

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA DE CONSTRUCȚII COMPOZITE CU APLICAȚII UTILITAR SOCIALE

BUCUR Alexandru Marian, CHISCOP Cătălin Marian, GHEGU Luciana, POPESCU
Andrei Silvian, SORESCU Gabriel-Marius, STĂNESCU Ionuț-Cosmin, TIOC Alexandru

Conducător științific: Prof. univ. **Constantin OPRAN**

Asist. univ. **Petre TIRIPLICĂ**

REZUMAT: Cercetarea privind realizarea construcțiilor compozite cu aplicații utilitar sociale are rolul de a elabora soluții inovative de construcții modulare cu scop utilitar social care să fie realizate în principal din materiale compozite polimerice, precum și prezentarea tehnologiilor de obținere a acestora. În urma stabilirii design-ului ansamblului modular s-a realizat structura de rezistență a acestuia care a fost analizată pentru a asigura siguranța construcției. Se vor prezenta materialele utilizate și tehnologia de obținere a componentelor ansamblului.

CUVINTE CHEIE: construcție modulară, social-utilitar, materiale/ construcții compozite.

1 INTRODUCERE

Înlocuirea materialelor clasice utilizate până în prezent, în industria construcțiilor, a condus la creșterea duratei de utilizare, la sporirea gradului de izolare termică și de absorbție a zgomotului și vibrațiilor pentru izolarea exterioară precum și la scăderea timpului de construcție propriu-zis datorită apariției unor noi tehnologii de asamblare bazate pe utilizarea materialelor compozite.

Materialele compozite și în special compozitele polimerice pot fi utilizate pentru realizarea tuturor tipurilor de elemente ce intră în structura unei construcții. Dezvoltarea acestui domeniu se observă în special în cazul construcțiilor modulare.

2 STADIUL ACTUAL

Dezastrele, fie ele naturale, economice sau sociale, pe lângă pierderile de vieți omenești și distrugerile masive pun adeseori problema asigurării adăpostirii/cazării sinistraților, asigurarea hranei, asistenței medicale și reintegrarea socială în timpul cel mai scurt posibil.

Eficiența realizării tuturor acestor măsuri este condiționată de anotimp, starea vremii, și situația hidrometeorologică - situații în care restabilirea "post dezastru" este îngreunată sau nu.

Un alt aspect deosebit îl reprezintă tipul localităților din zonele afectate - urbane sau rurale, existența, caracteristicile și starea căilor de comunicație, existența aglomerărilor de populație telecomunicațiile, resursele, etc.

În România, datorită condițiilor economice și a longitudinii (patru anotimpuri) există practic numai câteva posibilități de adăpostire a sinistraților (populației) în urma producerii unui dezastru:

- Amenajarea taberelor pentru sinistrați în localități sau în afara lor pe termen scurt, în perioada de vară-toamnă;

- Amenajarea de spații de cazare în instituții publice ("cămine internat", săli de sport, cămine culturale, săli de spectacole, căminele de la instituțiile de învățământ superior, etc.) pe termen mediu și lung; - Autoevacuarea la vecini, rude, prieteni (în localitate sau în alte localități) a cetățenilor a căror locuințe au fost afectate de dezastru;

- Cazarea în alte imobile puse la dispoziție de administrația locală în funcție de posibilități.

Diverse firme produc locuințe destinate situațiilor de urgență, atât pentru piața din România cât și pentru piața externă.

Caracteristicile acestor tipuri de locuințe sunt:

- sunt asamblate într-un timp foarte scurt
- sunt mai avantajoase ca preț decât cele construite în șantier

- pot fi transportate și construite mult mai ușor în zone greu accesibile

- datorită eficienței producerii și asamblării lor, ele sunt o soluție sustenabilă prin care protejăm mediul înconjurător.

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA PRODUSELOR BIOCUMPOZITE POLIMERICE

În momentul actual pe piața locuințelor pentru situații de urgență întâlnim:

1. Adăposturi IKEA

Casa pentru refugiați este un nou produs creat în parteneriat cu Agenția Refugiaților a Națiunilor Unite.

Fundația IKEA a simțit nevoia de progres în rândul adăposturilor refugiaților de pe teritoriile țărilor afectate de războaie. Pentru mulți dintre refugiați, corturile în care trăiesc chiar și 12 ani, reprezintă “acasă”. Noul produs reprezintă revoluționarea cortului. El este distribuit într-o cutie compactă, la fel ca orice produs IKEA. Este ușor de transportat și depozitat. Se instalează foarte rapid și nu necesită alte scule pe lângă cele care vin în pachet. Este stabil, construit din materiale rezistente în timp, oferă mult mai mult spațiu, intimitate și adaptare la condițiile meteorologice. Cu ajutorul mini panourilor solare, aceste adăposturi pot oferi chiar și energia electrică necesară unei familii pentru iluminat, gătit și mai ales pentru educare.



Fig.1 Adăpost pentru refugiați IKEA

2. A.S.U - adăpost pentru situații de urgență (Red Dome)

A.S.U a fost gândit ca și o structură în care se poate adăposti o familie în caz de forță majoră: incendii, inundații, cutremure, etc. În astfel de condiții, se poate crea un parc de astfel de structuri, cu o amplasare exactă și cu un timp scurt de ridicare. A.S.U a fost conceput sub forma unui geodome cu triangulație fină, cu ușa înglobată în structură, având, pentru fixarea pe sol, o talpă exterioară. El se montează ușor și repede, vremea instabilă nefiind un factor decisiv datorită lipsei fundației și a materialelor care nu necesită timp îndelungat de uscare/întărire. Nu în ultimul rând, A.S.U poate fi demontat în totalitate la sfârșitul ciclului de viață, în momentul deteriorării sau depozitării.



Fig.2 A.S.U-adăpost pentru situații de urgență

3. Adăpostul Uber – Un adăpost pentru situații de urgență în urma evenimentelor ce provocă dezastre.

Adăpostul uber este un concept uimitor pentru o unitate portabilă de locuințe, care ar ajuta oamenii în îndeplinirea cerințelor lor de adăpostire imediată create de evenimente dezastruoase. Această construcție poate fi transportată foarte repede și reasamblată cu doar câteva instrumente și oferă victimelor spațiu de locuit individual. Cel mai bun lucru legat de adăpostul uber este că acesta este fabricat din materiale reciclabile și reutilizabile. În jur de două, până la trei camere personale pot fi create în acest adăpost.



Fig.3 Adăpostul Uber

3. Construcții modulare

3.1. Generalități

Construcțiile modulare au apărut din nevoia de mobilitate a oamenilor și reprezintă o nouă tendință în realizarea unei construcții, îmbinând multiple avantaje de ordin estetic, economic, ecologic, dar și de eficiență energetică. În același timp, prin faptul că toate elementele structurale sunt interschimbabile, proprietarii își pot personaliza locuința și o pot adapta nevoilor proprii, dar, mai ales, bugetului.

Practic, avem două aspecte care definesc noțiunea de casă modulară.

În primul rând, în toate elementele structurale, modulele de bază și anexele modulelor de extindere sunt interschimbabile și compatibile între ele. Aceasta permite o personalizare deosebită a fiecărui proiect în parte, precum și o scalare optimă la necesitățile, dar și bugetul fiecărui client.

De asemenea, o casă modulară permite trecerea dincolo de pragul designului tradițional, ducându-ne către cubism, modernism, viziune de viitor și inovație..

În altă ordine de idei materialele compozite au oferit inginerilor, arhitecților și specialiștilor o dimensiune interesantă în ceea ce privește producția, costurile și design-ul pentru clădirile noi și cele reconstruite, dovedindu-se o soluție durabilă, rapidă, economică și multilaterală.



Fig. 4. Structură fagure de albină

Datorită succesului impresionant, fabricile de azi, în efortul lor constant de a satisface cerințele pieței în schimbare, au dezvoltat o gamă largă, atractivă pentru diferite profiluri de suprafață și o multitudine de suprafețe pentru închideri.

Creșterea utilizării materialelor compozite a fost în primul rând cerută de nevoia unor materiale cu valori ridicate de izolare termică și de instalare simplă la față locului de construcție.



Fig.5 Construcție realizată din blocuri de materiale compozite polimerice

3.2. Design

Întregul proces de construcție modulară acordă o importanță deosebită fazei de proiectare (design). Aici, practici, cum ar fi proiectarea de fabricație și montaj (DfMA-Design for Manufacture and Assembly), sunt folosite pentru a se asigura că toleranțele de asamblare sunt controlate în întreaga procesul de fabricație și montaj la față locului. Utilizarea sistemelor avansate CAD, sisteme de imprimare și de control de fabricație 3D sunt importante pentru succesul construcției modulare.

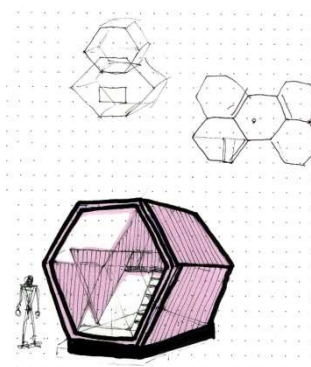


Fig.6. Concepto Grafeno Loft

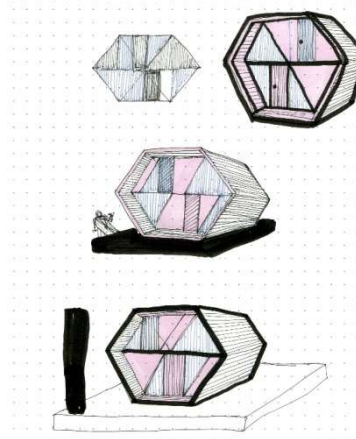


Fig.7 Schițe construcție modulară formă hexagonală

De ce hexagon? Prima idee care ne vine în minte este aceea a albinelor, dar sensul hexagonului sau al celei hexagonale, merge dincolo de ea, de fapt, hexagonul este simbolul manifestării și al creației. Conform cu geneza biblică, lumea a fost creată în șase zile. Dacă dorim să aranjăm împreună cele care sunt identice ca formă și mărime, astfel încât acestea să umple tot spațiul unui plan, doar trei forme regulate (cu toate părțile și unghiurile identice) vor funcționa: triunghiuri echilaterale, pătrate și hexagoane. Dintre acestea, celulele hexagonale necesită cea mai mică lungime totală a peretelui, comparativ cu triunghiurile sau pătratele. ”Hexagonul umple frumos și într-un mod unic întreg planul, astfel, așezând hexagoane pe fiecare latură se poate să ne extindem la infinit. Rețeaua astfel

formată seamă cu o țesătură bine structurată, cu nivele întrepătrunse și strâns unificate. Hexagonul are legătura cu rețelele moleculare, cu celulele și cu formele de baza ale manifestării.

Hexagonul este format din două triunghiuri echilaterale, unul cu vârful în sus iar altul cu vârful în jos. Triunghiul cu vârful în sus este masculin iar cel cu vârful în jos este feminin, cele două fiind întrepătrunse, hexagonul simbolizează unirea masculin-feminin, erotismul, procrearea și fecunditatea. Hexagonul se poate obține și din floarea vieții, astfel împrumută mult din simbolismul acestui bine cunoscut simbol. Hexagonul unifică polaritățile într-un mod foarte complex și cuprinzător. Hexagonul este și figura frumuseții .



Fig.8 Hexagonal Room design

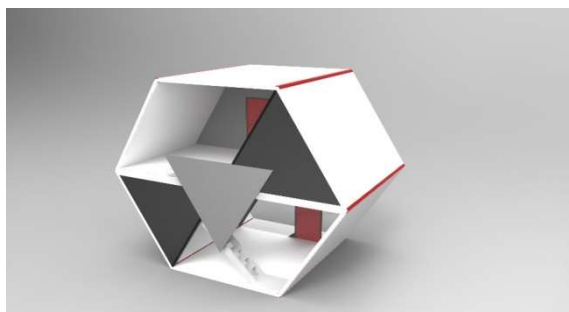


Fig.9 Design casă mdulară forma hexagonală realizat în Catia V5

Plecând de la conceptul de ansamblu modular de tip fagure s-a realizat un design nou de casă modulară.

3.3. Structura casei modulare

Pentru a se justifica necesitatea unei case modulare cu aplicații social-utilitare construcția acesteia trebuie să se realizeze într-un timp cât mai scurt. De aceea structura acesteia trebuie să permită o asamblare cât mai simplă.

Plecând de la designul ales o variantă de structură este prezentată în figura 10.

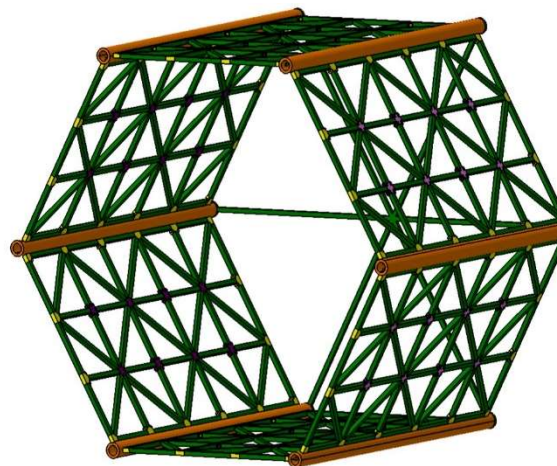
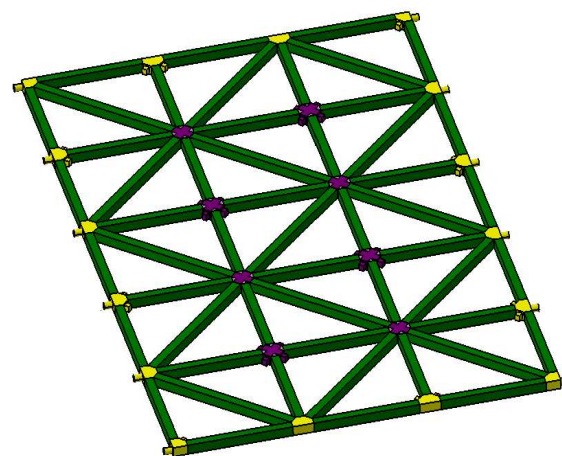
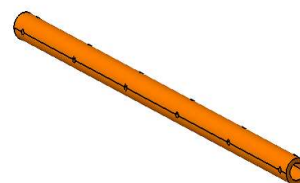


Fig.10 Structura laterală a casei modulare realizată în Catia V5

Elementele structurii laterale pot fi descompuse în următoarea serie de elemente:



6xPanouri laterale



6xGrinzi laterale

Fig.11 Structura laterală generală

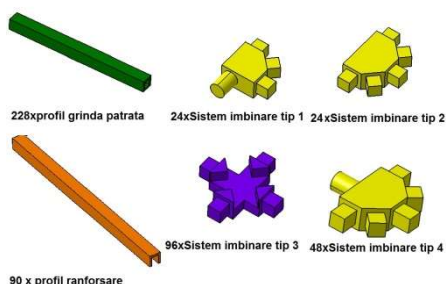


Fig.12 Structura laterală simplificată

Tehnologia de montaj a unui panou lateral este prezentată în figura 13.

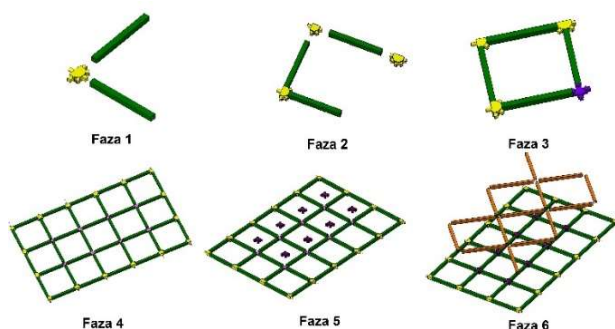


Fig.13 Tehnologie montaj panou lateral

Tehnologia de montaj a structurii laterale este prezentată în figura 13.

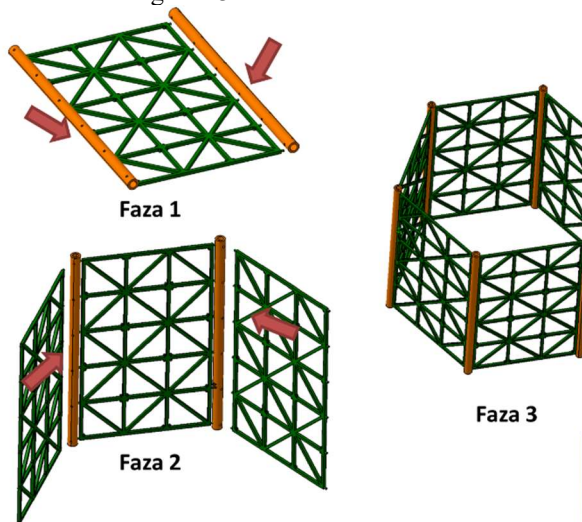


Fig.14 Tehnologie montaj structură laterală

Pentru verificarea rezistenței structurii laterale s-a realizat analiza cu element finit a grinzilor laterale și a unui model de grindă.

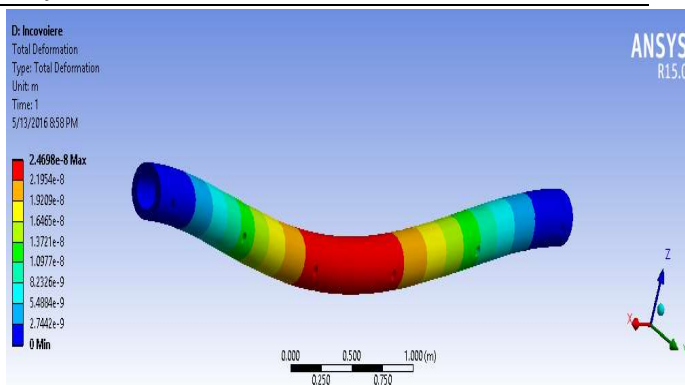


Fig 15. Deformația structurală a piesei realizată în programul ANSYS R15.0

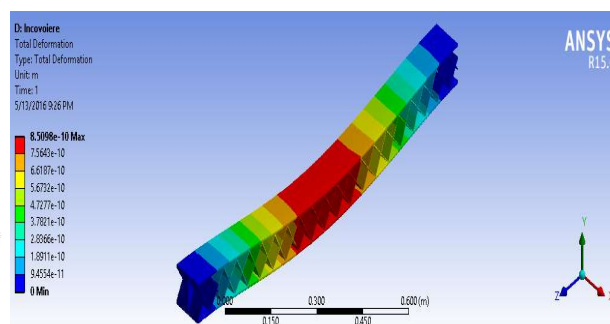


Fig 16. Deformația totală la flambaj a piesei realizată în programul ANSYS R15.0

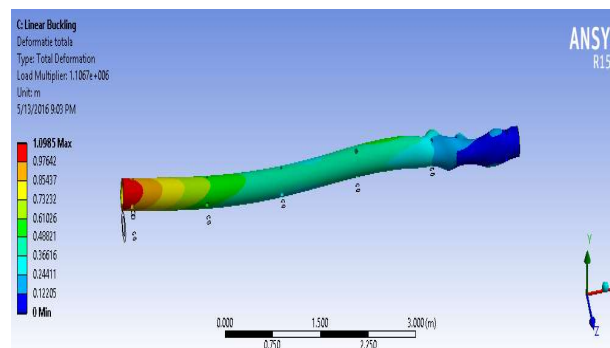


Fig 17. Deformația totală la încovoiere a piesei realizată în programul ANSYS R15.0

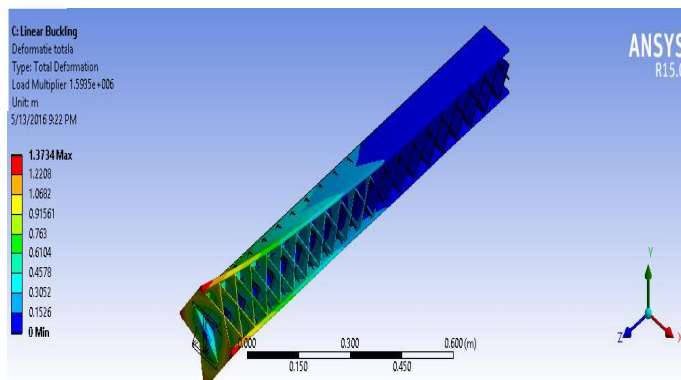


Fig 18. Deformația totală la flambaj a piesei realizată în programul ANSYS R15.0

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA PRODUSELOR BIOCUMPOZITE POLIMERICE

Pentru încovoiere, forța de încărcare aplicată este de 1000N, sarcina distribuită pe toată bara. FRP-up materialul pe care s-a realizat verificarea rezistă la 3500 Mpa.

În urma rezultatelor obținute s-a constatat că profilele pot rezista solicitărilor ce pot apărea de-a lungul timpului.

3.4. Materiale utilizate

Pentru realizarea structurii produsului se vor utiliza componente obținute din FRP (Fiber Reinforced Polymer).

FRP este un material compozit format din rășini armate cu fibră. FRP este un material ușor, dur, cu o gamă largă de aplicabilitate.

Produsele din FRP sunt testate în timp, deoarece acestea au dovedit durabilitate și eficiență în medii dificile și aplicații speciale, zeci de ani. Acestea au o durată minimă de viață de 50 de ani. Calitatea suprafețelor interioare și exterioare este constantă, fără modificări majore în timp.

Produsele obținute sunt cu 10% - 15% mai ieftine decât cele din metal și cu 20% - 30% mai ieftine decât cele construite din beton.

Produsele din FRP cântăresc doar 25% din greutatea produselor similare din metal și aproximativ 10% comparativ cu produse similare din beton. Produsele din FRP sunt mai ușoare, deci costurile de transport și manipulare sunt mult reduse. Utilizarea de echipamente grele pentru manevrare este practic eliminată.

Produsele din FRP pot menține nivelul de rezistență structurală solicitat în cele mai multe proiecte și aplicații. Conductivitate termică scăzută la produsele fabricate din FRP minimizează pierderile de temperatură și, în multe cazuri, elimină condensul sau nevoia de izolare termică suplimentară.

Produsele realizate din FRP sunt rezistente la coroziune atât la interior cât și la exterior. Acestea se pot folosi pentru acizi diluați, saramură saturată, solvenți organici și alte chimicale corozive, fără să fie necesare căptușeli suplimentare sau acoperire la exterior. Costurile cu întreținerea pe durată de viață la produsele din PAFS sunt reduse aproape la zero din cauza absenței coroziunii.

Produsele din FRP oferă o mare flexibilitate în design, și se pot realiza cu rezistență la foc prin selecția adecvată a tipului de rășină.

În extrudare continuă structuri compozite polimerice/ pultruziune (pultrusion) se folosesc în special rășini termorigide ce conțin catalizatori adecvați, stabilizatori UV și pigmenți, rezultând o matrice care corespunde proprietăților chimice și mecanice cerute. Se utilizează o rășină termorigidă specială, un catalizator adecvat, un stabilizator UV și un colorant pentru a obține o matrice ce respectă proprietățile mecanice și chimice cerute.

În tabelul 1 sunt prezentate materialele utilizate pentru ranforsare, cele mai utilizate materiale pentru matrice și ce proprietăți se pot îmbunătăți prin folosirea acestora.

Tabelul 1. Materiale utilizate pentru ranforsare

Materiale pentru ranforsare	Cele mai utilizate materiale pentru matrice	Proprietăți îmbunătățite
Fibră de sticlă	UP, EP, PA, PC, POM, PP, PBT, VE	Duritate, elasticitate, rezistență la căldură
Așchii de lemn	PE, PP, ABS, HDPE, PLA	Rezistență la încovoiere, modulul de tracțiune, rezistență la tracțiune
Fibre de carbon și aramida	EP, UP, VE, PA	Elasticitate, rezistență la tracțiune, rezistență la compresiune
Particule anorganice	Semicrystalline thermoplastics, UP	Contrație izotropă, rezistență la compresiune

În tabelul 2 sunt prezentate proprietățile materialului pentru profile de tip FRP MR opac/amorf și FRP UD amorf.

Tabelul 2. Proprietățile materialului pentru profile

Tip profile FRP MR opac/amorf	Tip de profile FRP UD amorf		
	Z	X	Z
Rezistență la rupere	250 MPa	30-80 MPa	1.000 MPa
Rezistență la înconvoiere	250 MPa	30-80 MPa	1.000 MPa
Modul de tracțiune	23.000 MPa	8.000 MPa	40.000 MPa
Modul de îndoire	25.000 MPa	9.000 MPa	45.000 MPa
Elongație	1,0 - 1,8%		2%
Compresiunea	450 MPa	90 MPa	450 MPa
Densitate	1,9 kg/dm ³		2,0 kg/dm ³
Rezistență la impact IZOD	300 kJ/m ²		300 J/m ²

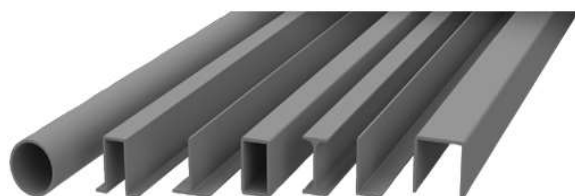
În tabelul 3 sunt prezentate limitele la care poate fi solicitat profilul din FRP.

Tabelul 3.Solicitări FRP

Aplicarea limitelor				
	Comportament pe termen scurt		Comportament pe termen lung	
Tip MR	Z	X	Z	X
Îndoirea	135 MPa	20 MPa	70 MPa	15 MPa
Tracțiune	135 MPa	20 MPa	70 MPa	15 MPa
Compresiune	135 MPa	25 MPa	70 MPa	20 MPa
Forfecare Z=X	17 MPa		8 MPa	



Fig.21 Panouri sandwich



Avantajele de materiale plastice armate cu fibre



Fig.19 Avantaje material FRP

Compararea Materiale

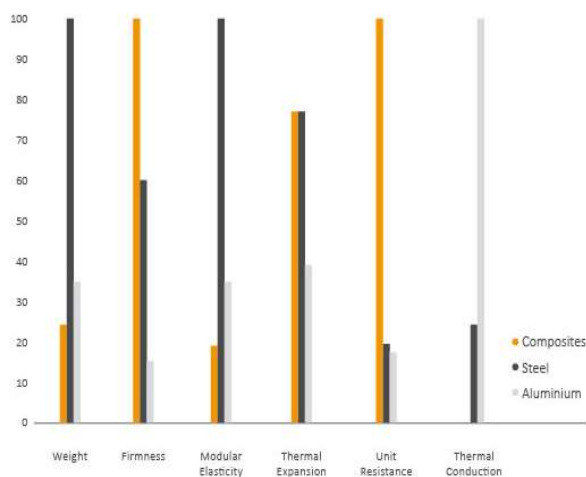


Fig.20 Comparare materiale

Pentru izolație se vor folosi panouri sandwich.

3.5. Ergonomie

Fiecare unitate este un apartament duplex de 58 m², în primul nivel are o bucătărie, sală de mese și baie, pereți oblici includ mobilier (build-in); al doilea nivel are un dormitor, un mic studio și spații deschise. Înălțimea nivelului este de 2.5 m, datorită ferestrelor înalte modulul poate fi montat în orice zonă indiferent de climă. Înălțimea totală a modulului este de 5.6 m.

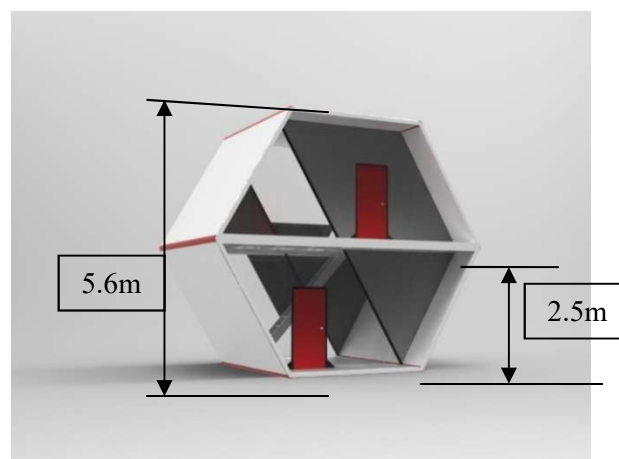


Fig.22 Dimensiuni construcție modulară

Pentru situații de urgență sau din nevoia de economisire a resurselor într-un grup de cinci module, cel din mijloc poate conține la primul nivel băi comune, iar la cel de-al doilea bucătărie și sală de mese, iar celelalte patru module laterale pot conține dormitoare și spații de relaxare sau lucru. Accesul între module se va realiza prin intermediul unor scări exterioare, iar accesul de la un nivel la altul se realizează prin intermediul unor scări interioare de 0.25 m înălțime, înclinate la un unghi de 38°.

Pe suprafața pereților superiori sau a celor laterali se pot monta panouri solare, asigurând sursa de energie electrică a locuinței. Iluminarea și ventilația se face prin intermediul ferestrelor din față și din spate.

Atât panourile frontale cât și cele din pate pot avea culori

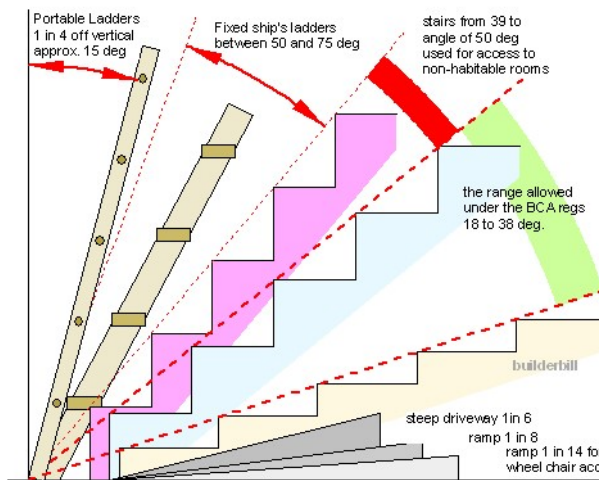


Fig.23 Analiză unghiul de inclinare recomandat



Fig.24 Structura cu unghiul de inclinare recomandat

3.6. Tehnologii de fabricare

Tehnologia de Pultruziune (Pultrusion)

Pultruziunea este un proces de fabricare pentru producție de elemente din materiale compozite bazate pe o rășină și un material de ranforsare, ale căror secțiuni sunt constante pe toată lungimea. De obicei, acest material de ranforsare este o fibră de sticlă sau fibre de carbon, trecute printr-o rășină epoxidică căruia i se adăugă un accelerator.

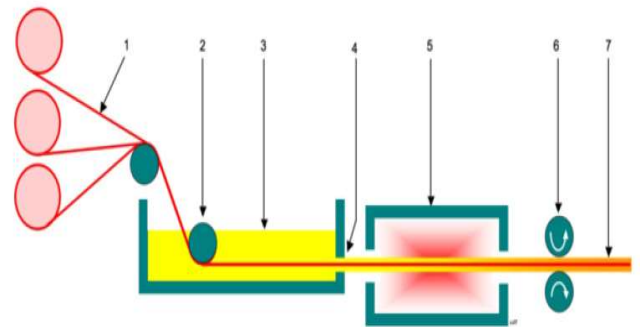


Fig.25 Tehnologia de pultruziune

Schema tehnologică a pultruziunii:

1. Materialul de ranforsare poate fi fibră de sticlă sau fibre de carbon. În cele trei role din diagramă, rola din mijloc conține o fibră de sticlă stratificată, cu o lățime a profilului ce se vrea obținut, iar în celelalte două role se află fire de fibră de sticlă. Acestea sunt unificate de prima rolă de conducere. Aceste role, odată unite, oferă profilului rigiditatea necesară precum piesele obținute din metale și aliaje metalice, însă cu caracteristici asemenea pieselor din materiale polimerice.

2. Cea de-a doua rolă conducătoare unește cele trei straturi din rolele de fibră de sticlă.

3. Baia formată din rășină epoxidică. Această rășină are în componența sa un compus bazat pe poliester și vinilester, căruia îi este adăugat un accelerator (pe bază de cobalt), ceea ce va face ca rășina, după ce această este impregnată fiecărui strat de fibră, unindu-le între ele, să se transforme dintr-o rășină lichidă într-o rășină solidă.

4. Matrița de preformare este matrița ce dă forma dorită profilului. Matrița poate avea o formă complexă, însă necesară este obținerea aceleiași secțiuni pe toată lungimea profilului pentru o rigiditate sporită. De asemenea, această matriță are rolul de a elimina surplusul de rășină într-un vas colector, care la rândul ei va fi trimisă înapoi în baia de rășină.

5. Matrița de formare este o matriță ce are aceeași formă ca și matrița de preformare, doar că aceasta este încălzită până la 200°C pentru a accelera procesul de întărire al rășinii, astfel devenind un profil cu caracteristicile unui material plastic (ușor, reciclabil), dar totodată cu o ranforsare ridicată oferită de fibra de sticlă. Pentru a obține o formă estetică la exterior, se mai adăugă un strat de fibră de sticlă la exteriorul acestui profil înainte de a fi tratat la temperatura necesară.

6. Cele 2 role finale conducătoare sunt precum niște picioare de miriapod/șenile care trag profilul în același timp cu materialul de ranforsare

din role, de unde și denumirea procesului tehnologic.

7. Profilul acum poate fi trimis fie în comerț, fie folosit de către o fabrică ce posedă o astfel de tehnologie, nu înainte de a fi tăiat la cotele necesare. Pentru aceasta este necesar un fierăstrău tip disc ce taie lungimea la cote prestabilite anterior de program.

4. DOMENII DE UTILIZARE

Având în vedere faptul că aceste case se vor contrui pentru locuințe civile, casele din compozite prezintă un mare avantaj pentru țările ce se confruntă cu dezastre naturale. Conform unei companii de asigurări, 616 orașe din întreaga lume sunt expuse la dezastre naturale de tip inundații, cutremur, tsunami sau uragane. Datorită modului de asamblare, respectiv serviciilor oferite, aceste case din compozite pot reprezenta o locuință nouă pentru persoanele ce se confruntă cu astfel de probleme.

Datorită serviciilor interioare oferite, rezistența structurii și modul de întreținere, casele din compozit pot reprezenta o locuință nu doar persoanelor ce se confruntă cu dezastre naturale ci și oamenilor ce trăiesc într-un mediu sărac. Oameni dintr-o multitudine de țări precum cele din Africa, America Centrală și țări din Asia locuiesc în case inadecvate datorită lipsei de materiale de construcții și muncitorilor necalificați. Aceste două mari cauze duc la instabilitatea locuințelor, respectiv la scăderea siguranței oamenilor. Conform imaginilor de mai jos se poate observa deteriorarea caselor dintr-un mediu de viață sărac.

Casele din compozite polimerice se dovedesc a fi o soluție și pentru dezastrele ce se ivesc în viața cotidiană a oamenilor, chiar și pentru țările ce sunt ferite de dezastre naturale, cu un trai de viață decent. Un exemplu foarte bun ar fi înlocuirea caselor distruse masiv de incendii, folosind astfel de locuințe provizorii.

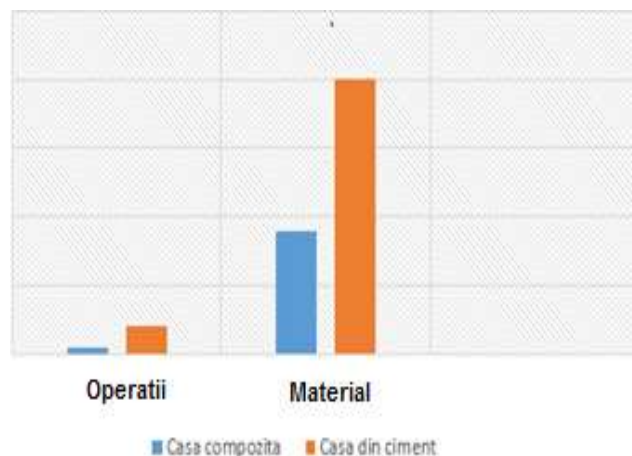


Fig.26 Comparatie case modulare-case traditionale

4. CONCLUZII

În urma studiului s-a realizat un proiect de casă modulară care s-a integrat într-un ansamblu proiectat pentru situații de urgență.

S-a realizat o variantă de structură de rezistență a ansamblului în urma verificărilor constatându-se că poate rezistă la posibilele solicitări ce pot apărea pe parcursul utilizării.

Pentru întreg ansamblul s-au stabilit materialele compozite polimerice posibile și s-au arătat modalitățile de obținere ale acestora.

Ansamblul modular obținut are un cost scăzut și un timp de asamblare scurt, putând fi astfel utilizat pentru situații de urgență.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1]. http://cis01.central.ucv.ro/psi/norme_mec/adapostirea%20populatiei.pdf;
- [2]. <http://www.foartetarefrate.ro/2015/12/01/ikea-sprrijina-refugiarii-din-africa-si-asia/>;
- [3]. <http://www.reddome.eu/asu/>;
- [4]. <http://www.tuvie.com/uber-shelter-an-emergency-shelter-in-disastrous-events/>;
- [5]. https://en.wikipedia.org/wiki/Modular_buildin_g;
- [6]. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-167166/concepto-grafeno-loft-arketiposchile>;
- [7]. <http://imgur.com/r/RoomPorn/zTi9Y>
- [8]. http://www.emrys.ro/hexagonul_simbolul_creatiei_si_al_manifestarii
- [9]. <http://nautil.us/issue/35/boundaries/why-nature-prefers-hexagons>
- [10]. <http://fibrolux.com/ro/main>
- [11]. <http://fibrolux.com/ro/main>
- [12]. https://en.wikipedia.org/wiki/Fibre-reinforced_plastic;