform noilor parametrii. Arhitectul are acum sarcina de a furniza soluții cu performanțe ridicate, capabile să răspundă acestui nivel de complexitate. În aceste condiții, forma arhitecturală trebuie să furnizeze un răspuns la o multitudine de probleme a căror cauză se va căuta în schimbările societății contemporane, a condițiilor de mediu înconjurător, a progresului tehnologic, etc. Donald A. Crosby afirmă în prefața cărții sale "Novelty" că "noutatea nu este opusul cauzalității eficiente, ci îi este complementară. De fapt, argumentul este că fără noutate, cauzalitatea nu ar fi inteligibilă, la fel cum fără cauzalitate, noutatea nu ar avea vreun înțeles" [37]²¹. Completând această afirmație, se poate afirma că, creativitatea este cea care favorizează apariția noutății cauzale, unde noutatea arhitecturală în circumstanțele actuale se va manifesta sub forma abordărilor durabile în arhitectură, iar studiul formei reprezintă primul pas în acest proces complex.

Pe de altă parte, Paolo Portoghesi afirmă că omul face parte din natură iar creația umană devine și ea parte componentă a acesteia, subliniindu-se confuzia referitoare la poziția creației umane în raport cu natura [38]. Astfel, reorientarea atenției la exemplele naturale pare un gest firesc, având în vedere soluțiile de succes, fără excepție, pe care acestea le-au găsit la condițiile mediului în care trăiesc. Durabilitatea sistemelor naturale este incontestabilă, iar preluarea și traducerea legităților și principiilor naturale în mediul construit poate conduce către integrarea armonioasă a produselor de arhitectură în natură, validând teoria lui Portoghesi. Această abordare s-a conturat de-a lungul timpului în ceea ce

²¹ Lb. engleza: "Novelty is not opposed to efficient causality but complementary to it. In fact, the argument here is that, without novelty, causality would be unintelligible, just as, without causality, novelty would have no meaning."

cunoaștem drept arhitectura organică. Sustenabilitatea arhitecturii organice apare implicit odată cu asimilarea principiilor naturii. Performanțele durabile pe care le dobândește o clădire organică reies din nivelul de adaptare la mediul înconjurător. Incorporarea în mediul construit a principiilor naturii are scopul de a integra și adapta tot ce înseamnă creație umană, un proces în urma căruia produsul final se va contopi cu mediul natural. Prin raportarea la natură se înțelege preluarea tuturor informațiilor pe care aceasta le oferă și încercarea de a înzestra mediul artificial cu calitățile naturale, fie că e vorba de forme, configurații, principii, procese sau fenomene.

Dezbaterea despre formă arhitecturală organică pornește de la definiția formei care este o "categorie care desemnează structura internă și externă a unui conținut, modul de organizare a elementelor din care se compune un obiect sau un proces" [39]. Prin extrapolare, forma arhitecturală se definește prin existența unui contur aparent în care spațiul și materia sunt organizate. Astfel, forma arhitecturală reprezintă rezultatul fuziunii dintre formă, funcțiune, materie și procesele care apar în interacțiunea cu agenții externi de mediu care acționează asupra ei, asemeni proceselor naturale. Leandro Madrazo investighează conceptul de formă arhitecturală concluzionând că forma, așa cum a fost ea definită de Vitruvius prin prisma a trei trăsături: structurală, sculpturală și geometrică (Fig.2.1), se regăsește în lucrări de arhitectură în toate perioadele evolutive [40]. Exemplele naturale reușesc să distribuie uniform cele trei caracteristici, stabilind o stare de echilibru între ele.

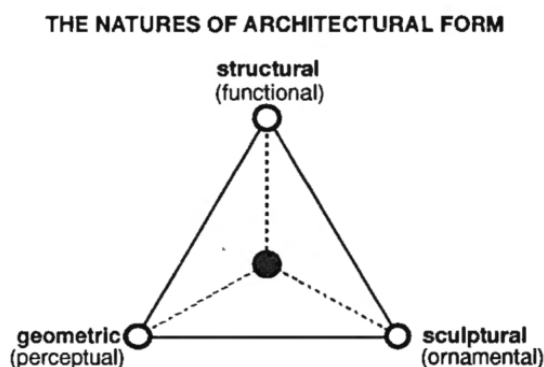


Fig. 2.1 Cele 3 instanțe ale formei arhitecturale (după Vitruvius) [40]

Arhitectura organică are la origine o paradigmă biologică prin care se încearcă estomparea barierei dintre obiectele create de om și mediul înconjurător. Astfel, domeniul biologiei este considerat liantul dintre natură și arhitectură, furnizând informații despre sistemele naturale care mai apoi sunt exploatate în limbaj arhitectural, ținând cont de faptul că totalitatea elementelor care sunt produse de natură sunt astfel configurate încât ele oferă un răspuns optim formal la toate aspectele de care se ocupă și arhitectura. Petra Gruber în cercetarea sa despre biomimetica în arhitectură, enunță scopul și raportul studiului elementelor naturale în domeniul arhitecturii, subliniind faptul că abordarea biomimetică este o disciplină care se ocupă cu inovația în arhitectură, iar comparația dintre natura vie și mediul construit creează noi perspective [41].

În ceea ce privește terminologia, se observă un repertoriu de termeni care sunt împrumutați din domenii precum biologie, matematică, fizică etc. Acest fenomen are loc datorită interconectivității dintre acestea și sfera arhitecturii.

2.1. Istoricul practicii și teoriei arhitecturii organice

Primele manifestări de arhitectură ale oamenilor primitivi și-au extras sursa de inspirație din structurile constructive ale animalelor, interpretând cu mijloacele specifice tehnicile folosite de acestea. Desigur că nivelul de sofisticare a structurilor înfățișea un nivel minimal, însă ele reprezintă strânsa legătură dintre om și natură. Formele de arhitectură vernaculară primitivă utilizau materiale locale (Fig.2.2a) sau direct formele reliefului terestru în care, prin excavare (Fig.2.2 b), oamenii și-au creat adăpost.

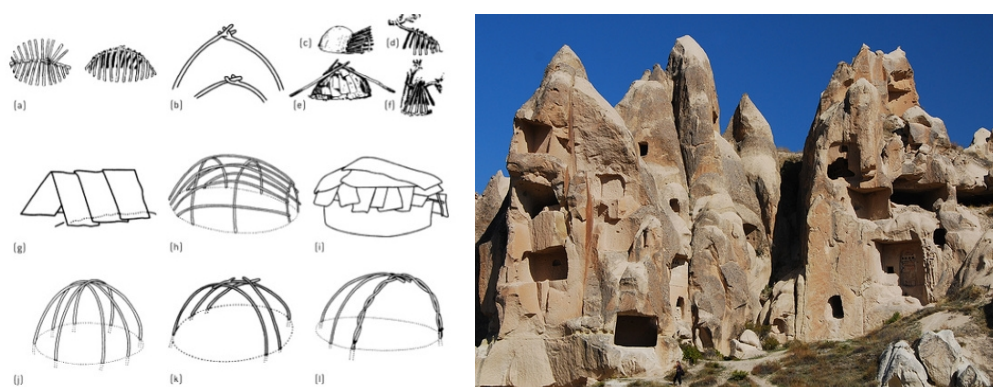


Fig. 2.2 (a) Tipuri de sisteme constructive aborigene întâlnite în Queensland²²; (b) Unități de locuire preistorice, Cappadocia, Turcia²³

Întâiul progres tehnologic care a făcut posibilă diversificarea formelor arhitecturale a fost utilizarea materialelor de construcție trainice, caracterizate printr-o rezistență sporită, dar care necesitau prelucrare suplimentară pentru aducerea lor de la materie primă în stadiul de material constructiv. În acest sens, arhitectura civilizațiilor antice grecești și egiptene și-au conturat mijloacele de expresie arhitecturală grație utilizării pietrei. Preocupările acestor culturi pentru formele organice s-au concretizat în identificarea proporțiilor armonice rezultate prin atenta analiză a formelor din natură și a configurației corpului uman (Fig.2.3 a).

Raportul de aur sau *sectio aurea* reprezintă mijlocul de generare a spiralei logaritmice, cea care guvernează legile creșterii și organizării spațiale ale organismelor. Aplicarea acestor proporții la scară arhitecturală s-a realizat prin intermediul unui limbaj geometric (Fig.2.3 b) alcătuit din forme primare (cerc, elipsa, pătrat și alte poligoane) care se relaționau unele cu altele prin trasee regulatoare, procedeu prin care formele organice erau translatate și abstractizate în mediul construit. Programele de arhitectură unde erau aplicate aceste reguli compoziționale sunt în mare parte construcții funerare ilustrate de templele grecești și egiptene, făcându-se trimitere la strânsa legătură dintre natură, oameni și divinitate.

²² <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/Queensland-aboriginal-architecture-walater-roth.jpg>, accesat 10.11.2013

²³ <http://www.gazetadopovo.com.br/viver-bem/turismo/capadocia-e-cenario-de-ficcao-cientifica/>, accesat 10.11.2013

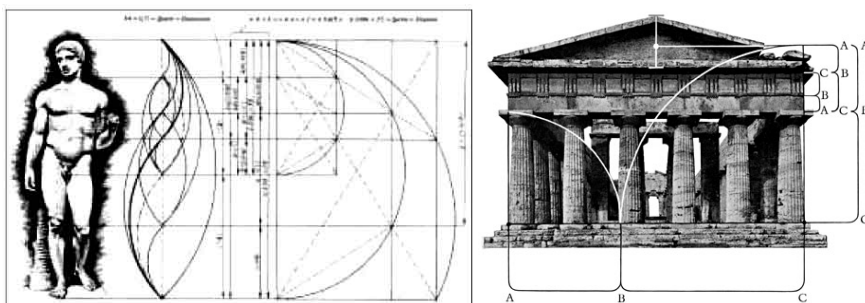


Fig. 2.3 (a) Statuia lui Doryphoros ²⁴(b)Sistem de proporționare bazat pe secțiunea de aur aplicat fațadei templului Neptun din Paestum²⁵

Noțiunea de "organicism" a apărut în preocupările filozofice ale lui Aristotel [42] făcând o trimitere către organismele naturale. Abordarea științifică prin mijloace de observație a sistemelor naturale dezvoltate de Aristotel este completată de teoriile lui Platon despre existența fluxurilor și organizarea lor în timp și spațiu, ca elemente verificabile [43]. Contribuția lor în domeniul arhitecturii se regăsește în conceptul de abordare holistică.

Moștenirea lăsată de grecii antici este valorificată de romani prin dezvoltarea sistemelor constructive bazate pe arce, bolți și cupole a căror eficiență structurală este completată și de consumul rațional al materialului constructiv, un principiu specific sistemelor naturale. Geometria bazată pe sistemele de proporționare își pierde latura spirituală în această perioadă printr-o anume industrializare a metodelor de generare formală, pentru ca această trăsătură a arhitecturii să fie revigorată în perioada Imperiului Bizantin, regăsindu-se în organizarea planimetrică de cruce greacă înscrisă.

Pe de altă parte, sistemele de proporționare bazate pe secțiunea de aur, prin capacitatea lor de a transmite ideea de ordine și perfecțiune, sunt intens adoptate în configurațiile spațiale ale arhitecturii islamice (Fig.2.4). Cu toate că inspirațiile din regnul animal direct exprimate nu erau permise din considerente religioase, natura organică a arhitecturii islamice este reflectată de sistemele fractalice de subdivizionare care fac trimitere către fluiditatea formelor naturale.

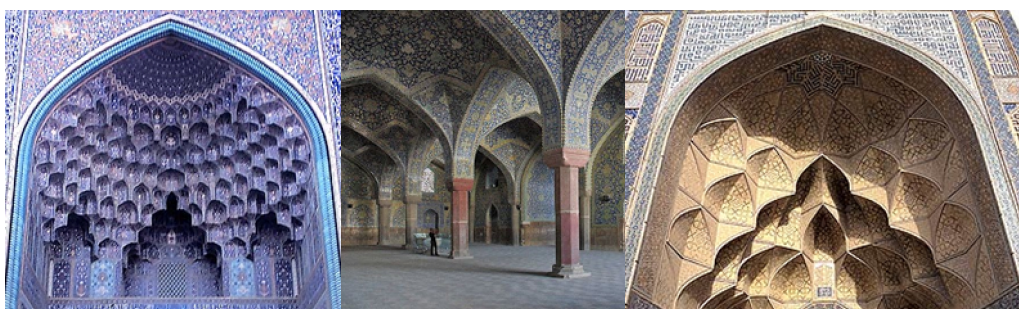


Fig. 2.4 Exemple de geometrie în arhitectura islamică (a,b) Moscheea lui Imam, Ishfahan, Iran²⁶; (c) Moscheea Jameh, Ishfahan, Iran²⁷

²⁴ <http://www.hellenicaworld.com/Greece/Science/en/GoldenSection.html>, accesat 29.11.2013

²⁵ http://freemasonry.bcy.ca/symbolism/golden_ratio/kaech/65.jpg, accesat 29.11.2013

²⁶ http://www.ne.jp/asahi/arc/ind/1_primer/questions/xdec_eng.htm, accesat 30.11.2013

52 2.Forma organică în arhitectură

Arhitectura gotică își extrage seva din formele elansate și zvelte ale plantelor, pe care le traduce printr-un limbaj geometric controlat de cercuri, iar materializarea proiectelor avea în vedere utilizarea pietrei ca material constructiv. Se remarcă în continuare fascinația pentru sistemele de proporționare folosite ca mijloace de divizare și stabilire a unor linii compoziționale, fapt ce a trimis către unul dintre detaliile specifice arhitecturii gotice - arcul ogival. Mai mult, acest sistem de arce a permis creșterea în înălțime a construcțiilor fără a implica masivitate tectonică (Fig.2.5).



Fig. 2.5 (a)Notre-Dame, Chartres, Franta²⁸; (b) Catedrala, Reims, Franta²⁹

Studiile de biomimetică ale lui Leonardo da Vinci împreună cu studiile teoretice ale lui Leon Batista Alberti despre definirea unei clădiri asemeni unui organism [44] conferă perioadei Renașterii dimensiunea științifică modernă, o interpretare rațională a arhitecturii.

Renașterea Gotică apare ca un manifest față de lipsa dimensiunii spirituale a perioadei anterioare de o rigiditate a raționalului. Formele arhitecturale se dezvoltă după principiile organice enunțate de arhitecți precum Viollet-le-Duc sau Ruskin, care își propuneau incorporarea în clădiri a regulilor naturii referitoare la ierarhie, expresia structurală sau exprimarea materialului de construcție (Fig.2.6).



Fig. 2.6 (a) Oxford University Museum - arh. Thomas Newenham Deane & Benjamin Woodward, Oxford, UK, 1850³⁰ (b) Natural History Museum - arh. Francis Fowke, Londra, UK, 1881³¹

²⁷ http://www.ne.jp/asahi/arc/ind/1_primer/questions/xdec_eng.htm, accesat 30.11.2013

²⁸ <http://caliban.lbl.gov/panoramas/chartres/index.html>, accesat 2.12.2013

²⁹ <http://commondatastorage.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/11483532.jpg>, accesat 2.12.2013

Cercetările lui Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) s-au axat pe studiul formelor naturale, introducând termenul de morfologie. Acest concept reunește ideile de metamorfoză în artă și arhitectură, unde dinamica formei active în toate viețuitoarele și transformarea ciclică și ordonată poate fi ușor identificată - un concept aplicabil în dezvoltarea arhitecturii organice. Pe de altă parte, biologul și zoologul Ernst Haeckel (1834-1919) a studiat protozoarele marine (radiolarii) captivat fiind de formele lor geometrice și modele complexe de organizare a structurilor lor interne (Fig.2.7). Lucrarea sa de referință "Art forms în nature" (Forme artistice ale naturii) cu ale sale ilustrații uimitoare a avut în impact imediat asupra stilului Art Nouveau și asupra operei lui Hermann Obrist, August Endell și Louis Comfort Tiffany. Arhitectul Rene Binet nu doar a produs o carte specializată pe ornamentală bazată pe ilustrațiile lui Haeckel ci a proiectat intrarea monumentală la Expoziția Universală 1900 de la Paris.



Fig. 2.7 Ilustrații extrase din "Art forms in nature", Ernst Haeckel

Relevant pentru evoluția arhitecturii organice este apariția și înrădăcinarea stilului Art Nouveau, chiar dacă acest lucru presupune un salt cu aproximativ un secol de la perioada anterior discutată. Sursele de inspirație pentru creațiile arhitecturale ale acestui stil se regăsesc în formele faunei materializate prin intermediul liniilor lungi sinuoase și curbe asimetrice, a căror spațializare va induce calm și tensiune în același timp.

Arhitectura lui Victor Horta ilustrează clar principalele trăsături ale stilului, în timp ce lucrările lui Antoni Gaudi îl vor plasa la statutul de maestru al organicității arhitecturale. De menționat este faptul că utilizarea intensivă a formelor curbe a condus la apariția unor sisteme structurale complexe alcătuite din arce hiperbolice, parabolice, stâlpi înclinați sau pile elicoidale [45].

Exemplu concret de inovație structurală și demers determinant al formei optime îl reprezintă cercetările formale pentru catedrala Sagrada Familia (Fig.2.8). Un alt aspect care trebuie amintit este faptul că produsele de arhitectură în stilul Art Nouveau ating un grad superior de echilibrare a relației dintre formă, structura și material de construcție.

³⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Oxford_University_Museum_of_Natural_History#/media/File:Pitt_Rivers_Museum_Interior,_Oxford,_UK_-_Diliff.jpg, accesat 3.12.2013

³¹ <https://www.flickr.com/photos/heatheronhertravels/sets/72157612369320316/>, accesat 3.12.2013



Fig. 2.8 Antoni Gaudi: (a,b)Detalii din parcul Guell, Barcelon, Spania³²; (c) Catedrala Sagrada Familia, Barcelona, Spania³³

Utilizarea intensivă a liniei curbe a condus la refuzul ei, lucru explicat prin apariția interesului pentru liniile drepte specifice arhitecturii moderne și ale manifestărilor antemergătoare ei. Louis Sullivan este cel care declanșează abordarea organică în perioada modernismului prin afirmația "forma urmează funcția" care va ghida dezvoltarea proiectelor de arhitectură organică în direcția obținerii unui tot unitar, gândit în maniera holistică. Chiar dacă Sullivan introduce noțiunea de organicitate în arhitectura modernă, Frank Lloyd Wright este personajul iconic al acestei abordări, dezvoltând teoriile mentorului său și aplicându-le în toate proiectele sale [46]. Manifestările arhitecturale ale lui Wright pornesc de la conceptul conform căruia clădirea se naște din sit, motiv pentru care axioma lui Sullivan este tradusă prin "forma și funcținea ar trebui să fie una singură" [47]. Geometria formelor arhitecturale se caracterizează prin dinamismul liniilor, culminând cu suprafețe spiralate (Fig.2.9). De remarcat este faptul că principiile naturii sunt interpretate creativ, iar formele arhitecturale vor fuziona cu mediul înconjurător, fie el natural sau puternic antropizat. Materialul de construcție se comportă ca parte componentă a expresiei arhitecturale dictând forma și modelând spațiul. [48]



Fig. 2.9 Frank Lloyd Wright: (a) David and Gladys Wright House, Phoenix, USA, 1952³⁴; (b) Guggenheim Museum, New York, USA, 1939³⁵

³² <http://alexandrapropaganda.com/2014/07/13/park-guell-and-la-sagrada-familia-in-barcelona-spain/>, accesat 5.12.2013

³³ <http://www.documentarytube.com/articles/will-we-live-to-see-antoni-gaudi-s-masterpiece-the-sagrada-familia>, accesat 10.07.2015

³⁴ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2012-10-03/frank-lloyd-wright-house-in-phoenix-set-for-raiding-amid-pleas>, accesat 13.01.2014

Viziunea organică a lui Frank Lloyd Wright este purtată mai departe de diverși arhitecți printre care și Bruce Goff, care își conturează propriul stil urmărindu-și conceptul de "prezent continuu". Proiectele sale catalogate utopice pentru vremea sa, au devenit realitate într-un număr considerabil expunând publicului o arhitectură organică futuristă. Viziunea lui Goff s-a concretizat prin moduri inedite de utilizare a materialelor de construcție comune, prin interioare al căror confort fizic și psihic este tratat într-un fel neconvențional sau prin organizări funcționale surprinzătoare. Spre exemplu, casa Bavinger (Fig.2.10), este structurată după o spirală logaritmică care adăpostește un singur spațiu în interiorul căruia zonele funcționale sunt alternate cu amenajări peisagere.

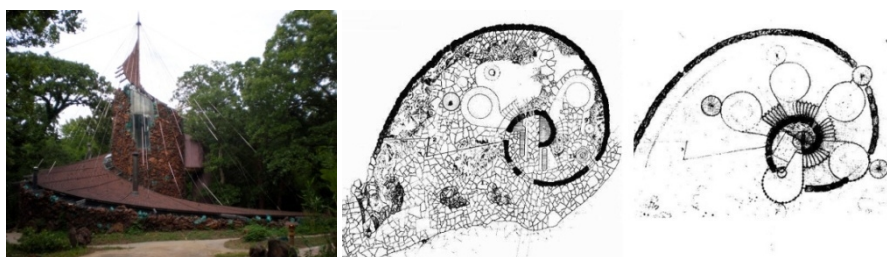


Fig. 2.10 Bavinger House- arh. Bruce Goff, Norman, USA, 1950³⁶

Rudolf Steiner stabilește un nou nivel al arhitecturii organice moderne, dezvoltând teorii filozofice care infuzau creația arhitecturală cu o dimensiune spirituală. În viziunea lui Steiner, arhitectura poate funcționa ca un leac pentru sufletul omului și al societății deoarece ea asigură un spațiu în care atingerea armoniei spirituale este mediată de calitățile arhitecturale ale clădirii. În figura 2.11 sunt prezentate cele două Gotheanum-uri care încorporează teoriile lui Steiner referitoare la interactivitatea dintre spirit și materie, și, în plus, derularea evenimentelor³⁷ a întărit ideea conform căreia în natură noua formă este întotdeauna prefigurată de forma anterioară.



Fig. 2.11 Primul și al doilea Gotheanum - arh. Rudolf Steiner, Dornach, Elvetia, 1919, respectiv 1928³⁸

³⁵ <http://www.guggenheim.org/guggenheim-foundation/architecture/new-york>, accesat 13.01.2014

³⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Bavinger_House#/media/File:Bavinger_Exterior.JPG, accesat 13.01.2014

³⁷ Primul Gotheanum a fost distrus în mod deliberat, pentru ca la nouă ani distanță să se construiască cel de-al doilea

³⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Goetheanum>, accesat 15.01.2014

Atracția crescută pentru practica de arhitectură organică se poate observa prin caracterul internațional al proiectelor, iar influența sa se va regăsi în clădiri proiectate de arhitecți precum Imre Makovecz, Thomas Rău, Denis Bowman etc.

Invenția betonului armat (1870), prin experimentele grădinarului francez Joseph Monier, a declanșat un nou val de creativitate arhitecturală care face uz de acest nou material. Arhitecți precum Eero Saarinen (Fig.2.11 a) sau Jorn Utzon au interpretat potențialul betonului armat într-o manieră biomorfică, culminând cu proiectul lui Kiesler intitulat Endless House (Fig.2.12 b), care, deși neconstruit, și-a lăsat profund amprenta asupra evoluției arhitecturii organice prin viziunea încorporată. În domeniul biologiei, zoologul D'arcy Thompson și-a propus la rândul său să definească și să clasifice forma studiind o uimitoare și variată gamă de forme naturale începând de la viețuitoarele marine microscopice, aripi ale insectelor până la picături de ploaie, fulgi de zăpadă. Lucrarea de seamă a acestuia este *On growth and form* (Despre creștere și formă) publicată în 1917 în care concluzionează prin faptul că trebuie să realizăm că nu există nicio formă organică care să nu fie guvernată de legi fizice și matematice [49]. Această lucrare de pionierat și-a exercitat intens influența asupra arhitecturii organice moderne, ea funcționând ca un liant între domeniile arhitecturii și biologiei.



Fig. 2.12 (a) Terminalul TWA- arh. Eero Saarinen, New York, USA, 1962³⁹; (b) Endless House, arh. F.Kiesler, 1950

Influențat de teoriile lui Hugo Haring conform cărora orice loc sau lucru implica o formă, iar sarcina arhitectului este de a o descoperi și prezenta, Alvar Aalto (1898-1976) a introdus în limbajul arhitectural o claritate scandinavă, simplitate și suplețe a designului organic. Măiestria sa în manipularea maselor asimetrice ale diverselor volume și gradual interesul său s-a mutat de la forme angulare către forme curbe viguroase (Fig. 2.13). Marele său talent rezidă în capacitatea de a genera spații fluide, utilizarea potențialului maxim de lumină naturală, materiale de construcție naturale, în mod special lemnul, ale cărui calități sunt clar exprimate prin modul de punere în operă.

Contemporanul lui Aalto, Hans Scharoun, a fost la rândul său ghidat de scrierile lui Haring cu privire la faptul că funcția este o informație derivată din natură, iar forma este un produs al intelectului. Implementarea acestora în arhitectura lui Scharoun a devenit vizibilă în clădiri a căror formă și spațialitate apar în urma atenției analize a condițiilor contextului dat, văzut ca o sumă de factori spațiali, sociali și culturali. (Fig.2.14)

³⁹ <http://arch-unfrozen.tumblr.com/post/36272016378/architect-designer-lover-spy-the-eero-you>, accesat 4.12.2013



Fig. 2.13 Alvar Aalto - (a) Auditorium of the University of Technology, Helsinki, Finlanda, 1949⁴⁰
(b) House of Culture, Helsinki, Finlanda, 1958⁴¹

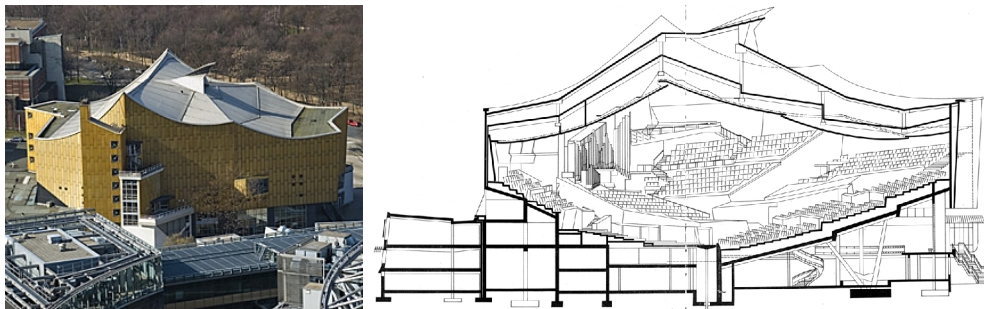


Fig. 2.14 Hans Scharoun: Cladirea Filarmonicii, Berlin, Germania, 1963⁴²

Peter Stevens în cartea sa "Patterns of nature" apărută în 1974 prezintă un studiu asupra modelelor naturale și a formelor simple constituente determinate de constrângerile spațiului fizic, relațiile dintre volume și arii maxime și nevoia de minimizare a consumului de resurse [50]. Aproape zece ani mai târziu, arhitectul rus Iuri Iebedev scoate lucrarea "Arhitectura bionica", un studiu de pionierat asupra relațiilor dintre forma naturală și structură, metode de investigare a formelor naturale cu implicații arhitecturale, punând accentul pe mijloacele de translatare a formelor naturale în arhitectură.

Se sesizează anumite frământări vis-a-vis de studiul formei arhitecturale, fapt demonstrat și de stilul deconstructivist apărut la sfârșitul secolului al XX-lea care completează diversitatea postmodernismului printr-o abordare nouă a arhitecturii. Atenția unor arhitecți precum Frank O.Gehry, Zaha Hadid, Peter Eisenmann (Fig.2.15) sau Daniel Libeskind s-a concentrat pe generarea unor forme arhitecturale descompuse în părți, dar sincronizate între ele pentru perceperea unui tot unitar. Ordinea și ierarhia sunt înlocuite de volumetrii deconstructurate prin forme curbe contorsionate sau volumetrii cu unghiuri ascuțite, puse în operă cu ajutorul tehnologiilor avansate. Desigur că această exprimare plastică poate face trimitere la arhitectura organică prin geometrie, însă modul nerațional de utilizare a resurselor nu este compatibil cu imperativul de sustenabilitate al formelor organice.

⁴⁰ <http://www.aalto.fi/en/about/history/tkk/>, accesat 4.12.2013

⁴¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Kulttuuritalo#/media/File:Aalto_cultural_house.JPG, accesat 4.12.2013

⁴² <http://fyeahmusicclassica.tumblr.com/post/23861038608/co-zine-120217-hans-scharouns-berliner>, accesat 4.12.2013



Fig. 2.15 (a) Muzeul Vitra - arh.Frank O. Gehry, Weil Am Rhein, Germany, 1989, (b) Stație de pompieri Vitra - arh. Zaha Hadid, Weil Am Rhein, Germany, 1993; (c) City of Culture - arh. Peter Eisenmann, Santiago de Compostela , Spania, 1999- prezent⁴³

Pornind de la analiza caracterului eterogen al societăților care în prezent se definesc prin diversitate și diferențiere, Patrick Schumacher introduce conceptul de "parametricism", o paradigmă care își propune să răspundă nevoilor tot mai complexe: " Sarcina este de a dezvolta un repertoriu arhitectural și urban care este orientat spre crearea unor câmpuri urbane și arhitecturale complexe, policentrice care sunt dens stratificate și diferențiate în mod continuu."⁴⁴ [51]. Dezvoltarea ideii de "diferențiere continuă", enunțată în primă instanță de Greg Lynn și Jeff Kipnis, a declanșat un val de forme arhitecturale fluide rezultate din stabilirea unor valori optime ale elementelor variabile caracteristice sitului. Se poate afirma că natura organică a arhitecturii parametrică reiese nu doar din imaginea formelor ci din gradul ridicat de adaptabilitate și sensibilitate la factorii contextului dat ai ei. (Fig.2.16)



Fig. 2.16 Zaha Hadid Architects: (a) Galeria Serpentine, Londra, UK, 2013⁴⁵; (b) Galaxy SOHO, Beijing, China, 2012⁴⁶

⁴³ <http://www.world-architects.com/pages/insight/deconstructivist-architecture-25>, accesat 17.01.2014

⁴⁴ Lb. Engleza: "The task is to develop an architectural and urban repertoire that is geared up to create complex, polycentric urban and architectural fields which are densely layered and continuously differentiated."

⁴⁵<http://www.dezeen.com/2013/09/27/serpentine-sackler-gallery-by-zaha-hadid-photographs-by-luke-hayes/>, accesat 17.01.2014

⁴⁶ <http://archinect.com/news/article/76318017/meet-zhang-xin-a-chinese-real-estate-mogul-who-s-richer-than-oprah>, accesat 17.01.2014

Încă din 1995, John Frazer în cartea sa "An evolutionary architecture" dezbate subiectul arhitecturii organice în condițiile dezvoltării mijloacelor de modelare asistată de calculator. Această lucrare prefigurează și ajută la fixarea principiilor parametrice ale lui Schumacher prin studii de generare formală cu modelare asistată de calculator pornind de la imitarea proceselor naturale de evoluție și transformare. Se accentuează ideea conform căreia forma arhitecturală este produsul naturii artificiale; această cercetare are ca fundament investigațiile formale ale lui Buckminster Fuller și pentru că mai apoi dezvoltată de Greg Lynn.

Analizând numărul ridicat de publicații apărute în ultimele două decade care tratează legătura dintre domeniul arhitecturii și cel al biologiei, lucrări de referință precum "Nature and Architecture" (2000) a lui Paolo Portoghesi sau "The monumental impulse" (2001) a lui George Hersey, se poate observa că bioritmul interesului pentru identificarea potențialului formelor organice în arhitectură este într-o continuă creștere. Aceasta este susținută de practica arhitecturală care își concentrează eforturile în direcția inovației, fapt validat de multitudinea de arhitecturi experimentale.

2.2. Argumente pentru utilizarea formelor organice în arhitectură

Antemergător detalierii raționamentelor care susțin practica biomimetică în arhitectură, consider că trebuie dezbătută distincția dintre "forma liberă" și "formă organică" deoarece terminologia existentă tinde să echivaleze semnificația celor două. Iuri Lebedev în cartea sa "Arhitectura bionică" ridică pertinenta întrebare "Este suficient să se facă întâmplător o formă curbilinie și se vorbește de ea ca fiind de origine bionica? Desigur că nu tot ce este curb se referă la formele reflectate din legițele naturii organice, chiar dacă în mare formele naturale nu sunt plate, ci spațiale și arcuite" [52]. Confuzia dintre cele două apare în mare parte din cauza liniilor curbe ale volumetriilor, unde linia curbă este asociată cu cele întâlnite în mediul natural la formele organice. În cazul formelor libere, accentul se pune pe formă ca element ce delimitează un spațiu interior, unde contururile curbilinii vor funcționa strict ca elemente de demarcare. Formele organice, prin definiție fac referire la structurile naturale prin legi clare de compoziție, proporții, ritm și echilibru care conlucrează în direcția armoniei formale. Aceste structuri încorporează o serie de principii (capitolul 1) care le asigură funcționarea în cel mai sustenabil mod posibil. Formele naturale așa cum se prezintă ele privitorului se dezvoltă după reguli stricte, iar geometria și ordinea sunt caracteristicile lor principale, în timp ce formele libere reprezintă doar un manifest formal. Linia curbă specifică ambelor abordări formale devine astfel un subiect în sine de discuție, ea fiind unul dintre componentele care va determina natura obiectelor de arhitectură. Etichetarea unui proiect drept arhitectura organică va fi rezultatul unui proces de identificare a modului prin care principiile naturii au fost interpretate la scară arhitecturală. Acest lucru presupune căutarea prin analiza a tuturor claselor de componente (anvelopă, structură, material constructiv etc.) și a modului prin care ele se relaționează între ele pentru a genera un sistem unitar caracterizat de inteligența formală specifică modelelor naturale. Exemplele construite de arhitectură organică se pot împărți în două tipuri, în funcție de prezența caracteristicilor și a principiilor de origine naturală: organicitate parțială sau totală. Având în vedere dificultatea abordării holistice care implică sincronizarea perfectă a funcției fiecărei componente arhitecturale, majoritatea exemplelor de arhitectură organică reușesc să dobândească doar organicitate parțială, regăsită la una sau mai multe elemente.

Consider că acest fapt se poate traduce în principala provocare a arhitecturii organice, unde efortul este dozat către determinarea unui mecanism în care toate piesele urmăresc buna lui funcționare.

În acest demers holistic, arhitectul are la dispoziție modelele naturale ale căror configurații volumetrică îi va ușura exprimarea printr-un limbaj formal diversificat, dinamic și lizibil. Logica geometrică a formelor organice naturale își va găsi corespondent în arhitectură prin sisteme structurale inedite, în compunerea cărora materialul de construcție va fi distribuit în funcție de nevoile de comportament structural.

Din aceste beneficii incontestabile ale utilizării formelor organice în arhitectură se pot deriva noi serii de avantaje care vor valida decizia abordării organice. Limbajul formal variat va fi aplicabil oricărui tip de program de arhitectură, indiferent de scara proiectului sau complexitatea funcțiunii pe care trebuie să o îndeplinească. Arhitectura organică va ilustra mijloace diversificate de articulare formală, iar adaptabilitatea formală tipică modelelor naturale va furniza sugestii de racordare și inserție în contextul spațial natural sau antropizat. Formele organice arhitecturale se disting față de restul prin unicitate și spații puternic individualizate a căror decorație și ambientare interioară va contribui la personalizarea formei. Progresul tehnic și tehnologic influențează și este determinat de pornirile creatoare, iar exprimarea organică în arhitectură nu face excepție de la acest fenomen, din contră, ea a stârnit de-a lungul timpului apariția inovațiilor și noutăților. Concluzionând, apreciez că incorporarea în arhitectură a principiilor naturii organice va conduce către o creștere a calității fondului construit.

Ilustrația de mai jos (Fig.2.17) sintetizează avantajele prezentate anterior, o listă care nu este închisă, ci din contră, își propune să evidențieze doar câteva dintre oportunitățile oferite de formele arhitecturale organice. Fiecare dintre punctele enunțate mai jos se poate detalia la rândul lor.

- | | |
|---|--|
| ✓ | ✗ |
| <ul style="list-style-type: none"> • Limbaaj formal diversificat și dinamic • Soluții inedite de sisteme structurale • Consum rațional de material constructiv • Aplicabilitate lipsită de restricții în cadrul programelor de arhitectură • Adaptabilitate ridicată la diferite contexte • Spații arhitecturale puternic individualizate • Posibilități diferite de evidențiere formală • Incorporarea simbolurilor în cadrul unei clădiri organice • Inovație tehnologică în arhitectură și construcție • Bogăția decorației și ambientarea a spațiilor | <ul style="list-style-type: none"> • Funcționalizarea greoaie a suprafețelor curbe • Dependența de echipamente și tehnologii avansate în toate fazele de proiectare și materializare • Proiectare și reprezentare dificilă din cauza complexității formelor organice (progresul tehnologic al mijloacelor de reprezentare digitală diminuează acest dezavantaj) • Costuri ridicate de implementare (execuție, material de construcție, mână de lucru calificată) |

Fig. 2.17 Avantajele și dezavantajele formelor organice arhitecturale (contribuție personală)

Pe de altă parte, consider necesară stipularea anumitor dezavantaje care merită luate aminte în ceea ce privește abordarea organică. Spre deosebire de

formele ortogonale, cele organice prin curbele specifice vor fi cu adevărat o provocare în procesul de funcționalizare. Controlul desenelor și al procesului de punere în operă necesită adesea echipamente și tehnologii avansate pentru menținerea acurateții proiectului. Implicit, valorile de investiție vor fi mai ridicate decât în cazul sistemelor tradiționale ortogonale. Scopul identificării dezavantajelor este de a declanșa interesul pentru optimizarea acestor puncte slabe, adică transformarea lor din amenințări în oportunități cu potențial inovativ.

În urma analizei comparative a avantajelor și dezavantajelor formelor arhitecturale organice, se poate concluziona că balanța înclină puternic către argumentele pentru utilizarea lor, iar cele contra pot fi transformate în subiecte de cercetare pentru eliminarea inconvenientelor.

2.3. Contextul formelor organice arhitecturale

Christopher Alexander în cartea sa "Notes on the sythesis of form" stabilește relația dintre formă și context prin prisma procesului de creație: "orice problemă de design debutează printr-un efort de a potrivi două entități: forma în discuție și contextul său. Forma este soluția la problemă; contextul definește problema"⁴⁷ [53].

Așadar, înțelegerea formelor arhitecturale nu se poate face decât prin raportarea lor la contextul în care există sau cel a condus la apariția lor. Termenul de context face referire atât la circumstanță spațială relaționată la o expresie arhitecturală majoră așa cum afirma Leon Batista Alberti [54] cât și la condiția nonspațială definită de teorii, concepte, tipologii sau autori [55] toate caracterizate de natură temporală a manifestării lor. Prin urmare, consider necesară o discuție despre raportarea arhitecturii organice la aspectele principale care stau la baza înțelesului termenului de "context".

2.3.1. Contextul temporal

Așa cum s-a putut observa în evoluția istorică a practicii de arhitectură organică, interpretarea conceptului de organicitate a fost dictată de teorii variate dezvoltate în anumite epoci sub influența unor factori socio-culturali. Conform lui Alex Haw Gie Njoo se poate discuta despre interpretarea conceptului "organic" în termeni arhitecturali regionaliști [56], ceea ce a condus la numeroasele nuanțe ale limbajului formal al arhitecturii organice. Spre exemplu, Caroline van Eck face o radiografie exhaustivă a arhitecturii secolului al XIX-lea, identificând trei instante ale arhitecturii organice, fiecare având la bază interpretări diferite ale termenului de organicitate: organicism tectonic, organicism religios și organicism științific [57] prin teoria și practica unor arhitecți precum Schinkel, Ruskin, Viollet-le-Duc etc. Fără a detalia specificul acestui exemplu, se poate concluziona că apariția formelor organice arhitecturale este direct influențată de anumite ideologii și modele, fapt care explică varietatea produselor arhitecturale organice [43].

Discuția despre relația dintre contextul temporal și arhitectura organică poate fi dezvoltată și în sens invers, adică modul în care produsele de arhitectură, în timp, își exercită acțiunea asupra împrejurărilor. În acest caz, accentul cade asupra semnificației și a simbolisticii formelor organice ale căror înțelesuri pot fi percepute sau descifrate în moduri diferite, în funcție de capacitățile observatorului. Dacă

⁴⁷ Lb. Engleza: "every design problem begins with an effort to achieve fitness between two entities: the form in question and its context. The form is the solution to the problem; the context defines the problem."

termenul "organic" poate fi asociat cu organism, structură, material, dezvoltare, creștere [58], atunci îndrăznesc să extrapolez acestea în "arhitectura organică" care se vor traduce prin ecosistem antropizat, structură la nivel macro, dezvoltare socio-culturală, creștere a vizibilității unui loc. Având în vedere formele puternic individualizate ale arhitecturii organice, acestea au reușit în timp să confere noi calități locurilor în care au fost construite, să redefinească atributele socio-culturale, istorice, tehnologice și umane. Astfel de arhitecturi iconice (Fig.2.18) încorporează caracteristicile spațiului, dobândite prin prezența produsului de arhitectură [59], unde locul este redefinit fie prin noi interpretări ale trăsăturilor pre-existente (Fig. B,c), fie prin gesturi total noi într-un context dat (Fig. a). Corelarea arhitecturii organice iconice cu contextul temporal se explică prin timpii necesari pentru ca o clădire cu formă organică să fie general recunoscută drept iconică.



Fig. 2.18 Exemple de arhitectură organică iconică (a) Clădire de birouri - arh. Foster+ Partners, Londra, UK, 2004⁴⁸ (b) Clădirea operii - arh. Jørn Utzon, Sydney, Australia, 1973⁴⁹; (c) Muzeul Guggenheim - arh. Frank Gehry, Bilbao, Spania, 1997⁵⁰

2.3.2. Contextul spațial

Orice piesă de arhitectură are un context spațial în care trăiește și cu care interacționează în mod curent pe toată durata de exploatare. Având în minte particularitatea formelor organice arhitecturale și marea masă a fondului construit existent în care forma arhitecturală este bazată pe sistemului cartezian, consider că este necesară o discuție despre relația dintre contextul urbanistic și produsul arhitecturii organice.

2.3.2.1. Relaționare totală

Relaționarea totală a clădirilor organice are loc când ele sunt inserate abia în urma unei analize morfologice a fondului construit existent și a liniilor compoziționale prezente în fațadele vecine. Preluarea și continuarea registrelor orizontale, linia streășinei sau poziția ferestrelor sunt doar câteva elemente care trebuiesc avute în vedere când se face inserția într-un țesut urban existent. (Fig.2.19)

⁴⁸ <http://www.telegraph.co.uk/finance/jobs/8184029/Financial-companies-offering-15pc-pay-rises-to-stop-workers-leaving.html>, accesat 10.04.2015

⁴⁹ http://www.insightcruises.com/top_g/mm15_pre-cruise_Parkes.html, accesat 10.04.2015

⁵⁰ <https://www.pinterest.com/pin/532269249681202669/>, accesat 10.04.2015



Fig. 2.19 (a) Pedrera Barcelona - arh. Antoni Gaudi, Barcelona, Spania, 1910⁵¹; (b) Clădire de birouri - arh. UNStudio, Groningen, Olanda, 2011⁵²

2.3.2.2. Relaționare parțială

În situația unui sit localizat într-un țesut urban bine definit din punct de vedere al clădirilor care fac parte integrantă din el, formei organice arhitecturale i se pot impune restricții de aliniament la coamă, streășină sau alte elemente deja existente și înrădăcinate în frontul construit.

Mijloacele prin care se poate face racordarea la constrângerile arhitecturale locale sunt diverse, identificându-se diverse atitudini pe care arhitectul le poate lua: preluarea totală a caracteristicilor vecinătăților parțial sau total, prin diverse mijloace compoziționale astfel încât existentul se întrepătrunde armonios cu noul, iar dialogul dintre aceste două entități este unul firesc și ușor de înțeles. (Fig.2.20)



Fig. 2.20 Dancing House - arh. Farnk Gehry, Praga, Cehia, 1996⁵³

2.3.2.3. Independență absolută

Un anumit tip de clădiri de factură organică necesită suprafețe considerabile pentru amplasare, iar prin prezența lor în acel spațiu se va resimți o anumită rază de radiație a prezenței ei în acel loc. Perimetrul de respirație are rolul de a nu se crea

⁵¹ http://www.spainiculture.com/en/monumentos/barcelona/casa_mila_la_pedrera.html, accesat 9.08.2012

⁵² <http://ifd-arch.blogspot.ro/2011/05/architecture-skyscraper-education.html>, accesat 7.08.2012

⁵³ <http://www.galinsky.com/buildings/dancinghouse/>; accesat 7.08.2012

tensiuni vizuale între clădirea cu arhitectură organică și vecinătățile care în cea mai mare parte a cazurilor sunt dintr-un alt registru formal sau istoric.

Clădirea de acest gen nu se va raporta la vecinătăți ci va fi autosuficientă, existând posibilitatea ca prin puterea prezenței ei să atragă după sine apariția de modificări în fondul construit existent. Impactul asupra unui oraș sau a unei zone urbane apare imediat prin schimbarea fluxurilor existente, asupra siluetei orașului și a zonelor de congestie. (Fig.2.21)



Fig. 2.21 (a) Centru cultural- arh. Zaha Hadid, Baku, Azerbaijan, 2012⁵⁴ ; Boidome- arh. Roger Taillibert, Montreal, Canada, 1992⁵⁵; Sala de concerte- arh.Norman Foster, Newcastle, UK, 2004⁵⁶

2.3.2.4. Negarea contextului

Negarea contextului se întâmplă atunci când forma arhitecturală inserată în context funcționează după propriile sale reguli compoziționale. Acest lucru va produce perceperea formei organice sub forma unui obiect care parazitează vecinătățile (Fig.2.22).



Fig. 2.22 Exemple de forme organice parazitare (a) Clădire de birouri - arh. Za bor architects, Moscova, Rusia, 2011⁵⁷ (b) La bulle Pirate - arh.Jean-Louis Chanéac, Geneva, Elvetia, 1971⁵⁸ (c) Sediul fundației Jérôme Seydoux-Pathé- arh. Renzo Piano, Paris, Franta, 2014⁵⁹

⁵⁴ <http://www.architectural-review.com/buildings/heydar-aliyev-centre-baku-zaha-hadid-architects/8656751.article>, accesat 5.01.2014

⁵⁵ <http://pelomundoblog.com/2011/09/17/canada-parte-1-montreal/>, accesat 5.01.2014

⁵⁶ <http://curious-places.blogspot.ro/2011/01/sage-newcastle-uk.html>, accesat 5.01.2014

⁵⁷ <http://www.archdaily.com/138151/parasite-office-za-bor-architects>, accesat 27.07.2014

⁵⁸ <http://popucity.net/the-pirate-bubble-parasite-architecture-from-the-seventies/>, accesat 27.04.2014

Insertia unei astfel de intervenții într-un țesut existent are potențialul de a crește dinamica plasticii arhitecturale existente prin îmbinarea formelor alternative organice cu formele tributare unui altfel de sistem compozițional. În plus, fenomenul de adiție care se produce are capacitatea de a înzestra obiectul parazitat cu anumite calități estetice, iar într-un final cele două entități fuzionează într-una singură cu morfologie mixtă.

Anexarea formelor organice la calcane rigide din punct de vedere formal sau în zone de trecere cu un caracter nedefinit va contribui la creșterea calității spațiilor și suprafețelor de acest fel, transformându-le în zone de interes din unele tensionate.

2.4. Analiza formală a produselor arhitecturii organice

Traducerea formală în arhitectură a modelelor naturale are în vedere trei componente majore: geometria, structura și mijloacele de formare (morfologia) [31]. Cele trei aspecte se afla într-o relație de interdependență, influențându-se reciproc în procesul de generare formală. Așadar, geometria formelor va fi materializată la scară umană prin anumite sisteme structurale care la rândul lor încorporează elemente de limbaj arhitectural compuse prin mijloace specifice.

2.4.1. Geometria formelor organice

Mauro Chiarella definește geometria arhitecturii drept o unealtă de descriere și măsurare a formelor utilizată pentru construcția și studiul modelelor imaginate [60] ceea ce face din aceasta un instrument indispensabil în analiza formelor organice a căror grad de complexitate atinge cote ridicate.



Fig. 2.23 Forme bidimensionale: curbe închise și curbe deschise (contribuție personală)



Fig. 2.24 Curbe deschise: elice și spirale dezvoltate vertical sau de-a lungul unei axe date (contribuție personală)

⁵⁹ <http://www.dezeen.com/2014/06/04/renzo-piano-pathe-foundation-paris/>; accesat 27.07.2014

Silueta formelor organice arhitecturale poate fi descompusă în forme geometrice bidimensionale și tridimensionale. Prima categorie se compune din curbe închise (cerc, elipsa, curbe derivate etc.) și deschise (arce de cerc, parabole, hiperbole, spirale, curbe libere etc.) (Fig.2.23). În ultimul caz trebuie menționat faptul că aceste curbe permit dezvoltări prin creștere, progresie și periodicitate sau spațializare prin vectori directori care vor introduce ce-a de-a treia dimensiune [61](Fig.2.24).

Suprafețele geometrice primare curbe sunt definite de o generatoare care execută o mișcare de rotație parțială sau totală. Astfel, iau naștere cilindrul, conul, sfera, elipsoidul sau suprafețe mai complexe precum torul sau hiperboloidul de rotație (Fig.2.25). Aceste forme primare sunt caracterizate de statică compozițională datorită variabilității reduse ale elementelor definitorii.

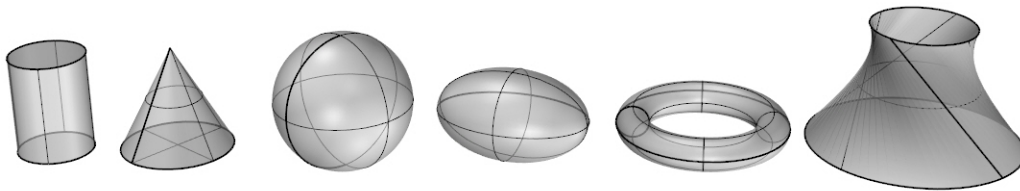


Fig. 2.25 Forme tridimensionale regulate și neregulate (contribuție personală)

În natură însă rareori se regăsesc suprafețe cu geometrii primare precum cele de mai sus. Suprafețele organice ale formelor libere sunt definite de curbe vectoriale (Fig.2.26), așa numitele NURBS determinate de gradul curbei, puncte de control, noduri și o funcție de evaluare.

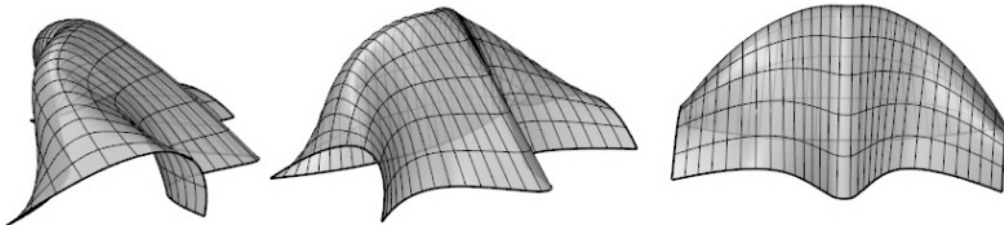


Fig. 2.26 Suprafață cu dublă curbura definită de o rețea de curbe (contribuție personală)

Avantajele suprafețelor NURBS se regăsesc în ușurimea modelării și manipulării suprafețelor cu diverse curbură, dar în același timp păstrându-se exactitate matematică. Libertatea de expresie formală conferită de asemenea suprafețe conduce către obținerea unui dinamism formal adesea întâlnit în modelele regnului animal, un deziderat al formelor organice arhitecturale. Flexibilitatea geometriei presupune un grad avansat de adaptabilitate a formelor arhitecturale la aspecte legate de contextul lor, subiect deja dezbătut anterior, imprimându-le și mai pronunțat dimensiunea inteligenței formale specifice structurilor naturale.

2.4.2. Morfologia formelor organice arhitecturale

Formarea suprafețelor organice are la bază o serie de procedee geometrice care vor defini conturul general al volumetriei. Manipularea formelor organice arhitecturale este posibilă prin aplicarea unor metode care implică transformări geometrice precum cele dimensionale, morfologice sau combinatorii.

În fig.2.27. Sunt ilustrate cinci instanțe formale care pot fi schițate plecând de la două curbe (a). Dezvoltările formale creionate sunt rezultatul unor transformări prin translație, rototranslație, scalare sau deformări morfologice ale elementelor componente. Translațiile vor putea fi drepte sau curbe, plane sau spațiale, transformările dimensionale se pot produce constant sau variabil în cadrul suprafeței, iar rotațiile vor fi totale sau parțiale. De menționat este faptul că aceste procedee pot exista independent sau combinatoriu. În plus, rezultatul acestor metode poate fi amplificat prin tehnici aditive sau substructive care vor crește exponențial universul instanțelor formale.

Conturul modelelelor naturale este rareori uniform, el caracterizându-se prin anizotropie formală, o diferențiere cu explicații înrădăcinate în aspecte funcționale, legate de creștere sau interacțiune cu factorii externi de mediu. Așadar, experimentarea cu transformările geometrice în cadrul arhitecturii organice va conduce către descoperirea formelor optime cu performanțe țintind către egalarea celor ale exemplurilor furnizate de natură.

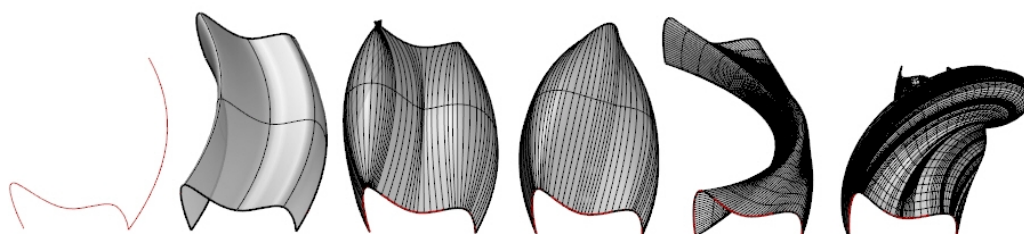


Fig. 2.27 (a) premiza analizei: două curbe cu un punct comun; (b) suprafața obținută prin translația primei curbe de-a lungul celei de-a doua; (c) suprafața rezultată prin mișcarea curbei largi de-a lungul primei curbe; (d) suprafața care are o secțiune transversală variabilă în funcție de prima curbă și o a trei curba situată la capătul opus; (e) suprafața generată prin translație cu schimbări de secțiune impuse în zona mediană; (f) suprafața realizată prin rototranslație care implică și o transformare dimensională prin scalare (contribuție personală)

2.4.3. Structurile formelor organice

Apariția formelor organice în arhitectură a fost posibilă datorită inovațiilor tehnologice apărute de-a lungul timpului, dar și de frământările continue ale arhitecților de a găsi mijloace alternative de exprimare formală. Nașterea sistemelor structurale diferențiate au permis edificarea unor clădiri cu geometrii complexe, depășindu-se rigoarea sistemului cartezian aplicat arhitecturii. Silueta curbilinie a formelor organice arhitecturale, din punct de vedere structural, poate fi generată prin diferite modalități de organizare a elementelor componente. Stabilirea tipului de sistem structural se va face în concordanță cu mijloacele tehnice și tehnologice de care se dispune, factorii economici și cei socio-culturali. În cele ce urmează se vor trece în revistă acele sisteme structurale care au permis de-a lungul timpului ridicarea construcțiilor cu arhitecturi organice, și anume: structuri poliedrate, plăci curbe subțiri, structuri reticulate, elicoidale, riglate, tensionate și pneumatice.

2.4.3.1. Poliedrate

Structurile poliedrate au capacitatea de a aproxima o suprafață curbă prin intermediul fețelor și muchiilor [62]. Silueta curbă a structurilor poliedrate rezultă din asamblarea fețelor plane cu contururi regulate sau neregulate, fețe care pot fi identice de-a lungul întregii suprafețe sau diferențiate. Universul formelor poliedrate derivă din vasta paletă de combinații care pot avea loc între elementele definitorii. Dintre tipurile de poliedrări, consider că cele mai relevante pentru domeniul formelor arhitecturale organice sunt cutările, tetraedrarile, piramidarile și fațetările.

- Forme cutate: se obțin prin asamblarea fețelor la anumite unghiuri, iar aspectul final se aseamănă cu rezultatul procesului de pliere (Fig.2.28). Astfel, formele cutate se vor compune din muchii drepte sau curbe și fețe poligonale sau suprafețe curbate.

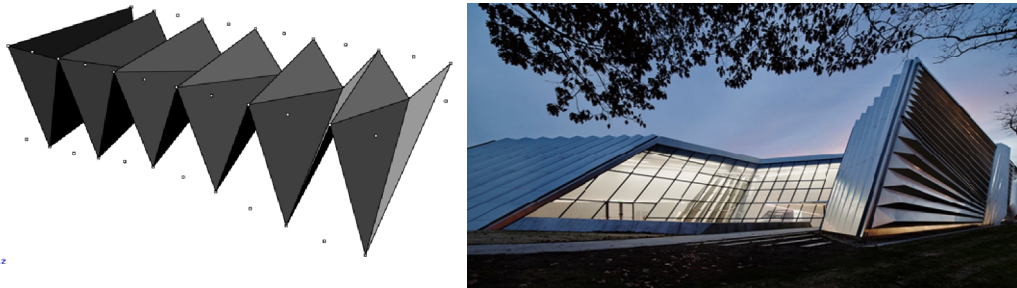


Fig. 2.28 Suprafata cutată (desen propriu); Eli & Edythe Broad Art Museum - arh. Zaha Hadid Architects, 2012⁶⁰

- Forme tetraedrate: apar prin descompunerea suprafețelor curbe într-o rețea de tetraedri egali sau diferiți (Fig.2.29). Acest tip de structură este caracterizată de forma rețelei și de configurația modulului tetraedral. Aspectul general al suprafețelor tetraedrate va depinde de modul de definire al poliedrului modul, iar numărul fețelor pline sau al muchiilor vor stabili expresia arhitecturală a volumetriei;

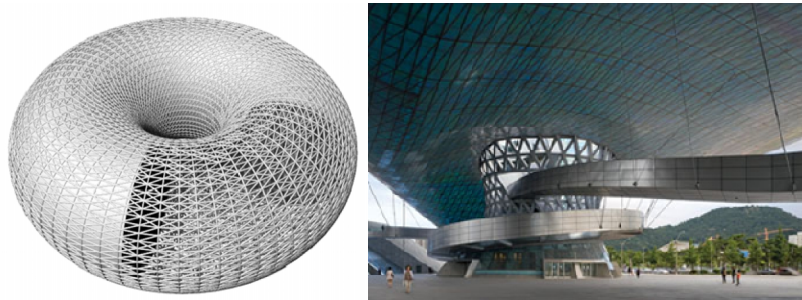


Fig. 2.29 Tetraedrea unui tor (desen propriu); Busan Cinema Center - arh. Coop Himmelb(l)au, Busan, Coreea de Sud, 2011⁶¹

⁶⁰<http://www.archdaily.com/293358/eli-edythe-broad-art-museum-zaha-hadid-architects/50a2aa0ab3fc4b4ec200003d-eli-edythe-broad-art-museum-zaha-hadid-architects-photo>, accesat 7.07.2015

- Piramidate: presupun fracționarea suprafeței curbe într-o rețea în care forma modulului este piramidală cu baza diferite poligoane regulate sau neregulate interconectate (Fig.2.30). Pentru sporirea rigidității structurale, în unele cazuri, vârfurile modulelor piramidale se vor lega, generându-se astfel o grilă la nivelul superior.

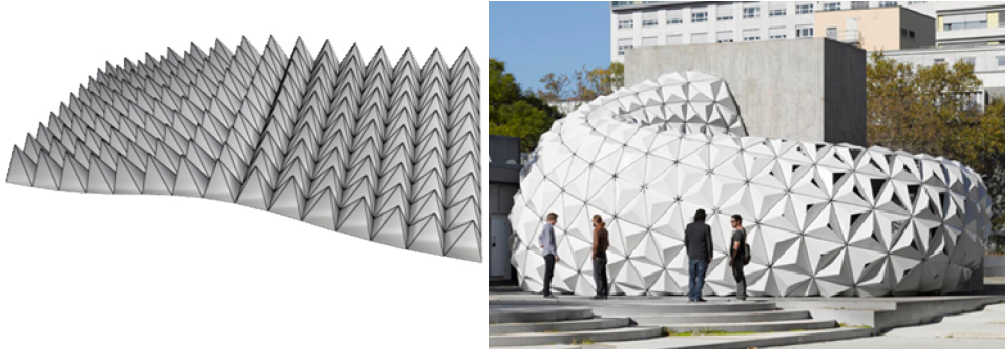


Fig. 2.30 Suprafața piramidală (desen propriu); Pavilionul Arboskin, arh. Institute of Building Structures and Structural Design, Stuttgart, Germania, 2013⁶²

- Fațetate: aproximează o suprafață curbă prin poligoane regulate sau neregulate, în funcție de complexitatea geometrică a formei (Fig.2.31). Din punct de vedere al punerii în operă a acestor sisteme, pentru ca întreg procesul să fie ușurat se recomandă aplicarea procesului de raționalizare formală care va avea scopul de a obține un număr cât mai crescut de suprafețe identice [63].

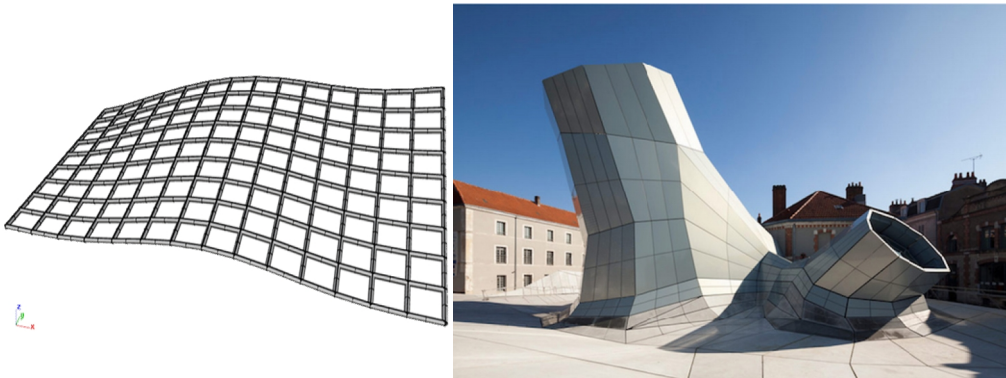


Fig. 2.31 Suprafață fațetată (desen propriu); The Turbulences FRAC Centre - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Orleans, Franta, 2013⁶³

⁶¹ <http://www.archdaily.com/347512/busan-cinema-center-coop-himmelblau>, accesat august 2015

⁶² <http://www.dezeen.com/2013/11/09/arboskin-spiky-pavilion-with-facademade-from-bioplastics-by-itke/>, accesat

2.4.3.2. Plăci curbe subțiri

Structurile din plăci curbe subțiri au o grosime așa de mică încât volumul închis coincide cu silueta exterioară, incorporând principiile naturii referitoare la unitatea arhitecturală conferită de relația echilibrată dintre formă, funcțiune, structură și utilizarea rațională a materialului constructiv. Introducerea betonului armat este progresul tehnologic care a făcut posibilă construirea acestor suprafețe cu grosimi reduse la doar câțiva centimetri.

Exemplele naturale de plăci curbe subțiri se regăsește la organizarea spațial-volumetrică a cochiliilor de melci și scoici, carapacea protectoare a unor insecte, a cojii de ou etc.

În cazul plăcilor curbe subțiri, materia primă de construcție reprezentată de oțel și beton este diminuată, iar comportamentul structural optim permite acoperirea unor suprafețe considerabile fără a fi nevoie de puncte de sprijin intermediare. Dezavantajul principal constă în dificultatea de realizare a cofrajelor în care se toarnă aceste forme, cu consum ridicat de manoperă, fiind necesară și mâna de lucru calificată.

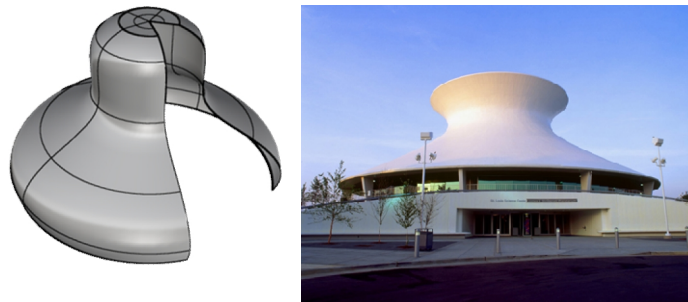


Fig. 2.32 Suprafață de rotație (desen propriu); Saint Louis Science Center - arh. Gyo Obata , St. Louis, Missouri, USA, 1963⁶⁴

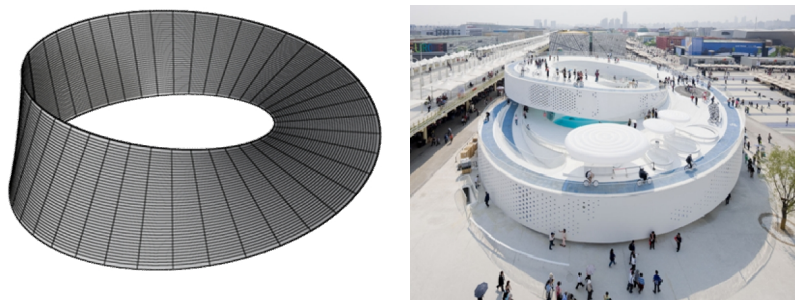


Fig. 2.33 Suprafață ciclică (desen propriu); Pavilionul Danemarcei la Shanghai - arh. BIG, Shanghai, China, 2010⁶⁵

⁶³ <http://www.archdaily.com/424754/the-turbulences-frac-centre-jakob-macfarlane-architects/5227a35be8e44e0f5000004a-the-turbulences-frac-centre-jakob-macfarlane-architects-photo>, accesat august 2015

⁶⁴ <http://xahlee.info/surface/hyperboloid1/hyperboloid1.html>, accesat 3.08.2015

După modul de generare a suprafeței se disting următoarele tipuri de plăci curbe:

- De rotație: obținute prin rotația unei curbe (cerc, elipsă, parabolă, hiperbolă, sinusoidă etc.) în jurul unui ax vertical (Fig. 2.32)
- Ciclice: rezultate prin rotirea unei curbe în jurul unui ax, dar la care înclinarea se modifică în timpul rotirii după o anumită lege ciclică (sinusoidală, cosinusoidală etc.) (Fig.2.33)

2.4.3.3. Reticulate

Modelele naturii sunt cele care au inspirat și stimulat dezvoltarea sistemelor structurale alternative de construire cum este și cel al structurilor reticulate. Exemple precum radiolarii, ouăle unor insecte sau anumite părți anatomice ale viețuitoarelor ilustrează conceptul structural al formelor reticulate. Aceste structuri sunt definite de bare și noduri, organizate spațial într-o rețea tridimensională care permite generarea formelor organice curbilunii (Fig.2.34). În funcție de silueta geometrică a formei arhitecturale, barele vor fi de dimensiuni egale sau inegale, cu mențiunea că, din considerente ce țin de producție, transport și montaj, se vor prefera rețelele cu organizări bazate pe forme regulate (poliedre regulate sau semiregulate) deoarece fețele acestora nu sunt deformabile la acțiunea încărcărilor.

Avantajele structurilor reticulate, în cazul formelor arhitecturale organice, reies din faptul că permit crearea de siluete curbilunii complexe cu un consum redus de material structural, se pot acoperi suprafețe extinse fără a fi necesare puncte de sprijin intermediare și asamblarea relativ ușoară a elementelor componente.

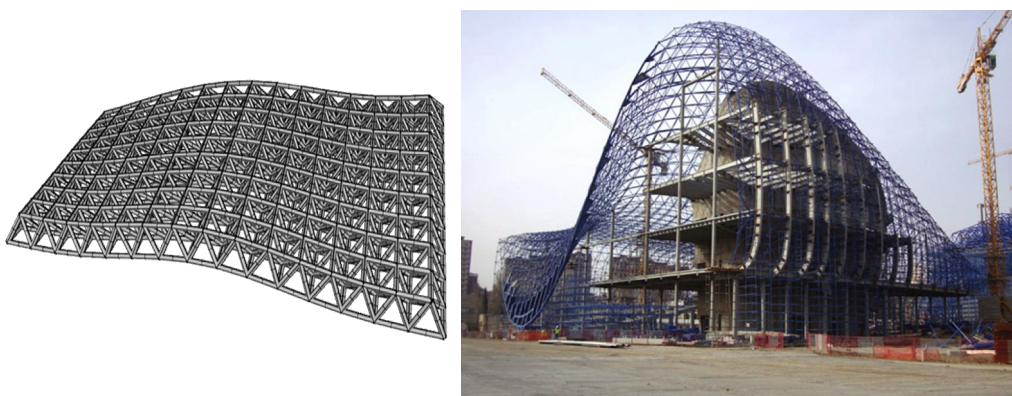


Fig. 2.34 Suprafață reticulată (desen propriu); Heydar Aliyev Center - arh. Zaha Hadid Architects, Baku, Azerbaijan, 2012⁶⁵

2.4.3.4. Elicoidale

În regnul animal, formele elicoidale apar odată cu fenomenul de dezvoltare al organismelor, făcând aici referire la procesul de creștere anatomică (coarne, cochilii etc.). Din punct de vedere geometric, formele elicoidale sunt determinate de

⁶⁵ <https://archide.wordpress.com/2010/05/10/expo-2010-danish-pavilion-by-big-shanghai-china/>, accesat 9.08.2015

⁶⁶ <https://www.pinterest.com/pin/212935888607656158/>, accesat 9.08.2015

deplasarea în spațiu a unei curbe de-a lungul unei direcții descrise de o elice, mișcare care se realizează după reguli stricte [64]. Diversitatea formelor elicoidale va rezulta din forma curbei generatoare și a elicei directoare, iar prin compunerea a două sau mai multe elemente se vor genera forme a căror geometrii impresionează printr-o complexitate în care se deslușește ușor regula de compunere.

În arhitectură, formele elicoidale sunt exploatate în cadrul sistemelor anvelopante, structurale, de circulații (Fig.2.35) definind sisteme deschise cu proprietăți native care permit creșterea și dezvoltarea fizică și/sau virtuală.



Fig. 2.35 Suprafață elicoidală (desen propriu); Muzeul Guggenheim - arh. Frank Lloyd Wright, New York, 1937⁶⁷

2.4.3.5. Riglate

Suprafețele riglate sunt definite prin mișcarea unei linii generatoare de-a lungul a două curbe care funcționează drept limite și direcții. Astfel de suprafețe se regăsesc în regnul animal în cadrul structurilor anatomice ale unor viețuitoare (de exemplu aripile deschise ale păsărilor). Tipologia formelor riglate este fixată de curbările prezente, stabilindu-se două genuri: desfășurabile (suprafețe cu o singură curbură care pot fi desfășurate într-un singur plan, fără a fi necesare tăieturi sau fragmentări, Fig. 2.36) sau nedesfășurabile (cu dublă curbură Fig.2.37) [65].



Fig. 2.36 Suprafață riglată desfășurabilă (desen propriu); Fundatia Louis Vuitton - arh. Frank Gehry, Paris, Franta, 2014⁶⁸

⁶⁷ <http://www.guggenheim.org/new-york>, accesat 9.08.2015

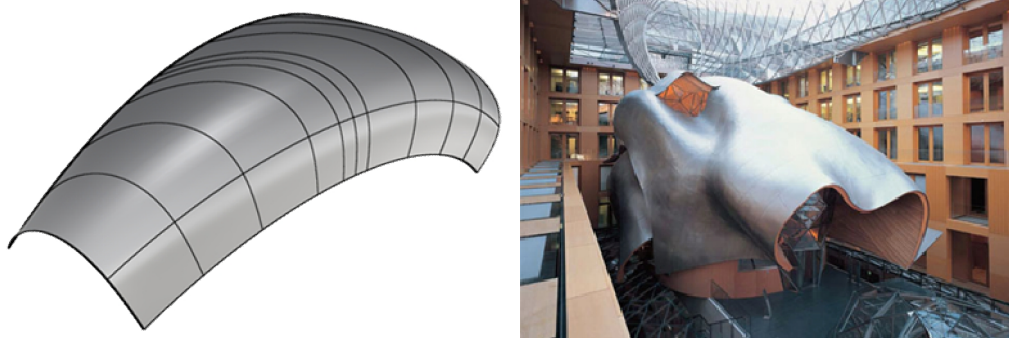


Fig. 2.37 Suprafață riglată nedesfășurabilă (desen propriu); Cladirea DZ Bank - arh. Frank Gehry, Berlin, Germania, 2001⁶⁹

Arhitectura organică exploatează în general cel de-al doilea tip de formă riglată, preferință explicată prin capacitatea de a genera suprafețe curbilunii continue cu multiple curburi. Helmut Pottmann, în studiile sale, evidențiază mijloace de aproximare a suprafețelor curbe prin intermediul formelor riglate [66], [67] punând accentul pe creșterea eficienței procesului de proiectare. Proprietățile formelor riglate sunt fructificate la nivelul sistemelor de fațade sau a sistemelor structurale.

2.4.3.6. Structuri tensionate

Pânzele de păianjen sunt probabil cel mai didactic model natural care ilustrează conceptul structurii tensionate și ale modurilor de ancorare și organizare spațială a materialului constructiv. Structurile tensionate sunt compuse din învelitoare și elementele de susținere care participă la definirea siluetei structurii - cabluri metalice, stâlpi/ cadre de susținere (Fig.2.38).

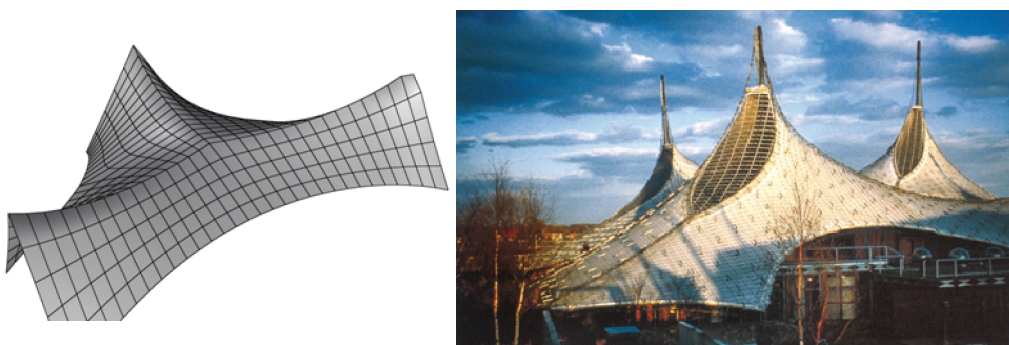


Fig. 2.38 Suprafață tensionată (desen propriu); Pavilionul Germaniei la Expoziția Internațională și Universală- arh. Frei Otto, Montreal, Canada, 1967⁷⁰

⁶⁸ <http://www.archdaily.com/555694/fondation-louis-vuitton-gehry-partners>, accesat 10.08.2015

⁶⁹ <http://www.elcroquis.es/Shop/Project/Details/284>, accesat 10.08.2015

⁷⁰ <http://architecturenow.co.nz/articles/frei-otto-awarded-2015-pritzker-prize/>, accesat 13.08.2015

Din punct de vedere al comportamentului structural, sistemele de membrane tensionate au proprietatea de a distribui încărcările de-a lungul suprafeței și a liniilor date de cabluri, unde cele două elemente sunt tensionate și stâlpii sau cadrele de sprijin sunt supuse compresiunii [68]. Varietatea formală a structurilor tensionate rezultă din relațiile care se stabilesc între învelitoare și elementele de susținere și ancorare. Avantajele utilizării structurilor tensionate constau în greutatea redusă, materiale de construcție în cantități reduse, acoperirea unor arii extinse fără a fi necesare sprijine intermediare etc.

2.4.3.7. Structuri pneumatice

Introducerea aerului ca element portant în cadrul structurilor a condus la apariția structurilor pneumatice (gonflabile). Exemple de sisteme gonflabile se întâlnesc în regnul animal în cazul anumitor animale marine (familia de pești Tetraodontidae de exemplu) sau în structurile anatomice ale viețuitoarelor terestre (de exemplu fregatele⁷¹). În arhitectură, structurile gonflabile se împart în mai multe categorii în funcție de sistemul portant preferat, distingându-se trei tipuri de sisteme: simple, duble sau cu nervuri [69] (Fig.2.39). În alcătuirea acestor structuri intră materialul anvelopant și sistemul de ancorare, ecuație în care aerul va modela forma prin diferența de presiune dintre mediul intern și cel extern sau el va circula prin interiorul unor nervuri conferind rigiditatea necesară structurii, dar și modelând conturul general al volumetriei. Avantajele acestor structuri se regăsesc în rapiditatea ridicării structurii și a timpilor reduși de dezasamblare, având în vedere că ele în general sunt utilizate ca structuri temporare.

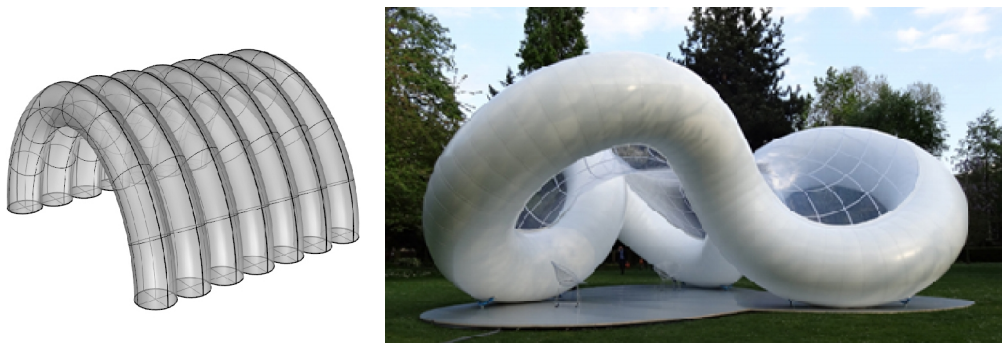


Fig. 2.39 (a)Structură gonflabilă (desen propriu); (b)Peace Pavilion - arh. Atelier Zundel Cristea, Londra, UK, 2013⁷²

2.5. Concluzii

Obiectivele acestui capitol au fost de a stabili cadrul teoretic și evolutiv al arhitecturii organice, stipularea argumentelor care stau la baza arhitecturii biomimeticii, raportarea la contextul dat și, nu în ultimul rând, detalierea geometriei capabile să genereze astfel de forme.

⁷¹ Familie de păsări acvatice din ordinul Pelecaniformes care se disting printr-o gușă portocalie a carei suprafața expandează substanțial în anumite situații

⁷² <http://www.archdaily.com/387121/peace-pavilion-archtriumph/>, accesat 13.08.2015

Analizând evoluția istorică a practicii și teoriei organicismului arhitectural se poate concluziona că ele s-au influențat reciproc conducând către inovații formale, structurale, cu implicații spirituale mai mult sau mai puțin pregnante. Arhitecții continuă să privească natura drept mentorul suprem datorită repertoriului variat de modele formale care ilustrează perfect conceptul "forma urmează funcției". Curentul actual al arhitecturii adoptă înfățișarea formelor organice preluând principiile specifice naturii vii, iar construcțiile țintesc către performanțe pe măsura nevoilor unei societăți eterogene, caracterizate de diversitate și diferențiere.

Motivațiile în favoarea utilizării formelor arhitecturale au scopul de a evidenția o serie de beneficii pe care această abordare le conferă atât arhitectului cât și fondului construit, iar implicit asupra creșterii calității vieții utilizatorilor. Dezbateră comparativă a formelor libere și a celor organice relevă faptul că organicitatea nu înseamnă doar un exercițiu formal, ci este un proces care atacă toate nivelele arhitecturii în direcția dobândirii sustenabilității, trăsătură principală a formelor naturale.

Un aspect de importanță majoră îl constituie contextul formelor arhitecturale organice sau, cu alte cuvinte, ce anume a determinat o anumită configurație spațial-volumetrică, mergând pe principiul cauză-efect. Din perspectivă temporală, trebuie menționat faptul că relația dintre cauză și consecință este una de continuitate în sensul că elementele circumstanțiale stabilesc forma arhitecturală, iar forma, în timp va funcționa la rândul ei ca un factor cauzal, influențând noul context. În ceea ce privește contextul spațial natural sau urbanizat, formele arhitecturale organice, prin flexibilitatea lor nativă, reușesc să se raporteze în moduri inedite la vecinătăți, iar mijloacele prin care se realizează acest lucru cade în sarcina arhitectului.

Analiza geometriei care stă la baza acestor forme complexe are rolul de a demonstra existența unui instrumentar de proiectare, de la scara micro (forme geometrice primare și modurile de compunere morfologică) la cea macro (sisteme constructive care validează fezabilitatea formelor organice arhitecturale).

În acest capitol, contribuțiile în domeniul arhitecturii organice sunt aduse prin:

- Studiul evolutiv și plasarea conceptului de formă arhitecturală organică în domeniul arhitecturii;
- Enunțarea unei prognoze a dezvoltării formelor organice în arhitectură;
- Analiza contextuală și identificarea mijloacelor prin care o formă organică arhitecturală poate fi racordată la anumite circumstanțe;
- Identificarea argumentelor pentru folosirea paradigmei organice în mediul construit;
- Stabilirea mijloacelor de expresie formală a organicității prin raportare la geometria specifică și la sistemele constructive care pot fi utilizate în implementarea proiectelor de arhitectură organică.

3. METODE DE SELECȚIE, INVESTIGARE FORMALĂ ȘI IMPLEMENTARE ÎN ARHITECTURĂ

| | |
|-----------|--|
| OBIECTIVE | <ul style="list-style-type: none">• Trasarea unei metodologii cadru de operare cu modelele natural organice• Etapizarea fluxului de cercetare în sistem bottom-up (de jos în sus)• Evaluarea procesului didactic prin analiza demersului și a rezultatelor obținute• Stabilirea metodei de evaluare a produselor arhitecturii biomimetice |
|-----------|--|

Pentru orice tip de proiect în prima instanță este imperativ a se seta modul de lucru astfel încât întreg demersul de proiectare și implementare să fie unul logic și firesc. Acest lucru este aplicabil și în cazul produselor de arhitectură catalogate organice.

Demersul analizei și transpunerii formelor naturale organice în arhitectură diferă de la caz la caz cu rezultate mai mult sau mai puțin reușite. Acest lucru conduce la nevoia fixării unui cadru teoretic general de lucru care să structureze întregul proces de transfer.

Folosirea unui sistem structurat al modului de lucru cu formele organice vine în întâmpinarea dificultăților de abordare a formelor alternative în arhitectură apărute atât în procesul didactic (studiu de caz exercițiul de Ecotectură realizat la Facultatea de Arhitectură și Urbanism din Timișoara) cât și în practica curentă de arhitectură.

Prezentul capitol va încerca să furnizeze un răspuns la următoarele întrebări:

- Cum aleg modelul natural din opțiunile nelimitate din natură?
- Cum analizez modelul astfel încât să obțin informații relevante în arhitectură?
- Cum poate fi îmbunătățită latura didactică a acestui proces?
- Care sunt tipurile de valorificare formală?
- Cum pot evalua rezultatul obținut?
- Care sunt zonele de studiu care necesită aprofundare în scopul eficientizării procesului și a creșterii nivelului de valorificare?

3.1. Alegerea modelului natural

În literatura de specialitate din domeniul biomimeticii, se pot distinge două tipuri de fluxuri ale cercetării care pot fi "top-down" (de sus în jos) /"bottom-up" (de jos în sus) [70] sau abordarea bazată fie pe soluție, fie pe problemă [71]. Oricare dintre cele două metode propuse de cercetători, se referă la relația dintre premisele de la care se pornește și rezultat. Astfel, procesul de triaj al nenumăratelor exemple natural organice apare în două ipostaze (Fig.3.1):

- Situația în care se manifestă o anume fascinație față de structura unui model natural și se dorește exploatarea și valorificarea caracteristicilor acestuia în domeniul arhitecturii; Situația în care există o temă de proiectare și căutarea are loc având în vedere cerințele date.

De reținut este faptul că în ambele situații sunt șanse egale în direcția inovației în arhitectură, mărturie stând nenumăratele exemple construite.

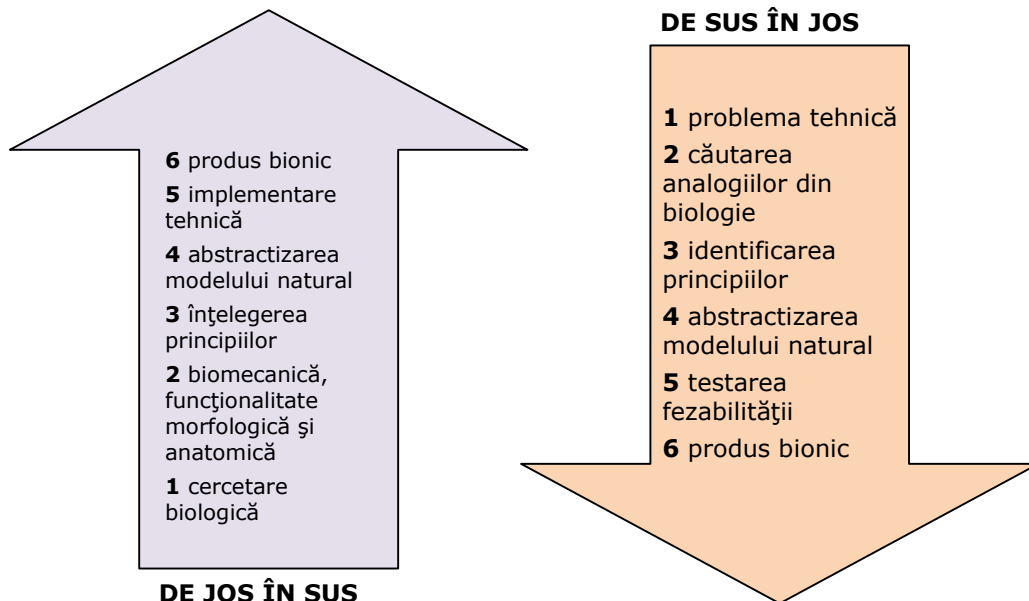


Fig. 3.1 Secvențele fluxului de cercetare în biomimetica: de jos în sus este echivalent cu declanșarea cercetării prin domeniul biologiei; de sus în jos este echivalent cu declanșare prin tehnologie⁷³

Prima ipostază presupune existența unor anume frământări referitoare la o anume formă naturală în sens arhitectural. Este un proces mai lent din cauza numeroaselor direcții de cercetare pe care le poate deschide informațiile extrase din modelul natural (Fig.3.1.a). Aceasta cavalcadă de informații cu care arhitectul se întâlnește poate fi copleșitoare și astfel pot apărea situații de blocaj creativ.

Studiul modelului natural presupune nu doar observarea configurației lui spațiale, ci înseamnă înțelegerea principiilor care au condus la acel tip de organizare. Principiile de design naturale se nasc odată cu relația dintre mediul intern și cel extern, unde cel din urmă acționează asupra viețuitoarei stimulând dezvoltarea unor mecanisme responsive. Acest tip de abordare se traduce prin analiza unor cauze care au generat niște efecte, iar doar în urma înțelegerii ambelor entități se poate trece la etapa de abstractizare și translatare la scară umană.

Chiar dacă consider această abordare mai anevoioasă ea este și izvorul unor descoperiri inovative.

⁷³ Preluare din articolul lui Thomas Speck și Jan Knippers "Design and construction principles in nature and architecture" [2]

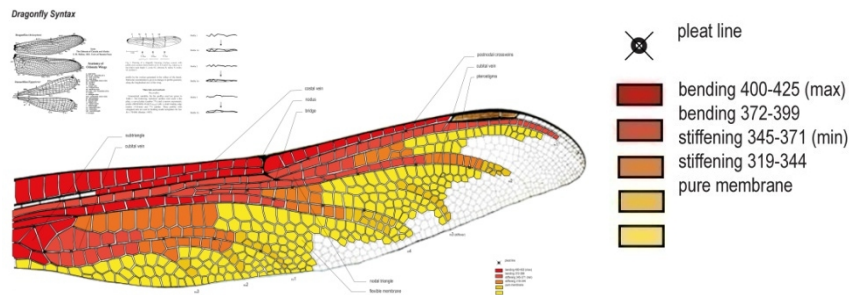


Fig. 3.2 Structura aripii de libelulă și dispunerea în masă a forțelor la care sunt supuse celulele⁷⁴



Fig. 3.3 Exemple de valorificare formală a structurii voronoi după care este structurată aripa de libelulă (a) Dragonfly Pavilion - arh. CDR Studio Architects, PC, Hoboken, NJ, USA, 2013⁷⁵

(b) Dragonfly - arh. Tom Wiscombe, Los Angeles, USA, 2007⁷⁶

De exemplu, aripa de libelulă este una dintre cele mai exploatate componente din mediul natural în termeni arhitecturali (Fig.3.2). Atracția față de aripa de libelulă survine din geometria modulată după principiul divizionar Voronoi [72] și a caracteristicilor structurale ale dispunerii venelor în suprafața aripii [73]. Aceste proprietăți au fost studiate și aplicate în diferite componente arhitecturale sau ingineresti, regăsindu-se la nivel de casetare a fațadelor (Fig. 3.3a), la nivel structural (Fig.3.3b), în designul de obiect etc.

A doua situație are capacitatea de a identifica mai rapid modelul natural ca sursă de inspirație datorită specificității cerințelor din tema de proiectare. Spre exemplu, dacă tema de proiectare solicită gruparea unor unități în cel mai eficient mod, atunci răspunsul poate fi căutat în exemplele naturale în care se observă cel mai bine rezolvarea acestei cerințe.

În exemplul ilustrat în Fig.3.4 se poate identifica ușor sursa de inspirație și anume fagurele albinelor. Opțiunea pentru studiul fagurelui este ușor de explicat prin prezența modularității, eficienței geometriei unui sistem hexagonal. Desigur că în regnul animal se află și alte exemple de structurări optimizate cum ar fi bulele de mucus secretat de unele insecte, însă selecția modelului de inspirație revine arhitectului.

⁷⁴ <http://www.australiandesignreview.com/features/659-an-imperative-of-survival>, accesat 12.03.2015

⁷⁵ <http://www.cdrstudio.com/work/residential/hobokenpavilion>, accesat 12.03.2015

⁷⁶ <http://projects.tomwiscombe.com/DRAGONFLY>, accesat 12.03.2015



Fig. 3.4 (a)Fagurele de albine; (b) Izola Social Housing - arh. OFIS arhitekti, Izola, Slovenia, 2006⁷⁷

Oricare ar fi fluxul cercetării apare dilema referitoare la ce informație se poate extrage din modelul faunei pe care doresc să îl studiez? Răspunsul se poate extrage doar analizând pe clase de componente varietatea de modele naturale (capitolul 1).Clasele de componente reunesc următoarele:

- Anvelope
- Structuri
- Materiale
- Funcții
- Construcția
- Mecanisme
- Principii
- Procese

Astfel, alegerea modelului se face fie în maniera holistică fie în cea atomică pe care le voi detalia în cele ce urmează.

Abordarea holistică presupune alegerea unui reprezentant al regnului animal și studiat ca și ansamblu nedivizibil în părțile lui componente. În acest caz, accentul cade pe un reprezentant al unei specii și astfel procesul de translație în termeni arhitecturali va avea o anumită specificitate [74].

Un exemplu de abordare holistică în arhitectura biomimetică de inspirație organică îl constituie lucrările arhitectului Santiago Calatrava (Fig.3.5) în care modelul păsării este interpretat formal prin prisma zborului și al instanțelor în care acesta poate să se manifeste.



Fig. 3.5 Interpretările formale ale păsării în viziunea lui Santiago Calatrava (a) The Quadracci Pavilion, Milwaukee, USA, 2001⁷⁸ (b) Gare de Saint-Exupéry, Franta, 1994⁷⁹; (c) World Trade Center Transportation Center, New York, USA, ~2016⁸⁰

⁷⁷ <http://www.archdaily.com/3245/izola-social-housing-ofis-arhitekti>, accesat 12.03.2015

80 3. Metode de selecție, investigare formală și implementare în arhitectură

Aici, holismul abordării reiese din faptul că totalitatea elementelor componente ale construcțiilor participă la definirea conceptului de zbor de pasăre. Componentele clădirilor, luate separat nu au capacitatea de a transmite ideea de bază, iar conlucrarea dintre ele ilustrează interdependența dintre părțile componente și întreg.

Mai mult, volumetria scheletală face trimitere către structura anatomică optimizată a păsărilor și existența porozității ca proprietate care permite scăderea greutății totale.

Abordarea atomică în biomimetica arhitecturală se caracterizează prin investigarea potențialului uneia sau mai multor componente din clasele menționate mai sus. Se observă un interes crescut pentru studiul proceselor care au loc în natura vie. Spre exemplu, coconul este rezultatul definirii unei închideri printr-un proces de țesere. Acest proces face obiectul de studiu și de valorificare pentru diferiți arhitecți (Fig.3.6).



Fig. 3.6 Conceptul de țesere al unui cocon interpretat în diverse maniere (a) Flux cocoon- arh. Allegory, Lausanne, Elveția, 2012⁸¹; (b) Silk Pavilion - MIT Media Lab, 2013⁸²; (c) Magazin Hermes- arh. RDAI, Paris, Franța, 2010⁸³



Fig. 3.7 Forme de manifestare simbolică a arhitecturii utilizând modele naturale (a) Centru de meditație Matrimandir - arh. Mirra Alfassa, Roger Anger, Auroville, India, 2008⁸⁴ (b) Bahá'í Temple of South America - arh. Hariri Pontarini Architects, Santiago, Chile, 2014⁸⁵

⁷⁸ <http://www.archdaily.com/531290/spotlight-santiago-calatrava>, accesat 21.04.2015

⁷⁹ <http://weburbanist.com/2015/03/04/aerodynamic-avian-architecture-12-bird-inspired-buildings/3/>, accesat 21.04.2015

⁸⁰ http://blanchardmodernart.blogspot.ro/2015_05_01_archive.html, accesat 21.04.2015

⁸¹ <http://www.archdaily.com/299866/flux-cocoon-for-lausanne-lumieres-urban-light-festival-allegory>, accesat 21.04.2015

⁸² <http://www.archdaily.com/384271/silk-pavilion-mit-media-lab>, accesat 21.04.2015

⁸³ <http://cheriecity.co.uk/2012/05/05/hermes-rive-gauche-and-lunch-at-le-plongeoir-paris/>, accesat 21.04.2015

⁸⁴ <http://historymaniacmegan.com/tag/travel/page/2/>, accesat 22.04.2015

Dacă discuția asupra alegerii modelului a fost până în momentul de față axată pe imaginea, funcțiunea și pragmatismul formelor natural organice, trebuie menționată și alegerea bazată pe simbolistica unui model natural. Folosirea simbolisticii general recunoscută a unui organism natural este motivată adesea prin nevoia creării unei armonizări spirituale cu mediul înconjurător care poate fi perceput într-un mod ostil sau pentru transmiterea unei anume ideologii prin intermediul unui limbaj formal codat [75] (Fig.3.7)

3.2. Studiul modelelor natural organice din perspectiva arhitecturală în sistem "botton-up" (de jos în sus)

Procesul de studiu al modelelor regăsite în formele faunei reunește o serie de etape care constituie baza demersului creativ. Justificarea apariției unor anume forme de manifestare formală în natură se realizează prin căutarea originii manifestării și a cauzei, unde forma naturală este interpretată ca efect (Fig.3.8).



Fig. 3.8 Diagrama strategiei utilizate de designul biomimetic [76]

3.2.1. Examinarea

Prima fază reunește două procese sincronizate: observația și analiza. În acest moment se presupune că s-a ales deja modelul natural organic.

Observarea și analiza sunt două procese interdependente, a căror apariție poate avea loc simultan sau separat. Conform teoriei psihologiei gestaltiste [77] părțile componente ale unui întreg sunt un obiect este perceput ca un întreg chiar dacă el reprezintă însumarea părților lui componente, în sens contrar, părțile identificate având caracteristici diferite în mod individual raportat la întreg. Spre exemplu, când se descrie un fluture se face referire la aripi, membre, antene, etc; adică la alcătuirea sa anatomică, însă când modelul se află în fața privitorului fenomenul perceptiv se concentrează pe întreg, iar părțile componente rămân în plan secund.

Astfel, observarea unui model natural trebuie să reunească atât întregul cât și părțile componente. Prin urmare se identifică două procese relevante în procesul de examinare: observația și analiză. Ambele vor avea în vedere cele două entități: întregul și părțile componente.

3.2.2. Observația/ percepția

Această fază se traduce prin două acțiuni: "văd și intuiesc". Este momentul în care observatorul intră în contact cu modelul și prin prisma capacităților perceptivă, a experienței și informațiilor dobândite până la această întâlnire, încearcă să își explice ceea ce vede.

⁸⁵ <http://www.hariripontarini.com/project/bahai-temple-of-south-america/>, accesat 22.04.2015

3.2.3. Analiza sau "văd, intuiesc și explic"

Dacă faza anterioară se caracterizează printr-o anumită spontaneitate, etapa analizei presupune un demers deliberat de înțelegere a ceea ce se vede. Mai mult, analiza modelelor naturale implică un efort suplimentar datorită complexității specifice. Pentru a ușura întreg procesul, se propun trei tipuri de analize:

- **Structurală**, care se referă la geometria întregului, structura anatomică, o singură parte constituantă (spre exemplu structura unei aripi), această etapă poate include chiar și analiza la nivel celular prin intermediul imaginilor obținute cu ajutorul microscopului electronic cu scanare;
- **Contextuală**, în urma căreia se extrag informații referitoare la sistemele de interacțiune cu condițiile contextului în care forma își desfășoară existența. Aceste sisteme pot fi analizate și din punct de vedere evolutiv adică cum s-au perfecționat de-a lungul timpului și care a fost cauza acestui proces. Adaptările structurale reunesc atât răspunsurile formei la nevoile interne cât și la acțiunea agenților externi de mediu;
- **Principială**, se referă la analiza principiilor după care funcționează întreg organismul sau o anumită parte a acestuia. Principiile identificate se vor raporta apoi la factorii externi care acționează asupra structurii naturale.

3.2.4. Selecția asociativă

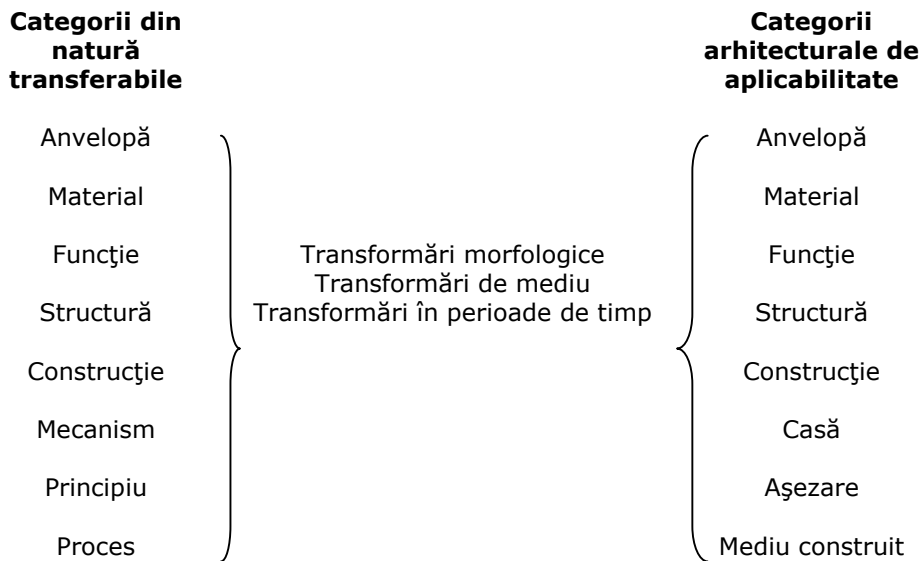


Fig. 3.9 Schema cu componente naturale de translație în termeni arhitecturali⁸⁶

Această fază se referă la trierea informațiilor relevante pentru generarea de forme arhitecturale. Această etapă va avea ca și rezultat o listă de informații cu sau fără directă relevanță asupra proiectului care urmează a fi dezvoltat. Această afirmație se explică prin faptul că în momentul obținerii unui set de informații și

⁸⁶ Petra Gruber in cartea sa "Biomimetics in architecture- architecture of life and buildings" investigheaza mijloacele prin care se pot asocia cele doua clase ale biologiei si arhitecturii

comparării acestora cu cerințele din tema de proiectare se vor exclude datele care nu sunt folositoare pentru proiectul în curs, dar care se vor păstra și dezvolta în cadrul altor proiecte.(Fig.3.9)

Un exemplu de astfel de proces de selecție asociativă se regăsește în lucrările lui Frei Otto care a denumit-o "cercetarea analogiei sintetice" [78]. Studiile lui despre suprafețe minime și a principiilor de auto-organizare din natură au condus la apariția structurilor din membrane. Pe baza acestor direcții de cercetare a apărut o altă inovație în domeniul structurilor ușoare - structurile "tensegrity" ale lui Buckminster Fuller și Keneth Snelson în anii '60.

Procesul de selecție asociativă testează validitatea fiecărei componente ale categoriilor din natură pentru stabilirea fezabilității în domeniul arhitecturii, demers care are în vedere posibilități de transformare morfologică în timp și spațiu.

3.2.5. Transformarea

Termenul de "transformare" echivalează în acest caz cu procesul de morfoză prin abstractizare. Transformarea se poate defini prin reducția complexității informațiilor deja selectate în faza anterioară la elemente simple cu care se poate opera ușor. De reținut este că această fază este determinantă în reușita proiectului.

Transformarea caracteristicilor analizate și selectate se realizează prin abstractizare deoarece o preluare fidelă și adusă la scară umană a elementelor modelului natural presupune lipsa capacității de interpretare creativă, iar rezultatul nu poate fi catalogat drept o manifestare artistică.

Morfoza se va concentra pe generarea formală prin diverse iterații care au la bază un set de informații extrase în etapa precedentă. Această etapă are rolul de testare a importanței și relevanței parametrilor.

Metode de transformare: scalare, serializare, compuneri prin operații de analogii spațiale, modularizare, deformări (tăieri, plieri, substrații). Opțiunea de interpretare formală revine în sarcina arhitectului și complexitatea acesteia depinde total de capacitățile de imaginare și exprimare ale creatorului.

De remarcat este faptul că aceste trei etape au fost prezentate într-o anumite ordine liniară, unde investigarea cât mai detaliată din primele două etape va furniza toate cele necesare pentru etapa creativității - transformarea. Această structură liniară de studiu poate fi interpretată și ciclic prin revenirea constantă la faza de analiză a modelului natural în scopul perfecționării transformărilor. Mai mult, consider că modelele naturale conțin întotdeauna elemente surpriză care așteaptă să fie descoperite, iar astfel se justifică studiul constant al acestora. Revenirea constantă la elementele extrase în etapa de selecție asociativă se poate echivala cu procesul de perfecționare apărut prin selecția naturală. Teoretic, întreg mecanismul de selecție și transformare va avea ca scop obținerea unor performanțe arhitecturale ridicate prin sistemul de testare.

3.2.6. Studiu de caz - exercițiul de Ecotectură

La Facultatea de Arhitectură și Urbanism din Timișoara, analiza modelelor naturale a fost introdusă în curricula disciplinei de "Studiul Formei" sub forma exercițiului intitulat "Ecotectură" la care autorul tezei a făcut parte din colectivul didactic în perioada 2010-2013. În perioada respectivă, autorul a oferit sprijin teoretic și îndrumare aplicativă în cadrul fiecărui proiect.

84 3. Metode de selecție, investigare formală și implementare în arhitectură

Tema de studiu solicită extragerea unui model din natură, indiferent de proveniența lui și valorificarea informațiilor înfățișate de acesta în termeni arhitecturali.

Scopul exercițiului este de a oferi o alternativă de studiu a arhitecturii prin analiza modelelor naturale, valorificarea lor prin procese de transformări și abstractizări, axat în special pe generarea de forme spațiale inovative [79].

Metoda întrebuintată este cea bazată pe soluție prin care se extrage un element natural ca și punct de pornire și se încearcă fructificarea informațiilor extrase din el în termeni arhitecturali. Modul de exprimare reunește trei componente: justificare textuală, grafică și macheta.

Rezultatele obținute (Fig.3.10,3.11,3.12,3.13) diferă din punct de vedere al succesului transferului, variind de la interpretări naive până la unele cu un puternic caracter vizionar. Succesul rezultatelor este influențat de informațiile existente despre modelul natural alese din literatura de specialitate, de modul de decodare a acestora în limbaj arhitectural și de abilitățile studentului de transformare a datelor extrase în propuneri arhitecturale.

Puncte tari:

- Studenții au șansa de a întreprinde o activitate formatoare, o alternativă la practica de arhitectură curentă prin experimentarea cu datele de pornire ale temei;
- Posibilitatea de a declanșa un stil propriu arhitectural cu un vocabular formal îmbogățit prin studiul modelelor naturale;
- Prin excluderea constrângerilor de proiectare, studentul are oportunitatea să își dea frâu liber imaginației și de a-și crea propria temă de proiectare și flux de cercetare;
- Caracterul experimental îi conferă acestui exercițiu statutul de parte componentă a sferei inovației în arhitectură prin abordarea inedită.

Puncte slabe:

- Baza teoretică prezentată în linii generale este insuficientă pentru a ilustra potențialul biomimeticii;
- Redactarea în tehnica clasică a desenului liber ridică dificultăți de exprimare grafică;
- Timpul relativ scurt alocat exercițiului (7 săptămâni) pentru stimularea interesului pentru formele organice și fixarea informațiilor;
- Modelele selectate sunt analizate adesea superficial;

Optimizări:

- Introducerea modelării cu ajutorul calculatorului pentru reducerea timpului de găsimă a formei optime;
- corelarea cu alte discipline din curricula învățământului de arhitectură (CAD, atelierul de proiectare, geometria descriptivă, matematică, etc.)
- testarea metodei de lucru bazată pe răspuns poate conduce la soluții inedite pentru o anumită problemă;
- organizarea de evenimente tematice (prelegeri, conferințe, workshopuri etc.) pentru familiarizarea studenților cu subiectul biomimeticii în arhitectură
- stabilirea unei bibliografii obligatorii.



Fig. 3.10 stud.arh. Gondos Zsolt - Discotecă inspirată de licurici, Ecotectură 2011

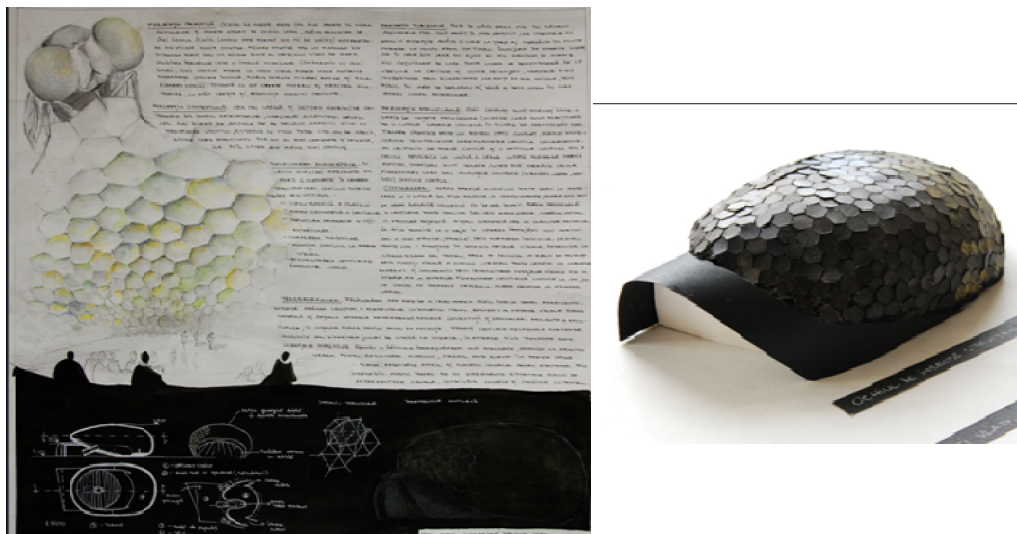


Fig. 3.11 stud.arh. Meglei Vlad - Teatru experimental inspirat de ochiul de insectă, Ecotectură 2011

Exemplele anterioare ilustrează potențialul procesului de abstractizare a formelor faunei prin valorificarea anumitor proprietăți în relație cu structura anatomică, preluarea formală a sistemului de organizare spațial și transpunerea ei într-o formă arhitecturală care rămâne la latitudinea arhitectului, el folosindu-se doar de principiile de structurare a anvelopei.

Următoarele două exemple realizate în cadrul exercițiului de Ecotectură surprind valorificarea dinamismului formal ale structurilor animalelor aflate în mișcare.



Fig. 3.12 stud.arh. Caragi Sandu - Club nautic inspirat din caluțul de mare, Ecotectură 2011



Fig. 3.13 stud.arh. Onescu Eugen - Delfinariu inspirat de pisica de mare, Ecotectură 2011

Reușita acestor exemple de proiecte ale studenților arhitecți reiese din nivelul ridicat de abstractizare pe care îl ilustrează propunerile și datorită modului de redactare grafică prin care se exprimă clar punctul de pornire al studiului, rezultatul final al abstractizării prin procesul de transformare și susținerea conceptului prin argumentare pe bază de text scris.

3.3. Grade de valorificare formală a modelelor naturale

| Level of Biomimicry | Example - A building that mimics termites: | |
|---|--|---|
| Organism level (Mimicry of a specific organism) | <i>form</i> | The building looks like a termite. |
| | <i>material</i> | The building is made from the same material as a termite; a material that mimics termite exoskeleton / skin for example. |
| | <i>construction</i> | The building is made in the same way as a termite; it goes through various growth cycles for example. |
| | <i>process</i> | The building works in the same way as an individual termite; it produces hydrogen efficiently through meta-genomics for example. |
| | <i>function</i> | The building functions like a termite in a larger context; it recycles cellulose waste and creates soil for example. |
| Behaviour level (Mimicry of how an organism behaves or relates to its larger context) | <i>form</i> | The building looks like it was made by a termite; a replica of a termite mound for example. |
| | <i>material</i> | The building is made from the same materials that a termite builds with; using digested fine soil as the primary material for example. |
| | <i>construction</i> | The building is made in the same way that a termite would build in; piling earth in certain places at certain times for example. |
| | <i>process</i> | The building works in the same way as a termite mound would; by careful orientation, shape, materials selection and natural ventilation for example, or it mimics how termites work together. |
| | <i>function</i> | The building functions in the same way that it would if made by termites; internal conditions are regulated to be optimal and thermally stable for example (fig. 6). It may also function in the same way that a termite mound does in a larger context. |
| Ecosystem level (Mimicry of an ecosystem) | <i>form</i> | The building looks like an ecosystem (a termite would live in). |
| | <i>material</i> | The building is made from the same kind of materials that (a termite) ecosystem is made of; it uses naturally occurring common compounds, and water as the primary chemical medium for example. |
| | <i>construction</i> | The building is assembled in the same way as a (termite) ecosystem; principles of succession and increasing complexity over time are used for example. |
| | <i>process</i> | The building works in the same way as a (termite) ecosystem; it captures and converts energy from the sun, and stores water for example. |
| | <i>function</i> | The building is able to function in the same way that a (termite) ecosystem would and forms part of a complex system by utilising the relationships between processes; it is able to participate in the hydrological, carbon, nitrogen cycles etc in a similar way to an ecosystem for example. |

Fig. 3.14 Exemplul mușuroiului de termite interpretat în termeni arhitecturali cu grade de valorificare multicriteriale⁸⁷

Valorificarea modelelor naturale în arhitectură este în directă legătură cu capacitatea de analiză, selecție și abstractizare a arhitectului. Inevitabil apare întrebarea referitoare la raportul dintre modelul natural și rezultatul demersului creativ arhitectural - în ce măsură o construcție trebuie să reflecte conceptul organic care îi stă la bază? În funcție de răspunsul la această întrebare se pot identifica câteva niveluri de interpretare a modelelor naturale.

Necesitatea acestei clasificări survine din nevoia de a cuantifica succesul demersului arhitectural. Calitatea pieselor de arhitectură reiese din gradul de armonizare a formei cu funcțiunea pe care o adăpostește, relaționarea cu mediul înconjurător (natural sau artificial) și interacțiunea cu factorii de mediu care acționează cu construcția, utilizarea materialului constructiv și nu în ultimul rând comportamentul pe toată durata vieții sale. Lipsa existenței unui barometru al

⁸⁷ Tabel preluat din articolul lui Zari M.P. prezentat în cadrul conferinței Sustainable Building (SB07) Regional Sustainable Building Conference, 2007

calității face că analiza clădirilor să fie în mod curent una subiectivă, în timp ce exemplele naturale înfățișează o perfecțiune general acceptată.

M.P.Zari stabilește trei niveluri (Fig.3.14) prin care biomimetica arhitecturală poate valorifica informațiile extrase dintr-un model natural, raportându-se la formă, material constructiv, tehnica de construire, procese și funcții: nivelul organismului, nivelul comportamental și nivelul ecosistemului [80]. Consider că aceasta structurare este relativ vag detaliată din punct de vedere al formei arhitecturale, motiv pentru care propun detalierea biomimeticii din perspectiva relației dintre forma naturală și cea arhitecturală. Se stabilesc astfel 5 tipuri de valorificări formale, pe care le voi detalia în cele ce urmează.

3.3.1. Între mimetism și creativitate

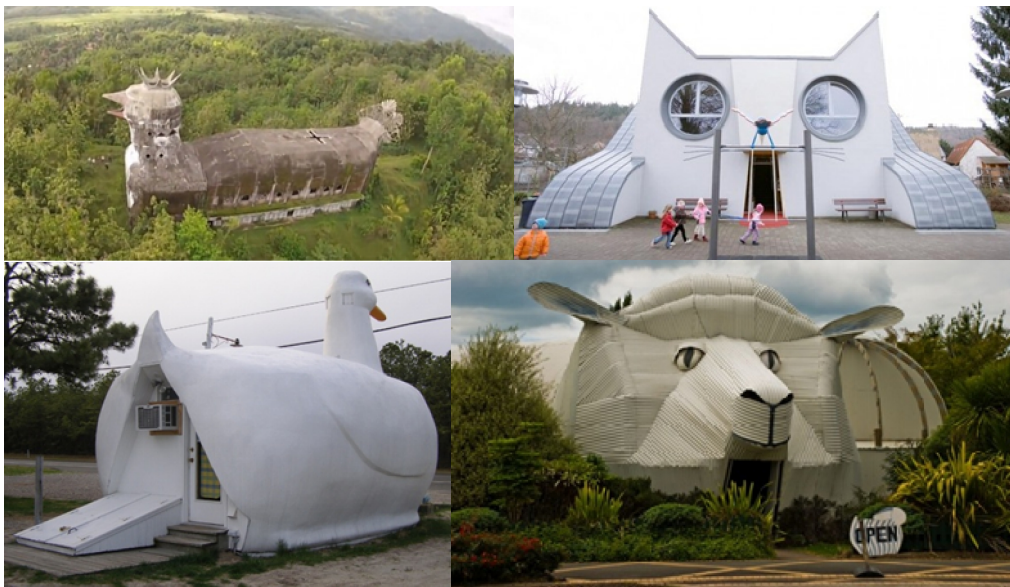


Fig. 3.15 Exemple de construcții care ilustrează nivelul de transpunere "rescalare și păstrare a parametrilor formali ai modelului natural" (a) Chicken Church - arh. Daniel Alamsjah , Magelang, Indonezia; 1990⁸⁸; (b) Gradinița - arh. Tomi Ungerer & d'Ayla-Suzan Yöndel, Karlsruhe, Germania, ⁸⁹; (c) The big duck - arh. Martin Maurer, Long Island, USA, 1931⁹⁰ (d) Magazin de lână - Tirau, Noua Zeelandă ⁹¹

Acest tip de abordare presupune imitarea fidelă a modelului natural prin rescalarea proporțională a structurilor naturii și încercarea de a reprezenta modul cel mai bazic de interpretare a modelului natural. Rezultatul arhitectural al acestui tip de abordare este adesea lipsit de preocuparea față de necesitățile funcționale, economice, calitative și estetice ale piesei de arhitectură. Transferul mecanic al

⁸⁸<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3156330/Incredible-images-mysterious-abandoned-Chicken-Church-built-Indonesian-jungle-man-vision-God.html>, accesat 3.07.2015

⁸⁹<http://www.freshdads.com/magazin/verspielter-kindergarten-wolfartsweier-die-katze#.VkmzmXbhCCo>, accesat 3.07.2015

⁹⁰ <http://www.roadarch.com/critters/birdsgd.html>, accesat 3.07.2015

⁹¹ <http://been-seen.com/travel-blog/animal-houses>, accesat 3.07.2015

formelor organice naturale în mediul construit este perceput a fi provocator și nerațional din diverse puncte de vedere (Fig.3.15).

Avantaje:

- Timp redus de generare "concept" și implementare;
- Transmiterea ideii care stă la baza unei abordări formaliste se face cu rapiditate către marea masă a populației, fără a fi necesară un anumit nivel de pregătire intelectuală pentru a descifra forma arhitecturală, simbolistica acesteia sau conceptul;

Dezavantaje:

- Iraționalitatea utilizării materialului constructiv și prin urmare incompatibilitatea cu principiile naturii;
- Calități estetice reduse, catalogarea drept kitsch;
- Lipsa relaționării corecte dintre formă și funcțiune;
- Rezultatul arhitectural este perceput a fi cel mult un mulaj și în niciun caz forma arhitecturală.

3.3.2. Nivelul metamorfozei geometrice a modelului natural

Interpretarea formei naturale prin transformări geometrice se realizează astfel încât rezultatul rămâne ușor de asociat cu modelul natural. În cele mai multe cazuri se preferă preluarea în întregime a structurii anatomice a modelului organic asupra căruia se aplică operații de geometrizare (Fig.3.16).



Fig. 3.16 (a) Parc de relaxare, arh. Toyo Ito, Torre Vieja, Spania, 2004, inspirat de cochilia de scoică⁹² (b) Adăposturi pe gheață, arh. Patkau Architects, Winnipeg, Canada, 2011, inspirat de coconul de fluture⁹³

⁹² <http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-relaxation-park-torre-vieja-spain/>, accesat 4.07.2015

În acest caz, forma naturală se transpune în arhitectură apelând la transformări geometrice și dimensionale (rotație, translație, deformări simple sau compuse) astfel încât să se poată răspunde la cerințele temei de arhitectură, posibilităților constructive și necesităților funcționale.

Avantaje:

- Nivel mediu de abstractizare a formei model;
- Ușurimea asocierii produsului de arhitectură cu sursa de inspirație;
- Anveloparea clădirii urmărește liniile exterioare ale structurii eliminându-se costuri suplimentare ce ar putea apărea în situația unei închideri independente de tectonica arhitecturală;
- Stimularea creativității asupra sistemului constructiv prin testarea unor variante multiple premergătoare soluției finale și prin dorința de optimizare a comportamentului și esteticii structurale.

Dezavantaje:

- Forma arhitecturală nu reflectă total funcțiunea pe care o slujește;
- Necesitatea amplasării în zone unde restricțiile setate de vecinătăți sunt minime sau inexistente.

Există constrângeri formale care se ivesc în momentul selectării modelului natural. Flexibilitatea modelării formale este minimizată din cauza blocajului în imaginea formei naturale selectate.

3.3.3. Nivelul interpretării structurale a formei naturale

Analiza compozițională a structurilor organismelor naturale poate conduce la interpretarea acestora prin parametrii compoziționali care fac uz de anumite metode geometrice. Forma arhitecturală rezultantă va avea o delimitare spațială care face trimitere la formele organice naturale însă osatura nu va fi tributară total sistemului scheletal al modelului natural de la care s-a pornit.

În Fig.3.17 pavilionul Boowooss este dezvoltat pornind de la analiza structurală a planctonului (organism unicelular), a părților componente și interconectivitatea lor. Aceste informații sunt transpuse la scară arhitecturală prin reinterpretare ținând cont de posibilitățile materialului constructiv utilizat. Conturul formei arhitecturale finale nu face trimitere la forma diatomului ci mai curând spre imaginea unui cocon - simbol al adăpostului temporar.

Avantaje:

- Nivel ridicat de conceptualizare geometrică și nivel mediu de abstractizare;
- Ușurime în asocierea produsului final de arhitectură cu niște modele naturale general recunoscute, dar care nu reprezintă modelul natural de la care s-a inițiat studiul;
- Tipul acesta de morfoză este aplicabil atât în spațiul exterior cât și la nivelul spațiului interior.

Dezavantaje:

- Riscul de a se pierde informația inițială extrasă din principiile naturale prin geometrizare excesivă;

⁹³ <http://www.archdaily.com/135302/winnipeg-skating-shelters-patkau-architects>, accesat 4.07.2015

- Produsul arhitectural necesită adesea un sit generos ca suprafață și este de preferat ca, constrângerile locației să fie minime (raportarea la vecinătăți).

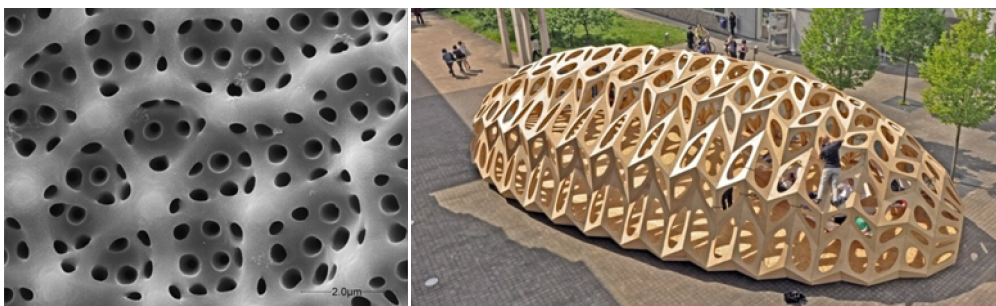


Fig. 3.17 Pavilionul Bowooss, arh. The School of Architecture at Saarland University, Saarbrücken, Germania, 2012, inspirat de structura anatomică a planctonului⁹⁴

3.3.4. Nivelul adaptabilității formale

În această situație modelul natural nu este studiat în întregime, ci doar o anumită parte componentă a sa, percepută la nivel macro sau micro. Mai mult, elementul extras spre studiu și dezvoltare în termeni arhitecturali funcționează ca un modul cu configurație fixă sau deformabilă într-o rețea care odată asamblată nu face trimitere la modelul natural din care s-a extras în primă fază obiectul de studiu.

Figura 3.18 ilustrează un exemplu de adaptabilitate formală realizat de Institutul de Design Computațional din Stuttgart care, în colaborare cu specialiști în domeniul biologiei au explorat posibilitățile carapacei gândacului în vederea realizării unei structuri de acoperire ușoară. Produsul final de arhitectură utilizează informațiile extrase din alcătuirea carapacei, dar ca și forma generală nu se face trimitere vizuală către modelul natural de la care s-a pornit studiul. Astfel, principiile și procesele naturale sunt cele care oferă informații la nivel tehnic pentru ca mai apoi sarcina de modelare să revină în totalitate asupra arhitectului.

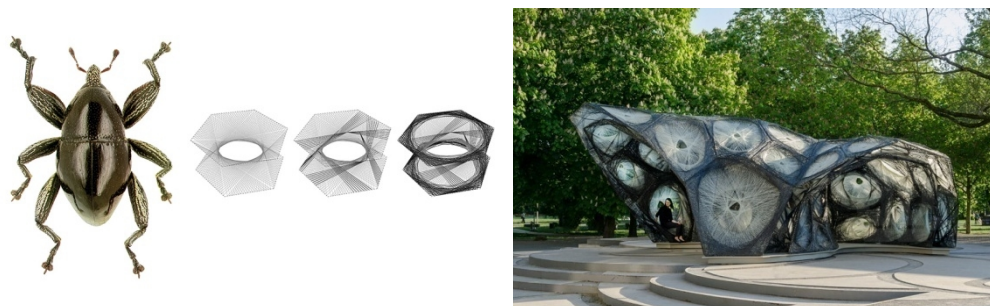


Fig. 3.18 Pavilion, ICD-ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Germania, 2013 inspirat de structura cochiliei cărăbușului⁹⁵

Avantaje:

⁹⁴ <http://architizer.com/blog/bowooss-pavilion-a-study-in-bionics/>, accesat 5.07.2015

⁹⁵ <http://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart>, accesat 6.07.2015

- Nivel ridicat de creativitate prin abstractizare;
- Adaptabilitate facilă la condițiile și constrângerile de amplasament;
- Flexibilitate formală ridicată;
- Un astfel de studiu formal poate conduce la generarea de noi materiale sau sisteme constructive;
- Forma arhitecturală reflectă funcțiunea.

Dezavantaje:

- Intervine discuția despre formă organică și formă liberă, dezbătută în capitolul anterior;
- Particularizarea fiecărui modul în parte presupune creșteri de cheltuieli de producție, a timpului de execuție sau nevoia de asistare robotizată în fabricare și punere în operă;
- Readuce în discuție subiectul autorului, având în vedere dependența de proiectarea asistată de calculator.

3.3.5. Nivelul dinamismului formal



Fig. 3.19 (a) Pisica de mare, imagine a modului de deplasare în mediul acvatic; (b) Meiso no Mori, arh. Toyo Ito, Gifu Prefecture Kakamigahara, Japonia, 2006⁹⁶

Elasticitatea structurilor specifice faunei conlucrează cu aspectele structurale de stabilitate și permanență a formelor. Cercetarea biomimetică a condus spre nevoia de înglobare a acestor caracteristici în mediul construit artificial. Astfel, se asistă la apariția unor construcții care fac uz de dinamismul natural al formelor faunei grație progresului tehnologic care a permis reala mobilitate a formelor arhitecturale.

Greg Lynn înțelege dinamica formelor ca o trecere de la spațiul pasiv guvernat de coordonate statice la spațiul activ al interacțiunilor prin vectorizare [81]. Studiul sistemelor de dinamică spațială ale organismelor vii, fie că este vorba de secvențialitatea de deplasare (exemplu Fig.3.19) fie că se analizează tipul de modificări morfologice ale anatomiei organismelor supuse anumitor stimuli (evoluție, creștere, sisteme defensive, respiratorii Fig.3.20) se va raporta la timp și spațiu.

Acest nivel de transformare implică dimensiunea temporală și existența unei pulsații ritmice continue. Dinamismul formal poate face referire astfel și la sistemele cinetice de anvelopare care sunt activate de acțiunea agenților externi în vederea optimizării răspunsului obiectului arhitectural în timp real la condițiile externe de existență.

⁹⁶ <http://openbuildings.com/buildings/meiso-no-mori-profile-2819>, accesat 6.07.2015



Fig. 3.20 Arhitectura responsivă- One Ocean, Pavilion tematic EXPO 2012, arh. Soma, Yeosu-si, Jeollanam-do, Coreea de Sud, 2012⁹⁷

Avantaje:

- Expresia formală dinamică face ca asocierea acestuia cu modelul natural să fie ușor de înțeles;
- Obținerea unor performanțe sporite ale clădirii în contact cu factorii externi;
- Percepția dinamismului formal poate induce senzația de arhitectură vie;
- Impact redus asupra mediului înconjurător prin folosirea sistemelor inteligente;

Dezavantaje:

- Costuri de implementare ridicate prin utilizarea tehnologiilor avansate;
- Mentenanța sistemelor de senzori și actuatori poate fi, pe termen lung, un impediment în opțiunea de a crea forme mobile arhitecturale
- Multipli parametrii de organizare și manipulare;
- În unele cazuri produsul de arhitectură, prin secvențializare, poate să ocupe suprafețe mari de teren, lucru care nu se justifică mereu.

3.4. Evaluarea demersului și a rezultatului

Evaluarea rezultatelor de biomimetică este crucială deoarece aplicarea tehnicii de construcție naturală nu echivalează cu construcția naturală [78]. Apare problema de impact asupra mediului înconjurător a intervenției umane atât pe perioada implementării cât și pe durata vieții construcției. În lipsa unui barometru al succesului unui proiect de arhitectură se apelează la diverse metode de evaluare bazate pe autoevaluare, feedback, impact în implementare și exploatare etc.

Eșecul transferului informațiilor extrase din modelele naturale survine din:

- dezinteres sau superficialitate în analiza modelului;
- cunoștințe limitate despre model care pot fi de natură personală sau inexistența documentației specifice în domeniile conexe;
- incapacitatea de identificare a principiilor abstracte;
- interpretare greșită a proceselor naturale.

În cartea sa "Innovation inspired by nature" Janine Benyus [82] identifică trei instanțe ale naturii: ca model, ca unitate de măsură și ca mentor. De-a lungul timpului natura a învățat ce funcționează, ce este potrivit și durabil. Prin urmare, măsurarea calității rezultatului biomimeticii arhitecturale este necesar a se realiza în

⁹⁷ <http://www.archdaily.com/236979/one-ocean-thematic-pavilion-expo-2012-soma>, accesat 6.07.2015

raport cu principiile vieții (capitolul 1) și cum au fost ele îndeplinite în cadrul obiectului de arhitectură.

Pe de altă parte, raportarea la aceste principii se va face în legătură cu aspecte precum anvelopă, materialul constructiv și condiții de mediu [83]:

- Anvelopa: sistemul de anvelopare al unei construcții reunește totalitatea componentelor care separă spațiul interior de cel exterior: sisteme de acoperire, închideri perimetrice și sisteme de fundare;
- Materialul constructiv: materialele de origine naturală, față de cele artificiale, încorporează o cantitate redusă de energie și toxicitate, necesită un nivel redus de prelucrare, iar impactul lor asupra mediului este neglijabil. Aceste proprietăți se impun a fi deziderate în crearea de produse sustenabile [84];
- Considerații ambientale: impactul unei clădiri asupra sănătății oamenilor și a mediului înconjurător nu este de neglijat, intervine deci nevoia de a încorpora în arhitectură principiile naturii.

Momentul evaluării este un alt aspect care trebuie discutat deoarece performanțele produsului de arhitectură nu sunt fixe de-a lungul timpului, ele tind să se modifice constant motiv pentru care se stabilesc trei etape de evaluare:

- Evaluarea procesului de transfer: demersul poate fi uneori anevoios;
- Evaluarea produsului finit: odată implementat proiectul se poate supune unei analize evaluative în funcție de aspectele menționate mai sus;
- Evaluarea periodică pe durata de exploatare: factorul timp își spune cuvântul asupra performanțelor sistemelor și materialelor, astfel se impune întreprinderea de evaluări periodice ale performanțelor.

În plus, procesul de măsurare și evaluare va avea în vedere potențialul rezultatului de a se dezvolta în continuare în scopul inovației. Arhitectura biomimetică, prin caracterul său experimental, are capacitatea de a declanșa abordări inovative, unde inovația echivalează cu noutatea, iar noutatea cu progresul generativ și tehnic. Sursele de inovație se pot extrage din acele zone care nu au reușit să rezolve anumite probleme, un motiv pentru ca acele minusuri să fie studiate mai cu atenție.

În concluzie, din punct de vedere calitativ, un produs al arhitecturii biomimeticii este considerat de succes dacă îndeplinește toate cele enunțate în cadrul acestui subcapitol în fiecare fază temporală de evaluare. Transferurile reușite sunt caracterizate de atenția concentrată în faza de cercetare și abstractizarea precisă aplicabilă în arhitectură.

3.5. Concluzii

Etapele de studiu enunțate și detaliate mai sus furnizează un cadru general de lucru, iar el nu garantează că produsul final va fi o abstractizare de succes a modelului natural. Aportul structurării procesului de creație constă în urmărirea unui șir de etape interconectate logic într-un demers coerent.

Procesul de selecție al modelului natural poate fi abordat cu oricare dintre cele două fluxuri de cercetare, unde fiecare situație are capacitatea de a stimula creativitatea arhitectului.

Examinarea modelului natural presupune investigarea atât perceptiv cât și analitic a informațiilor extrase din modelul natural. Modelul natural este considerat rezultatul efectului unor cauze. Pe de altă parte, apartenența la un anumit sistem natural face ca această înlănțuire liniară cauză-efect-răspuns să devină una ciclică în

care răspunsul oferit de forma naturală să redevină cauza pentru un alt efect și răspuns.

Selecția asociativă se concentrează pe identificarea fezabilității informațiilor extrase din modelul natural în translatarea lor în domeniul arhitecturii. Recomandarea autorului este de a se analiza fiecare sursă chiar dacă nu are relevanță directă cu proiectul pentru care se face studiul.

Transformarea este cea mai delicată fază deoarece este puternic influențată de capacitățile creatoare ale arhitectului. Abstractizarea elementelor naturale este un fenomen produs de forța imaginației și analiza formelor naturale nu poate decât să o stimuleze.

Contribuția autorului la tehnica de cercetare a modelelor naturale se regăsește în ideea de investigare ciclică și nu liniară, unde investigarea ciclică presupune relaționarea etapei de investigare cu cea de transfer într-un mod dinamic. Discursul dintre cele două este constant în scopul perfecționării rezultatului transferului prin căutarea aprofundată a tuturor proceselor care stau la baza configurației modelului natural.

Studiul de caz al exercițiului de Ecotectură ilustrează aplicabilitatea metodei teoretice de studiu al formelor naturale, problemele care țin de latura didactică cât și cele legate de demersul creativ al studenților. Recomandările de optimizare al procesului didactic au rolul de a spori eficiența demersului și implicit creșterea calității rezultatelor studenților. Cercetările viitoare în materie de didactică vor trebui să aiba în vedere toate cele enunțate mai sus.

Valorificarea modelelor naturale, așa cum a fost expusă în acest capitol poate avea diverse valențe. Categoriile reliefate sunt rezultate din analiza gradului de abstractizare formală atins de fiecare caz în parte. Măsurarea și evaluarea rezultatelor este un proces dificil datorită sumei de criterii de care se ține cont. Reușita totală a transferului este un deziderat greu de atins și mai mult, consider că performanța este cea care dă verdictul succesului unui proiect.

În concluzie, se recomandă ca cercetările viitoare pe partea de investigare să reunească domeniile conexe (biologia, chimia, fizica, etc.) bionicii arhitecturale pentru ca procesele naturale să poată fi justificate multidisciplinar. Întrepătrunderea diferitelor domenii de studiu este un fenomen firesc în care toate părțile au de câștigat în sensul inovației.

Contribuțiile autorului în prezentul capitol sunt:

- Dezvoltarea principiului de bottom-up prin trasarea unor etape ale procesului de translatare a formelor organice naturale în arhitectură;
- Studiul de caz al exercițiului Ecotectura are scopul de a evidenția fezabilitatea etapelor de transformare propuse;
- Stabilirea unor optimizări ale procesului didactic pentru creșterea performanțelor în rândul studenților arhitecți în demersul valorificării formale a formelor organice naturale;
- Structurarea gradelor de valorificare formală prin enunțarea nivelurilor la care acestea pot fi obținute;
- Fixarea unor metode de evaluare a rezultatelor de arhitectură biomimetică atât în didactică arhitecturală cât și în practica profesională.

4. POROZITATEA ÎN ARHITECTURĂ

OBIECTIVE

- Trasarea unui cadru teoretic pentru conceptul de "porozitate arhitecturală";
- Identificarea tipologiilor de porozități care apar în arhitectură raportate la formele organice naturale;
- Stabilirea modurilor de obținere a porozității arhitecturale;
- Evidențierea influenței porozității asupra calităților spațiilor interioare.

În primul capitol al tezei am stabilit care sunt categoriile formale de studiu din regnul animal, principiile de design care guvernează formele naturale pentru ca mai apoi să se identifice însușirile structurilor faunei, explicația pentru apariția acestora în raport cu funcțiunea lor în cadrul organismului și al interacțiunii lor cu contextul în care trăiește. Interesul pentru proprietățile lumii organice se explică prin faptul că ele fac din structurile organice un exemplu de perfecțiune a relației dintre formă și funcție. Pentru ca delimitarea cadrului de studiu să fie cât mai clară și pentru a evita un caracter general al cercetării, am decis detalierea proprietății de porozitate, deoarece permeabilitatea structurilor organice vine în întâmpinarea multiplelor funcții pe care acestea trebuie să le îndeplinească pentru a-și asigura existența, iar sistemele poroase înfățișează structurări spațiale diverse de la specie la specie.

Pe de altă parte, prin studiul istoric al arhitecturii organice din capitolul doi s-au evidențiat modurile prin care modelele naturale au reprezentat sursa de inspirație în creația arhitecturală de-a lungul timpului. Concluziile la care s-a ajuns sunt: partea teoretică a arhitecturii biomimetice necesită contribuții constante datorită caracterului general pe care îl are, iar practica de arhitectură contemporană, datorită progresului tehnic și tehnologic, își îndreaptă tot mai mult atenția către structurile naturii în scopul creșterii performanțelor produselor de arhitectură. Astfel, se validează fezabilitatea dezvoltării unui discurs teoretic bazat pe un detaliu al naturii organice, dar care, prin specificitatea sa, poate fi valorificat în termeni arhitecturali.

În capitolul anterior am stabilit care sunt tipurile de valorificări ale formelor naturale organice din perspectiva formală. Dintre cele 5 niveluri detaliate, consider că nivelul adaptabilității formale merită dezvoltat datorită faptului că el presupune cel mai complex proces de translatare a formelor naturale în forme arhitecturale. Adaptabilitatea formală prezintă interes pentru dezvoltare deoarece reunește principiile și proprietățile întâlnite în regnul faunei, iar modul de interpretare al acestora rămâne la latitudinea arhitectului. Astfel, accentul cade pe capacitatea creativă și de abstractizare a arhitectului. Chiar dacă rezultatul final al demersului creator în multe cazuri nu va face trimitere directă către modelul de la care s-a pornit, utilizarea principiilor și a proprietăților modelelor naturale pot conduce către

un obiect de arhitectură catalogat organic prin prisma logicii constructive folosite și al performanțelor sale.

Datele teoretice stipulate până în acest moment reprezintă bază pentru dezvoltarea unui discurs arhitectural pornind de la proprietatea de porozitate. Porozitatea devine astfel concept arhitectural cu posibilități nelimitate de exprimare, iar pentru ca procesul decizional să fie cât mai rapid propun ca exploatarea conceptului să se facă pornind de la studiul funcțional, compozițional și al mijloacelor de generare a porozității arhitecturale.

4.1. Porozitatea în arhitectură

Conceptul de "porozitate" așa cum îl descrie Steven Holl [85] apare odată cu ipoteza permeabilității, iar exploatarea acestui concept generează o anume morfologie poroasă care acționează la diferite componente ale unei clădiri [86].

Cercetarea raportului între plin și gol sub denumirea de "porozitate" până în prezent s-a concretizat prin piese izolate de arhitectură, workshopuri axate îndeosebi pe promovarea modelării algoritmice sau o serie de obiecte experimentale. Literatura de specialitate cuprinde informații disparate despre acest concept, el mai mult fiind prezentat sub forma studiilor de caz (spre exemplu cercetarea lui Zubin Khabazi se axează pe studiul dispunerii porozității în radiolarii [87]), fără a exista un anume cadru teoretic. Chiar și așa, valoarea studiilor de caz existente cu inspirație naturală este neprețuită, ele contribuind la inovația în arhitectură prin caracterul lor experimental.

Studiul porozității naturale are relevanță în domeniul arhitecturii datorită bogăției formale prin care ni se înfățișează, a caracteristicilor morfologice și funcționale pe care le prezintă, iar faptul că produsele de arhitectură sunt la fel de strâns legate de contextul în care se află, se accentuează necesitatea de a interacționa într-un mod firesc cu acesta. Așadar, cum porozitatea naturală este sistemul prin care organismele naturii comunică cu mediul înconjurător extern și face posibilă homeostaza, cea arhitecturală va încerca să rezolve și să dezvolte capacitatea clădirilor de a da răspunsuri optime contextului în care sunt amplasate. Se poate discuta astfel despre o homeostază arhitecturală.

Prin raportarea la modelele naturale cu porozitățile specifice pot rezulta câteva motive care stau la baza selecției conceptului porozității ca direcție de studiu în domeniul arhitecturii, și anume:

- Ajustarea optimă a raportului plin-gol cu referire la funcționalitate;
- Porozitatea interpretată ca mijloc de comunicare între spațiul interior și exterior;
- Aplicativitatea ei în sensul optimizării distribuției în masă a materialului constructiv;
- Diferitele moduri de manifestare formală prin care se poate exprima;

Raportul plin/gol sau forma/fond nu este un subiect nou, el fiind dezbătut de F.Ching din punct de vedere perceptiv și al efectelor care se pot obține fluctuând valorile acestuia [88]. Porozitatea, prin definiție, reunește ambele entități de formă și fond și astfel, dezvoltarea acestui concept în limbaj arhitectural poate conduce la obținerea unor efecte perceptiv spectaculoase. Un raport egal între masă construită și spațiul gol va oferi privitorului șansa de a percepe ambele componente simultan, permițându-i acestuia să oscileze cu ușurință între percepția masei și a spațiului liber. În acest caz, dualitatea de formă/fond capătă ambiguitate prin imposibilitatea definirii care este forma și care este fondul. Pe de altă parte, în cazul în care acest

98 4. Porozitatea în arhitectură

raport nu este egal, observatorul va putea caracteriza obiectul de arhitectură prin masivitate sau structuralitate scheletală⁹⁸.

Limita dintre spațiul interior și exterior, în cazul porozității, devine o a treia componentă care mediază dialogul dintre cele două entități, denumit de S. Vamvakidis "prag" [89]. Porozitatea, ca terță entitate, deține funcția de a asigura comunicarea dintre interior și exterior și care se caracterizează printr-o anumite permeabilitate. Astfel, studiul limitei și a gradelor sale de permeabilitate devine o temă de studiu prin simplul fapt că ea poate să facă referire atât la suprafețe bidimensionale cât și tridimensionale. În acest caz, porozitatea se va regăsi la nivelul masei volumetrică (Fig.4.1.), anvelopei, structurii sau materialului constructiv.



Fig. 4.1 Conceptul de porozitate exprimat în manieră organică (a) Metropolitan opera house - arh. Toyo Ito, Taichung, Taiwan, 2014⁹⁹; (b) Gole Yach - arh. Kelvan Architecture Group, Shemshak, Teheran, 2008¹⁰⁰

În regnul animal, materialul constructiv se referă la cel întâlnit în structurile anatomice ale viețuitoarelor și la structurile constructive. Numitorul comun al ambelor instanțe este utilizarea rațională a materialului care survine din dozarea optimă de material constructiv în funcție de necesitățile structurale, formale sau a condițiilor de mediu. Prin creșterea sau scăderea porozității suprafețelor sau a volumelor se pot ajusta performanțele clădirii în ceea ce privește comportamentul structural sau al celor legate de transfer termic, iluminat, ventilație etc.

Apariția porozităților în natură este răspunsul organismelor la diferite fenomene precum cele de creștere, de vindecare și de reparație, iar configurația sistemului permeabilității se va organiza în moduri inedite. Complexitatea sistemului rezultat în urma acestor procese, din punct de vedere formal, se definește prin geometrii variate care pot fi sursă de inspirație în arhitectură. Rețele geometrice uniforme sau neuniforme cu orificii regulate sau neregulate aplicate pe întreaga masă a organismului sau doar în anumite zone, toate conduc la interpretări formale arhitecturale cu potențial inovativ. Așa cum am specificat la începutul acestui capitol, valorificarea formelor organice naturale în arhitectură țintește către nivelul adaptabilității formale ceea ce presupune transpunerea conceptului de porozitate arhitecturală nu doar în forme curbilinii ci și în obiecte de arhitectură organizate în sistem cartezian (Fig. 4.2). Prin urmare, organicitatea formei arhitecturale va fi

⁹⁸ Masivitatea este definită de raportul plin/gol favorabil plinului, iar aspectul scheletal va presupune.

⁹⁹ <http://aasarchitecture.com/2014/08/taichung-metropolitan-opera-house-toyo-ito.html>
[/taichung-metropolitan-opera-house-by-toyo-ito-04](http://taichung-metropolitan-opera-house-by-toyo-ito-04), accesat 10.07.2015

¹⁰⁰ <http://arcrealestate.ir/residential/item/87>, accesat 10.07.2015

dobândită prin inserarea principiilor de design specifice naturii, dar aplicate într-un mod creativ.



Fig. 4.2 Porozitatea în sistem cartezian (a) Simmons Hall - arh. Steven Holl, Cambridge, USA, 2002¹⁰¹ ; (b) Experimente în cadrul exercitiului Opening the Tower care explorează diferite aspecte ale porozității ¹⁰² [90]

4.2. Principiile de organizare compozițională a porozității arhitecturale

Formele organice naturale prezintă diferite grade de permeabilitate în structura lor sau a formelor lor constructive. Uniformitatea perforațiilor sau gradientul acestora apare din cauza interacțiunii cu contextul în care trăiesc. Permeabilitatea sau gradul de porozitate va tinde către o anumită uniformitate dacă acțiunea agenților externi este redusă sau constantă, o caracteristică întâlnită în special în cazul animalelor marine, în timp ce porozitatea diferențiată caracterizează structurile faunei că sunt expuse la o gamă mai variată de factori climatici, trăsătura regăsită la viețuitoarele terestre.

La fel ca în natură, formele arhitecturale reprezintă și ele un răspuns la un context, un context în care prezența factorilor de mediu nu este exclusă. Mai mult, intervine și factorul social care solicită rezolvarea anumitor nevoi în exploatare: iluminat natural optim, ventilare optimă a spațiilor în care își desfășoară activitatea ocupanții și alte aspecte legate de confort. Porozitatea formelor arhitecturale, ca prag între mediul intern și cel extern, încearcă să echilibreze și să crească calitatea spațiilor arhitecturale.

Din punct de vedere compozițional, porozitatea arhitecturală se studiază în funcție de relațiile care se stabilesc între elementele pline și cele goale, formă și fond, unde forma este privită ca element care desemnează configurația golului, iar masa reprezintă fondul. Astfel, distribuția în suprafață sau volum a golului este cea care dictează compoziția porozității formei arhitecturale. Studiul compozițional al porozității pleacă de la modul de relaționare al formei cu regula de organizare în spațiu a acesteia, spațiu care poate fi atât bidimensional cât și tridimensional. Binomul formă-regulă va da naștere unor compoziții poroase care vor fi caracterizate prin uniformitate sau neuniformitate, în funcție de legile care guvernează structurarea celor două. În cele ce urmează, pentru analiza

¹⁰¹ <https://bbaarchdesign.wikispaces.com/Unit+One>, accesat 30.06.2015

¹⁰² Chiar dacă tema exercițiului nu stipula direct prezența conceptului de porozitate, studiul variat al raportului plin gol va face trimitere directă către permeabilitatea propunerilor

compoziționala a porozității voi lua în considerare pentru definiția configurației golului, forma geometrică de cerc care se va raporta la diferite moduri de compunere în suprafețe. Precizez că forma golului poate avea orice configurație geometrică, dar pentru ilustrarea tipurilor de compoziție am considerat că forma de cerc este cea care transmite cel mai clar ideea. Regula sau legea compozițională este analizată prin diferite tipuri de grile care la rândul lor au caracteristici variate. Richard Scherr dezbatte extensiv conceptul de grilă în arhitectură din perspectiva tipologică, a funcției grilei, dar și din cea a procesului de generare formală [91], metode de care compoziția porozității va ține cont.

Porozitatea mixtă va lua naștere prin jonglarea relației dintre grilă și formă, obținându-se efecte diverse care totuși pot fi împărțite în două tipuri de abordări:

- Cazul în care o zonă este tratată uniform sau neuniform și apoi repetată identic după o anumită regulă compozițională repetitivă. În această situație zona din suprafață devine modul cu care se dezvoltă compoziția în câmp;
- Cazul în care o zonă este tratată uniform sau neuniform și apoi repetată identic sau alterat după o regulă compozițională care se bazează pe progresii. Regula progresivă a compoziției va presupune operații de scalări sau deformări care vor afecta fie doar o componentă a zonei -modulul, sau întreaga zonă.

De remarcat este faptul în primul caz rezultatul final va fi perceput ca o porozitate uniformă, iar cel de-a doilea caz va răspunde printr-o porozitate neuniformă. În schimb, ambele situații vor avea la bază reguli clare de compoziție și se va evita o dispunere aleatoare în suprafață din simplul motiv că studiul a pornit de la modelele naturale care se dezvoltă după reguli clare.

4.2.1. Compoziție uniformă

Porozitatea uniformă se identifică atunci când raportul între plin și gol este unul constant pe toată suprafața, indiferent de componenta constructivă la care facem referire. Structurarea uniformă a compoziției implică o formă a golului, constantă care populează o suprafață după o grilă cu pas egal (Fig. 4.3.a). Rezultatul obținut este un sistem de tip "uniform-uniform" generat de distribuția egală în suprafața a formei constante. Prin tridimensionalizarea compoziției (Fig 4.4) se observă generarea unei structuri cu o porozitate constantă și uniformă în toată masa.

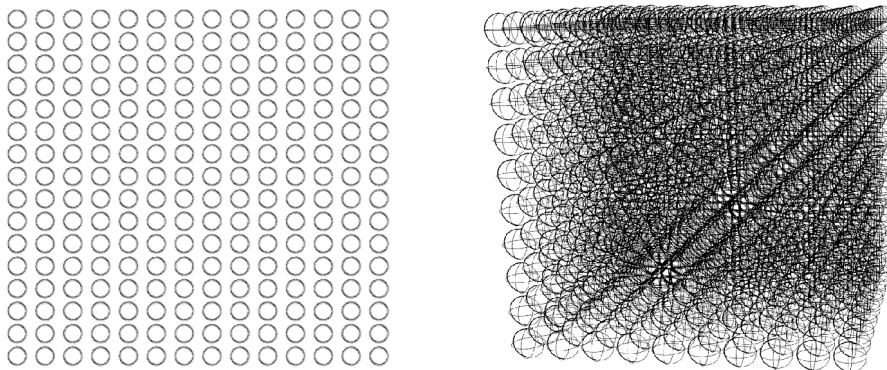


Fig. 4.3 (a) Uniform - uniform bidimensional (algoritm Anexa 1); (b) uniform - uniform tridimensional (contribuție personală)

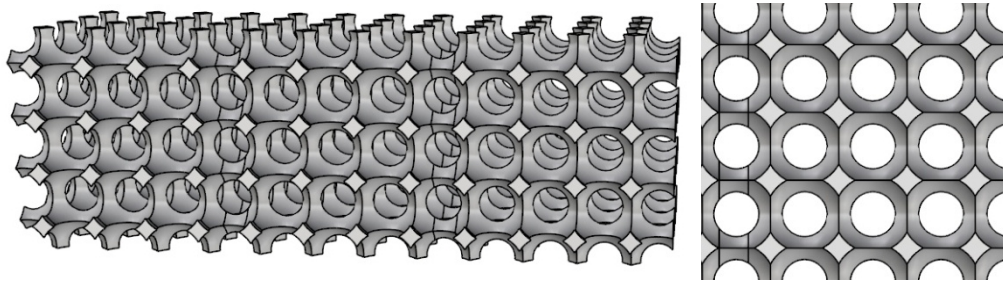


Fig. 4.4 Sistemul "uniform-uniform" tridimensional volumetric (contribuție personală)

Acest tip de porozitate apare la organismele marine în mare parte datorită expunerii scăzute la factorii de mediu, asupra lor acționând doar forțele subacvatice specifice (curenți, temperatură, presiune). (Fig 4.5.)

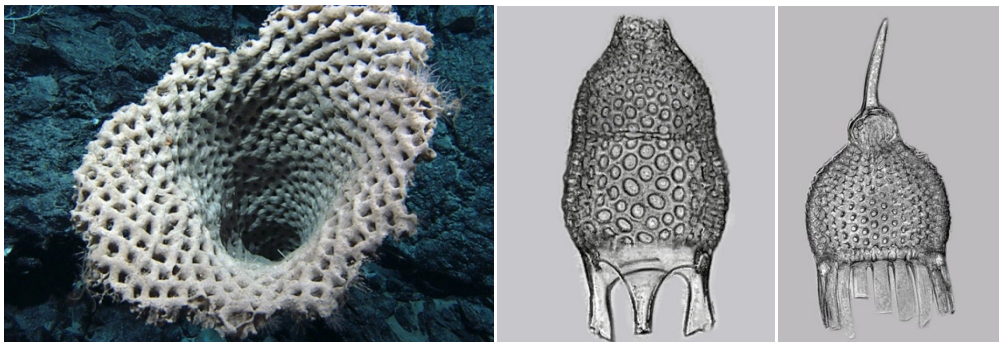


Fig. 4.5 (a) Burete de mare; (b) Radiolari cu structură scheletală uniform poroasă¹⁰³



Fig. 4.6 (a) Clădire de birouri - arh. RKW & HEMPRICH TOPHOF, Berlin, Germania, 2011¹⁰⁴, (b) Biblioteca Națională a Regelui Fahad - arh. Gerber, Riyadh, Arabia Saudita, 2013¹⁰⁵; (c) Urban Hive - arh. Archium, Seoul, Coreea de Sud, 2008¹⁰⁶

¹⁰³ <http://www.pirx.com/droplet/gallery/thyrsocyrtis.html>, accesat 13.06.2015

¹⁰⁴ <http://www.klomfar.com/archive/archiv/project/office-building-mk3.html>, accesat 13.06.2015

¹⁰⁵ <http://www.archdaily.com/469088/king-fahad-national-library-gerber-architekten>, accesat 13.06.2015

¹⁰⁶ <http://www.archdaily.com/498056/urban-hive-archium>, accesat 14.06.2015

În arhitectură, porozitatea uniformă se obține prin modularizare, unde asupra unui modul se stabilesc performanțele care trebuie să le atingă la nivel celular. Înserierea mai multor astfel de module va genera suprafețe anvelopante a căror dinamică rezultă din morfologia volumetrică a modulului. De menționat este faptul că în funcție de natura volumetrică a modulului, se pot genera atât suprafețe plane de anvelopare cât și tridimensionale (Fig. 4.6). Modularitatea unor structuri întâlnite în fauna direcționează analiza acestora către studiul unui singure unități celulare și a proprietăților acesteia atât morfologice cât și funcționale.

Pe de altă parte, exemple precum radiolarii, prin simplitatea lor structurală, pot fi percepuți ca modele de module care ulterior vor deveni unități într-o suprafață.

Avantaje:

- Procesul de proiectare se pornește de la detaliu către ansamblu, iar detaliul va putea fi adaptat și în cazul altor proiecte;
- Procesul de implementare devine mai ușor prin prisma fabricației și al asamblării, iar costurile de producție sunt diminuate substanțial;
- Ambianța interioară cu parametrii constanți de confort, unde acest tip de porozitate se va aplica în special la funcțiunile de clădiri de birouri, spații muzeale, de prestări servicii etc. sau oriunde se dorește acest tip de dialog între interior și exterior;

Dezavantaje:

- Relaționare scăzută cu condițiile de mediu sau orientare către punctele cardinale;
- Posibilitatea de generare a suprafețelor tridimensionale sunt limitate de către configurația modulului;

4.2.2. Compoziție neuniformă



Fig. 4.7 Cochilia ariciului de mare vazuta la microscopul electronic cu scanare¹⁰⁷

Porozitatea neuniformă se întâlnește în mare parte la structura anatomică ale modelelelor naturale. Lipsa uniformității porozității are la baza varii motive: creșterea, răspunsul la factorii climatici care variază ca prezență și intensitate, nevoi structurale, fenomene de vindecare, etc. Se poate discuta deci despre un gradient al transparenței [92] uneori mai pronunțat, alteori de-abia sesizabil.

Imaginea cochiliei ariciului de mare obținută cu microscopul electronic cu scanare (Fig. 4.7) este unul dintre cele mai grăitoare exemple de gradient de porozitate. Se pot identifica o serie de nivele de porozitate, fiecare cu regula ei, dar

¹⁰⁷ http://echinoblog.blogspot.ro/2013_07_01_archive.html, accesat 14.06.2015

conectată la celelalte. Trecerea de la o configurație la cealaltă se realizează articulat prin terțe configurații poroase. Prin variația rețelelor de porozități rezultă o structură anvelopantă extrem de vibrată.

În arhitectură, opțiunea gradientului de perforații apare când anelopa își propune să dobândească un grad sporit de performanță la interacțiunea cu stimulii externi sau din anumite considerente estetice. Relația dintre interior și exterior este una incertă având în vedere fluctuația permeabilității. În acest caz nu se mai poate discuta despre existența unui modul standard ci din contră, fiecare perforație are propria sa regulă, dar mereu influențată de întreg. În ceea ce privește procesul tehnologic de fabricație și asamblare, specificitatea fiecărei zone ale suprafeței implică o prelucrare separată cu parametrii diferiți, iar timpii de asamblare pot crește substanțial față de cazul suprafețelor uniform perforate.

Pentru a înțelege mai bine variațiile ce pot rezulta în cadrul compozițiilor neuniforme, propun o analiză raportată la relația formă-fond, la fel cum am procedat și în cazul compoziției uniforme. Prin urmare, se pot stabili 3 tipuri de structuri compoziționale:

- Sistem uniform-neuniform;
- Sistem neuniform-uniform;
- Sistem neuniform-neuniform.

4.2.2.1. Sistemul uniform - neuniform

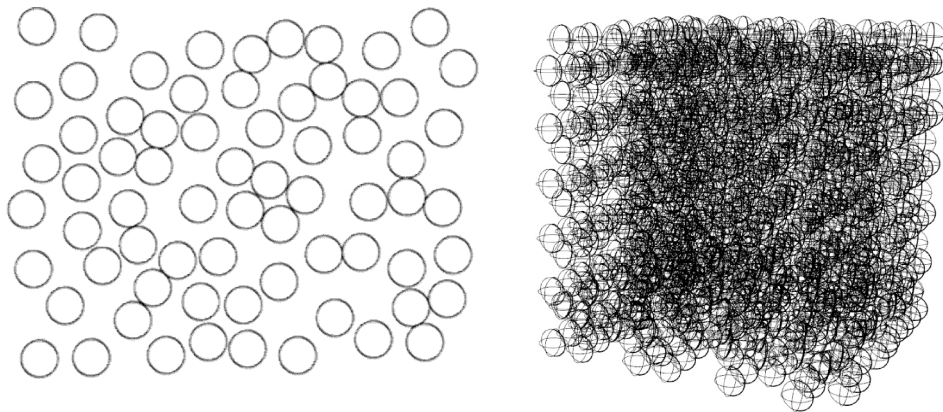


Fig. 4.8 (a) Sistemul uniform-neuniform bidimensional (algoritm Anexa 2); (b) uniform - neuniform tridimensional (contribuție personală)

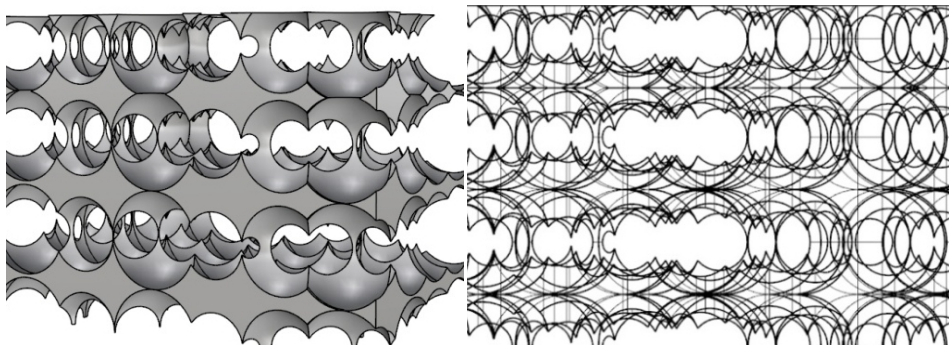


Fig. 4.9 Sistemul "uniform-neuniform" tridimensional volumetric (contribuție personală)

Sistemul uniform-neuniform se traduce prin prezența unei singure forme care desemnează configurația golului, în timp ce regula de dispunere în spațiu este cea care va conține variații de la ritmuri compuse ale grilei până la cele lipsite de repetitivitate. (Fig.4.8)

Operația de extragere a formei golului dintr-o masă existentă va genera o porozitate variabilă (Fig. 4.9) a volumului dat, chiar dacă modulul de bază este unul constant.

Avantajul principal al acestui tip de operare constă în faptul că forma cu care se operează rămâne neschimbată în cadrul compoziției ceea ce înseamnă că procesul de modelare a porozității devine mai ușor de controlat. Pe de altă parte, gama infinită de variante pentru regulă de organizare spațială a modulelor este cea care poate încetini demersul creativ prin blocaje la scăderea puterii decizionale, iar identificarea soluției optime pentru regula de dispunere va presupune o raportare constantă la funcțiile pe care porozitatea arhitecturală trebuie să le îndeplinească, asemeni modelelor naturale.

4.2.2.2. Sistemul neuniform-uniform

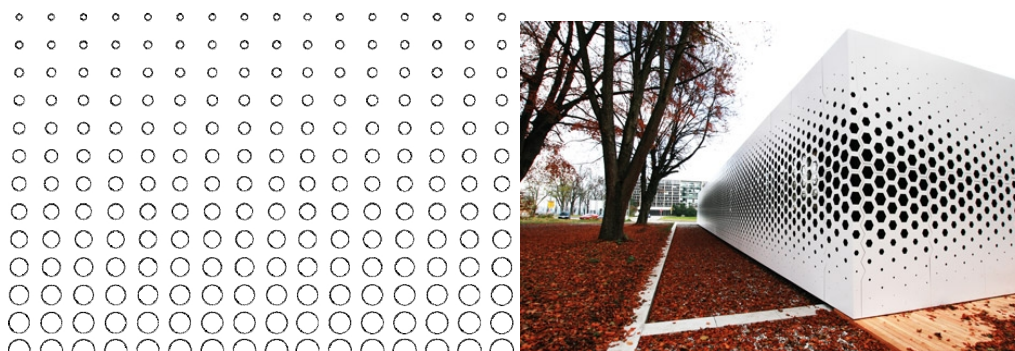


Fig. 4.10 (a) Sistemul neuniform-uniform - compoziție bidimensională (algoritm Anexa 3); (b) Campus Netzwerk Office - arh. Format Elf Architekten, Töging am Inn, Germania¹⁰⁸

Porozitatea în sistem neuniform-uniform presupune schimbarea morfologică a formei golului, însă modul de organizare compozițională rămâne tributar unui sistem regulat și ușor recognoscibil (Fig. 4.10). Pornind de la această regulă vor lua naștere compoziții de porozități a căror regulă va putea fi percepută chiar dacă forma golului se schimbă în suprafață.

În schițele de mai jos (Fig. 4.11) se poate observa cum gradientul de porozitate poate fi configurat și ajustat în funcție de prezența unui stimul (punct, linie, suprafață). Suprafața pe care se realizează studiul are un grad de complexitate redus, tocmai în ideea de a ilustra principiul porozității neuniforme. Cei trei stimuli geometrici primari sunt asociați cu elemente concrete care pot exista într-un context:

- punctul ca soare;
- linia ca o cornișă, colțuri existente în context;
- suprafețele ca pereți existenți în context la care construcția propusă trebuie să se raporteze;

¹⁰⁸ <http://www.dezeen.com/2014/08/29/campus-netzwerk-office-format-elf-architekten-perforated-aluminium/>, accesat 15.06.2015

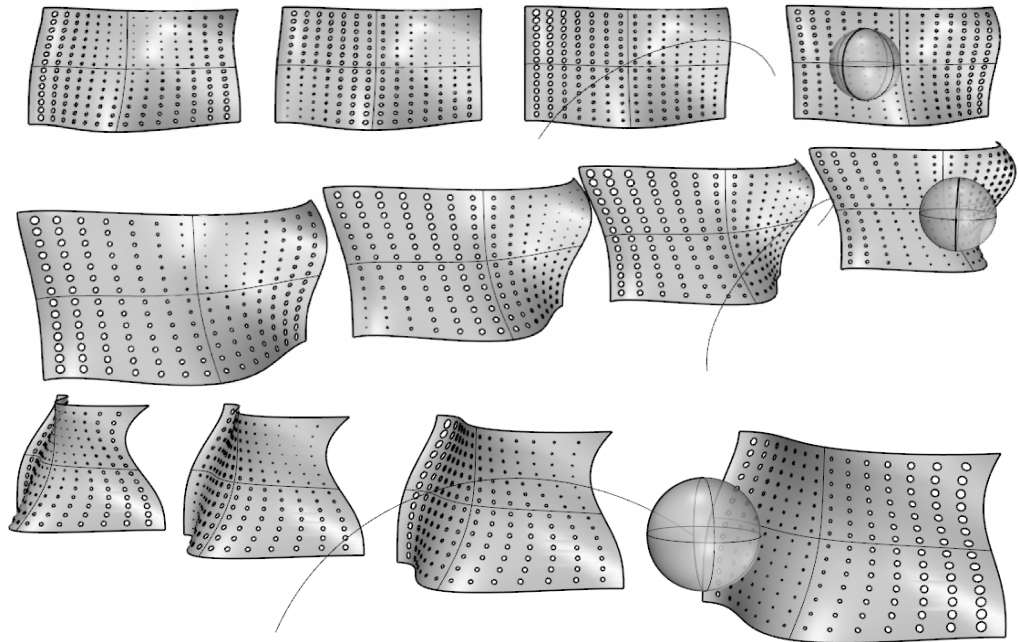


Fig. 4.11 Sisteme neuniform-neuniform pe o suprafață cu multiple curburi (a) Suprafață perforată cu un stimul (punct); (b) cu doi stimuli (2 puncte); (c) cu o direcție (dreaptă); (e) cu un volum; (contribuție personală)

4.2.2.3. Sistemul neuniform- neuniform

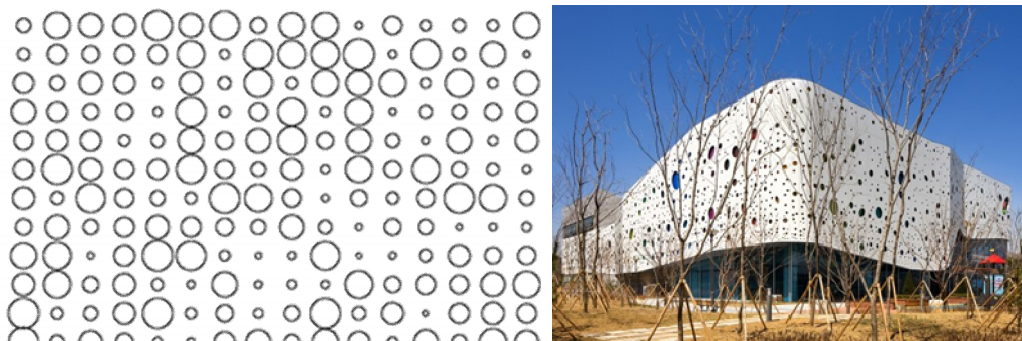


Fig. 4.12 (a) Sistemul neuniform - neuniform (algoritm Anexa 4); Anvelopa cu porozitate neuniforma, Muzeul Științei pentru copii - arh. HAEAHN Architecture, Yooshin Architects & Engineers, Seongwoo Engineering & Architects, Incheon, Coreea de Sud, 2011¹⁰⁹

Sistemul compozițional neuniform - neuniform este cel mai frecvent întâlnit tip de porozitate în lumea naturală organică datorită proceselor care au loc în interiorul organismelor combinate cu acțiunea deformatoare a agenților externi. În

¹⁰⁹ <http://www.archdaily.com/560579/incheon-children-science-museum-haeahn-architecture-yooshin-architects-and-engineers-seongwoo-engineering-and-architects>, accesat 15.06.2015

arhitectură, compozițiile ce sunt definite prin forme neregulate ale golurilor organizate în rețele cu regulă de compunere diferite, dar interconectate, vor conduce spre obiecte arhitecturale puternic individualizate, cu suprafețe anvelopante vibrante (Fig. 4.13).

Dezavantajul acestor tipuri de sisteme poroase se regăsește la etapa de punere în operă din cauza unicității fiecărei componente, un efort care trebuie justificat rațional. În acest caz, gestul arhitectural este pus la îndoială dacă produsul de arhitectură va putea fi catalogat drept organic în condițiile în care principiul utilizării raționale a resurselor în natură vie nu mai este valorificat.

4.3. Operații de generare a porozității în arhitectură

În cele de mai sus am dezbătut conceptul de porozitate din perspectiva compozițională, dar uniformitatea sau neuniformitatea sistemelor poroase poate fi detaliată mai departe în funcție de metodele prin care se obține porozitatea în domeniul arhitecturii. Raportarea constantă la exemplele faunei este un imperativ în acest caz deoarece ele înfățișează privitorului metode inedite prin care structurile lor capătă proprietatea de porozitate.

Așa cum în natură animalele uzează de tehnici specifice de configurare a adăposturilor sau de procesare a materialului constructiv în scopul obținerii unui nivel de permeabilitate specific, la fel și în arhitectură dobândirea unei anume porozități implică o serie de operații de transformări morfologice precum: tăieri, expandări, excavări, decupaje, etc. făcând referire la tehnicile dezbătute deja în capitolul unu al tezei.

Tehnicile substructive sau aditive specifice naturii organice își vor găsi corespondent în metodele arhitecturale de modelare a formei și rezolvare a sistemelor constructive.

4.3.1. Tehnici substructive

Tehnicile substructive, în funcție de natura materialului constructiv, se împart în două categorii: tăieri și excavări, iar fiecare dintre acestea se împart la rândul lor în alte două tipuri, rezultând 4 tipuri de operații substructive: tăieri parțiale sau decupaje, excavări supraterane sau subterane. Cele două clase majore de operații substructive (tăierea și excavarea) sunt condiționate de natura materialului constructiv care, pentru primul caz se va caracteriza prin planeitate, iar în cel de-al doilea de grosime considerabilă. Astfel, profunzimea tăierii este cea care dă tonul tipologiilor substructurilor.

4.3.1.1. Tăieri parțiale

Tăierea este un procedeu de procesare al materialului de construcție adesea întâlnit în natură. Viețuitoarele care apelează la această metodă sunt cele care nu au posibilitatea de a secretă materialul constructiv pentru adăposturi și prin urmare materia primă este procurată din mediul incojurator. Pe de altă parte, există animale a căror structură anatomică prezintă în anumite zone tăieturi care au fie funcții respiratorii - branhiile, fie funcții corelate cu sistemul de mobilitate și flexibilitate (Fig. 4.13).



Fig. 4.13 Tăieri parțiale în regnul animal (a) carapacea de armadillo; (b) branhiile de rechin; (c) branhiile de piscă de mare

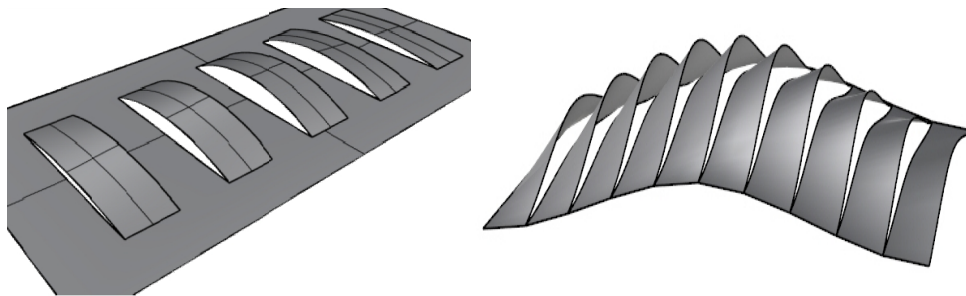


Fig. 4.14 Tăieri parțiale (contribuție personală algoritmului Anexa 5)

Aplicarea tehnicii tăierii parțiale/secvențiale în arhitectură (Fig. 4.14) va avea rolul de a facilita pătrunderea luminii în spațiul interior, de expandare a unor suprafețe anvelopante sau partiționare, vor crea o anumită dinamică a plasticii arhitecturale prin tridimensionalizare și creșterea senzației de profunzime (Fig. 4.15).

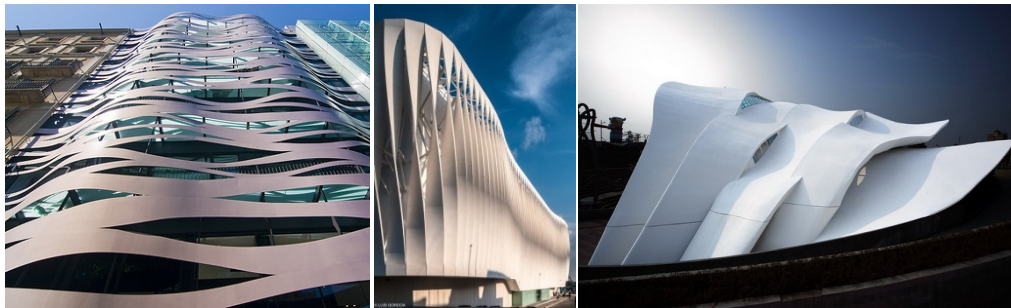


Fig. 4.15 Exemple de porozități ale anvelopei clădirilor prin tehnica tăierii parțiale: (a) Clădire de apartamente - arh. Toyo Ito, Barcelona, Spania, 2009¹¹⁰; (b) Fațada Liverpool - arh. Iñaki Echeverría, Villahermosa, Tabasco, Mexico, 2012¹¹¹; (c) Teatru - arh. Makoto Sei Watanabe, Taichung, Taiwan, 2009¹¹²

¹¹⁰ <http://famosos.arquitectos.com/toyo-ito-2/>, accesat iunie 2015

¹¹¹ <http://www.archdaily.com/261204/liverpool-villahermosa-inaki-echeverria>, accesat 15.06.2015

¹¹² http://www.makoto-architect.com/RIBBONSHPset090512_1/RIBBONS_e_090802_1.html, accesat 15.06.2015

Așa cum se poate observa în exemplele de mai sus lungimea tăieturilor și a dispunerii lor în suprafața poate fi uniformă sau neuniformă, cu orientare verticală sau orizontală.

4.3.1.2. Tăieri totale (decupaje)

În regnul animal, decupajele sunt aplicate materialelor vegetale fie în scopul procesării acestora ca material constructiv, fie sunt rezultatul procesului de hrănire (Fig.4.16). De exemplu, insectele vor crea decupaje perimetrice sau în suprafața frunzelor, dar și mai interesant este faptul că aceste tăieturi se realizează după un contur circular ceea ce oferă informații despre cunoștințele spațiale ale insectelor.



Fig. 4.16 Tipuri de decupaje produse de insecte

Porozitatea rezultată prin aplicarea de decupaje presupune existența unei suprafețe asupra căreia se operează cu tăieturi după contururi închise (Fig. 4.17). Pentru ca rezultatul final să illustreze conceptul de porozitate imperativul este ca procentul de suprafață plină să fie mai mare decât cel al decupajelor. Acest tip de porozitate se întâlnește cel mai des la nivelul anvelopei sau la elemente de partiționare interioară.

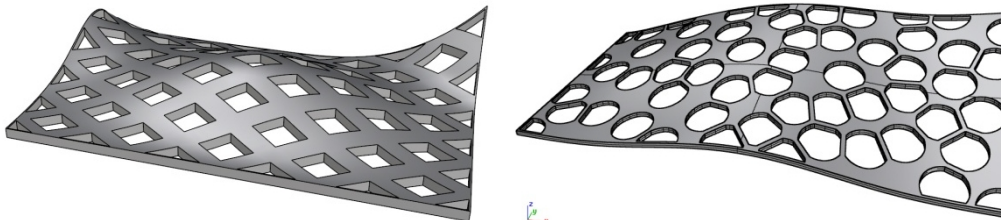


Fig. 4.17 Tăieturi totale în suprafață (contribuție personală algoritm Anexa 6)

Apariția decupajelor are la baza varii motive: funcționale (iluminat, ventilație, circulații, etc.), estetice, articulări formale, simbolistice.

În exemplele prezentate în Fig.4.18 se observă cum decupajul se realizează după anumite reguli compoziționale prin eliminarea unor module sau serii de module din rețeaua compozițională a suprafeței anvelopante sau de acoperire, iar în lipsa unei modularizări, forma decupajului este una la libera alegere a arhitectului.

Porozitatea suprafețelor asupra cărora s-a acționat cu tăieturi totale este cel mai ușor de perceput datorită contururilor închise ale golurilor atât de asemănătoare cu exemplele naturale.



Fig. 4.18 Exemple de tăieturi totale (a) Gradina Zoologica - arh. Markus Schietsch Architekten, Zurich, Elvetia, 2014¹¹³; (b) Blob - arh. Massimiliano Fuksas, Eindhoven, Olanda, 2010¹¹⁴ (c) Mikimoto - arh. Toyo Ito, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 2005¹¹⁵

4.3.1.3. Excavare supraterană

Substracțiile, în cazul porozității, presupun excavarea unei anume cantități dintr-un volum maxim, unde volumul maxim poate face referire la orice componentă a unei clădiri. Forma spațiului excavat poate fi sau nu influențată de caracterul volumului inițial.

În regnul animal, procesul de excavare apare frecvent la speciile care își realizează adăpostul în subteran sau în alte elemente ale naturii care le permit săpatul (copaci, stânci, etc.) (Fig. 4.19). Procesul de excavare se împarte astfel în două categorii, în funcție de locul excavării: suprateran și subteran.



Fig. 4.19 Structuri de adăpost prin excavare în masiv în suprateran

Porozitatea supraterană, în arhitectură, este ilustrată de clădiri sau proiecte care aplica conceptul de porozitate în masă volumetrică. Ele se caracterizează prin goluri tridimensionale care perforează întreaga construcție (Fig.4.20), iar porozitatea funcționează ca unealtă de articulare la nivel urban sau ca definire a spațiilor majore interioare.

¹¹³<http://www.archdaily.com/770772/elephant-house-zoo-zurich-markus-schietsch-architekten>, accesat 16.06.2015

¹¹⁴ <http://www.wagner-biro.com/en/divisions/steel-glass-structures/references/reference/the-blob>, accesat 16.06.2015

¹¹⁵ <http://www.dezeen.com/2014/07/30/movie-interview-toyo-ito-kinnasand-showroom-milan/>, accesat 16.06.2015

Excavarea supraterană se întâlnește la clădirile iconice a căror masivitate volumetrică devine permeabilă prin substrații clar delimitate în volumul interior și exterior. Identificăm aici două tipuri de porozități: porozități închise și deschise. Cele închise se referă la excavări aplicate doar spațiului interior și cele deschise care vor lega spațiul interior de cel exterior. Pe de altă parte, porozitatea obținută prin excavare supraterană va presupune obiecte de arhitectură de mari dimensiuni astfel încât să se asigure un volum suficient care să accepte substrații tridimensionale. În acest caz, intervine problema integrării funcțiilor interioare în volumul interior care adesea poate să prezinte zone curioase rezultate în urma substrațiilor, dar având în vedere că discuția este în cadrul arhitecturii organice, consider că volumul excavat trebuie să fie o rezultată a funcțiilor interioare.



Fig. 4.20 Porozitate în masa supraterană (a) Rolex learning Center - arh. Sanaa, Lausanne, Elvetia, 2010¹¹⁶; (b) Hotel Opus - arh. Zaha Hadid, Dubai, UAE, in construcție¹¹⁷

4.3.1.4. Excavare subterană



Fig. 4.21 Structuri subterane poroase - vizuină de iepuri

Arhitectura subterană a animalelor este definită de rețele de tuneluri interconectate, iar excavarea presupune operarea cu terenul, un exemplu este

¹¹⁶ <http://www.archdaily.com/50235/rolex-learning-center-sanaa>, accesat 17.06.2015

¹¹⁷ http://www.zaha-hadid.com/architecture/opus-office-tower/?doing_wp_cron, accesat 17.06.2015

vizuina iepurilor (Fig. 4.21). Așadar, porozitatea subterană se va referi la terenul în care își fac loc spațiile interioare cu funcțiuni.

Prin combinarea conceptelor de porozitate și arhitectură subterană, în cutele terenului își fac apariția spații exterioare ale clădirii sau închiderile acesteia. Terenul, prin intermediul arhitecturii, capătă o anumită permeabilitate și furnizează utilizatorilor spațiului interior adăpostit, protecție față de acțiunea agenților externi de mediu alături de confortul termic necesar (Fig.4.22, 4.23).

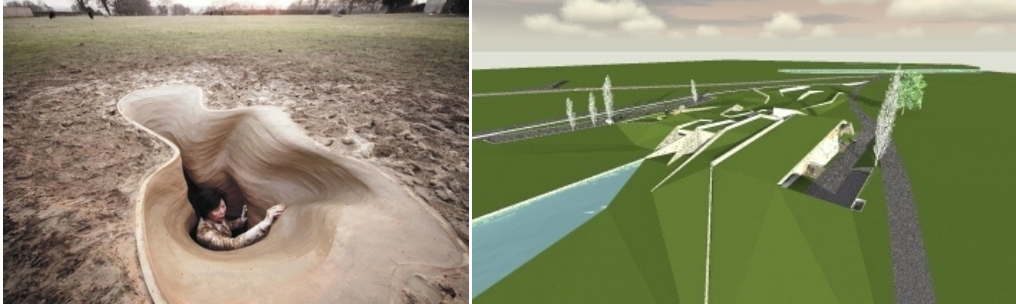


Fig. 4.22 Porozitate subterană (a) The other Room III - arh. Guan Lee, Buckinghamshire, UK, 2014¹¹⁸; (b) Crematoriu uman - arh. Diana Giurea, lucrare de diploma, 2010¹¹⁹



Fig. 4.23 (a) Locuința unifamilială - arh. SeARCH and Christian Muller Architects, Vals, Elveția, 2009¹²⁰; (b) Locuințe multifamiliale - arh. Peter Vetsch, Dietikon, Elveția¹²¹

4.3.2. Tehnici aditive

Structurile constructive ale animalelor, în special cele de tip cuib, sunt realizate de viețuitoare prin acumulări de material constructiv, fie că ne referim la material colectat de origine minerală, fie vegetală. (Fig.4.24) Volumetriile structurilor naturale dobândesc astfel masivitate în care golurile au rol de aparate de acces în spațiul interior al adăpostului sau ca sistem de ventilare. Tehnicile aditive întâlnite în regnul animal sunt țeseri, stratificări sau aglomerări de materie primă.

¹¹⁸ <http://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2014/aug/08/clay-robotics-architecture-chilterns-farm>, accesat 17.06.2015

¹¹⁹ Mai multe detalii despre proiect se regasesc in Anexa 11

¹²⁰ <http://www.homedit.com/10-spectacular-underground-homes-around-the-world/>, accesat 18.06.2015

¹²¹ <https://www.pinterest.com/pin/245024035952582609/>, accesat 18.06.2015



Fig. 4.24 Structuri constructive masive rezultate prin adăugarea de straturi succesive de material constructiv (a) cuib de rândunici; (b) cuib de păsări țesători; (c) cuib de viespi

Formele arhitecturale organice utilizează aceste metode datorită flexibilității modelării de suprafețe curbe. Desigur că scara la care se lucrează este alta, la fel și materialul constructiv, însă din punct de vedere al principiilor folosite se observă că ele sunt extrem de asemănătoare cu cele naturale.

Porozitatea arhitecturii aditive va rezulta din modul de țesere prin creșteri sau scăderi de densități ale materialului constructiv, stratificările succesive vor regla gradul de permeabilitate al structurilor arhitecturale, iar aglomerările de materie primă vor permite generarea de extrudări direcționale în scopul optimizării formale a produsului arhitectural.

4.3.2.1. Țesere

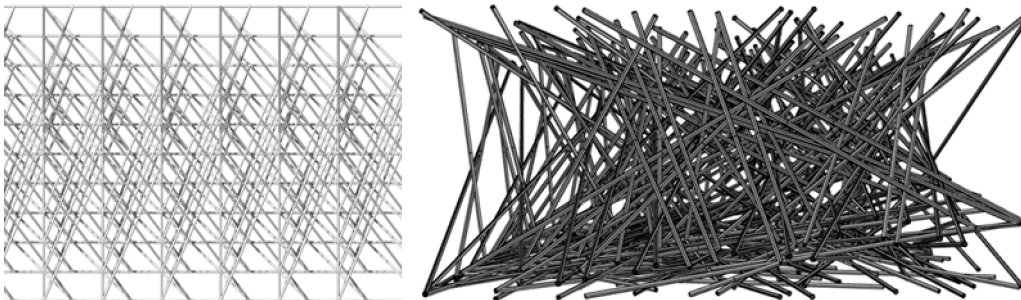


Fig. 4.25 Sisteme de țesere (a) uniform ; (b) neuniform (contribuție personală Anexa 7,8)

Cuvântul cheie în cazul țeserilor raportat la porozitate este "densitate", unde aglomerarea sau rarefierea materialului constructiv va dicta gradul de permeabilitate al obiectului de arhitectură. O porozitate crescută presupune o densitate scăzută, respectiv, o porozitate scăzută înseamnă densitate ridicată. Țeserea, la rândul ei, din punct de vedere compozițional, poate fi uniformă sau neuniformă (Fig. 4.25) lucru ce va determina tipul de porozitate - constantă sau variabilă.

Cele două exemple din Fig. 4.26 ilustrează modul în care această tehnică se poate folosi în arhitectură atât la nivel structural cât și anvelopant. Avantajele țeserilor uniforme reies din nivelul redus de dificultate al procesului de punere în operă al elementelor repetitive, însă constanța compozițională a porozității va insufla monotonie. Efectul invers se obține prin țeserea neuniformă care are capacitatea de a genera suprafețe vibrante, dar procesul de construire necesită minuțiozitate și mână de lucru calificată.



Fig. 4.26 (a) Jesere uniformă, Stadion olimpic- arh. Herzog& de Meuron, Beijing, China, 2008¹²²; (b) Jesere neuniformă, Pavilion experimental - arh. ICD-ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Germania, 2013¹²³

4.3.2.2. Stratificare

Structurile poroase organizate în straturi (layer-ing) vor filtra lumina naturală în spațiul interior adăpostit (Fig.4.27). În funcție de compoziția de porozitate care apare pe fiecare strat se poate gestiona optim relația interior-exterior. În plus, modul de dispunere a straturilor va ajusta nivelul de percepție a profunzimii spațiale (Fig. 4.28).

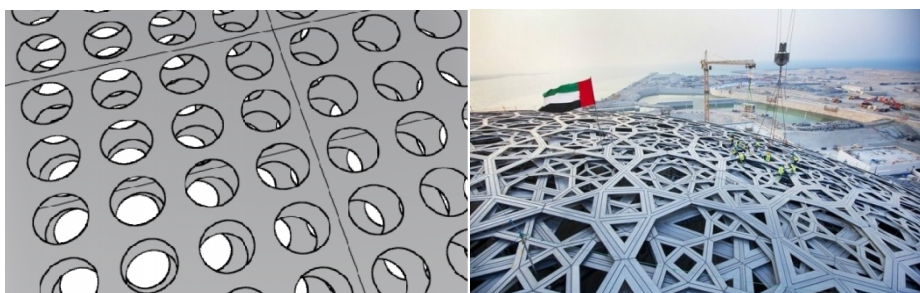


Fig. 4.27 Stratificări (a) porozitate prin multistratificare (contribuție personală algoritm Anexa 9); (b) Muzeul Luvru - arh. Jean Nouvel, Abu Dhabi, Arabia Saudita, 2015¹²⁴

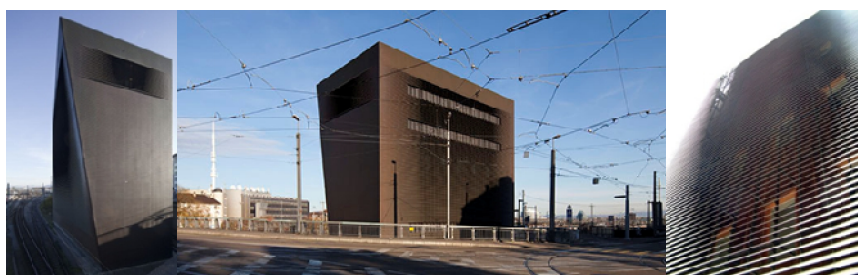


Fig. 4.28 "Central signal box" - arh. Herzog & de Meuron, Basel, Elveția, 1994¹²⁵

¹²²http://www.bustler.net/index.php/article/herzog_de_meurons_birds_nest_wins_riba_lubetkin_prize/, accesat 18.06.2015

¹²³ <https://www.pinterest.com/pin/407294360026000024/>, accesat 30.09.2015

¹²⁴ <http://www.arch2o.com/outer-shell-of-louvre-abu-dhabi-dome-by-jean-nouvel-is-now-completed/>, accesat 1.08.2015

Porozitatea obținută prin stratificare va depinde de morfologia fiecărui strat, numărul de straturi cât și de numărul acestora. Avantajele acestei tehnici reies din flexibilitatea ajustării permeabilității.

4.3.2.3. Adiții volumetrice prin aglomerări

Extrudările în lumea naturală apar sub forma unor excrescențe la nivel structural. Ele sunt întâlnite adesea în structura animalelor marine, iar orientarea pâniilor este în funcție de fluxul apei și de aportul optim de apă care poate să pătrundă în interiorul acestora. Practic, dimensiunea porilor este determinată de debitul apei care este ajustat prin aceste deschideri. (Fig.4.29)



Fig. 4.29 Bureți de mare

Lumina naturală, radiația solară sau vântul sunt doar câțiva factori care acționează asupra clădirilor, iar găsirea unei volumetrii optime care să aibă capacitatea de a se proteja sau care să își crească performanța energetică folosindu-se de acești factori este o frământare constantă.



Fig. 4.30 (a) Kunsthaus - arh. Peter Cook & Colin Fournier, Graz, Austria, 2003¹²⁶; (b) Distorsion - arh. Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhaga, Danemarca, 2010¹²⁷

Crearea de suprafețe tridimensionale prin extrudarea unor module sau anumitor zone din volumetrie și orientarea lor optimă în funcție de trasa solară, de exemplu, poate determina îmbunătățirea performanței acestora prin obținerea unor

¹²⁵ <http://www.archdaily.com/256766/flashback-signal-box-herzog-de-meuron>, accesat 17.06.2015

¹²⁶ <http://inhabitat.com/austrias-blob-shaped-kunsthau-graz-art-museum-generates-its-own-solar-power/>, accesat 28.01.2015

¹²⁷ <http://www.formakers.eu/project-481-royal-danish-academy-of-fine-arts-project-distortion-parametric-in>, accesat 28.01.2015

valori ideale atât pe timp de vară cât și pe timp de iarnă, dacă ne referim la radiația solară.

Aportul de lumină naturală în spațiile interioare este un alt aspect care ridică probleme în procesul de proiectare. Prin extrudarea uni sau multidirecțională este posibil a ajusta acest aport în funcție de nevoile în exploatare a clădirii.

În exemplele de arhitectură din Fig.4.30 și Fig.4.31 se pot remarca diferitele moduri prin care aceste extrudări se pot configura. Așa cum am menționat mai sus, orientările volumelor extrudate pot fi uni sau multidirecționale, amplitutinea poate fi constantă sau variabilă, baza extrudării poate fi orice figură geometrică la fel și bază superioară a extrudării care va stabili natura porozității.



Fig. 4.31 (a) Pavilionul Plasti(k) - arh. Marc Fornes & The Verymany, St.Louis, USA, 2011¹²⁸ ;
(b) Pavilion parametric - arh. Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico,
Monterrey, Mexic, 2015¹²⁹

În volumetriile prezentate în Fig.4.32, Fig.4.33 s-a pornit de la același sistem de divizare a suprafeței și anume diagrama Voronoi. În primul caz extrudările celulelor poligonale s-au realizat folosind același factor de scalare și aceeași valoare a amplitudinii la care se vor extruda modulele. (Fig.4.32)

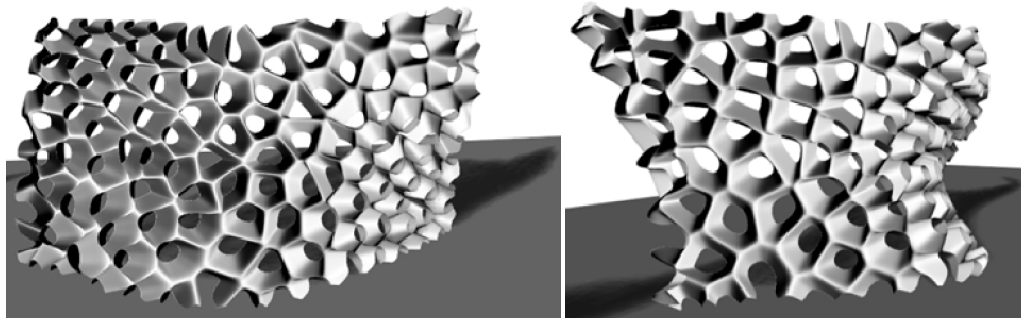


Fig. 4.32 Cazul 1- extrudările cu factor de scalare și amplitudine constante (contribuție personală algoritmului Anexa 10)

Cazul 2 (Fig. 4.33) ilustrează situația în care atât valoarea amplitudinii cât și a factorului de scalare sunt variabile în funcție de prezența unui anumit stimul care în acest caz este un punct. Proximitatea acestui stimul este cea care decide natura

¹²⁸ <http://theverymany.com/public-art/11-st-louis/>, accesat 5.05.2015

¹²⁹ <http://www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty/54b59dfde58ecee810000029>, accesat 5.05.2015

extrudărilor. Se poate observa cum prezența stimulului generează o porozitate în gradient și cum volumetria reunește atât elemente de masivitate în zonele unde extrudările au o amplitudine mare și arii reduse ale deschiderilor, cât și zone care pot fi considerate scheletale în partea inferioară.

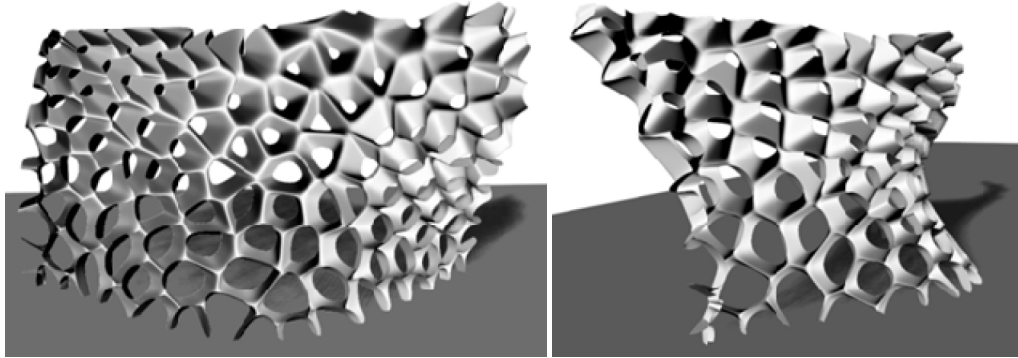


Fig. 4.33 Cazul 2- extrudările cu factor de scalare și amplitudine variabile (contribuție personală)

Cele două cazuri prezentate mai sus au scopul de a exemplifica cum poate fi ajustat gradul de porozitate în cazul extrudărilor direcționale. Aplicativitatea acestui studiu se regăsește în sistemele de anvelopare inteligente care au capacitatea de a performa optim în funcție de trasa solară în scopul absorbției și direcționării luminii naturale sau de ajustare a valorii de radiație solară în suprafața creată.

Desigur că studiul se poate dezvolta prin modificarea direcției de extrudare (în cele două situații direcția de extrudare este perpendiculară pe suprafața celei) sau prin modificarea formale a bazei superioare asistându-se astfel la o transformare morfologică prin extrudare.

Decizia asupra modului de extrudare îi va aparține arhitectului și în concordanță cu cerințele temei de proiectare și a performanțelor dorite ale clădirii.

4.4. Porozitatea elementelor de arhitectură

Clasificarea porozității și a aplicabilității ei în arhitectură se va realiza în cele ce urmează în funcție de componenta la care se aplică. La fel ca în natură, porozitatea facilitează îndeplinirea în parametrii optimi a anumitor funcțiuni și necesități ale viețuitoarelor. Fie că e vorba despre configurări volumetrice optime, optimizarea materialului constructiv sau rezolvarea unor canale de tranzit pentru diverse materii, porozitatea naturală participă la buna funcționare a structurilor naturale.

În arhitectură, studiul ei se va raporta la elementele componente ale unei clădiri: volumetria în tot ansamblul ei, anvelopă, structură, și nu în ultimul rând la materialul constructiv. Această descompunere în elemente constituente își propune să evidențieze diversele modalități prin care se poate aborda conceptul de porozitate în spațiul construit.

4.4.1. Porozitatea în masa volumetrică

Porozitatea presupune existența unei mase asupra căreia se operează cu substrației, dar raportul dintre plin și gol favorizează volumul plin. În regnul animal, porozitatea în masă se regăsește în mare parte la viețuitoarele supraterane ca

modalitate de a-și construi adăposturile. Un exemplu de porozitate în masă îl constituie mușuroiul termitelor (Fig.4.34). Imaginea masivă a mușuroiului ascunde în interiorul său o rețea de canale care comunică cu exteriorul atât cel suprateran cât și cel subteran. Apariția acestei porozități în masă se explică prin nevoia de creare a unor condiții de existență în interiorul mușuroiului masiv prin introducerea curenților de aer.



Fig. 4.34 (a)(b)Mușuroi de termite; (c) Cuiburi de rândunici săpate în stâncă

Această structură complexă prezintă interes pentru domeniul arhitecturii datorită calităților spațiale ale concavităților generate de termite și a funcționalității acestora. În cazul porozității în masă accentul cade în special pe spațiul interior care poate fi perceput ca o extensie a mediului extern.

Exploatarea excavării masei constructive va conduce către o arhitectură a masivului (Fig. 4.35, Fig.4.36), dominată de curbe și contracurbe, care "respiră" prin goluri și canale unidirecționale sau multidirecționale, o arhitectură care va avea capacitatea de a face trimitere către modelul natural studiat sau către formele de manifestare generală a naturii vii. De remarcat este faptul că în această situație volumul plin al clădirii va reuni, din punct de vedere perceptiv, volumetria, structura și proprietățile materialului constructiv, lucru ce poate sau nu să fie real.



Fig. 4.35 Tipuri de porozități în masă - (a) Sediul Euronews, arh. Jakob - arh. Macfarlane Architects, Lyon, Franța, 2015¹³⁰; (b) Cladire cu funcțiuni mixte - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Lyon, Franța, 2011¹³¹

¹³⁰ <http://www.archdaily.com/775643/euronews-jakob-plus-macfarlane-architects>, accesat 21.10.2015

¹³¹ <http://www.archdaily.com/111341/the-orange-cube-jakob-macfarlane-architects>, accesat 18.06.2015



Fig. 4.36 (a) Forum - arh. Herzog & de Meuron, Barcelona, Spania, 2004¹³² (b) Centru comercial - arh. MVRDV, Rotterdam, Olanda, 2014¹³³

Un alt aspect care trebuie menționat este faptul că masivul în care se operează cu substrații nu presupune utilizarea unui material constructiv volumetric în care se sapă la propriu, ci senzația de masivitate se poate obține și prin elemente bidimensionale compuse în sistem tridimensional.

4.4.2. Porozitatea anvelopei

Imaginea pe care o înfățișează unele viețuitoare nu este mereu în conformitate cu spațiul delimitat de piele, coajă, schelet etc. Pielea este elementul "prag" dintre mediul intern și cel extern, prin urmare ea trebuie să asigure schimbul de materie, lucru care se face prin intermediul unor orificii mici denumite pori.

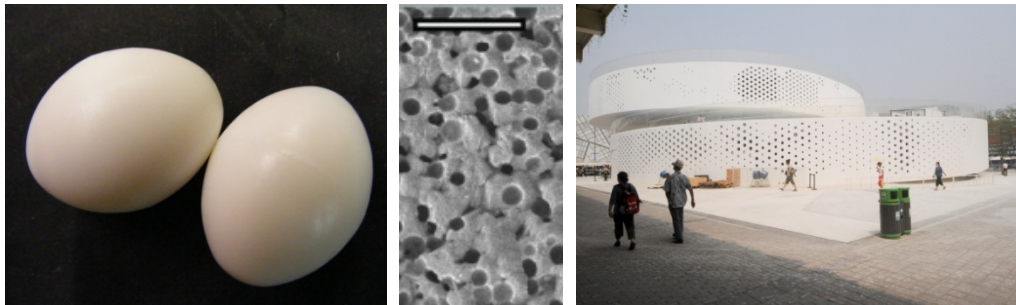


Fig. 4.37 (a) ouă de pasăre (b) imaginea cojii oului obținută la microscop; (c) Pavilionul Danemarcei- arh. BIG, Luwan, China, 2010¹³⁴

În funcție de materialul folosit și de punerea sa în operă se pot obține diverse interpretări formale. În exemplul din Fig.4.37(c) se observă că s-a optat pentru perforații circulare în gradient pulsant de-a lungul întregii anvelope. Același tip de perforații se regăsesc și la nivelul cojii oului de pasăre, a cărei porozitate facilitează accesul aerului în interiorul oului pentru asigurarea vieții embrionului. În

¹³² <http://www.arcspace.com/features/herzog--de-meuron/forum/>, accesat 18.06.2015

¹³³ <http://www.mvrdv.nl/projects/markethall>, accesat 19.06.2015

¹³⁴ <http://www.archdaily.com/57922/denmark-pavilion-shanghai-expo-2010-big>, accesat 10.03.2015

cazul pavilionului Danemarcei de la Expo 2010 perforațiile nu doar permit circulația aerului în interiorul clădirii ci și a luminii naturale într-un mod controlat și mai mult, imaginea exterioară percepută a anvelopei este una extrem de vibrată și mereu surprinzătoare.

Un alt exemplu de permeabilitate rezultată din perforații circulare este cupola realizată de Buckminster Fuller în 1965 și recreată cu tehnologii contemporane în 2011 la Miami. În acest exemplu se observă utilizarea perforațiilor uniforme și cu o distribuție constantă pe toată suprafața. Dinamica acestei cupole perforate apare odată cu prezența luminii. (Fig.4.38)



Fig. 4.38 (a)Ochi de muscă; (b)(c) Cupolă - arh. Buckminster Fuller, Miami, USA, 2011 (1965)¹³⁵

Un alt tip de abordare a porozității anvelopei reiese din modul de țesere al unor animale. Coconul țesut de omidă (Fig. 4.39) prezintă privitorului zone mai intens țesute care alternează cu altele mai aerisite. Porozitatea anvelopei în arhitectură poate prelua acest principiu al modului de închidere, obținându-se astfel fațade țesute, iar modul de țesere, densitatea, dimensiunea "firului" și configurația volumetrică rămâne la decizia arhitectului. Reamintesc că, în prezentul capitol, studiul porozității se face din perspectiva nivelului adaptabilității formale, unde accentul se pune pe capacitățile creative ale arhitectului și nu pe obținerea unei volumetrii care să facă trimitere directă la modelul natural ci la unul sau mai multe principii ale organismelor vii.



Fig. 4.39 (a)Cocon ; (b) Pavilionul Italiei - arh. Nemesi, Milano, Italia, 2015¹³⁶

¹³⁵ <http://www.dezeen.com/2014/12/02/buckminster-fuller-fly-eye-dome-installation-miami-design-district/> accesat 19.06.2015

¹³⁶ <http://www.archdaily.com/630901/italy-pavilion-milan-expo-2015-nemesi>, accesat iunie 2015, accesat 20.06.2015



Fig. 4.40 (a),(b)vipera West African Gaboon¹³⁷; (c) The Board- arh. Diller Scofidio + Renfro, Los Angeles, USA, 2015¹³⁸

Fațada clădirii din figura 4.40 se aseamănă cu pielea viperei africane prin textură și compoziția formală a porozităților. Chiar dacă funcția pe care trebuie să o îndeplinească fațada nu este identică cu cea a pielii viperei¹³⁹, consider că s-a reușit obținerea unei percepții de profunzime spațială și o puternică vibrație prin textura specifică.

4.4.3. Porozitatea structurală

În natură, porozitatea aplicată la nivel structural are rolul de a obține un comportament structural optim cu un consum de material constructiv minim. Dozarea materialului se face ținând cont de sarcinile la care sunt supuse componentele structurale.



Fig. 4.41 (a) Radiolar; (b),(c) La voûte de lefevre - arh.Matter Design, Ohio, USA, 2012¹⁴⁰

Spre exemplu, radiolariul prezentat în Fig.4.41 prezintă o structură cu o porozitate accentuată progresiv către partea de jos, iar extrem de redusă, până la

¹³⁷ <http://the-science-llama.tumblr.com/post/51231645398/rhamphotheca-nanostructures-make-viper-skin>, accesat 29.09.2015

¹³⁸ <http://www.archdaily.com/583629/the-broad-reveals-its-honeycomb-veil>, accesat 1.08.2015

¹³⁹ În primul capitol al tezei am explicat prezenta porozității la nivelul pielii viperei, ea explicându-se prin funcția de camuflare

¹⁴⁰ <http://www.archello.com/en/project/la-vo%C3%BBte-de-lefevre>, accesat 1.08.2015

absența ei în zona superioară. Odată cu expandarea volumului se observă creșterea în suprafață a golurilor astfel încât structura radiolariului este percepută scheletală, în timp ce zona superioară se caracterizează printr-o anumite masivitate rezultată din prezența porilor de dimensiuni reduse.

Arhitecții de la Matter Design prin proiectul "La Voûte de LeFevre" tratează subiectul volumului de masă construită în raport cu necesitățile structurale ale ansamblului arhitectural propus.

Un alt exemplu de optimizare structurală prin porozități scheletale în reprezintă lucrările lui Santiago Calatrava. În proiectul "City of Arts" (Fig. 4.42) situat în Valencia, Spania, se poate observa interesul pentru optimizarea structurală de tip schelet osos. În acest caz, structura este cea care determină închiderile spațiului interior, iar porozitatea structurală este una progresivă, care se ramifică în elemente cu diverse secțiuni, în funcție de încărcările la care este supusă structura, dar și din rațiuni de plastică arhitecturală. Porozitatea structurală deține calitatea de a genera un răspuns formal dinamic prin sistemul structural creat.



Fig. 4.42 City of Arts - arh. Santiago Calatrava, Valencia, Spania, 2003¹⁴¹

4.4.4. Porozitatea materialului constructiv

În ultimii ani, inovația în mediul construit s-a produs datorită progresului tehnologic care a dat naștere nu doar unor abordări noi în arhitectură ci și domeniul materialelor constructive. Cercetările din această sferă de studiu au avut în vedere creșterea performanței materialelor constructive supuse la temperaturi extreme, presiunea gazelor sau iradiații [93]. Acest lucru a dirijat studiul către materialele poroase care s-au studiat după criterii precum: interconectivitatea porilor, scară, anizotropie și volumul spațiului liber. Porozitatea materialelor poate fi de tip închis (celule închise), deschis (celule deschise) sau mixt (utilizarea combinată a celor două).

Materialele poroase, pe lângă dezideratele de ordin comportamental la factorii externi de mediu (rezistența termică, echilibrare între solid și materia care circulă prin el, etc.) pot dobândi o anumite flexibilitate multidirecțională combinată cu rigiditate. Fig.4.43 (c) ilustrează un astfel de caz când un material considerat rigid (lemn) prin operații de tăieri parțiale, segmentale, dobândește o anumite flexibilitate care va permite generarea de diverse geometrii de volumetrii arhitecturale.

¹⁴¹ <http://gelio.livejournal.com/173309.html?page=1>, accesat 29.07.2015



Fig. 4.43 (a) bloc poros de beton¹⁴²(b)căramizi poroase¹⁴³ (c)coală din lemn asupra căreia s-au aplicat tăieturi pentru creșterea flexibilității¹⁴⁴

Menționez câteva avantaje ale materialelor de construcție poroase: greutate scăzută, utilizarea optimă de materie primă, costuri reduse prin industrializare. Studiul geometriei porozității conduce către obținerea unor performanțe remarcabile în direcția fizicii construcțiilor sau optimizarea comportamentului structural al clădirii.

4.5. Porozitatea spațiului interior

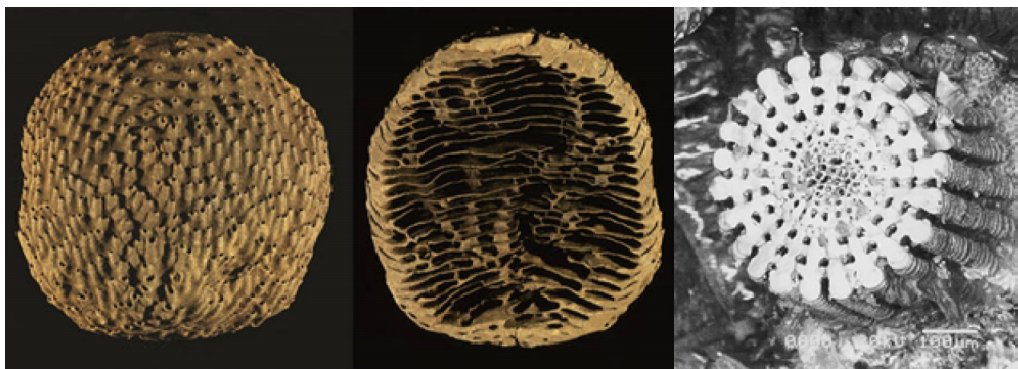


Fig. 4.44 Spațiul interior al porozitatilor naturale

Spațiul interior al mediilor poroase se constituie din două elemente componente: plinul și golul. Plinul se definește prin concavități, suprafețele generate de curbe și contracurbe, în timp ce golurile au rolul de a prelua din masivitatea percepută a suprafețelor pline. Spațiul interior poros dobândește o anume dinamică ce poate fluctua în funcție de configurația curburilor.

Viteza care definește dinamica spațială survine din modul de dispunere în spațiul interior al porozității. Astfel, viteza percepută a suprafețelor se poate controla prin modelarea suprafețelor pline, a perforațiilor care le conferă permeabilitate sau prin crearea unui limbaj de operare care să le reunească pe cele două într-o singură entitate, la fel ca în cazul modelelor naturii vii.

¹⁴² <http://www.achimmenges.net/?p=4389>, accesat 2.08.2015

¹⁴³ <http://www.archinfo.it/i-cool-brick-di-emerging-objects/>, accesat 29.09.2015

¹⁴⁴ <https://www.pinterest.com/pin/430938258070713793/>, accesat 29.09.2015



Fig. 4.45 Spațiul interior al arhitecturii poroase masive (a) Simmons Hall - arh. Steven Holl, Cambridge, USA, 2002¹⁴⁵; (b) Pavilionul Custore - arh. Anna Dobek + Mateusz Wojcicki, Varșovia, Polonia, 2013¹⁴⁶ (c) Pavilionul Termite - arh. Softroom Architects, Londra, UK, 2009¹⁴⁷

Porozitatea în spațiul interior vine în întâmpinarea și rezolvarea unor aspecte precum:

- Articulare formală prin dematerializare;
- Permeabilitatea partiționărilor spațiale;
- Nevoia de un anumit tip de iluminare și/ sau ventilare;
- Rezolvarea unor probleme legate pe partea de acustică;
- Nevoi de estetică;

4.5.1. Articulare formală

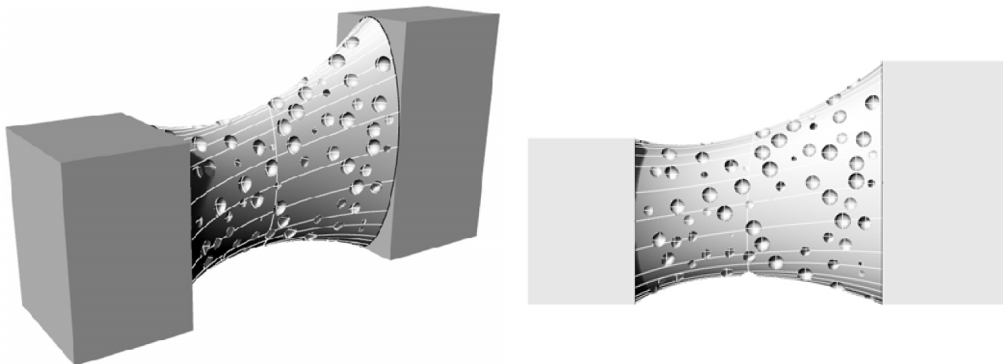


Fig. 4.46 Articulare formală între două volume - aplicabilă atât în spațiul exterior cât și în interior (contribuție personală)

Nevoia de articulare formală apare în momentul în care avem de-a face cu două sau mai multe spații interioare fiecare bine definite și cu limbajul formal propriu, iar acestea trebuie să fie relaționate printr-o altă entitate care să funcționeze ca

¹⁴⁵ http://aranvintage.blogspot.ro/2012_02_01_archive.html, accesat 2.08.2015

¹⁴⁶ <http://www.archdaily.com/370542/custore-pavilion-anna-dobek-mateusz-wojcicki>, accesat 7.05.2015

¹⁴⁷ <http://www.archdaily.com/34235/the-termite-pavilion>, accesat 2.04.2013

liant între ele. În acest caz, tratarea entităţii mediatoare prin aplicarea porozităţii este o opţiune care trebuie luată în calcul. Permeabilitatea acestei entităţi va putea fi configurată sub formă de dematerializare. (Fig.4.46)

Referindu-ne la aceeaşi situaţie de mai sus, o altă variantă de articulare formală, folosind principiile de obţinere a porozităţii, se referă la aplicarea de tăieturi sau decupaje asupra elementelor spaţiale utilizând acelaşi limbaj formal. Astfel, porozitatea va fi percepută atât la nivel micro (al fiecărei entităţi volumetrice în parte), dar şi macro (al întregului ansamblu, o porozitate sub formă de reţea).

4.5.2. Permeabilitatea partiţionărilor spaţiale

Partiţionările parţiale sau totale apar în special la programele de arhitectură care implică un număr crescut de utilizatori care îşi desfăşoară activitatea curentă într-un spaţiu de tip plan liber.

În cazul planului liber se iveşte problematica partiţionărilor care se doresc a funcţiona ca delimitări vizuale. Porozitatea constantă este o opţiune prin care se poate rezolva percepţia uniform filtrată prin volumetria propusă. Gradientul de porozitate se aplică pe suprafeţe de partiţionare care prin natura lor nu necesită o filtrare uniformă a percepţiei, din contră vor ajusta, în zonele unde este nevoie, modul de percepţie. (Fig. 4.47)

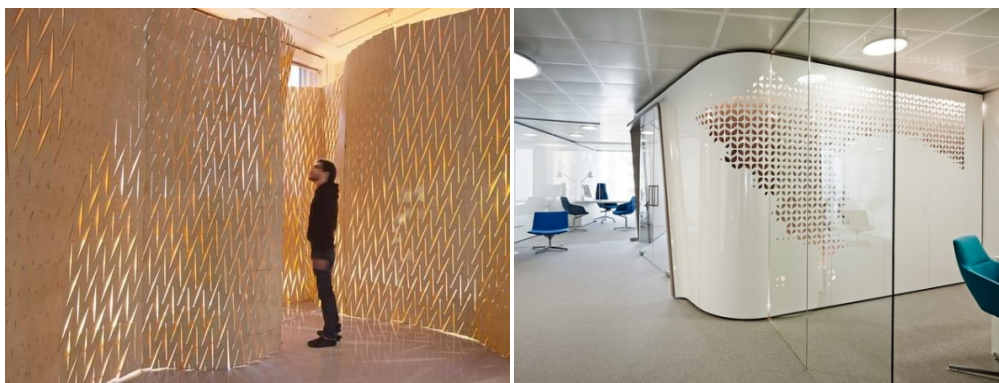


Fig. 4.47 Sisteme de partiţionări interioare asupra cărora s-au aplicat decupaje uniforme sau în gradient (a) "The Expandable Surface Wall" - arh. Jacob Bek, Nacho Martí, Pablo Zamorano, Londra, UK, 2011¹⁴⁸ ; (b) Sediul "The Inaugure Hospitality Group" - YLAB Arquitectos, Barcelona, Spania, 2013¹⁴⁹

4.5.3. Nevoia de un anume tip de iluminare

Porozitatea în natură are rolul de a media fluxul materiei dintr-un mediu în altul, fie că se face referire la aer, lumină sau anumite substanţe. În spaţiul interior al clădirilor lumina naturală joacă un rol determinant în confortul utilizatorilor. În funcţie de configuraţia spaţiului interior se necesită ajustarea iluminatului natural în direcţia canalizării, concentrării sau filtrării lui.

¹⁴⁸ <https://www.pinterest.com/pin/377317275002047883/> accesat 20.06.2015

¹⁴⁹ (<http://www.archiscene.net/interior-design/inaugure-hospitality-group-headquarters-barcelona-ylab/>) accesat 20.06.2015

Permeabilitatea închiderilor interioare este proprietatea care este exploatată în acest caz. Canalizarea luminii către anumite zone se poate realiza prin utilizarea porozității obținute prin extrudare multidirecțională. Aceasta va asigura ghidajul undelor luminoase către puncte multiple de interes. Concentrarea luminii se poate obține prin aceeași operație doar că în acest caz extrudarea va fi multidirecțională către un singur punct de interes. (Fig.4.48). Filtrarea aportului de lumină naturală în spațiul interior este necesară de exemplu în cazul programelor muzeale unde în anumite spații se impune o iluminare naturală constantă.

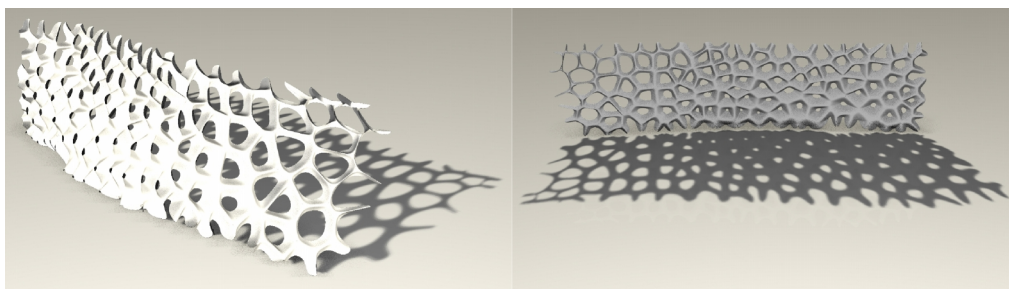


Fig. 4.48 Tipuri de umbre lăsate de suprafețele poroase (contribuție personală)

4.5.4. Rezolvarea unor probleme legate de partea de acustică

Suprafețele asupra cărora se operează cu perforații dobândind astfel un anumit grad de porozitate reprezintă o variantă de rezolvare a problemei acusticii unui spațiu prin capacitatea de absorbție prin porozitățile generate. Performanțele spațiilor de evenimente și spectacole sunt direct influențate de natura sistemelor de acustică întrebunțate. Desigur că o acustică bună se poate asigura prin configurări spațiale optimizate doar din modelarea geometriei plinului, însă reflexia și absorbția undelor sonore se poate gestiona și prin gradientul de porozitate.

Suprafețele pline sunt cele care vor reflecta sunetul în timp ce cele poroase vor avea capacitatea de a absorbi și disipa sunetul. Cerințele de performanță vor rezulta bineînțeles în urma studiului-simulare al propagării undelor în spațiul analizat, de obstacolele pe care le întâlnesc în cale și de distanțele până la acestea.

Porozitatea se va putea regăsi la nivelul volumetriei spațiului interior sau la nivelul materialului constructiv. Atenția se va îndrepta astfel pe studiul în paralel al celor două elemente. Studiul de caz 1 din capitolul 6 al tezei prezintă un astfel de rezolvare a acusticii unui spațiu.

4.5.5. Fluxuri și spații

În natură, porozitatea apare într-o serie de sisteme de organizare: liniare, radio-centrice, multidirecțională (rețea capilară), toate acestea fiind un răspuns la context și la agenții care acționează asupra modelelor naturale.

Porozitatea în masă are capacitatea de a organiza fluxurile de circulații atât pe orizontală cât și pe verticală, fluxuri unidirecționale sau multidirecționale, reale sau virtuale.

Fig.4.49 (a) ilustrează o volumetrie multidirecțională pe orizontală, în timp ce Fig.4.49 (b), prin prezența porozității la partea superioară face trimitere către o multidirecționalitate tridimensională chiar dacă circulația se realizează doar în plan orizontal, iar în plan vertical este doar percepută. Ultimele două exemple (b,c)

ilustrează relații de tip virtual prin introducerea golurilor în partea superioară inaccesibilă.



Fig. 4.49 (a) circulație multidirecțională orizontală Himalayas Art Center - arh. Arata Isozaki, Shanghai, China, 2010¹⁵⁰ (b) circulație multidirecțională orizontală și cea verticală este doar perceptibilă, Gole Yach - arh. Kelvan Architecture Group, Shemshak, Teheran, 2008; (c) Clădire cu funcțiuni mixte - arh. Jakob + Macfarlane Architects, Lyon, Franța, 2011

Suprafețele interioare convexe și concave au capacitatea de a canaliza fluxuri, anticiparea se face lin și progresiv, spre deosebire de culorile cu unghiuri drepte unde există mereu un element surpriză în momentul cotirii (Fig.4.50).

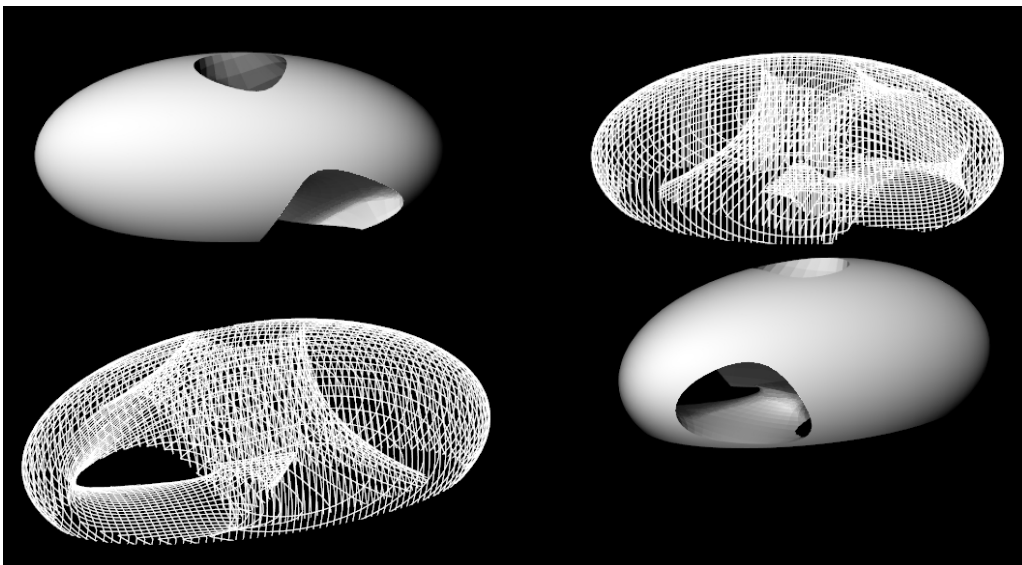


Fig. 4.50 Spațiul interior poros (contribuție personală)

4.5.6. Ambientarea spațiului interior

Sisteme de panotaj, mobilier, corpuri de iluminat general sau punctual sunt toate elemente care participă la ambientarea unui spațiu interior. Porozitatea

¹⁵⁰ <http://www.urbannomads.blogger.de/>, accesat 3.08.2015

aplicată asupra acestor componente va produce efecte vizuale inedite, efecte care mizează pe jocul de suprafețe pline și cele goale situate într-un anumit dialog stilistic. Permeabilitatea conferă profunzime câmpului vizual asupra unor spații cu transparențe volumetrice caracterizate prin dinamism specific.

4.5.6.1. Panotare cu pattern-uri organice poroase

Aplicarea sistemelor de panotaj cu caracter poros va imprima suprafețelor plane a treia dimensiune, favorizând apariția jocului de texturi și umbre. Porozitatea panourilor decorative poate fi uniformă, neuniformă sau mixtă, la fel ca și în cazul anvelopelor clădirilor, diferența constând în scara lucrurilor. Pattern-urile de porozitate variază de la cele mai geometrice până la cele organice, iar sursa de inspirație formală se va regăsi în modelele regnului animal.

Chiar dacă ideea de panotare a unor suprafețe în prima fază face trimitere la decorația interioară, ele pot fi înzestrate cu diferite funcțiuni: absorbție a undelor sonore, incorporarea unor obiecte care populează spațiul în care se află sau pur și simplu marcarea anumitor funcțiuni dintr-un spațiu (Fig. 4.51). Ca și observație, panotarea nu se referă doar la închiderile laterale ale unui spațiu, ci și la planul de deasupra capului - tavanul (Fig.4.52).

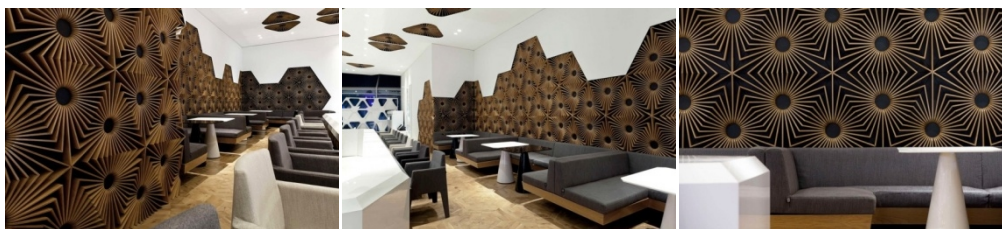


Fig. 4.51 Sistem de panotare a închiderilor laterale: Bar- arh. Studio Mode, Sofia, Bulgaria, 2013¹⁵¹



Fig. 4.52 Sistem de panotare a planului de deasupra capului (surse multiple)

4.5.6.2. Corpuri de iluminat punctual sau general

În spațiul interior, pe lângă lumina naturală ce pătrunde în timpul zilei, mai este necesară asigurarea unui iluminat artificial prin surse generale sau punctuale. Iluminatul general va încerca să ofere o lumină constantă în tot spațiul pe care îl deservește și prin urmare, un corp de iluminat cu o porozitate uniformă în masa lui va reuși să satisfacă această cerință.

¹⁵¹ <http://www.archilovers.com/projects/117541/piece-of-paradise.html>, accesat 15.02.2014

Pe de altă parte, iluminatul punctual are scopul de a deservi zone limitate dintr-o încăpere sau de a marca și evidenția anumite calități spațiale. Corpurile de iluminat punctual reunesc categoria lămpilor și a aplicelor, unde prima categorie va interacționa prin lumina și umbrele aruncate cu planuri orizontale și laterale, cea din urmă va crea jocuri de lumină pe închiderile laterale și tavan. În cazul acestor tipuri de corpuri de iluminat, aplicarea conceptului de porozitate se bucură de libertate deplină deoarece obținerea unui iluminat uniform nu este un imperativ. Astfel, în volumetria corpurilor de iluminat punctual se pot aplica toate tipurile de tehnici de creare a porozității discutate anterior (Fig. 4.53).

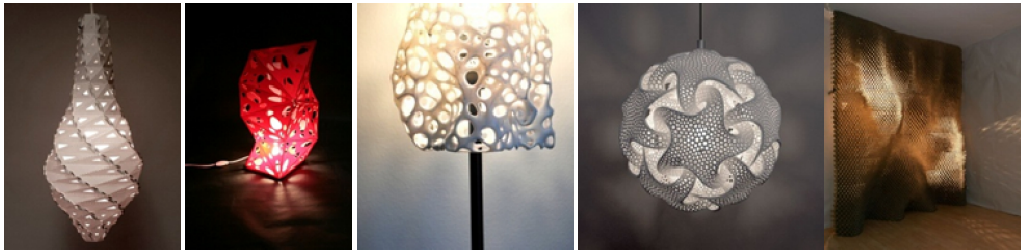


Fig. 4.53 Corpuri de iluminat general și punctual a căror volumetrie este tratată conform conceptului de porozitate (surse multiple)

4.5.6.3. Mobilier

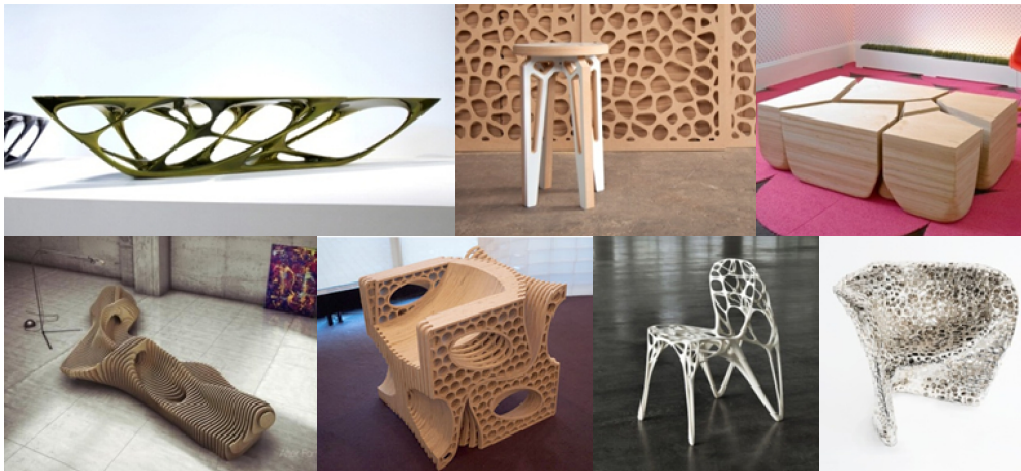


Fig. 4.54 Piese de mobilier (surse multiple)

Exemplele de mai sus (Fig.4.54) susțin aplicabilitatea conceptului de porozitate la nivelul micro al pieselor de mobilier. Caracterul sculptural al meselor și pieselor de șezut reiese din jocul de plin sau gol, scheletal sau masiv, vizibil sau transparent, drept sau curbat. La fel ca și în cazul clădirilor, metodele de obținere a porozității rămân valabile și în cazul acestora. Diferența constă în apariția cerinței de ergonomie care la nivel arhitectural s-ar traduce prin funcțiune.

4.6. Porozitatea decorației arhitecturale

Bradley Bell și Andrew Vrana atrag atenția asupra importanței studiului pattern-urilor: "Interesul pentru pattern-uri este în primul rând datorită faptului că ele sunt esențiale cadrului structural ale sistemelor naturale și artificiale. Nu mai putem reduce la elemente singulare, iar în schimb se poate privi totul ca o serie de părți interrelaționate care funcționează ca un întreg. De la structurile celulare ale vietăților la rețele care unifică societatea noastră conectată, pattern-urile sunt mereu agenții care permit asamblarea totală în direcția mediului înconjurător schimbător prin evoluție și adaptare"¹⁵²

Pe de altă parte, în arhitectura clasică decorația/ornamentul este parte componentă a triadei distribuție, construcție și decorație [94], [95] în ceea ce privește aspectele de care se ocupă domeniul arhitecturii. Conform lui Patrick Schumacher această triadă de scopuri arhitecturale este înlocuită de organizare și articulare, unde articulare cuprinde mai multe aspecte printre care și decorația arhitecturală [96].

Odată cu dezvoltarea stilului parametric au apărut numeroase studii de mozaicări cu pattern-uri tributare acestui stil. Caracteristica principală a acestor pattern-uri este diferențierea în suprafață, permițând melanjul de suprafețe și prin urmare articularea acestora. (Fig.4.55)

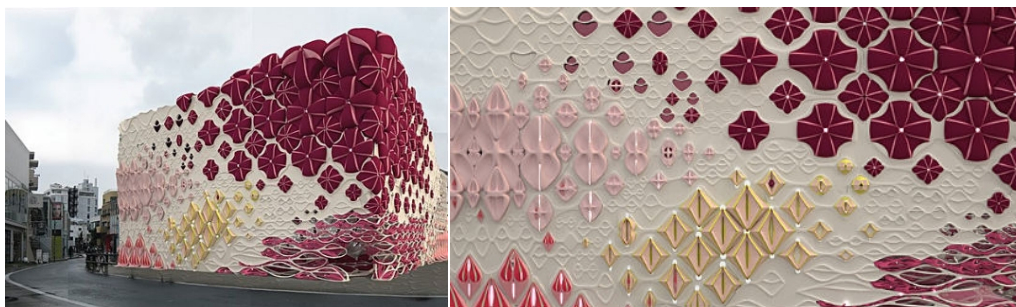


Fig. 4.55 Club de noapte - arh. Virginia Melnyk & Tiffany Dahlen, Tokyo, Japonia ¹⁵³

Astfel, decorația dobândește funcționalitate în articulare, ea contribuind la conturarea caracterului și expresiei stilistice.

Porozitatea decorației înțeleasă prin cele enunțate mai sus are rolul de a articula suprafețe, de a accentua expresia formală, de a individualiza produsul de arhitectura prin mijloace specifice, prin jocul de pattern-uri ce reunesc zone pline și aerate. În Fig. 4.56 sunt ilustrate câteva exemple de patternuri parametric tributare structurilor întâlnite în natură.

¹⁵² "The interest in patterns is primary in that they are essential to the structural framework of natural and artificial systems. We can no longer reduce things to singular elements but instead see that everything is made up of a series of interrelated parts that perform together as a collective whole. From the cellular structure of living organisms to the networks that make up our connected society, patterns are always the agents that allow the total assembly to evolve and adapt to a changing environment" [139]

¹⁵³ <http://weburbanist.com/2011/07/01/organic-glamour-chic-restaurant-design-gone-wild/>, accesat 6.05.2014

Selectia modelelor naturale se datorează varietății formale pe care acestea le înfățișează, structuri care au apărut odată cu interacțiunea cu mediul în care trăiesc. Mai mult, prin capacitatea de dezvoltare a acestor structuri odată cu fenomenele de creștere, vindecare sau reparație se poate genera o decorație care nu este statică ci dimpotrivă una care permite dezvoltări ulterioare prin recompuneri formale.

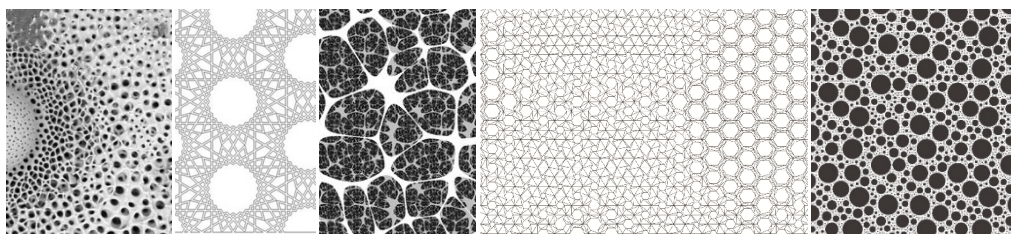


Fig. 4.56 Pattern-uri parametrice cu sursă de inspirație în modelele regnului animal (surse multiple)

Oricare ar fi abordarea în materie de decorație, de reținut este faptul că aceasta nu reprezintă un gest gratuit de înfrumusețare formală și ambientală a unei clădiri. Decorația, în termenii arhitecturii contemporane capătă trăsături funcționale, chiar dacă scopul ei este de a amplifica expresia formală și structurală. Decorația nu este influențată de programul de arhitectură adăpostit de o clădire.

Aplicarea sistemelor poroase de pattern-uri este doar un mijloc de exprimare formală cu multiple direcții de dezvoltare și interpretare. Pattern-urile poroase pot fi obținute utilizând oricare dintre tehnicile de generare stipulate anterior, amplasarea lor se poate regăsi fie doar în anumite componente ale unei clădiri, fie în tot ansamblul acesteia.

4.7. Concluzii

De-a lungul acestui capitol s-a detaliat conceptul de porozitate arhitecturală raportat la formele organice naturale. Alegerea porozității ca sursă de inspirație în arhitectură se justifică prin repertoriul variat de interpretare al ei în limbaj arhitectural.

Modelele naturale ilustrate în acest capitol au fost selectate în funcție de relevanța lor formală în ideea de porozitate arhitecturală. Desigur că acestea nu sunt singurele surse, regnul animal dispune de un arsenal formal nelimitat. Prezentarea imaginilor cu porozități naturale la nivel micro sau nano a fost posibilă grație unor dispozitive specializate (microscopul electronic cu scanare). Acest fapt evidențiază și mai mult interdependența domeniului arhitecturii și cel al biologiei, unde cel din urmă va fi capabil să asigure informațiile necesare în procesul de inovație în arhitectura biomimetică.

Fezabilitatea aplicabilității acestui concept în domeniul arhitecturii a fost demonstrată prin exemple de modele ale regnului animal care au fost sau pot fi sursă de inspirație în cazul unor produse de arhitectură deja construite. În plus, autorul a considerat necesară suplimentarea informațiilor acestor interpretări prin desene proprii care au menirea de a fixa partea teoretică.

Arhitectura reunește atât volumetria unei clădiri cât și spațiul interior al acesteia. Astfel, am socotit necesară dezbaterea aplicabilității conceptului de porozitate la nivelul interioarelor și cum poate fi valorificat în direcția creșterii performanțelor de ordin funcțional și estetic al acestora.

Decorația în arhitectura biomimetică este un subiect relativ sensibil din cauza tendințelor de eliberare a formelor arhitecturale de orice adaos aplicat nejustificat din punct de vedere funcțional. Însă, pe baza informațiilor din literatura de specialitate, autorul prezintă decorația prin prisma funcționalității ei și al scopului de articulare formală pe care aceasta îl are. Conceptul de porozitate, chiar dacă el este specific sistemelor naturale unde funcția dictează formă, este asociat cu componenta decorație care întâmpină nevoile de expresie stilistică.

Autorul tezei recomandă ca direcțiile viitoare de studiu ale porozității în arhitectura să se îndrepte către analiza celorlalte componente ale naturii (forme reliefului terestru, mineral și vegetale). Acest lucru presupune o comunicare constantă cu domeniile specializate, printr-o întrepătrundere a informațiilor furnizate de ele și domeniul arhitecturii. Mai mult, consider că studiul se poate continua în direcția structurilor responsive, unde permeabilitatea acestora să fie ajustabilă în timp real în funcție de necesități. Acest lucru presupune studiul posibilităților formale și tehnice care pot materializa acest deziderat. Proprietățile de vindecare și reparare specifice structurilor naturale sunt alte concepte care susțin că trebuie detaliate deoarece toate produsele de arhitectură au un anumit ciclu de viață, cu performanțe direct influențate de trecerea timpului și îmbătrânirea materialelor constructive sau uzura prematură a acestora. Astfel, analiza mijloacelor de reconstrucție întâlnite la modelele naturale are capacitatea de a oferi informații în direcția optimizării comportamentului în timp al arhitecturii. Consider a fi un imperativ ca porozitatea să fie valorificată în domeniul urbanismului, idee care presupune analiza ecosistemelor și a modului lor de organizare optimizată.

Contribuția autorului se regăsește în:

- prezentarea structurată și detaliată a formelor de interpretare a ideii de permeabilitate, prin prezentarea tipologică a instanțelor porozității;
- tipologiile enunțate de către autor s-au stabilit prin clasificări multicriteriale în scopul obținerii a cât mai multor direcții de dezvoltare a conceptului;
- structurarea porozității în funcție de natura compoziției suprafețelor pline și goale, în funcție de metoda de operare pentru dobândirea proprietății de porozitate și în funcție de componenta arhitecturală la care se aplică porozitatea;
- detalierea porozității în spațiul interior și a beneficiilor acesteia asupra utilizatorilor;
- raportarea porozității la decorație privită din perspectiva teoretică;
- trasarea unor direcții viitoare de cercetare a porozității care vor contribui la lărgirea cadrului teoretic și aplicativ al arhitecturii biomimetice.

5. DESEN, MATERIAL DE CONSTRUCȚIE ȘI FABRICAȚIE DIGITALĂ

| | |
|-----------|--|
| OBIECTIVE | <ul style="list-style-type: none">• Ilustrarea interdependenței elementelor triadei alcătuită din procesul de proiectare, material constructiv și tehnica de execuție• Stabilirea mijloacelor tehnologice de obținere a formelor organice arhitecturale poroase raportate la materialul constructiv• Susținerea fezabilității materializării formelor alternative organice |
|-----------|--|

Tehnologiile de materializare a formelor arhitecturale reprezintă ansamblul format din uneltele de proiectare digitală, materialul constructiv și de procesarea acestuia. În cazul clădirilor inspirate din formele organice naturale, procesul tehnologic de proiectare și materializare a lor, datorită complexității geometriilor, necesită un instrumentar specific. Prezentul capitol își propune să ilustreze fezabilitatea fabricării acestor structuri alternative, raportându-mă la posibilitățile materialelor constructive.

Punctul de pornire al procesului de creație arhitecturală este ideea, unde ea apare în viziunea arhitectului, însă, pentru ca ea să poată fi concretizată este nevoie de desen. Necesitatea desenului se justifică prin diverse aspecte:

- Comunicarea unei idei imaginate către clienți, colaboratori și altor persoane implicate;
- De obicei o idee imaginată apare în mintea arhitectului sub formă de imagini tridimensionale, adesea concentrate pe un anumit unghi de privire sau pe diferite detalii, motiv pentru care desenul are rolul de a conecta ochii minții cu mâinile pentru a se realiza transferul de date;
- Prin desen se stimulează creativitatea în sensul că acesta permite perfecționarea unei idei prin generarea de diverse instanțe prin care se poate reprezenta;

Desenul de arhitectură, fie că este la mâna liberă sau obținut cu ajutorul calculatorului, face posibil întreg demersul de proiectare, motiv pentru care desenul face parte din familia de tehnologii ca limbaj de exprimare grafică și compozițională [97]. Schița de referință, studiul preparator și desenul final reprezintă cele trei tipuri de desen enunțate de Michael Graves care subliniază importanța desenului liber în primele două tipuri, în timp ce al treilea tip ar trebui realizat cu ajutorul calculatorului [98], ridicând problema creativității și al autoratului de arhitectură în era digitală [99].

Progresul tehnologic tot mai accelerat a condus la o anumită dependență de calculator. Formele organice arhitecturale au reînceput să fie atrăgătoare pentru arhitecți odată cu apariția unor programe de modelare care permit transferul ideii într-un mediu virtual, generarea diverselor iterații formale și a desenelor tehnice de execuție, unde toate răspunsurile sunt oferite într-un timp mult mai scurt decât dacă s-ar fi folosit mijloacele tradiționale de reprezentare grafică.

5.1. Unelte de proiectare digitală

Procesul de proiectare a resimțit schimbări majore datorită progresului mijloacelor CAD¹⁵⁴, lucru ce a avut un impact vizibil asupra produselor de arhitectură din ultimele decade. Utilizarea extensivă a programelor de modelare digitală a condus către nevoia de transformare a uneltei computaționale într-un instrument de analiză și de generare formală al arhitecturii [100], el acoperind întreaga paletă de faze ale demersului de design: concept, studii de soluție și proiect tehnic de execuție. Unelele digitale permit arhitectului să acționeze într-o manieră în care este garantată dezvoltarea proiectului cu o raportare în timp real la forma obiectului de arhitectură [101].

Specificitatea formelor organice arhitecturale rezidă în geometriile curbilinii non-euclidiene definite în mediul digital prin matematică de tip NURBS¹⁵⁵, conturându-se astfel reacția de fuziune totală dintre arhitectură și domeniul matematicii. Traducerea formei arhitecturale într-o succesiune de ecuații matematice și algoritmi a însemnat apariția variației dată de parametrilor și automat, creșterea diversității. Carlos Barrios definește acest tip de abordare drept un proces prin care un model digital conține o geometrie determinată de proprietăți fixe și variabile [102]. Din acest moment, fiecărei valori ale parametrilor îi va corespunde o instanță formală, ceea ce generează o infinitate de soluții și prin urmare, procesul de generare formală abundă de variante și studii. Astfel, avantajul utilizării uneltelor de proiectare parametrică se resimte la nivelul posibilităților de optimizare a performanțelor (solare, aerodinamice, urbanistice etc.) construcțiilor datorită potențialității integrării acțiunii agenților externi de mediu și al obținerii unor simulări, în timp real, al comportamentului structural și anvelopar al clădirilor la condițiile mediului înconjurător. Luând în considerare informațiile despre principii inteligenței formale naturale conținute în primul capitol al tezei, se poate afirma că proiectarea parametrică algoritmică simulează tot mai fidel procesele care au loc în mediul natural (creștere, selecție naturală, adaptabilitate etc.).

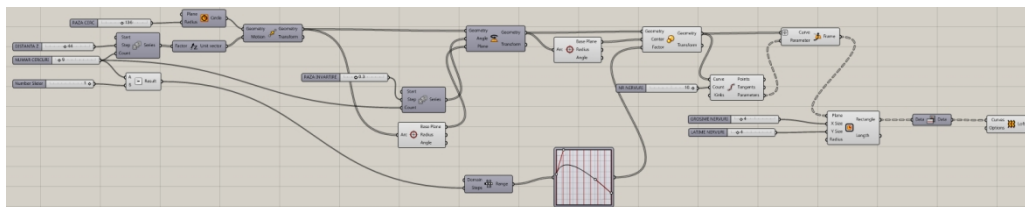


Fig. 5.1 Exemplu de înseriere de componente în platformă Grasshopper. Figurile gri rectangulare reprezintă componentele interconectate prin fire de legătură pentru activarea funcțiilor lor

Despre softurile de modelare parametrică (CATIA, MAYA, Rhinoceros etc.) Patrick Schumacher susține că ele permit arhitectului control total asupra tuturor elementelor arhitecturale care prin legăturile stabilite între ele încurajează apariția unor noi abordări de formare arhitecturală [103]. De exemplu, platforma de modelare tridimensională Rhinoceros, apreciată pentru specializarea în operarea cu geometriile de tip NURBS, a fost îmbogățită cu plug-in-ul Grasshopper care este un

¹⁵⁴ Lb. engleză Computer Aided Design

¹⁵⁵ Lb. eng. Non-Uniform Rational B-Splines; relații matematice care descriu linii și suprafețe curbe prin intermediul punctelor de control

mediu vizual de programare ce permite inserierea unor componente prestabilite pentru generarea unor funcții raportate la volumetrie [104], [105](Fig.5.1). În jurul acestui mediu s-a conturat un adevărat ecosistem de extensii care facilitează analiza și generarea de geometrii complexe, manipulabile în funcție de nevoile performative. De menționat este faptul că procesele aplicate produselor de arhitectură parametrică în mediul digital sunt asemănătoare celor naturale: optimizări formale (cu extensia Galapagos¹⁵⁶), structurale prin dozarea rațională a materialului constructiv (extensia Karamba și Millipede¹⁵⁷), comportamentale din punct de vedere al forțelor (Kangaroo¹⁵⁸) și lista rămâne deschisă.

În cazul porozității suprafețelor și structurilor, uneltele de proiectare parametrică pun la dispoziția arhitectului un instrumentar care îi permit generarea de porozități diferențiate din punct de vedere formal sau al dispunerii în suprafața, iar dozarea masei este condiționată de goluri și viceversa.

De reținut este faptul că un obiect de arhitectură nu ar trebui să fie un rezultat al scriptului din programul de proiectare digitală, ci produsul reflectă viziunea și sensibilitățile arhitectului, el fiind cel care stabilește conformitatea valorilor optime ale parametrilor. Prin urmare, stăpânirea deplină a programelor de modelare constituie un imperativ în practica curentă de arhitectură.

5.2. Materiale de construcție

Odată cu dezvoltarea metodelor de proiectare și a formelor cu geometrii complexe specifice construcțiilor organice, punerea în operă a materialelor de construcție tradiționale (lemn, beton, metal etc.) s-a modificat substanțial prin reinterpretarea proprietăților acestora și a modului de operare cu ele. Pe de altă parte, noile tehnologii de proiectare au activat conștientizarea necesității inovației în domeniul materialelor constructive (materiale compozite care sunt înzestrate cu o anume inteligență în comportament și automat, în performanță). Neri Oxman în cercetarea sa "Material based computațional design" punctează faptul că "materialul nu este considerat un atribut subordonat formei, ci este însuși precursorul ei... Comportamentul materialului în natură este o precondiție necesare pentru apariția formei, iar cu toate acestea, în design, forma apare întotdeauna prima. Ținând cont de metodele și tehnologiile noastre pentru materializarea produselor de design, aceasta precondiție nu este nicidecum o coincidență. Uneltele de care dispun arhitecții și designerii, în ziua de azi, pentru proiectare și generare presupune superioritatea geometrică a formei. În design, procesul este și mai simplu și direct decât în cazul precedent: imaginează, desenează, aplică, construiește și analizează, construcția urmează. Dacă acest proces se inversează se poate identifica fluxul principiului de design al naturii."¹⁵⁹ [106]. Prin urmare raportarea formei la

¹⁵⁶ Galapagos este un motor de rezolvare a unor probleme care funcționează pe baza legilor evoluționiste

¹⁵⁷ Extensii asemanatoare între ele, care pun la dispoziția arhitectului simulări structurale a caror proprietăți pot fi evaluate și vizualizate în timp real

¹⁵⁸ Kangaroo este un motor de simulare al comportamentului structural, folosind legile fizicii

¹⁵⁹ "Material is not considered as a subordinate attribute of form, but rather as its progenitor... Material behavior in Nature appears to be a prerequisite for the emergence of form, and yet in design, shape eternally comes first. Given our methods and technologies for design production, this condition is anything but coincidental. The tools that architects and designers use today in the processes of form representation and generation assume geometric form's instrumental superiority. In design, the process appears as simple and as straightforward as that: imagine,

materialul constructiv și viceversa devine un proces oscilatoriu între cele două, în care fiecare entitate o influențează pe cealaltă.

Porozitatea, ca și concept arhitectural de origine organică, permite oricărui material constructiv, prin procesare și tehnica de punere în operă, să o încorporeze. În cele ce urmează, voi trece în revistă doar câteva dintre materialele constructive, selectate în funcție de preferințele arhitecților în produsele de arhitectură în era digitală și de modul prin care acestea pot ilustra conceptul de porozitate arhitecturală.

5.2.1. Lemn

Întrebuintarea lemnului ca material de construcție pentru clădirile cu forme organice apare ca o opțiune firească datorită apartenenței sale la familia materialelor de origine naturală cu tradiție milenară în domeniul construcțiilor, a proprietăților sale fizico-mecanice și a procesării ușoare. El poate fi folosit ca material structural, ca material anvelopant fără rol structural sau în sistem mixt, unde întreaga construcție utilizează material lemnos (structură, anvelopă și finisaj).

Programele de arhitectură la care se folosește lemnul sunt de regulă cele de dimensiuni reduse precum pavilioane, locuințe, structuri de acoperire a unor spații exterioare etc., însă în ultimele decade, datorită progresului tehnologic care a permis sporirea deschiderilor structurilor din lemn, acest material și-a regăsit interpretarea în unele construcții de mare amploare.

Lemnul ca material structural apare sub formă de grinzi, stâlpi sau combinat, unde ultima variantă reprezintă fuziunea dintre cele două funcții prin morfoza lor. Astfel suprafețele curbe specifice arhitecturii organice iau naștere prin intermediul sistemelor de tip "gridshell" (Fig.5.1), "waffle"¹⁶⁰ (Fig.5.2) sau mozaicat (Fig.5.3), în care lemnul, prin procesare este adus sub forma unor unități celulare asamblabile în suprafețe curbe.

În primul caz, structura gridshell poate defini o suprafață cu curburi duble care are capacitatea de a se extinde pe arii considerabile, iar particularitatea ei survine din generarea suprafețelor utilizând o rețea de grinzi și nu suprafețe pline [107]. Din punct de vedere al comportamentului structural, eficiența gridshell-ului reiese din preluarea încărcărilor asemeni membranelor, unde o încărcare distribuită pe o placă curbă subțire va genera doar forțe normale, forțele de îndoire pot fi neglijate, iar câmpul de forțe va fi uniform distribuit de-a lungul secțiunilor [108].

Se pot identifica o serie de avantaje ale sistemului gridshell:

- Utilizarea unei cantități reduse de material lemnos;
- Structura ușoară de acoperire a unor arii extinse;
- Sistem monostrat aerat;
- În ceea ce privește porozitatea, ea se poate raporta la unitățile rețelei, ajustând raportul plin/gol prin închiderile modulate de rețea.

draw, apply and analyze; construction follows. Invert this process, and you will, again, arrive at Nature's Way."

¹⁶⁰ Sistemul waffle presupune secționarea bidirecțională succesivă a structurii organice arhitecturale generându-se astfel plane care asamblate vor genera conturul formei proiectate. Tăierile plăcilor din material lemnos (MDF, OSB, etc.) se fac cu ajutorul tehnologiilor care utilizează mașini cu control numeric computerizat (CNC) astfel încât decupajele sunt conform proiectului, cu devieri minime.



Fig. 5.2 Sistem de acoperire a terasei restaurantului "Masseria Ospitale"- arh. CMMKM, Lecce, Italia, 2010¹⁶¹

Sistemul structural "waffle" (Fig. 5.3) presupune descompunerea pe două direcții a formelor organice volumetrice, iar lemnul este unul dintre materialele preferate de punere în operă a acestui sistem. Marele avantaj al acestui tip de sistem rezidă în faptul că el poate fi aplicat formelor tridimensionale cu geometrii complexe care pot fi realizate din materiale produse sub formă de plăci subțiri. Astfel, materialul lemnos prelucrat în suprafețe bidimensionale este debitat pe contururi variate și îmbinat pentru a genera silueta unei construcții. Dezavantajele majore în acest caz este consumul ridicat de materie primă și timpii de asamblare.



Fig. 5.3 Metropol Parasol - arh. Jurgen Mayer, Sevilla, Spania, 2011 ¹⁶²



Fig. 5.4 Pavilion experimental - arh. Manuel Fabian Hartmann, Alberschwende, 2013¹⁶³

¹⁶¹ http://www.gridshell.it/gridshell_lecce/, accesat 10.03.2015

¹⁶² <http://hovercraftdoggy.com/2012/12/10/we-want-a-waffle/>, accesat 6.06.2015

Lemnul este pus în operă și în cazul sistemelor poliedrate datorită ușurimii de prelucrare și asamblare a unităților rețelei (Fig. 5.4). Costurile reduse (comparativ cu restul materialelor) și gama variată de produse lemnoase reprezintă motivele principale pentru care arhitectura contemporană optează pentru folosirea lui în cadrul pavilioanelor experimentale.

Lemnul, ca material anvelopant în arhitectura organică, poate simula imaginea de masă (Fig. 5.5) modelată prin utilizarea de elemente de lemn lamelar încleiat. Același procedeu de încleiere se aplică și în cazul grinzilor de mari dimensiuni.



Fig. 5.5 Pavilionul centrului norvegian de reni sălbatici, arh. Snohetta, Hjerkin, Dovre, Norvegia, 2011¹⁶⁴



Fig. 5.6 Variante de îmbinări ale elementelor din lemn (a) chertări; (b) fixare cu piese metalice (c) piese de îmbinare din lemn; (d) operații dulgherești de îmbinări multiple

Conectarea pieselor de lemn (Fig.5.6) se realizează prin procedee de îmbinări clasice care presupun chertări, prinderi cu holzuruburi, scoabe, etc. Desigur că sistemul de fixare va fi diferit de la caz la caz, iar zonei de contact cu solul a structurilor de lemn i se va acorda o atenție sporită datorită umidității.

Gradul mare de prelucrabilitate, prețul scăzut sau atributele fizico-mecanice și estetice ale lemnului sunt doar câteva dintre avantajele acestui material constructiv, dar pentru optarea la folosirea lui trebuie avute în vedere și dezavantaje specifice lui: procesarea intensivă pentru aducerea lui în stadiul optim de punere în operă, deformabilitatea, perisabilitatea și deteriorarea în timp, pericolul de combustie.

¹⁶³ <http://www.karamba3d.com/small-wooden-building-pavillon-in-alberschwende/>, accesat 7.06.2015

¹⁶⁴ <http://openbuildings.com/buildings/norwegian-wild-reindeer-center-pavilion-profile-40834/media#>, accesat 13.06.2015

5.2.2. Metal

Geometriile complexe ale formelor organice arhitecturale ascund adesea structuri metalice alcătuite din grinzi și stâlpi care asigură volumetria curbilinie a obiectelor de arhitectură. Chiar dacă în marea parte a exemplelor de arhitectură organică construită, structura metalică este ascunsă privitorului din cauza închiderilor anvelopante, în prezentul capitol accentul cade pe sinceritatea structurală exprimată prin vizibilitatea elementelor portante care devin expresie arhitecturală.

Avantajul structurilor metalice reiese din posibilitățile de industrializare a elementelor tip grinzi sau stâlpi, libertate de expresie formală, dar și consum mic de materie primă. Complexitatea formală și dimensionarea cu constrângeri minime elementelor structurale metalice permite generarea de volumetrie cu deschideri considerabile (Fig.5.7) fără elemente de sprijin intermediar.



Fig. 5.7 Stadionul național din Beijing, arh. Herzog& de Meuron, Beijing, China, 2008¹⁶⁵



Fig. 5.8 Structuri autoportante din coli de oțel (a) Rainbow gate - arh. Tonkin Liu, Burnley, UK, 2012¹⁶⁶; (b) Shadow Pavilion- arh. PLY Architecture, Michigan, USA, 2009¹⁶⁷; (c) The Archipelago Pavilion - arh. Chalmers University of Technology, Copenhaga, Danemarca, 2012¹⁶⁸

Arhitectura experimentală la scară mică și-a concentrat eforturile pentru exploatarea potențialului metalului în forma sa de materie primă sub forma plăcilor,

¹⁶⁵ <http://www.dezeen.com/2009/07/15/national-stadium-in-beijing-wins-riba-lubetkin-prize/>, accesat 17.12.2010

¹⁶⁶ <http://www.designboom.com/architecture/tonkin-liu-rainbow-gate-england/>, accesat 3.03.2015

¹⁶⁷ <http://www.archdaily.com/192699/shadow-pavilion-ply-architecture>, accesat 3.03.2015

¹⁶⁸ <http://www.evolo.us/architecture/archipelago-parametrically-designed-pavilion/>, accesat 23.06.2015

luând naștere astfel o serie de pavilioane (Fig. 5.8) realizate din tabla de oțel modelate prin plieri drepte sau curbe care intuiesc formele optime și rezolvă transmiterea încărcărilor spre punctele de sprijin.

Pe de altă parte, plăcile din oțel pot servi drept închideri de suprafețe fațetate conferind un anume rafinament aspectului general al clădirii (Fig.5.9)



Fig. 5.9 Muzeul de Artă Soumaya- arh. FREE Fernando Romero EnterprisE, Mexico City, Mexic, 2011¹⁶⁹

Din punct de vedere al prinderilor care au loc între elementele metalice amintesc prinderea rigidă prin sudare (rezistentă, dar cu manopera și consum energetic ridicat), fixare punctuală cu buloane (rezistența net inferioară sudurii, dar timpii de asamblare sunt scurtați), dar și prinderea cu ajutorul sistemelor complexe cu o înaltă precizie care necesită piese speciale de conectare.

5.2.3. Beton



Fig. 5.10 (a) Sun Moon Lake Centru de vizitare - arh. Norihiko Dan and Associates , Taiwan, 2011¹⁷⁰; (b) Stație de autobuz - arh. Justo García Rubío, Casar de Cáceres, Spania, 2003 ¹⁷¹; (c) Scoala de muzica - arh. Dominique Coulon et associés, Maizière-les-Metz, Franta, 2009¹⁷²

¹⁶⁹ <http://www.archdaily.com/452226/museo-soumaya-fr-ee-fernando-romero-enterprise>, accesat 9.08.2012

¹⁷⁰ <http://www.dezeen.com/2011/02/17/sun-moon-lake-visitor-centre-by-norihiko-dan-and-associates/>, accesat 5.04.2015

¹⁷¹ <http://uk.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2011/december/19/the-12-days-of-architecture-8-casar-de-caceres-spain/>, accesat 5.04.2015

¹⁷² <http://architecture.mapolismagazin.com/dominique-coulon-et-associés-music-school-maiziere-les-metz-maizieres-les-metz>, accesat 5.04.2015

Betonul în arhitectura organică apare în cazul structurilor de plăci curbe subțiri (Fig. 5.10 a,b) datorită comportamentului optim la compresiune prin armare. Avantajele utilizării betonului în construcțiile de origine organică se regăsesc în calitățile sale fizico-mecanice, modelarea în orice formă datorită fluidității caracteristice. Se remarcă însă și câteva dezavantaje în cazul folosirii betonului și anume manopera laborioasă în cazul turnării în cofraje și degradarea în timp datorată corodării oțelului din armături.

Preferința pentru beton a arhitecților se explică și prin prisma imaginii masive și a texturii specifice în cazul structurilor aparente. Betonul poate fi utilizat și doar ca material anvelopant în instanță să de plăci din beton aparent.

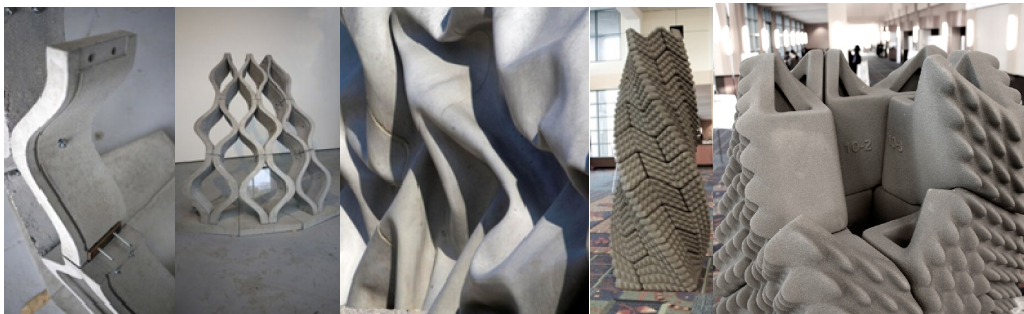


Fig. 5.11 (a,b)Concrete ribbons - arh. Area., 2013 ¹⁷³(c)Crushed Wall- Walter Jack Studio, Cornwall, UK, 2012 ¹⁷⁴(d,e) Quake Column - arh. Emerging Objects, 2014¹⁷⁵

Odată cu apariția tehnicilor aditive precum imprimarea 3D și dezvoltarea uneltelor de proiectare parametrică, betonul a suferit reinterpretări prin creșterea complexității modelării spațiale a elementelor modulare (Fig. 5.11). Astfel, în prezent, accentul cade pe explorarea posibilităților formale modulare pe care betonul le poate îndeplini în funcție de caracteristicile sale fizico-mecanice.



Fig. 5.12 Pavilionul [C]Space - arh. AA School, Londra, UK, 2008¹⁷⁶

¹⁷³ <http://www.area-architecture.com/blog/?p=323>, accesat 11.03.2015

¹⁷⁴ <https://aajpress.wordpress.com/2012/03/28/walter-jack-crushed-wall-concrete-installation-heartlands-cornwall/>, accesat 11.03.2015

¹⁷⁵ <http://www.emergingobjects.com/projects/quake-column/> accesat 11.03.2015

¹⁷⁶ <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74922/2/98271.pdf>, accesat 10.04.2015

Interesul crescut pentru dezvoltarea elementelor prefabricate se regăsește în cadrul practicilor de arhitectură contemporană precum biroul TOPOCAST¹⁷⁷ care a întreprins cercetări referitoare la forme volumetrice ale unor module din beton de panotare a suprafețelor care pot facilita interacțiunea clădirilor cu mediul înconjurător în direcția sustenabilității. Pe de altă parte, anumite proiecte se concentrează pe diminuarea materiei prime a betonului prin transpunerea proprietăților lui sub formă de coli subțiri [109] așa cum s-a experimentat în cazul pavilionului [C]space în 2008 (Fig. 5.12).

Depășirea dezavantajelor specifice betonului este posibilă prin transformarea acestora în oportunități și prin traducerea lor în teme de cercetare teoretică și practică, unde implicarea utilajelor robotizate devine un imperativ.

5.2.4. Căramida

Căramida este un material de construcție cu un preț de producție scăzut și, datorită formei simple, ea nu încorporează tehnologii avansate. Blocurile de cărămidă plină, cu goluri, arșă, nearșă etc., prin particularitatea lor modulară, pot da naștere unei varietăți de forme de suprafețe, goluri sau texturi prin modul de tesere a unităților celulare.



Fig. 5.13 (a) Pavilion la MoMA - arh. The Living, New York, USA, 2014¹⁷⁸; (b) Fațada de cărămidă - arh. Gramazio& Kohler Architects, Pfungen, Elveția, 2012¹⁷⁹; Pavilionul Bricktopia - arh. MAP13, Barcelona, Spania, 2013¹⁸⁰,

Comportamentul optim la forțe de compresiune și sistemul de punere în operă a cărămidilor bazat pe existența blocurilor ca unități modulare, conduc către suprafețe cu arce și bolți (Fig. 5.13 a,c) în cazul funcționării acestora ca sistem structural. În caz contrar, cărămidă ca material neportant prezintă interes pentru arhitecți prin culoarea specifică și a texturilor care pot rezulta din modul de țesere în suprafață a blocurilor de zidărie care vor declanșa efecte vizuale vibrante [110] (Fig. 5.13 b). Exploatarea formală a modurilor de țesere a fost posibilă cu ajutorul uneltelor de proiectare parametrică (Fig. 5.14) care au deschis noi căi de vizualizare și înțelegere a potențialului blocurilor de cărămidă [111]. Țeserea manuală a

¹⁷⁷ <http://topocastlab.com/portfolio/parametric-precaster/>, accesat 12.03.2015

¹⁷⁸ <http://www.dezeen.com/2014/07/01/tower-of-grown-bio-bricks-by-the-living-opens-at-moma-ps1-gallery/>, accesat 21.02.2015

¹⁷⁹ <http://www.rok-office.com/projects/040-programmed-wall/>, accesat 10.04.2014

¹⁸⁰ <http://majesticplumage.blogspot.ro/2013/11/map13-brick-pavilion.html>, accesat 2.02.2015

cărămizilor a fost înlocuită de mijloace avansate tehnologic precum brațele robotizate care asigură o precizie de neegalat în dispunerea materialului constructiv.

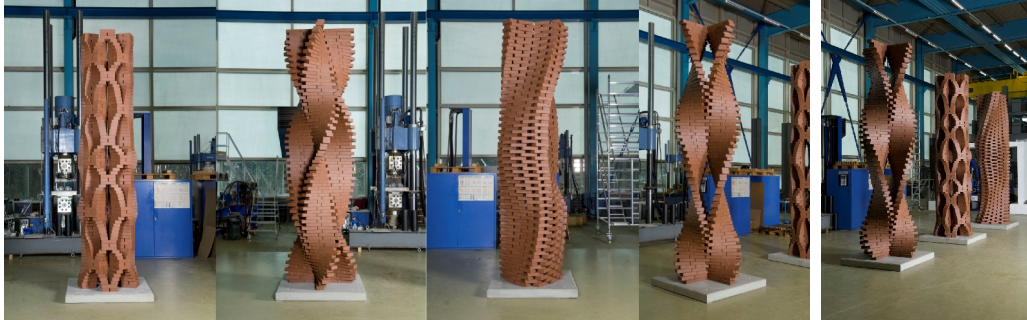


Fig. 5.14 The programmed column 2 - arh. Graamazio Kohler & ETH, Zurich, Elvetia, 2010¹⁸¹

În ceea ce privește porozitatea suprafețelor din zidărie, aceasta poate fi ajustată tot prin modul de țesere și al golurilor rezultate fie din așezarea cărămizilor, fie din eliminarea anumitor unități celulare.

5.2.5. Materiale compozite

Materialele compozite desemnează acele materiale finite obținute prin combinarea a doua materiale brute cu proprietăți diferite, prin fuziunea cărora rezultă un material care încorporează cele mai bune atribute ale celor două [112].

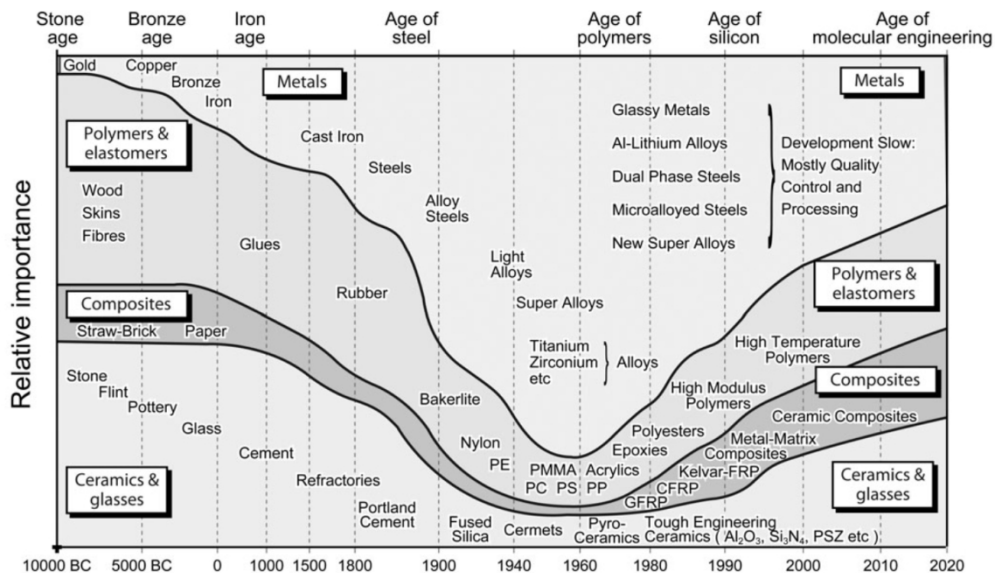


Fig. 5.15 Ilustrație a importanței relative a materialelor de-a lungul timpului¹⁸²

¹⁸¹ <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/lehre/175.html>, accesat 2.02.2015

¹⁸² Figura preluată din cartea "Lightness", autori Adriaan Beukers, Ed Van Hinte, p.14

În figura 5.15, Mike Ashby sintetizează predispoziția arhitecturii pentru utilizarea materialelor constructive de-a lungul anilor, însă odată ce metalul și-a atins apogeul în perioada celui de-al doilea război mondial, materialele compozite au intrat puternic în scenă împreună cu polimeri, ceramică sintetică sau alte materiale similare [113].

În prezent, optarea pentru materiale compozite pare una firească datorită numeroaselor avantaje pe care le înglobează: eficiența energetică, greutate totală redusă, flexibilitate în proiectarea formelor cu geometrii complexe, caracteristici fizico-mecanice optime.

Formele organice arhitecturale cu ale lor volumetrii specifice pot fi realizate cu ușurință prin intermediul materialelor compozite care prin anizotropia caracteristică vor imprima conceptul organic al materialelor naturale, mediului construit. Libertatea de expresie formală (Fig. 5.16) este încurajată de ușurimea modelării și a comportamentului structural al compozitelor care pot avea rol portant (compozite cu fibre de sticlă, carbon sau Kevlar¹⁸³ [114]) sau doar anvelopant pentru închideri.

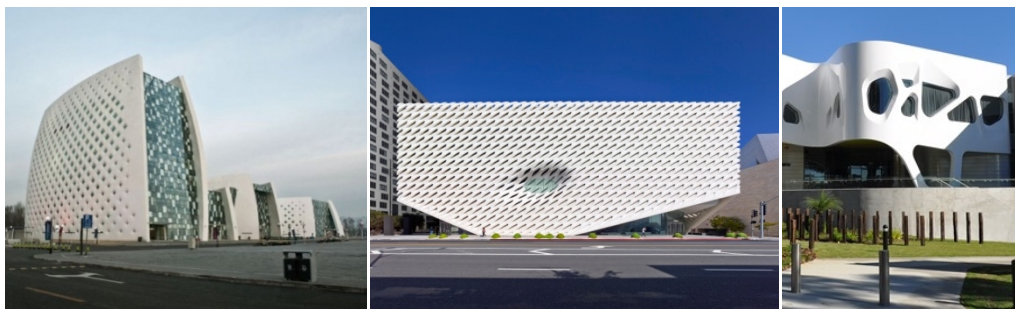


Fig. 5.16 (a) International Strawberry Symposium - arh. DADA Architectural Design + Planning, Changping District, Beijing, China, 2012¹⁸⁴; (b) The Broad Museum - arh. Diller Scofidio + Renfro, Los Angeles, USA, 2015¹⁸⁵; (c) Western Australian Institute of Sport (WAIS) - arh. Sandover Pinder Architects & dwp/suters architects, Mount Claremont, Australia, 1996¹⁸⁶

5.3. Fabricația digitală

Complexitatea formelor organice arhitecturale ridică problema identificării metodelor optime de materializare ceea ce presupune identificarea celui mai eficient proces de implementare al unui proiect. Astfel, odată ce faza de proiectare digitală a modelului este finalizată survine întrebarea: cum construiesc ceea ce am proiectat? Alegerea materialului constructiv și a tehnicii de prelucrare și asamblare a acestuia este crucială deoarece există posibilitatea ca în cazul alegerii greșite a materialului constructiv să se ivească dificultăți în timpul procesării lui sau dacă tehnica de procesare nu operează în conformitate cu proprietățile materialului există riscul de compromitere a întregului demers de materializare și implementare a proiectului.

¹⁸³ Kevlar este prima fibra polimerică introdusă în 1965 de DuPont

¹⁸⁴ <http://www.urukia.com/7th-international-strawberry-symposium-dada-architects/>, accesat 3.03.2015

¹⁸⁵ <http://www.archdaily.com/772778/the-broad-diller-scofidio-plus-renfro>, accesat 2.10.2015

¹⁸⁶ <http://www.compositesaustralia.com.au/ambitious-architecture-with-composites/>, accesat 3.03.2015

Astfel, se observă strânsa legătură dintre material și tehnica de operare cu acesta [115], [116], iar în plus, cu modul de modelare a obiectului de arhitectură propus. Acești trei factori sunt interdependenți și relațiile dintre ei se vor avea în vedere încă de la faza de studiu de soluție în cadrul unui proiect.

Arturo Tedeschi, în cartea sa *Algorithms Aided Design* identifică trei tipuri de tehnici de fabricație: tăieri, operații substructive și aditive [117] la care consideră că mai trebuie menționată o a patra tehnică cea de modelare. Desigur că nu toate tehnicile sunt noi, însă noutatea lor constă în reinterpretarea lor prin intermediul mijloacelor și tehnologiilor care le aplică. Aceste tehnici sunt dependente de utilaje [118] care preiau sarcina procesării și asamblării materialului constructiv datorită înaltei precizii de modelare și dozare a materiei prime. De remarcat este strânsa legătură și asemănarea izbitoare dintre principiile naturale prezentate în primul capitol și cele ale construirii în epoca digitală.

5.3.1. Tăiere

Tehnica tăierii presupune că materialul constructiv se prezintă sub formă de plăci bidimensionale în care sunt aplicate decupaje. Rezultatul acestui proces de tăiere va fi o serie de nervuri sau module plane care în funcție de modul de asamblare vor conduce la definirea tridimensională a volumetriei. Tehnicile de modelare și asamblare în scopul tridimensionalizării sunt: plieri, suprapuneri succesive, îndoiri.

Materialele cărora li se pot aplica tăieri sunt, de regulă, cele care se produc sub formă de plăci, fiind caracterizate prin planeitate. Exemple de astfel de produse sunt plăcile de lemn (furnir, MDF, OSB, etc.), foi de tablă de aluminiu, oțel, plăci din materiale plastice sau compozite.

5.3.1.1. Secționări



Fig. 5.17 Pavilionul Franței la Expo 2015 - arh. XTU Architects, Milano, Italia, 2015¹⁸⁷

Secționările, ca procedeu de fabricație, presupun generarea de contururi succesive de-a lungul unei geometrii complexe în scopul de a aproxima silueta suprafeței folosind o cantitate redusă de material constructiv. Această tehnică se regăsește aplicată chiar și în era predigitală în proiecte precum capela Ronchamp a lui Le Corbusier care pentru construcția acoperișului curbat a descompus structura în 7 grinzi lungi și plate, dar cu contururi diferite [119].

¹⁸⁷ <http://www.dezeen.com/2015/05/06/france-pavilion-xtu-architects-milan-expo-2015/>, accesat 25.06.2015

Prelucrarea conturilor extrase din volumetria de bază se realizează cu ajutorul mașinilor cu comandă numerică datorită preciziei decupajului. Avantajul secționărilor rezidă în simplificarea unei forme complexe într-o serie de elemente plane. Aceste structuri sunt caracterizate de permeabilitate la nivelul structurii care poate fi ajustată prin ritmul secțiunilor succesive (Fig.5.17) care pot fi radiale, simetrice, 1D sau 2D adaptive [120].

5.3.1.2. Mozaicări

Aproximarea suprafețelor cu una sau mai multe curburi se poate face prin intermediul unor module interconectate, unități care pot fi plane sau tridimensionale [121]. Dacă în trecut industrializarea însemna producerea în masă a unui obiect cu o configurație unică, în prezent este posibilă producția în masă a unor obiecte cu configurații diferite. Prin urmare, mozaicarea suprafețelor cu unități constructive de dimensiuni diferite, este lipsită de vreo dificultate în procesarea materiei prime în direcția obținerii acestor componente. În general, accentul cade pe desfășurarea suprafețelor modulelor pentru ca mai apoi să se extragă aceste contururi și asamblate. Consider că această tehnică este mai puțin eficientă din punct de vedere al timpilor de asamblare crescuți și, mai mult, pentru a se eficientiza întreg procesul, se tinde către aproximarea suprafețelor cu un număr cât mai ridicat de module egale.

Porozitatea structurilor mozaicate se obține prin intervenția la nivelul modulului, care poate fi uniformă sau neuniformă prin operații de decupaje (Fig. 5.18). Avantajul, în cazul porozității, reiese din scara redusă a modulelor, unde studiul performanței poate fi întreprins atât în manieră holistică cât și atomică.



Fig. 5.18 Mozaicări de suprafețe cu dublă curbură (a),(b) Voussoir Cloud - arh. Lisa Iwamoto, Los Angeles, USA, 2008¹⁸⁸(c) Pavilionul Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2011¹⁸⁹

5.3.2. Operații de substrații

În natură, (Fig.5.19) operațiile de substrații se întâlnesc la adăposturile create de anumite animale care fac uz de masa materiei prime existente în natură prin excavare. Vizuinele sau cuiburile denotă cunoștințe avansate ale viețuitoarelor

¹⁸⁸ <http://www.iwamotoscott.com/VOUSSOIR-CLOUD>, accesat 5.04.2015

¹⁸⁹ <http://www.achimmenges.net/?p=5123>, accesat 5.04.2015

despre operarea cu masa minerală din mediul înconjurător, dar și despre comportamentul materiei prime și a permisibilității acesteia în direcția excavării.



Fig. 5.19 Substracții ale animalelor: (a) cochilii de scoici în alveole excavate; (b) Cuiburi de păsări excavate în perete vertical

Metoda tăierii exemplificată anterior poate fi considerată o operație de substracție datorită existenței unei suprafețe fixe de material constructiv din care se extrag anumite suprafețe, însă această interpretare implică substracții bidimensionale. Substracțiile volumetrică pe de altă parte se aplică acelor materiale de construcție care încorporează și cea de-a treia dimensiune. În funcție de natura materialului, operațiile de substracție vor fi de mică adâncime (Fig.5.20 a) sau cu profunzime considerabilă în cazul unor piese sculpturale. (Fig.5.20 b)

Un alt factor determinant în alegerea acestei soluții tehnologice este tipul geometriei produsului de arhitectură, deoarece nu toate formele se pot materializa prin frezări. În unele situații, dacă se impune folosirea acestei tehnici, procesarea va avea în vedere descompunerea pe părți componente care vor fi procesate individual și mai apoi asamblate.

Aparatura folosită în cazul substracțiilor volumetrică reunește mașini unelte cu comandă numerică (CNC) cu capete de frezare, utilaje cu 3 axe și comanda numerică care operează cu un fir încins (în cazul materialelor spumoase precum polistirenul expandat) sau brațe robotizate cu o flexibilitate ridicată.



Fig. 5.20 (a) Frezare CNC de mică adancime Parametric Green Screen- arh. MLZDESIGN¹⁹⁰ ; (b) Descompunerea geometriei pe părți componente care după frezare sunt asamblate - La vouë de lefevre - arh.Matter Design, Ohio, USA, 2012¹⁹¹

¹⁹⁰ <http://mlzdesign.com/2014/08/parametric-green-screen-version-1/>, accesat 12.12.2014

¹⁹¹ <http://www.matterdesignstudio.com/la-voute-de-lefevre/>, accesat 22.02.2015

5.3.3. Operații de aditii

Procesul de aditii stratificată presupune adăugarea de straturi succesive pentru a se tridimensionaliza o suprafață. Acest lucru presupune segmentarea pe straturi a unei volumetrii care apoi sunt interpretate ca direcții de dispunere a materialului constructiv [117].

Această tehnică nu este străină viețuitoarelor, dovada fiind modul de realizare a unor cuiburi sau mușuroaiele termitelor rezultate prin adăugarea în straturi a materiei prime constructive (Fig.5.21).



Fig. 5.21 Tehnica aditiei în regnul animal: (a) Cuib de rândunici; (b) Mușuroaie de termite

5.3.3.1. Imprimarea 3d



Fig. 5.22 Pavilionul Radiolaria realizat prin tehnica stereolitografiei arh. Shiro Studio architects, Pontedera, Italia, 2009¹⁹²

Urmărind pricipiile de aditionare a materialului constructiv în regnul animal, s-au dezvoltat tehnologiile de imprimare tridimensională. Utilizarea imprimantelor 3d a devenit deja o practică curentă, iar tehnicile de imprimare diferă în funcție de modul de procesare a materiei prime. La ora actuală există 6 tipuri de tehnici de imprimare [122] și anume: tehnica de stereolitografie, Selective Laser Sintering

¹⁹² <http://www.dezeen.com/2009/06/22/radiolaria-pavilion-by-shiro-studio/#more-33059>, accesat 14.12.2014

(SLS), Fused deposition modeling (FDM), Selective laser melting (SLM), Electronic Beam Melting (EBM) și Laminated Object Manufacturing (LOM). Avantajul acestor tehnici de adăuție rezidă în ușurimea cu care se pot edifica structuri geometrice complexe care, prin tehnici tradiționale de manufactură nu ar fi fost posibil de construit.

Aplicațiile imprimărilor tridimensionale se regăsesec la diverse scări de la piese de dimensiuni reduse ale unor prototipuri până la obiecte la scară umană (Fig.5.22). De remarcac este faptul că și imprimarea 3D permite industrializarea obiectelor cu geometrii complexe și diferențiate, iar materia primă folosită are un întreg arsenal de materiale constructive la dispoziție, de la ciment, ceramică, nylon, nisip până la rumeguș.

5.3.3.2. Țeseri

Porozitatea unei suprafețe poate fi manipulată prin dispunerea materialului constructiv în suprafață. În cazul materialelor fibroase, modul de operare se rezumă la o operație relativ simplă, dar care poate să dezvolte tehnici complexe - țeserea [123]. În regnul animal, țeserea este o practică curentă fie că este vorba despre material constructiv procurat din mediul înconjurător (exemplul cuiburilor de pasăre țesător) fie de materiale secretate (de exemplu pânza de paianjen sau mătasea folosită la construcția coconilor) (Fig.5.23).



Fig. 5.23 (a) Țeserea paianjenului de apă; (b) Cuib de pasăre; (c) Vierme de mătase cu cocon țesut

În arhitectură, materialul constructiv fibros este regăsit sub forma fibrelor de carbon (Fig. 5.24), cabluri de oțel, fibre textile sintetice care pot avea rol structural, decorativ (articulări de suprafețe), sau pe post de sisteme anvelopante. Așa cum am văzut în capitolul precedent țeserile pot fi uniforme sau neuniforme, unde dozarea materialului constructiv va avea în vedere necesitățile de comportament structural ale construcției, proces asemănător cu fenomenele întâlnite în natură.

Țeserea, ca proces adăuționar, nu se referă strict la materialele fibroase ci și la materiale modulare precum cărămidă, unde așezarea blocurilor de cărămidă este cea care determină textura, porozitatea/ permeabilitatea suprafețelor (Fig.5.25a).

În prezent, țeserea materialelor constructive fibroase se bazează în mare parte pe modelarea cu ajutorul brațelor robotizate. Motivul pentru care se optează pentru folosirea acestei tehnologii este precizia cu care se manipulează materialul constructiv și flexibilitatea în generarea formală (Fig.5.25 b,c).

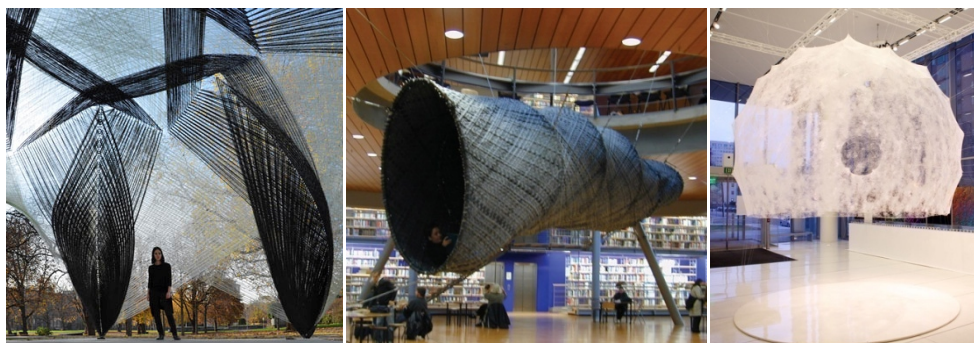


Fig. 5.24 (a) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2011¹⁹³; (b) "Cocoon"-arh. DUS, Delft, Olanda, 2012¹⁹⁴(c) "Silk Pavilion" - arh. MIT Media Lab, 2013¹⁹⁵

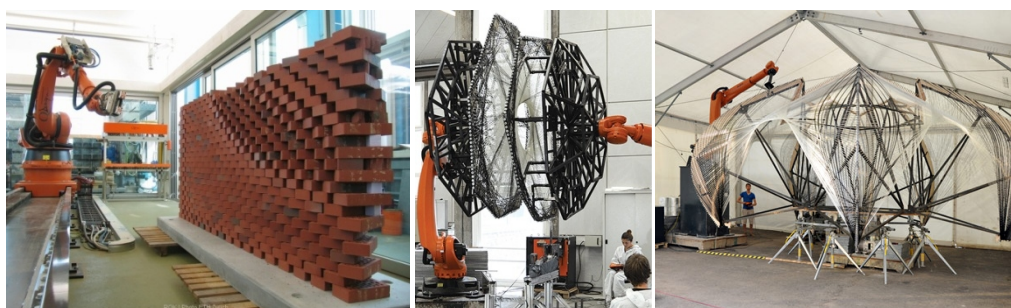


Fig. 5.25 Braț robotizat care pune în operă materialul constructiv (a) The Programmed Wall Gramazio Kohler, Zurich, Elveția, 2012¹⁹⁶(b) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2014; (c) Pavilion Experimental - arh. ICD / ITKE University of Stuttgart, Stuttgart, Austria, 2011

5.3.3.3. Modelări

Modelarea presupune operarea cu un material care permite realizarea de diverse forme prin modificarea volumetriei la acțiunea unor agenți externi precum forță aplicată (plieri, îndoiri) sau schimbări ale mediului în care sunt procesate (temperatura în cazul materialelor care trec din stare lichidă în cea solidă).

Modelarea materialului de construcție și setarea gradientului de porozitate al său se poate realiza cu ajutorul unor matrițe care pot fi personalizate în funcție de necesități. Folosirea matrițelor implică definirea unui conținător suport care funcționează ca negativ și o materie primă ușor modelabilă care are capacitatea de a trece de la stare lichidă la cea solidă, proces care are drept finalitate piese cu forme bine definite. Cementul, gipsul sau anumite mase plastice sunt câteva exemple care pot fi modelate prin turnare în matrițe. În domeniul arhitecturii,

¹⁹³ <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>, accesat 17.01.2015

¹⁹⁴ <http://www.dusarchitects.com/projects.php?categorieid=interiors&projectid=cocoon>, accesat 17.01.2015

¹⁹⁵ <http://matter.media.mit.edu/environments/details/silk-pavillion>, accesat 17.01.2015

¹⁹⁶ <http://www.infrastructure-intelligence.com/article/nov-2014/new-robots-will-revolutionise-built-environment>, accesat 1.02.2014

această tehnică a fost utilizată la scară mare în anul 2000 de către Gehry Partners prin construirea pereților cu geometrii complexe din beton armat [124]. Raportarea la conceptul de porozitate, va pune accentul pe studiul formal al matritelor folosite.

În Fig.5.26 sunt ilustrate două exemple de elemente de panotare modulare unde modulul folosit nu este constant din punct de vedere dimensional, iar porozitatea aplicată fiecăruia este neuniformă.



Fig. 5.26 (a) P-Wall - arh. Matsys, San Francisco, USA, 2009¹⁹⁷; (b) SeatSlug - arh. Rael_San Fratello Architects, San Francisco, USA, 2011¹⁹⁸

5.3.3.4. Plieri

Aripile păsărilor sau epiderma anumitor animale dețin proprietatea de expandabilitate prin care se poate crește suprafața sau volumul structurii anatomice (Fig.5.27).



Fig. 5.27 Exemple de plieri din regnul animal

Plierea suprafețelor în sistem drept sau curb (Fig.5.28) are multiple beneficii: comportament structural optim prin folosirea de materiale constructive plane, utilizare rațională a materialului constructiv sau generarea de suprafețe / volumetrii cu un aspect puternic vibrat.

Porozitatea acestor suprafețe, dat fiind faptul că procedeul plierii presupune operarea cu suprafețe continue se obține prin tehnica decupajului în câmpul plierilor sau prin gradul de transparență și iluminarea obiectului de arhitectură.

¹⁹⁷ http://matsysdesign.com/2009/08/11/p_wall2009/, accesat 1.02.2015

¹⁹⁸ <http://concretely.blogspot.ro/2011/09/3d-printed-concrete-bench.html>, accesat 1.02.2015



Fig. 5.28 (a) Pleats.M - arh. Hironaka Ogawa & Associates, Saitama, Japonia, 2012¹⁹⁹; (b) Arum - arh. Zaha Hadid Architects, Venetia, Italia, 2012²⁰⁰; (c) ShellLace Structure - arh. Tonkin Liu, Londra, UK, 2014²⁰¹

5.4. Concluzii

Prezentul capitol a avut scopul de a susține fezabilitatea realizării de structuri arhitecturale de origine organică care încorporează proprietatea de porozitate. Se poate observa cu ușurință că triada alcătuită din uneltele de proiectare, materialul constructiv și fabricația piesei de arhitectură presupune comunicarea constantă între aceste elemente, iar progresul tehnic și tehnologic fără precedent la care suntem martori facilitează dialogul dintre aceste trei entități.

Studiul uneltelor disponibile de proiectare are rolul de a evidenția faptul că arhitectul are la dispoziție un set complet de instrumente de modelare, iar sarcina lui este de a le stăpâni. Cunoașterea uneltelor de modelare cu ajutorul calculatorului și stăpânirea liniei curbe înlătură orice motiv de a evita formele arhitecturale cu geometrii complexe. Odată ce aceste instrumente devin familiare arhitectului, singura barieră este capacitatea sa de creativitate.

Materialelor constructive tradiționale, așa cum am putut observa în rândurile de mai sus, li s-au imprimat noi moduri de interpretare în timp ce noile materiale constructive s-au născut odată cu progresul tehnologiei digitale. Astfel, inovația este definită prin reinterpretarea proprietăților și procesării materialelor constructive la care se adaugă apariția noilor materiale datorită mijloacelor tehnologice avansate. Autoasamblarea materialelor (caracteristică unor structuri naturale) este un deziderat major în arhitectură evitându-se astfel faza de asamblare manuală care poate dura o perioadă considerabilă de timp ceea ce constituie un mare dezavantaj în cazul existenței unui termen strâns. Dezvoltarea domeniului materialelor de construcție se concentrează în prezent la scara nano a componentelor, existând numeroase experimente care studiază fezabilitatea autoasamblării. Folosirea roboților este însă o altă practică curentă care vine în întâmpinarea dificultăților de asamblare.

Fabricația formelor arhitecturale organice conține diverse metode care pot fi folosite fie în exclusivitate fie mixate, lucru care se întâmplă în cele mai multe

¹⁹⁹ <http://www.archdaily.com/office/hironaka-ogawa-associates>, accesat 6.03.2015

²⁰⁰ <http://www.designboom.com/architecture/13th-international-architecture-exhibition-arum-by-zaha-hadid/>, accesat 6.03.2015

²⁰¹ <http://www.archdaily.com/551062/shell-lace-structure-tonkin-liu-s-nature-inspired-structural-technique>, accesat 6.03.2015

cazuri. Noile tehnologii de prelucrare a materiei prime incită spre experimentare constantă în materie de studiu al formei.

Contribuțiile autorului din prezentul capitol se regăsesc prin raportarea la obiectivele stipulate la începutul capitolului și anume:

- Evidențierea uneltelor de proiectare digitală și a beneficiilor acestora în ceea ce privește forma organică arhitecturală și implicit porozitatea acesteia;
- Detalierea relației dintre formă și material constructiv în epoca digitală, cu specificarea mijloacelor de reinterpretare a materialelor tradiționale, dar și cu sublinierea importanței dezvoltării materialelor compozite;
- Reluarea tehnicilor specifice de construire a formelor organice arhitecturale prin prisma noilor tehnologii de fabricație digitală;
- Stabilirea unor direcții viitoare de cercetare în domeniul tehnic și tehnologic al arhitecturii organice.

6. STUDII DE CAZ

OBIECTIVE

- Fixarea părții teoretice prin exemplificare aplicativă
- Enunțarea avantajelor și dezavantajelor fiecărui caz
- Stabilirea direcțiilor viitoare de studiu pornind de la cazurile prezentate

Porozitatea ca și concept arhitectural, așa cum s-a evidențiat în capitolele precedente, poate fi interpretată în diverse moduri și aplicată la multiple componente arhitecturale, în funcție de cerințele și constrângerile din tema de proiectare. Următoarele studii de caz au rolul de a fixa partea teoretică prin exemplificarea potențialului aplicativ al acestui tip de abordare alternativă în arhitectura bazată pe studiul exemplelor oferite de regnul animal.

Prezentarea acestor studii de caz este organizată în jurul factorilor care au contribuit la obținerea produsului finit de arhitectură: tema de proiectare, conceptul, volumetria, uneltele de proiectare și analiza rezultatelor obținute sub forma unor concluzii atât prin prisma avantajelor și dezavantajelor, cât și prin trasarea unor direcții viitoare de studiu.

▪ Tema de proiectare

În funcție de natura provenienței cerințelor de proiectare, ale elementelor variabile și a constrângerilor contextuale, temele de proiectare ale următoarelor studii de caz se pot împărți în 3 categorii:

- tema autoimpusă;
- tema impusă de către beneficiar, dar cu posibilitatea de a rezolva doar o parte din problematica generală;
- tema impusă de beneficiar real, cu cerințe, variabile și constrângeri neflexibile în interpretare.

Primul tip de temă de proiectare are un caracter autodidact și puternic experimental datorită propriei setări a problematicii, al doilea aduce în scenă constrângerile impuse de o locație reală și problemele existente acolo, iar al treilea tip poate fi privit ca o fuziune a primelor două la care se mai adaugă ingredientul de proces de materializare survenit din faptul că proiectul este unul real implementat.

▪ Conceptul

Fiecare caz explorează conceptul de porozitate în arhitectură prin studiul modelelor aparținând naturii organice, unde sursele de inspirație au fost extrase din cele trei categorii de componente ale faunei cu relevanță în creația arhitecturală: structura anatomică a vietăților (spongier), structurile constructive temporare (ouă) și permanente ale acestora (cuib). Scopul acestei selecții este de a susține ideea conform căreia porozitatea în natură apare în toate formele naturale de organizare, ca mijloc de dialog între spațiu interior și cel exterior, între structură și material constructiv.

În această fază se impune, pe lângă analiza modelelor naturale, studiul de exemple relevante deja construite pentru observarea mijloacelor creative (prin teoria de arhitectură și uneltele de aplicare ale sale) și tehnologice de materializare a conceptului.

Prin însumarea informațiilor selectate în urma analizei modelului natural, ale documentației conținătoare de exemple construite și ale constrângerilor contextuale se conturează baza de lucru necesară etapei de studiu de soluție.

- **Volumetria**

Obiectul de studiu este volumetria și cum poate aceasta să ofere răspunsuri optime la anumite cerințe impuse de tema de proiectare. Cuvântul cheie în această etapă este "optimizarea" geometriei ținând cont de datele de la care se pornește cu studiul.

Configurația volumetrică finală reiese în urma testării altor volumetrii premergătoare, aplicându-se astfel procedeul specific naturii de încercări și erori, un fel de selecție naturală simulată. Așadar, se consideră necesară figurarea acelor variante prin care s-a trecut până la obținerea variantei capabilă să răspundă cât mai eficient dezideratelor care reunesc atât cerințele temei de proiectare cât și cele de plastică arhitecturală. Testarea validității unei volumetrii se face prin analiza valorilor parametrilor de la care s-a inițiat studiul și gradul de conformitate al acestora cu cerințele de performanță.

- **Uneltele de lucru**

Creionarea acestor propuneri a devenit posibilă datorită uneltelor de proiectare parametrică, care au furnizat în timp real informații despre morfologia volumetriilor, facilitând procesul de căutare formală. Astfel, stăpânirea acestora devine un imperativ în cazul formelor organice arhitecturale datorită geometriilor uneori mult prea complexe pentru a putea fi imaginate într-un timp scurt în forma lor finală.

Selecția instrumentarului de lucru este un pas crucial în procesul de proiectare deoarece uneltele selectate pot avea în același timp și un impact pozitiv și unul negativ asupra actului de creație. Astfel, în cazul în care unealta digitală de lucru devine o extensie a imaginației, favorizând transpunerea unei idei într-un format transmisibil și ușor de decodat de către alții (clienți, colaboratori) avem de-a face cu situația pozitivă în care unealta mediază dialogul între lumea imaginară și cea reală. Pe de altă parte, există riscul ca obiectul de arhitectură să fie rodul limitărilor uneltelor de proiectare digitală, dar în acest caz nu se mai poate pune problema existenței unui discurs/ concept care să susțină rezultatul.

- **Concluziile studiilor**

Finalizarea unui proiect nu înseamnă implicit încheierea misiunii de cercetare în acea direcție. Din contră, prin analiza obiectivă a rezultatelor obținute, cu identificarea avantajelor și a dezavantajelor se pot trasa noi direcții de cercetare.

Sistemul de încercări și erori atât de specific lumii naturale a condus la perfecționarea unor sisteme capabile să răspundă în termeni optimi agenților care acționează asupra lor. Astfel, acest mod de găsire a formei optime se poate extrapola și în domeniul arhitecturii considerând fiecare proiect o iterație într-un demers de găsire a unei forme optime.

Caracterul experimental al proiectelor din acest capitol deschide noi căi de studiu în direcția generării formale în arhitectură precum sisteme de anvelopare optimizate în funcție de acțiunea agenților de mediu, utilizarea rațională a materialului constructiv și inserarea în context a formelor organice alternative. Toate aceste deziderate constituie teme de cercetare extrem de actuale în contextul arhitecturii contemporane.

6.1. Studiu de caz 1 - EXPANDED POROSITY (POROZITATE EXPANDATĂ)

Cuvinte cheie: acustică, porozitate, expandare, optimizare

Proiectul Expanded Porosity (Porozitate expandată) a fost dezvoltat în cadrul workshop-ului Lăcuste în Eter 4.0 (iulie 2015, Timișoara), sub îndrumarea trainerilor și cu ajutorul echipei din care am făcut parte. Contribuția personală se regăsește la toate palierele de proiectare: generarea conceptului, stabilirea sursei de inspirație, și studiul volumetric.

6.1.1. Tema de proiectare

Datele temei de proiectare solicită rezolvarea anumitor probleme legate de iluminat, acustică, acoperire și marcarea unui posibil loc de scenă în caz de concert în curtea cafenelei Aethernativ din Timișoara (Fig. 6.1).

Proiectul Expanded Porosity încearcă să rezolve integral problema acusticii curții interioare și parțial necesitatea de acoperire și marcaj al locului cu funcțiunea de scenă. De remarcat este faptul că principiul ilustrat în acest caz poate fi adaptat la orice context având în vedere că, deși studiul este prezentat într-un context specific, esența abordării geometrice generative permite adaptarea, fără efort sau modificări aduse instrumentului de producție a formei, la orice context sau premisă similară.



Fig. 6.1 Imagini ale curții interioare a cafenelei Aethernativ, Timișoara

6.1.2. Concept

Studiul pornește de la analiza unui model natural și anume structura oului (corion) cărăbușului de castravete. Imaginea corionului văzută la microscopul electronic cu scanare (SEM) indică prezența a două straturi funcționale: primul layer reprezintă partea structurală - osatura, în timp ce al doilea strat este alcătuit din entități poroase care funcționează drept săculeți de aer ce permit depozitarea unor spori [125] (Fig. 6.2). Selecția acestui model natural de structură constructivă temporară s-a realizat din considerente ce țin de natura geometriei corionului, un sistem ierarhic și modular.

Primul layer se prezintă sub forma unei rețele hexagonale neregulate (în natură rareori formele geometrice sunt regulate din simplul motiv ca acestea sunt supuse acțiunii agenților externi de mediu care impun deformarea). Celulele acestei rețele au un contur aproximativ circular rezultat din grosimea variabilă a muchiiilor rețelei hexagonale.

În cel de-al doilea layer se remarcă creșterea porozității prin subdivizări ale rețelei principale, micșorându-se astfel materialul constitutiv și creșterea numărului spațiilor libere odata cu micșorarea suprafeței golurilor.



Fig. 6.2 (a)Cărbăușul de castravete; (b)ouă ale cărbăușului de castravete; (c) imagine a structurii oului (corionul) obținută cu ajutorul microscopului electronic cu scanare (SEM)²⁰²

Se poate observa astfel două tipuri de porozități: porozitatea în masa anvelopei rezultată din rețeaua principală și porozitatea celulară dobândită la nivel de modul. Oul, ca structură constructivă temporară, trebuie să îndeplinească multiple funcțiuni: de protecție pe perioada de incubare, să asigure comunicarea dintre embrion și mediul extern, dar și să ofere un mediu intern optim pentru dezvoltarea larvei.

Principiul structural și funcțional al corionului poate fi translatat la scară arhitecturală în scopul optimizării acusticii unui spațiu prin intermediul unei rețele alcătuite din celule capabile să reflecte sau să absoarbă sunetul.

6.1.3. Volumetrie

Odată extrase informațiile furnizate de modelul natural, s-a realizat o selecție de proiecte deja executate cu relevanță pentru acest studiu de caz. Cele două exemple care s-au analizat sunt "Pavilion for one summer" din Austria (Fig. 6.3) și pavilionul "Digital weave" instalat în Muzeul de Artă Contemporană din San Francisco (Fig. 6.4).

Relevanța acestora în proiectul de față constă în următoarele aspecte:



Fig. 6.3 "Pavilion for one summer", Austria, University of Innsbruck împreună cu Manuel Fabian Hartmann, 2013²⁰³

- primul proiect se inspiră din structura cochiliei ariciului de mare care este structurată după o grilă hexagonală [126]. Imprimând această divizare hexagonală a suprafeței se generează module cu baza hexagon care se extrudează de-a lungul normalelor fiecărei celule, dând naștere unor suprafețe tronconice. În plus, pentru că structura să aibă o greutate redusă s-au folosit coli de furnir. Elementele care au fost reținute din acest exemplu pentru proiectul Expanded Porosity sunt: modelarea

²⁰² http://midsouthentomologist.org.msstate.edu/Volume3/Vol3_2_html_files/Vol3_2_001.html, accesat 10.07.2015

²⁰³ <http://www.karamba3d.com/small-wooden-building-pavillon-in-alberschwende/>, accesat 10.07.2015

unei suprafețe cu dublă curbură prin intermediul unei rețele hexagonale, chiar dacă materialul folosit este o suprafață cu grosimea mică s-a obținut o anvelopă structurală tridimensională;

- cel de-a doua proiect informează despre cum se pot obține suprafețe tridimensionale pornind de la cele bidimensionale exploatând cea mai simplă tehnică de prelucrare a unei suprafețe - tăierea. De remarcat este faptul că tăierea este doar parțială și repetitivă astfel încât o suprafață plană este tridimensionalizată.

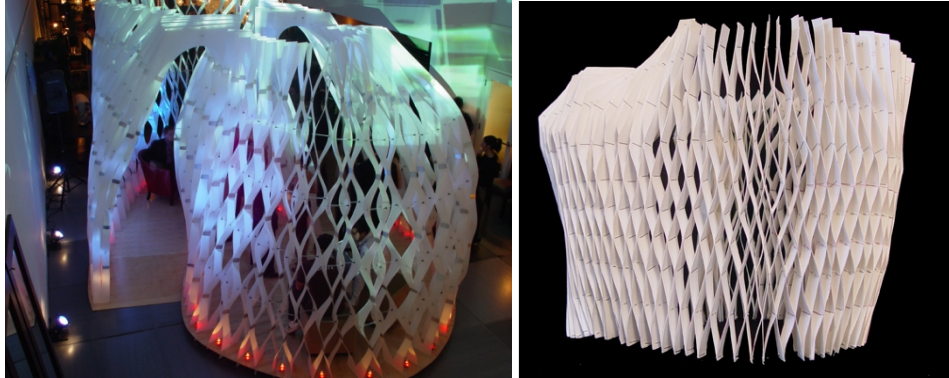


Fig. 6.4 "Digital Weave", San Francisco MOMA, arh. Lisa Iwamoto²⁰⁴

Suprafața propusă are scopul de a marca locul scenei și de a gestiona optim traseul undelor sonore în spațiul curții interioare.

Configurația volumetricii propuse are în vedere constrângerile și cerințele locației:

- circulațiile interioare (tranzitul între gang- spațiu interior cafenea, gang-casa de scară și cel între diversele puncte de acces în restul spațiilor de la nivelul parterului);
- determinarea locului optim pentru "scenă";
- zona cea mai îndepărtată de scena poate fi o zonă expusă fenomenului de ecou.

Procesul de căutare formală are două componente: prima componentă este structura principală, iar a doua componentă este forma prin care se rezolvă acustica locului la nivel modular.

Folosind datele extrase din modul de organizare a structurii corionului, suprafața propusă va fi modulată prin intermediul unor celule hexagonale neregulate ale căror gabarit este dictat de poziția în cadrul rețelei și a încărcărilor la care aceasta este supusă. Pentru aflarea formei optime s-a recurs la analiza mai multor geometrii spațiale (Fig. 6.4). Etapele de studiu volumetric s-au concentrat pe incorporarea unor răspunsuri optime la cât mai multe cerințe impuse de tema de proiectare. Exemplele de configurări volumetric prezentate în Figura 6.4 sunt antemergătoare soluției finale și ele nu au reușit să răspundă eficient nici cerințelor temei și nici constrângerilor specifice amplasamentului. Iterațiile formale generate au încercat diverse tipuri de ancorare, modulări ale suprafeței (modulări pe sistem triunghiular, rectangular, pentru ca în cele din urmă să ne concentrăm asupra sistemului hexagonal) și tipuri de gesturi formale care să marcheze locul de scenă. Chiar dacă ele nu au fost satisfăcătoare din mai multe puncte de vedere, variantele

²⁰⁴ <http://www.iwamotoscott.com/DIGITAL-WEAVE>, accesat 13.07.2015

volumetrică au contribuit pozitiv la stabilirea variantei finale prin problematicile pe care le ridicau.

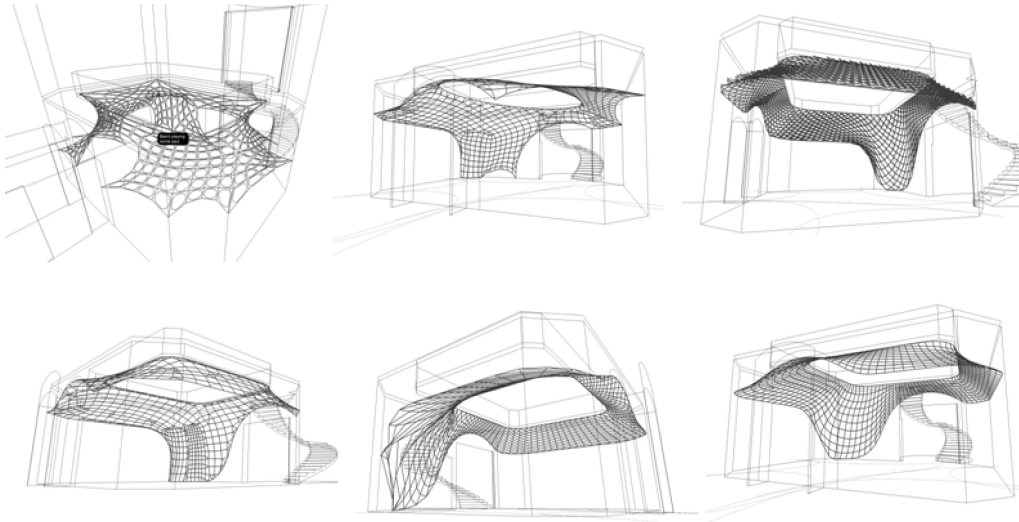


Fig. 6. 6.5 Ilustrații cu iterațiile formale care s-au dezvoltat de-a lungul procesului de generare formală, demers care a studiat diverse moduri de ancorare și de relaxare a structurii propuse (contribuție personală)

Din punct de vedere formal, structura propusă este ancorată de perimetrul curșivei de la primul nivel și urmărește planul închiderilor laterale ale curții de la nivelul parterului, având fluctuații ocazionale în zonele cu punctele de acces în incintele adiacente. Locul scenei este marcat prin coborârea până la nivelul pardoselii a rețelei hexagonale, iar pentru asigurarea unei înălțimi libere optime în această zonă s-au mai adăugat puncte de ancorare în intradosul curșivei.

Cea de-a doua componentă, la fel ca și în cazul corionului, este celula din interiorul rețelei hexagonale.

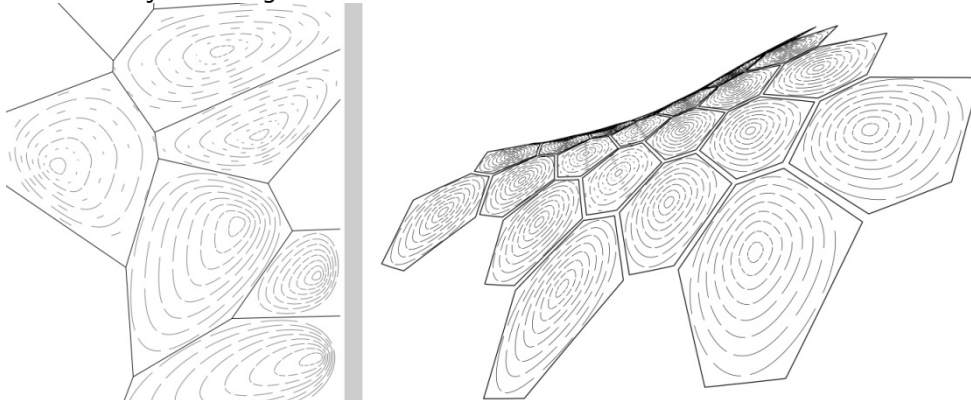


Fig. 6.6 Vedere frontală a unei serii de celule constitutive extrase din sistemul propus; vedere axonometrică a celulelor hexagonale pe suprafața cărora sunt figurate tăieturile necesare pentru expansiunea lor (contribuție personală)

Structura este alcătuită din celule hexagonale care modulează și urmăresc curburile suprafeței. În interiorul fiecărui modul al rețelei sunt prevăzute tăieturi concentrice astfel încât se permite expansiunea suprafeței plane ale celulei. (Fig. 6.6). Aceste tăieturi, în funcție de poziția celulei din care fac parte vor avea un nucleu central sau situat excentric. Acest detaliu are implicații asupra direcției în care se reflectă unda sonoră.

Figura 6.6 indică modalitatea prin care se poate tridimensionaliza suprafața plană prin aplicarea de tăieturi segmentale.

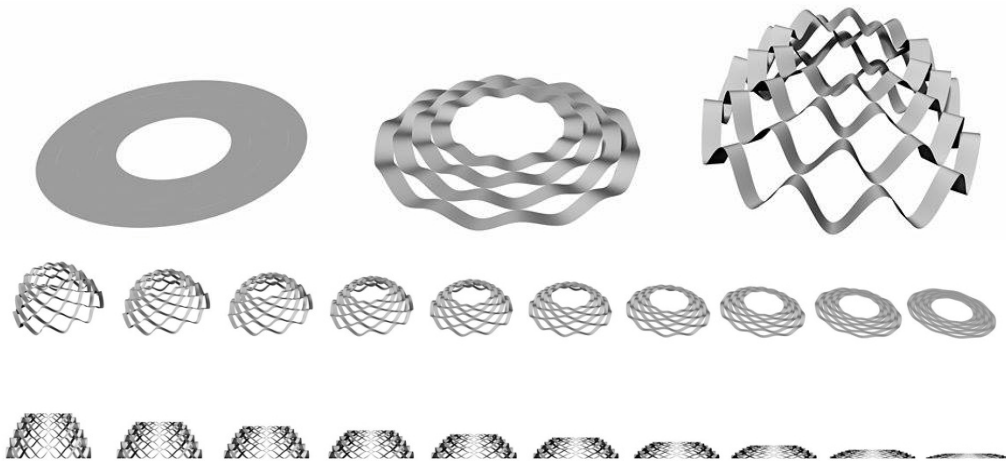


Fig. 6.7 Imagini axonometrica și frontală ale diverselor grade de expansiune ale celulelor hexagonale (contribuție personală)

Ca și imagine generală, rețeaua hexagonală din zona locului scenei se va percepe opacă datorită lipsei expansiunii celulelor și a absenței tăieturilor, iar pe măsură ce structura se îndepărtează de acest loc vor apărea tăieturi în celulele rețelei. Se poate discuta despre un gradient de transparență în cadrul căruia există 2 tipuri de asocieri de contraste: opac-bidimensional și translucid-tridimensional.

Fig. 6.7 oferă informații referitoare la configurația volumetrică finală și la gradientul de porozitate în masa acesteia.

Deschiderile celulelor se realizează în funcție de distanța față de emițător/scena - o deschidere mică (porozitate redusă) asigură reflexia sunetului în timp ce o deschidere mare (porozitate ridicată) va absorbi sunetul eliminând posibilitatea apariției ecoului. (Fig. 6.8)

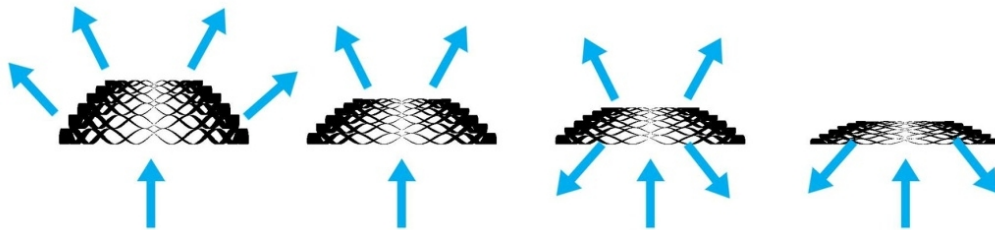


Fig. 6.8 În funcție de gradul de deschidere al celulelor hexagonale sunetul poate fi absorbit sau din contră, reflectat. Gradientul de porozitate este setat în funcție de proximitatea față de emițătorul undelor sonore (contribuție personală)

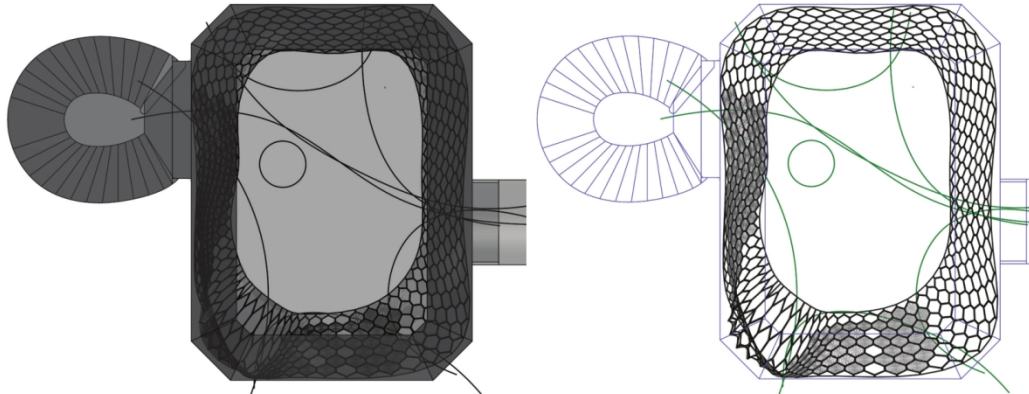


Fig. 6.9 Planuri ale curții interioare cu evidențierea tipului de ocupare și ancorare ale structurii propuse (contribuție personală)

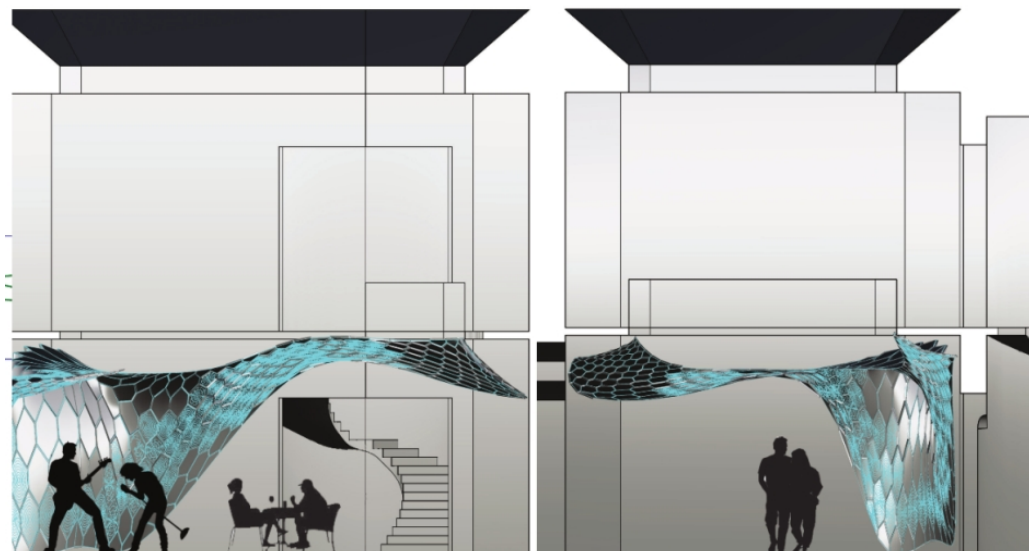


Fig. 6.10 Secțiune longitudinală și transversală cu evidențierea structurii propuse și modul de relaționare cu scara umană și funcțiile existente (contribuție personală)

Forma volumetrică finală este rezultatul circulațiilor prezente în cadrul curții interioare (Fig. 6.9) care se stabilesc între căile de acces în spațiul interior al cafenelei, ele ținând cont de existența anumitor elemente de tip obstacol precum poziția relativ centrală a copacului (marcat pe plan cu un cerc). În ceea ce privește marcarea locului de scenă am optat pentru ridicarea anvelopei și ancorarea la partea superioară a nivelului parterului, zona în care se poate introduce un sistem de iluminat local care va accentua locul.

Secțiunile din Fig. 6.10 ilustrează modul de relaționare atât cu scară umană a structurii propuse cât și cu dimensiunile golului de acces către casa de scară. Simulările fotorealiste (Fig. 6.11) indică modularea hexagonală și sunt figurate celulele în interiorului cărora se vor aplica tăieturile concentrice.

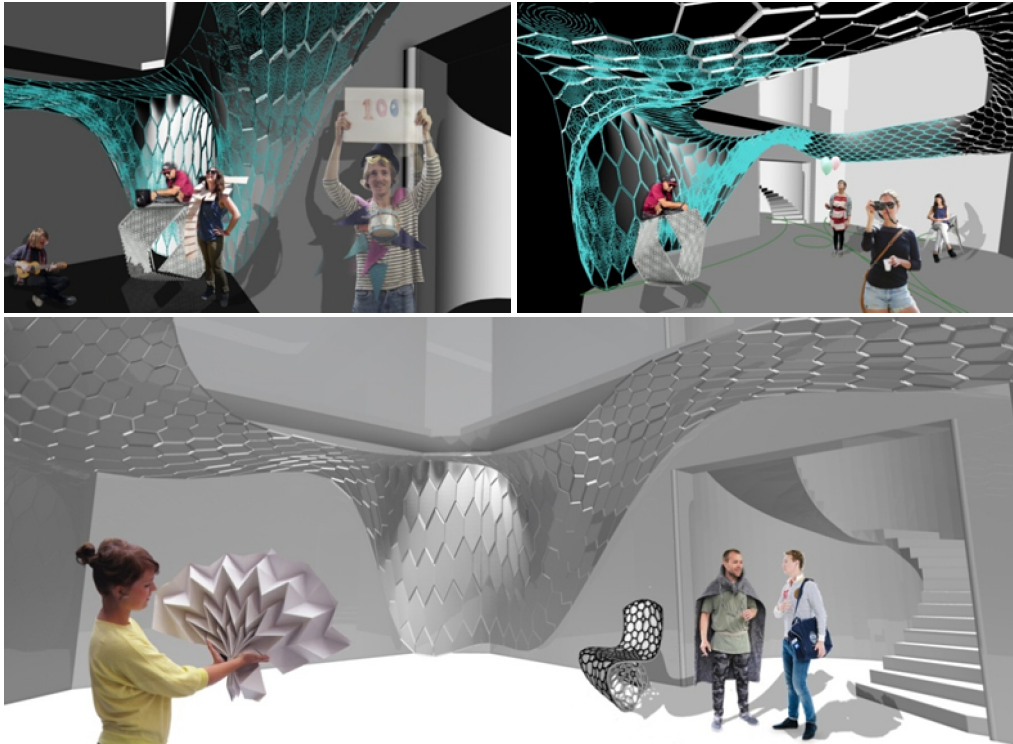


Fig. 6.11 Simulări fotorealiste (contribuție personală)

6.1.4. Tehnologia

Procesul de generare formală a pornit de la stabilirea punctelor de ancorare ale structurii care se regăsesc la nivelul planului de călcare de la cota 0.00 (zona scenei), planurilor laterale și al planșeului parțial (cursiva) existent. Odată stabilite ancorele, structura prinsă în acestea a fost relaxată cu ajutorul unelei Kangaroo Live Physics Engine (Fig. 6.12).

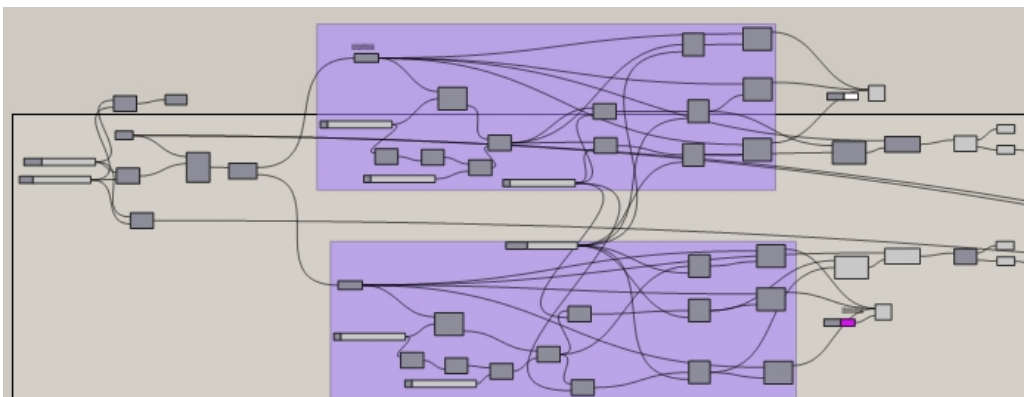


Fig. 6.12 Extras din definiția algoritmului din Grasshopper pentru tăierea celulelor

Analiza raspunsului porozității volumetricii la intersecția cu undele sonore s-a efectuat cu unealta Sonic, iar pentru optimizarea distribuției în suprafață a tăieturilor s-a utilizat Galapagos.

Fabricarea acestei structuri presupune decuparea la CNC a fiecărei celule în parte în interiorul căreia se aplică tăieturile concentrice după caz.

Materialul din care se dorește materializarea soluției propuse este tabla zincată lisă, iar fiecare celulă hexagonală se va interconecta cu vecinătățile prin prinderi în nituri. În prealabil este nevoie de un test pe suprafață redusă pentru a verifica comportamentul materialului constructiv, iar în cazul tablei zincate există riscul să se producă vibrații la contactul cu undele sonore.

6.1.5. Concluzii

Această propunere explorează tipologia de structuri poroase la nivel celular și modul în care porozitatea poate spori calitățile acustice ale unui spațiu. Practic, s-a creat o suprafață care funcționează în același timp și drept material fonoabsorbant, dar și ca material reflectant.

În acest studiu de caz se demonstrează aplicabilitatea conceptului de porozitate celulară și fezabilitatea unei astfel de abordări în mediul construit.

Metoda de valorificare a formei naturale model este cea a adaptabilității formale deoarece a fost analizată structura formei naturale, iar interesul pentru conturul general volumetric al corionului a fost scăzut. Studiindu-se un extras din structura corionului s-a optat pentru o traducere creativă în limbaj arhitectural, fără ca produsul finit să facă trimitere directă către modelul natural de la care s-a pornit.

Avantaje:

- Prin modulare se poate configura aproape orice volumetrie;
- Posibilitatea de automatizare a expandării;
- Porozitate ajustabilă;
- Consum rațional de material constructiv datorită tridimensionalizării prin expandare a unei suprafețe plane;
- Nu necesită mână de lucru calificată pentru asamblare;

Dezavantaje:

- este necesară optimizarea formei celulelor astfel încât să rezulte un număr cât mai mare de celule cu formă identică;
- perioadă lungă de timp pentru asamblarea pieselor;
- necesită prelucrare la CNC, proces ce poate fi costisitor, în funcție de lungimea tăieturilor;

Așa cum am menționat și în partea introductivă a acestui capitol, chiar dacă un proiect se finalizează nu înseamnă că se încheie misiunea de cercetare în domeniul respectiv, din contră, se deschid noi căi de cercetare viitoare.

În situația proiectului Expanded Porosity, direcțiile viitoare de studiu ar putea fi următoarele:

- tipuri de optimizări ale suprafețelor poroase expandabile;
- eficientizarea expandării prin tăiere și pe alte contururi închise sau deschise (contur rectangular sau direcții continue, de exemplu sisteme de spirale)
- studii despre performanța acestor sisteme expandabile în cazul interacțiunii cu agenții externi de mediu (radiație solară, vânt, ploaie, zăpadă) cu posibilitatea integrării lor la nivel de anvelopă;
- aplicațiile gradientului de porozitate expandabilă și în alte domenii mai mult sau mai puțin conexe cu arhitectura;

- aplicarea de senzori (cu ajutorul plăcii de control Arduino) asupra unei astfel de structuri poate să o transforme într-o instalație interactivă cu mediul în care se amplasează, oferind răspunsuri în timp real nevoilor de absorbție sau reflexie a undelor sonore.

6.2. Studiu de caz 2 - OPTIMIZAREA UNEI SUPRAFEȚE DE ACOPERIRE

Cuvinte cheie: porozitate, burete de mare, anvelopă, radiație solară

Proiectul "Roof surface optimization depending on daylight and solar radiation" a fost dezvoltat în cadrul workshopului "How we can design a form that we can't imagine?" (București, 2013), sub îndrumarea trainerilor și cu ajutorul echipei din care am făcut parte și continuat individual. Contribuția personală se regăsește la toate palierele de proiectare: generarea conceptului, stabilirea sursei de inspirație, și studiul volumetric.

6.2.1. Tema de proiectare

În acest caz nu există un beneficiar real care a solicitat acest studiu, ci este o inițiativă proprie de cercetare despre cum se pot genera suprafețe optimizate din punct de vedere al luminii naturale și al radiației solare. Chiar dacă specificul cercetării este pentru suprafețe care servesc drept cea de-a 5-a fațadă (sisteme de acoperire), ea poate fi ușor aplicată și în cazul închiderilor laterale ale unui obiect de arhitectură sau la nivelul spațiului interior.

Premisele de la care se pornește sunt:

- existența unor puncte fixe de ancorare care generează conturul suprafeței studiate
- existența unor puncte mobile ale căror coordonate sunt variabile, dar cu condiția ca ele să rămână în perimetrul determinat de cele fixe.

La scară arhitecturală, aceste date pot fi ușor traduse prin conturul elementului de acoperire (în cazul punctelor fixe și al conturului generat prin unirea lor) și prin înălțimile spațiului acoperit care pot oscila în funcție de necesitățile funcționale sau formale (în cazul punctelor variabile).

6.2.2. Concept

Studiul pornește de la analiza modelelor naturale marine cu precădere a celor cu o structură anatomică cu grad de complexitate redus.

Spongerii (bureții de mare) sunt animale imobile, având un corp cu organizare de tip celular, bordat la exterior și interior de membrane embrionare. Volumetria spongerilor diferă de la specie la specie [128], însă în cazul de față, sursa de inspirație au fost speciile dezvoltate în forma unei ramificații arborescente (Fig.6.13).

Motivul alegerii acestui model ca bază de pornire în studiul formal arhitectural este dinamica formei naturale rezultată din diferitele lungimi la care pot ajunge ramificațiile și din dimensiunea oscilantă a osculului (por de dimensiuni mai mari situat la partea superioară a spongerului). Rolul osculului este de a favoriza eliminarea surplusului de apă care pătrunde în interiorul spongerului odată cu elementele nutritive [129].

Un element morfologic relevant este faptul că lungimea ramificațiilor este direct proporțională cu diametrul osculului. Logica acestei relații rezidă în nevoile de debite de evacuare: cu cât este mai mic orificiul cu atât cantitatea de apă evacuată

va fi mai mică și prin urmare traseul pe care aceasta îl parcurge va trebui să fie cât mai scurt [130].



Fig. 6.13 (a) Desen extras din cartea lui Ernst Haeckel [127], (b) structuri de spongieri în sistem de ramificație arborescentă (c) elemente componente ale spongierului²⁰⁵

Aceste componente ale spongierului și modul lor de relaționare cu contextul, modul în care funcția determină forma, constituie baza formală de la care pornește prezentul studiu.

6.2.3. Volumetrie

Studiul volumetric are caracter general în ideea în care el poate fi mulat pe orice tip de configurație arhitecturală. Prin urmare, accentul cade pe analiza modului în care se poate optimiza o suprafață prin subdivizare în anumite module cu care apoi se operează variabil, dar folosind același limbaj formal.

Documentația care stă la baza acestei explorări formale este alcătuită din două exemple construite, și anume: Pavilionul NonLin/Lin din Franța (Fig. 6.14) și pavilionul Arboskin din Germania (Fig. 6.15). La prima vedere cele două se prezintă în forme contrastante unul cu celălalt, dar liantul dintre cele două este conceptul de porozitate.



Fig. 6.14 NonLin/Lin Pavilion, Franța, Marc Fornes, 2011²⁰⁶

Primul exemplu pornește de la simbolul Y considerată cea mai simplă formă a multidirecționalității [131]. Rețeaua de pânii structurale creează o volumetrie care

²⁰⁵ <http://www.ucmp.berkeley.edu/porifera/poriferamm.html>, accesat aprilie 2013

²⁰⁶ <http://theverymany.com/constructs/10-frac-centre/>, accesat in 11.04.2013

a cărui interior comunica cu exteriorul prin aceste orificii. În plus, seria de porozități în masa rețelei asigură o greutate redusă a întregii structuri. Chiar dacă sursa de inspirație nu a fost stipulată în prezentarea proiectului, consider că această instalație face ușor trimitere către structurile corailor.

Relevanța celui de-al doilea exemplu studiat reiese din modul de operare la nivelul anvelopei prin subdivizarea triunghiulară a întregii suprafețe. În acest caz se încearcă o tridimensionalizare a anvelopei prin piramidare. De remarcat este existența unui gradient al perforațiilor. Porozitatea celulelor rețelei piramidale este obținută prin truncchierea fețelor înclinate, într-o manieră variabilă în funcție de necesitățile de iluminare a spațiului interior. Această structură reunește ideea de optimizare a procesului de fabricație și asamblare printr-un număr mare de module identice.



Fig. 6.15 Pavilionul Arboskin, Stuttgart, produs al Institute of Building Structures and Structural Design, 2013²⁰⁷

Primul pas a fost setarea geometriilor de bază (Fig. 6.16) și anume a zece puncte fixe care, conectate oferă conturul suprafeței în studiu, împreună cu 4 puncte a căror poziție în interiorul conturului și înălțime este aleator stabilită. Valorile coordonatelor z ale acestor puncte se va stabili ulterior în procesul de optimizare.

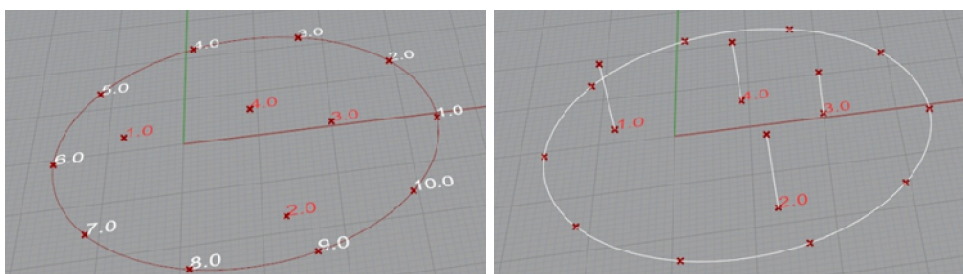


Fig. 6.16 Componentele geometrice inițiale (contribuție personală)

Suprafața generată prin conectarea acestor puncte se determina prin triangularea Delaunay²⁰⁸, suprafața căreia i se aplică subdivizări în scopul obținerii mai multor celule (Fig. 6.17).

²⁰⁷ <http://www.dezeen.com/2013/11/09/arboskin-spiky-pavilion-with-facademade-from-bioplastics-by-itke/>, accesat 12.11.2013

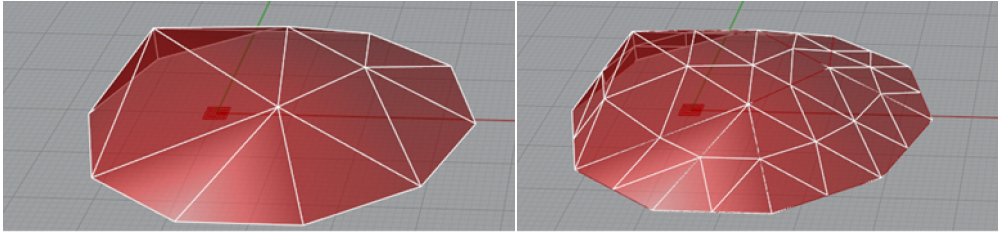


Fig. 6.17 Triangularea Delaunay a suprafeței și subdivizări (contribuție personală)

Imaginea de porozitate în anvelopă la nivel de modul se obține prin extrudarea pe verticală a conturilor, extrudare ce modifică proporțional deschiderea celulei (Fig. 6.18). Tridimensionalizarea suprafeței va influența în mod direct atât cantitatea de radiație solară cât și aportul de lumină naturală în spațiul interior.

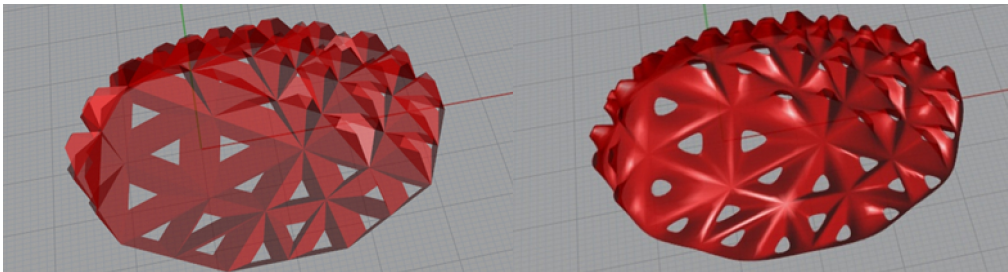


Fig. 6.18 Extrudarea uniformă pe verticală a modulelor și subdivizarea cu algoritmul Catmull Clark pentru obținerea unei suprafețe netede (contribuție personală)

Simularea de radiație solară (Fig. 6.19) relevă faptul că în cazul unei distribuții uniforme a extrudărilor, suprafața anvelopană este expusă într-un mod necontrolat la acțiunea razelor solare. Concluzia trasă în urma acestei prime analize de radiație solară este nevoia de optimizare a acestei suprafețe.

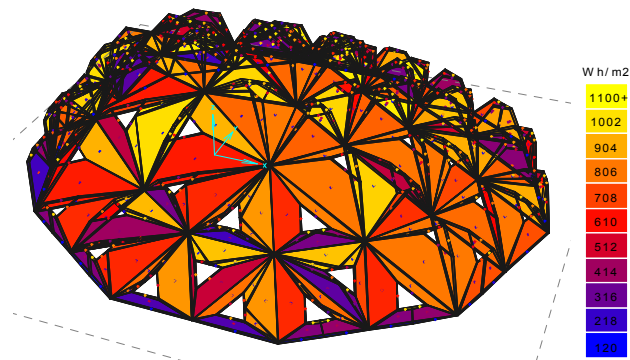


Fig. 6.19 Radiația solară calculată cu Ecotect pentru modelul în care extrudarea este uniformă (contribuție personală)

²⁰⁸ Triangularea Delaunay se aplica unui set de puncte, minim 3 și rezultă din conectarea acestora, având în vedere cea mai scurtă distanță dintre ele [138]

Cerința de la care s-a pornit este cea conform căreia se dorește o suprafață capabilă să reunească următoarele componente:

- cantitatea de radiație solară să fie minimă atât la exterior cât și la interiorul volumului acoperit pe timp de vară; și maxim pe timp de iarnă. (Fig. 6.20)

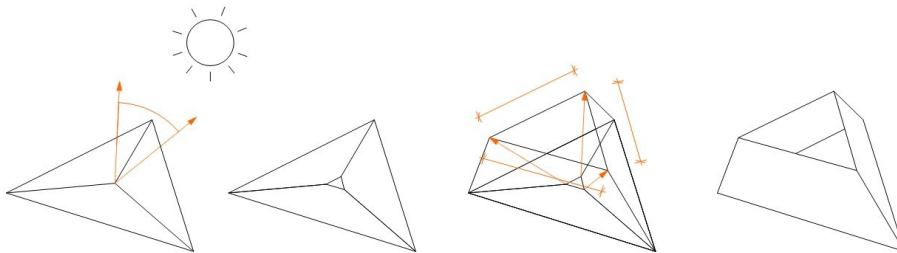


Fig. 6.6.20 Înălțimea și dimensiunea deschiderilor se dorește a fi optimizată astfel încât numărul de raze solare care intră în contact cu structura și spațiul său interior să fie maxim pe timp de iarnă și minim pe timp de vară (contribuție personală)

Captarea sau protecția de aceste raze se va rezolva prin orientarea extrudărilor și prin gradul de deschidere al acestora.

La nivel de celulă, aceste cerințe vor fi reflectate astfel: extrudare maximă a bazei rezultând un contur prismatic cu bazele egale, reprezentând modul care se va regăsi în zonele expuse pe timp de iarnă. Cealaltă cerință -ca pe timp de vară radiația solară să fie minimă -conduce spre nevoia de a închide aceste celule, acest fapt făcând trimitere către cea de-a doua variantă volumetrică și anume cea de piramidă. Așa cum ne prezintă și modelul spongierului, extrudarea va fi direct proporțională cu suprafața deschiderii de la partea superioară a extrudării.

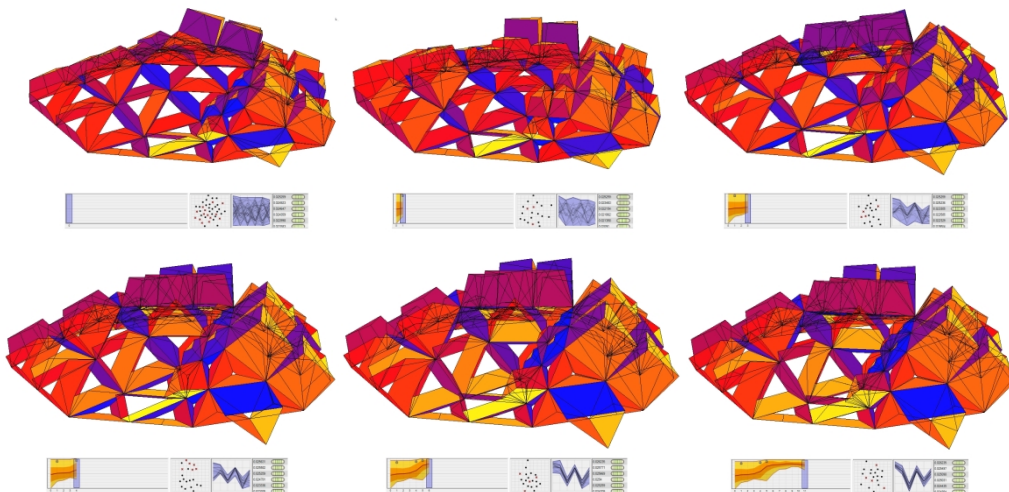


Fig. 6.21 Iterații formale în demersul de optimizare formală din punct de vedere al radiației solare la nivel de anvelopă (contribuție personală)

Forma prismatică va tranzita către forma piramidală odată cu poziția în câmpul suprafeței și a orientării față de analemă. Se vor distinge 3 instanțe ale

extrudărilor celulare: varianta prismatică pentru un aport maxim de radiație solară, varianta de trunchi de piramidă a cărei bază superioară este variabilă ca și suprafața și varianta piramidală cu înălțime de extrudare minimă pentru minimizarea aportului de radiație solară.

Asemeni proceselor de perfecționare întâlnite în natură, volumetria propusă trece printr-o serie de variante calculate cu ajutorul motorului de rezolvare evolutiv Galapagos (Fig. 6.21) în încercarea de a găsi forma care este capabilă de răspuns optim cerințelor. Varianta returnată de motorul de calcul prezintă un gradient de deschideri ale extrudărilor regăsind în suprafață și cazurile extreme de extrudare prismatică și piramidală. (Fig.6.22)

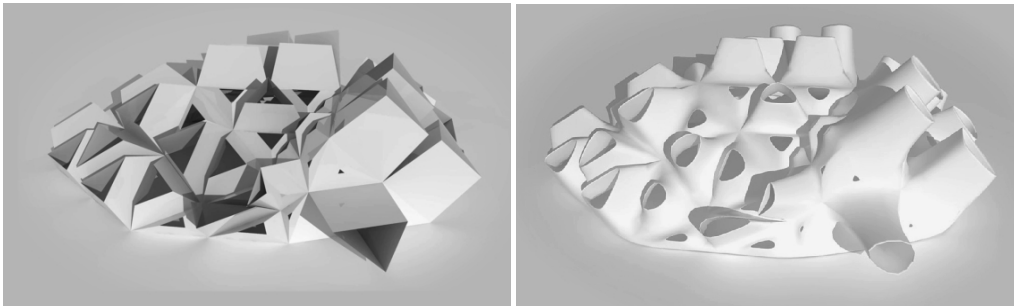


Fig. 6.22 (a)Solutia volumetrica optimizată (b) căreia i s-a aplicat o subdivizare cu algoritmul Catmull Clark pentru obținerea unei suprafețe netede
(contribuție personală)

6.2.4. Unelte de proiectare parametrică

Suita de instrumente de modelare parametrică este alcătuită din Rhinoceros cu plug-in-ul Grasshopper prin care s-au rulat Geco cu comunicare directă cu Ecotect pentru analiza radiației solare și Galapagos pentru căutarea variantei optime volumetrică din punct de vedere al comportamentului la expunerea la razele solare.

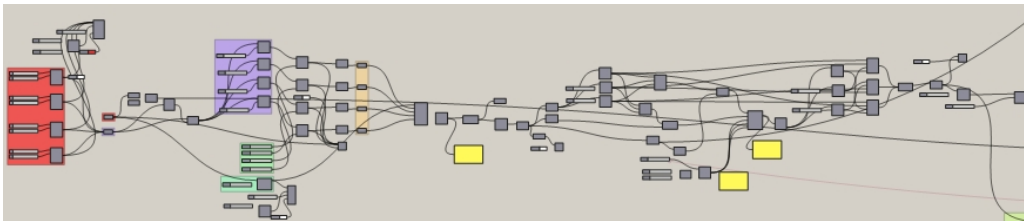


Fig. 6.23 Extras din algoritmul utilizat in procesul de generare formală
(contribuție personală)

6.2.5. Concluzii

Caracterul experimental al acestui exercițiu de studiu al formei și lipsa unei anume specificități (studiul s-a realizat făcând abstracție de scară umană) conferă flexibilitate, lărgind sfera de aplicabilitate a acestui tip de operare cu suprafețele.

Astfel, rețeaua de "osculi" geometrice poate servi ca punct de pornire în studiul sistemelor de acoperire, sistemelor de fațade, sisteme de iluminat, partiționare interioară sau ca simple suprafețe decorative vibrante (Fig.6.24,6.25).



Fig. 6.24 Exemplu de gabarit posibil raportat la scara umană (contribuție personală)

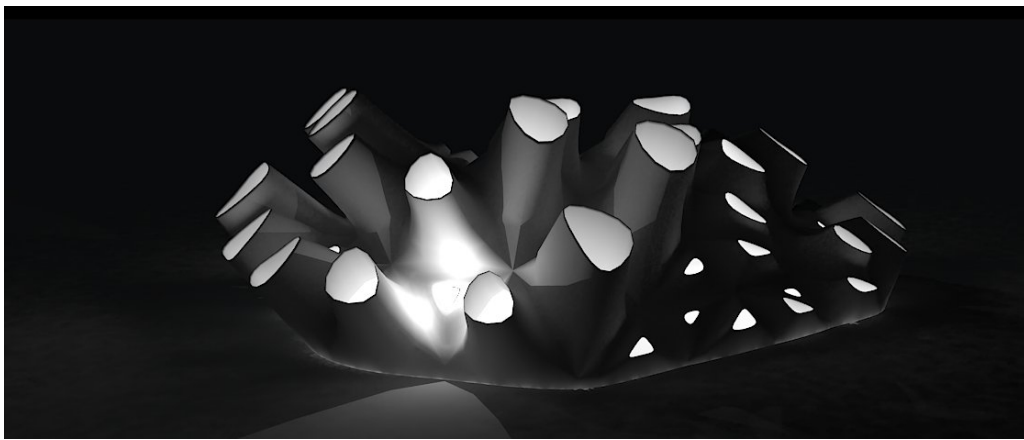


Fig. 6.25 Simulări cu difuzarea luminii de la interior (contribuție personală)

Avantaje

- Flexibilitate în interpretarea acestui tip de volumetrie, el putându-se scala și optimiza în funcție de diferite necesități și constrângeri;
- Se poate controla mai eficient nivelul de confort al spațiilor interioare;

Dezavantaje

- În absența constrângerilor clare, volumetria nu își propune să dobândească vreo calitate estetică axându-se mai mult pe latura funcțională;
- Materialul constructiv este unul generic, iar în momentul optării pentru un anumit material constructiv există șansa ca acest tip de abordare volumetrică să poată fi materializat în această formă;
- Creșterea consumului de material constructiv al anvelopei;
- Există riscul ca aportul creativ al arhitectului să devină nesemnificativ din cauza utilizării de motoare de generare formală (Galapagos) rezultând forme arhitecturale necontrolate sau neanticipabile, iar calculatorul ia locul arhitectului.

Direcții viitoare de studiu

- Impactul asupra volumetriei și performanței (multicriterial analizată) pe care îl poate avea schimbarea secțiunii extrudărilor, direcției de extrudare (în acest caz extrudarea s-a realizat de-a lungul normalelor);
- Automatizarea celulelor extrudate prin modificarea înălțimii și a deschiderilor acestora, luând în calcul prezența unor senzori de lumină sau radiație solară

care transmit informația structurii și aceasta oferă un răspuns în timp real la condițiile de mediu

- La fel de important este și domeniul materialelor și tehnologiilor de fabricație digitală. Fiecărei forme i se potrivește un anumit material sau o anumită prelucrare a materialului;
- Enunțarea unei baze teoretice de selecție a modului de fabricație digitală în funcție de tipul de mozaicare al suprafeței
- Aprofundarea conceptului de autor în era arhitecturii dependente de softurile de modelare parametrică;
- Tipologia porozităților care pot apărea în cazul extrudărilor fie pozitive fie negative.

6.3. Studiu de caz 3 - HIDDEN NEST

Cuvinte cheie: porozitate în volum, excavare, grilă spațială

6.3.1. Tema de proiectare

În tema de proiectare se solicită crearea unui aparat de acces în incinta Muzeului Satului Bănățean care pentru trei zile servește ca locație pentru Festivalul Plai. Acest aparat de acces va trebui să rezolve următoarele aspecte:

- marcarea accesului în cadrul festivalului
- dirijarea fluxurilor de participanți către cele două zone de interes- scena principală și alea cu activități
- relaționarea armonioasă cu arhitectura existentă (volumetria porții existente și materialele locale)
- din punct de vedere al esteticii volumetrice, obiectul propus va insufla ideea de natural prin forma, materiale constructive și finisaje.



Fig. 6.26 Imagini cu situația existentă a porții de acces în incinta Muzeului Banatului, Timișoara

6.3.2. Concept

Pornind de la cerințele temei de proiectare, studiul a debutat prin analiza modelelor naturale care pot fi relaționate cu mediul natural al incintei Muzeului Satului Bănățean - modele vegetale și modele ale faunei locale. Din acest spectru variat de exemple, atenția s-a oprit asupra cuibului de pasăre țesător datorită flexibilității volumetrice ale acestuia (care reiese din studiul tipologiilor volumetrice de

cuiburi), a modului creativ de rezolvare a accesului și simplitatea generării anvelopei cu materiale vegetale. Familia păsărilor țesător oferă o gamă interesantă de volumetrii de cuiburi (Fig.6.27), iar pentru prezentul proiect varianta realizată de pasărea țesător cu ochelari a reprezentat sursa de inspirație în creația arhitecturală. Din punct de vedere funcțional, acest tip de cuib reunește trei componente: aparatul de acces, spațiul de habitat și sistemul de ancorare. Aparatul de acces în cuib este amplasat de regulă la partea inferioară a ansamblului și este configurat sub forma unei pâlnii alungite (Fig. 6.28), fiind ultima componentă care se țese în procesul constructiv [132].

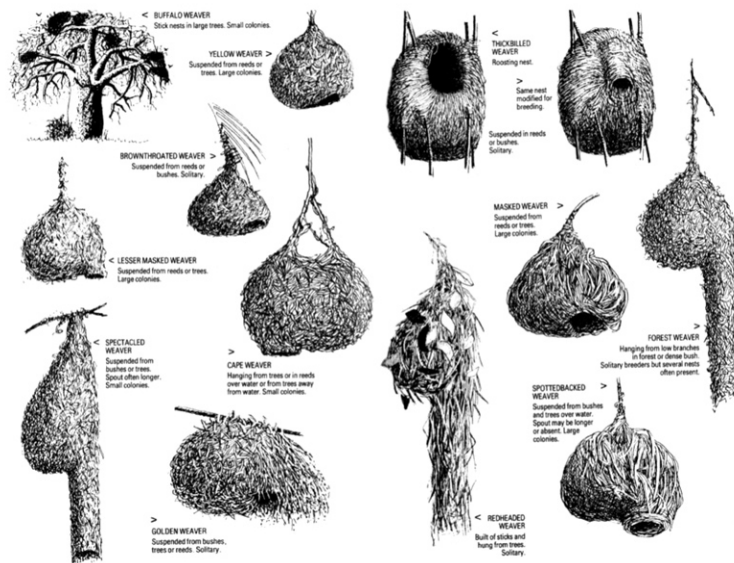


Fig. 6.27 Tipuri de cuiburi de pasari in functie de modul de tesere al materialului vegetal²⁰⁹



Fig. 6.28 Cuiburi suspendate ale pasării țesător

Prin țeserea unei rețele rotite la 45° se asigură rezistența cuibului în cazul în care apare greutate la partea inferioară și mai mult, în acest caz pâlnia de acces se

²⁰⁹ http://designboom.com/weblog/section.php?section_pk=&start=2424&num_record_tot=50000, accesat 5.09.2015

contractă, diminuându-și raza și astfel, spațiul interior al cuibului devine inaccesibil în cazul apariției unor prădători [133].

Pornind de la aceste informații despre modelul cuibului de pasăre țesătoare și cerințele temei de proiectare, obiectul de arhitectură va utiliza componenta pânne ca mijloc de absorbție dar și de disipare ale fluxurilor de participanți la festival. Pentru ca aceste fenomene să aibă loc simultan, aparatul de acces va reuni un sistem de pâlnii simple și duble. Numărul pâlniilor și orientarea acestora este determinată de circulațiile existente pe sit și de nevoia de iluminare interioară a spațiului creat.

6.3.3. Volumetrie

Procesul de generare formală are la bază o documentație prealabilă ce conține exemple deja construite și analiza modului de rezolvare a unor probleme ridicate de tema de proiectare. În acest caz, s-au analizat două proiecte care tratează teme diferite, dar extrem de relevante pentru proiectul de față:

- primul, pavilionul "Part to whole" (Fig. 6.29) examinează raportul dintre spațiul construit și cel excavat aflate în raport egal și dialogul dintre modelele bidimensionale și cele tridimensionale rezultate din compunerea primelor [134]. Se asistă astfel la un exemplu de porozitate dusă la limita prin distribuția egală a formei raportat la fond. Mai mult, spațiul excavat, prin propriul limbaj organic este perceput ca o entitate separată de volumul construit care se definește prin rectangularitate, dar ambele sunt percepute în totalitate, cu condiția prezenței amândurora;

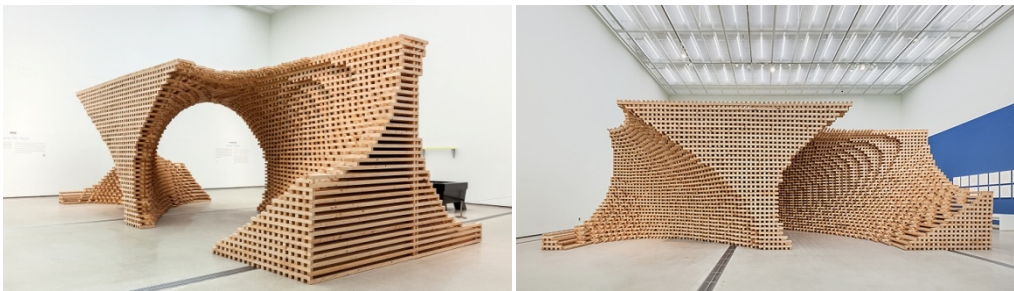


Fig. 6.29 Pavilionul "Part to whole", Seoul, arh. Hyoung-gul Kook, 2014²¹⁰

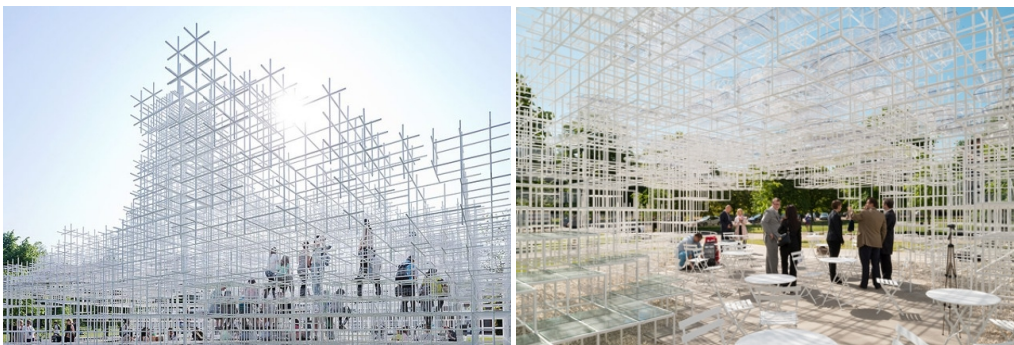


Fig. 6.30 Pavilionul "Serpentine", Londra, arh. Sou Fujimoto, 2013²¹¹

²¹⁰ <http://livecomponents-ny.com/?p=1060>, accesat 5.09.2015

- al doilea exemplu, pavilionul "Serpentine" (Fig. 6.30) ridică problema despre cum obiectul de arhitectură poate să fuzioneze cu natura și pune întrebarea referitoare la care sunt barierele dintre natură și un obiect artificial [135]. Tectonica aproape transparentă propusă de arhitectul japonez se contopește cu spațiul verde în care este amplasat, căpătând o permeabilitate fluctuantă în funcție de punctul de privire al observatorului. Matricea spațială reia discursul referitor la punct, linie, plan și volum și interdependența dintre acestea.

Recapitulând informațiile enunțate mai sus, se poate astfel concluziona într-o listă de elemente care se doresc a fi folosite în volumetrie:

- tema de proiectare inițială;
- modelul natural: pâlnia cuibului de pasăre țesătoare;
- rețea de pâlnii simple și duble pentru rezolvarea fluxurilor și a iluminatului interior;
- operare prin excavare utilizând principiul porozității în masă;
- dematerializarea volumului plin prin explozia lui în elemente primare.

Din punct de vedere volumetric, acest proiect are două componente: volumul plin și volumul gol aflate într-un raport volumetric egal.

Componenta plină reprezintă volumul maxim pe care îl poate ocupa obiectul de arhitectură. Opțiunea pentru un volum geometric simplu, paralelipipedic a reieșit din nevoia de integrare în peisajul construit existent care este dominat de rigoarea liniei verticale și a sistemului cartezian. Însă un volum plin în totalitate (Fig. 6.31 a) ar fi fost o prezență mult prea apăsătoare în peisajul Muzeului Satului Bănățean și prin urmare apare nevoia de a-l dematerializa într-o manieră care să nu contrazică cu specificul locului.

Astfel, demersul de generare formală investighează variante în care se lucrează cu linii (materializate sub formă de dulapi de lemn) pe toate cele trei direcții ale sistemului cartezian (Fig. 6.31 b,c,d), variante care într-un final se suprapun dând naștere unei grile spațiale (Fig. 6.31 e). Aceasta matrice spațială are multiple beneficii:

- conferă permeabilitate vizuală asupra volumului maxim privit din exterior;
- permite percepția formei spațiului excavat din exterior;
- reduce consumul de material de construcție;
- integrează obiectul de arhitectură în context;
- ofera bază structurală pentru volumul gol.

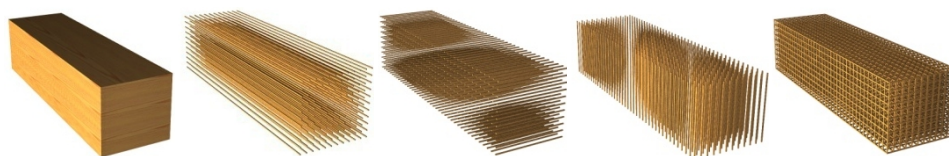


Fig. 6.31 Studii de dematerializare a volumului maxim (a) volum plin, (b),(c),(d) dematerializare pe cele trei direcții carteziene (e) volumul final realizat prin îmbinarea celor 3 instanțe de la (b), (c), (d) (contribuție personală)

²¹¹ <http://www.dezeen.com/2013/06/04/serpentine-gallery-pavilion-2013-by-sou-fujimoto/>, accesat 5.09.2015

Cea de-a doua componentă se referă la volumul gol, la masa excavată. Pentru configurarea acesteia se are în vedere modelul natural analizat (pâlnia cuibului de pasăre țesătoare), interpretat într-o manieră creativă prin crearea unei rețele de 4 pâlnii care se intersectează într-un singur loc. Dimensiunile celor trei pâlnii pentru circulație pietonală (deschiderile, înălțimile) și orientarea acestora rezultă din nevoile de gabarite de fluxuri și direcțiile circulațiilor. Cea de-a patra pâlnie are rolul de a suplimenta aportul de lumină naturală în interiorul traseului generat de celelalte trei.

Procesul de generare formală presupune stabilirea acelor elemente care sunt fixe (gabarite ale fluxurilor, volumul maxim în care se poate înscrie obiectul, orientarea către punctele cardinale) și care sunt cele variabile (forma spațiului excavat, poziția punctelor de acces în obiect, etc.), iar prin fluctuarea valorilor parametrilor se obține o serie de instanțe formale.

Aceste iterații (Fig. 6.32) au scopul de a conduce la varianta volumetrică optimă, capabilă să răspundă atât din punct de vedere funcțional cât și formal la cerințele temei de proiectare, dar și la cele legate de sensibilitățile artistice ale arhitectului.

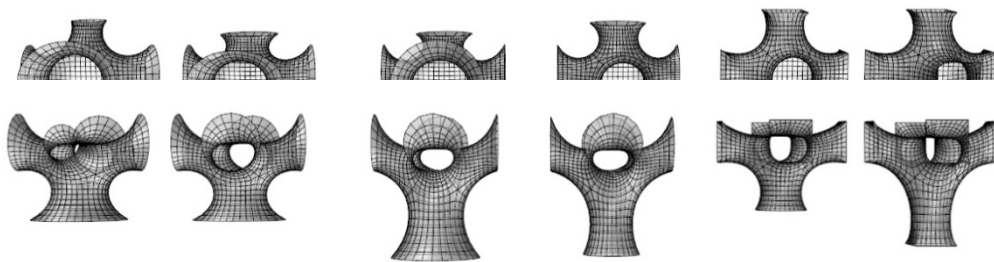


Fig. 6.32 Studiu de volumetrie cu suprafețe relaxate. (a) Vederi frontale (b) vederi orizontale (contribuție personală)

Prin intersectarea celor două piese constitutive ale volumetriei (volumul maxim de înscriere și rețeaua de pâlnii) se obține corpul comun (Fig. 6.33) dintre acestea cu care se va excava volumetria componentei bazată pe o grilă spațială carteziană

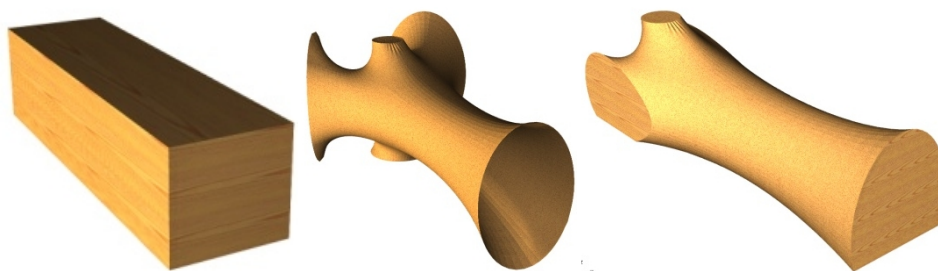


Fig. 6.33 Stabilirea volumului ce urmează a fi excavat, corpul comun dintre volumul maxim și volumul golului (contribuție personală)

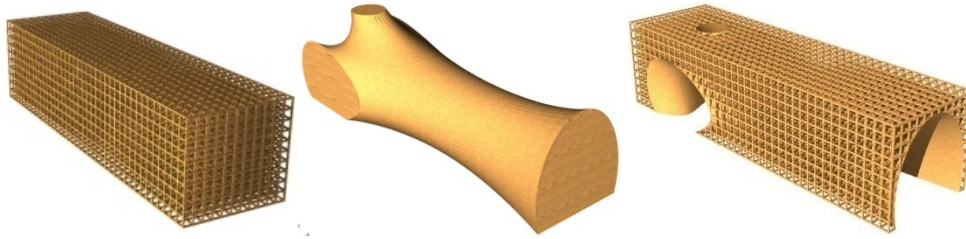


Fig. 6.34 Operația de excavare și generare de porozitate în masă (contribuție personală)

Operația de substracție volumetrică are ca și rezultat volumetria finală în care raportul dintre plin și gol este 1:1 (Fig.6.34).

Metoda de generare volumetrică este strâns legată principiile de formare întâlnite la modelele naturale: forma exterioară a unui organism este direct influențată de acțiunea factorilor contextuali, în timp ce volumul intern este rezultanta proceselor pentru menținerea vieții și creșterii.

Sistemul de excavare propus are la baza cel mai simplu model de multidirecționalitate (simbolul Y) regăsit și la primul exemplu construit analizat la studiul de caz precedent. Multidirecționalitatea prezentului caz se manifestă concomitent între accesul din exterior, accesele în incinta spațiului muzeal și cer. Se mai poate identifica un alt tip de multidirecționalitate la nivel perceptiv: direcțiile impuse de elementele grilei spațiale (Fig. 6.35, 6.36, 6.37, 6.38) care fixează în peisajul construit obiectul propus prin sistemul cartezian caracteristic.

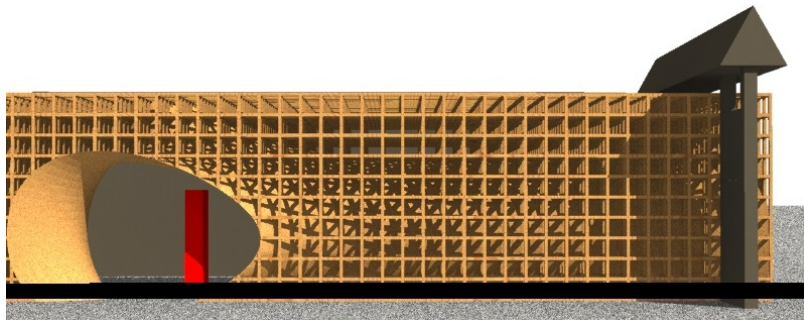


Fig. 6.35 Vedere laterală (contribuție personală)

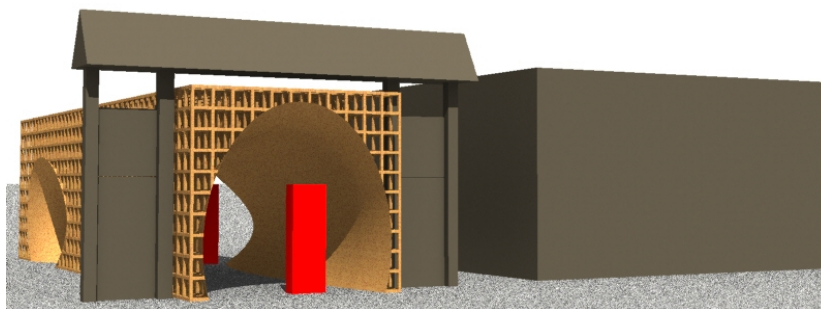


Fig. 6.36 Simulare fotorealistică cu zona de acces (contribuție personală)

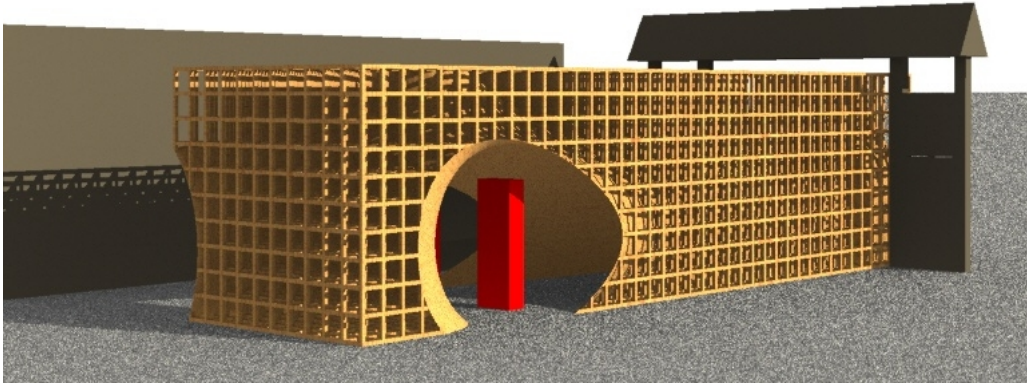


Fig. 6.37 Simulare fotorealistică din zona de distribuție către alei (contribuție personală)



Fig. 6.38 Inserții de volumetrie pe poze de la fața locului (contribuție personală)

Dinamica spațiului interior, prin deschiderile variabile manipulează fluxurile, grăbind sau încetinind circulațiile. Această variabilitate a deschiderilor încorporează dinamica cuibului de pasăre într-o formă fixă dacă ne amintim de flexibilitatea pâlniei cuibului, menționată anterior, dobândită prin modul de țesere la 45° .

Dimensiunile finale ale acestui pavilion sunt 13,20(L)x3,68(l)x2,80(h)m motiv pentru care el se va secționa în 30 elemente pentru posibilitatea de a se construi fiecare parte independent de cealaltă dar în același timp, pentru manipularea la asamblare, dezasamblare și transport post festival.

6.3.4. Unelte de proiectare parametrică și fabricație digitală

Tehnologia de care s-a făcut uz în acest caz este alcătuită din programul de modelare parametrică Rhinoceros împreună cu plug-in-ul Grasshopper și componenta Kangaroo - motor de simulare interactivă, optimizare și generare formală care folosește legile fizicii pentru relaxarea suprafețelor (Fig. 6.39).

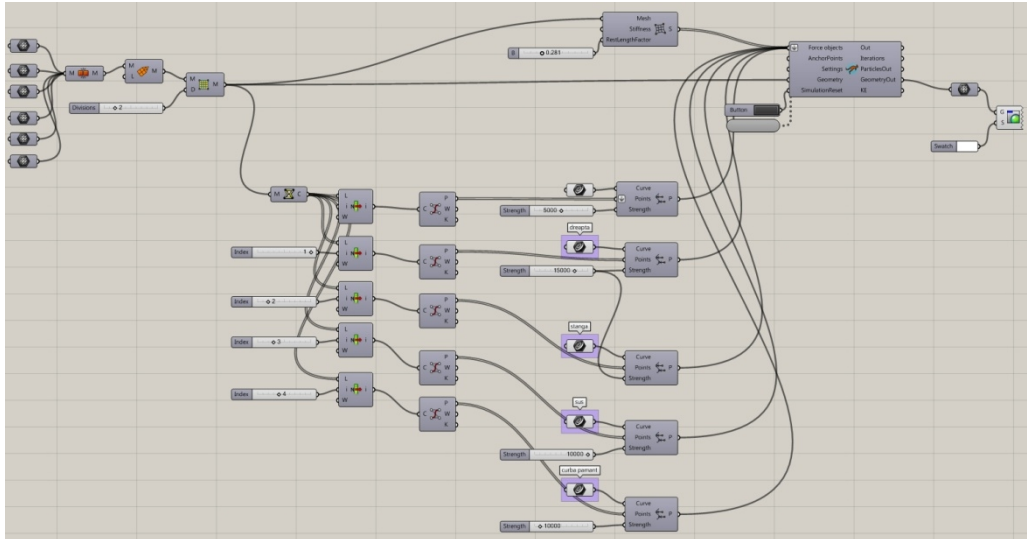


Fig. 6.39 Definiția parametrică pentru relaxarea suprafeței excavate utilizând plug-in-ul Grasshopper cu extensia Kangaroo (contribuție personală)

6.3.5. Implementare

- Execuție: Diana Giurea, Zoran Popovici, Gabriela Pap, Flavius Emanuel Holotescu, Laurențiu Caragia, David Cuciuc
- Aria: 48.52mp
- Amplasament: Timișoara, România
- Finalizat: 11 septembrie 2015
- Termen de execuție: 7 zile
- Materiale de construcție: dulapi de lemn de brad 50x50mm pentru grila spațială; plăci MDF din care se vor extrage câteva cadre structurale ce urmăresc curturul curb al rețelei de pânii, fâșii de furnir pentru finisarea suprafețelor curbe interioare;
- Valoare de investiție: ~2000 euro



Fig. 6.40 Imagini cu cadrele transversale construite izolat



Fig. 6.41 Imagini din timpul procesului de asamblare a cadrelor de lemn

Sistemul de execuție și asamblare a fost substanțial ușurat de modularitatea grilei spațiale care am "explodat-o" în 30 de cadre (Fig. 6.40) transversale și la care s-a putut lucra în mod independent. Odată finalizate aceste cadre, procesul de asamblare a întregii structuri s-a realizat într-un timp relativ scurt. (Fig. 6.41, 6.42)

Execuția proiectului Hidden Nest a presupus implicarea totală pe tot parcursul implementării. Ipostaza de proiectant s-a transformat timp de 7 zile la statutul de executant, prin implicare activă la întreg procesul de materializare: organizare și dirigenția de șantier, manipularea și procesarea materialului constructiv și asamblarea acestuia.

Logistica șantierului și condițiile meteo nefavorabile care au decalat termenul de predare a proiectului sunt principalele dificultăți întâmpinate de-a lungul implementării.

Proiectarea digitală de care am făcut uz a fost implementată într-un mod analog, prin operarea cu unelte tradiționale de procesat și asamblat materialul constructiv, iar mâna de lucru de care am beneficiat a fost în mare parte necalificată (Fig. 6.42).

De remarcat este faptul că volumetria considerată de către participanți "ciudată", a reușit să stârnească interes, curiozitate, dar și fascinație celor cu care am interacționat pe toată durata șantierului ceea ce a determinat anumite persoane prezente să ni se alăture într-un mod natural.



Fig. 6.42 Imagini din timpul procesului de asamblare a cadrelor de lemn



Fig. 6.43 Poză de la nivelul accesului din stradă

Cu toate că acest pavilion a avut o perioadă de exploatare extrem de scurtă (3 zile), consider obiectivul proiectului a fost atins prin rezolvarea optimă a datelor din temă de proiectare și modul pozitiv prin care participanții la festival au interacționat cu pavilionul.

Apreciez că meritul acestui obiect de arhitectură temporară constă în șansa oferită publicului de a înțelege într-un nou sens termenul uzual de "poartă": un dispozitiv complex care articulează două medii, iar tranzitul devine o experiență în sine [136] (Fig. 6.43,6.44,6.45,6.46,6.47).



Fig. 6.44 Imagine din interiorul "cuibului"



Fig. 6.45 Imagine din punctul de distribuție a circulațiilor



Fig. 6.46 Imagine din incinta Muzeului



Fig. 6.47 Imagine din incinta Muzeului



Fig. 6.48 Detalii

6.3.6. Concluzii

Chiar dacă fondul construit existent este rigid, prin această volumetrie se inserează o componentă organică fără a perturba caracterul contextului. Interdependența dintre procesul de proiectare și execuție s-a făcut simțită pe tot parcursul derulării proiectului. De exemplu, dacă modulul inițial era stabilit la 33cm, în momentul demarării lucrărilor a fost necesară mărirea valorii acestuia la 45cm din rațiuni de implementare, scăderea costurilor aferente materialului constructiv și a timpilor de construcție. Această schimbare nu a influențat într-un mod negativ percepția grilei spațiale, ci din contră, structura a dobândit o permeabilitate mai ridicată, iar astfel silueta spațiului interior a fost mai ușor de perceput.

Avantaje:

- Material constructiv ușor de procurat și procesat;

- Multifuncționalitatea pieselor componente;
- Posibilitatea de reutilizare a întregului ansamblu sau doar anumite părți cu alte ocazii;
- Nu este necesară mâna de lucru calificată pentru punerea în operă;

Dezavantaje:

- Deformabilitatea lemnului poate influența acuratețea grilei spațiale;
- Estimarea costurilor de materializare este relativ dificilă din cauza pierderilor de material din timpul șantierului, dar și a celor care se pot ivi din lipsa optimizărilor de tăiere la CNC;

Direcții viitoare de studiu

- Continuarea discursului teoretic despre relația conținut și conținător în domeniul arhitecturii de inspirație organică
- Studiul conceptului de multidirecționalitate în arhitectură pornind de la analiza modelelor naturale;
- Aprofundarea conceptului de porozitate în masă construită.

6.4. Concluzii

Cele trei studii de caz prezentate mai sus ilustrează câteva moduri prin care conceptul de porozitate poate fi translatat în elemente de arhitectură, fie că se analizează structuri temporare ale faunei (studiu de caz 1), structura anatomică (studiu de caz 2) sau structuri constructive ale animalelor (studiu de caz 3).

Metodologia de investigare a modelelor naturale și transpunerea lor în limbaj arhitectural este diferită de la caz la caz, însă procesul de deslușire și valorificare a relației dintre forma și funcțiune poate fi apreciat drept numitorul lor comun.

Selecția exemplelor prezentate în partea de documentare au toate un caracter experimental, motiv pentru care s-au materializat sub formă de construcții temporare. Interesul crescut pentru construcții temporare, pavilionare sau obiecte la scară redusă indică un apetit crescut pentru ramura de cercetare și inovație în arhitectură.

Avântul creativ la care se asistă în prezent a apărut datorită progresului tehnologic al sistemelor de modelare asistată de calculator împreună cu noile mijloace de fabricație digitală. Timpii de vizualizare a diverselor iterații ale volumetriei au scăzut substanțial, iar acest lucru presupune creșterea timpilor de studiu în direcția conceptului și a modului lui de dezvoltare. Discuția despre utilizarea corectă și rațională a mijloacelor de modelare și fabricație rămâne însă deschisă.

S-a putut observa cum identificarea avantajelor și dezavantajelor fiecărei propuneri a condus la schițarea unor noi direcții de studiu menite să completeze lacunele existente în domeniul arhitecturii organice. Analiza obiectivă post-proiect va releva punctele în care se necesită aplicarea de optimizări, oricare ar fi natura acestora.

Contribuția celor trei studii la dezvoltarea domeniului arhitecturii organice se concretizează prin:

- Exemplificarea folosirii principiilor naturii la scară arhitecturală prin procese de optimizări volumetrice în funcție de anumiți parametri;
- Importanța redactării de teme de proiectare autoimpuse care pot declanșa nașterea unor noi abordări sau metodologii de lucru;
- Procesul de autoevaluare post-proiect;
- Problematika integrării formelor organice arhitecturale într-un context dat;
- Enunțarea unor direcții viitoare de studiu în acest domeniu.

7. CONCLUZII ȘI CONSIDERAȚII FINALE

OBIECTIVE

- Justificarea atingerii obiectivelor cercetării;
- Punctarea principalelor contribuții aduse prin prezenta cercetare
- Prezentarea activităților conexe studiului
- Trasarea unor direcții de continuare a cercetării

7.1. Atingerea obiectivelor

Prezenta lucrare ilustrează o abordare alternativă a demersului și produsului arhitectural, privită drept o variantă fezabilă de răspuns optim la o anumită temă de proiectare, un context sau a nevoilor cu grade de complexitate tot mai ridicate ale societății contemporane. Consider că dezideratul durabilității intervențiilor omului în mediul înconjurător poate fi împlinit prin paradigma arhitecturii organice. Subiectul de "formă arhitecturală organică" a fost intens dezbătut de-a lungul timpului, însă noutatea acestei cercetări se regăsește în tentativa de valorificare în termenii limbajului arhitectural formal a unei proprietăți specifice modelelor regnului animal, și anume, porozitatea.

Obiectivele tezei care au ghidat cercetarea se regăsesc în următoarele:

- crearea unui cadru teoretic de exploatare formală a modelelor faunei printr-o abordare interdisciplinară (schimb de informații între domeniul arhitecturii și cel al biologiei);
- stabilirea surselor de inspirație natural-organică și a principiilor naturale aplicabile în arhitectură;
- analiza contextului (evolutiv, temporal, spațial, formal) arhitecturii organice pentru stabilirea oportunității studiului formal;
- enunțarea unei metodologii de identificare, analiză și valorificare a formelor natural-organice în domeniul arhitecturii;
- creșterea eficienței procesului didactic în materie de biomimetică arhitecturală;
- exploatarea creativă a unei singure caracteristici naturale (porozitatea) în sensul inovației în teoria și practica arhitecturală;
- dezvoltarea unor tipologii formale care se bazează pe conceptul de porozitate;
- evidențierea fezabilității conceptului de porozitate prin studii de caz relevante.

Consider că fiecare dintre obiectivele enumerate mai sus au fost atinse de-a lungul cercetării prin mijloace de observare, analiză de detaliu, metode proprii de interpretare și valorificare a informațiilor. Structurarea cercetării a avut în vedere raportarea conceptului de porozitate la domeniul arhitecturii organice, generându-se un dialog constant între aspectele generale și cele specifice ale studiului. Oportunitatea selecției unui element de detaliu din natură vie, precum porozitatea naturală, și potențialul transpunerii lui în sfera arhitecturii sunt demonstrate pe tot parcursul cercetării a cărei scop general îl constituie inovația în sectorul arhitecturii organice.

7.2. Contribuții personale

Contribuțiile aduse domeniului arhitecturii organice se regăsesc pe parcursul întregii cercetări constând în sinteze teoretice și practice, în stabilirea unui cadru de lucru în domeniul arhitecturii organice și, mai exact, a ceea ce înseamnă valorificarea modelelor naturale analizate prin prisma porozității. Principalele contribuții aduse prin cercetarea de față constau în cele ce urmează:

- La nivel general, subiectul cercetării în sine reprezintă o inovație în sfera arhitecturii organice datorită specificității abordării;
- Detalierea principiului de inteligență formală a regnului animal și analiza multicriterială a proprietății de porozitate naturală;
- Definirea cadrului în care formele arhitecturale organice au evoluat și își exercită prezența asupra unui context dat, și enunțarea argumentelor care susțin întrebuințarea limbajului arhitectural organic cu accentuarea mijloacelor de traducere formală în arhitectură a modelelor naturale: geometria, morfologia și structura;
- Propunerea unei metodologii etapizate de valorificare a formelor naturale organice în arhitectură care cuprinde: analiza decizională cu privire la alegerea modelului natural, etapele de operare și prelucrare a informațiilor furnizate de exemplele naturale, stabilirea gradelor de fructificare a formelor naturale în arhitectură și de evaluare a rezultatelor realizate;
- Dezvoltarea conceptului de porozitate în arhitectură în direcția posibilităților de generare formală pornind de la studii compoziționale care conțin sisteme de organizare spațială și metode de dobândire a acestei proprietăți în limbaj arhitectural, și continuând cu aplicabilitatea acestui concept în clasele de componente arhitecturale;
- Stabilirea fezabilității formelor organice arhitecturale poroase din punct de vedere al instrumentarului digital de proiectare, al materialului de construcție și al tehnicilor de fabricație digitală existente;
- Demonstrarea aplicabilității conceptului de porozitate utilizând studii de caz menite să acopere o paletă cât mai vastă a informațiilor din partea teoretică.

Am certitudinea că prin materialul selectat și prezentat am reușit să conving că formele organice reprezintă o direcție de cercetare formală, premiză a unor creații arhitecturale eficiente, inovatoare și capabile de a da răspunsuri unor probleme complexe.

7.3. Lucrări publicate

"STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN NATURAL AND ARCHITECTURAL FORMS"
C.Dumitrescu, D. Giurea, ICAR (International Conference on Architectural Research), Bucuresti, 2012

"EDUCATIONAL MEANS FOR THE STUDY OF GEOMETRY OF ARCHITECTURAL FORMS"
D. Giurea, A. Malaescu, C. Dumitrescu, WCES (World Conference on Educational Sciences), Roma, 2013

"A DIDACTIC METHOD FOR TRANSPOSING NATURAL FORMS IN ARCHITECTURE"
D. Giurea, WCES (World Conference on Educational Sciences), Roma, 2013

7.4. Activități conexe cercetării 185

"COMPARATIVE STUDY OF PLANAR REPRESENTATIONS OF SPATIAL FORMS FOR ARCHITECTURE STUDENTS"

D. Giurea, C.Dumitrescu, ICEGD (International Conference on Engineering Graphic and Design) 13-15.06.2013, Timisoara

"PROGRESSIVE BIMODULAR PARTITIONS"

A.Racolța, D. Giurea, ICEGD (International Conference on Engineering Graphic and Design) 13-15.06.2013, Timisoara

"ANIMAL STRUCTURES AS INSPIRATION SOURCE IN SUSTAINABLE DESIGN"

D.Giurea, SGEM (13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO) 16-22.06.2013, Albena, Bulgaria 2013

"A BIOMIMETIC APPROACH TO THE USE AND GENERATION OF BUILDING MATERIALS IN ARCHITECTURE"

D.Giurea, C. Dumitrescu, SGEM (13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO) 16-22.06.2013, Albena, Bulgaria, 2013

"THE STUDY OF FORM STRUCTURING THROUGH MUSICAL RHYTHM ANALOGIES FOR ARCHITECTURE STUDENTS"

A. Racolța, D. Giurea, WCES (World Conference on Educational Sciences), Malta, 2014

"HIDDEN NEST"

D.Giurea, Revista Arhitectura, nr.4/5/2015

7.4. Activități conexe cercetării

| Data | Locație | Workshop | Trainer | Proiect |
|------------------------|-----------|---|--|---|
| 2013, 8-14 apr. | București | How we can design something we can't imagine? | Santiago Arian Hakimi (Zaha Hadid Architects) | Roof surface optimization depending on daylight and solar radiation |
| 2014, 21-27 apr. | București | Architecture in fashion | Arian Hakimi (Zaha Hadid Architects) Diana Nitreanu (Laboratorul de Arhitectură) | Hands-off skirt (expus in cadrul targului de fabricatie digitala "Fab10", Barcelona, 2-7.07.2014) |
| 2013, 16-18 dec. | Napoli | PROTOTYPING GRASSHOPPER WORKSHOP LIVELLO BASE | Arturo Tedeschi (AA Rome Visiting School) | Printare 3d |
| 2015, 8-18 iul. | Timișoara | Lăcuste în eter | Zoran Popovici (Edukube) Andrei Pădure | Expanded porosity |

7.5. Strategii viitoare de cercetare

Lucrarea de față are un caracter deschis, direcțiile viitoare de studiu sunt multiple având în vedere posibilitățile oferite de progresul tehnologic la care se asistă. În ansamblu, apreciez că structura prezentei lucrări poate fi personalizată și pentru studiul altor proprietăți ale organismelor vii, lucru ce ar conduce către diversificarea mijloacelor de aplicare a principiilor naturale în mediul construit.

La nivel micro, fiecare temă dezbătută în capitolele tezei are capacitatea de a declanșa noi direcții de studiu și anume:

- Progresul științific al domeniului biologiei va releva informații care vor asigura bază pentru demersul organic în arhitectură. Chiar dacă în această lucrare atenția s-a concentrat asupra exemplelor din regnul animal, consider că același potențial de valorificare arhitecturală îl constituie și celelalte categorii de forme naturale enunțate la începutul primului capitol;
- Manifestările arhitecturii organice au fost dintotdeauna influențate de apariția unor teorii și idei care au explicat apariția lor. De remarcat este diversitatea domeniilor din care au luat naștere aceste concepții, și anume filozofie, matematică, biologie, fizică etc. Concluzionând, consider că eforturi suplimentare trebuie depuse pentru favorizarea unui dialog constant între acestea și domeniul arhitecturii organice;
- Metodele de transpunere a formelor organice naturale în arhitectură necesită o adaptare continuă la progresul tehnologic, iar raportarea lor la acestea devine un imperativ. Așadar, actualizarea mijloacelor de analiză și abstractizare va ține cont de evoluția tehnicilor și tehnologiilor;
- Conceptul de porozitate poate oferi răspunsuri optime și altor discipline ale domeniului arhitecturii, spre exemplu în urbanism, unde porozitatea va fi o unealtă de decongestie urbană sau densificare inteligentă;
- Consider că, în viitor, clădirile vor avea capacitatea să se muleze tot mai mult pe nevoile utilizatorilor, un fenomen pe care îl vizualizez într-un mod dinamic. În acest sens este necesară dezvoltarea sistemelor și materialelor inteligente. Dacă în prezent se realizează cercetări care încearcă să încorporeze sisteme senzoriale conectate la surse electrice (Arduino), pe viitor țelul este de a crea materiale care, prin însăși compoziția lor, să fie capabile a se modifica în funcție de stimuli sau la acțiunea agenților externi;
- Experimentarea joacă un rol esențial în orice domeniu, iar arhitectura nu este o excepție. Valul de produse pavilionare de arhitectură organică parametrică la care se asistă în prezent, ilustrează frământările continue ale arhitecților cu privire la creșterea performanțelor construcțiilor prin mijloace alternative și inovative. Viitorul arhitecturii organice nu poate fi conturat decât printr-un proces de selecție naturală aplicată la nivelul mediului construit, folosind sistemul de încercare și eroare, adică prin experimentare continuă. Marcos Novak, despre medii inteligente actuale, virtuale și mutante, susține:

"Una dintre cele mai fundamentale revelații științifice ale acestui secol a fost conștientizarea faptului că simularea poate funcționa ca un fel de empirism invers, empirismul posibilului. Prin învățarea din disciplinele care participă la emergență și morfogeneză, arhitecții trebuie să creeze modele pentru posibile arhitecturi. Arhitecții care aspiră să plaseze proiectele lor în spațiul virtual vor trebui să învețe să gândească în termenii dispozitivelor genetice ale vieții artificiale. Unele dintre produsele acestor dispozitive vor fi realiste doar în spațiul virtual, dar multe altele se vor dovedi a fi contribuții valide la lumea reală" [137].

BIBLIOGRAFIE

- [1] Petra Gruber, "Biomimetics in Architecture," in *Biomimetics: Materials, Structures and Processes*.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, ch. 7, p. 128.
- [2] J. Knippers and T. Speck, "Design and construction principles in nature and architecture," *Bioinspiration and Biomimetics*, vol. 7, no. 1, 2012.
- [3] Achim Menges, "Biomimetic design processes in architecture: morphogenetic and evolutionary computational design," *Bioinspiration and Biomimetics*, vol. 7, no. 1, 2012.
- [4] Alejandro Bahamon and Patricia Perez, *Inspired by animals- the building biology connection*. Spania: W. W. Norton & Company, 2006, p. 9.
- [5] George V. Lauder Erin L. Blevins, "Rajiform locomotion: three-dimensional kinematics of the pectoral fin surface during swimming in the freshwater stingray *Potamotrygon orbignyi*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 215, no. 18, pp. 3231-3241, septembrie 2012.
- [6] Grace A. Lored, Alla Brukman, Ann C. Burke Scott F. Gilbert, "Morphogenesis of the turtle shell: the development of a novel structure in tetrapod evolution," *Evolution & Development*, vol. 3, no. 2, p. 48, martie 2001.
- [7] Ross L. Cagan, Carrie Baker Brachmann, "Patterning the fly eye: the role of apoptosis," *Trends in genetics*, vol. 19, no. 2, pp. 91-96, februarie 2003.
- [8] S.R. Jongerius and D. Lentink, "Structural analysis of a dragonfly wing," *Experimental Mechanics*, vol. 50, no. 9, pp. 1323-1334, octombrie 2010.
- [9] Karl von Frisch, *Animal Architecture*. San Diego, SUA: Harcourt, 1974.
- [10] Mike Hansell, *Animal Architecture*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2008, p. 1.
- [11] Mike Mansell, *Animal Architecture*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2008, p. 94.
- [12] Mike Hansell, *Animal Architecture*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2008, p. 145.
- [13] M.R. Cole, M.H. Hansell, and C.J. Seath, "A quantitative study of the physical properties of nest paper of three species of Vespine wasps," *Insectes Sociaux*, vol. 48, no. 1, pp. 33-39, martie 2001.
- [14] Hugh V. Danks, "The roles of insect cocoons in cold conditions," *European Journal of Entomology*, vol. 101, no. 3, pp. 433-437, 2004.
- [15] F. Chen, D. Porter, and F. Vollrath, "Structure and physical properties of silkworm cocoons," *Journal of the royal society interface*, vol. 9, no. 74, iulie 2012.
- [16] M. Kiyosawa et al., "Cocoon Spinning Behavior in the Silkworm, *Bombyx mori* :Comparison of Three Strains Constructing Different Cocoons in Shape," *Zoological Science*, vol. 16, no. 2, pp. 215-223, 1999.
- [17] G.A. Pak, A. van Dalen, N. Kaashoek, and H. Dijkman, "Host egg chorion structure influencing host suitability for the egg parasitoid *Trichogramma Westwood*," *Journal of Insect Physiology*, vol. 36, no. 11, pp. 869-875, 1990.
- [18] Mike Hansell, *Animal Architecture*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2008, p. 33.

- [19] Sally Foy, *The Grand Design: Form and Colour in Animals.*: Prentice-Hall, iulie 1983.
- [20] H.R. Hepburn, *Honeybees and wax*. Berlin, Germania: Springer-Verlag, 1986.
- [21] S.P. Kurstjens, H.R.Hepburn, F.R.L. Schoening, and B.C. Davidson, "The conversion of wax scale s into comb wax by African honeybees," *Journal of comparative physiology B*, vol. 156, no. 1, pp. 95-102, aprilie 1985.
- [22] P.Gruber, . Viena, Austria: Springer Vienna, 2011, p. 70.
- [23] K. Kudo, S. Yamane, and H. Yamamoto, "Physiological ecology of nest construction and protein flow in pre-emergence colonies of *Polistes chinensis* (Hymenoptera Vespidae): effects of rainfall and microclimates," *Ethology, Ecology & Evolution*, vol. 10, no. 2, pp. 171-183, 1998.
- [24] J.E. Gordon, *Structures, or why things don't fall down*, 2nd ed. Londra, UK: Da Capo Press, 2003.
- [25] Janine Benyus. (2004, octombrie) Biomimicry design. Prelegere. [Online]. http://popotech.org/popcasts/janine_benyus_popotech_2004
- [26] Eugene Tsui, *Evolutionary Architecture: Nature as a Basis for Design*, 1st ed. New York, USA: Wiley, 1999.
- [27] Agustín Perez Garcia and Fernando Gomez Martinez, "Natural structures: strategies for geometric and morphological optimization," in *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium*, Valencia, 2009, pp. 893-906.
- [28] Ian Stewart, *Numerele naturii*. Bucuresti, Romania: Editura Humanitas, 2011, p. 155.
- [29] Jeff Erickson. (2008, ianuarie) Department of Computer Science, Illinois University. [Online]. <http://jeffe.cs.illinois.edu/teaching/compgeom/notes/vanderzee.pdf>, accesat august 2015
- [30] A.V. Srinivasan, "Smart biological systems as models for engineered structures," *Materials Science & Engineering*, vol. 4, no. 1, p. 19, martie 1996.
- [31] K. Jirapong and R.J.Krawczyk, "Architectural Forms by Abstracting Nature," in *Generative Art Conference*, 2002.
- [32] cond.dr.Grosan Teodor Silviu. Medii poroase. Proprietăți. curs online. [Online]. <http://math.ubbcluj.ro/~tgrosan/Cap1.pdf>, accesat august 2015
- [33] C. Sanchez, H. Arribart, M. Madeleine, and G. Guille, "Biomimetism and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems," *Nature Materials*, vol. 4, no. 4, pp. 227-288, 2005.
- [34] F.c. Meldrum and R. Seshadri, "Porous gold structures through templating by echinoid skeletal plates," *Chemistry communications*, no. 1, pp. 29-30, ianuarie 2000.
- [35] Clement Sanchez, Xiao-Yu Yang Bao-Lian Su, "Insights into Hierarchically Structured Porous Materials: From Nanoscience to Catalysis, Separation, Optics, Energy, and Life Science," in *Hierarchically Structured Porous Materials: From Nanoscience to Catalysis, Separation, Optics, Energy, and Life Science.*: Wiley-VCH, 2011, ch. 1, p. 5.
- [36] Marlene Spinner, Alexander Kovalev, Stanislav N. Gorb, and Guido Westhoff, "Snake velvet black: Hierarchical micro- and nanostructure enhances dark

- colouration in Bitis rhinoceros," *Scientific Reports*, vol. 3, p. articol numarul 1843, iulie 2013.
- [37] Donald A. Crosby, *Novelty*. Lanham, SUA: Lexington Books, 2005.
- [38] Paolo Portoghesi, *Nature and architecture*. Milano: Skira Editore, 2000.
- [39] (2012, ianuarie) Dictionarul explicativ al limbii romane. [Online]. <https://dexonline.ro/definitie/forma>
- [40] Leandro Madrazo, *The notion of type in architecture: an inquiry into the nature of architectural form*. Zurich: ETH, 1995, p.81.
- [41] Petra Gruber, *Biomimetics in architectureŞ architecture of life and buildings*. Vienna, Austria: Springer Verlag/Viena, 2011, p.109.
- [42] Alex Haw Gie Njoo. (2008) Organic architecture: its origin, development and impact on mid 20th century Melbourne architecture. lucrare de dizertatie in cadrul RMIT University, Melbourne, p.8. [Online]. <https://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:6760/Njoo.pdf>, accesat 10.04.2015
- [43] Christian Hubert. Organicism. [Online]. <http://www.christianhubert.com/writings/index.htm>, accesat 7.08.2015
- [44] Bruno Zevi, *Towards an organic architecture*. Londra, UK: Faber, 1950, pp.68-69.
- [45] David Pearson, *New organic architecture: the breaking wave*. Berkeley, USA: University of California Press, 2001, p.34.
- [46] Brian L. Powell. (1995, decembrie) Organic architecture in the urban environment. lucrare de dizertatie in cadrul Texas Tech University. [Online]. <https://tdl-ir.tdl.org/tdl-ir/handle/2346/50034>, accesat 2.02.2014
- [47] Filiz Sonmez. (2006, p.38, ianuarie) "Organic architecture and Frank Lloyd Wright in Turkey. lucrare de dizertatie in cadrul Middle East Technical University. [Online]. http://www.academia.edu/2370915/_ORGANIC_ARCHITECTURE_AND_FRANK_LLOYD_WRIGHT_IN_TURKEY_WITHIN_THE_FRAMEWORK_OF_HOUSE_DESIGN, accesat 13.07.2015
- [48] Cary James, *The Imperial Hotel and the Architecture of Unity*. Rutland, USA: Charles E. Tuttle Company, 1965, p.16.
- [49] D'arcy Thompson, *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1961.
- [50] Peter Stevens, *Patterns in nature*. Boston: Little, Brown and Company, 1974.
- [51] Patrick Schumacher. (2008) Parametricism. [Online]. <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>, accesat 18.01.2014
- [52] Iuri Lebedev and Jurov Cosma, *Arhitectura bionica si bioclimatica*. Bucuresti, Romania: Editura Tehnica, 1985, p.163-164.
- [53] Christopher Alexander, *Notes on the synthesis of form*. Cambridge, USA: Harvard University Press, 1973, p.15.
- [54] Ingasi de Solá-Morales, *Present and futures: Architecture in cities*. Barcelona, Spania: Collegi d'Arquitectes de Catalunya, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 1996, p.10.
- [55] Janis Taurens, "'Meaning' and 'Context' in the Language of Architecture,"

- KOHT ja PAIK / PLACE and LOCATION Studies in Environmental Aesthetics and Semiotics VI*, vol. VI, no. 1, pp. 71-82, 2008.
- [56] Alex Haw Gie Njoo. (2008, pp.8-9) Organic architecture: its origin, development and impact on mid 20th century Melbourne architecture. lucrare de dizertatie in cadrul RMIT University, Melbourne. [Online]. <https://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:6760/Njoo.pdf>, accesat 10.04.2015
- [57] Caroline van Eck, *Organicism in nineteenth-century architecture : an inquiry into its theoretical and philosophical background*. Amsterdam, Olanda: Architectura & Natura Press, 1994.
- [58] Louis H. Sullivan, *Kindergarten chats and other writings*. New York, USA: Dover Publications Inc., 1947, p.48.
- [59] Sayena Davarpanah. (2012, ianuarie) A Query on the Impact of Place on the Formation of Iconic Buildings in Architecture. lucrare de dizertatie in cadrul Eastern Mediterranean University. [Online]. <http://i-rep.emu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11129/59/1/Davarpanah.pdf>, accesat 10.04.2015
- [60] Mauro Chiarella, "Geometry and architecture: nurbs, design and construction," *Special Edition of the Journal of Mathematics & Design: Proceedings of the Fourth International Conference of Mathematics & Design*, vol. 4, 2004.
- [61] Cristian Dumitrescu, *Culegere de probleme si aplicatii de geometrie descriptiva*. Timisoara, Romania: Editura Politehnica, 2007, p.67.
- [62] Cristian Dumitrescu, *Geometria formelor arhitecturale*. Timisoara, Romania: Editura Politehnica, 2008, p.63.
- [63] Michael Eigensatz et al., "Paneling Architectural Freeform Surfaces," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 29, no. 4, p. articol nr 45, iulie 2010.
- [64] Cristian Dumitrescu, *Geometria formelor arhitecturale*. Timisoara, Romania: Editura Politehnica, 2008, p.258.
- [65] Helmut Pottmann, Andreas Asperl, Michael Hofer, Axel Kilian, and Daril Bentley, *Architectural geometry.*: Bentley Institute Press, 2007.
- [66] Helmut Pottmann, Michael Eigensatz, Amir Vaxman, and Johannes Wallnerd, "Architectural geometry," *Computers & Graphics*, vol. 47, no. 1, pp. 145-164, aprilie 2015.
- [67] Simon Flory and Helmut Pottmann, "Ruled Surfaces for Rationalization and Design in Architecture," in *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture* , New York, 2010, pp. 103-109.
- [68] Farshid Moussavi, *The function of form*. Cambridge, SUA: ACTAR, Harvard Graduate School of Design, 2009, p.442.
- [69] Cristian Dumitrescu, *Geometria formelor arhitecturale*. Timisoara, Romania: Editura Politehnica , 2008, p.287.
- [70] T. Speck, D. Harder, M. Milwich, O. Speck, and T. Stegmaier, "Die Natur als Innovationsquelle," in *Technische Textilien*. Frankfurt: Deutscher Fachverlag, 2006, pp. 83-101.
- [71] S. Vattam, M. Helms, and A. K Goel, "Biologically-Inspired Innovation in Engineering Design: A Cognitive Study," in *Technical Report, Graphics*,

- Visualization and Usability Center, Georgia Institute of Technology.*, aprilie 2007.
- [72] Ewelina Gawell and Anna Nowak, "Voronoi tessellation in shaping the architectural form from flat rod structure," *PhD Interdisciplinary Journal*, vol. nr. 12015, p. 47, 2015.
- [73] Neal Panchuk. (2006) An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric [Architectural] Design. University of Waterloo Electronic Theses and Dissertations. [Online]. <https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/2876/ntpanchu2006.pdf?sequence=1>
- [74] G. Yedekci Arslan, "Biomimetic architecture a new interdisciplinary approach to architecture," *Alam Cipta*, vol. 7, no. 2, pp. 29-35, decembrie 2014.
- [75] A. Hiller, *Architecture representation: abstraction and symbol within design*. Florida, USA: teza de dizertatie, 2014, p. 7.
- [76] Petra Gruber, "Biomimetics in architecture- architecture of life and buildings," in *Biomimetics in architecture- architecture of life and buildings*. Viena: Springer, 2011, p. 254.
- [77] Kurt Koffka, *Principles of gestalt psychology.*: Harcourt, 1967.
- [78] Otto Frei, "Naturliche Konstruktionen: Formen und Konstruktionen in Natur und Technik und Prozesse ihrer Entstehung," in *Naturliche Konstruktionen: Formen und Konstruktionen in Natur und Technik und Prozesse ihrer Entstehung.*: Deutsche Verlags-Anstalt, 1982, p. 104.
- [79] Cristian Dumitrescu and Dragos Bocan, "Studiul formeii - exercitiu de ecoteectura," in *Studiul formeii - exercitiu de ecoteectura*. Timisoara, Romania: Editura Politehnica, 2003, p. 8.
- [80] P.M. Zari, "Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability," in *Sustainable Building (SB07) Regional Sustainable Building Conference*, Auckland, Noua Zeelanda, 2007, p. 33.
- [81] Greg Lynn, "An advanced form of movement," *Architectural Design*, vol. 67, p. 54, 1997.
- [82] Janine Benyus, *Biomimicry: innovation inspired by nature*, 1st ed. New York, SUA: J. William Morrow, 1997.
- [83] Stephan Abermann. (2011, martie) Utilization of the potential of biomimetics in sustainable architecture. Institut für Architektur und Entwerfen, Lucrare de dizertatie. [Online]. http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_196419.pdf
- [84] D. Clements-Croome, *Intelligent buildings: design, construction and operation*. Londra, UK: Thomas Telford, 2004.
- [85] Steven Holl, *Parallax.*: Princeton Arch. Press, 2000, pp. 305-308.
- [86] Sotirios Kotsopoulos, "From design concepts to design descriptions," *International Journal of Architectural Computing*, vol. 6, no. 2, p. 343, 2008.
- [87] Zubin Khubazi. (2011) Porous structures. [Online]. <http://www.grasshopper3d.com/page/tutorials-1>
- [88] F.D.K. Ching, "Architecture: forms, space and order," in *Architecture: forms, space and order*. New Jersey: John Wiley&Sons Inc., 2007, p. 96.
- [89] Simos Vamvakidis, "The Sponge Epidermis : A Study on Minimal Surfaces & Porosity," in *25th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 978-0-9541183-6-*

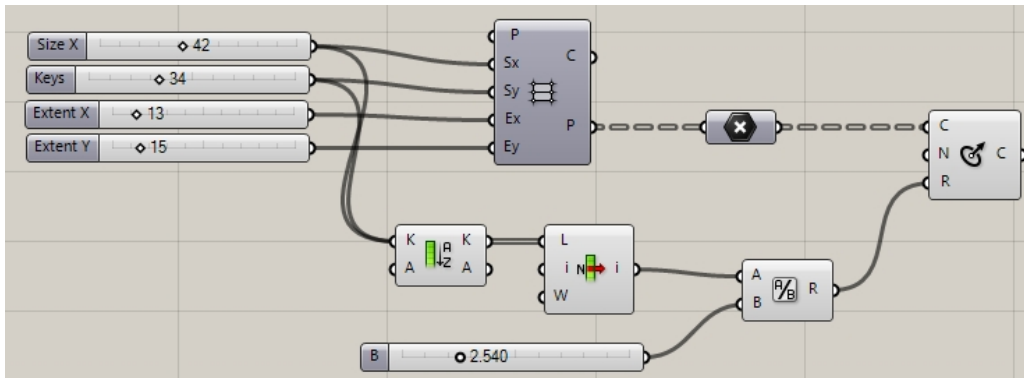
- 5, Frankfurt am Main, 2007, p. 929.
- [90] (2014, august) The Why Factory. [Online]. <http://thewhyfactory.com/output/opening-the-tower/>
- [91] Richard Scherr, *The grid: form and process in architectural design*. New York, USA: USA Books, 2001.
- [92] Simos Vamvakidis, "Gradient Transparency: Marine Animals As a Source of Inspiration. - Exploring Material Bio-Mimicry through the Latest 3D Printing Technology in Architectural surfaces," in *Proceedings of the 33rd eCAADe Conference*, Viena, 2015, p. 326.
- [93] B.T. Clyne, I.O. Golosnoy, J.T. Tan, and E. Markaki, "Porous materials for thermal management under extreme conditions," *Philosophical Transactions of Royal Society A*, no. 364, pp. 125-146, noiembrie 2005.
- [94] A.C. d'Aviler, *Cours d'architecture*.: Nabu Press, 2012.
- [95] Jacques Francois Blondel, *Cours D'Architecture Ou Traite V4: De La Decoration, Distribution Et Construction Des Batiments*.: Kessinger Publishing, LLC, 2010.
- [96] Patrik Schumacher, "Parametric patterns," *AD Architectural Design*, vol. 79, no. 6, noiembrie 2009.
- [97] Michela Rossi, "Natural Architecture and Constructed Forms: Structure and Surfaces from Idea to Drawing," *Nexus Journal Network*, vol. 8, no. 1, pp. 112-122, iunie 2006.
- [98] Michael Graves. (2012, febr.) New York Times. [Online]. http://www.nytimes.com/2012/09/02/opinion/sunday/architecture-and-the-lost-art-of-drawing.html?_r=0
- [99] Andrei Nejur, *Arhitectura in digit_all - despre transformari ale autorului de arhitectura si ale performantei arhitecturale in epoca digitala*. Cluj Napoca: teza de doctorat, 2015.
- [100] Ionuț Anton, "Despre complexitate," in *Arhitectură și algoritmi*. București, România: Tracus Arte, 2012, ch. 2, p. 65.
- [101] Ruairi Glynn and Bob Sheil, *Fabricate: Making digital architecture*. Montreal, Canada: ABC Art Books Canada Distribution, 2013.
- [102] Carlos Barrios, "Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi ," *Design Studies*, vol. 27, no. 3, pp. 309-324, mai 2006.
- [103] Patrick Schumacher, "Parametricism: A new global style for architecture and urban design," *Architectural design*, vol. 79, no. 4, pp. 14-23, iunie 2009.
- [104] Mark Loomis. (2011) About Generative Design platforms. [Online]. <http://designplaygrounds.com/deviants/about-generative-design-platforms-by-mark-loomis/> (accesat aprilie 2015)
- [105] Arturo Tedeschi, *Parametric Architecture*. Brienza, Italia: Le Penseur, 2011.
- [106] Neri Oxman, "The new materiality," in *Material based computational design*. teza de doctorat in cadrul Massachusetts Institute of Technology, 2004, p. 70.
- [107] Samar Rula Malek. (2012, iunie) The effect of geometry and topology on the mechanics of grid shells. teza de doctorat in cadrul MIT, p.14. [Online]. <http://www2.ing.unipi.it/griff/files/SamarRulaMalek-PhDThesis.pdf>, accesat 2.06.2015
- [108] Maarten Kuijvenhoven. (2009, februarie) A design method for timber grid

- shells. teza de dizertatie in cadrul TUDelft. [Online]. http://homepage.tudelft.nl/p3r3s/MSc_projects/reportKuijvenhoven.pdf, accesat 8 iunie 2015
- [109] Prof. Dr. José Pedro Sousa (coordonator). (2014, martie) ROBOTIC TECHNOLOGIES FOR A NON-STANDARD DESIGN AND CONSTRUCTION IN ARCHITECTURE. proiect de cercetare. [Online]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74922/2/98271.pdf>, accesat 10.04.2015
- [110] Bernd Foerster, *Pattern and texture*. Whitefish, USA: Literary Licensing, LLC, 2013, p.7.
- [111] Yasaman Haji Esmaili. (2014) Low-tech, Hi-touch: DNA Brick Assembly. lucrare de dizertatie in cadrul Masterului Science in Architecture, Design Computing, University of Washington. [Online]. <http://dmg.be.washington.edu/pdfs/Thesis.YasamanHajiEsmaili.2014.pdf>, accesat 2.04.2015
- [112] Filiz Klassen and Robert Kronenburg, *Transportable environments*. Abingdon, UK: Taylor & Francis, 2005, p.122-135.
- [113] *Lightness: The Inevitable Renaissance of Minimum Energy Structures*. Rotterdam, Olanda: nai010 publishers, 2005, p.11-14.
- [114] Edgar Stach, "Synthesis of form, structure and material - design for a form-optimized lightweight membrane construction," in *On growth and form: organic architecture and beyond*. Canada: Tuns Press and Riverside Architectural Press, 2008, p. 171.
- [115] Nick Dunn, *Digital fabrication in architecture*. Londra, UK: Laurence King Publishing , 2012.
- [116] Lisa Iwamoto, *Digital fabrications\$ architectural and material techniques*. New Zork, USA: Princeton Architectural Press, 2013.
- [117] Arturo Tedeschi, "Digital fabrication," in *AAD Algorithms Aided Design*. Italia: Le Penseur, 2014, pp. 310-319.
- [118] Wes McGee and Monica Ponce de Leon, *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*. Viena, Austria: Springer Science & Business Media, 2014.
- [119] Le Corbusier, "Ronchamp," in *Ronchamp*, traducere de Jacqueline Cullen, Ed. Stuttgart, Austria: Verlag Gerd Hatje, 1997, p. 92.
- [120] Arturo Tedeschi, *AAD- Algorithms aided design*. Brienza, Italia: Le Penseur, 2014, p.335.
- [121] Branko Kolarevic, "Architecture in the digital age: design and manufacturing," in *Architecture in the digital age: design and manufacturing*. New York, USA: Spon Press, 2003, p. 70.
- [122] (2015, septembrie) 3dprintingfromscratch. [Online]. <http://3dprintingfromscratch.com/common/types-of-3d-printers-or-3d-printing-technologies-overview/>
- [123] Zubin Khabazi. (2010) Generative algorithms - concepts and experiments: Weaving. [Online]. <http://www.grasshopper3d.com/page/tutorials-1>
- [124] Jim Glymph, "Evolution of the digital design process," in *Evolution of the digital design process*. New York, USA: Spon Press, 2003, pp. 101-120.
- [125] D.E. Fleming and J.T. Reed, "Notes on Fungal Infestations in Germinating Corn (*Zea mays* L.) Seed Used For Rearing Spotted Cucumber Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae)," *Midsouth Entomologist*, aprilie 2010.

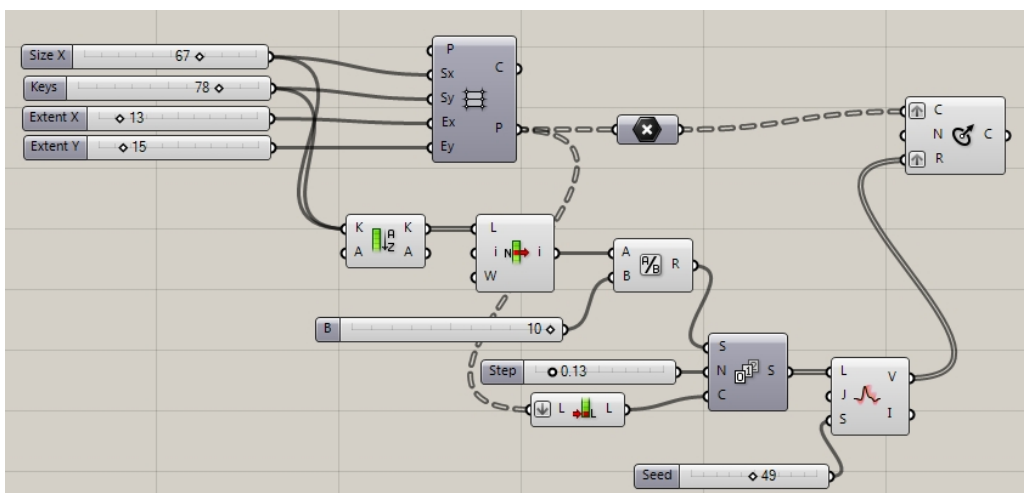
- [126] Paulo J.S. Cruz, *Structures and architecture: New concepts, applications and challenges*. Boca Raton, SUA: Taylor & Francis Group, 2013.
- [127] Ernst Haeckel, *Kunst-formen der natur*. Leipzig, Germania: Bibliographisches Institut, 1904.
- [128] J.N.A. Hooper and R.W.M. Van Soest, *Systema Porifera: a guide to the classification of sponges*, 1st ed. New York, USA: Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2002.
- [129] William G. Fry, *The Biology of the porifera*. Londra, UK: Academic Press, 1970, p. 109.
- [130] John N. A. Hooper and Felix Wiedenmayer, *Porifera*. Melbourne, Australia: East Melbourne Vic.CSIRO, 1994, p. 449.
- [131] Marc Fornes. (2014, marie) MARC FORNES & THEVERYMANY™ | STUDIO for ART + ARCHITECTURE. [Online]. <http://theverymany.com/constructs/10-frac-centre/>
- [132] Nicholas E. Collias and Elsie Collias, *Nest building and bird behavior.*: Princeton University Press, 2014, p. 192.
- [133] E. C. Collins and N. E. Collins, *Nest building and bird behaviour*. Princeton, SUA: Princeton University Press, 1984.
- [134] [Online]. <http://livecomponents-ny.com/?p=1060>, consultat iunie 2015
- [135] [Online]. <http://www.serpentinegalleries.org/exhibitions-events/serpentine-gallery-pavilion-2013-sou-fujimoto>, consultat decembrie 2014
- [136] Diana Giurea, "Hidden nest," *Arhitectura - revista Uniunii Arhitecilor din Romania fondata in 1906*, vol. 658, no. 9, pp. 47-51, noimbrie 2015.
- [137] Marcos Novak. (2015, august) [Online]. <http://ctheoryarchive.net/transmitting-architecture-the-transphysical-city/>
- [138] L. Paul Chew, "Constrained delaunay triangulations," *Algorithmica*, vol. 4, no. 1, pp. 97-108, iunie 1989.
- [139] Bradley Bell and Andrew Vrana, "Digital tectonics: structural patterning of surface morphology," *ACADIA: Surface and Form Generation*, 2004.

ANEXE

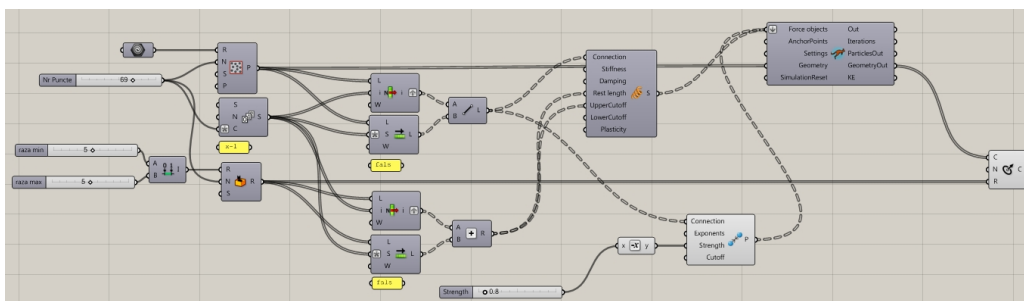
Anexa 1: Uniform uniform



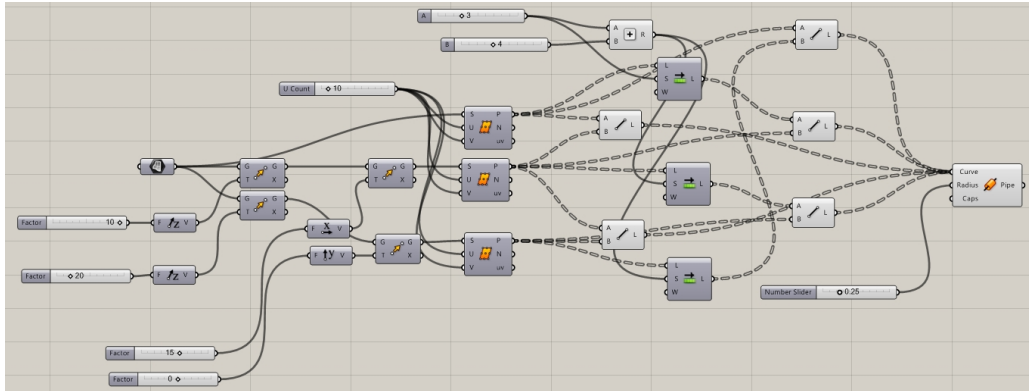
Anexa 2: Uniform neuniform



Anexa 3: Neuniform uniform

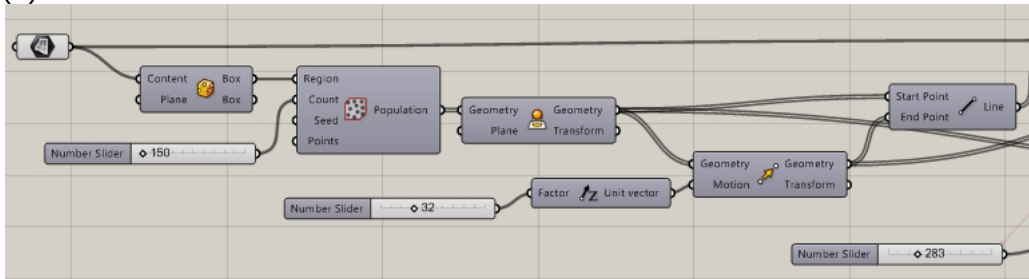


Anexa 7: Tesere uniforma

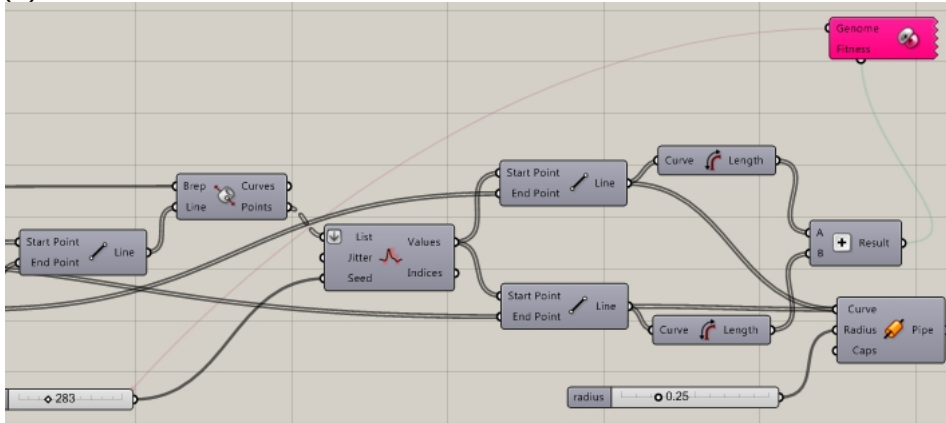


Anexa 8: Tesere neuniforma

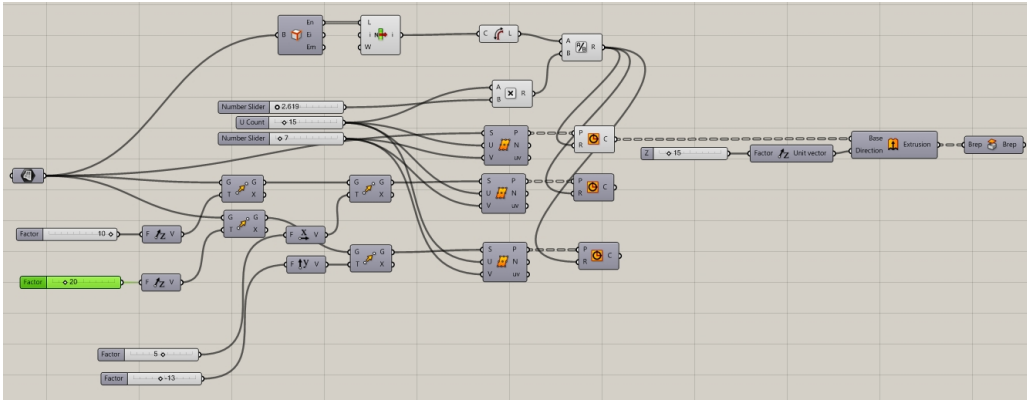
(a)



(b)

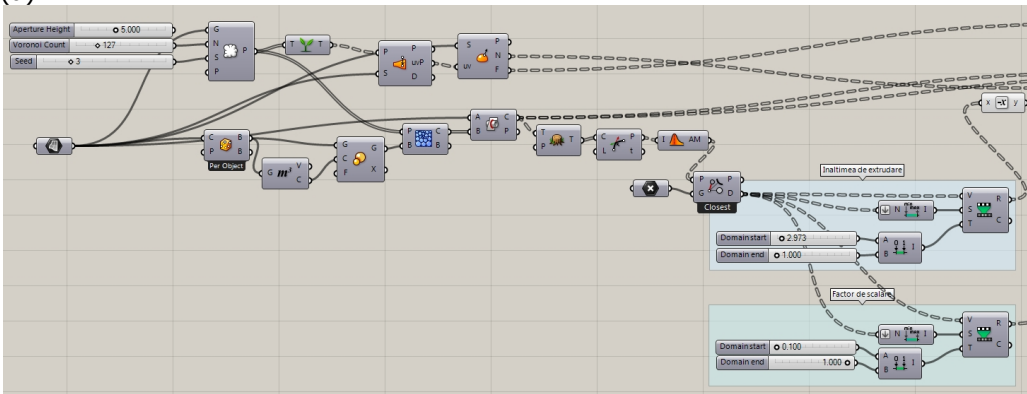


Anexa 9: Stratificare

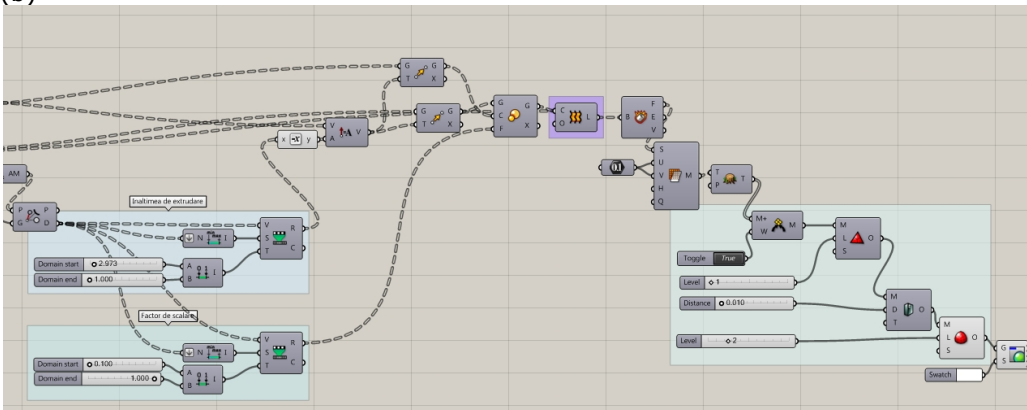


Anexa 10: Aditii volumetrice

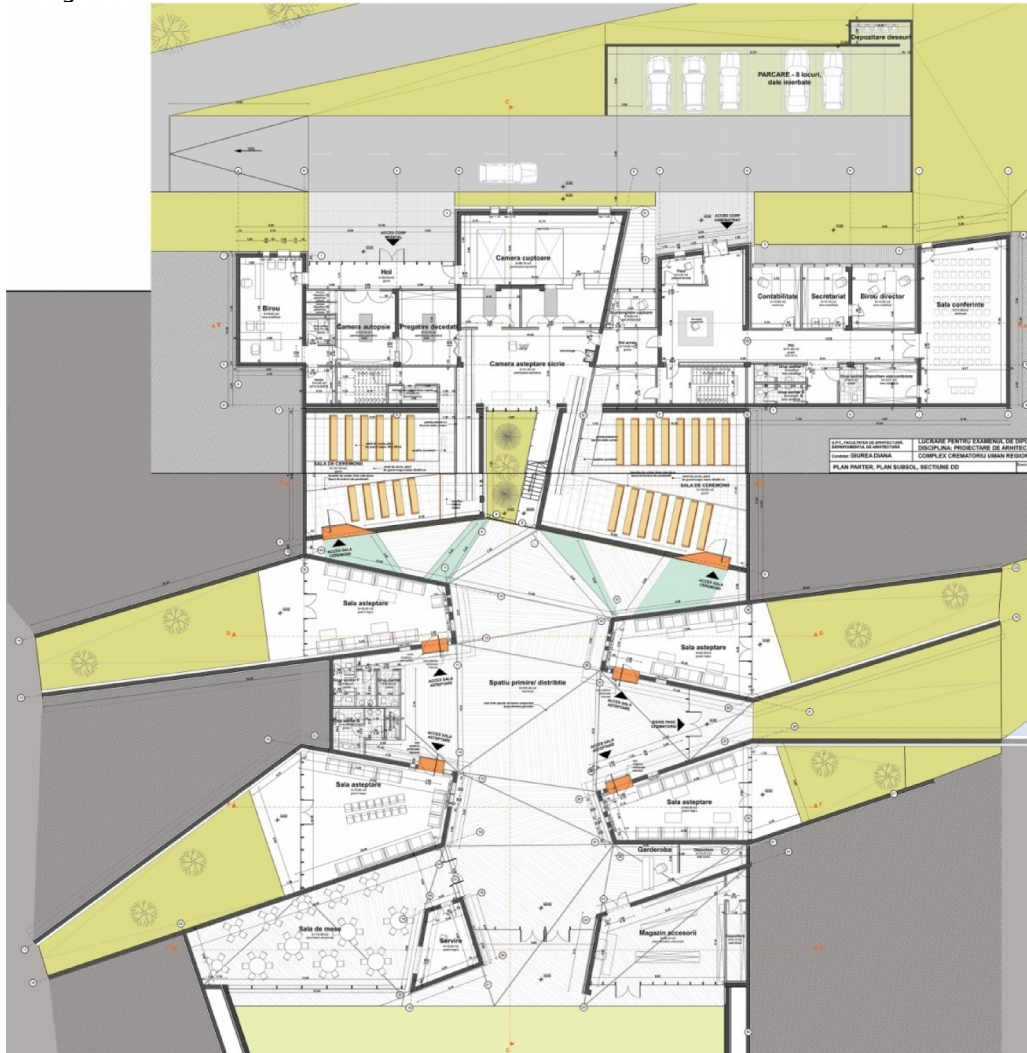
(a)



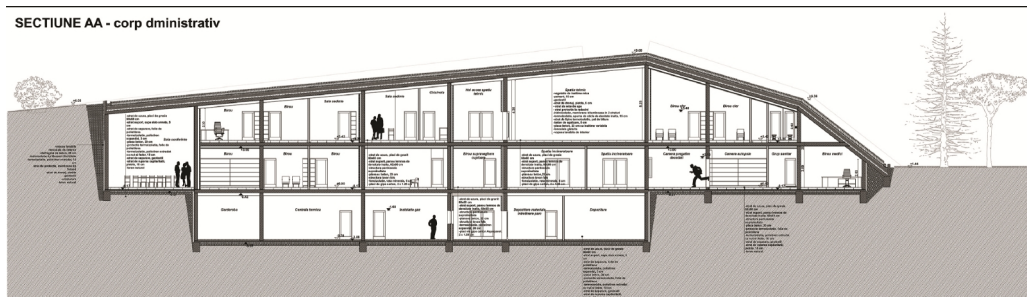
(b)



Anexa 11: Lucrare de licență, iulie 2010 - Crematoriu uman
Plan general

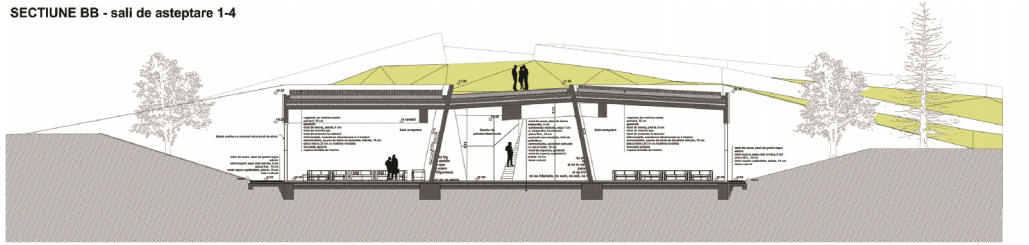


Secțiune transversală

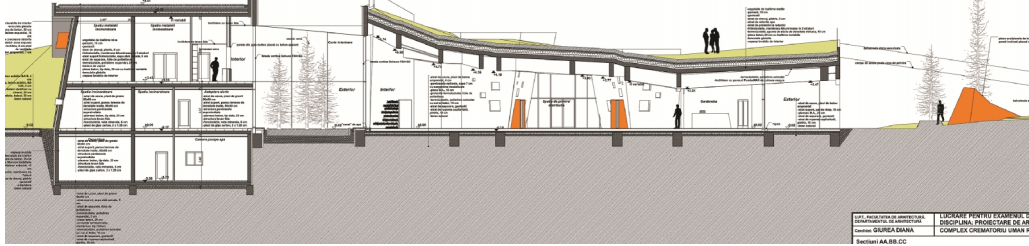


Secțiuni

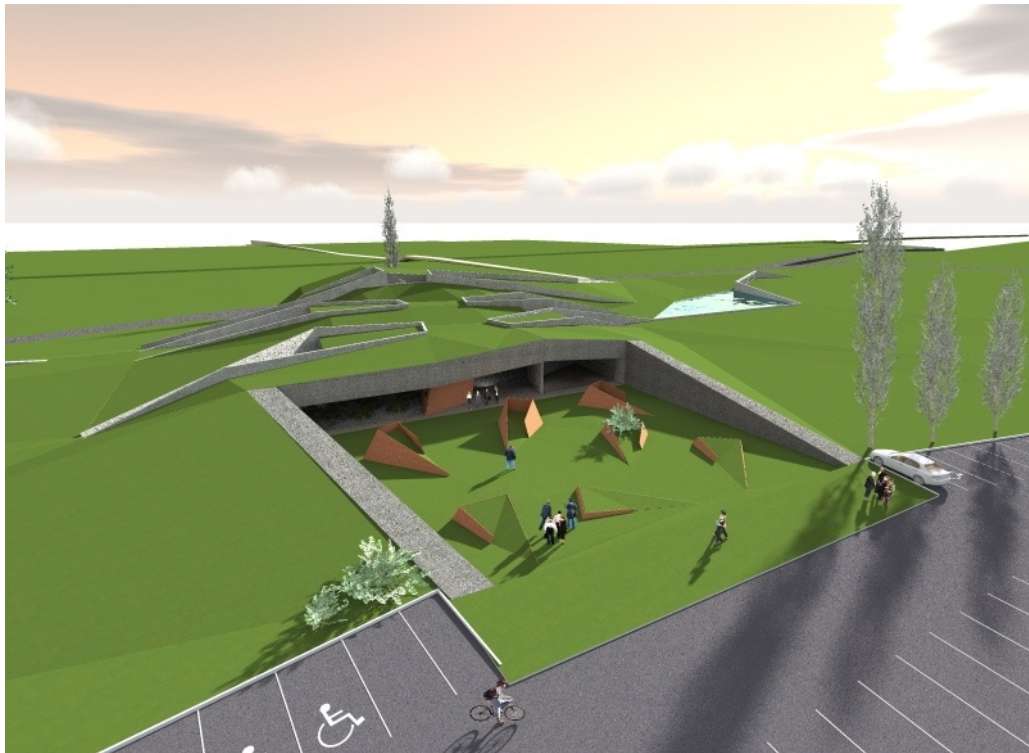
SECTIUNE BB - sali de asteptare 1-4



SECTIUNE CC - corp administrativ - hol de primire/distributie



Simulare exterioră



Simulare interioară



Simulări interioare

