

Eugenia Valerica Potenchi

TEHNICI DE CONSTRUIRE CU PĂMÂNT

Editura universitară "Ion Mincu"
București, 2022

Volum publicat în cadrul proiectului:

„Dezvoltarea capacității instituționale a UAUM pentru cercetare în arhitectură și urbanism prin crearea unei culturi a diseminării rezultatelor”, Acronim CULTADISER

Proiect finanțat prin Consiliul Național pentru Finanțarea Învățământului Superior - FDI 2022

Domeniul Strategic de Finanțare D6 – „Dezvoltarea capacității instituționale pentru cercetare în universități”

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

POTENCHI, EUGENIA

Tehnici de construire cu pământ / Eugenia Valerica Potenchi. -

București : Editura Universitară "Ion Mincu", 2022

ISBN 978-606-638-270-0

691

Lucrarea de față reprezintă strict punctul de vedere al autorului. Responsabilitatea lucrării îi revine în întregime autorului, atât în ceea ce privește conținutul, cât și forma.

Toate drepturile rezervate. Nicio parte din această publicație nu poate fi reprodusă, stocată sau transmisă prin orice mijloace de natură electronică, mecanice, de copiere, înregistrare sau alte forme fără permisiunea scrisă a autorului și a editurii.

© 2022, Editura Universitară „Ion Mincu”, Strada Academiei, nr.18-20, sector 1, București, cod 010014, tel. 40.21.30.77.193

Volumul reia teza de doctorat cu titlul:

REÎNTOARCEREA LA NATURĂ
TEHNICA CONSTRUCȚIILOR DIN PĂMÂNT

susținută la data de 6 aprilie 2015

Sub îndrumarea doamnei profesor:
prof. dr. arh. Ana-Maria Dabija

Mulțumiri

Doresc să mulțumesc doamnei prof. dr. arh. Ana-Maria Dabija pentru timpul acordat pe parcursul realizării tezei de doctorat. Am apreciat modul de îndrumare prin care m-a ghidat cu multă răbdare spre cercetarea detaliată a subiectului propus. Totodată îi mulțumesc pentru permanenta încurajare și criticile constructive cu care m-a impulsionat să realizez această lucrare.

CUPRINS

Introducere	7
Adaptarea clădirilor la noile condiții climatice	10
1.1. Schimbări climatice	12
1.2. Impactul asupra mediului	14
1.3. Poluarea în industria construcțiilor	15
1.4. Politici de stopare a fenomenului de schimbare climatică	17
1.5. Principii ecologice în arhitectură	23
1.6. Concluzii	28
Tehnici tradiționale din pământ	38
2.1. Tehnici tradiționale din pământ pe teritoriul României	38
2.2. Tehnici tradiționale din pământ în lume	50
Construcții contemporane din pământ	61
3.1. Construcții contemporane din pământ în România	61
3.2. Construcții contemporane din pământ în lume	71
Pământul, material de construcție	82
4.1. Proprietățile morfologice ale pământului	87
4.2. Proprietățile fizico-mecanice ale pământului	99
Sisteme constructive cu pământ	104
5.1. Tehnica de construire cu cărămizi din pământ uscate la soare	104
5.2. Tehnica de construire cu lut	116
5.3. Influența zonelor geografice/climatice asupra din construcțiilor din pământ	133

5.4. Geometria construcțiilor din pământ - proporție, dimensionare	141
5.5. Rezistența și stabilitatea la cutremur a elementelor realizate din cărămizi nearse din pământ	145
5.6. Protecția elementelor realizate pământ în vederea rezistenței la intemperii	166
5.7. Eficiența energetică a construcțiilor din pământ	169

Metodologie de proiectare pentru construcția clădirilor din pământ

178

6.1. Date preliminare	179
6.2. Studiul specializat al terenului	185
6.3. Configurarea propriu-zisă a clădirii	196

Bibliografie

205

Anexa 1: Listă asociații construire cu pământ

219

Anexa 2: Rezultate sondaj de opinie

222

INTRODUCERE

Trăim într-un mediu perturbat de poluare, iar încălzirea globală a devenit o certitudine. Specialiștii au arătat complexitatea acestui proces de lungă durată care a condus la o serie de modificări: crește temperatura medie a aerului, precipitațiile devin mai abundente, crește frecvența și intensitatea fenomenelor meteo extreme. Singura soluție pentru stoparea acestui proces este reducerea emisiilor de carbon la nivel mondial.

Uniunea Europeană s-a angajat prin Pactul verde să reducă emisiile de gaze cu cel puțin 55% până în 2030 dorind să ajungă în anul 2050 la neutralitate climatică prin obținerea unui echilibru între emisii și absorbția CO₂.

Industria construcțiilor ocupă un loc important în această problemă. Fiecare dintre persoanele implicate în procesul de construire, beneficiar, proiectant și constructor, își poate aduce contribuția pentru ca atât obiectul finit, clădirea, dar și întregul proces de construire să fie mai puțin sau chiar deloc poluante.

În acest sens specialiștii au propus creșterea eficienței energetice a clădirilor prin îmbunătățirea anvelopei pentru clădirile existente, iar în timp se dorește să se realizeze proiectarea construcțiilor noi la nivel de Casă Pasivă și Nzeb.

Arhitectura realizată în tehnica de construire cu pământ este o soluție foarte bună în acest sens. Pământul ca material de construcție are multe calități: este reciclabil, nu este toxic, este rezistent la foc, acumulează căldură în timpul zilei și o eliberează noaptea când este mai răcoare, reglează umiditatea în interiorul casei.

Plecând de la aceste principii ecologice și folosind pământul pentru construire arhitecții au realizat, o serie de proiecte pentru clădiri publice importante dintre care voi enumera doar câteva:

- În anul 2006 a fost realizat **Centrul cultural din Osoyoos**, Canada, folosind tehnica de construire cu pământ bătătorit. A fost premiat la World Architecture Festival Award în anul 2008
- În Anglia, arhitecții David Lea și Pat Borer au realizat în anul 2010 proiectul pentru clădirea **Institutului Wales pentru Educație Durabilă** care a câștigat premiul RIBA din 2011.

- **Capela Reconcilierii din Berlin** a fost proiectată de Reitermann & Sassenroth Architekten în anul 2010 folosind tehnica de construire cu pământ bătătorit. Specialiștii de la Universitatea Tehnică din Berlin au realizat teste ale materialului folosit arătând că acesta are caracteristici asemănătoare betonului.
- În India, **Druk White Lotus School** construit în anul 2001, realizat din chirpici. A obținut numeroase premii printre care World Architecture Awards în 2002 și Design for Asia Grand Award în 2009

La nivel mondial există o preocupare din ce în ce mai intensă pentru stabilirea unor norme pentru construirea cu pământ. Germania are un standard pentru realizarea construcțiilor din pământ - German Earthen Building Standards. Alte standarde au fost întocmite în Australia și Nouă Zeelandă, în statele americane California și New Mexico, China, India, Ecuador și Peru. În 2010 ASTM Internațional a întocmit un nou standard: Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems, care se referă la elementele portante din pământ sau elementele fără rol structural.

România, pentru că este o țară cu tradiție în construcția cu pământ, ar trebui să se alinieze noilor tendințe mondiale și, pe baza experienței de sute de ani dar și conform noilor cercetări, să alcătuiască metodologii și norme de proiectare și construire ale clădirilor din pământ care să aducă structurile din pământ la un nou nivel estetic și de siguranță.

În urma sondajului de opinie pe care l-am realizat am ajuns la concluzia că există un segment de populație care apreciază casele din pământ și își doresc o astfel de construcție din diverse motive, așa cum reiese din afirmațiile următoare:

“comfort estetic, izolare bună, se respiră sănătos într-o astfel de casă”

“Sunt primitive, sunt de cele mai multe ori luminoase și în culori naturale, soba este un element esențial, caracteristic caselor din pământ, sunt o alternativă suficient de bună pentru a înlocui multe din materialele noi.”

“Am o casă de vacanță realizată din pământ, în zona de sud a României.... Pot spune că mă întorc odihnită de acolo. Cu toate că pereții sunt strâmbi și se vede cum a fost adăugată câte o cameră de-a lungul timpului, casa este primitoare și se integrează perfect în natură. Prispa cu stâlpi de salcâm te invită să stai la umbră în zilele de vară sau să te adapostesti de ploaie, ascultând sunetul picăturilor de apă pe acoperiș. Este casa perfectă pentru relaxare”

“Mi-ar plăcea să locuiesc într-o casă din pământ cu toate calitățile ei....”

“Temperatura ambientală este relativ constantă: vara este răcoros iar iarna se încălzește ușor și temperatura se păstrează destul de mult timp. Iar aerul în interior nu este uscat.”

În concluzie, consider că este absolut necesară realizarea unei metodologii de proiectare a construcțiilor din pământ având în vedere că acest tip de construcții se vor realiza în continuare din diverse motive. Unii proprietari construiesc clădiri din pământ pentru că acestea sunt ieftine. Alți proprietari doresc realizarea unor construcții ecologice care să nu afecteze sănătatea oamenilor sau să protejeze mediul înconjurător. Dar, indiferent care este motivul alegerii unei structuri din pământ, metodologia de proiectare conduce la realizarea unor structuri stabile, rezistente la cutremur, și în același timp eficiente energetic.

Adaptarea clădirilor la noile condiții climatice

Pe parcursul istoriei, omul a încercat să-și îmbunătățească traiul găsind diverse mijloace pentru a realiza activitățile mai ușor. La început a folosit doar materialele găsite în natură lemnul, osul, piatra și pământul. Pe atunci omul trăia în armonie cu natura. A intervenit însă nevoia de perfecționare și a găsit noi materiale și tehnologii pentru realizarea uneltelor. Din momentul în care omul a descoperit peștera ca adăpost, locuința a evoluat în mod continuu apărând mai târziu casele construite din piatră, lemn sau pământ și apoi realizate din materiale mai sofisticate: beton, sticlă, oțel. La început omul a fost dominat de natură, apoi a reușit să trăiască în armonie cu natura pentru ca în zilele noastre rolurile să se inverseze: omul domină natura.

Prin lupta pentru existență omul a influențat negativ clima ajungându-se în ziua de azi la o serie de fenomene extreme nedorite care au repercursiuni de lungă durată sau chiar ireversibile.

Creșterea demografică și cererea de consum au condus către producția de masă. Astfel s-a creat un dezechilibru în relația omului cu mediul natural. Dezvoltarea industrială are aspecte pozitive, dezvoltarea continuă a industriei conducând la îmbunătățirea vieții omului prin crearea de noi produse: mijloace de transport, computer și alte electronice ce fac parte din viața noastră de zi cu zi.

Aspectul negativ al dezvoltării industriale este poluarea. Toate aceste produse noi care ne-au îmbunătățit viața sunt realizate din materiale periculoase pentru om și natură.

Epuizarea materiilor prime, consumul de energie, consumul de apă, toxicitatea, radiațiile și zgomotul sunt efectele negative ale produselor noi existente pe piață. Aceste efecte negative au condus la dezechilibru climatic.

Principalul factor de distrugere a lumii naturale este dezvoltarea industriei ce are la bază creșterea continuă a populației. Într-un studiu realizat de către Biroul de Recensământ al Statelor Unite conform datelor obținute la recensământ și prezentate în raportul din 2002, s-a arătat că, față de perioada dintre anii 1800 și 1922, perioadă în care creșterea populației a fost lentă, în perioada din 1922 până în 2002

creșterea demografică s-a accentuat, ajungând în iunie 1999 la 6 miliarde.¹

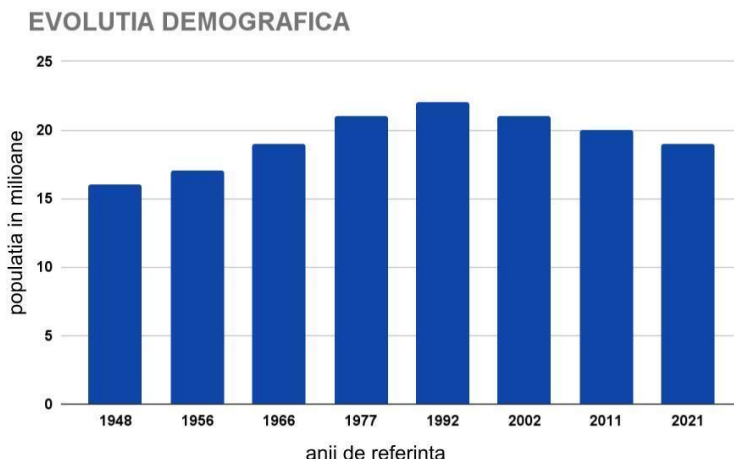


Fig. 1.1 Creșterea demografică în România,
grafic realizat pe baza datelor preluate de la Institutul Național de Statistică.

Situația în România diferă de datele obținute la nivel global, așa cum se observă în Fig. 1.1 ce reprezintă graficul pe care l-am realizat conform datelor obținute la recensământul efectuat de către Institutului Național de Statistică în diferiți ani, numărul populației este în descreștere în perioada de după 1992, acest lucru observându-se și la nivelul Europei.

Descreșterea populației în România va continua ajungând în anul 2050 la cifra de 17809000 de locuitori, conform estimărilor din 2012 realizate în cadrul Departamentului Economiei și Afacerilor Sociale, Secția Populației de la Națiunile Unite. Cu toate acestea în Europa, se va constata o descreștere mai lentă, estimările realizate de Națiunile Unite arătând că în anul 2050 Europa va avea 709 067 000 de locuitori.²

¹ ***, World Population Prospects: The 2012 Revision, Total population (both sexes combined) by major area, region and country, annually for 1950-2100 Estimates, 1950-2010, United Nations, Population Division, iunie 2013

² http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm

Deși se preconizează că în Europa populația va fi în descreștere, la nivel mondial, datorită creșterilor demografice estimate pentru America de Nord și de Sud, Africa, Asia și Australia, se estimează o creștere demografică rapidă până în anul 2050 atunci când populația globului va atinge cifra de 9 miliarde.³ Creșterea rapidă a populației va conduce la creșterea emisiilor de gaze, a poluării și nu în ultimul rând la încălzirea globală.

Creșterea temperaturilor medii ale aerului are ca efect folosirea mai multor sisteme de răcire sau aer condiționat cu scopul de a obține în spațiile interioare o temperatură medie de confort a aerului interior, aceasta fiind stabilită în funcție de activitățile oamenilor. Cu cât temperatura medie a aerului exterior este mai mare și cu cât perioada de căldură crește întinzându-se pe mai multe luni din an, va crește și nevoia de folosire acestor aparate mărindu-se astfel consumul de energie și totodată favorizând emisiile de gaze cu efect de seră. O cantitate mai mare de gaze vor afecta stratul de ozon conducând astfel la încălzirea globală, constatându-se creșterea temperaturii medii a aerului față de anul anterior. Acest circuit este unul închis, un proces continuu care are ca efect distrugerea stratului de ozon și respectiv încălzirea globală, conducând la schimbări climatice importante care vor produce un dezechilibru în mediul natural.

1.1. Schimbări climatice

În Convenția privind schimbările climatice de la Rio de Janeiro din 1992 schimbările climatice sunt definite astfel: “schimbări de climat care sunt atribuite direct sau indirect unei activități omenești care alterează compoziția atmosferei la nivel global și care se adaugă variabilității naturale a climatului observat în cursul unor perioade comparabile”⁴.

Schimbările climatice se datorează atât activităților oamenilor cât și proceselor naturale ce au loc în fiecare zi conducând la poluarea întregii planete. Mai mult, în timp ce numărul populației este în creștere, se consumă mai multe resurse, activitățile oamenilor sunt în

³ ***, *Global Population Profile: 2002, Global population growth*, International Population Reports, Census Bureau U.S., 2002, p.11

⁴ ***, *Legea 24/1994*, Monitorul Oficial, Nr. 119 din 12 mai 1994.

creștere afectând sistemul natural și provocând schimbări ale mediului și ale climei la nivel global.

Procesele naturale care au repercursiuni asupra climei sunt radiațiile solare. Acestea conduc la încălzirea globală în funcție de proprietatea de reflecție a suprafeței terestre cât și a caracteristicilor astronomice ale Pământului datorate fenomenelor de excentricitate, oblicitate și precesie.⁵

Creșterea concentrației gazelor cu efect de seră se datorează creșterii populației, a dezvoltării industriale și a proceselor moderne agricole, înregistrându-se o creștere de 1,5% pe an.⁶ Acest fenomen conduce la diminuarea stratului de ozon și deci la încălzirea globală.

Încălzirea globală este fenomenul de creștere continuă a temperaturilor medii înregistrate ale atmosferei în imediata apropiere a solului, precum și a apei oceanelor.

Cercetătorii de pe tot globul au arătat că temperaturile sunt într-o continuă creștere. Din 1850 temperatura globală a crescut cu aproximativ 0,8°C. Această creștere se datorează în primul rând emisiilor de gaze apărute în urma activităților umane. Depășirea unei creșteri de 2°C a temperaturii medii la nivelul solului sporește riscul producerii unor schimbări ireversibile pentru sistemele globale umane și naturale. Scenariile realizate de oamenii de știință cuprind atât aspecte negative cât și aspecte pozitive. Cu certitudine încălzirea globală are ca efect diminuarea ghețarilor, ceea ce conduce la o creștere semnificativă a absorbției radiației solare. Acest fenomen va conduce în același timp la mărirea suprafeței de păduri, permițând dezvoltarea copacilor în zonele în care până de curând nu aveau condiții climatice potrivite. Procesul de creștere a suprafeței împădurite are ca efect absorbția mai mare de CO₂. Scenariul negativ în acest caz este cel în care topirea ghețarilor provoacă fenomenul de deșertificare.⁷

Evaporarea unor cantități semnificative de apă conduce la accentuarea efectului de seră, vaporii de apă intrând în categoria gazelor cu efect de seră. Totodată, creșterea umidității atmosferei are ca efect

⁵ Colda Iolanda, Ardelean Florinela, *Cauzele Schimbarilor climatice - un subiect controversat*, Conferinta a XV a Eficienta, confort, conservarea energiei și protecția mediului, Facultatea de Instalații, București, 2008

⁶ Zecchini Fulvio, *Schimbarea globală a climei, Efectul de seră și distrugerea stratului de ozon*, traducere de Aurelia Pascariu și Manuela Crisan, Editura Universității de Vest Timișoara, martie 2008, p.35

⁷ *Ibidem*, p.35

aparitia norilor care în funcție de altitudinea la care se formează favorizează încălzirea globală sau din contră pot contribui la răcirea atmosferei.⁸

Schimbările climatice reprezintă o actualitate întrucât sistemul natural și viața economico-socială depind de aceste modificări. Amploarea și viteza schimbărilor climatice prognozate vor avea impact major asupra procesului de dezvoltare al umanității.

1.2. Impactul asupra mediului

Cercetătorii au studiat efectele poluării asupra sănătății populației. Rezultatele studiilor au arătat că există o legătură clară între condițiile de mediu și creșterea îngrijorătoare a cazurilor de alergii și de cancer constatate în rândul locuitorilor.⁹

S-a constatat dispariția mai multor specii de plante și animale dar și că aceste dispariții, care se întâmplau în mod natural în fiecare an, au crescut rapid în ultimii ani față de perioada 1900-1950.

În partea de sud a Europei se înregistrează creșterile cele mai mari de temperatură și totodată scăderea precipitațiilor. Acestea au efecte negative asupra ecosistemelor. Se observă migrația plantelor și animalelor către nord spre zonele mai reci. De asemeni sunt afectate: agricultura, turismul, infrastructura.

În zonele muntoase și în nordul Europei se constată topirea zăpezilor și a ghețarilor. Zonele de coastă, deltă și lunci sunt afectate de inundații datorită creșterii nivelului mărilor și a precipitațiilor abundente.

Studiile cercetătorilor arată că în perioada 1901-2013 nivelul global mediu al mării a crescut cu 19 cm, creșterea din ultimii 20 de ani fiind mai mare decât 3,2 mm/an, cu variații semnificative în unele regiuni.¹⁰ Acest fenomen rezultă din câteva procese fizice: dilatarea, fenomen apărut în urma încălzirii apei oceanelor, topirea ghețarilor și a calotelor glaciare sau prin schimbarea depozitelor terestre de apă naturale sau artificiale. Distrugerile provenite în urma creșterii

⁸ *Ibidem*, p.35

⁹ Berge Bjørn, *The Ecology of Building Materials*, traducere Chris Butters si Filip Henley, Architectural Press, 2009, p. 29.

¹⁰ <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sea-level-rise-2/assessment>

nivelului global mediu al apelor sunt în strânsă legătură cu fenomenele extreme cum ar fi furtunile.

Degradarea stratului de ozon are repercusiuni asupra sănătății oamenilor dar și asupra ecosistemelor naturale. Stratul de ozon se comportă ca un filtru, astfel o parte din radiațiile ultraviolete nu vor ajunge pe Pământ. În cazul deprecierei acestui strat radiațiile ultraviolete vor ajunge în cantitate mai mare la nivelul solului producând îmbolnăvirea populației prin apariția unor afecțiuni la nivelul ochilor, a pielii sau a imunității oamenilor sau prin încetinirea creșterii și dezvoltării unor plante sau a organismelor mici.

1.3. Poluarea în industria construcțiilor

În cea mai mare măsură centralele electrice și transporturile sunt responsabile pentru schimbările climatice. Sunt trei factori importanți care au condus la încălzirea globală: producția de energie, industria chimică și deșeurile.¹¹

Poluarea în domeniul construcțiilor provine de la materialul de construcție pe parcursul întregului proces de producție al materialelor, activitatea din timpul procesului de construire și obiectul finit, clădirea, prin emisii de gaze, praf sau radiații.

În primul rând, industria construcțiilor poluează vizual dar și distrugând habitatul natural prin efectuarea de exploatari pentru extragerea materiilor prime cum ar fi cele de nisip, pietriș și altele. Poluarea este mai mică în timpul prelucrării materiilor prime prin procese chimice și fizice, prin încălzire sau aplicarea presiunii.

În al doilea rând, pe tot parcursul realizării unei construcții intervin ca factori poluanți transportul și deșeurile.

Clădirea, produsul finit al acestui proces, poluează prin materialele din care este realizată construcția, prin emisii de gaze sau prin proprietățile electrostatice ale acestora care atrag praful încărcând atmosfera interioară a spațiului locuit. Unele materiale pot avea influențe asupra câmpurilor magnetice sau pot fi radioactive.

Deșeurile ce provin atât din procesul de construire de clădiri noi cât și din procesul de demolare al clădirilor existente și care nu pot fi reciclate sunt arse sau aruncate la gropile de gunoi, ambele variante

¹¹ Berge Bjørn, *The Ecology of Building Materials*, traducere Chris Butters și Filip Henley, Architectural Press, 2009, p.31

fiind dăunătoare pentru mediu. Prin arderea deșeurilor se emit în atmosferă gaze cum ar fi: dioxidul de sulf, vapori de carbon, acid clorhidric, metale grele sau dioxid de carbon. Există puține sisteme de ardere prevăzute cu purificatoare de fum eficiente. În contact cu apa provenită din ploii, ape de suprafață sau ape subterane, unele materiale prezintă riscul de infiltrare a unor substanțe dăunătoare în apa freatică.

Deșeurile menajere apar din momentul în care clădirea intră în folosință, după terminarea procesului de construire. Deșeurile generate sunt arse în incineratoare sau aruncate în gropi de gunoi, ambele metode provocând poluarea aerului, a apei și a solului. Organizația pentru Cooperare Economică și Dezvoltare estimează că până în 2020, am putea genera cu 45 % mai multe deșeuri decât în 1995. Printr-o mai bună folosire a resurselor și un consum conștient, prin reciclare și reutilizare putem reduce producerea deșeurilor.

Un alt factor poluant este folosirea gazelor industriale fluorurate. În acest moment se fac eforturi pentru interzicerea gazelor fluorurate propunându-se înlocuirea acestora cu gaze naturale sau captarea gazelor poluante emise, ambele variante fiind însă procese de lungă durată și costisitoare.

Gazele care produc efectul de seră sunt cele care provin din activitatea de producție. Continuarea emiterii acestor gaze conduce la agravarea efectului de seră și în final la schimbări climatice majore ireversibile:

- creșterea temperaturii medii cu 3°C până în 2080
- distrugerea pădurilor care sunt consumatoare de CO₂
- deteriorarea stratului de ozon
- micșorarea cantităților de precipitații
- amplificarea fenomenelor extreme atât ca frecvență cât și ca intensitate
- nivelul mărilor va crește cu 40 cm și totodată va crește riscul de inundații
- dispariția unor specii de animale și plante
- crește riscul de îmbolnăvire a populației

1.4. Politici de stopare a fenomenului de schimbare climatică

Convenția de la Viena privind stratul de ozon și Protocolul de la Montreal privind substanțele care epuizează stratul de ozon

În urma studiilor s-a constatat că stratul de ozon, prin acest termen referindu-se la “stratul de ozon atmosferic de deasupra stratului limită planetar”¹², este într-un proces de depreciere datorat unor gaze ce provin din natură dar și din activitatea de dezvoltare a oamenilor. De asemenea s-a arătat că aceste deteriorări au influențe negative atât asupra sănătății oamenilor cât și asupra climei și a mediului înconjurător.

Având în vedere rezultatele cercetărilor, oamenii de știință împreună cu politicienii au adoptat în anul 1985 Convenția de la Viena privind stratul de ozon. Prin această convenție statele membre au admis că stratul de ozon este în pericol și și-au luat angajamentul de a cerceta modificările stratului de ozon și de a pune în aplicare măsuri care să conducă la protecția sănătății oamenilor și a mediului înconjurător.¹³

La 16 septembrie 1987, la Montreal, a fost adoptat Protocolul privind substanțele care epuizează stratul de ozon. Acest protocol a stabilit care sunt substanțele ce depreciază stratul de ozon.¹⁴

România a aderat, în decembrie 1993, la aceste două convenții și la amendamentele ce au urmat la Londra în 1983, Copenhaga în 2001 și Montreal în 2001, parlamentul adoptând legea 84/1993 prin care se angajează să ia măsuri pentru cercetarea și protejarea stratului de ozon.

În cadrul acestor acorduri multilaterale de mediu s-au acceptat cele două probleme majore pe care oamenii de știință le-au explicat¹⁵:

“modificarea stratului de ozon care duce la schimbarea cantității de radiații solare ultraviolete cu efecte biologice (UV-B) care ating suprafața terestră și consecințele potențiale pentru sănătatea

¹² ***, Articolul 1, *Legea 84/1993*, Monitorul Oficial, Nr. 292 din 15 decembrie 1993.

¹³ ***, *Legea 84/1993*, Monitorul Oficial, Nr. 292 din 15 decembrie 1993.

¹⁴ ***, The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, United Nations Environment Programme, 2000

¹⁵ ***, *Legea 84/1993*, Anexa 1, Observații sistematice și de cercetare, Monitorul Oficial, Nr. 292 din 15 decembrie 1993.

umană, pentru organisme, ecosisteme și materiale folosite de omeni” și “modificarea distribuției verticale a ozonului, care poate schimba structura temperaturii atmosferice și consecințele potențiale pentru vreme și climă”.

Pentru a putea fi luate măsuri împotriva degradării stratului de ozon, acordurile menționate mai sus au stabilit substanțele de proveniență naturală sau antropică care au un impact major în deprecierea stratului de ozon. Acestea sunt substanțe cu conținut carbon, azot, clor, brom și hidrogen.¹⁶

Protocolul de la Kyoto

Începând din anul 1992, odată cu Convenția privind schimbările climatice de la Rio de Janeiro, s-a pus problema reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră. Prin aceasta se dorește adoptarea unor politici pentru stoparea acumulării de gaze cu efect de seră și totodată stabilizarea nivelului acestora în atmosferă astfel încât să se prevină încălzirea globală.

România s-a aliniat acestei convenții prin adoptarea legii 24 din 1994.

Având ca punct de plecare Convenția privind schimbările climatice de la Rio de Janeiro, în 1997 s-a semnat Protocolul de la Kyoto la Convenția-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice. Acesta este un tratat internațional, care stabilește ținte cu caracter obligatoriu pe care țările industrializate trebuie să le atingă pentru a reduce emisiile de gaze cu efect de seră.

Din anul 2001 România a ratificat Protocolul de la Kyoto prin adoptarea legii 3 din 2001, angajându-se astfel să reducă emisiile de gaze cu efect de seră cu 20% față de cantitatea emisiilor din anul 1990.

Conform Protocolului de la Kyoto țările în curs de dezvoltare nu au obiective obligatorii, dar acestea vor face eforturi pentru a reduce emisiile de gaze. Acțiunile pentru reducerea emisiilor de gaze includ suportul pentru energia regenerabilă, îmbunătățirea eficienței energetice și reducerea defrișărilor¹⁷:

- Eficientizarea industriei pentru un consum mai mic de energie și folosirea unor combustibili cu conținut mai mic de carbon.

¹⁶ Ibidem

¹⁷ ***, *Legea 3/2001*, Monitorul Oficial, Nr. 81 din 16 februarie 2001.

- Realizarea unui consum redus în industria energetică dar și transformarea acesteia pentru a fi mai puțin poluantă
- Sistem de transport bazat pe mijloace cu consum redus și mai puțin poluante
- Obținerea eficienței termice a clădirilor și utilizarea surselor de energie regenerabilă
- Protejarea pădurilor prin reducerea defrișărilor și extindere.

Europa 2020, strategia pentru creșterea economică

În condițiile anilor de criză financiară care au arătat că sistemul economic european are lipsuri, Europa trece printr-o perioadă de mari transformări. Efectele crizei se văd acum foarte bine, principalul rezultat fiind pierderea locurilor de muncă.

“Această situație a convins liderii europeni că, pentru a se dezvolta și a se menține competitivă pe plan mondial, Uniunea Europeană are nevoie de o strategie de stimulare a creșterii economice, iar ocuparea forței de muncă trebuie să devină o prioritate pe agenda statelor membre și a instituțiilor UE.”¹⁸

Strategia pentru creșterea economică Europa 2020 este o strategie a Uniunii Europene ce cuprinde cinci obiective care trebuie îndeplinite într-o perioadă de 10 ani începând cu anul 2010, moment în care proiectul a fost lansat, astfel încât să se ajungă la o creștere economică inteligentă, durabilă și favorabilă integrării sociale.

Cele cinci obiective sunt¹⁹:

1. Ocuparea forței de muncă a populației cu vârste cuprinse între 20 și 64 de ani. Ținta europeană fiind atingerea procentului de 75% de persoane angajate, iar ținta pentru România fiind stabilită la 70% de persoane angajate.
2. Susținerea cercetării și dezvoltării prin atribuirea unui procent de 3% din PIB-ul Uniunii Europene. Pentru România procentul este stabilit la 2% din PIB.

¹⁸ Marin Alexandra, *Strategia EUROPA 2020, Mai mulți cetățeni activi în câmpul muncii – o Uniune Europeană mai competitivă!*, Material realizat de Centrul de Informare Europe Direct Centras București, 2012, p. 5

¹⁹ *Ibidem*, pp.5-17

3. Sprijinirea educației prin micșorarea abandonului școlar dar și prin mărirea procentului de absolvenți de nivel universitar cu vârste cuprinse între 30 și 34 de ani. La nivel european abandonul școlar nu trebuie să depășească 10% iar la nivel național 11,3%. Procentul absolvenților cu studii superioare trebuie să crească la 40% în Europa, respectiv 26,7% în România.
4. Reducerea numărului persoanelor care suferă de sărăcie sau sunt în pragul sărăciei, adică a persoanelor care au un venit de 60% din venitul mediu național și evitarea excluderii sociale.
5. Evitarea schimbărilor climatice prin reducerea cu 20% a emisiilor cu efect de seră față de anul de referință 1990, 20% mai multe surse de energie regenerabilă și creșterea eficienței energetice cu 20%. Țintele pentru România sunt: reducerea cu 19% a emisiilor cu efect de seră față de anul de referință 2005, 24% mai multe surse de energie regenerabilă și creșterea eficienței energetice cu 20%.

Acordul de la Paris

Acordul de la Paris²⁰ încheiat în anul 2015 propune un nou set de obiective pentru țările din întreaga lume având ca scop limitarea încălzirii globale. Aceste ținte au intrat în vigoare în anul 2016. Se dorește menținerea încălzirii globale sub pragul de 2°C și reducerea emisiilor de carbon. Din cinci în cinci ani țările vor prezenta proiectele naționale privind clima și vor discuta rezultatele obținute. Vor continua finanțările astfel încât toate statele să poată reduce emisiile și să combată încălzirea globală.

²⁰ The Paris Agreement

<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Pactul verde european

În anul 2020 Uniunea Europeană s-a angajat prin Pactul verde²¹ să reducă emisiile de gaze cu cel puțin 55% până în 2030 dorind să ajungă în anul 2050 la neutralitate climatică prin obținerea unui echilibru între emisii și absorbția CO₂. Absorbantii naturali (solul, pădurile și oceanele) nu reușesc să elimine cantitatea mare de CO₂ din atmosferă. Din acest motiv singurul mod în care se poate ajunge la neutralitate climatică este reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră prin energie regenerabilă, eficiență energetică, tehnologii cu emisii reduse.

Pentru realizarea acestor obiective europene, România a emis “Strategia națională de renovare pe termen lung” care cuprinde o serie de măsuri aplicabile în domeniul construcțiilor până în anul 2050. În acest act se propune obținerea unei eficiențe energetice ridicate a clădirilor prin îmbunătățirea anvelopei pentru clădirile existente, iar în timp se dorește să se realizeze proiectarea construcțiilor noi la nivel de Casă Pasivă și Nzeb. În același timp se va lua în considerare instalarea unor sisteme eficiente de răcire și încălzire.

Noul Bauhaus European

Prin acest program²², într-o primă etapă sunt invitați toți specialiștii în domeniul construcțiilor, dar și alte persoane care doresc să se implice, pentru a identifica posibilitatea de a construi cu materiale naturale, obținerea unor clădiri eficiente energetic, inovare verde. În a doua etapă se dorește determinarea materialelor și a tehnologiilor, modul de utilizare a inteligenței artificiale, prin care se vor atinge țintele pentru stoparea schimbărilor climatice. În acest sens se vor organiza concursuri de proiectare prin care se propun soluții, în urma cărora vor fi alese cele mai bune proiecte pentru etapa următoare.

În a treia etapă, rezultatele studiilor și proiectele selectate se vor pune în practică realizând modele de bune practici și apoi se vor disemina în toate mediile implicate.

²¹ The European Green Deal

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en#the-maticareas

²² The New European Bauhaus https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

Pentru implementarea acestor principii se vor crea platforme și spațiu unde vor fi implicați în aceeași măsură atât populația cât și administrația locală, pentru că numai lucrând împreună se vor atinge scopurile propuse.

Pactul European al Climei²³

Este o inițiativă a Uniunii Europene din anul 2020 prin care invită populația să se conecteze și să împărtășească cunoștințele, să învețe despre schimbările climatice și să implementeze soluții climatice de mici și mari dimensiuni.

În ceea ce privește domeniul construcțiilor Pactul European al Climei aduce în discuție beneficiul adus de renovarea clădirilor existente. Prin modernizarea clădirilor existente se va îmbunătăți calitatea locuirii, se va reduce emisia de gaze cu efect de seră și se va reduce consumul de energie.

Planul pentru o economie circulară propune folosirea materialelor durabile dar și reciclarea materialelor din construcții. Promovarea unor măsuri de proiectare pentru îmbunătățirea construcțiilor din punctul de vedere al durabilității și adaptabilității. Realizarea unor documente electronice ale clădirii care să ușureze urmărirea acestora din punct de vedere al durabilității. Folosirea produselor cu etichetă ecologică care să respecte standardele de mediu.

Se propune folosirea sistemului Level(s)²⁴ pentru măsurarea și susținerea îmbunătățirilor, de la proiectare până la sfârșitul duratei de viață a clădirilor. Pe baza unor indicatori de sustenabilitate programul măsoară impactul clădirilor asupra mai multor elemente (emisii de carbon, materiale, apă, sănătate, confort și schimbări climatice) pe un întreg ciclu de viață.

În același timp există o preocupare mare și pentru recuperarea materialelor rezultate din demolarea construcțiilor.

²³ European Climate Pact

https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-pact_en

²⁴ Level(s) European framework for sustainable buildings

https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en

COP26 Pactul climatic de la Glasgow²⁵

La Conferința ONU privind schimbările climatice de la Glasgow în 2021 au fost prezentate progresele realizate de țările membre în ultimii 5 ani. În vederea realizării obiectivelor Acordului de la Paris toate țările au fost de acord cu necesitatea reducerii energiei electrice pe baza de cărbune și oprirea degradării terenurilor până în 2030.

REPowerEU

În anul 2022, în condițiile crizei energetice apărute ca urmare a invaziei rusești în Ucraina, s-au luat măsuri la nivel european pentru limitarea consumului de energie. REPowerEU²⁶ este planul propus de către Comisia Europeană prin care se dorește obținerea independenței energetice a Europei, cu mult înainte de 2030, prin trei obiective: economisirea energiei, producerea de energie curată, diversificarea surselor noastre de energie.

Aplicarea tuturor acestor obiective depinde în primul rând de guverne dar nu doar de acestea ci și de autoritățile locale, de organizații nonguvernamentale, întreprinderi, sindicate și chiar de cetățeni.

1.5. Principii ecologice în arhitectură

Termenul de *ecologie* a fost introdus de către biologul german Ernst Haeckel în anul 1866 cu înțelesul de *studiu al habitatului*. Conform Dicționarului Enciclopedic termenul de ecologie provine din limba greacă unde *oikos* are înțelesul de “casă, gospodărie” iar *logos* înseamnă “studiu”.²⁷ Abia în 1890 termenul capătă înțelesul de “știință

²⁵ COP26 Glasgow Climate Pact

Pact<https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>

²⁶ REPowerEU

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

²⁷ Popa D. Marcel, Stănciulescu Alexandru, Gabriel Florin-Matei, Tudor Anicuța, Zgăvărdici Carmen, Chiriacescu Rodica, *Dicționar enciclopedic*, Editura Enciclopedică, 1993-2009.

care se ocupă cu studiul relațiilor dintre organisme și ambianța lor²⁸”. Mai târziu, în prima jumătate a secolului al XX-lea este preluat de toate ramurile științei.²⁹

Uneori clădirile ajung să fie privite ca pe un produs al unui proces de producție care este amplasat la sfârșit pe un teren fără a ține cont de calitățile și particularitățile mediului înconjurător.

Principiul de bază al arhitecturii ecologice este considerarea clădirilor ca fiind un element al sistemului ecologic al planetei. Astfel construcțiile vor fi rezultatul unui proces de cercetare al terenului, climei, zonei culturale și în final al planetei ce conduce la ocrotirea vieții și a mediului înconjurător.

Clădirile vor fi adaptate astfel încât să folosească resursele naturale: lumina, căldura, energia, apa așa cum se găsesc ele în diferite zone ale lumii în funcție de caracteristicile climei.

Prima schimbare de atitudine în proiectarea de arhitectură apare în urma crizei petrolului din 1970. În acel moment s-au pus bazele construcțiilor pasive care foloseau razele solare pentru încălzire și erau prevăzute cu sisteme de înmagazinare a căldurii pentru folosirea acestora în timpul iernii.

Puțin mai târziu, în 1980 cercetătorii descoperă problema găurilor din stratul de ozon și fac legătura dintre acestea, emisiile de gaze și încălzirea globală. Creșterile temperaturilor din anii 1990 confirmă predicțiile studiilor.

O serie de proiecte ecologice s-au realizat între anii 1970 și 1990, acestea devenind modele de aplicare a principiilor ecologice pentru perioada de după 1990, arhitecții încercând să aplice principii de proiectare prin care clădirea să fie mai aproape de natură. Activitatea acestor arhitecți se bazează pe integrarea construcțiilor în context, conversia tehnologiilor de mediu în termeni estetici și dezvoltarea teoriilor ce susțin principiile acestora.³⁰

Arhitectul Emilio Ambasz a realizat o clădire impresionantă în Japonia. Clădirea ACROS, construită între anii 1989-1995, adăpostește un centru național al culturii, având o structură cu 15 niveluri unde se

²⁸ *** , *Dicționarul explicativ al limbii române* (ediția a II-a revăzută și adăugită), Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009.

²⁹ Schwarz Astrid, Jax Kurt, *Ecology Revisited: Reflecting on Concepts, Advancing Science*, Springer Science & Business Media, martie 2011, p. 147.

³⁰ Wines James, *Green architecture*, Taschen, mai 2000, p. 68.

desfășoară expoziții, conferințe, evenimente muzicale și teatrale, birouri și spații comerciale. Toate nivelurile se întrepătrund cu exteriorul prin intermediul unor terase prevăzute cu vegetație abundentă, aceasta făcând legătura cu grădinile publice care se află în fața clădirii. Acest proiect a pus bazele conceptului de “Green Town” în care se va integra “man-made nature” nu doar prin amenajarea de grădini și parcuri ci și prin arhitectură.³¹

În Europa arhitecți precum Peter Noever cu lucrarea “ The Pit” din 1971, Gustav Peichl care a realizat proiectul din 1976- 1979 pentru Stația de radio satelit EFA, Arthur Quarmby prin realizarea propriei locuințe sub pământ în 1974, Peter Vetsch cu conceptul mai modern al celor Nouă case din 1993 au pus bazele arhitecturii verzi prin folosirea formelor organice, a materialelor locale și prin întrepătrunderea construcției cu mediul natural.³²

Principiile dezvoltate pentru realizarea acestor proiecte sunt concluzionate de către arhitectul James Wines în doisprezece aspecte de care trebuie să se țină cont în proiectarea ecologică de arhitectură:

- clădiri mai mici ceea ce conduce la economisirea resurselor folosite pentru realizarea construcției dar și a energiei pentru încălzirea spațiului interior.
- alegerea atentă a materialelor de construcție care vor fi reciclabile și regenerabile.
- folosirea materialelor care necesită un consum redus de energie pe întreg parcursul procesului de producție.
- evitarea folosirii lemnului exotic și folosirea lemnului colectat atât pentru construcții cât și pentru realizarea obiectelor de mobilă.
- proiectarea unor sisteme pentru captarea și reciclarea apei.
- adaptarea clădirilor la condițiile climatice astfel încât să se reducă consumul de combustibil pentru încălzire, respectiv răcire.
- reciclarea clădirilor prin salvarea și refolosirea clădirilor existente.
- stoparea distrugerii stratului de ozon datorată produselor chimice.

³¹ *Ibidem*, p.72.

³² *Ibidem*, pp.68-97.

- conservarea mediului natural prin evitarea tăierii copacilor, lipsa spațiilor verzi fiind principalul motiv de îmbolnăvire a populației.
- eficiența energetică a clădirilor obținută prin includerea proiectării pasive care folosește diverse surse de energie cum ar fi vânt, soare și apă, dar ținând cont de caracteristicile climatice.
- amplasarea construcției pe sit trebuie realizată în funcție de punctele cardinale astfel încât să folosească căldura razelor solare în avantajul acesteia.
- facilitarea accesului la transportul în comun, ceea ce conduce la îmbunătățirea calității aerului și economisirea energiei.³³



Fig. 1.2 Studio realizat de arhitectul David Lea, în West Country, Anglia, 1985 /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Proiectul studioului realizat de arhitectului David Lea în West Country, Anglia, în anul 1985 este un exemplu de integrare a clădirii în mediul natural, așa cum se poate observa în Fig. 1.2. Arhitectul David

³³ Wines James, *Green architecture*, Taschen, mai 2000, pp.65-67.

Lea consideră clădirile “as extensions of their context, and favors important physical and psychological interactions between the natural environment and the way people relate to all of the various components of a building.”³⁴

Casa este realizată pe structură din lemn, pereți din pământ stabilizat cu păr de vacă, cu termoizolație din paie și învelitoare din stuf. Folosirea materialelor locale au condus la realizarea construcției cu costuri minime, prețul construcției fiind de 3300 £ , aproximativ echivalentul a 4000 €.

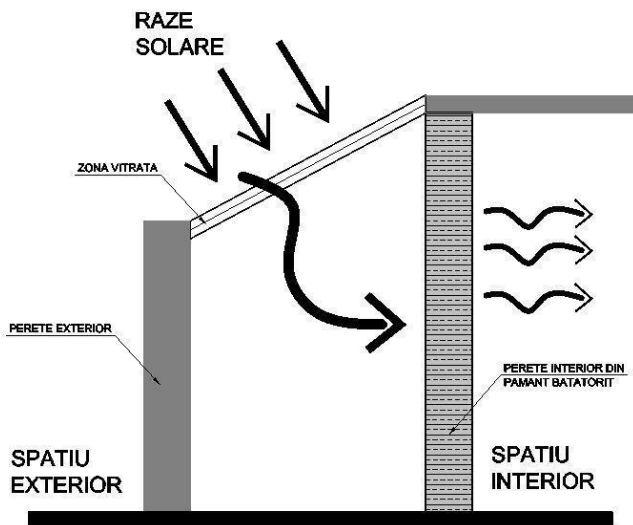


Fig. 1.3 Schema încălzirii cu ajutorul razelor solare și a peretelui din pământ bătătorit la Institutul Wales pentru Educație Durabilă, Anglia, 2010

Plecând de la aceste idei ecologice incipiente, arhitecții David Lea și Pat Borer au realizat în anul 2010 proiectul pentru clădirea Institutului Wales pentru Educație Durabilă care a câștigat premiul RIBA³⁵ din 2011. Pentru a obține un grad ridicat de confort s-au folosit

³⁴ *Ibidem*, p. 102. “clădirile ca extensii ale contextului lor, favorizând interacțiuni fizice și psihologice importante între mediul natural și modul în care oamenii fac legătura cu diferitele componente ale unei clădiri.”

³⁵ RIBA - Royal Institute of British Architects

materiale naturale precum lemn, pământ, var și cânepă. La realizarea pereților din jurul sălii de spectacol au folosit tehnica de construire cu pământ bătătorit, aceștia fiind protejați de un perete exterior cu sticlă spre sud. Ceilalți pereți au fost realizați din blocuri de pământ sau cu structură de lemn și umplutură din cânepă cu var și ciment obținându-se un perete de 50 cm mai ușor dar la fel de rezistent ca betonul, având calitățile termice și acustice ale pământului.³⁶ În anumite cazuri pereții din pământ au fost lăsați aparenti folosind straturi de diferite culori, de la roșu la maro, pentru a obține un efect estetic plăcut.

Pentru restul pereților finisarea s-a realizat cu var cu pigment galben. Proiectarea pasivă a constat în folosirea razelor solare pentru încălzire prin sistemul peretelui Tromb, încălzire cu panouri solare, robineti cu sisteme de economisire a apei, termoizolație din hârtie reciclată sau plută, recuperarea căldurii în ventilație și folosirea materialelor cu consum redus de energie.

1.6. Concluzii

Tehnici de construire cu pământ pentru o arhitectură sustenabilă

Așa cum am arătat în acest capitol, societatea secolului al XXI-lea trece prin importante schimbări ce au la bază dezvoltarea industrială, creșterea demografică și schimbarea climatică. Având în vedere previziunile specialiștilor în domeniu se prefigurează o creștere demografică continuă astfel încât în anul 2050 populația va ajunge la 9 miliarde de oameni. Odată cu expansiunea demografică va crește și cererea de consum, aceasta conducând la dezvoltarea industriei pentru a satisface nevoile societății. Poluarea industrială este în directă legătură cu încălzirea globală și respectiv cu schimbările climatice. Dacă la început datele prezentate de către cercetători despre încălzirea globală erau privite cu neîncredere, azi, în urma unor studii îndelungate, oamenii de știință au arătat că schimbarea climatică este o certitudine.

Analizând schema din Fig.1.4 ne dăm seama că singura metodă de încetinire a procesului de schimbare climatică este întreruperea circuitului prin reducerea poluării. Din acest motiv, politicile mondiale

³⁶ Peter Blundell Jones, *Wales Institute for Sustainable Education by David Lea and Pat Borer*, Machynlleth, Wales, UK, in *The Arhitectura Review*, decembrie 2010

actuale își propun micșorarea emisiilor de gaze cu efect de seră prevenind astfel încălzirea globală și schimbările climatice.

Industria construcțiilor ocupă un loc important în această succesiune de procese care se intercondiționează. Fiecare dintre persoanele implicate în procesul de construire, beneficiar, proiectant și constructor, își poate aduce contribuția pentru ca atât obiectul finit, clădirea, dar și întregul proces de construire să fie mai puțin sau chiar deloc poluantă.

În aceste condiții din ce în ce mai mulți arhitecți se orientează către o arhitectură sustenabilă ce presupune utilizarea eficientă a resurselor, evitarea distrugerii mediului și asigurarea calității vieții. Astfel nu vor fi compromise posibilitățile de satisfacere a nevoilor societății următoare. Arhitectura propusă în acest scop protejează mediul înconjurător, asigurând un mediu curat și sănătos pentru generațiile prezente și cele viitoare.

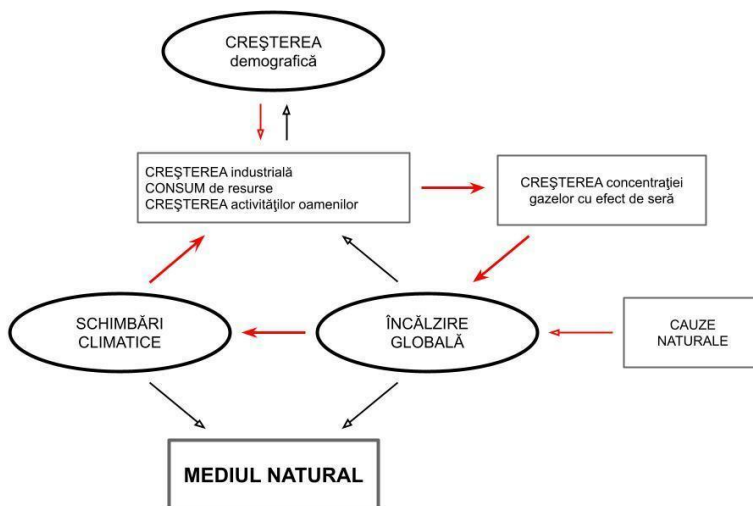


Fig. 1.4 Schema succesiunii de procese care conduc la încălzirea globală, la schimbarea climatică și în final au efecte negative asupra mediului natural

Pentru a respecta aceste principii clădirile vor fi de dimensiuni mai mici, din materiale reciclabile și regenerabile, materiale care să necesite un consum redus de energie, eficiente energetic, să utilizeze razele solare în sezonul rece și vântul dominant pentru ventilație, vor avea sisteme de captare și reciclare a apei.

Arhitectura de pământ este o soluție foarte bună în acest sens. Tehnica de construcție cu pământ este dintre cele mai vechi tehnici din lume, pământul fiind un material la îndemână în cele mai multe zone de pe glob. Potrivit specialiștilor pământul ca material de construcție are multe calități: nu este toxic, este rezistent la foc, acumulează căldură în timpul zilei și o eliberează noaptea când este mai răcoare, păstrează umiditatea în interiorul casei între 40% și 60%. În funcție de zona geografică, climatică, seismică dar și de materialele naturale care sunt la dispoziție se alege tehnica de construcție. Construcțiile realizate din pământ variază în dimensiuni și formă, acestea fiind direct determinate de tehnica de construcție folosită și de posibilitățile materiale și obiceiurile oamenilor.

Mai mult de 40% din populație locuiește în construcții din pământ. Tehnicile de construire cu pământ s-au practicat din neolitic până în zilele noastre, în zonele cu climă caldă și uscată sau temperată. În mod tradițional s-au folosit următoarele metode de construire: tehnica cărămizilor din pământ uscate la soare, tehnica pământului bătătorit, tehnica cu lut umed și tehnica cu împletitură de nuiele și pământ. După al doilea război mondial, o dată cu revoluția industrială, casele din pământ au început să dispară, la fel și meșteșugul. În ultimii ani arhitecții au redescoperit tehnicile de construcție cu pământ și învățând din metodele tradiționale au realizat construcții moderne, chiar și în zone cu climă mai rece.

Principiile ecologice în arhitectură ne conduc către construcții din materiale care se găsesc în mod natural în zona viitoarei clădiri. Materiale de construcție care se găsesc în natură sunt: piatra, lemnul și pământul. Dintre acestea pământul este la îndemână în cele mai multe regiuni. Statisticile arată că o treime din populația globului trăiește în case de pământ. În acest context voi studia în continuare construcțiile realizate din pământ și problemele care apar la realizarea acestora.

Necesitatea elaborării unei metodologii de proiectare cu pământ

Prin ratificarea protocolului de la Kyoto, Convenția-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice, și a strategiei pentru creștere economică Europa 2020, România și-a luat angajamentul să reducă emisia de gaze cu efect de seră cu 20% față de cantitatea emisiilor din anul 1990. În urma acestor acțiunilor întreprinse până în anul 2020 cantitatea de gaze cu efect de seră s-a micșorat, însă nu suficient. Următorul obiectiv stabilit de Uniunea Europeană prin Pactul verde este să reducă emisiile de gaze cu cel puțin 55% până în 2030 dorind să ajungă în anul 2050 la neutralitate climatică prin obținerea unui echilibru între emisii și absorbția CO₂.

Industria construcțiilor ar putea avea un rol important în această problemă, construcția de clădiri ecologice și eficiente energetic putând fi susținută și accelerată prin implementarea unor politici care să faciliteze procesul de proiectare, autorizare și construire.

În aceste condiții ne punem întrebarea dacă societatea actuală din România este pregătită pentru construirea de clădiri din pământ, având în vedere că până de curând exista concepția greșită că sărăcia este singurul motiv pentru care o persoană ar construi o casă din pământ.

În sondajul de opinie pe care l-am realizat pe parcursul acestui studiu am primit o serie de răspunsuri care susțin construcția clădirilor din pământ. Sondajul a fost compus din 15 întrebări. Au participat la sondaj 225 de persoane, cetățeni români dintre care 90% din zona urbană, 7% din zona suburbană și 4% din zona rurală (Fig. 1.5).

Dintre persoanele care au participat la sondaj 40% au locuit într-o casă de pământ permanent sau temporar. Aceștia le-am cerut să evalueze calitatea locuirii într-o casă de pământ, indiferent de tehnica de construire. Observând Fig. 1.6 tragem concluzia că 83% dintre aceștia au evaluat casele din pământ cu note de la 6 la 10 și doar 17% au evaluat casele din pământ cu note de la 1 la 5.

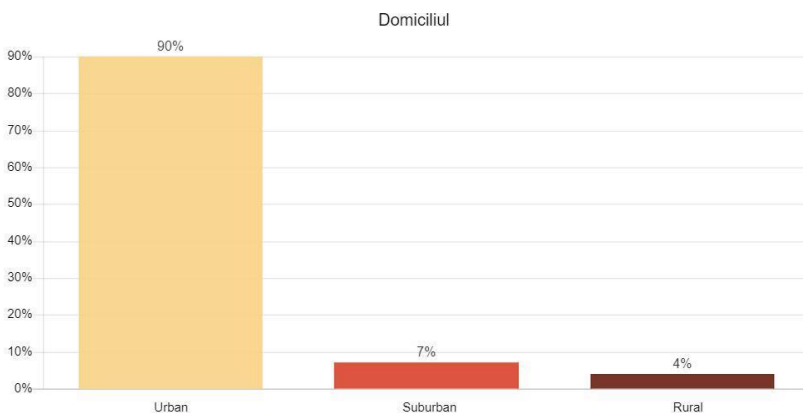


Fig. 1.5 Graficul realizat în funcție de zona în care se află domiciliul respondenților

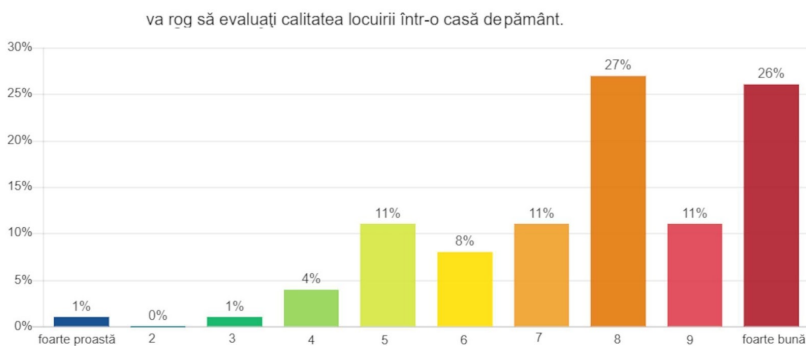


Fig. 1.6 Graficul realizat în funcție de evaluarea caselor din pământ pe o scară de la 1 la 10

Prin această evaluare casele de pământ au primit nota 7,74. Am cerut apoi explicarea evaluării efectuate. Nemulțumirile celor care au evaluat cu note între 1 și 5 au avut considerente estetice și de confort, afirmând că sunt case modeste, cu luminozitate redusă și au nevoie de

întreținerea pereților în care apar deseori crăpături. Cei care au evaluat casa de pământ cu note între 6 și 10 consideră casele din pământ durabile, chiar dacă pereții nu sunt drepecți sunt case aerisite, călduroase iarna și răcoroase vara.

Voi prezenta în continuare câteva precizări ale respondenților:

“Casă făcută din chirpici și scândură construită în 1967 este locuibilă și în ziua de azi.”

“...casa era din pământ și materiale organice cu structura de lemn. E răcoroasă vara și călduroasă iarnă. A rezistat cutremurului din 1977 și încă este în picioare după 40 ani, dacă nu mai mult.”

“Răcoroasă, cochetă, se încălzește ușor de la sobă.”

“...confort, estetică, izolare bună, se respiră sănătos într-o astfel de casă.”

Mai departe am încercat să aflu care este opinia tuturor respondenților despre aceste case prezentându-le pe rând trei imagini prima reprezentând o casă tradițională din pământ, a doua, o casă modernă din pământ și a treia, o casă modernă dar cu o arhitectură ce amintește de casele tradiționale. Am cerut să facă legătura dintre aceste trei imagini și următoarele noțiuni: armonie cu natura, casă primitoare, sănătos, vechi, frumos, durabil, ecologic, săracăcios, modern.

Numai 4% din respondenți au apreciat că imaginea casei tradiționale are legătură cu sărăcia.

Toate cele trei case au fost considerate frumoase primind aproximativ 20% din votul respondenților. Prima casă și cea de-a treia au fost considerate în armonie cu natura de aproximativ 22% din respondenți, ecologice de aproximativ 20% din respondenți și sănătoase de aproximativ 10% din respondenți. Casa modernă a primit cele mai multe voturi pentru imaginea unei case primitoare (18%) și pentru modernitate (30%).

Din acest rezultat putem trage concluzia că societatea din ziua de azi fiind o societate informată și-a schimbat percepția despre casele din pământ considerându-le frumoase, ecologice și în armonie cu natura. Deși casele din pământ sunt considerate ieftine (77% din respondenți le consideră ieftine în timp ce 17% au răspuns că nu știu și doar 6% nu le consideră ieftine), societatea nu mai leagă imaginea caselor din pământ de statutul social al proprietarilor și respectiv de lipsa banilor, ci, mai degrabă, sunt preocupați de caracteristicile ecologice ale caselor din pământ fiind conștienți de impactul redus pe

care acestea îl au asupra mediului și de atmosfera plăcută și sănătoasă pe care o oferă spațiul interior al acestor case.

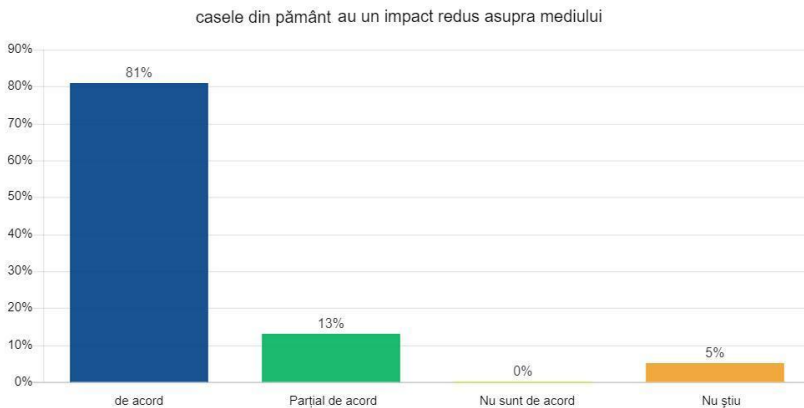


Fig. 1.7 Acordul respondenților despre impactul redus al caselor de pământ asupra mediului

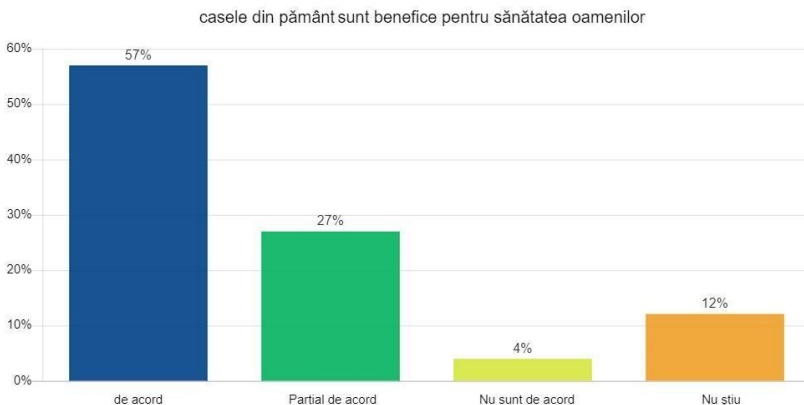


Fig. 1.8 Acordul respondenților despre mediul sănătos oferit de casele din pământ

În finalul sondajului am cerut persoanelor intervievate să aleagă din cele 6 imagini prezentate, imagini ce reprezentau interioare ale unor case din pământ în diferite tehnici de construire, unele tradiționale și altele moderne, spațiul interior agreat ca un spațiu în care ar vrea să locuiască. Cele mai multe voturi (163 de voturi, reprezentând aproximativ 30% din totalul voturilor) le-a primit imaginea unei case moderne realizată în tehnica cu pământ bătătorit, a doua imagine care a obținut 99 de voturi este imaginea dintr-o casă modernă realizată în tehnica lutului, celelalte imagini plasându-se practic la egalitate obținând între 60 și 70 de voturi.

Câteva persoane au împărtășit din experiența pe care au avut-o locuind în case din pământ:

“Am o casă de vacanță realizată din pământ, în zona de sud a României, în lunca Dunării. Mă duc în weekend-uri sau în vacanță acolo și mă simt ruptă de agitația și stresul din București. Pot spune că mă întorc odihnită de acolo. Cu toate că pereții sunt strâmbi și se vede cum a fost adăugată câte o camera de-a lungul timpului, casa este primitoare și se integrează perfect în natură. Prispa cu stâlpi de salcâm te invită să stai la umbră în zilele de vară sau să te adăpostești de ploaie, ascultând sunetul picăturilor de apă pe acoperiș. Este casa perfectă pentru relaxare.”

“...prima calitate a unei case de pământ e confortul psihic pe care-l resimt în preajma și în interiorul ei.”

“Faptul că se întrețin foarte ușor este un mare avantaj. Se poate renova în fiecare an, cum făcea bunica, ceea ce îndepărtează riscurile îmbolnăvirilor și ale alergiilor.”

Din această analiză putem trage concluzia că societatea actuală își dorește case sănătoase, cu impact redus asupra mediului dar în același timp, chiar dacă sunt realizate în tehnici tradiționale de construire cu pământ, să aibă aspect modern. Construcțiile noi realizate cu ajutorul tehnicilor tradiționale sau moderne de construire cu pământ dovedesc că este posibilă realizarea unor clădiri cu aspect modern. Motivele pentru care nu pot fi construite asemenea case sunt lipsa meșterilor cu experiență și a unor norme de proiectare și construire cu pământ.

Din acest motiv cred că este necesară introducerea unor norme de construire cu pământ cum ar fi:

- metodologie de proiectare pentru realizarea construcțiilor din pământ
- metodologie construire cu pământ
- norme de proiectare și construire care să conducă la realizarea unor clădiri rezistente la intemperii și cutremure
- norme privind întreținerea clădirilor realizate din pământ

Specialiștii din câteva țări au înțeles deja că oamenii vor continua să construiască case din pământ datorită faptului că sunt mai sănătoase, ieftine, și ușor de realizat. În Europa doar Germania are un standard pentru realizarea construcțiilor din pământ - German Earthen Building Standards. Alte standarde au fost întocmite în Australia și Nouă Zeelandă, în statele americane California și New Mexico, China, India, Ecuador și Peru. În 2010 ASTM Internațional a întocmit un nou standard: Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems, care se referă la elementele portante din pământ sau elementele fără rol structural.

Așa cum au arătat autorii studiului “Materials, Engineering, Constructions and Applications” realizat în anul 2012, sunt în total 33 de standarde, coduri sau normative de construire cu pământ aprobate de autorități pentru diferite tehnici de construire cu pământ.³⁷

La nivel mondial există o preocupare din ce în ce mai intensă pentru stabilirea unor norme pentru construirea cu pământ. România, pentru că este o țară cu tradiție în construcția din pământ, ar trebui să se alinieze noilor tendințe mondiale și pe baza experienței de sute de ani dar și conform noilor cercetări să alcătuiască metodologii și norme de proiectare și construire ale clădirilor din pământ care să aducă structurile din pământ la un nou nivel estetic și de siguranță.

Pentru aplicarea corectă a metodologiilor și a normelor este nevoie de școli pentru asigurarea unor specialiști în domeniu. Este necesar să se creeze specialiști care prin practică să capete experiență pentru ca apoi, aceștia să poată supraveghea și ajuta proprietarii la realizarea construcțiilor de calitate și totodată în siguranță.

În același timp specialiștii creați în școli vor putea să-și deschidă mici afaceri care ar conduce în scurt timp la crearea unor locuri noi de muncă. Facilitarea demersului pentru deschiderea și

³⁷ Hall M., Lindsay R., Krayenhoff, Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications, Elsevier, Iulie 2012, pp. 79-81

menținerea activităților meșteșugarilor în domeniul construcțiilor din pământ va relansa construirea de clădiri noi mai puțin poluante și eficiente energetic.

În timpul procesului de învățare activitatea practică poate fi realizată prin punerea în operă a tehnicilor moderne de construire cu pământ și contribuind totodată la realizarea unor proiecte în folosul comunității: școli, grădinițe, cămine pentru bătrâni, locuințe sociale. În acest fel societatea întreagă va avea de câștigat realizându-se clădiri noi și ieftine care sunt necesare în acest moment dar care nu pot fi realizate cu materialele de construcție moderne care sunt foarte scumpe.

Susținerea autorităților în domeniul construcțiilor din pământ conduce către dezvoltarea cercetării și găsirea de noi soluții pentru modernizarea tehnicilor de construire cu pământ care ar putea fi aduse la un nivel mai înalt pentru realizarea de construcții moderne, care să răspundă cerințelor societății aflată într-un proces de continuă transformare și dezvoltare. Este datoria specialiștilor, arhitecți și ingineri deopotrivă, să găsească soluții inovatoare pentru a crea obiecte arhitecturale avansate conforme nivelului de dezvoltare în care societatea se găsește dar totodată protejând mediul natural pentru a asigura un mediu sănătos pentru generațiile viitoare.

Arhitectura viitorului trebuie să folosească cele mai noi invenții ale tehnicii și în același timp, prin alegerea inteligentă de materiale și tehnici de construire, să protejeze sănătatea oamenilor și mediul natural.

Tehnici tradiționale de construire cu pământ

Pentru realizarea construcțiilor în tehnicile tradiționale cu pământ sunt necesare cunoștințe minime de construire. Materialul pentru producerea cărămizilor, în cazul chirpicilor, sau pentru realizarea structurilor din lut, pământ bătătorit sau nuiel și lut este ieftin și ușor de procurat. Acestea sunt motivele pentru care aceste tehnici de construire sunt folosite în cea mai mare parte a globului.

În lucrarea “Earthen architecture in European countries” autorul a realizat harta zonelor de construire tradițională cu pământ în Europa, unde se observă cu ușurință cat de mare este suprafața din spațiul Uniunii Europene unde există construcții realizate din pământ.³⁸

2.1. Tehnici tradiționale din pământ pe teritoriul României

În ceea ce privește răspândirea tehnicilor tradiționale de construire cu pământ pe teritoriul României, analizând Harta zonelor de construire cu pământ pe teritoriul României realizată de către Berescu Cătălin pentru proiectul Terra Incognita al Uniunii Europene, ajungem la concluzia că acestea au fost practicate aproape pe întreg teritoriul țării noastre. Se poate observa pe această hartă că, în România, tehnica de construire cu pământ cea mai răspândită este tehnica de construire cu chirpici, aceasta fiind extinsă pe aproximativ 50% din teritoriul țării. Tehnica de construire cu pământ denumită paiantă în țara noastră, se regăsește de asemenea pe o suprafață importantă a țării, în zonele unde lemnul era ușor de procurat. Mai puțin au fost folosite tehnica de construire cu lut și tehnica de construire cu pământ bătătorit, acestea apărând în zone mici ca suprafață și izolate.³⁹

³⁸ Berescu Cătălin, Earthen architecture in European countries, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011, p. 203.

³⁹ *Ibidem*, p. 169



Fig. 2.1 Casă tradițională din pământ în zona Vrancea

Casa tradițională românească (Fig. 2.1) pune în evidență simțul practic al țaranului român și reflectă condițiile mediului natural înconjurător.⁴⁰

Materialele folosite de țaranul român pentru construcția clădirilor sunt în general cele pe care le avea la îndemână: lemnul, piatra, pământul și cărămida.

- Lemnul de stejar și brad a fost folosit pentru structura de rezistență a casei, închideri, șarpantă și învelitoarea acoperișului, pardoseli, parapet, mobilier. În unele zone casele se realizau exclusiv din lemn.
- Piatra sub formă de bolovani de râu sau cioplită se folosea pentru realizarea soclului, fundațiilor și în zonele de munte chiar pentru pereții parterului. Sunt deseori întâlnite garduri din piatră așezată una peste alta sau montate cu mortar de pământ.
- Pământul în amestec cu apă, paie tocate, câlți și balebă se folosea la realizarea pereților, a pardoselilor și pentru tencuieli. Din acest amestec cu consistența unei paste cleioase denumită *ciamur* se formau cărămizi (chirpici) cu dimensiuni de aproximativ 20 x 20 x 40 cm, care apoi se uscau la soare.
- Cărămida arsă a fost folosită numai de la începutul secolului al XX-lea, în apropierea orașelor și a centrelor industriale.

⁴⁰ Ionescu Grigore, *Arhitectura populară românească*, Editura Tehnică, 1957

Pereții sunt realizați dintr-un singur material (pământ, lemn, piatră, cărămidă) sau combinate: lemn și pământ, lemn și piatră, lemn și cărămidă, etc. Casele cu pereți realizați în totalitate din lemn se găsesc în zonele muntoase și deluroase.

Fundațiile caselor tradiționale din pământ

Casele tradiționale mai vechi din zona de câmpie nu au fundații. Ele sunt realizate prin așezarea direct pe pământ a tălpilor confecționate din grinzi de lemn rotunde sau cioplite numite: *groși*, *balvani*, *urși*. Pentru a preveni umezirea și putrezirea lemnului aceste tălpi sunt ridicate uneori pe bolovani de piatră așezați în colțurile ramei, iar spațiul rezultat între tălpi și pământ se umple cu zidărie de piatră. Între pământ și podea se realizează o umplutura din moloz și pământ bătut.

În zonele deluroase și muntoase unde terenul este în general în pantă se realizează o fundație înaltă de piatră care să preia diferența de nivel a terenului. Talpa se așează peste această fundație.

În nord-vestul Transilvaniei întâlnim tehnica *în furci*. Aceasta constă în fixarea direct în pământ a stâlpilor din lemn care au la partea superioară o despicătură pe care se montează grinzile de lemn denumite *cunună*.⁴¹

Pentru fundație se săpau întâi șanțurile cu dimensiunile calculate în funcție de înălțimea finală a casei. Adâncimea șanțului era cam de $\frac{1}{3}$ din înălțimea casei iar lățimea cu 5 - 10 cm mai lată decât un chirpici. Pentru realizarea unei pivnițe sub casă se realiza o groapă de 2 m adâncime. Se realiza apoi zidăria de piatră așezată țesut având grijă să se îmbine la colțuri. Piatra se monta cu mortar de lut, pe toată înălțimea pivniței lăsând un spațiu pentru acces denumit gârlici. Tavanul pivniței era boltit. Deasupra nivelului pământului soclul se ridica din zidărie de piatră mai înalt în zonele inundabile, și mai jos în zonele cu teren plat și cu pantă lină. În zonele unde piatra era scumpă, fiind adusă cu carul cu boi din zone mai îndepărtate, înălțimea soclului era determinată și de posibilitățile financiare ale proprietarului.

⁴¹ Ionescu Grigore, *Arhitectura populară românească*, Editura Tehnică, 1957

Se montau apoi scânduri laterale care formau un cofraj pentru un strat de pământ. Bătătorirea se realiza cu o buturugă de care se prindeau în lateral două șipci, instrument denumit mai. Acest strat avea rolul de a umple spațiile rămase între pietre și de a realiza o suprafață orizontală pe care să poată fi montată zidăria de chirpici.

Numai persoanele înstărite își permiteau să aplice un strat de smoală cu rol de a ține umezeala departe de zidăria de chirpici.⁴²

Tavanul caselor din pământ

Tavanul era realizat din grinzi așezate paralel la distanță de 0,80 m – 1,00 m peste care se bat scânduri îmbinate între ele pe lungime sau se montează o rețea de șipci sau trestie peste care se întinde un strat de pământ lutos sau vălătuci din lut și paie.

Acoperișul caselor din pământ

Peste pereții exteriori realizați din chirpici se montau grinzi de lemn ancorate în zidărie cu scoabe, piroane sau cuie mari. Peste acestea se montau grinzi de lemn prinse cu scoabe sau cuie, așezate la distanțe egale. Capetele acestor grinzi depășeau peretele cu 1 m iar în zona prispei mai mult, suficient cât să acopere prispa. În cazurile caselor cu prispă mai generoasă capetele grinzilor sprijineau pe stâlpi de lemn care erau prinși în prispă. Peste acestea se montează căpriorii din lemn de brad, tei, plop sau salcâm și apoi leăturile montate la intervale egale cu distanțe calculate în funcție de învelitoare. Leăturile se montează începând de la streșină spre coama casei.

Acoperișul este realizat pe structură de lemn cu învelitori de *șindrilă*, *draniță* sau *șiță* în zonele muntoase și deluroase. Paiele sunt folosite mai ales în regiunile agricole, iar trestia și papura sunt specifice zonei lacurilor și bălților Dunării.

⁴² Dumitru Miron, *Case tradiționale. Cum se construiau de bunicii noștri?*, Etnografie și folclor în zona Hârlău, www.harlauletnografie.wordpress.com, martie 2013

Tehnica tradițională de construire cu chirpici

În România termenul folosit pentru cărămidă nearsă din pământ este *chirpici*, iar în Bulgaria și Rusia *kirpič*. Aceștia provin din termenul turcesc *kirpiğ*, *kerpiğ*.⁴³

La construirea caselor din chirpici participa toată familia, rudele împreună cu vecinii. Echipa era condusă de un meșter local cunoscut ca un bun meseriaș.

Casele puteau fi realizate în două moduri: în doi ani consecutivi sau într-un singur an. În prima variantă se realiza în primul an temelia casei, apoi se umplea spațiul rămas cu pământ și se lasă un an pentru a permite tasarea pământului. În timp ce se aștepta tasarea se realizau chirpicii, se procura materialul lemnos pentru șarpantă, ferestre și uși. În anul următor, în timpul verii în perioade fără ploi, se ridicau pereții și acoperișul într-un timp foarte scurt de 10 - 14 zile.⁴⁴ Finisarea se realiza în timp.

În cazul realizării casei într-un singur an, construirea începea imediat după Paște și se termina în perioada secerișului. Era necesară procurarea chirpicilor de la meșteșugarii care se ocupau cu producția de cărămizi din pământ.

Tehnica zidirii cu cărămizi din pământ uscat la soare, denumite chirpici pe teritoriul României, constă în așezarea blocurilor în rânduri succesive, țesute. Cărămizile realizate din ceamur aveau dimensiuni de aproximativ 20 x 20 x 40 cm.⁴⁵ Dimensiunile chirpicilor variau de la o zona la alta, de exemplu în zona Hârlău, județul Iași se realizau cărămizi cu dimensiunea de 30 x 50 x 15 cm. Materialul din care se realizau chirpicii era un amestec de lut cu paie de grâu. Uneori se folosea chiar pământ vegetal, lutul galben cunoscut sub numele de "hlei" în zona Hârlău se utiliza numai pentru tencuieli. Amestecul obținut trebuia să fie suficient de moale ca să poată fi introdus în forma pentru chirpici, dar, totodată suficient de tare astfel încât la scoaterea cărămizii din tipar să își păstreze forma.

⁴³ Scriban August, *Dicționarul limbii românești* (Etimologii, înțelesuri, exemple, citațiuni, arhaizme, neologizme, provincialisme), Presa Bună, Iași, 1939.

⁴⁴ Dumitru Miron, *Case tradiționale. Cum se construiau, de buncii noștrii?*, Etnografie și folclor în zona Hârlău, www.harlauletnografie.wordpress.com, martie 2013

⁴⁵ Ionescu Grigore, *Arhitectura populară românească*, Editura Tehnică, 1957

După formarea cărămizilor în matrițe din lemn, acestea erau lăsate pe câmp să se usuce lent la căldura razelor solare (Fig 2.2). După două, trei zile de uscare chirpicii erau întorși pe cant, iar după uscare se stivuiău asigurând spații pentru aerisire și protejate cu paie sau stuf.



Fig. 2.2 Chirpici lăsați la uscat lent, pe câmp direct sub razele soarelui

Pentru verificarea calității chirpicilor se lăsa o cărămidă uscată bine să cadă de la un metru. Dacă chirpicul se rupea sau se sfărâma nu era bun și trebuia mărită cantitatea de paie.

Pentru ca blocurile să adere, acestea se udau înainte de realizarea zidăriei și în timpul zidirii se întindea o pastă moale de ceamur pe suprafața chirpiciului, strat care avea rolul să lege cărămizile între ele.

Realizarea zidăriei de chirpici începea prin montarea primului rând de la un colț al casei. Rândul al doilea de chirpici se începea din alt colț al conturului casei. Prin această tehnică se obținea zidăria țesută. Deasupra gurilor de uși erau prevăzuți dulapi de lemn suficient de mari ca să susțină greutatea zidăriei din partea superioară. Verticalitatea

pereților era verificată cu fir cu plumb dar și cu nivela care era denumită tradițional *poloboc* sau *boloboc*.⁴⁶

Totodată se realizau și coșurile pentru sobe. Acestea se înălțau peste nivelul acoperișului cu 1m și erau tencuite cu lut pentru a preveni incendiile.

Construirea pereților casei se realiza în timpul verii în perioade fără ploi, dar dacă pe parcursul ridicării pereților se strica vremea, zidăria era protejată cu paie sau stuf.

Tencuiala caselor din chirpici

După realizarea fundației, a pereților și a acoperișului urmează montarea ușilor și a ferestrelor realizate în general de un tâmplar. Sub buiandrugi se ancorează tocurele cu pene de lemn și cuie



Fig. 2.3 Peste zidăria de chirpici se realizează primul strat de tencuială

⁴⁶ Dumitru Miron, *Case tradiționale. Cum se construiau, de bunicii noștri?*, Etnografie și folclor în zona Hârlău, www.harlauletnografie.wordpress.com, martie 2013

Urmează tencuirea pereților. Se realizează întâi un strat din argilă și paie realizat mai grosier (Fig 2.3). Peste acesta se aplică un strat mai subțire și mai fin de argilă și bălegar de cal. Aceste straturi se realizează cu ajutorul unei unelte denumită mala care constă într-o placă de lemn cu mâner, asemănătoare cu drișca.

După uscarea tencuielii se vopsește cu trei straturi de var. În primul strat se adaugă nisip și este mai gros decât următoarele straturi.

În general casele cu pereții realizați din ciamur sau chirpici de pe teritoriul țării noastre s-au dovedit rezistente. Pereții cu grosimea între 40 cm și 60 cm conferă o bună termoizolare, motiv pentru care casele sunt răcoroase pe timpul verii fără folosirea unor metode speciale de ventilare sau răcire.⁴⁷

Tehnica tradițională de construire cu lut

Tradițional, casele de acest tip s-au construit de-a lungul fluviului Dunărea, acolo unde pământul era potrivit pentru realizarea materialului cunoscut cu denumirea de *ciamur*⁴⁸ sau *ceamur*⁴⁹. Acești termeni provin din cuvântul turcesc *çamur* care are înțelesul de noroi⁵⁰.

Clima în aceste zone este caracterizată prin perioade lungi de secetă și rare ploi abundente care produc inundații. Vânturile sunt puternice. Vântul de sud este denumit de localnici *sărăcilă*⁵¹.

Deoarece pădurile sunt foarte rare în zona adiacentă fluviului Dunărea, materiale de construcție predominante erau: piatra, lutul, olanele și trestia.

Ceamurul se obținea prin amestecarea lutului cu paie, ierburi fibroase, câlți sau pleavă. Procedul pentru omogenizarea amestecului era prin călcare de către oameni, pentru o cantitate mică, sau prin călcare cu caii, pentru cantități mai mari.

⁴⁷ Ionescu Grigore, *Arhitectura populară românească*, Editura Tehnică, 1957

⁴⁸ Stănculescu Fl., Gheorghiu P., Sthal P., Petrescu P., *Arhitectură populară românească regiunea Dobrogea*, editura Tehnică, 1957, p.19.

⁴⁹ Berescu Cătălin, *Earthen architecture in Romania*, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011, p. 171.

⁵⁰ ***, *Dicționarul limbii române moderne*, Academia Română, Institutul de Lingvistică din București, Editura Academiei, 1958.

⁵¹ Stănculescu Fl., Gheorghiu P., Sthal P., Petrescu P., *Arhitectură populară românească regiunea Dobrogea*, editura Tehnică, 1957, p.6.



Fig. 2.4 Gard realizat din piatră și mortar din ceamur în Muzeul Național al Satului „Dimitrie Gusti” București

Lutul trebuie să conțină puțin nisip și paiele trebuie să fie tocate.

Materialul astfel obținut se folosea pentru ridicarea pereților, pentru confecționarea chirpicilor, ca mortar pentru zidăriile din piatră (Fig. 2.4), chirpici sau cărămidă arsă, sau la realizarea tencuielilor pe suportul de nuiiele împletite. Pentru realizarea pereților ceamurul se așeza în straturi de 20 - 25 cm. Nu se puteau realiza prea multe rânduri într-o zi deoarece era nevoie de timp pentru ca partea inferioară a peretelui să se întărească puțin astfel încât să poată suporta greutatea straturilor superioare.

În afară de construirea caselor și anexelor gospodărești, se mai construiau din ceamur: garduri, bănci alipite fațadei casei sau alipite gardurilor, trepte de scară, cotețe (Fig. 2.5), magazii, cuptoare de pâine, cuptoare pentru gătit sau sobe pentru încălzire. Construcțiile exterioare erau protejate de un acoperiș.



Fig. 2.5 Coteț din
ceamur la Muzeul
Național al Satului
„Dimitrie Gusti”
București

Pentru tencuirea pereților din chirpici se folosea un amestec de pământ cu pleavă, rămășițe de spice sau de păstăi, sau paie tocate. Peste acest strat se da un tinci de argilă și bălegar, uneori și cu puțin var.

Lutul amestecat cu bălegar se folosește la drișcuiul pereților, la sclivisitul prispelor și cuptoarelor.

Lutul amestecat cu var se folosește pentru protecția pereților mai ales a celor care pot fi distruși de intemperii. În acest scop se stinge varul în lutul preparat cu apă în exces.

Pentru realizarea tavanelor se așezau grinzile de lemn peste care se băteau scânduri. Deasupra se așeza ceamur iar sub se făcea o căptușeală de trestie drișcuită cu ceamur.

Pardoselile caselor din lut erau în general din pământ peste care se realiza un strat de lipitură întinsă cu mâna.

Tehnica tradițională de construire cu pământ bătătorit

În zona de sud a României existau două tehnici tradiționale pentru realizarea structurilor din pământ prin bătătorire: tehnica cu pământ bătătorit și tehnica cu ciamur bătut în tipare.⁵²

Tehnica cu pământ bătătorit

Pentru realizarea caselor tradiționale din pământ bătătorit se folosea pământul natural fără să fie amestecat cu apă sau alte materiale.

Mai întâi se înlătura terenul vegetal. Pământul care rezulta din săpăturile pentru fundație se folosea la realizarea pereților. Fundațiile acestor case erau realizate din zidărie de piatră sau pământ bătut, și mai târziu din cărămidă arsă sau din beton. Indiferent de materialul din care erau realizate, fundațiile ajungeau imediat sub adâncimea de îngheț, adică aproximativ până la 80 – 100 cm adâncime. Grosimea fundațiilor variază de la 70 cm la 100 cm în funcție de grosimea zidurilor.

Pereții caselor tradiționale din pământ bătătorit au grosimi între 50 și 80 cm, tehnica construirii constând în bătătorirea pământului în interiorul unor cofraje așezate pe conturul pereților. Procesul de bătătorire a straturilor trebuia realizat cât mai repede și în mod continuu pentru a se obține o structură cât mai omogenă. Cofrajele erau realizate prin înfigerea unor stâlpi în pământ din loc în loc, de-a lungul peretelui, iar pe aceștia se fixau scânduri late de 20 - 25 cm . Pământul rezultat din săpătură se turna în cofraj în straturi de aproximativ 20 cm, apoi se bătea cu maiul de lemn. Prin bătătorire grosimea stratului scădea la 10 - 12 cm, adică la aproximativ jumătate din grosimea inițială. După ce se termina baterea unui strat de pământ pe întreg perimetrul casei, cofrajele se mutau mai sus repetându-se operațiunea.

Tehnica de realizare a pereților din pământ bătătorit a evoluat în timp eliminându-se stâlpii pentru susținerea cofrajelor, în acest fel construcția realizându-se mai repede. Cofrajul se realizează din două panouri din scânduri de lemn cu dimensiuni mai mari, de 2,53 m X 50 cm, menținute la o distanță egală de niște pene de lemn sau fier. În acest caz cofrajul se mută pe orizontală pentru obținerea unui strat pe întreg conturul casei.

⁵² Stănculescu Fl., Gheorghiu P., Sthal P., Petrescu P., *Arhitectură populară românească regiunea București*, Editura Tehnică, 1958, p. 16

În tehnica tradițională golurile pentru ferestre și uși nu erau prevăzute în timpul realizării pereților ci acestea se tăiau în peretele de pământ după terminarea procesului de bătătorire a întregii structuri.

Pentru mai multă rezistență în zona colțurilor se monta un fel de armătură din nuiele așezate la trei sau patru rânduri. Acestea aveau rolul de a fixa zidurile și totodată de a preveni crăpăturile. Nu se monta o grindă de centură deasupra pereților. Peste structura de pământ se monta numai o scândură lată cât peretele cu rolul de a repartiza uniform greutatea acoperișului.

Construcțiile din pământ bătătorit erau suficient de solide având o durată de viață de aproximativ 100 - 200 de ani cu condiția să fie întreținute corect. Din punct de vedere termic casele erau răcoroase vara și se încălzeau ușor iarna, structura din pământ oferind izolare termică foarte bună pentru zona de sud a României.



Fig 2.6 Casa Cămărășiei la Muzeul Sării din Slănic Prahova - clădire monument istoric realizată în tehnica pământului bătătorit la sfârșitul secolului al XVIII-lea, Slănic, județul Prahova / Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Construcția cu două niveluri din Fig. 2.6 este realizată în tehnica tradițională cu pământ bătătorit între cofraje de nuiele. Inițial era reședința unui funcționar domnesc. După ce a fost renovată folosind tehnicile tradiționale, din anul 2003 casa a devenit muzeu.

Tehnica ciamurului bătut în tipare

Această tehnică este asemănătoare cu cea a pământului bătătorit cu diferența că materialul folosit era ciamurul. Acesta se bătătorește în cofraj la fel cum se procedează și cu pământul simplu. Deosebirea constă în faptul că după bătătorirea fiecărui strat trebuie așteptat 2 - 3 zile ca să se usuce, apoi se montează stratul următor. Zidurile rezultate aveau 40 cm grosime.

2.2. Tehnici tradiționale din pământ în lume

Tehnica tradițională de construire cu chirpici în lume

Dintre materialele de construcție cele mai vechi folosite de către oameni fac parte și cărămizile din pământ uscate la soare.

Folosirea chirpiciului datează din anul 8000 î.Hr., conform descoperirilor arheologice din Turkistan.⁵³ Zonele în care s-a construit în mod obișnuit cu chirpici sunt cele cu climă caldă și uscată, subtropicală și moderată: America Latină, Africa, în unele zone din Asia, estul și sudul Europei.

Termenul folosit pentru cărămidă nearsă din pământ diferă de la o regiune la alta. Cuvântul spaniol *adobe* a fost preluat din arabă unde cărămida era denumită *al tob*, *tuba* sau *al-tub* ⁵⁴. Dintr-o hieroglifă egipteană, care era folosită pentru cărămidă, s-a format cuvântul τωωβε transformându-se în arabă *al-tub*. În timpul invaziei arabe, în Spania și Franța, cuvântul arab a fost preluat și deformat în *thob* și *a dob* ajungând în final *adobe* în engleză și franceză.⁵⁵

Cuvântul *tubali* este folosit în unele zone din Africa cum ar fi Nigeria⁵⁶.

Terrón este termenul folosit în Spania pentru cărămizi tăiate direct din sol. Aceste cărămizi se folosesc pe scară largă în sud - vestul

⁵³Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare si tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p.61

⁵⁴ www.oxforddictionaries.com

⁵⁵ www.earth-auroville.com

⁵⁶ www.viquet.com

SUA. Din anumite soluri cu iarbă se taie blocuri de 18 x 18 x 36 cm sau 10 x 18 x 36 cm.⁵⁷

Pe teritoriul SUA, cea mai veche clădire realizată din chirpici, este Casa Grande situată în deșertul Sonora, Arizona.⁵⁸ Casa Grande, denumirea fiind dată de spanioli cu înțelesul de “Casă Mare”, este o ruină monument construită în antichitate de către populația din deșertul Sonoran, care a dezvoltat și un sistem de irigație. Numele se referă la cea mai mare construcție de pe teren care avea 4 niveluri și probabil a fost abandonată în anul 1450. Pereții sunt realizați din cărămizi nearse din caliche și au rezistat în condiții extreme timp de 7 secole. Caliche este o depunere înrudită cu carbonatul de calciu care se cimentează în combinație cu nisipul sau argilă conferind materialului o rezistență mai mare la acțiunea intemperiilor. Acest element se găsește în zonele aride și semiaride din Australia, America și estul Arabiei Saudite. În 1932 a fost construit un acoperiș care să protejeze ruina.

La Kahun în Egipt arheologii au descoperit planul unui întreg oraș construit în jurul anului 1895 î.Hr. Orașul era destinat muncitorilor care construiau piramida și templele regelui Sesostriș al II-lea. Casele muncitorilor și chiar palatul regal era realizat din cărămizi din pământ uscate la soare. Deoarece în zonă lemnul este greu de găsit unele camere au fost acoperite cu boltă cilindrică de cărămidă. În rest casele au acoperișul din bârne de lemn peste care s-au montat crengi. Peste acestea au fost legate snopuri de stuf sau paie. Acoperișul era finisat cu tencuială din pământ la exterior și la interior.

Uneltele găsite în timpul săpăturilor arheologice sunt asemănătoare cu cele folosite până în ziua de azi. Pentru realizarea cărămizilor din pământ se folosea o matriță din lemn în care se îndesa pământul obținut din depozitele de aluviuni din râuri amestecat cu apă. După realizarea zidăriei casele erau tencuite cu un strat de pământ. Pentru această operațiune se folosea o unealtă de lemn, asemănătoare cu drișca modernă.

În Deir el-Medina, Egipt casele erau aranjate în blocuri în interiorul zidului de incintă realizat dintr-o zidărie groasă de cărămizi din pământ. Cele mai vechi case nu au fundații, dar casele mai noi au fundații de piatră sau cărămidă. Pereții sunt realizați în totalitate din

⁵⁷ Austin George, *Adobe as a building material*, New Mexico Geology, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, November 1984

⁵⁸ Reeve Agnesa, *The Small Adobe House*, Gibbs Smith, 2001, p.10

cărămizi din pământ uscate la soare, doar pragurile erau uneori din piatră. Clădirile au un singur nivel și sunt acoperite cu terasă din bârne de lemn și rogojini, aici fiind disponibil lemnul de palmieri, paltin, salcâm și roșcovă. Câteva găuri mici sunt lăsate pentru iluminare naturală. Pe tocurele ușilor realizate din lemn sau piatră sunt desenate hieroglife care fac posibilă indentificarea locuitorilor. În general casele sunt mici și înghesuite, întunecoase și cu acces direct din stradă. Casele celor mai bogați sunt tencuite și vopsite cu lapte de var în timp ce ușile sunt vopsite cu roșu. Pardoselile sunt realizate din pământ indiferent de statutul sau averea proprietarului.

Pe pereții mormintelor sunt desenate scene ale meșteșugurilor cu care se ocupau locuitorii acestor orașe. În mormântul lui Rekhmire din Thebes, Egipt a fost găsit un desen care reprezintă modul de realizare a cărămizilor din pământ fiind o dovadă a industriei din zonă unde exista o producție mare de cărămizi de pământ uscate la soare, toate casele și palatele regale fiind construite în această tehnică.

Pe un fragment din jurnalul oficial în care se nota aprovizionarea cu cărămizi din pământ pentru palatul regal, sunt înregistrate date despre timpi și cantități record ale materialelor produse de către muncitori. Cărămizile mari de 42,24 x 21,32 x 13 cm erau folosite pentru construcția piramidelor. Pentru case cărămizile erau mult mai mici.

Săpăturile arheologice au arătat că în Djenné-Djeno a existat locuire încă din 250 î.Hr. Aici, au supraviețuit 2000 de case istorice, inclusiv moscheea din centrul orașului reconstruită în 1907 (Fig. 2.7), realizate din chirpici și finisate cu tencuială din pământ. Orașul a apărut în secolul al IV-lea și a fost definit atât ca "cel mai frumos oraș din Africa" cât și "orașul tipic african".⁵⁹ Zidarii aparțin unei organizații profesionale care stabilește salariile, condițiile de lucru și conduce reparațiile anuale ale moscheii. Arhitectura din pământ este un meșteșug care se transmite din generație în generație. Astfel, în acest moment, în Mali se găsesc cinci generații de zidari cu experiență.

În 1988 Moscheea Djenné a fost trecută pe lista clădirilor de patrimoniu a UNESCO.⁶⁰

⁵⁹ Meier Alison, *The magnificent mud architecture of Mali*, www.atlasobscura.com, 2013

⁶⁰ <http://whc.unesco.org/en/list/116/>

Casele din acest important centru comercial sunt construite pe coline pentru a fi protejate de inundațiile sezoniere produse de râul Niger și afluenții săi. Compoziția fațadelor (Fig. 2.8) este riguroasă, simetrică, uneori cu pridvor și pilaștri de sprijin, cu elemente decorative care indică poziția centrală a ușii principale.



Fig. 2.7 Moscheea din Djenné, Mali, Africa /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

În ultimii ani au fost făcute modificări prin introducerea de materiale moderne: ciment, cărămizi arse, uși și ferestre din metal. Totodată au dispărut din decorațiunile fațadelor caracteristice zonei.

Majoritatea caselor sunt cu un singur nivel, cu acoperire în terasă. Nu au ferestre spre exterior, lumina și aerul intră doar prin curtea interioară. Singurul element al fațadei este ușa din lemn care se fixează la interior cu un lanț metalic iar la exterior cu un sistem de închidere din lemn. Pereții sunt finisați cu tencuiala din nisip. O scară face legătura dintre zona de locuit și terasă.



Fig 2.8 Clădire tipică în centrul comercial Djenné /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Tehnica tradițională de construire cu lut în lume

Nu se știe cum a apărut sistemul constructiv cu lut în Anglia dar cu siguranță casele din cob au fost construite înainte de secolul al XIII-lea. Modul în care a apărut tehnica nu se cunoaște dar sunt posibile trei teorii⁶¹:

- a evoluat din tehnici mai vechi cum ar fi tehnica cu nuiele și pământ
- pământul era folosit ca umplutură între pereți din șipci de lemn sau împletitură de nuiele iar în momentul în care împletitura s-a distrus a rămas peretele din lut care s-a dovedit a fi solid
- mortarul din pământ era un material uzual în Evul Mediu, folosit în construcții pentru realizarea zidărilor din piatră. Ar fi fost posibil să se realizeze un perete cu fețe de piatră și umplutură de lut. Probabil piatra a căzut și a rămas zidul de lut.

⁶¹ Smith Michael, *The History of Cob*, <http://www.networkearth.org>

Nu este exclus ca inspirația acestor construcții să fi venit de la cuiburile din pământ ale rândunelelor⁶². Rândunelele construiesc cuiburi în formă de cupă sau de tărtăcuță așa cum se observă în Fig. 2.9, formând în ciocuri granule de nămol. Cuiburile sunt amplasate sub streșini sau pe pereții verticali protejați de ploaie. În interiorul cuiburilor păsările realizează o căptușeală cu iarbă, păr și pene pentru a menține căldura în interior.⁶³



Fig. 2.9 Cuiburile din pământ și pietricele căptușite cu paie sau puf sunt realizate de rândunică în timp de o săptămână.

Până în secolul al XV-lea casele de lut au devenit populare și se construiau pe toată suprafață Angliei. În jurul anului 1800, atunci când cărămida arsă a apărut pe piață datorită industrializării și dezvoltării transportului, construcția caselor din lut a încetat.

Casele din lut sunt specifice zonei de sud-vest a Angliei și în Wales unde pământul este un amestec de argilă și nisip iar piatra și

⁶² Chiras D. Daniel, *The Natural House: A Complete Guide to Healthy, Energy-efficient, Environmental Homes*, Chelsea Green Publishing, 2000, p.146

⁶³ Link Russell, *Swallows, Living with Wildlife*, <http://wdfw.wa.gov/living/swallows.html>, 2005

lemnul se găsește cu greu. Amestecul era realizat din pământul extras de pe teren la care se adaugă apă și paie, sau uneori nisip.

Lutul așezat cu lopata sau furca direct pe fundația de piatră era apoi călcat cu picioarele de către muncitori. Se realiza într-o singură zi un strat cu înălțimea de 45 cm, maxim de 90 cm. Peste stratul de lut se așezau paie pe care le presau astfel încât să se fixeze în lut. Golurile pentru uși și geamuri se realizau în timpul construirii pereților, amplasând în locurile potrivite buiandrugi de lemn sau de piatră suficient de puternici ca să susțină greutatea lutului de peste goluri. În timp ce primul strat se usca timp de două săptămâni peretele era tăiat pe fața exterioară și cea interioară pentru a se obține planeitatea și verticalitatea fețelor. În final se obțineau pereți cu grosimea de 50 cm - 90 cm și până la 7 m înălțime.⁶⁴

Casele din lut presupun multă muncă fizică, dar se pot realiza pereții unei case pe timpul unei veri, adică pe parcursul a trei luni, având o echipă de câțiva muncitori care să lucreze o zi pe săptămână. În mod tradițional șantierul începea în primăvară, peste vară se ridicau pereții, toamna se realiza acoperișul, astfel încât la începutul iernii casa putea fi locuită. Anexele realizate din lut rămâneau deseori netencuite dar clădirile de locuit se tencuiau anul următor, numai după ce pereții se uscau foarte bine.

În zona Devon din Anglia sunt încă locuite aproximativ 20000 de case din lut printre care și conace mai mari. Casele bine construite, cu un singur nivel sau cu două niveluri, au rezistat peste 100 de ani fără a avea nevoie de reparații.⁶⁵

Construcțiile albe din cob sunt caracteristice zonelor de nord și vest din East Dorset unde pământul folosit pentru construcțiile din cob, extras chiar din zonă, au un conținut mare de calcar,⁶⁶ uneori este chiar calcar pur. În zona de sud și de est materialul este cel obișnuit din argilă, nisip și pietriș. De-a lungul râurilor sunt zone unde se găsesc ambele feluri de materiale, pe bază de argilă și pe bază de calcar, amândouă cu adaos de paie. Finisarea se face cu un tinci pe bază de var obținut prin amestecarea aluviunilor cu păr de animal și var și prin vopsire cu var stins. Coloniștii englezi au răspândit tehnica de construire cu lut în America de Nord sau Australia.

⁶⁴ Smith Michael, *The History of Cob*, <http://www.networkearth.org>

⁶⁵ *Ibidem*

⁶⁶ ***, *Cob Walls in East Dorset Care & Repair*, East Dorset District Council Planning Guidance, Iunie 2008, p.1-8



Fig. 2.10 Casă tradițională realizată în tehnica de construire cu lut în Franța /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

O serie de case tradiționale din zona Bretania (Fig. 2.10), în Franța, au fost construite în tehnica lutului. Sunt case cu două niveluri cu planșeu și acoperiș compus din șarpantă din lemn ce sprijină direct pe structura de pământ și învelitoare de țiglă, pereții fiind suficient de puternici ca să suporte greutatea acestora.⁶⁷

Socul înalt din zidărie de piatră montată cu mortar de pământ protejează pereții casei împotriva umezirii. Pereții au între 50 cm și 80 cm grosime. Uneori în spațiul rezultat sub acoperiș se depozita fânul, acest lucru ajutând la termoizolarea casei. Coșurile sobelor erau amplasate pe fațada de nord.

⁶⁷ Le Pailh Amelie, *Les astuces de la maison en bauge bretonne*, www.atelier-alp.fr, ianuarie 2013

Tehnica tradițională de construire cu pământ bătătorit în lume

Tehnica de construire cu pământ bătătorit se întâlnește mai ales în sudul Europei având diverse denumiri: *taipa* în Portugalia, *tapial* în Spania sau *pisé de terre* în Franța. În America și Australia această tehnică se numește *rammed earth* fiind o tehnică nouă, adusă aici de către europeni.

În Portugalia au fost realizate de-a lungul timpului o serie de construcții cu scop militar, structurile realizate aici cu diverse adaosuri fiind foarte rezistente. În zona de sud a Portugaliei și a Spaniei se găsesc multe construcții din pământ bătătorit care au fost construite în perioada dintre secolul al VIII-lea și secolul al XIII-lea, timp în care aceste zone au fost sub ocupație islamică.⁶⁸



Fig. 2.11 Palatul Alhambra construit în anul 1238 în Granada, Andalusia, Spania

⁶⁸ Correia Mariana, Merten Jacob, *Earten architecture in Portugal*, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011, p. 165

În Spania Palatul Alhambra din Granada a fost construit în anul 1238, în timpul dominației maure ca reședință regală arabă, o parte a structurii fiind realizată în tehnica cu pământ bătătorit. În secolul al IV-lea palatul a fost finalizat de către Yusuf I și fiul sau Mohammed V. Clădirea a fost restaurată fără intervenții majore fiind păstrate principalele caracteristici arhitecturale: forma, materialele și culorile originale.

Pe teritoriul Spaniei se găsesc trei tipuri de structuri realizate cu pământ bătătorit⁶⁹:

- tehnica simplă cu pământ bătătorit care presupune presarea pământului între cofraje
- tehnica îmbunătățită cu pământ bătătorit. În amestecul de pământ sunt înglobate pietre de diferite dimensiuni. Se realizează un strat din nisip și var care se așează între straturi
- tehnica cu pământ bătătorit armat alternând straturi de pământ cu rânduri de piatră sau cărămidă. Uneori pereții sunt sprijiniți cu contraforți.

În Franța casele tradiționale realizate din pământ bătătorit, denumit aici *pisé*, aveau fundație și soclu din piatră, pereții din pământ și planșee din lemn. Pentru construirea caselor cu două, trei sau patru niveluri se folosea pământul obținut de pe teren. Pământul era bătut între cofraje de lemn cu lungimea de la 2,5 m până la 3 m. Lungimea cofrajelor nu depășea aceste dimensiuni pentru a evita crăpăturile care apar prin contracție în timpul uscării. Se realizau straturi de 6 - 8 cm peste care se așeza un strat subțire de mortar de var. Colțurile caselor erau întărite cu cărămidă, ciment cu var sau zgură. În funcție de prinderile cofrajelor se deosebesc două metode: cu îmbinări verticale în zona orașului Lyon sau îmbinări înclinate în zona Auvergne și Forez.⁷⁰ Pe pereții exteriori ai caselor se pot observa nuturile oblice și golurile rămase în urma eliminării cofrajelor.

Cea mai veche construcție din pământ bătătorit de pe teritoriul Germaniei este o așezare militară romană ce datează din anul 100 d.Hr.

⁶⁹ Vegas F., Mileto C., Cristini V., *Earthen architecture in Spain*, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011, pp.181-183

⁷⁰ Guerin R., Didier L., *Earthen architecture in France*, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011, p. 118

Ruinele clădirilor romane de la Xanten Archaeological Park dovedesc rezistența structurilor din pământ bătătorit. Există însă puține dovezi ale construirii cu pământ înainte de secolul al IX-lea. În Evul Mediu lutul era folosit doar în combinație cu alte materiale ca material de umplutură, mortar sau tencuială. Construcțiile din pământ au apărut doar după ce cartea arhitectului francez François Cointeraux despre construirea cu lut a fost tradusă în limba germană.

În Germania construcțiile tradiționale din pământ se găsesc numai în zona de sud a țării. În centrul orașului Weilburg pe străzile Limburger, Bahnhof și Frankfurter se găsesc multe case din pământ bătătorit printre care și o clădire cu șase etaje, construită înainte de 1836, și care este încă în picioare.

Tehnica tradițională de construire cu pământ bătătorit este folosită în continuare în Germania, atât pentru restaurări cât și pentru construcții noi. Este apreciată mai mult din punct de vedere estetic, pereții fiind realizați din straturi din pământ cu diferite culori.

Construcții contemporane din pământ

3.1. Construcții contemporane din pământ în România

După anul 2008, în care a început criza economică, se constată un declin în industria construcțiilor, în anii 2009 și 2010 numărul de construcții noi scăzând brusc față de tendința pe care au avut-o construcțiile noi realizate între anii 2006 și 2008.⁷¹

Conform recensământului realizat în anul 2002 în România, numărul total de construcții de locuit era de 4 819 104. Dintre acestea 1 977 642 sunt clădiri de locuit realizate din pământ, reprezentând 42% din totalul clădirilor de locuit. În urma studiului realizat separat pentru mediul urban și mediul rural se constată următoarele: construcțiile de pământ ocupă în orașe și municipii un procent de 28% din clădirile de locuit iar în comune și sate procentul ocupat de construcțiile din pământ este de 45% din totalul clădirilor de locuit.⁷²

În perioada dintre anii 2000 și 2002 s-au construit mai puține clădiri din pământ față de anii anteriori, după cum urmează: în mediul urban s-a realizat un procent de 17% din totalul construcțiilor noi pentru locuit iar în mediul rural s-a realizat un procent de 36% din totalul construcțiilor noi pentru locuit.

Folosind datele puse la dispoziție de Institutul Național de Statistică am realizat graficul din Fig. 3.1 în care putem observa evoluția realizării construcțiilor din pământ până în 2002 și, totodată, putem compara această evoluție cu tendința generală din domeniul construcțiilor de locuit.

Graficul prezentat a fost realizat în funcție de două variabile, după cum urmează:

- pe axa orizontală este menționată perioada în care construcțiile au fost realizate - în ani.

⁷¹ Orgonaș Cristian, *Cum a evoluat sectorul construcțiilor în România între 1970 și 2010*, <http://businessday.ro/>, martie 2011

⁷² ***, *Volumul III Clădiri, locuințe, gospodării, Recensământul populației și al locuințelor, 18-27 martie 2002*, Institutul Național de Statistică al României, <http://www.insse.ro/cms/files/RPL2002INS/index3.htm>, martie 2002

- axa verticală reprezintă numărul clădirilor de locuit realizate în perioada respectivă exprimat în mii de clădiri.

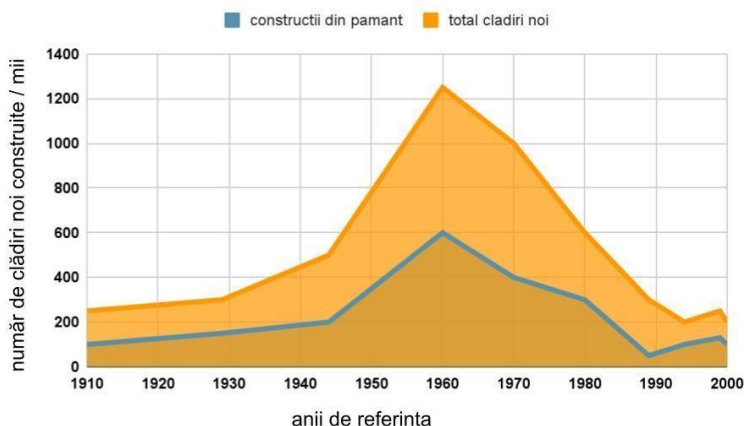


Fig. 3.1 Reprezentarea grafică a numărului total de construcții noi și a numărului de construcții noi din pământ realizate până în anul 2002

Zona hașurată cu portocaliu deschis reprezintă numărul total al clădirilor de locuit realizate în fiecare perioadă de timp, iar zona portocaliu închis reprezintă numărul clădirilor de locuit din pământ care au fost realizate în acest timp. Anul construirii reprezintă anul în care construcția a fost dată în folosință iar în cazul în care clădirea a fost modificată mai mult de 50% anul construirii este anul realizării modificărilor. Categoria construcțiilor de pământ include toate tehnicile de construire cu pământ: paianță, chirpici, pământ bătătorit, vălătuci sau nuiele și pământ, astfel că nu putem face o diferențiere între numărul de construcții realizate într-una din tehnicile de construire cu pământ.

Din acest grafic putem trage următoarele concluzii:

- în perioada 1944 - 1970, perioadă ce corespunde creșterii industriale, se constată creșterea semnificativă a numărului total de construcții realizate, creștere care se observă și în numărul construcțiilor de pământ, acestea reprezentând, în perioada menționată, aproximativ 50% din totalul clădirilor realizate.

- În perioada 1970 - 1989, perioadă în care comunismul a condus la sărăcirea populației, se constată o scădere bruscă în industria construcțiilor.
- după 1989 se constată o activitate relativ constantă în construcții, cu mici variații.
- se constată paralelismul celor două linii din grafic, procentul pe care îl ocupă construcțiile din pământ realizate până în 2002 fiind de 42% din numărul total de construcții.

În România construcția caselor moderne din pământ este încă la început. Puținele case care s-au ridicat în ultimii ani sunt realizate în tehnici tradiționale de construire cu pământ. Există puține studii și cercetări noi care să conducă la dezvoltarea tehnicilor tradiționale.



Fig 3.2 5 Chirpici - casă modernă din chirpici
în Murighiol, Delta Dunării, 2018

Construcții contemporane din chirpici în România

Un proiect interesant, de case cu structura în tehnica de construire cu chirpici, a fost dezvoltat în Delta Dunării unde s-au realizat o serie de clădiri moderne dar inspirate din arhitectura caselor tradiționale specifice zonei.

Clima în Delta Dunării este temperată semiaridă, cu ierni blânde cu temperatura medie de -10°C și veri fără caniculă cu temperatura medie de 11°C . Aici, cantitatea medie multianuală a precipitațiilor se situează între 350 și 400 mm/an, fiind zona cu cele mai puține zile cu precipitații din țară, sub 100 de zile/an. Umiditatea relativă a aerului este mai mare decât în restul țării datorită suprafețelor mari de apă. Vântul ce bate dinspre nord-est, toamna și iarna, este un element dominant în zona Deltei Dunării, intensitatea acestuia având valori medii de 20 m/s.



Fig 3.3 5 Chirpici - aleea cu unități de cazare și restaurantul, Murighiol, Delta Dunării 2018

5 Chirpici este o pensiune în Murighiol, în Delta Dunării. Proiectul a fost realizat de firma de arhitectură Moka Studio în anul 2012. Este un ansamblu de 4 căsuțe așezate ca într-un sat de-a lungul uliței. Fiecare corp cuprinde câte două camere de cazare cu grup sanitar propriu. În capătul uliței s-a realizat o clădire cu plan organic care adăpostește bucătăria, living-ul și spațiul pentru luat masa. În mijlocul living-ului s-a construit un șemineu mare din chirpici, aducând aminte de vatra tradițională. Pe lângă acestea s-au mai realizat două unități: un foișor cu cramă și o clădire destinată personalului. Construcțiile sunt realizate din materiale specifice Deltei procurate din zonă: stuf, chirpici, piatră de Dobrogea, lemn.⁷³

Arhitectura simplă a caselor este completată de obloanele din lemn vopsite în albastru care contrastează cu albul pereților, obținut în urma vopsirii cu var, combinație care se regăsește la casele din pământ ale lipovenilor din Dobrogea. Proiectul îmbină perfect tradiționalul cu modernul, respectând specificul zonei.



Fig. 3.4 Zidarie din chirpici în timpul construcției

⁷³ www.mokastudiodesign.ro

Căsuțele au plan rectangular și simetric, cu prispă pe o latură. Așa cum se observă în Fig. 3.3 o retragere aflată în mijlocul fațadei principale face posibil accesul în cele două camere care se află în dreapta și stânga intrării. Această configurație este specifică zonei, amintind de tinda retrasă a caselor tradiționale din regiunea Dobrogei.

Zidăria din chirpici este țesută, cu o proporție potrivită între goluri și plinuri, ferestrele fiind suficient de mari pentru asigurarea unei bune iluminări naturale. Acoperișul cu stuf are o streășină suficient de largă care se mărește în zona prispei realizându-se astfel o bună protecție împotriva intemperiilor.



Fig. 3.5 Imagine din interior la 5 Chirpici

Chiar și la interior se percepe combinația de tradițional și modern (Fig. 3.5). În zona living-ului șemineul are formă modernă dar este realizat în tehnica tradițională cu chirpici. Așezat în mijlocul

incintei inspiră vatra tradițională, un loc al discuțiilor și întâlnirilor.⁷⁴ În jurul acestuia sunt realizate din pământ canapele pe care au fost așezate perne pentru mai mult confort. Printre acestea au fost amplasate măsuțe joase cu taburete cu un design modern, care aduc aminte de măsuțele tradiționale care se găseau în apropierea vetrei.

În satul Piscu din comuna Ciolpani, județul Ilfov a fost propus un complex unde “viața curge în armonie cu natura”.⁷⁵ Poiana Florilor este un concept de cartier pentru 37 de case pe o suprafață de 4,5 ha. Casele ce se vor construi aici vor fi realizate din materiale locale și personalizate pentru fiecare locuitor.



Fig. 3.6 Casa Brândușa, Poiana Florilor, sat Piscu, com. Ciolpani, județul Ilfov, 2012

Județul Ilfov este caracterizat de o climă temperat continentală, cu veri călduroase și secetoase, cu temperatura maximă absolută de 40°C și ierni friguroase, cu temperatura minimă absolută de -35°C. Valoarea medie multianuală a temperaturii aerului înregistrată în zona de nord este de 10.5°C. Cantitatea medie multianuală a precipitațiilor se situează în jurul valorii de 500 mm. Predomină vânturile dinspre nord -

⁷⁴ Designist, 5 *Chirpici: despre tradițional și contemporan în peisajul Deltei*, www.designist.ro, 2013

⁷⁵ www.poianafloilor.org

est și est care bat cu viteze medii anuale de 2 - 2.5 m/s și cu maxime care pot depăși 125 km/h în timpul iernii.

Casa Brândușa din Poiana Florilor a fost construită în 2012. Principiul de construire a fost, așa cum se poate observa și în Fig. 3.6, folosirea materialelor locale: pământ, piatră și lemn, astfel eliminându-se costurile de transport.

Construcția este realizată pe fundație de piatră de 90 cm adâncime și un soclu de 60 cm, cu structura de lemn din rășinoase. Pereții sunt realizați din chirpici, cu tencuială de pământ și vopsea de var. Structura acoperișului este realizată din lemn iar învelitoarea din șindrilă. Tavanul este realizat din șipci și pământ. Încălzirea se face de la soba de teracotă din bucătărie în care a fost introdusă o serpentină cu apă. Din serpentină apa este pompată spre calorifere.

Izolarea termică este obținută prin realizarea pereților din chirpici de 50 cm grosime. Planșeul este realizat cu o pernă de aer de 15 cm și un strat de pământ de 20 cm.⁷⁶

Datorită pereților din pământ se realizează umiditate optimă în locuință.

Streașina casei de 100 cm este suficient de mare pentru a proteja pereții împotriva intemperiilor.

Construcții contemporane din lut în România

Casa Verde, prezentată în Fig. 3.7, este amplasată în satul Sasca Română din județul Caraș - Severin.

Clima în această zonă este temperat continental - moderată, influențată fiind de masele de aer submediteraneene și atlantice. Iernile sunt moderate cu temperaturi cu valori medii minime de -4°C, iar verile sunt calde cu temperaturi cu valori medii maxime de 21°C. Viscolele sau secetele sunt fenomene rar întâlnite în zona. Vânturile predominante sunt: Austrul care bate dinspre vest, Vântul Mare dinspre est și nord-est și Coșava dinspre sud-est, uneori atingând viteza de aproape 100 km/h, producând răcirea vremii și chiar pagube. Precipitațiile medii anuale sunt de cca. 850 mm.

⁷⁶ www.poianafloilor.org



Fig. 3.7 Casa Verde, în satul Sasca Română, județul Caraș-Severin / Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Forma inițială a casei a fost circulară, cu diametrul de 4 m, mai târziu au fost adăugate unele anexe. Fundația este din beton armat de 20 cm peste care s-a realizat un soclu de piatră, pereții sunt realizați din pământ obținut de pe teren iar învelitoarea acoperișului este realizată din stratul vegetal de 20 cm care a fost scos de pe teren, pentru amplasarea casei.

Materialul pentru tehnica lutului constă dintr-un amestec de pământ argilos, paie sau alte fibre vegetale, nisip și apă, frământat până devine de consistența unui aluat. Amestecul se așează unul peste altul fără cofraje astfel încât rezultă o structură monolită. Se modelează cu mâna, astfel că fiecare construcție este unică, reflectând personalitatea constructorului. Casele astfel modelate au forme curbe, organice care se integrează perfect în mediul înconjurător.

Ferestrele sunt reciclate, cele fixe sunt parbrize de mașină. Pardoselile sunt realizate din lut și tratate cu ulei de în și ceară de albine. Pereții băilor sunt finisați cu tehnica tadelakt, tehnică tradițională marocană care constă în aplicarea unui strat de tencuială lucioasă pe un stat suport de tencuială de var. După aplicarea stratului de tadelakt, se netezește suprafața cu un săpun special și ceară.

Învățătoarea Nicoleta Marin din satul Berca, județul Buzău a realizat un proiect pe care l-a denumit *Cob Village* în colaborare cu Arh. Ileana Mavrodin. Ansamblul de cinci case este amplasat la ieșirea din localitate și se dorește includerea într-un circuit turistic ecologic. Patru dintre clădiri sunt destinate cazării, iar clădirea cea mai mare amplasată în apropierea străzii va fi restaurant. Cele patru căsuțe cuprind fiecare câte patru camere cu baie proprie. Echipa care a realizat construcțiile este formată din vecini și prieteni, persoane care nu au o specializare în domeniu.

În urma studiului geotehnic s-a constatat că terenul este predispus la alunecări. Din acest motiv s-a optat pentru fundație din beton. Casele sunt realizate dintr-un amestec de pământ lutos, nisip, paie de grâu sau de orz și apă⁷⁷. Pentru fiecare etapă a construirii și pentru fiecare material au fost realizate teste în urma cărora au decis componența optimă a materialului pentru pereți dar și pentru tencuieli. Pentru realizarea confortului interior zidurile au fost construite cu grosimea de 60 cm , iar amestecul de lut și fibre organice le permit să respire natural și, astfel, să asigure umiditatea optimă pe tot parcursul anului.

În afară de amestecul obținut pentru realizarea pereților, au mai fost folosite materiale din zonă, noi sau reciclate: lemn brut, noduri de lemn, parbrize, sticle, borcane, toate acestea fiind montate artistic în pereții modelați cu mâna⁷⁸. Lemnele de salcâm au fost procurate din pădurea din apropiere, alegând crengile cu forme cât mai interesante.

Tencuiala exterioară a fost realizată dintr-un amestec de nisip, păr de capră, balegă de vacă și foarte puțină apă, combinație care oferă o duritate foarte bună. Părul de capră a fost procurat de la fermele din zonă și tăiat la 2,5 cm lungime⁷⁹.

Finisajul a fost realizat din lut amestecat cu var stins în care s-a adăugat ulei de în. Pentru obținerea variațiilor de culoare s-a folosit lut de diverse culori procurat din diverse zone ale județului.

Finisajul în spațiile umede s-a realizat cu Tadelakt, o tencuială marocană care impermeabilizează pereții. Astfel nu mai este necesară

⁷⁷ Oancea Daniela , *Minisătucul eco de la Berca*, www.cariereonline.ro, mai 2014

⁷⁸ Marinescu Vali, *Imagine de poveste: Minisat cu căsuțe din lut și acoperiș pe care crește iarba, construit la Berca*, www.opiniabuzau.ro, octombrie 2013

⁷⁹ Sterian Ciprian, *Reportaj: Case din lut, cu sticle montate în pereți ca să intre lumina și cu acoperiș din iarbă, în Buzău*, www.mediafax.ro, noiembrie 2013

protejarea pereților cu faianță sau alte materiale. În restul încăperilor se va vopsi cu ulei de în și ceară.

Acoperișul verde este realizat cu un strat subțire de pământ care protejează și menține la interior o temperatură constantă⁸⁰. Învelitoarea a fost proiectată și realizată de către o firmă specializată în peisagistică.

Au fost realizate drenaje pentru a proteja casele de intemperii. Între clădiri aleile sunt realizate din piatră naturală adusă din zonă, piatră de Siriu.

3.2. Construcții contemporane din pământ în lume

La nivel mondial, în ultimii ani, arhitecții au redescoperit tehnicile de construcție cu pământ și învățând din metodele tradiționale au realizat construcții moderne, chiar și în zone cu climă mai rece.

Între 30% și 50% din populația lumii trăiește astăzi în clădiri din pământ. În țările în curs de dezvoltate 50% din populația rurală și 20% din populația urbană trăiesc în case din pământ.⁸¹ Conform recensământului din anul 2007 în Peru erau 40% din case realizate din pământ. Recensământul din 2001 din India a arătat că 30% din clădiri erau din pământ.

Construcții contemporane din chirpici în lume

Este impresionantă munca Ceciliei Alderton care din anul 1987 și-a dedicat timpul pentru a construi în mod sustenabil, cu materiale naturale locale și reciclate, folosind diferite tehnici de construcție: pereți de chirpici, balot de paie, pământ și paie, lemn, terrón și tehnici pentru realizarea acoperișurilor cu paie sau iarbă. În cele mai multe cazuri a realizat clădiri pentru persoane fizice, locuințe la prețuri accesibile, folosind materiale reciclate și aplicând întotdeauna principiile sustenabile de proiectare, cu scopul de economisire a resurselor și conservarea mediului înconjurător. Este specializată în realizarea construcțiilor folosind tehnica de construire cu terrón.

⁸⁰ www.cobvillage.ro

⁸¹ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings : A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011

Casa lui Centrulo Pardo, din Fig. 3.8, construită în Uruguay, este un exemplu de proiect realizat de către arh. Cecilia Alderton la care a folosit materiale locale cum ar fi piatră, lemn, terrón, adobe, trestie, paie.



Fig. 3.8 Locuința Centrulo Pardo, arh Cecilia Alderton, Uruguay /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

În Australia s-au construit case moderne din chirpici în zonele deșertice.

Clădirea din Alice Springs se află în mijlocul deșertului într-o zonă climatică semiaridă, cu diferențe mari de temperaturi. Cantitatea medie de precipitații pe an este de 285 mm/an. Vara temperatura medie este de 36°C cu maxime de 45°C. Valoarea mediei temperaturii minime din timpul iernii este de 5,5°C.

La construirea acestei case s-au folosit cărămizi din pământ stabilizate cu bitum pentru a crește rezistența la apă. În acest fel întreținerea casei se va realiza mai rar și cu costuri mai mici. Din cărămizile de 10 x 12,5 x 30 cm s-a realizat un perete din două straturi de zidărie cu un spațiu de 5 cm între acestea în care s-a turnat nisip.⁸²

⁸² Ronald Rael, *Earth Architecture*, Princeton Architectural Press, 2009

Fundația s-a realizat în tehnica pământului bătătorit stabilizat cu 10% ciment. În aceste condiții costurile au fost mai mici decât dacă se realiza o fundație din beton armat și totodată a generat locuri de muncă pentru activitatea de compactare a straturilor de pământ. Pardoselile sunt realizate de asemeni în tehnica pământului bătătorit și finisate cu vopsele pe bază de pământ cu conținut mare de argilă și mică.

Cu ajutorul panourilor fotovoltaice conectate la o baterie se realizează destulă electricitate pentru consumul casnic. Apa de ploaie este colectată de pe acoperiș în rezervoare de 22700 l. Apa este urcată cu o pompă și încălzită în panourile solare. Pentru zilele înnorate există un sistem de încălzire cu foc. Singura sursă de apă este cea provenită din precipitații așa că au fost calculate rezervoarele astfel încât chiar și într-un an secetos să fie suficientă apă pentru trei persoane. În acest sens au fost montați robineti care să economisească apa. Apa este refolosită pentru irigații.

Acoperișul are structura din metal, separat de pereții casei și prin amplasarea lui permite circulația aerului. În coama acoperișului au fost prevăzute guri de aerisire care sunt conectate la conductele flexibile, asigurând ventilarea naturală. Streașina este suficient de largă că să umbrească pereții în timpul verii dar să permită încălzirea pereților în timpul iernii.

Un alt exemplu de arhitectură modernă din chirpici este Druk White Lotus School, Shey, Ladakh, India, construit în anul 2001. Proiectul acestui ansamblu de clădiri, având la bază principiile de proiectare pasivă, a obținut numeroase premii printre care World Architecture Awards în 2002 și Design for Asia Grand Award în 2009.⁸³

Această școală se află în nordul Indiei în platoul Ladakh, la o altitudine de 3350 m. Cantitatea medie de precipitații pe an este în jurul valorii de 100 mm/an, principala sursă de apă fiind zăpezile acumulate în munți în timpul iernii. Vara temperatura medie variază între 3°C și 35°C, iar iarna are minime de la -20°C la -35°C. Zona este predispusă cutremurelor.

Având în vedere că accesul se realizează numai cu avionul s-a ales o tehnică tradițională de construire cu structură de lemn și pereți din chirpici.

⁸³*Ibidem*

Structura de rezistență a clădirii este realizată din lemn, inspirată dintr-o tehnică japoneză de tâmplărie. Pereții sunt realizați din chirpici. Grinzile sunt prinse cu bare de oțel pentru a putea realiza deschideri mari. În fața geamurilor au fost amplasate spaliere pe care să urce vița de vie.

Încălzirea pasivă este realizată cu ajutorul unui perete Tromb ventilat orientat către sud (Fig. 3.9). Acest sistem este realizat din chirpici, granit și sticlă. Peretele din chirpici, având masă termică mare, acumulează căldură în timpul iernii. Granitul protejează peretele împotriva eroziunii. În fața peretelui s-a montat un perete dublu de sticlă, iar în partea superioară și cea inferioară a peretelui există deschideri reglabile care permit transferul aerului dintre perete și sticlă în interiorul camerei.⁸⁴

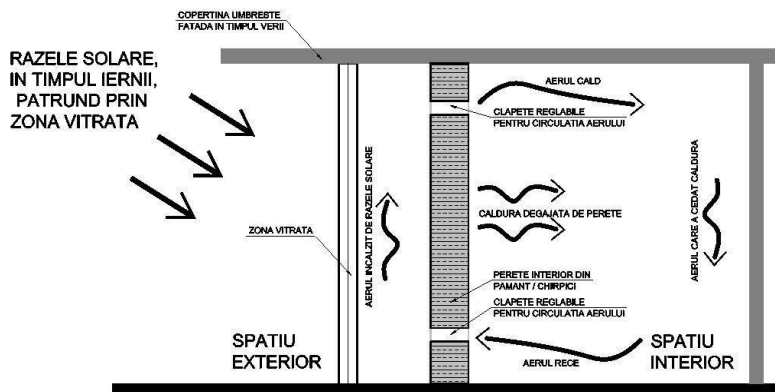


Fig. 3.9 Perete Tromb ventilat

Acoperișul se sprijină pe structura de lemn și este realizat din crengi de salcie montate cât mai apropiat, termoizolație din vată minerală, hidroizolație din pânză impregnată cu bitum și învelitoare de pământ înierbat.

Pentru obținerea energiei s-a optat pentru panouri fotovoltaice care încarcă bateriile.

⁸⁴*Ibidem*

Apa este obținută din topirea zăpezii și este depozitată în două rezervoare mari la 30 m sub pământ. Un rezervor asigură apa pentru băut iar celălalt apa pentru irigații.

Toaleta tradițională a fost îmbunătățită pentru a scăpa de muște și de mirosurile neplăcute. Aerul curat care intră prin deschiderile aflate la partea superioară este condus prin cabină, apoi prin țevi în fosă de unde se evacuează printr-un coș ai cărui pereți sunt încălziți de razele soarelui. Pereții coșului sunt realizați din metal închis la culoare care se încălzește la acțiunea razelor solare încălzind aerul interior care se ridică și favorizează crearea unui flux de aer.

În Chile, arhitectul cilian José Cruz Ovalle a folosit materiale naturale, materiale folosite în mod tradițional în această zonă: lemn, piatră și chirpici.⁸⁵ Fundațiile de piatră și pavajul perimetral cu pietriș permit apei să pătrundă în mod natural în sol. Pereții din chirpici mențin o temperatură constantă la interior. Chirpiciul a fost realizat în mod tradițional cu ajutorul cailor pentru amestecarea pământului cu paie. Din motive estetice zidăria a fost lăsată aparentă .

Partea superioară realizată din lemn asigură circulația aerului prin cramă și permite pătrunderea delicată a luminii. Curbura pereților a îmbunătățit acustica spațiului lucru care era necesar pentru că în cramă au loc degustări și prezentări. Deoarece regiunea Colchagua se află într-o zonă cu activitate seismică pereții de chirpici nu sunt portanți clădirea având o structură de rezistență din lemn pe care se sprijină și acoperișul. Cele șase pavilioane au fost proiectate grupat pentru ca fiecare etapă a producției de vinuri să se desfășoare cu ușurință.

O locuință din pământ compresat stabilizat cu oxid de magneziu a fost realizată în Japonia. Clădirea este rezultatul unui proiect început în 2008 de Yasuhiro Yamashita de la Atelier Tekuto, în care s-a dorit realizarea unui material pe bază de pământ mai rezistent decât cele folosite în prezent și care să poată fi reintrodus 100% în circuitul natural.⁸⁶ "New Soil Structure", așa cum a fost denumită de Yasuhiro Yamashita, este o structură realizată din blocuri de pământ compresat stabilizat cu oxid de magneziu, zidită cu mortar din var, clorură de magneziu, nisip și argilă.⁸⁷ Oxidul de magneziu este un element ușor de obținut, nu dăunează sănătății și nu este niciun pericol

⁸⁵ Ronald Rael, *Earth Architecture*, Princeton Architectural Press, 2009

⁸⁶ Kimberley Mok, *Japanese Flair For Detail Elevates 'Earth-bricks' House By Atelier Tekuto*, www.treehugger.com, 2011

⁸⁷ Earth Bricks / Atelier Tekuto, www.archdaily.com, iunie 2012

dacă se infiltrează în pământ. Acest mineral a fost folosit la realizarea zidărilor pentru piramide și la construcția Marelui Zid Chinezesc.

Rezistența acestor cărămizi este mult mai mare decât rezistența chirpiciului și depășesc normele japoneze pentru rezistență în construcții.⁸⁸ Din acest motiv materialul astfel obținut este potrivit pentru realizarea de clădiri ieftine în zonele afectate de cutremure.

Construcții contemporane din lut în lume

În ultimii ani, în Anglia, restauratorii care s-au ocupat de repararea caselor tradiționale din lut au realizat prima clădire modernă din lut. În anul 1978 Alfred Howard a realizat o stație pentru autobuz iar în 1994 Kevin McCabe a construit o casă cu două etaje⁸⁹.

Tehnica modernă de construire cu lut este asemănătoare cu cea tradițională, cu diferența că materialul este un amestec de pământ, apă, paie și nisip sau pietriș fin pentru a reduce micșorarea și evitarea crăpării din timpul uscării, iar pentru omogenizare se folosesc tractoare sau alte aparate care ușurează mult munca.

În același timp se realizează muncă de cercetare, Alfred Howard fiind unul dintre cei care a realizat experimente din diferite tipuri de subsoluri iar Larry Keefe, cofondatorul programului "Out of Earth" sponsorizează ateliere pentru demonstrațiile de construire cu lut și conferințe internaționale unde se discută problemele caselor din lut.

În paralel cu tehnica modernă de construire cu lut dezvoltată în Anglia, a luat naștere o tehnică asemănătoare, dar diferită, în statul Oregon din SUA. Ianto Evans și Linda Smiley au experimentat în vestul statului Oregon realizând clădiri care au la bază tehnica dezvoltată în Anglia pentru că aceasta s-a dovedit rezistentă în climatul rece și umed. Ei au realizat un material compact care poate fi modelat asemănător cu aluatul de pâine, care are avantajul că poate fi transportat din mână în mână pentru a fi pus în operă. De asemenea, materialul poate fi mai ușor ridicat pe măsură ce peretele se înalță.

⁸⁸ *Ibidem*

⁸⁹ Smith Michael, *The History of Cob*, <http://www.networkearth.org>



Fig. 3.10 Casă modernă în zona Devon, Anglia /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Materialul este realizat din argilă cu mult nisip și paie lungi, elemente ce conferă stabilitate amestecului, spre deosebire de materialul englezesc unde elementul de bază era realizat din pământul excavat de pe teren.

Cu aceste ingrediente combinate în proporții precise și amestecate bine se obține un material mai puternic care permite realizarea de pereți mai înguști de 30 - 40 cm grosime, și totodată mai sculpturali. Pereții interiori care nu au rol portant au grosimea între 12 cm și 25 cm. Prin înglobarea paielor lungi, așezate într-o anumită direcție tehnica din Oregon permite realizarea de arce, nișe sau sculpturi în consola care nu puteau fi realizate cu tehnica engleză.

După ce au realizat prima casă în care au locuit Ianto Evans și Linda Smiley au realizat ateliere și au construit case pe întreg globul, unde au experimentat diverse combinații de materiale și de aditivi care să îmbunătățească tehnica de construire cu lut.



Fig. 3.11 Casă modernă în tehnica lutului în Irlanda /
Acuarelă realizată de Eugenia Ioan

Centrul The Hollies din Fig. 3.11, cuprinde un centru educativ și patru locuințe. Tehnica de construire cu lut a fost aleasă din motive economice și ecologice. În anul 2000 s-a cerut autorizație pentru construirea unui sat ecologic care să conțină 16 construcții din lut. Inițial autoritățile s-au împotrivit și abia în 2003 au eliberat autorizație pentru patru locuințe.⁹⁰

Yuri Ryntovt a realizat un eco-hotel pe marginea râului Orel din Ucraina. Această construcție este realizată exclusiv din lut, stuf, lemn și piatră. Foarte interesante sunt camerele de cazare care au pereții curbați realizați din lut. Aceste volume de formă sferică sunt aliniate sub un acoperiș orizontal foarte larg care are rolul de a proteja structura de lut. Este o clădire cu un singur nivel, cu spații largi deschise, locuri de parcare, terase, grădină și parc, pe o suprafață acoperită de 1750 mp.⁹¹

⁹⁰ Saint-Jours Yvan , *Sur la terre des Hollies*, La maison écologique nr. 57, iunie-iulie 2010, p.18

⁹¹ Ryntovt Design, *Ecohotel "Friend House"*, traducere Milea Dana, Arhitext, nr.2, martie-aprilie 2012, pag 114

Clima în Dnepropetrovsk este rece și temperată cu temperatura medie de 9°C. În lunile de vară temperatura poate atinge valori de 40°C. Media precipitațiilor este de 60 mm.

Construcții contemporane din pământ bătătorit în lume

Un exemplu de casă modernă realizată în tehnica cu pământ bătătorit este casa lui Martin Rauch în Schlins, Austria. Clădirea cu un aspect geometric simplu este amplasată pe un deal cu pantă spre sud. Structura din pământ bătătorit se dezvoltă pe trei niveluri, primele două niveluri fiind semi-îngropate. În acest fel s-a obținut orientarea casei către est, sud și vest, fiind protejată la nord chiar de deal.

Fundația de 60 cm grosime este realizată din ciment roman.⁹² La construirea pereților casei s-a folosit un amestec de nămol, nisip, pietriș de dimensiuni mici și argilă obținute din săpăturile realizate pentru fundație și subsol. Materialul a fost așezat în cofraje de aluminiu în straturi de 11 cm înălțime și apoi a fost bătătorit pneumatic până la aproximativ 8 cm, acest lucru conducând la mărirea capacității portante a structurii. Nu a fost adăugat ciment pentru că acesta ar fi împiedicat pereții din pământ să respire. Totodată, structura de pământ este reciclabilă atâta timp cât nu conține ciment.⁹³

Pereții exteriori obținuți au 45 cm grosime și sunt termoizolați cu două straturi de 5 cm din panouri de papură.⁹⁴ Sistemul de încălzire este montat în interiorul pereților conducând, împreună cu rezistența termică obținută prin termoizolare, la confortul interior al casei.

Având în vedere că toate materialele se degradează și că nu putem împiedica acest lucru, Martin Rauch și-a propus să găsească o metodă de încetinire a deteriorărilor ce apar din cauza intemperiilor la suprafața structurilor realizate din pământ. În urma cercetărilor efectuate, Martin Rauch a dezvoltat conceptul de “eroziune controlată” care constă în așezarea unor rânduri intermediare de teracotă în interiorul peretelui de pământ bătătorit la o distanță de 20 - 25 cm.

⁹² Alter Lloyd, *Martin Rauch Builds His Dream House*, Tree Hugger, martie 2009

⁹³ Marcus J.S., *The Dirt on Sustainable Luxury* - In Austria's ski country, an artist-builder uses compressed soil to create everything from stoves and flooring to entire homes, *The Wall Street Journal*, noiembrie 2014

⁹⁴ Bélorgey Xavier (traducere), *Residence in Schlins*, *Detail Magazine* nr. 5, 2009, pp.453 - 457

Aceste asize de teracotă sunt așezate astfel încât să iasă puțin din planul peretelui formând mici cornișe. Ele protejează peretele din pământ bătătorit care se află imediat sub rândul de teracotă. Totodată se micșorează viteza de curgere a picăturilor de ploaie de pe fațadă, astfel încât vor fi spălate doar particulele foarte fine de pe suprafața peretelui. Stratul care rămâne expus intemperiilor în urma primelor ploi va fi un strat mai rezistent format din pietre bine prinse între ele.⁹⁵

Prima structură realizată în Berlin folosind tehnica de construire cu pământ bătătorit este Capela Reconcilierii. Clădirea constă într-un oval de 7 m înălțime având un spațiu central realizat din pământ, acesta fiind înconjurat de un perete din lemn. Având în vedere că zidurile realizate în tehnica de construire cu pământ bătătorit sunt portante și fiind prima lucrare de acest gen în Berlin, a fost necesar un acord special al autorităților. Pentru obținerea autorizației de construire au fost impuse standarde de siguranță de șapte ori mai mari decât cele pentru clădirile convenționale.⁹⁶

Acoperișul care include un luminator și perețele exterior ce înconjoară clădirea sunt realizate din lemn. Pereții nucleului sunt construiți din pământ în care a fost adăugată cărămidă mărunțită provenită din structura bisericii vechi care a fost demolată. Pardoseala de 50 cm grosime a fost realizată din pământ bătătorit și a fost finisată cu ceară naturală. În amestecul de pământ folosit au fost adăugate bucăți de cărămidă și fibre de in pentru a măări rezistența.

Structura din pământ a fost atent realizată sub observația specialiștilor de la Universitatea Tehnică din Berlin astfel încât nu a apărut nicio crăpătură în timpul uscării pereților. Compoziția materialului folosit a fost aleasă în urma efectuării unor teste. Au fost necesare două zile de muncă pentru prepararea amestecului celor 390 t de pământ. Materialul realizat din argilă, agregat, cereale de diferite dimensiuni și fibre de in, omogenizat foarte bine, a prezentat în momentul testelor caracteristici asemănătoare betonului. În urma unor teste, realizate după terminarea construcției, s-a constatat că structura

⁹⁵ Frey Pierre, *Terre à terre down to earth* Martin Rauch, L'Architecture d'Aujourd'hui nr.393, ianuarie 2013, pp.62-71

⁹⁶ Rauch Martin, Kapfinger Otto, *Chapel of Reconciliation downtown Berlin*, Editura Birkäuser, 2001

realizată are rezistență mai mică decât cea rezultată în testele de laborator.⁹⁷

Curba granulometrică realizată în timpul construirii arată cantitatea mare de pietriș utilizată în compoziția amestecului. Procentele elementelor minerale care compun materialul sunt următoarele: 20% argilă și nămol, 25% nisip, 50% pietriș și 5% pietre. La acestea s-a adăugat un mic procent de fibre de in. Acest amestec, foarte bine omogenizat și pus în operă printr-o compactare corect realizată, conferă materialului caracteristici asemănătoare betonului

⁹⁷ Ziegert Christof, *The material reamed earth as used for the new building of the "Chapel of Reconciliation" in Chapel of Reconciliation*, <http://www.kapelle-versoehnung.de/bin/englisch/material.php>

Pământul, material de construcție

Pentru început trebuie clarificat înțelesul termenului “pământ”. În Dicționarul Explicativ Român pământul este “scoarța globului terestru, partea de uscat a globului terestru; suprafața lui (împreună cu atmosfera) pe care trăiesc oamenii și alte vietăți; sol” dar și “materie din care e alcătuită partea solidă a globului terestru și care este formată dintr-un amestec de granule minerale, provenite din dezagregarea rocilor, și din granule organice, provenite din descompunerea substanțelor organice vegetale sau animale”.⁹⁸

Studiind cele două definiții am ajuns la concluzia că se poate crea o confuzie în folosirea termenilor denumirea de pământ descriind în același timp atât solul cât și subsolul. Diferențierea dintre sol și subsol este clară. Conform lui Șăineanu Lazăr definiția subsolul este “strat ce vine imediat sub un teren vegetal”⁹⁹. Solul este “strat afânat, moale și friabil de la suprafața scoarței pământesti, care (împreună cu atmosfera din jur) constituie mediul de viață al plantelor; suprafața pământului”¹⁰⁰, adică terenul vegetal.

Având în vedere că în literatura de specialitate, în geotehnică, este folosit termenul de pământ, fiind vorba de straturile de sub solul vegetal, am folosit în lucrarea de față termenul de pământ în acest sens dar și de sol în subcapitolele în care m-am referit la clasificarea pământului din punct de vedere pedologic, unde solul reprezintă stratul de pământ cu adâncime variabilă față de suprafața scoarței terestre, care ajunge până la materialul parental.

La începutul secolului al XX-lea, geologul rus V.V. Dokuceaev a fost cel care a pus bazele pedologiei. Plecând de la ideea că solul se formează în urma unui proces complex sub acțiunea unor factori naturali: climă, vegetație și faună, rocă, relief, vârsta solului, V.V. Dokuceaev a demonstrat că diversitatea solului este în strânsă legătură

⁹⁸ ***, *Dicționarul explicativ al limbii române* (ediția a II-a revăzută și adăugită), Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009.

⁹⁹ Șăineanu Lazăr, *Dicționar universal al limbei române*, ediția a VI-a, Editura „Scrișul românesc” S.A., 1929

¹⁰⁰ ***, *Dicționarul explicativ al limbii române* (ediția a II-a revăzută și adăugită), Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009.

cu condițiile naturale și că solul poate fi caracterizat prin proprietăți morfologie și biologice dar și prin proprietăți fizice și chimice.¹⁰¹

- Roca este materialul parental al solului care se regăsește în proporție de 80-90% din masa acestuia. Mineralul preluat din rocă conferă solului anumite caracteristici de textură, culoare, pH. Rocile pot fi magmatice, metamorfice și sedimentare.
- Clima influențează procesul de formare a solului prin temperatură, precipitații și vânt. Diferențele mari de temperatură, prin diferențele între temperaturile diurne și cele nocturne sau diferențele între perioadele de îngheț și dezgheț, conduc la dezagregarea și alterarea rocilor. Vântul acționează asupra rocilor prin eroziune și prin răspândirea materialului provenit din eroziune. Precipitațiile, umiditatea și apele de suprafață sau din pânza freatică contribuie la alterarea rocilor conducând la apariția principalelor elemente minerale.¹⁰²
- Vegetația și fauna prin resturile organice care apar în mod constant la suprafață sau chiar în interiorul pământului influențează în mod direct formarea solului.
- Vârsta solului variază de la câmpie la munte fiind determinată de durata pedogenezei, solurile cele mai tinere sunt cele din luncă și crește spre zona de munte.
- Pe lângă factorii naturali care sunt implicați în procesul de formare al solului se adaugă influența umană prin procese artificiale de irigare, drenaj, desecare, despădurire, agricultură prin cultivare dar și prin adaosul unor substanțe chimice sau modificarea mediului natural prin realizarea de drumuri.

Clasificarea solurilor în România se face printr-o metodă combinată de caracteristici morfologice și procese pedogenetice, menționând clasa de sol determinată de profilul solului, care reiese din analiza orizonturilor pedogenetice, tipul de sol și subtipul de sol.¹⁰³

¹⁰¹ Filipov Feodor, Teodorescu Soare Eugen, *Pedologie*, Universitatea de Științe Agricole și Medicina Veterinară "Ion Ionescu de la Brad", Iași, 2001, p. 11.

¹⁰² Blaga Gheorghe, Filipov Teodor, Rusu Ioan, Udrescu Sebastian, Vasile Dumitru, *Pedologie*, Editura Academic Pres, Cluj Napoca, 2005, pp. 31-44

¹⁰³ Demeter Traian, *Pedologie generală*, Editura Credis, București, 2009, pp. 153-164

Straturile succesive de pământ se numesc orizonturi, fiecare strat având proprietăți diferite față de cele adiacente, diferențe ce pot fi analizate la fața locului prin observarea culorii, texturii, consistență sau cu ajutorul testelor de laborator. Pentru caracterizarea solului se prezintă profilul de sol reprezentat prin succesiunea orizonturilor la care se adaugă descrierea fiecărui orizont prin culoare, dimensiune, structură, proces de formare, alcatuirea mineralogică. Clasificarea orizonturilor se realizează prin notarea cu literele: T, O, A, E, B, C și R, pentru orizonturile principale.

Scurtă descriere a orizonturilor pedogenetice de sol¹⁰⁴:

- Orizontul T este un strat de suprafață cu conținut mare de material organic aflat în descompunere, saturat în medie de o luna pe an.
- Orizontul O se găsește la suprafața straturilor minerale, fiind format prin acumulare de material organic.
- Orizontul A este stratul mineral de suprafață care are un mic procent de materie organică și se află imediat sub orizontul O.
- Orizontul E este stratul mineral cu un procent mare de nisip sau praf și procent mic de argilă, fier sau aluminiu.
- Orizontul B se găsește sub orizonturile A, E sau O. Acesta este stratul argilos care poate să conțină și materie organică, compuși cu aluminiu și fier. Deoarece aceste orizonturi diferă foarte mult între ele trebuie studiate și straturile de deasupra și subiacente.
- Orizontul C este stratul mineral ce conține materiale geologice relativ compacte.
- Orizontul R se află la baza profilului solului. Orizontul Rn este un strat impermeabil reprezentat de roci consolidate și compacte sau pietriș cimentat. Orizontul Rp este un strat permeabil din roci fisurate sau fragmente de roci și pietriș.

Pentru o descriere mai exactă a orizonturilor de sol se folosesc sufixe notate cu litere sau cifre și prefixe din cifre.

Solul este format din mai multe straturi, cel superior, ce corespunde orizonturilor A, E, O, T, având o grosime în medie de 40 cm, este un amestec de particule minerale și materii organice aflate în

¹⁰⁴ Moțiu Petrică Tudor, *Îndrumar de lucrări Practice la pedologie - Soluri forestiere*, Editura Universității din Oradea, 2008, pp.5-10.

descompunere. Restul straturilor, ce corespund orizonturilor B sau C, conțin numai elemente minerale motiv pentru care sunt folosite pentru construcții. Proprietățile morfologice ale solului ne indică componența minerală atât cantitativ cât și calitativ prin realizarea clasificărilor în funcție de dimensiunea particulelor, culoare, structura solului, densitate, porozitate.

Conform Sistemului Român de Taxonomie a Solurilor adoptat în anul 2003 se evidențiază 12 clase de sol cărora le corespund anumite tipuri de sol așa cum se poate observa în tabelul următor:

Clasificarea solurilor conform SRTS 2003¹⁰⁵

	Clasa de sol	Tipurile de sol
1.	Protisolurile (solurile neevolute)	litosolul, regosolul, psamosolul, aluvisolul, entiantrosolul
2.	Cernisolurile (molisolurile)	kastanoziom, cernoziom calcaric, cernoziom, cernoziom cambic, faeoziom cambic, faeoziom argic, faeoziom greic, faeoziom marmic, rendzin
3.	Umbrisolurile	nigrosolul, humosiosolul
4.	Cambisolurile	eutricambisolul, terra rossa, districambisolul
5.	Luvisolurile (argiluvisolurile)	preluvisolul tipic, preluvisolul roscat, luvosolul tipic, luvosolul albic, planosolul si alosolul
6.	Spodisolurile (spodosolurile)	prepodzolul, podzolul, criptopodzolul

¹⁰⁵ Sol-subsol, Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice Agenția Națională pentru Protecția Mediului, <http://apmbh.anpm.ro/sol-subsol>, 2011

7.	Pelisolurile (vertisolurile)	pelosolul, vertosolul
8.	Andisolurile	andosolul
9.	Hidrisolurile (solurile hidromorfe)	stagnosolul, gleisolul, limnisolul
10.	Salsodisolurile (solurile halomorfe)	solonceacul, solonetul
11.	Histisolurile (solurile organice sau histosolurile)	histosolul, folisolul
12.	Antrisolurile (solurile trunchiate si desfundate)	erodosolul, antrosolul

Elementele minerale din care este format pământul pentru construcții pot fi grupate potrivit dimensiunilor particulelor în: pietriș, nisip, praf și argilă. Fiecare element are un rol important în compoziția materialului. Amestecând elementele de baza în proporții diferite se obțin diferite tipuri de sol cu proprietăți mecanice și fizice diferite. De asemenea, în cazul în care pământul avut la dispoziție nu are proprietățile corespunzătoare pentru scopul în care se dorește a fi folosit, acesta poate fi îmbunătățit prin adaos de elemente minerale în anumite proporții determinate prin calcul sau teste, astfel încât noul material să aibă rezistența sau plasticitatea dorite.

Argila este mineralul cu greutate mare. Particulele din care este compusă au forme alungite sau plate și sunt foarte mici sub, sub 0,005 mm. În sol se găsește în combinație cu alte minerale, fiind formată dintr-un amestec de silicati hidratați de alumină și cuarț sau siliciu. Argilele slabe sunt cele cu procent mai mare de siliciu iar argilele grase sunt cele cu procent mai mare de alumină.

Silicații hidratați de alumină sunt particule lamelare fine care își modifică mult volumul în stare umedă. Datorită componentelor de

fier, carbon sau magneziu, argila capătă diferite nuanțe de culoare începând de la gri, verzui, albastrui până la tente galbene, roșii sau maronii.

Prezența apei în argilă mărește plasticitatea materialului, aceasta formând o peliculă în jurul particulelor de silicați și conducând la mărirea forței de legătură care apare între particule. Dar plasticitatea conduce la micșorarea materialului în stare uscată și implicit la crăparea acestuia.

4.1. Proprietățile morfologice ale pământului

Proprietățile morfologice ale solului sunt cele care pot fi determinate la fața locului prin studierea culorii, a texturii, a structurii etc. După ce a fost determinat profilul de sol prin punerea în evidență a orizonturilor, se realizează teste de laborator fizice, mecanice și chimice, în urma cărora se stabilește potențialul solului ca material de construcție.

Culoarea pământului

Culoarea stratelor este o caracteristică importantă morfologică a solului contribuind în mod direct la determinarea și descrierea orizonturilor.

Marea varietate coloristică depinde de proporția elementelor ce compun acel orizont de sol. Pentru a se realiza o identificare mai ușoară a nuanței de culori, care să fie lipsită de subiectivism se folosește sistemul de culori Munsell. La începutul secolului al XX-lea profesorul de artă Albert Henry Munsell a reușit să stabilească denumirea culorilor și nuanțelor cu ajutorul celor trei variabile (Fig. 4.1): nuanță, luminozitate și saturație.¹⁰⁶

- ➔ Nuanța este determinată pe circumferința cercului, cu ajutorul celor cinci culori principale cărora le corespunde câte o literă ce provine de la cuvântul englezesc care reprezintă culoarea respectivă:

¹⁰⁶ Budui Vasile, *Geografia solurilor*, Curs pentru învățământ la distanță, Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava, 2008, pp. 35-38.

R	→	red	→	roșu
Y	→	yellow	→	galben
G	→	green	→	verde
B	→	blue	→	albastru
P	→	purple	→	violet

Între aceste culori sunt întrepătrunse cinci combinații de câte două culori principale alăturate, reprezentând culoarea obținută prin amestecul în cantități egale a culorilor specificate astfel:

YR	→	yellow - red	→	galben - roșu
GY	→	green - yellow	→	verde - galben
BG	→	blue - green	→	albastru - verde
PB	→	purple - blue	→	violet - albastru
RP	→	red - purple	→	roșu - violet

Cele zece sectoare stabilite prin cinci culori principale și cinci combinații sunt reîmpărțite la rândul lor în zece unități care reprezintă procentul pe care una din culorile principale îl ocupă în combinație. Este o transpunere numerică a tranziției dintre culorile principale, modificându-se procentul celor două culori de la 0 până la 100%.

- Luminozitatea reprezintă raportul de alb sau negru conținut în culoare și este determinată prin numerotare de la 1 reprezentând negrul pur până la 10 care reprezintă albul pur.
 - Saturația reprezintă intensitatea culorii și este stabilită prin numerotare de la 1 la 20.
- Luminozitatea și saturația se adaugă la codul nuanței prin plasarea în stânga a raportului celor două valori.

Pentru că solurile au o gama mai restrânsă coloristic a fost realizat Tabelul de culori ale solului Munsell care cuprinde 9 planșe cu 322 de nuanțe ale pământului.¹⁰⁷ Uneori solul poate să prezinte două sau mai multe culori, caz în care se va exprima procentual cantitatea de culoare care predomină în raport cu celelalte nuanțe.

¹⁰⁷ *** , *Munsell color soil charts*, Munsell Color, New York, 1994, p.1

În funcție de elementele minerale și elementele organice ce compun pământul acesta va avea patru culori de bază: negru, roșu, galben și alb.

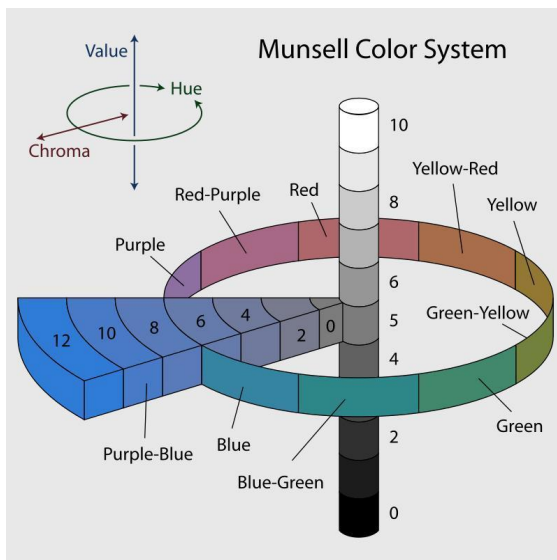


Fig. 4.1 Sistemul tridimensional de determinare al culorilor ce are ca punct de plecare roata lui Munsell¹⁰⁸

Textura pământului

Solul este format din componente solide în proporție de 50% din volumul acestuia, care pot fi minerale sau organice, și componente lichide, apă, și gazoase, aerul din porii neocupați de apă. Textura solului este dată de mărimea și proporția particulelor minerale: nisip, praf și argilă.

În funcție de mărimea particulelor ce compun pământul se definește fracțiunea granulară, aceasta clasificându-se, conform normativului SR EN ISO 14688-1-2004-AC-2006, *Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea*

¹⁰⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Munsell_color_system

1: *Identificare și descriere*, în: pământ foarte grosier, pământ grosier și pământ fin cu subdiviziunile aferente.

Clasificarea pământului în funcție de dimensiunea particulelor:

<i>Fracțiuni ale pământului</i>	<i>Subdiviziuni</i>	<i>Simboluri</i>	<i>Mărimea particulelor (mm)</i>
Pământ foarte grosier	Blocuri mari	LBo (large boulders)	> 630
	Blocuri	Bo (boulders)	> 200 la 630
	Bolovăniș	Co (cobbles)	> 63 la 200
	Pietriș	Gr (gravel)	> 2,0 la 63
Pământ grosier	Pietriș mare	CGr (Coarse gravel)	> 20 la 63
	Pietriș mijlociu	MGr (Medium gravel)	> 6,3 la 20
	Pietriș mic	FGr (Fine gravel)	> 2,0 la 6,3
	Nisip	Sa (sand)	> 0,063 la 2,0
	Nisip mare	CSa (Coarse sand)	> 0,63 la 2,0
	Nisip mijlociu	MSa (Medium sand)	> 0,2 la 0,63
	Nisip fin	FSa (Fine sand)	> 0,063 la 0,2
	Praf	Si (silt)	> 0,002 la 0,063
Pământ fin	Praf mare	CSi (Coarse silt)	> 0,02 la 0,063
	Praf mijlociu	MSi (Medium silt)	> 0,0063 la 0,02
	Praf fin	FSi (Fine silt)	> 0,002 la 0,0063
	Argilă	Cl (clay)	≤ 0,002

Correspondența diferitelor clasificări ale elementelor minerale în funcție de dimensiunea particulelor

Scara Atterberg		Scara Kacinski		Scara Departamentului Agriculturii din S.U.A.		Scara Kacinski (simplificata)	
Grupa de particule	Diametrul (mm)	Grupa de particule	Diametrul (mm)	Grupa de particule	Diametrul (mm)	Grupa de particule	Diametrul (mm)
Nisip	Grosier 2-0,2 Fin 0,2-0,02	Nisip	1-0,05	Nisip	2-0,05	Nisip fizic	1-0,01
Praf	0,02-0,002	Praf	0,05-0,001	Praf	0,05-0,002	Argila fizica	<0,01
Argila	< 0,002	Argila	<0,001	argila	<0,002		

Clasificarea pământurilor în funcție de procentul de elemente minerale conținut se face conform Metodologiei de Elaborare a Studiilor Pedologice (I.C.P.A. București 1987) în trei grupe de clase astfel:

→ Textură grosieră (**G**)

- Nisip (**N**)

Subclase texturale	Argilă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
Nisip grosier (NG)	<5%	<32%	<63%
Nisip mijlociu (NM)	<5%	<32%	<63%
Nisip fin (NF)	<5%	<32%	<63%

- Nisip lutos (**U**)

Subclase texturale	Argilă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
Nisip lutos grosier (UG)	6 - 12%	< 32%	56 - 94%
Nisip lutos mijlociu (UM)	6 - 12%	< 32%	56 - 94%
Nisip lutos fin (UF)	6 - 12%	< 32%	56 - 94%

→ Textură mijlocie **(M)**

- Lut nisipos **(S)**

Subclase texturale	Argilă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
Lut nisipos grosier (SG)	13 - 20%	< 32%	48 - 87%
Lut nisipos mediu (SM)	13 - 20%	< 32%	48 - 87%
Lut nisipos fin (SF)	13 - 20%	< 32%	48 - 87%
Lut nisipos prăfos (SS)	< 20%	33 - 50%	30 - 67%
Praf (SP)	< 20%	> 51%	< 49%

- Lut **(L)**

Subclase texturale	Argilă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
--------------------	------------------	---------------------	-----------------

Lut nisip argilos (LN)	21 - 32%	< 14%	54 - 79%
Lut mediu (LL)	21 - 32%	15 - 32%	23 - 52%
Lut prăfos (LP)	21 - 32%	33 - 79%	< 46%

→ Textură fină (F)

- Lut argilos (T)

Subclase texturale	Argilă ă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
Argilă nisipoasă (TN)	33 - 45%	14%	41 - 67%
Lut argilos mediu (TT)	33 - 45%	15 - 32%	23 - 52%
Lut argilo-prăfos (TP)	33 - 45%	33 - 67%	< 34%

- Argilă (A)

Subclase texturale	Argilă <0,002 mm	Praf 0,002-0,002 mm	Nisip 0,02-2 mm
Argilă lutoasă (AL)	46 - 60%	< 32%	8 - 32%
Argilă prăfoasă (AP)	46 - 60%	33 - 54%	< 21%
Argilă medie (AA)	61 - 70%	< 39%	< 39%
Argilă fină (AF)	> 71%	< 29%	< 29%

Pentru determinarea dimensiunilor particulelor ce alcătuiesc materialul se folosesc următoarele metode¹⁰⁹:

- prin cernere: pământul curățat prin spălare dar în stare uscată se trece prin site cu diferite dimensiuni standard. Prin raportarea cantității particulelor cu diferite dimensiuni la cantitatea totală de pământ analizată se poate obține totodată și compoziția granulometrică.
- prin sedimentare: pământul se amestecă bine cu o cantitate de apă într-un recipient transparent. Particulele cu dimensiuni mai mari vor avea o viteză mai mare de sedimentare astfel încât acestea se vor așeza la baza recipientului. Dimensiunea particulelor poate fi calculată, având la bază legea lui Stokes, în funcție de timpul t în care particulele au parcurs distanța H de la suprafața suspensiei până la planul de referință.

Determinarea cantității de particule rămase în suspensie se face prin evaporarea unui anumit volum de suspensie, la sfârșit rămânând doar partea solidă, sau prin determinarea densității suspensiei în timp ce particulele se depun.

Proporția pe care un element mineral o ocupă în alcătuirea pământului, exprimat în procente din greutatea totală sau din volumul materialului uscat, ne conduce la stabilirea compoziției granulometrice reprezentată prin curba granulometrică, histogramă sau diagrama ternară.

Granulometria se determină conform STAS 1913/5-85, Determinarea granulozității la pământuri prin metoda cernerii și prin sedimentare, și poate fi caracterizată de coeficientul de uniformitate. Coeficientul lui Hazen este raportul dintre d_{60} și d_{10} , unde d_{60} este diametrul ochiurilor sitei prin care trec 60% din particule iar d_{10} este diametrul ochiurilor sitei prin care trec 10% din particule. În funcție de coeficientul de uniformitate pământul se clasifică în¹¹⁰:

- pământ cu granulozitate uniformă $d_{60}/d_{10} < 2$
- pământ cu granulozitate neuniformă $d_{60}/d_{10} > 2$

¹⁰⁹ Manoliu Iacint, Rădulescu Nicoleta, *Geotehnică*, Universitatea Tehnică de Construcții București, București, 2010, pp. 16-20

¹¹⁰ Caquot A., Kerisel J., *Tratat de mecanica pământurilor*, traducere S. Andrei, Editura Tehnică, București, 1968, pp.12-13

Curba granulometrică este o reprezentare grafică realizată în funcție de cele două variabile ale compoziției granulometrice: pe axa orizontală sunt trecute dimensiunile particulelor de la 0 la 60 mm iar pe axa verticală se notează pe o scară de la 0 la 100 procentul pe care particulele de o anumită dimensiune îl ocupă în masa probei examinate.

Histograma este diagrama realizată în trepte, unde înălțimea treptei reprezintă procentul pe care îl ocupă particulele cuprinse într-un interval de dimensiune. Curba frecvenței este curba ce leagă mijloacele fiecărei clase de dimensiune.¹¹¹

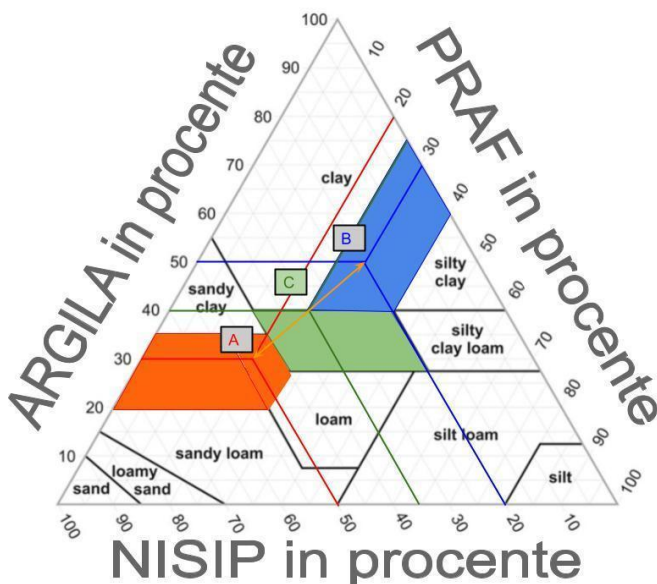


Fig. 4.2 Exemplu de clasificare a pământului C obținut din amestecul în proporții egale a pământurilor A și B, prin studiul pe diagrama ternară

Diagrama ternară (Fig. 4.2) este un grafic triunghiular pe ale cărui laturi, împărțite în 100 de diviziuni, sunt trecute elementele principale care intră în componența pământului exprimate în procente de nisip, praf și argilă. Plasând cele trei procente pe laturile aferente și

¹¹¹ Cheel R.J., *Introduction to clastic sedimentology*, Department of Earth Sciences, Brock University, Ontario, Canada, 2005, p. 16

ducând paralele la câte o latură a triunghiului se va identifica la intersecția celor trei variabile categoria de textură a materialului. De exemplu un material care conține 30% argilă, 10% praf și 60% nisip se regăsește în categoria “sandy clay loam” adică lut argilos nisipos.

Un alt mod de utilizare a diagramei poate fi avut în vedere pentru realizarea unor amestecuri de două tipuri de pământ. Dacă avem de exemplu proba A de pământ cu alcătuirea 30% argilă, 10% praf și 60% nisip care corespunde categoriei de lut argilos nisipos și proba B de pământ cu alcătuirea 50% argilă, 30% praf și 20% nisip care corespunde categoriei argilelor amestecul realizat din cantități egale din ambele probe de pământ, notat în diagramă cu AB, se va regăsi la jumătatea distanței dintre punctul A și B, în punctul C fiind încadrat în categoria lut argilos.

Textura solului poate fi uniformă sau poate varia în profilul solului. În cazul unor soluri care s-au format fără migrarea argilei sau argilizare, profilul solului păstrează textura, cu posibile mici variații, pe toată adâncimea acestuia, procentul de argilă păstrându-se în toate straturile asemănător cu cel al rocii de proveniență. Acest tip de sol corespunde zonelor aride sau semiaride, regiuni care se găsesc în România din zona Dobrogei până în sud-estul Podișului Moldovei.

Profilul solului cu o textură variată este rezultatul procesului de argilizare sau de migrare a argilei, observându-se o creștere a procentului de argilă în adâncime. Indicele de diferențiere texturală este cel care ne arată variația procentului de argilă în diferite straturi. Acesta este reprezentat prin raportul dintre procente de argilă conținute în două straturi succesive.

$$Idt = \frac{p\% \text{ argilă în orizontul } B}{p\% \text{ argilă în orizontul superior}}$$

Clasificarea solurilor în funcție de valoarea indicelui de diferențiere texturală se realizează astfel¹¹² :

- | | |
|---|-----------------|
| - soluri nediferențiate textural | $Idt \leq 1,0$ |
| - soluri slab diferențiate textural | $Idt = 1,1-1,2$ |
| - soluri moderat diferențiate textural | $Idt = 1,2-1,4$ |
| - soluri puternic diferențiate textural | $Idt = 1,4-2,0$ |

¹¹² Filipov Feodor, Teodorescu Soare Eugen, *Pedologie*, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad", Iași, 2001, p.38

- soluri foarte puternic diferențiate textural $Idt > 2,0$

Structura pământului

Structura solului este definită de modul în care se realizează legătura dintre particulele principale din sol proces ce conduce la realizarea unor formațiuni complexe.

Clasificarea structurii solului se realizează, conform sistemului românesc de clasificare al solurilor, în funcție de forma și dimensiunea particulelor¹¹³:

- structură glomerulară: structură formată din agregate sferoidale cu diametrul mai mic de 5mm, poroasă, afânată - orizontul Amolic
 - structură grăunțoasă: structură formată din agregate sferoidale cu diametrul mai mic de 10mm, neporoasă, afânată - orizontul A bogat în humus
 - structură poliedrică subangulară: structură formată din agregate cu fețe plane care se intersectează în muchii și colțuri rotunjite, cu dimensiuni între 6-50 mm, așezare îndesată - orizontul Bv, cu conținut redus de argilă și orizonturi de tranziție AB și EB
 - structură poliedrică: structură formată din agregate cu fețe plane care se intersectează în muchii și colțuri ascuțite, cu dimensiuni între 6-50 mm, așezare îndesată - orizontul Bv, Bt și orizonturi de tranziție AB sau EB
 - structură prismatică: structură formată din agregate prismatice, cu fețe plane care se intersectează în muchii și colțuri ascuțite, cu dimensiunile bazei între 10-100 mm, așezare îndesată - orizontul Bargic, bogate în argilă
 - structură columnară: structură formată din agregate cu aspect de coloană, cu capetele rotunjite, cu dimensiunile bazei între 10-100 mm, așezare îndesată - orizontul Btna
 - structură lamelară: structură formată din agregate lamelare, dispuse orizontal sau oblic, cu grosimi între 1-10 mm - orizontul Ealbic, orizont de tranziție BC și orizonturile tasate
 - structură lenticulară: structură formată din agregate cu aspect de lentilă, dispuse orizontal sau oblic, cu grosimi între 1-3 mm
- soluri formate și evolute pe marne.

¹¹³ *Ibidem*, pp.39-40

Densitatea pământului

Densitatea solului conform STAS 1913/3-76, Teren de fundare. Determinarea densității pământurilor, este raportul dintre greutatea particulelor minerale și organice și volum:

$$D = \frac{G}{V_{pt}}$$

Densitatea aparentă (D_a) sau greutatea volumetrică (G_v) este raportul dintre greutatea pământului uscat și volumul total care cuprinde atât volumul particulelor cât și pe cel al porilor.¹¹⁴

$$G_v = D_a = \frac{G}{V_t}$$

Valoarea acesteia va depinde de elementele minerale care compun materialul, de materialul organic și de starea de afânare sau îndesare reprezentând modul în care sunt așezate particulele solide. Astfel solurile argiloase au o densitate mai mare decât solurile nisipoase, iar solurile cu conținut mare de humus sunt mai puțin dense. Densitatea variază pe verticală în profilul de sol, orizonturile din zona superioară având densitate mai mică decât cele din zona inferioară.

Solul are densitatea cuprinsă între 1000 și 1500 kg/m³. Prin bătătorire densitatea se va măria între valorile 1700 și 2200 kg/m³, în funcție de conținutul de pietriș.¹¹⁵

Umiditatea pământului

Umiditatea pământului se calculează prin raportul dintre greutatea apei și greutatea materialului solid, după ce s-a realizat uscarea determinată conform STAS 1913/1-82, Teren de fundare. Determinarea umidității pământurilor.

Măsurarea materialului uscat se face, în mod convențional, după ce a fost ținut la 105°C până ce atinge o greutate constantă. În timpul procesului de uscare se produce contracția, proba micșorându-și volumul.

În prezența apei argila se umflă devenind maleabilă. Dacă o cantitate mică de apă pătrunde în pământ, cum este în cazul absorbției umidității din aer, ne găsim în situația în care argila se umflă, apa

¹¹⁴ *Ibidem*, pp. 42-43.

¹¹⁵ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p.21.

așezându-se printre lamele acesteia. În cazul în care o cantitate mai mare de apă este absorbită în pământ se produce dilatarea, argila trecând din starea solidă în cea lichidă și nu mai este posibilă modelarea.

Nu pot fi date anumite valori exacte ale umidității la care se produce dilatarea sau contracția deoarece acestea depind de tipul și cantitatea de argilă conținute în pământ.¹¹⁶

Porozitatea pământului

Porozitatea totală reprezintă procentul pe care îl ocupă volumul porilor în volumul total al probei de sol. Porii sunt toate tipurile de goluri existente între particulele solide, pot fi izolați sau comunicanți. În funcție de raportul porilor cu exteriorul sunt de două feluri: deschiși sau închiși.

$$P\% = 100 \left(1 - \frac{D_a}{D}\right)$$

Porozitatea de aerație reprezintă cantitatea de pori cu diametrul mai mare decât 1 mm care sunt ocupați cu aer în anumite condiții de umiditate.

$$P_a = P_t - CC \cdot D_a$$

Solurile argiloase au o porozitate de aerație mai mică decât a solurilor cu textură grosieră. Porozitatea de aerație variază în profilul de sol fiind mai mică cu cât orizontul este mai apropiat de suprafața acestuia. Conform studiilor lui Kacinski porozitatea de aerație normală reprezintă între 25% și 30% din porozitatea totală.

Porozitatea mai mare conferă materialului o rezistență mai mare la îngheț crescând difuzia vaporilor.¹¹⁷

4.2. Proprietățile fizico-mecanice ale pământului

Coeziunea pământului

Coeziunea este proprietatea particulelor din alcătuirea materialului de a se ține legate prin forțele de atracție ce apar între elemente în timpul aplicării unor forțe exterioare care tind să deformeze materialului. Argila este elementul care realizează coeziunea în stare

¹¹⁶ *Ibidem*, p.24.

¹¹⁷ *Ibidem*, p.21.

uscată, dar odată cu creșterea cantității de apă scade coeziunea. Invers se întâmplă în cazul nisipului. Acesta este mai coeziv în stare umedă decât în stare uscată, și cu cât umiditatea crește, nisipul devine mai coeziv.

În regulamentul german de construire cu pământ este explicat pe larg cum se realizează testul pentru stabilirea coeziunii. Se formează trei mostre în formă de opt din materialul uniform amestecat și cu o anumită rigiditate obținută printr-un proces de prelucrare a pământului. Proba se introduce într-un dispozitiv de testare în care se aplică o forță de 750 g pe minut. Forța de legătură se obține din raportul dintre greutatea la care mostra cedează și secțiunea ei. Media rezultatelor celor trei teste este puterea de legare a materialului. Diferența dintre rezultatele celor trei probe nu poate fi mai mare de 10%.

Clasificarea solurilor în funcție de puterea de legare, conform Rules governing building with earth, Definitions, building materials and components of The German Association for Building with Earth.

Denumire engleza/română	puterea de legare (g/cm ²)
Very thin / Sol foarte subțire	50-80
Thin / Sol subțire	80-110
Almost fat / Sol aproape gras	110-200
Fat / Sol gras	200-280
Very fat / Sol foarte gras	280-360
Clay / Argilă	>360

Se poate efectua un test rapid pentru stabilirea coeziunii astfel:

- pământul trebuie să fie umezit atât cât să permită modelarea
- se modelează un fir cu grosimea de 3 cm din care se întinde o panglică de 20 cm lungime și 6 cm lățime.

- panglica este lăsată să atârne din ce în ce mai mult până la rupere sub propria greutate
- interpretarea testului: cu cât panglica se rupe mai repede arată un conținut prea mic de argilă, dacă panglica se rupe spre final conținutul de argilă este prea mare.

Plasticitatea pământului

Plasticitatea “reprezintă proprietatea solului ca la o anumită umiditate, sub acțiunea unor forțe mecanice exterioare, să-și modifice forma fără a se rupe și de a-și păstra această formă fără a se crăpa după încetarea forței și pierderea apei.”¹¹⁸

Starea solului poate fi solidă, plastică sau fluidă, în funcție de umiditatea acestuia. Conform STAS 1913/4-86¹¹⁹ limita superioară de plasticitate se află la trecerea din starea plastică în starea lichidă și se notează cu W_L iar limita inferioară de plasticitate se află la trecerea din starea plastică în stare solidă și se notează cu W_p . Indicele de plasticitate este diferența dintre limita superioară de plasticitate și limita inferioară de plasticitate:

$$I_p = W_L - W_p$$

dacă	$I_p = 0$	materialul nu are plasticitate
	$I_p = 0 - 7$	materialul este puțin plastic
	$I_p = 7 - 17$	material plastic
	$I_p > 17$	materialul cu plasticitate ridicată

Plasticitatea materialului, în funcție de procentul de apă conținut la limita superioară a intervalului în care acesta se află în stare plastică, conform Regulilor de construire cu pământ din Germania, se clasifică astfel:¹²⁰

- plasticitate slabă <35%

¹¹⁸ Filipov Feodor, Teodorescu Soare Eugen, *Pedologie*, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad", Iași, 2001, p. 46.

¹¹⁹ *** , *STAS 1913/4-86: Teren de fundare. Determinarea limitelor de plasticitate.*

¹²⁰ Volhard Franz, Röhlen Ulrich, *Rules governing building with earth, Definitions, building materials and components*, The German Association for Building with Earth , Vieweg & Sohn, November 2007, p.9.

- plasticitate medie 35-50%
- plasticitate pronunțată >50%

Clasificarea solurilor coezive în funcție de indicele de plasticitate și granulozitate, conform STAS 1243-88 Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.

Clasificarea solurilor coezive		Indice de plasticitate Ip, %	Frațiuni granulometrice		
			Argila < 0,005 mm	Praf 0,05 - 0,005 mm	Nisip 0,005 - 2 mm
foarte coeziv	Argila grasă	≥35	< 60	variabil	variabil
	Argila	25-35	35-60	< decât argila	< 30
coeziv	Argila prafoasă	15-35	35-50	> decât argila	< decât praf
	Argila nisipoasă	15-35	30-60	< decât argila	> 30
	Argila prafoasă nisipoasă	15-25	30-35	> decât argila	> 30
usor coeziv	Praf argilos	10-25	15-30	> decât nisip	< 30
	Praf argilos nisipos	5-20	15-30	> decât nisip	> 30
	Praf	5-15	0-15	> decât argila	< 30
	Praf nisipos	0-10	0-15	> decât nisip	30
	Nisip argilos	5-20	15-30	< decât nisip	> decât praf
	Nisip praful	0-10	0-15	< decât nisip	> decât praf

Compresibilitatea și compactitatea pământului

Compactitatea este capacitatea pământului de a se comprima sub acțiunea unei forțe, rezultatul compactării fiind reducerea volumului probei.

$$C = \frac{D_a}{D} 100$$

Tipul mineralelor din care este formată argila dar și de cantitatea de apă pe care pământul o conține sunt importante în determinarea rezistenței la compresiune a materialului. În prezența apei, în cantitate suficientă, particulele de argilă au tendința de a se reordona formând structuri paralele mai dense și mai puternice ce conduc la creșterea rezistenței la compresiune.

Pentru realizarea construcțiilor din pământ s-a arătat, în urma unor cercetări, că pământul cu un procent mai mare de apă cu 10% față de conținutul optim de apă a dat rezultate mai bune.¹²¹

Prin bătătorirea pământului se micșorează golurile dintre particulele minerale. În funcție de umiditatea pământului, adică de cantitatea de apă care umple golurile dintre particule, acestea se pot tasa mai ușor sau mai greu. De exemplu, prin faptul că apa este eliminată ușor din nisip, solurile nisipoase se tasează ușor, în timp ce solurile argiloase se tasează mai greu.

În timpul acțiunii forțelor de compresie are loc fenomenul de schimbare a structurii materialului prin două procese care pot fi controlate: distrugerea structurii și tasarea treptată.

→ Distrugerea structurii pământului are ca efect micșorarea rezistenței.

→ Tasarea prin îndesare are ca efect creșterea capacității portante.

Compactarea este fenomenul de micșorare a porozității în timpul bătătoririi.

Indicele de tasare este raportul dintre diferența de umiditate dintre cele două stări, limita de curgere și umiditatea de saturație, și indicele de plasticitate:

$$I_T = \frac{w_c - w_{sat}}{I_p}$$

Cifra porilor sau indicele de pori este raportul dintre volumul golurilor și volumul particulelor solide.

Indicele de pori se poate exprima în funcție de porozitate astfel:

$$\varepsilon = \frac{n}{1-n}$$

¹²¹ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, pp. 44-45.

Sisteme constructive cu pământ

5.1. Tehnica de construire cu cărămizi din pământ uscate la soare

Plecând de la tehnica tradițională de realizare a cărămizilor din pământ s-au dezvoltat de-a lungul timpului tehnici moderne prin care s-a încercat realizarea de cărămizi mai performante, cu rezistență la compresiune mai mare și mai rezistente la acțiunea apei. Astfel, în acest moment sunt folosite mai multe tipuri de cărămizi din pământ: cărămizi tradiționale, cărămizi semi-stabilizate, cărămizi stabilizate, terrón, cărămizi presate.¹²²

Cărămizi tradiționale

În mod tradițional cărămizile din pământ uscate la soare se obțineau dintr-un amestec de pământ cu apă și paie sau bălegar, în proporții ce variază de la o regiune la alta.

Cele mai vechi cărămizi descoperite în Kahun, Egipt erau realizate din pământ obținut din aluviuni amestecat cu apă. Acest amestec era așezat în matrița din lemn. Uscarea se realiza la căldura soarelui cărămizile fiind așezate în șiruri lungi.¹²³

În cartea “The Masons of Djenné” autorul explică detaliat modul în care se construiesc casele în regiunea Djenné. Realizarea cărămizilor începe în octombrie, cu câteva luni înaintea realizării construcției. Pământul pentru cărămizi este adus de pe malurile râurilor. Se adaugă apă din râu, paie tocate și bălegar în proporție de 4:2:1 pentru a mări rezistența la tracțiune.¹²⁴ Acest amestec se așează în coșuri și apoi sunt răsturnate pe pământ pentru uscare. Până în 1930 matrițele

¹²² Smith E., Austin G., *Adobe, pressed-earth and rammed-earth industries in New Mexico*, New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources, Socorro, noiembrie 1989

¹²³ David Rosalie, *The pyramid builders of ancient Egypt. A Modern Investigation of Pharaoh's Workforce*, Routledge, 1996

¹²⁴ Marchand, Trevor H.J., *The Masons of Djenné*, Bloomington, Indiana University Press, 2009

erau cilindrice și zidăriile erau tencuite cu un amestec de pământ și coji de orez.

Mortarul și tencuiala sunt realizate din aceleași elemente: pământ, apă, paie tocate și bălegar. Acest amestec se realizează în niște gropi mari și se lasă apoi la fermentat pentru a se obține o consistență mai mare. Totodată prin fermentare amestecul devine impermeabil.¹²⁵

În Peru cărămizile au fost mult timp în urmă modelate cu mâna în formă conică. Cărămizile au avut forme semisferice sau bombate în Orientul Mijlociu.

Tubali, în Nigeria sunt modelați cu mâna într-o formă cilindrică cu capete conice, apoi sunt aruncați pentru a capătă o zonă plată, pentru compactare și rezistență. Uscarea se realizează la soare timp de 14 zile. Zidăria se realizează prin așezarea de tubali în rând peste care se așează intercalat rândul următor spațiile rezultate fiind umplute cu mortar de pământ.

În statul New Mexico materialul folosit la realizarea cărămizilor din pământ se obține din sedimente depozitate de râuri. Cea mai mare parte din amestec este nămolul, 15 - 25% argilă și puțin nisip și particule grosiere. Particulele mai mari pot avea dimensiuni de 5 - 25 cm fără efecte distrugătoare.¹²⁶ Argila acționează ca un liant. Este nevoie de o cantitate moderată de argilă pentru a se obține o cărămidă rezistentă.

Pământul folosit pentru realizarea chirpicilor este obținut din stratul de sub solul vegetal al terenului pe care urmează să se realizeze construcția sau din aluviunile râurilor din apropiere. Oricare ar fi proveniența pământului acesta este un amestec de lut, nămol și nisip, iar proporția acestor elemente variază mult chiar pe suprafața unui teren. Compoziția pământului se determină cu ajutorul unor teste: testul ruloului, testul de rezistență în stare uscată, testul recipientului și testul viermelui, care se pot realiza la fața locului sau teste de laborator pentru o determinarea exactă a elementelor. Pământul trebuie curățat de materii organice sau alte materiale.

¹²⁵ Marchand, Trevor H.J., *The Masons of Djenné*, Bloomington, Indiana University Press, 2009

¹²⁶ Austin George, *Adobe as a building material. New Mexico Geology*, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, November 1984, pp. 69-70.

→ Testul ruloului

Prin rulare între mâini se realizează un cilindru cu diametrul de 2 cm. Se ține de capăt, în poziție verticală.

Concluzii:

- dacă se obține lungimea între 5 și 15 cm materialul este bun pentru realizarea chirpiciului
- dacă se rupe după obținerea unei lungimi de 5 cm pământul nu este bun pentru construcție
- dacă se rupe după 15 cm trebuie adăugat nisip grosier în compoziția materialului.

→ Testul viermelui

Este un test rapid care determină conținutul de argilă din pământ.

1. se ia un pumn de pământ din care au fost eliminate pietrele
2. se amestecă o cantitate mică de apă atâcât să facă pământul maleabil
3. se rulează pământul în mâini pentru a forma un sul asemănător unui vierme
4. rezultatul testului:
 - Dacă se modelează ușor și își păstrează forma rezultă că pământul are conținut mare de argilă.
 - Dacă se fărâmițează ușor, pământul conține puțină argilă sau chiar deloc.

→ Testul recipientului ne arată compoziția procentuală aproximativă a materialului. Se realizează testul într-un borcan. Nisipul și pietrișul sunt grele așa că vor coborî la fundul borcanului. Urmează stratul de măr, care se depune mai încet, iar argila va sta mai mult timp amestecată în apă. Se procedează în felul următor:

1. se umple $\frac{1}{4}$ cu sol
2. se adaugă apă până sus
3. se așează paharul pe o suprafață dreaptă și după 10 secunde se desenează o linie deasupra stratului de nisip.
4. când apa devine limpede se desenează o linie deasupra argilei.
5. rezultă procentul de nisip/argilă conținut în sol.

→ Testul de rezistență în stare uscată

Din solul din care se dorește realizarea chirpiciului se realizează cel puțin 5 bile cu diametrul de 2 cm. După ce bilele s-au uscat cel puțin 24 de ore, se strivesc între degetul mare și cel arătător.

Concluzii:

- nicio bilă nu s-a sfărâmat înseamnă că materialul are destulă argilă pentru realizarea chirpiciului
- dacă unele bile au fost distruse pământul nu este bun pentru chirpici

Conform procentelor obținute prin realizarea testului recipientului se decide dacă pământul este potrivit realizării de chirpici sau dacă sunt necesare adaosuri de nisip sau argilă. Deoarece se dorește obținerea unui amestec cu cât mai multă argilă dar care să nu se crape în timpul uscării se va realiza testul cărămizilor:

→ Testul cărămizilor

1. se realizează câteva cărămizi care vor fi lăsate la uscat timp de o zi.
2. dacă chirpicul s-a crăpat se va adăuga nisip. 1 parte nisip la 2 părți amestec, apoi se va testa din nou.
3. se repetă pasul 2 până ce cărămida nu se mai crapă.

Așa cum spun meșteșugarii din New Mexico "un adobe sin paja es un adobe sin alma"¹²⁷, adică "o cărămidă de chirpici fără paie este un chirpici fără suflet", fără să dea o explicație științifică, această vorbă explică necesitatea folosirii paielor în compoziția chirpicilor.

Adaosul de paie are rolul de a lega compoziția și de a uniformiza uscarea cărămidii, astfel fiind evitate crăpăturile. Amestecul trebuie omogenizat foarte bine până materialul devine uniform.

Materialul trebuie lăsat să se odihnească înaintea folosirii. Pământul amestecat cu apă se prepară cu o zi înaintea realizării cărămizilor sau a folosirii mortarului. În acest timp pământul absoarbe apa activând proprietatea de legare a particulelor de argilă.¹²⁸

¹²⁷ Edward Crocker, *Earthen architecture and seismic codes, Lessons from the field*, Crocker Ltd. Architectural Conservation, Trustee, US/ICOMOS, 2000, p.4

¹²⁸ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011

Cu amestecul obținut se umplu matrițele din lemn (Fig.5.1). Acestea pot fi de diferite forme și dimensiuni, de la matrițe pentru o singură cărămidă până la matrițe cu mai multe spații care reduc timpul de realizare al cărămizilor. Materialul se aruncă sau se toarnă în matriță, în funcție de consistența amestecului. Cu cât este mai mare forța de aruncare sau turnare, cu atât materialul va fi mai compact și în final cărămida va avea o rezistență mai mare în stare uscată. Suprafața se netezește cu mâna, cu o bucată de lemn sau mistrie.



Fig. 5.1 Realizarea chirpiciului în matrițe de lemn

După formarea chirpiciului, blocurile sunt așezate la uscat în aer liber. Uscarea se realizează lent, chirpicii fiind protejați de acțiunea directă a soarelui.

Cărămizi semi-stabilizate

În încercarea de a realiza cărămizi din pământ mai rezistente la apă, s-a adăugat în compoziția acestora emulsie bituminoasă sau ciment

Portland într-un procent de 2-3%. Căramizile semi-stabilizate sunt parțial rezistente la apă.¹²⁹

Aceste cărămizi se realizează la fel ca cele tradiționale dar se adaugă ciment sau bitum înaintea umplerii matrițelor.

Cărămizi stabilizate

Cu un procent de 5-12% emulsie bituminoasă s-a obținut o cărămidă rezistentă la apă. Scufundată în apă timp de 7 zile cărămida a absorbit mai puțin de 2,5% din greutate. Zidăriile din cărămizi stabilizate și montate cu mortar cu adaos de ciment nu au nevoie de tencuire, acestea rezistând foarte bine intemperiei.

O cărămidă mai puternică a fost realizată în urma unor cercetări având la bază cărămida stabilizată cu ciment. În literatura de specialitate sunt denumite CSEB, acronim provenit de la denumirea din limba engleză: compressed stabilized earth block.

Conform cercetărilor de la Auroville Earth Institute din India cărămizile stabilizate se realizează dintr-un amestec de pământ, nisip, 5% ciment și apă care se compresează apoi în matrițe, manual sau mecanizat. Căramizile astfel obținute se usucă timp de 28 de zile. În cadrul acestui institut se folosește presa Auram Press 3000 cu ajutorul căreia se pot realiza 80 de tipuri de cărămizi folosind 18 matrițe.¹³⁰

Formele blocurilor realizate la Auroville Earth Institute sunt proiectate atent pentru realizarea construcțiilor într-un timp mai scurt și pentru a măări rezistența la cutremur. Asemănător noilor cărămizi arse, acestea sunt prevăzute cu nut și feder pe fețele laterale sau pe fața superioară sau cea inferioară, astfel încât montarea să se efectueze cu ușurință iar zidăria având rezistența mai mare este potrivită pentru zonele cu activitate seismică. Căramizile pot fi pline sau cu goluri pentru realizarea zidăriilor portante. Blocurile care au forme speciale sunt proiectate pentru a ușura realizarea pardoselilor, plafoanelor sau acoperișurilor, iar cele cu forme rotunde pentru realizarea stâlpilor. Varietatea formelor facilitează realizarea planșelor în formă de arc, boltă sau cupolă.

¹²⁹ Austin George, *Adobe as a building material. New Mexico Geology*, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, November 1984, p.69

¹³⁰ Măini Satprem, *Building the future with earth using compressed stabilized earth blocks (CSEB)*, www.earth-auroville.com

Rezistența la compresiune a cărămidilor stabilizate și compresate este mare. În urma testelor efectuate pe blocurile uscate s-a obținut o rezistență cu valoarea medie de 7,5 MPa și cu o valoare maximă de 9 MPa obținută la institutul Auroville din India. După o imersiune de 24 de ore rezistența scade la 3 - 4 MPa. Rezistența cărămidilor CSEB este mult mai mare decât a chirpiciului sau a cărămizii arse realizată artisanal.

Atât energia consumată pentru realizarea acestor cărămizi cât și emisiile de carbon din timpul producției sunt mult mai mici decât energia consumată sau emisiile de carbon din timpul fabricării cărămidilor arse.¹³¹

Prețul este de asemenea redus față de cărămida arsă.

O altă metodă de stabilizare este cea dezvoltată de Yasuhiro Yamashita de la Atelier Tekuto, atunci când pentru realizarea unui proiect început în 2008 a realizat o cărămidă din pământ compresat stabilizat cu oxid de magneziu, mineral ce a fost folosit și la realizarea Marelui Zid Chinezesc.¹³² Acest element folosit pentru stabilizare este mai bun decât cimentul, fiind un compus natural. Din acest motiv zidăria din cărămizi stabilizate cu oxid de magneziu poate fi reciclată sau chiar reintrodusă în circuitul natural, spre deosebire de cărămidile stabilizate cu ciment care nu se pot întoarce în natură.

Terrón

În unele zone unde calitatea stratului de pământ de sub solul vegetal nu permite realizarea chirpicilor, cărămidile sunt tăiate direct din pământul natural, chiar din solul vegetal cu un anumit tip de iarbă care cu ramificațiile rădăcinilor stabilizează pământul.

Terrón este termenul din limba spaniolă folosit pentru cărămizi tăiate direct din sol. Aceste cărămizi se folosesc pe scară largă în sud-vestul SUA. Din anumite soluri cu iarbă se taie blocuri de 18 x 18 x 36 cm sau 10 x 18 x 36 cm. Aceste cărămizi se folosesc la fel ca cele din metoda tradițională.

În Spania se folosesc în zona lacului Antela unde solul de pe luncile lacului sunt potrivite pentru astfel de construcții. Blocurile sunt

¹³¹ Maïni Satprem, *Building the future with earth using compressed stabilized earth blocks (CSEB)*, www.earth-auroville.com

¹³² Earth Bricks / Atelier Tekuto, www.archdaily.com, iunie 2012

tăiate direct din solul umed din zonele unde crește vegetația care rezistă totodată la inundații cât și la secetă. Tăierea se realizează în timpul verii atunci când nivelul apei din lac este scăzut. Se trasează direct pe teren dimensiunea dorită, în general 30 cm sau 40 cm și 15-20 cm grosime și apoi se extrag cu niște lopeți mari. Rădăcinile plantelor formează o armătură naturală a cărămizilor. Cărămizile astfel obținute se transporta în sat. Planta care crește în astfel de zone este *Scirpus lacustris*, plantă care se găsește și în România cu numele popular de pipirig, un fel de papură mai mică. Partea superioară a acestei plante este folosită în Spania și pentru termoizolarea caselor.

Există trei tehnici de construire cu terrón iar zidăria nu este structurală în niciuna din variante:

- Clădirea are o structură de lemn pe care se sprijină acoperișul iar zidăria din terrón este realizată direct pe pământ.
- Structura de lemn a acoperișului se sprijină pe o fundație de piatră de cel puțin 1 m înălțime. Zidăria din terrón este doar de umplutură.
- Pe fundația de piatră se înalta la colțuri și uneori, chiar în mijlocul peretelui stâlpi de piatră iar zidăria din terrón se așează între aceștia.

Zidăria se realizează fără mortar, așezând cărămizile unele peste altele așa cum se procedează cu chirpicii. Cărămizile nu necesită timp pentru uscare fiind puse în operă atâta timp cât mai sunt încă umede.

Structurile din terrón sunt bune din punct de vedere termic, dar trebuie protejate față de intemperii cu tencuieli din pe bază de var.

În jurul anilor 1940 - 1950 a încetat construcția de case din terrón în această zona și totodată s-a diminuat și legătura locuitorilor cu mediul înconjurător. Puținele case care au mai rămas în picioare până azi sunt deteriorate.¹³³

Cărămizi din pământ presat

Pe teritoriul Americii aceste cărămizi sunt cunoscute sub numele de *compressed earth block*, prescurtat CEB. În Europa pot fi

¹³³ Palicio Fernandez, *Constructions with terrons in Alta Limia, Galicia: A lost sustainable architecture*, Vernacular Heritage and Earthen Architecture, CRC Press, octombrie 2013, pp.141-146.

găsite și sub denumirea de BTC, acronim provenit de la denumirea *briques de terre comprimée*, în limba franceză sau *bloque de tierra comprimada*, în limba spaniolă.

Cărămizile presate sunt realizate din materialul tradițional sau stabilizat al cărămizilor din pământ, presat manual sau hidraulic în matrițe. În cazul materialului stabilizat se obține o cărămidă densă cu o rezistență mai mare la compresiune.

În secolul al XVIII-lea, în Franța era deja cunoscută tehnica blocurilor comprimate din pământ, comprimarea fiind făcută cu o presă acționată manual. Cu berbecul CINVA, o presă perfecționată în Columbia, se pot realiza trei blocuri simultan dar este nevoie de 3 - 5 persoane pentru mânăuirea sistemului. În aceste condiții se obține o producție de doar 150 - 200 de blocuri/ persoană/zi, ceea ce este puțin în comparație cu producția de 300 de blocuri/ persoană/zi obținute prin metoda tradițională în India.¹³⁴

Materialul folosit la realizarea blocurilor presate poate conține un procent mai mic de apă, astfel că blocurile pot fi stivuite imediat după fabricare, însă pentru a compensa lipsa de apă și a impactului, au nevoie de adaos de ciment în proporție de 4 - 8%. Fără adaosul de ciment, după uscare cărămizile au o rezistență la compresiune chiar mai mică decât a cărămizilor realizate manual, iar dacă sunt udate se dezintegrează rapid.¹³⁵

Amestecul elementelor care intră în compoziția materialului trebuie să fie omogen. În cazul în care apar variații ale compoziției se modifică presiunea aplicată blocurilor, dar și dimensiunile acestora, cu repercursiuni în rezistența cărămizilor.

Presele automatizate sunt o soluție bună pentru o producție mare de cărămizi, însă acestea presupun costuri mari la achiziționare și necesită întreținerea permanentă. Din acest motiv presele automatizate sunt potrivite numai pentru realizarea de chirpici în cadrul unor mici fabrici.

Arhitectul Omar Rabie a realizat un studiu la Auroville Earth Institute în urma căruia a reușit să producă cărămizi din pământ presat cu diferite forme cu ajutorul cărora zidăriile vor fi mai rezistente și mai ușor de realizat. Întâi a realizat o cărămidă perforată în formă de romb

¹³⁴ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p. 63.

¹³⁵ Austin George, *Adobe as a building material*. New Mexico Geology, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, November 1984, p.69

(Fig. 5.2 - dreapta), care este mult mai ușoară decât o cărămidă plină, fiind astfel mai ușor de manipulat.¹³⁶ Forma de romb permite realizarea zidăriei fără folosirea unui mortar, fixarea zidăriei realizându-se prin forțele de frecare apărute pe fețele înclinate prin acțiunea propriei greutate.

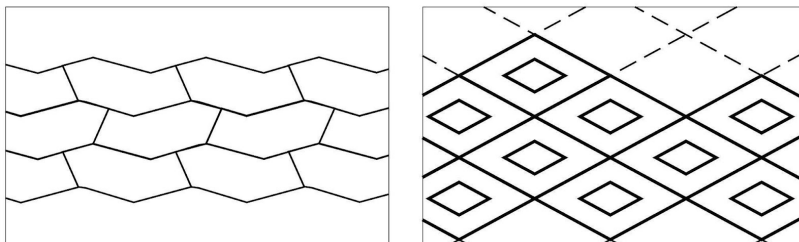


Fig. 5.2 Cărămizi presate cu diferite forme studiate de arhitectul Omar Rabie la Auroville Earth Institute

Cărămida prezentată în partea stângă a Fig. 5.2 reprezintă un bloc realizat manual pentru a crește frecarea dintre rândurile de zidărie. Având formă ondulantă, suprafața de contact între rânduri se mărește crescând astfel și forța de frecare. Nu au fost realizate suficiente teste dar se pare că această structură rezistă mai bine la cutremur decât structura clasică.¹³⁷

Blocurile din pământ presat au stat la baza unui proiect guvernamental din Africa, care își propunea stimularea creșterii economice, și care a fost realizat în Koudougou, Burkina Faso. Proiectul a fost construit sub conducerea Agenției Elvețiene pentru Dezvoltare și Cooperare în colaborare cu guvernul Burkina Faso și a constat în construirea Pieței Centrale care a primit Premiul Aga Khan pentru Arhitectură în 2007.¹³⁸

Blocurile din pământ presat au fost realizate pe teren cu 12 prese manuale la care au lucrat 4 muncitori prin rotație. S-au produs aproximativ 9500 de blocuri pe zi. Blocurile au fost lăsate să se usuce la

¹³⁶ Rabie Omar, *Mockups, Revealing the potential of compressed earth blocks a study in the materiality of compressed earth blocks (CEB): lightness, tactility, and formability*, <http://eartharchitecture.org>, august 2012, p.2

¹³⁷ *Ibidem*, p.6

¹³⁸ Minuttilo Josephine, *Getting High Design from a Low-Tech Approach*, Architectural Record, octombrie 2008

soare timp de 14 zile. Pământul a fost extras dintr-un deal din zonă și s-a adăugat un mic procent de ciment pentru stabilizare.

Având la baza tehnica tradițională de construire cu chirpici au realizat un număr impresionant de 85 de cupole , 658 de bolți și 1425 de arcade, cu un consum minim de lemn, acesta fiind un material scump în această zonă.

O altă metodă de fabricare mecanizată a chirpicilor s-a realizat prin extrudare. Amestecul de pământ este transportat pe o bandă până la un aparat care întâi omogenizează iar apoi compresează și forțează trecerea materialului printr-un orificiu care are forma și dimensiunea cărămizilor. După acest procedeu rezultă un bloc continuu care este apoi tăiat cu o sârmă la dimensiunea finală. Uscarea se face controlat în cuptoare de mari dimensiuni. În Germania s-au realizat astfel de cărămizi printr-un procedeu mai simplu combinat cu uscarea în aer liber, obținându-se în acest fel cărămizi mai ieftine cu 40% decât prețul cărămizilor arse. Elementele ce compun materialul folosit în fabricile de chirpici trebuie să respecte următoarele proporții: 14% argilă, 22% măr, 62% nisip, 2% pietriș.¹³⁹ Se obține astfel o rezistență ridicată la îngheț a blocurilor din pământ.

Cărămizi speciale din pământ

Blocurile de lut ușoare cu o greutate specifică mai mică de 1200 kg/m³ sunt realizate în fabricile din Germania. Materialul din care sunt realizate aceste blocuri au ca element de bază pământul la care se adaugă materiale ușoare organice sau minerale: paie, plută, rumeguș, fibre de celuloză, perlit, piatră ponce sau argilă expandată. Aceste adaosuri măresc rezistența termică a blocurilor făcându-le potrivite pentru structurile realizate în zone cu climă rece.

Arhitectul german Gernot Minke a realizat o cărămidă cu colțurile rotunjite și cu goluri la interior. Această cărămidă are proprietăți fonoabsorbante și totodată produc o distribuție bună a sunetului.¹⁴⁰

¹³⁹ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p. 65.

¹⁴⁰ *Ibidem*, p. 68.

Tehnica de realizare a zidărilor cu cărămizi nearse din pământ

Indiferent de dimensiunile și formele chirpiciilor, tehnica zidirii cu cărămizi din pământ uscat la soare constă în așezarea blocurilor în rânduri succesive, țesute, folosind mortar de argila, mortar hidraulic sau mortar de var.

Mortarul de argilă se obține din pământul folosit și pentru chirpici, care se cerne pentru a înlătura pietrele mari și alte resturi, apoi se amestecă bine cu apă. Se va lăsa amestecul de pământ cu apă să stea două zile, după care se vor adăuga paie la 5 cm lungime. Pentru a stabili procentul de paie în mortar se vor realiza teste. Se realizează cinci probe din amestecuri cu diferite proporții de paie adăugate în cantitatea de pământ astfel:

- proba 1: pământ fără paie
- proba 2: o parte paie la cinci părți de pământ
- proba 3: o parte paie la patru părți de pământ
- proba 4: o parte paie la trei părți de pământ
- proba 5: o parte paie la două părți de pământ

Pentru fiecare tip de amestec se face o probă de două cărămizi lipite cu mortar într-un strat de maxim 1 cm.

Trebuie avut în vedere faptul că rezistența peretelui din zidărie de chirpici depinde în mai mare măsură de rezistența mortarului decât de rezistența cărămizilor. Deci mortarul nu trebuie să se crape. Se alege mortarul care are cel mai mic procent de paie și care nu prezintă crăpături.

După ce a fost ales mortarul se poate începe realizarea zidăriei. Se scufundă cărămizile în apă și se așează pe un strat de mortar. Umezirea chirpiciului face ca uscarea mortarului să se realizeze în timp îndelungat evitând astfel crăpăturile. Zidăria va fi țesută la fel cum se procedează pentru zidăria din cărămidă arsă. Straturile de mortar dintre rândurile de chirpici vor avea 1 cm grosime.

Realizarea zidăriei din chirpici fără folosirea unui mortar se poate realiza în cazul în care chirpiciul este scufundat pentru mai mult timp, doar atât cât suprafața cărămizilor se înmoaie și apoi, așezându-le unele peste altele vor face priză. Acest tip de zidărie este greu de controlat fiind necesar ajutorul unui meșter priceput.

5.2. Tehnica de construire cu lut

Singurele unelte de care este nevoie sunt: o folie din plastic, lopeți și găleți. Pentru început se curăță zona aleasă pentru construirea casei de copaci, boscheți, bolovani și alte materiale.

Construirea se începe în perioada verii, atunci când precipitațiile sunt mai rare, prin construirea acoperișului, acest lucru având următoarele avantaje:

- Constructorul și materialul vor avea protecție în timpul zilelor cu vreme instabilă. Astfel se va putea lucra și pe timp ploios și în plin soare.
- Pereții din lut se pot sculpta mai ușor după forma acoperișului. Se acoperă foarte ușor golurile care rămân între pereți și șarpanta acoperișului.
- Acoperișul va sprijinii pe stâlpi de lemn care vor putea fi păstrați sau înlăturați după construirea pereților. Stâlpii pot fi înglobați parțial în perete sau acesta poate înconjura stâlpul.

Dacă nu se dorește construirea acoperișului înainte de realizarea pereților este nevoie de o prelată care să protejeze construcția de intemperii.

Pregătirea materialului pentru tehnica de construire cu lut

Pentru realizarea amestecului poate fi folosit pământul care a fost excavat pentru fundații, în măsura în care acesta are o compoziție corespunzătoare. Dacă pământul nu este suficient de argilos poate fi cumpărată și adăugată argilă dar aceasta are nevoie de mai mult timp de hidratare pentru a deveni lipicioasă.

Dacă pământul excavat pentru fundație este sărac în conținutul de nisip este indicat să se verifice probe din diferite zone ale terenului acestea diferind mult în compoziție. În cazul în care există pe teren zone cu subsoluri mai nisipoase și zone cu subsoluri argiloase, cele două tipuri de pământ pot fi folosite în diferite proporții pentru a obține materialul de construcție mai ieftin.

Pregătirea materialului pentru pereți

Ca o regulă generală proporțiile pot fi 50 - 85% nisip, 50 - 15% argilă, paie, apă.¹⁴¹ Conform cercetărilor compoziția ideală este 60% nisip, 30% argilă și 10% paie.¹⁴² Compoziția pământului de pe teren variază astfel încât nu se poate stabili o rețetă exactă. Din acest motiv se recomandă realizarea unor teste: testul recipientului, testul viermelui și testul cărămizii. După ce s-a stabilit compoziția pământului care este la dispoziție pe teren se realizează testul cărămizii pentru a stabili raportul optim dintre argilă și nisip. Paiele trebuie adăugate atât de mult cât permite amestecul astfel încât paiele să fie înconjurate bine de materialul argilos. Cantitatea de paie este direct proporțională cu cantitatea de argilă.

Fiecare element din compoziție are un rol anume în formarea materialului pentru tehnica de construire cu lut:

- Nisipul este elementul principal în compoziția materialului. Acesta conferă rezistență și control asupra contracției. Particulele de nisip trebuie să aibă o formă colțuroasă, cu muchii. Cu cât este mai mare procentul de nisip din amestec, cu atât este peretele mai rezistent.

Cel mai bun nisip pentru prepararea materialului pentru pereți este nisipul grosier pentru construcții. Dimensiunea particulelor de nisip pot varia în amestecul pentru material. O combinație de mai multe dimensiuni, chiar și pietre mici conferă rezistență materialului.

Nisipul alb-gri de pe albiile râurilor nu este indicat, deoarece acest nisip are particule rotunjite.

Nisipul de pe plajă, deși este una dintre cele mai abundente surse, nu se folosește pentru construcții datorită conținutului ridicat de sare care absoarbe umezeala și împiedică procesul de formare al materialelor.

- Paiele sunt tulpini de ierburi sau cereale rămase după ce au fost eliminate boabele și frunzele. Acestea leagă straturile succesive

¹⁴¹ Bee Becky, *The Cob Builders Handbook, You Can Hand-Sculpt Your Own Home*, Groundworks, 1997

¹⁴² Goodvin Christina, Baird Ann, Baird Gord, *Cob Home Performance Report*, <http://ecosenseliving.files.wordpress.com/>, august, 2011, p.5

de amestec și conferă rezistență la tracțiune asigurând o rezistență suplimentară la fisurare.

Ele pot fi adăugate în compoziție în funcție de proporția de argilă conținută în material. Cu cât este mai mare proporția de argilă cu atât mai multe paie pot fi adăugate. Lungimile paielor pot să fie diferite. În momentul adăugării în compoziție paiele vor prelua o parte din umezeală, uscând ușor materialul.

Se găsesc sub formă de baloți de 100 x 30 x 40 cm, iar pentru o casă ar fi nevoie de 10 baloturi. Se aleg paie proaspete și nu vechi deoarece acestea din urmă încep să se descompună. Baloții trebuie să fie uscați și curați. Se păstrează în locuri uscate până se pun în operă. Nu se folosește fân pentru că putrezește.

- Argila realizează legătura dintre nisip și paie. Este compusă din mici particule plate care stau legate prin frecarea dintre acestea. Trebuie avut în vedere faptul ca argila se contractă în timpul uscării.

De obicei solurile argiloase se găsesc la adâncimi mai mari.

Pentru obținerea unui amestec de calitate se recomandă cernerea pământului prin sită eliminând astfel pietrele mari. Totodată bulgării de pământ sunt sfărâmați iar amestecul va fi mai ușor de realizat.

În cazul în care se adaugă argilă în stare uscată trebuie amestecată cu nisipul și apoi adăugată apă, lăsată să absoarbă apa peste noapte, apoi uscată și sfărâmată. După aceea poate fi folosită în amestecul pentru construcție.

Dacă este nevoie se poate extrage din pământul de pe teren. După principiul testului în recipient se pune pământul într-un vas mare, se umple cu apă și se amestecă. Fiind ușoare, particulele stau în suspensia de apă mai mult timp. După ce se depun straturile de nisip și pietriș, poate fi extrasă argila.

- Mălul sau praful are particulele mai mari și mai nisipoase decât particulele argilei. Terenul bogat în plante are de obicei un conținut mai mare de măr, acesta fiind un substrat propice dezvoltării materiei organice. În acest caz trebuie săpat mai adânc pentru a ajunge la stratul argilos care se găsește de obicei sub măr.

O cantitate mică de măr este bună în compoziție. Prea mult măr face materialul mai puțin rezistent.

Pentru a constata proporția dintre argilă și măr se modelează o bilă care apoi se taie cu cuțitul. Se examinează suprafața tăiată. Dacă este strălucitoare materialul are un conținut mai mare de argilă. Dacă suprafața este lipsită de strălucire, mată, arată un conținut mai mare de măr.

- Apa proaspătă este foarte bună pentru amestec. Poate fi încercată și apa de ploaie, apa în care s-a scufundat balega sau un adaos de 3% pastă de var.

Pentru a obține consistența necesară materialul trebuie amestecat și presat. Amestecarea, în mod tradițional, se face prin călcare de către oameni, cu picioarele, sau cu ajutorul cailor sau al boilor. Este nevoie însă de un spațiu mai mare de lucru.

Metoda modernă de amestecare este o îmbunătățire a metodei tradiționale, amestecul fiind realizat prin călcarea cu picioarele și rularea cu folia respectând următoarele etape:

1. Se așează cantitatea de pământ măsurată pe folie și se strivește cu picioarele.
2. Se adaugă cantitatea de nisip și se amestecă bine cu pământul trăgând de marginile foliei. Argila în stare uscată se amestecă în cantitatea de nisip și se adaugă împreună în masă de pământ. Se amestecă toate elementele prin ridicări repetate ale foliei astfel încât materialul să se ruleze și prin călcare cu picioarele.
3. După ce s-a obținut un amestec omogen se adaugă apă și se începe amestecarea prin strivire. Împreună cu apa se mai poate adăuga o cantitate de argilă care a fost lăsată să absoarbă apă peste noapte.
4. Prin ridicarea prelatei se rostogolește amestecul și se strivește din nou până capătă o consistență lipicioasă dar tare. Trebuie să fie uniform și să se formeze ca o cocă atunci când este rostogolit. Materialul trebuie amestecat cât mai mult până în momentul în care plasticitatea amestecului se schimbă.
5. Paiele sunt ultimele care se adaugă în compoziție, după ce s-a obținut o coca încheată. Având în vedere că paiele uscă puțin amestecul, se adaugă paie uscate dacă amestecul este mai umed

sau paie umede dacă amestecul este mai uscat. Cantitatea de paie este direct proporțională cu cantitatea de argilă fiind nevoie de atâtea paie astfel încât amestecul să se țină legat. Se întinde materialul pe suprafața foliei și se presară paiele deasupra. După presarea paielor cu picioarele se rulează amestecul. Se repetă etapele de 3 - 4 ori până au fost adăugate destule paie.

6. Se dorește obținerea unui material mai uscat dar care stă adunat. Cu cât amestecul este mai uscat se va putea construi un perete mai înalt pe parcursul unei singure zile.

Amestecul prea uscat se va sfărâma și nu stă adunat. În acest caz trebuie adăugată apă.

Materialul prea ud nu poate fi modelat și ținut într-o anumită formă. Această problemă se rezolvă prin adăugarea de nisip, pământ sau paie. Pe de altă parte, prin călcare apa se evaporă, aceasta fiind însă o procedură îndelungată care poate dura câteva ore. Dacă este timp suficient materialul poate fi lăsat să stea peste noapte sau chiar 1 - 2 zile. Ținut prea mult sub folie unele fire de paie vor începe să germineze. Chiar și în acest caz materialul poate fi folosit în continuare deoarece așezat în perete plănuțele se vor opri din creștere în momentul uscării materialului. Avantajul este că în timp ce se usucă încet amestecul devine mai elastic și mai ușor de prelucrat.

Pentru rapiditatea execuției amestecarea elementelor se poate realiza mecanizat folosind tractorul, dar este necesar un spațiu mai mare de lucru, sau mixer electric pentru mortar, un malaxor continuu sau betoniera mică. În acest caz se amestecă pământul cu nisipul, argila și apa. După ce amestecul s-a omogenizat se adaugă paiele doar pentru cantitatea care urmează să fie folosită în ziua respectivă. Astfel amestecul fără paie poate fi păstrat pentru mai mult timp fără ca paiele să putrezească sau să încolțească.

Pentru stabilirea componenței pământului obținut din subsol și a raportului optim de elemente a materialului pentru construcție se vor realiza următoarele teste:

→ Testul viermelui

Este un test rapid care determină conținutul de argilă din pământ.

1. se ia un pumn de pământ din care au fost eliminate pietrele

2. se amestecă o cantitate mică de apă atâc cāt să facă pământul maleabil
3. se rulează pământul în mâini pentru a forma un vierme
4. rezultatul testului:
 - Dacă se modelează ușor și își păstrează forma rezultă că pământul are conținut mare de argilă.
 - Dacă se fărâmițează ușor, pământul conține puțină argilă sau chiar deloc.

→ Testul recipientului ne arată compoziția procentuală aproximativă a materialului. Se realizează testul într-un borcan. Nisipul și pietrișul sunt grele așa că vor coborî la fundul borcanului. Urmează stratul de mâl, care se depune mai încet, iar argila va sta mai mult timp amestecată în apă. Se procedează în felul următor:

1. se umple $\frac{1}{4}$ cu sol
2. se adaugă apă până sus
3. se așează paharul pe o suprafață dreaptă și după 10 secunde se desenează o linie deasupra stratului de nisip.
4. când apa devine limpede se desenează o linie deasupra argilei.
5. rezultă procentul de nisip/argilă conținut în sol.

→ Testul cărămizii¹⁴³

Proba se va micșora în timpul uscării. Pentru a știi cu cāt se micșorează se îngroapă în cărămidă un băț de lungimea acesteia. În momentul în care cărămizile sau uscat complet pot fi examinate.

1. Materialul pentru probe se realizează doar din argilă și nisip.
2. Prima cărămidă se realizează cu un procent de 100% din argilă. Aceasta cărămidă se va crăpa în timpul uscării.
3. Pe rând se realizează o serie de cărămizi cu diferite procente de adaos de nisip.
4. Se notează pe fiecare cărămidă procentul de nisip adăugat.
5. Ultima probă realizată este cea care are un conținut prea mare de nisip devenind dificilă modelarea în formă de cărămidă.

¹⁴³ Sigi Koko, *Building with cob, Down to Earth Design*, www.buildnaturally.com, 2000

Amestecul nu se ține legat iar cărămida va fi prăfoasă și la atingere va cădea nisip.

6. Se elimină probele care au crăpături și cele prăfoase din care cade nisip.
7. Cărămizile rămase se testează fiind lăsate să cadă de la înălțimea umărului . Se începe cu cărămida cu procentul cel mai mare de nisip.
8. Prima cărămidă care nu se rupe este perfectă.

Probele pot fi lăsate în spațiu liber sub acțiunea intemperiilor sau stropite cu apă. În acest fel pot fi selectate cele care rezistă mai bine în condiții climatice dificile.

Pentru un test mai exact se poate construi un gard în grădina, o bancă sau o sculptură protejate de un acoperiș. Astfel se va vedea mai bine ce se întâmplă în timpul uscării, cum rezistentă și cum se comportă la acțiunea intemperiilor.

Pregătirea materialului pentru tencuieli

Tencuiala din lut este frumoasă și durabilă, ieftină și sănătoasă. Este realizată dintr-un material care respiră, cu capacitatea de a regla umiditatea și temperatura din imediata apropiere. Materialul se găsește pe teren sau se poate cumpăra. Argila are o mare varietate coloristică și pot fi adăugați pigmenți minerali pentru obținerea diferitelor culori.

Argila în combinație cu apa devine lipicioasă și maleabilă fiind un material perfect pentru realizarea sculpturilor în tencuiala. Poate fi obținută de pe teren sau cumpărată.

Nisipul conferă rezistență și micșorează crăpăturile ce pot apărea în timpul uscării tencuielii. Pentru tencuiala de bază se poate folosi nisip cu granulație mai mare. Pentru un finisaj fin se va folosi nisip cu granulație mică.

Nămolul este diferit de nisip prin faptul că are particulele sferice în timp ce nisipul are particule crestate. Nămolul este mai fin la atingere dar nu controlează crăpăturile din timpul uscării. Tencuiala va fi mai puțin rezistentă și mai prăfoasă. În aceste condiții nămolul trebuie evitat.

Aditivi pentru tencuieli din pământ:

- Pielele tocate pot fi adăugate în amestec pentru a evita crăpăturile din timpul uscării.

- Balega se poate folosi la fel de bine în amestecul pentru tencuială. Aceasta este recomandată pentru stratul inferior deoarece conferă materialului o culoare mai puțin plăcută.
- Pasta de grâu se folosește pentru a crește aderența și previne prăfuirea. Este foarte bună pentru solurile mai puțin argiloase. Se poate cumpăra sub formă de pulbere uscată sau se poate realiza fierbând făină în apă. Pentru pastă de grâu se pune 1 l de apă să fiarbă într-un recipient care să nu fie din aluminiu. Se amestecă bine 1 ceașcă de făină cu 1 cesca de apă rece. Când apa fierbe se adaugă încet amestecul amestecând continuu până ce amestecul se îngroașă. Se lasă la răcit și se folosește în 1 - 2 zile. Este nevoie de 5 cești de amestec.
- Cazeina este substanța proteică care se află în compoziția laptelui. Prin coagulare, caseina ajută la formarea brânzeturilor.¹⁴⁴ Aceasta se folosește în compoziția tencuielilor din lut pentru a crește rezistența și pentru a preveni prăfuirea.
- Varul stins reduce crăpăturile și conferă rezistență mare materialului. Trebuie purtat echipament de protecție în timpul lucrului. Tencuiala odată uscată nu mai poate fi remodelată.

Pentru obținerea vopselurilor cu diferite culori se pot îngloba diferite adaosuri minerale care se găsesc în comerț cum ar fi următorii pe care i-am găsit la firma Natural Paint¹⁴⁵ :

- Ocrul galben, ocrul auriu este compus din roci și minerale cu conținut de fier. Culoarea rezultată este rezistența la lumina și intemperii.
- Ocrul roșu se obține prin arderea pigmentului ocrul galben care are conținut de fier
- Roșu de Siena este obținut prin procesul de ardere a Pământului de Siena de culoare galbenă.
- Verde închis rezultă dintr-un amestec între pigmenți minerali verzi (verde-spinel, verde de cromoxid) și talc. Culoarea rezultată este rezistența la lumina și intemperii.
- Pigmenți de oxizi de fier (galben, roșu, portocaliu, maro, negru) sunt realizați din rugină sintetică, obținută de pe urma

¹⁴⁴ *** , *Dicționarul explicativ al limbii române* (ediția a II-a revăzută și adăugită), Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009.

¹⁴⁵ <http://naturalpaint.ro>

reacțiilor de precipitare a soluției de sulfat de fier. Culoarea rezultată este rezistența la lumina și intemperii.

- Umbrele prezintă diferite nuanțe de culori, în funcție de conținutul de oxid de fier, oxid de mangan și de silicat. Pot fi combinate cu toți pigmentii și toate tipurile de lianți, netoxic. Culoarea rezultată este rezistența la lumina și intemperii.
- Alb de titan Rutil este un pigment extras dintr-un mineral natural (Rutil), albul de titan se distinge din varietatea de rutili prin puterea sa excelentă de acoperire în toți lianții. Rutilul este rezistent din punct de vedere chimic, rezistent la lumina și netoxic.
- Albastru ultramarin este un pigment mineral sintetic, obținut prin încălzirea unui amestec de sodă, argilă și sulf. Se poate combina cu toți pigmentii de pământ, cu excepția cuprului și a compusilor plumbului. Albastrul ultramarin este rezistent la var, în principiu rezistent la lumină și la intemperii dar nerezistent la acizi, din acest motiv nu este recomandat pentru exterior, degradându-se în timp.
- Violet ultramarin este un pigment mineral sintetic. Poate fi combinat cu toți pigmentii de pământ, cu excepția cuprului și a compusilor plumbului. Nu se recomandă pentru zone exterioare.
- Pigmenți cu structură de spinel sunt minerale de origine diferită, magmatică sau metamorfogeni. Majoritatea spinelilor sunt incolori. Prin încorporarea diversilor ioni în procesul vulcanic de formare se creează în parte spineli foarte colorați. În funcție de elementele încorporate în structura de cristal, deosebim spineli de aluminiu, fier (III), crom, vanadiu și titan.
- Pigmenții Tito sunt pigmenți organici netoxici, care se aplică pe pigmentii de galben de titan în timpul procesului umed de vopsire. Acești pigmenți au un grad înalt de puritate, strălucire și o putere mare de acoperire. Sunt rezistenți la lumină, nu se recomandă pentru zonele exterioare.

Pregătirea materialului pentru pardoseli

Pentru stratul inferior se realizează amestecul cu 75 - 85% nisip și pietriș mic iar pentru stratul superior materialele trebuie să fie cât mai fine.

Pot fi adăugate diferite elemente în compoziție: clei pe bază de cazeină, tărâțe de semințe de psyllium (conferă o senzație moale ca de cauciuc; 500 g pentru o suprafață de 3 x 3 m; necesită realizarea unui test), bălegar, sânge (rezultă o pardoseală mai tare), aşchii de lemn, ulei, pastă de grâu.

Se testează pe suprafețe de 60 x 60 cm care se lasă la uscat ferite de razele soarelui sau de ploaie. Crăpăturile arată un procent prea mare de argilă. Dacă este sfărâmicos are prea mult nisip în compoziție. Trebuie să nu se crape când se calcă pe strat.

Executarea pereților

Realizarea structurii de lut

Amestecul se așează pe conturul pereților putând fi realizate rânduri de 80 cm pe zi¹⁴⁶. Uscarea peste noapte permite adăugarea unui nou strat a doua zi. Indiferent de metoda folosită este necesar ca stratul anterior să fie umezit pentru ca să se creeze o legătură puternică între straturi. Nu se netezește prea tare suprafața peretelui deoarece se va forma o pojghiță uscată care va îngreuna uscarea peretelui în grosimea lui. Partea superioară a stratului trebuie să fie plată astfel încât stratul următor să se așeze cu ușurință. O suprafață curbă va face ca stratul următor să alunece spre exterior.

Procesul nu necesită muncă calificată. Se practică două modalități de construire a pereților din lut:

→ Prin presare cu picioarele

Se așează materialul după forma peretelui și se presează călcând pe el folosind propria greutate. Dacă materialul alunecă în exterior se presează din lateral până capătă forma dorită și trebuie lăsat să se usuce 1-2 zile până suportă greutatea

¹⁴⁶ Sigi Koko, *Building with cob*, *Down to Earth Design*, www.buildnaturally.com, 2000

persoanei. Pereții se realizează mai groși pentru ca apoi să se poată forma prin tăiere cu un cuțit mare. Procedura de formare prin tăiere se realizează înaintea uscării totale a peretelui. Necesită timp îndelungat de lucru și efort susținut.

→ Prin presare cu mâinile

Această metodă este mai ușor de controlat pereții putând fi realizați în forma lor finală. Procedul presupune așezarea unor grămezi din material după forma pereților, presarea ușoară și modelarea cu mâinile pentru a obține forma dorită.

La sfârșitul unei zile de lucru se vor face adâncituri de 7-10 cm în suprafața superioară a peretelui cu degetele sau cu un băț. A doua zi adânciturile se vor umple cu apă umezind mai bine suprafața peretelui. Următorul strat de material va pătrunde în aceste găuri și se va realiza o legătură mai bună între straturi.

În cazul în care construirea pereților urmează să se efectueze după o perioadă mai lungă de timp este obligatoriu să se realizeze găurile din partea superioară și totodată se pot monta bucăți de bambus sau lemn de 20 cm îngropate jumătate în perete. În acest mod după umezire stratul următor se va agăța de aceste bucăți de lemn formând o legătură între cele două straturi. Paiele îndesate în suprafață de sus a peretelui pot contribui la realizarea unei bune legături între straturi.

Partea superioară a peretelui se acoperă cu paie umede, saci de plastic sau folii. În acest fel se va păstra materialul umed în zona în care urmează adăugarea unui strat nou iar partea inferioară a peretelui se va usca suportând astfel o greutate mai mare.

În serile ploioase peretele se acoperă cu saci sau prelate sub care au fost așezate paie uscate pentru a grăbi uscarea. Ploaia nu distruge peretele dar îngreunează uscarea.

Procesul de uscare

Foarte important este procesul de uscare. Pereții trebuie protejați de razele soarelui sau de vânt astfel încât uscarea să se realizeze mai încet. Astfel nu vor apărea crăpături importante pe suprafața pereților.

Realizarea golurilor în structura de lut

Având în vedere că este destul de greu de realizat un gol după ce peretele a fost ridicat este de preferat să se studieze amplasarea exactă a golurilor înainte de începerea lucrărilor. Pe măsură ce construcția pereților avansează se vor lăsa spațiile pentru ferestre sau uși. Deasupra golurilor se vor monta buiandrugi din piatră sau lemn care să susțină greutatea peretelui din partea superioară. Cu toate acestea, golurile pot fi realizate chiar și în pereții uscați. Cu o țeavă de 2cm diametru pe post de ciocan se bate peretele. Se umezește și se bate din nou. În final se cioplește cu un topor sau o bardă.

Amplasarea tocurilor ușilor și ferestrelor

Montarea tocurilor ușilor și ferestrelor se face ușor în pereții de lut. În timpul construirii peretelui se așează tocul pe poziția stabilită. Având în vedere că secțiunea peretelui descrește pe verticală este nevoie de un calcul exact al locului unde se montează tocul în grosimea peretelui. Ca să nu se deformeze se bate în toc o diagonală care după uscare va fi înlăturată. Perimetral se vor monta șipci de lățimea tocului sau cuie din loc în loc, astfel încât acestea se vor îngloba mai adânc în perete și vor ține tocul în poziția dorită. Se verifică verticalitatea cu fir cu plumb.

Folosirea unor materiale reciclate prin înglobare în peretii din lut

Bucățile de sticlă pot fi înglobate în peretele de lut. Este nevoie de acoperirea cu bandă adezivă a muchiilor tăioase ale sticlelor sau cioburilor. Se așează în locul dorit în timpul construirii peretelui și se îngroapă marginile sticlei cel puțin 1,5 cm perimetral deoarece peretele se va retrage în timpul uscării. Se verifică verticalitatea ferestrei.

Sticlele și borcanele reciclate pot fi montate de asemenea în pereții de lut. Acestea vor izola mai bine decât bucățile de sticlă pentru că au practic două foi de sticlă. Când razele soarelui cad direct pe acestea lumina naturală care pătrunde în casă capătă diverse nuanțe strălucitoare. Noaptea lumina din interiorul casei se va vedea la exterior strălucind prin sticlele colorate. Sticlele și borcanele pot fi montate transversal în perete punând un borcan în capătul sticlei. În acest fel la

suprafață peretelui vor rămâne vizibile fundurile sticlelor și ale borcanelor, ca niște mici ferestruici rotunde frumos colorate.

Sticla de la ferestrele mașinilor poate fi reciclată și folosită. Ferestrele mașinilor sunt realizate dintr-o foaie de sticlă mai groasă, cu diverse folii de protecție pe ea. Poate fi înglobată doar sticla, sau se poate îngloba toată ușa în peretele casei astfel încât mânerul pentru acționarea geamului să rămână aparent și să poată fi folosit sistemul de deschidere a ferestrelor.

Executarea tencuielilor

Nu există o rețetă exactă pentru tencuieli pentru că argila este un material variabil având diferite capacități de absorbție a apei. Dacă argila absoarbe multă apă se va micșora mult la uscare ceea ce va conduce la apariția crăpăturilor. Argilele lipicioase sunt mai bune pentru că în acestea se poate adăuga o cantitate mai mare de nisip. În argilele mai puțin lipicioase se adaugă aditivi care să le îmbunătățească.

Pentru fiecare strat de tencuială este indicat să se facă o probă de 1 m² cu diverse proporții de nisip și argilă. Se dorește un conținut mai mare de nisip dar să fie ușor de prelucrat. După ce s-au uscat probele se constată dacă trebuie modificată compoziția materialului. Dacă tencuiala este sfărâmicioasă și prăfoasă trebuie adăugată argilă. În cazul în care apar crăpături pe suprafața stratului este necesară o cantitate mai mare de nisip.

Dacă pământul își modifică aspectul pe adâncime va trebui repetat testul deoarece materialul și-a schimbat compoziția.

Primul strat se realizează dintr-un amestec cu mai multă argilă și fără adaos de paie. Acest strat acoperă paiele din perete și va face legătura cu stratul al doilea.

Aplicarea cu mâna este recomandată pentru a simți dacă stratul aderă la suprafața peretelui. Sau se poate aplica prin pulverizare.

Al doilea strat va fi realizat dintr-un amestec cu paie tocate care să confere rezistență stratului pentru a îndrepta pereții și pentru a putea modela decorațiuni și nișe. Acesta poate conține mai multe straturi pentru a realiza grosimi mai mari ale sculpturilor sau dacă pereții sunt denivelați și trebuie îndreptați.



Fig. 5.3 Crăpături apărute în tencuiala din pământ în Muzeul Național al Satului „Dimitrie Gusti” București

Al treilea strat se realizează pentru a obține textura dorită. Este un strat mai subțire și va fi cu atât mai fin cu cât vor fi mai fine ingredientele. În scop estetic pot fi adăugate în compoziția acestui strat paie tocate, mică sau alte elemente de origine organică sau minerală.

Executarea pardoselilor din lut

Substratul trebuie să fie bine compactat. Terenul trebuie curățat de solul fertil sau de conținutul organic care se descompune în timp și își micșorează volumul apărând goluri în pardoseală. Se sapă până ce solul se simte solid și compact, apoi se bătătorește cu maiul sau cu un compactor.

Partea superioară a pardoselii trebuie să fie mai sus cu cel puțin 5 cm față de nivelul terenului. Astfel se va menține pardoseala departe de umezeală. Dacă se realizează un drenaj bun și un strat corect dimensionat de pietriș nu este nevoie de hidroizolație.

Pentru calculul grosimii pardoseli se vor avea în vedere următoarele straturi:

1. strat de rupere a capilarității de 10 - 15 cm din agregat de 16 - 31 mm, compactat ud. Acest strat poate fi realizat din mai multe straturi de agregat de diferite dimensiuni, așezând la partea inferioară agregatele mai mari și terminând cu agregatele mai mici. Pentru zonele umede stratul poate să ajungă la grosimea de 25 cm.
2. strat ușor din lut cu paie 7 - 10 cm. Acest strat împiedică trecerea lutului spre pietriș și termoizolează. Se pot așeza ziare sau paie peste stratul de pietriș. Adaosul de piatră ponce, mică sau perlită îmbunătățește calitatea termoizolatoare a acestui strat.

În zonele aride nu este nevoie de termoizolație, o pardoseală rece fiind de preferat.

În zonele reci este nevoie de termoizolație care să nu fie biodegradabilă cum ar fi polistiren extrudat sau izolație naturală din vată minerală, piatră ponce sau perlită.

3. strat de nisip
4. stratul de baza 10 - 15 cm

Acesta se poate turna înainte de închiderea totală a pereților, aceasta ajutând la uscarea mai rapidă a stratului. Materialul se realizează din 15 - 25% argilă și 75 - 85% nisip, multă apă și paie lungi care să țină stratul și să nu apară crăpături. Amestecul are consistența unui lichid gros.

- se realizează amestecul
- se așează amestecul în locul de unde se începe lucrul, colțul cel mai îndepărtat
- se notează un nivel de referință perimetral pentru grosimea stratului sau se montează piroane puțin mai înalte decât grosimea stratului pentru a controla nivelul. Aceste piroane pot rămâne în pardoseală, ele vor fi acoperite în totalitate de al doilea strat. În același sens se pot realiza mici moviile din materialul pardoselii care lăsate puțin să se întărească vor ajuta la nivelarea suprafețelor.
- se întinde amestecul împingând bine în colțuri. Stratul trebuie să fie ceva mai mare decât înălțimea finală dorită.
- se nivelează cu o șipcă de 2 x 5 cm. Se mișcă șipca înainte și înapoi până la înălțimea dorită. Dacă se acumulează un surplus de material acesta se da la o parte și apoi se continuă răzuirea.
- se lasă la uscat

Acest strat se poate realiza și din chirpici. Avantajul este că se poate continua construcția pereților în timpul realizării pardoselii. Chirpiciul se așează ca pavelele de terasă într-un strat de nisip.

5. stratul superior cu grosimea de 2 - 5 cm

Amestecul este similar cu cel de la stratul anterior cu diferența că pământul argilos trebuie cernut prin sită de 6 mm iar paiele tocate nu vor fi mai mari de 25 mm. Pentru o textură foarte fină nu se mai adaugă paie. Se realizează teste cu diverse proporții de argila și nisip. Dacă proba este sfărâmicioasă se mai adaugă argilă, dacă apar crăpături se mai adaugă nisip.

- se realizează amestecul și se testează. Consistența trebuie să fie cremoasă. Când se ține în palmă un pumn din material, acesta trebuie să-și păstreze forma de moviliță iar când tremură mâna, materialul va curge ca un lichid.
- Stratul anterior trebuie udat pentru a nu trage apă din stratul care se aplică și a evita astfel crăpăturile.
- se folosesc șipci de înălțimea stratului ca punct de referință
- lucrul se începe din zona opusă intrării, colțul cel mai îndepărtat. Se lucrează dinspre pereți spre mijlocul camerei, apoi până la ușă. Se poate întâmpla ca în zonele de lângă fundație sau pereți să apară goluri pentru că stratul se contractă un pic. Pentru a evita acest lucru se așează perimetral un cordon mai uscat realizat din amestecul pentru pardoseală. După uscarea primului strat se poate trece la al doilea strat.
- se întinde amestecul împingând bine în colțuri. Stratul trebuie să fie ceva mai mare decât înălțimea finală dorită.
- se nivelează cu o șipcă de 2 x 5 cm. Se mișcă șipca înainte și înapoi până la înălțimea dorită. Dacă se acumulează un surplus de material acesta se dă la o parte și apoi se continuă răzuirea.
- cu o drișcă se umplu toate golurile care au rămas, suprafața devenind netedă.
- cu o drișcă flexibilă se trece pe toată suprafața stratului făcând să iasă apa cu puțin lut deasupra. Nu se insistă prea mult pentru că prea mult lut la suprafață conduce la apariția crăpăturilor.
- se mută șipca de referință a stratului și se continuă lucrarea.
- se șlefuieste pardoseala cu o drișcă flexibilă din oțel sau plastic, atunci când suprafața este tare dar suficient de moale pentru a face o urmă cu degetul mare. Se vor estompa toate crăpăturile.
- se lasă la uscat

Este ideal să se monteze un strat întreg în aceeași zi. Dacă acest lucru nu este posibil, se crestează niște zgârieturi în marginea stratului realizat cu o zi înainte obținând astfel o suprafață rugoasă pentru ca materialul proaspăt să se fixeze foarte bine.

6. Sigilarea pardoselilor din lut, 3 mm grosime

→ se aplică un strat de 3 mm asemănător cu tencuiala din lut din 10 părți pastă de grâu, 1 parte nisip fin și 1 parte argilă. Pentru pastă de grâu se pune 1 l de apă să fiarbă într-un recipient care să nu fie din aluminiu. Se amestecă bine 1 ceașcă de făină cu 1 cesca de apă rece. Când apa fierbe se adaugă încet amestecul amestecând continuu până ce amestecul se îngroașă. Se lasă la răcit și se folosește în 1 - 2 zile. Este nevoie de 5 cești de amestec. Acest strat sigilează.

→ se aplică 1 - 4 straturi de vopsea de lut.

Pentru vopseaua de lut se amestecă 4 l apă, 4 l pudră de argilă, 2 l nisip fin, 1 l pastă de grâu și pigmenți, mică sau paie tocate. Consistența trebuie să fie de smântână groasă. Se aplică cu o pensula în strat subțire. Când este aproape uscată se freacă cu un burete ud sau o drișcă flexibilă pentru a se obține o suprafață netedă.

→ când pardoseala este complet uscată se etanșează cu uleiuri care reacționează cu oxigenul din aer și se transformă într-o rășină care respiră dar este transparentă și rezistentă la apă. În acest fel pardoseala nu mai este prăfoasă și se poate curăța ușor. Uleiurile pentru etanșare sunt: ulei de in (derivat din semințe de in), ulei de cânepă, ulei de tung, ulei de nuci etc. Uleiul este aplicat în mai multe straturi, iar fiecare strat ulterior se diluează cu un solvent pentru a facilita absorbția adânc în suprafața de lut. Solvenți au rolul de a subția uleiul în acest scop folosindu-se solventul din citrice (d-limonene pe bază de coajă de portocală) sau alcool mineral (pe bază de petrol).

Primul strat se realizează din ulei în procent de 100%, al doilea strat conține 80% ulei și 20% solvent, al treilea strat 60% ulei și 40% solvent, al patrulea (opțional) 40% ulei și 60% solvent, stratul 5 din ceară de albine pentru o suprafață lucioasă.¹⁴⁷

¹⁴⁷ Sigi Koko, *Adobe Floor Basics - How to build a dirt cheap floor*, www.buildnaturally.com, ianuarie 2014

Un amestec de 40% ulei și 60% solvent se poate întrebuița de 1 - 2 ori pe an pentru a menține pardoseala lucioasă.

Pentru aplicarea straturilor de ulei se încălzește puțin amestecul astfel încât să nu înceapă să fumege. Încălzirea se face la bain-marie. Se pictează pardoseala cu bidineaua sau trafaletul cât timp amestecul este cald. Se aplică în strat subțire iar dacă bălțește se curăță. Stratul următor se aplică numai după ce stratul anterior este uscat.

Uscarea completă durează câteva săptămâni în funcție de condițiile climatice. În timpul uscării se protejează pardoseala de razele soarelui și îngheț. În acest sens se poate așeza un strat de paie sau o folie pe timpul zilei. Pentru a putea păși pe pardoseală înainte ca aceasta să fie uscată complet se vor așeza niște placaje de lemn de 60 x 60 cm. în aceste săptămâni se pot face lucrări de drenaj, la terasă, lucrări exterioare.

Pentru un aspect lustruit se încălzește ceară de albine cu puțin solvent sau ulei și se întinde în strat subțire.

Pardoseala din lut este fină. Se montează protecție pe picioarele scaunelor pentru a nu produce adâncituri. Dacă apare o adâncitură sau crăpătură în pardoseală, trebuie reparată cât mai curând posibil. Se realizează o adâncitură cu baza inferioară mai mare, se udă și se umple cu amestecul din care a fost executată pardoseala. Apoi se sigilează.

5.3. Influența zonelor geografice/climatice asupra construcțiilor din pământ

Atunci când vorbim despre mediul înconjurător ne referim la următoarele elemente: pământ, apă, aer. Atâta timp cât construcțiile sunt în directă legătură cu mediul natural, ocupându-l și transformându-l, este importantă studierea mediului înconjurător realizând astfel proiecte adaptate unei situații specifice. În sprijinul cercetării mediului natural sunt publicate date statistice care includ: temperaturi, ploi, presiune, vânturi, îngheț, inundații și altele.

Dintre aceștia numai câțiva parametri influențează construcțiile. Principiile proiectării pasive au la bază datele despre temperatură, vânturi, ploi, radiație solară și umiditate. Acest gen de proiectare urmărește folosirea căldurii solare pentru încălzirea casei pe timp de iarnă, răcirea casei în timpul verii, folosirea luminii naturale cât mai mult posibil și realizarea ventilației naturale.

Astfel, parametri climatici influențează designul construcției formând principii de proiectare cu implicație directă asupra planului, orientării, spațiului interior, geometriei volumetrice a casei, proiectarea peisageră a grădinii.

Temperatura aerului

Temperatura aerului este definită de doi parametri: temperatura medie și temperatura extremă absolută, acestea fiind exprimate în °C și reprezentate prin grafice.

- Valoarea medie a temperaturii este calculată statistic prin observare anuală, lunară sau zilnică a temperaturii aerului. Aceste valori sunt date importante pentru proiectarea de arhitectură.
- Temperaturile extreme absolute reprezintă valoarea maximă sau minimă a temperaturii aerului într-o anumită zonă sau regiune.

În funcție de valorile temperaturilor aerului exterior și de materialul ales pentru construcție se calculează grosimea pereților. Pământul nu este un material termoizolant dar pentru zonele temperate sunt suficiente grosimi între 60 cm și 90 cm. În zonele cu climă rece se recomandă folosirea unui strat termoizolant.

La realizarea acestor calcule se ia în considerare temperatura minimă a aerului interior, ce asigură în anotimpul rece un nivel acceptabil de confort în încăperile clădirilor de locuit și o parte dintre clădirile publice este $T_i = +18...+22^{\circ}\text{C}$. În clădirile de locuit această temperatură variază după funcțiunea camerelor între 18°C și 22°C , în camera de locuit considerându-se o temperatură de 20°C . Conform normativului SR 1907-2, “temperatura convențională de calcul este media temperaturilor înregistrate timp de 24 h, la o distanță de 2 m de pereții exteriori, la 0,75 m deasupra pardoselii.”¹⁴⁸

¹⁴⁸ *** ,SR 1907-2/1997 – *Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare de calcul*

Vânturile

Vânturile permanente sau sezoniere se caracterizează prin frecvență, direcție și viteză. Aceste date se reprezintă, pentru fiecare localitate în parte, prin “roza vânturilor” și alte grafice.

Vânturile dominante pot produce stricăciuni în pereții de pământ. În timpul proiectării se va ține cont de acest lucru prin evitarea amplasării ferestrelor mari pe fațada ce corespunde direcției vânturilor, amplasarea unor plante care să protejeze fațada expusă vântului, alegerea unor materiale rezistente la intemperii, orientarea casei astfel încât intrarea, amplasată pe latura opusă vântului, să fie protejată.

Pe de altă parte vânturile dominante cu viteze mari pot fi folosite pentru ventilarea naturală a spațiilor. Un exemplu în acest sens sunt turnurile de vânt care sunt folosite mai ales în zonele cu climă aridă. În arhitectura arabă este des întâlnit turnul de vânt care fiind orientat către direcția vântului dominant captează aerul proaspăt, coborând aerul până în partea inferioară a casei unde uneori este amplasat un bazin cu apă sau un canal cu apă rece curgătoare. Acest sistem combinat cu calitățile unui perete din pământ dau rezultate excelente reușind să răcească spațiul interior chiar și într-o zi fierbinte de vară.¹⁴⁹

Pentru realizarea ventilației pe timp de vară se pot încorpora în pereți niște goluri de aerisire. Acestea pot fi realizate dintr-un borcan fără fund sau un tub cu un capac cu plasa la exterior și un capac plin la interior.¹⁵⁰ Unul se montează pe latura răcoroasă a casei în partea de jos a camerei iar al doilea se montează pe latura opusă în partea de sus a camerei astfel încât aerul rece să pătrundă prin partea inferioară și să înlocuiască aerul cald care se strânge în partea superioară a casei să se elimine prin golul de sus.

Este interesantă ideea unor studenți de la Universitatea din Colorado care au gândit un sistem mixt de încălzire și răcire pentru o casă amplasată în zona rezervației Navajo, zonă cu climă deșertică. Soluția este un turn de vânt care are la bază o sobă. Turnul de vânt captează aerul cald care coboară spre partea inferioară racindu-se prin

¹⁴⁹ Colda Iolanda, *Confortul interior. Ventilarea spațiului arhitectural interior și ventilarea spațiului public*, note de curs școală Doctorală UAUIM București, 2013-2014

¹⁵⁰ Bee Becky, *The Cob Builders Handbook, You Can Hand-Sculpt Your Own Home*, Groundworks, 1997

procesul de evaporare în contact cu căpușeala umedă.¹⁵¹ Ajuns în partea inferioară, aerul rece intră în spațiul interior prin două fante amplasate deasupra sobei. Aceste fante sunt prevăzute cu uși pentru a putea regla aportul de aer în timpul verii și pentru etanșare în perioadele în care răcirea nu este necesară.

Încălzirea în timpul iernii se realizează cu ajutorul sobei amplasată central astfel încât să încălzească ușor întregul spațiu interior. Căldura degajată de sobă se acumulează în zidăria de blocuri din pământ bătătorit care având inerție mare păstrează căldura și o eliberează în timp îndelungat.

Precipitațiile atmosferice

Cunoașterea cantității, a frecvenței și a intensității precipitațiilor conduc la o înțelegere mai bună a situației climatice în care se va realiza construcția. Cantitățile de precipitații se măsoară în mm/m², iar zilele cu precipitații sunt cele în care se înregistrează cantități $\geq 1,0$ mm. Cantitățile maxime de precipitații în 24 de ore și numărul zilelor cu precipitații, care diferă de la o luna la alta, sunt importante pentru calculul drenajului terenului sau a rețelelor de canalizare la nivelul orașelor.

Este cunoscut faptul că structurile realizate din pământ nu sunt rezistente la acțiunea apei. Din acest motiv se vor evita terenurile din zonele inundabile, acestea nu sunt recomandate nici pentru construcțiile cu structură din materiale mai rezistente cum ar fi din beton, lemn sau metal.

În zonele cu precipitații rare, în general zone deșertice, se pot construi clădiri din pământ fără protecție împotriva precipitațiilor. Aici chiar și acoperișurile clădirilor pot fi realizate din pământ, în diferite forme plecând de la acoperișuri plate așa cum erau construite casele tradiționale din Djenné, Egipt și până la acoperișurile boltite prezente pe întreg teritoriul Africii.

În zonele cu precipitații frecvente sau abundente vor fi luate măsuri pentru protejarea pereților din pământ. În funcție de cantitatea,

¹⁵¹ Lawrence Griggs Robyn, *Student-Built Earth Block Home Brings Natural Cooling to Navajo Reservation, Natural Health*, www.motherearthnews.com, octombrie 2011

frecvența și intensitatea precipitațiilor stabilite prin statistică se vor lua următoarele măsuri:

- Acoperișul va fi suficient de mare ca să protejeze cât mai mult pereții construcției.
- Înelitoarea acoperișului poate fi realizată din paie, stuf, țiglă ceramică sau alte materiale impermeabile. În aceste zone nu pot fi realizate învelitori din pământ deoarece acesta se distruge în contact cu apa.
- Trotuarul casei se va realiza din pietriș astfel încât apa provenită din ploaie să nu stropască pereții.
- Se va proiecta un sistem de drenaj dimensionat corect, în funcție de cantitatea maximă de precipitații.
- Pereții structurilor din chirpici vor fi finisați cu mortar cu adaosuri care să impermeabilizeze stratul de tencuială dar care să permită totodată evaporarea.

Radiația solară

Sursa principală a încălzirii naturale pe glob este soarele. Încălzirea geosistemului se realizează prin acțiunea celor trei tipuri de radiații: radiația solară, radiația atmosferică și radiația terestră. Radiația solară este caracterizată prin lungime de undă și frecvență. Ea traversează atmosfera sub formă de unde electromagnetice, termice, dar o parte din radiație este disipată prin difuzie moleculară, reflecție și absorbție.

Undele electromagnetice au lungimi de undă cuprinse între $\lambda = 0,17 \mu$ și $\lambda = 80 - 100 \mu$ și cuprind undele ultraviolete, undele vizibile și undele infraroșii. Dintre acestea numai radiația infraroșie produce încălzire, aceasta având lungime de undă cu valori cuprinse între $\lambda = 0,7 \mu$ și $\lambda = 80 - 100 \mu$.¹⁵²

Intensitatea radiației solare se modifică în funcție de poziția soarelui față de orizont, unghiul de înclinare a axei Pământului și modificarea distanței dintre Pământ și Soare.

¹⁵² Asanache Horia, *Utilizarea aporurilor solare de iarna, cu ajutorul inertiei termice a clădirilor. Aspecte teoretice si practice*, note de curs școală Doctorală UAUIM București, 2013-2014

Radiația solară se modifică în funcție de poziția soarelui față de orizont. Ponderea cea mai mare a razelor infraroșii se realizează atunci când soarele se află la $0,5^\circ$ deasupra orizontului, dar indiferent de poziția soarelui acestea nu scad sub 50% din totalul radiației. Radiația vizibilă, luminoasă, care este și ea importantă din punct de vedere climatic, are un maxim de 44% în momentul în care soarele se află la 90° deasupra orizontului, și scade cantitativ odată cu apropierea soarelui de orizont.¹⁵³

Încălzirea suprafeței terestre are diferite valori în anumite momente pe parcursul mișcării de revoluție a Pământului. Având în vedere că orbita Pământului este o elipsă, acesta se apropie și se depărtează de Soare apărând diferențe cu caracter sezonier.

Înclinarea axei Pământului spre est cu $23^\circ 30'$ împreună cu mișcarea de revoluție, influențează unghiul cu care razele solare ajung la suprafața terestră. În momentul echinocțiului de primăvară sau de toamnă, razele solare cad perpendicular pe ecuator, la solstițiul de vară razele sunt perpendiculare pe Tropicul Racului iar la solstițiul de iarnă razele sunt perpendiculare pe Tropicul Capricornului.

În zone diferite de pe suprafața terestră punctele corespunzătoare răsăritului, apusului și înălțimii Soarelui pe boltă la miezul zilei sunt diferite. Pozițiile extreme vor fi la solstiții, iar cele medii la echinocții. În țara noastră, care se află la paralela 45° latitudine nordică, Soarele se va situa la meridianul locului în poziții care variază între $21^\circ 30'$ în timpul solstițiului de iarnă, 68° în timpul solstițiului de vară și 45° la echinocții.

Cunoscând aceste informații, despre radiația solară împreună cu datele despre orientarea cardinală și datele geografice, pot fi emise principii de proiectare pasivă care să folosească radiația solară pentru încălzirea caselor în timpul iernii.

Astfel se pot calcula diferite elemente care să fie expuse cât mai mult razelor solare pe timpul iernii, ajutând la încălzirea spațiului interior al caselor. Un exemplu în acest sens este peretele Tromb folosit din ce în ce mai mult în proiectarea pasivă. În această strategie trebuie luate în calcul materialele, culorile și asperitățile suprafețelor care vin în contact direct cu razele solare. Pereții realizați din pământ sunt ideali

¹⁵³ Povară Rodica, *Climatologie generală*, Editura Fundației România de Măine, București, 2004

pentru sistemul peretelui Tromb, pământul acumulând căldură în timpul zilei și eliberând-o mai târziu, când se dorește încălzirea spațiului.

Vara, pentru a micșora aportul de căldură, este necesară umbrirea pereților și a ferestrelor care sunt orientați spre sud. Acest lucru se poate obține cu ajutorul următoarelor elemente: streșina acoperișurilor, prispă, vegetație, obloane, sticlă performantă.¹⁵⁴

Asemenea principii de proiectare se observă la Druk White Lotus School, Shey, Ladakh, India, planul ansamblului fiind rotit față de punctele cardinale cu 30° spre est astfel încât sălile de curs au o orientare sud-est pentru a avea soare în timpul dimineții iar corpurile de locuit, unde au fost amplasați pereții Tromb, sunt orientate sud-vest.¹⁵⁵

Umiditatea relativă a aerului

Conținutul de apă din aer provine din evaporarea apei de la suprafața Pământului. Acesta este un proces continuu și variază în funcție de temperatură. Atunci când aerul devine saturat procesul de evaporare se oprește.

Cantitatea de vapori conținută într-un anumit volum de aer reprezintă umiditatea aerului, aceasta fiind exprimată prin diferite mărimi fizice:

- Umiditatea absolută a aerului este cantitatea de vapori exprimată în grame pe unitatea de volum a aerului.

$$U_a = m_{\text{vap}} / V \quad [\text{g/m}^3]$$

- Umiditatea relativă a aerului este relația proporțională dintre umiditatea măsurată la o anumită temperatură și umiditatea maximă posibilă la aceeași temperatură.

$$U_r = U_a / U_{a \text{ max}} * 100 \quad [\%]$$

- Umiditatea specifică este raportul dintre masa vaporilor pe 1 kg de aer umed.

Umiditatea relativă considerată normală pentru o zonă cu climă temperat continentală este între 40% și 60%. Dacă scade sub limita

¹⁵⁴ Asanache Horia, *Utilizarea aperturilor solare de iarna, cu ajutorul inertiilor termice a clădirilor. Aspecte teoretice și practice*, note de curs școală Doctorală UAUIM București, 2013-2014

¹⁵⁵ Ronald Rael, *Earth Architecture*, Princeton Architectural Press, 2009

inferioară de 40% avem senzația de aer uscat, dacă crește peste 60% avem senzația de transpirație excesivă.

Umiditatea împreună cu temperatura aerului sunt factorii determinanți ai confortului termic exprimat prin indicele temperatură-umezeală. ITU este un model matematic orientativ. Este de la sine înțeles că noțiunea de confort se referă la ceva subiectiv, adică diferă de la o persoană la alta. În aceste condiții, cu ajutorul statisticilor s-a realizat un grafic al confortului termic determinat de valoarea temperaturii și a umidității relative pe care 80% din persoane le consideră confortabile. Percepția persoanelor asupra confortului termic diferă și de la o regiune la alta.

Cunoașterea umidității aerului exterior este importantă pentru proiectarea clădirilor, întrucât variațiile acestui parametru afectează atât organismul uman, cât și elementele de construcții, sub aspectul confortului, durabilității și consumului de energie. Se consideră umiditate scăzută pentru valorile sub 30% ale umidității relative. Peste 70% se dezvoltă igrasia, mucegaiurile și alte bacterii, provocând îmbolnăvirea populației prin reacții alergice, astm și pneumonii. Totodată apariția mucegaiului și igrasiei conduce la distrugerea tencuielilor și vopselelor și în timp poate produce distrugerea structurii de pământ.

Unul din avantajele structurilor realizate din pământ este faptul că reglează umiditatea spațiului interior. Umiditatea relativă a aerului interior al clădirilor din pământ se păstrează în intervalul 30 - 60%, pereții absorbind vaporii de apă și eliberându-i mai târziu când aerul interior devine uscat.

În concluzie putem spune că amplasarea construcției pe teren se realizează în funcție de caracteristicile geografice și climatice ale zonei. Din aceste două puncte de vedere se deosebesc următoarele aspecte:

- alegerea terenului
- amplasarea construcției în funcție de punctele cardinale, folosirea razelor solare pentru încălzirea spațiilor în timpul ierni, folosirea direcției vântului pentru ventilare
- protecția împotriva intemperiilor
- folosirea inteligentă a pantelor terenului pentru realizarea drenajului
- alegerea unei tehnici de construire cu pământ adaptată climei

5.4. Geometria construcțiilor din pământ - proporție, dimensionare

Planul construcțiilor din pământ

În general sunt structuri simetrice cu spații interioare mici. Forma planului variază de la cerc, așa cum am arătat că erau construite casele Bunga din India și casele Hakka din China, până la plan pătrat sau dreptunghic, acestea fiind cel mai des întâlnite.

Casele tradiționale de pe teritoriul României, construite cu un plan în formă de cerc sau oval în neolitic, s-au modificat de-a lungul timpului ajungând la forma pătrată sau dreptunghiulară. Aveau de la două la patru încăperi nu prea mari, accesul făcându-se prin mijlocul laturii mai lungi iar cele două sau patru camere erau dispuse simetric față de tindă.

Casele erau așezate față de punctele cardinale astfel încât accesul să se facă pe latura de sud sau est. Erau întotdeauna protejate în zona de nord est, pe această latura fiind amplasate încăperi anexe sau bucătării de vară. Acoperișul casei era mai coborât în această zonă protejând astfel casa de intemperii. Pe latura de sud, intrarea era protejată de prispă sau foișor. Acestea aveau rolul de a proteja casă de căldură pe timpul verii și totodată făceau legătură între spațiul interior și cel exterior. Ferestrele erau de dimensiuni mici, având latura între 0,50 m și 1,00 m, și așezate simetric față de acces pe fațada de sud sau est.

În regiunea Djenné din Africa decorațiunile se realizează la sfârșitul realizării construcției. Un maestru zidar crează pilaștri de lângă intrarea principală care sprijină un buiandrug pentru protecție împotriva ploilor și elementele decorative din această zonă. Maestrul hotărăște simetria și distanțele elementelor decorative bătând cuie de lemn în fațada. Stilul marocan presupune un număr impar de *toron*¹⁵⁶, 6 - 8 bețe

¹⁵⁶ termenul *toron* se referă la acele coloane poziționate deasupra accesului principal. Meșterul care se ocupă de decorațiunile fațadelor cunoaște cu exactitate principiile tradiționale marocane care impun un număr impar de *toron* și număr par de goluri; Marchand, Trevor H.J., *The Masons of Djenné*, Bloomington, Indiana University Press, 2009

legate într-un mănunchi cu secțiunea deptunghică susțin niște stâlpi intermediari, număr par de goluri.

Aceste elemente sunt realizate din cărămizi cilindrice și se așează simetric pe buiandrug astfel încât greutatea lor să fie uniform distribuită.

Nu există standarde pentru dimensionarea ferestrelor și a ușilor. Acestea se construiesc prin raportare la corpul uman de exemplu nivelul ochilor proprietarului.

Înălțimea construcțiilor

Cele mai multe clădiri realizate din chirpici au un singur nivel însă există exemple de construcții din chirpici cu mai multe niveluri. În acest sens este importantă zona seismică. În zonele cu activitate seismică mare nu s-au construit de-a lungul timpului case cu mai mult de două niveluri.

Tehnica cu pământ bătătorit a permis în Germania construcția unor case cu mai multe niveluri în zona de sud a țării. Clădirile construite în jurul anului 1800, din centru orașului Weilburg, au între trei și șase niveluri și sunt și astăzi în picioare. Casele Hakka din China construite în secolul al XII-lea au până la patru niveluri.

În zona centrului comercial din Djenné sunt câteva case cu două niveluri. Acestea aparțin oamenilor bogați, negustorilor sau șefilor. Sunt case care au un vestibul, curte interioară, bucătărie la interior, ferestre boltite. Planșeul din lemn este foarte scump, lemnul fiind adus de la 25 km distanță. Acoperișul realizat din lemn presupune niște bârne așezate diagonal obținându-se un spațiu deschis în mijloc. Perpendicular pe acestea se montează bârne din salcâm formând o pantă care conduce apă către niște conducte de lut realizate în peretele parapetului. Tencuirea tavanului se realizează cu materiale organice sau ulei pentru a face acoperișul impermeabil.¹⁵⁷

În Shibam clădirile înalte din pământ, cu mai multe niveluri, datează din secolul al VI-lea. Zidul orașului a fost construit în 1530 după ce o inundație puternică a distrus o parte din locuințe. Sunt în jur de 500 de locuințe cu 5 -11 niveluri. Din cauza eroziunii datorate vântului și ploilor, casele au nevoie de reparații regulate.

¹⁵⁷ Marchand, Trevor H.J., *The Masons of Djenné*, Bloomington, Indiana University Press, 2009

Clădirea Ksar Ouled Soltane din Tataouine, Tunisia, este realizată în trepte, unele porțiuni ale structurii ajungând la patru niveluri. Acoperișurile rezolvate în formă de arc la diferite niveluri împreună cu scările exterioare care conduc către ușile de acces prevăzute la diferite înălțimi conferă volumului un aspect vălurit care se potrivește perfect în peisajul deșertic.

Această construcție se află pe coama unui deal uscat și nisipos. A fost construit de berberi în secolul al V-lea. Grânarul are mai multe niveluri și a fost fortificat pentru a opri raidurile asupra alimentelor.

Forma acoperișurilor realizate din cărămizi nearse din pământ

Acoperișurile tradiționale plane orizontale sau înclinate

Acoperișurile tradiționale plane orizontale sau înclinate au fost realizate de-a lungul timpului în zona statului New Mexico din SUA și în zona de vest a Africii. Structura acestui tip de acoperire este realizată din bârne de lemn așezate orizontal sau înclinate peste care se montează un strat realizat din ramuri sau nuiele. Acest strat constituie suportul pentru stratul următor și trebuie să fie suficient de des astfel încât să poată susține pământul care se așează deasupra.

Stratul superior realizat din pământ este cel care protejează construcția față de acțiunea intemperiilor. Materialul folosit pentru acest strat este obținut din argilă cu mult nisip și uneori cu adaos de par de animal, paie sau balegă. Pământul astfel preparat se așează în 2 - 3 straturi. În timp, în ultimul strat apar crăpături prin care apa se infiltrează în timpul precipitațiilor. Acest lucru nu constituie o problemă pentru că apa se amestecă cu argila care se umflă și astupă crăpăturile.

Pentru evitarea pătrunderii apei în straturile de pământ de pe acoperiș, în unele zone, ultimul strat este realizat dintr-un amestec de pământ cu sare.¹⁵⁸ Datorită conținutului de sare stratul rămâne umed mai mult timp devenind un strat impermeabil. În timpul perioadelor secetoase stratul se poate totuși usca, acest lucru conducând la apariția crăpăturilor. Este suficient să se presare un strat nou de sare și crăpăturile se astupă la următoarea ploaie.

¹⁵⁸ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008

Bolți, cupole și arce tradiționale din cărămizi nearse din pământ

Bolțile și arcele din chirpici sunt răspândite în sudul Europei, Asia și Africa, atât pentru acoperirea locuințelor cât și pentru realizarea de construcții cu caracter religios.

Acoperișurile în formă de boltă, arc sau cupolă sunt elemente structurale care prin forma lor conduc forțele de compresiune spre elementele de sprijin.

Din punct de vedere geometric există o mare varietate de bolți și arce. Cupolele reprezintă un ansamblu realizat din două elemente geometrice de bază combinate pentru a realiza trecerea de la forma pătrată a planului la forma circulară a cupolei.

În cele mai multe cazuri așezarea chirpicilor se realizează radial cu rosturile perpendiculare pe suprafața cupolei. O altă metodă este realizarea bolților prin poziționarea chirpicilor în rânduri orizontale astfel încât rândul superior să fie deplasat față de cel inferior. Acest tip de boltă se numește boltă falsă.

Bolțile nubiene au fost realizate în Egipt. Construirea unei bolți nubiene nu necesită cofraj, dar au nevoie de pereți verticali amplasați la capetele bolților, pe care acestea să se sprijine. Se poate să se realizeze în mijlocul bolții un arc pe care se vor sprijini apoi zidăriile bolților nubiene amplasate la dreapta și la stânga acestuia.

Cupolele nubiene nu pot fi realizate decât în formă sferică dar sunt realizate fără cofraj, cu ajutorul unui instrument de ghidare amplasat în centrul cupolei. Straturile de chirpici sunt așezate circular, cărămizile fiind răsucite pe muchie. Din loc în loc sunt necesare cărămizi în formă de pană.

Cupolele afgane și persane pot acoperii spații cu diverse forme în plan. Construirea se poate începe de pe două laturi sau de pe patru laturi, cu o înclinare de 30°.

În mijlocul Egiptului, în orașul Minya se găsește cel mai mare cimitir cunoscut sub numele de "City of the Dead". Cimitirul al-Zawiyet Mayyiteeneste se întinde pe câțiva kilometri și cuprinde o mulțime de construcții realizate din chirpici acoperite cu cupole conice. Cupolele albe așezate una lângă alta pe o zonă plată sunt similare cu valurile marii.

Marea moschee din Atiq din Libia datează din secolul al XII lea și a fost restaurată în 1980. Clădirea din chirpici și calcar, cu pereți de 40 cm grosime, se întinde pe 400 mp și are 21 de cupole conice. Fiecare boltă are niște deschideri mici prin care intră lumina la interior. Bolțile au rolul de a menține răcoarea în interiorul acestora, funcționând ca un sistem de aer condiționat natural.

5.5. Rezistența și stabilitatea la cutremur a elementelor realizate din cărămizi nearse din pământ

În ziua de azi toată lumea de la beneficiari până la arhitecți și ingineri, se așteaptă să fie date măsurători exacte ale performanțelor pereților din pământ. Marea diversitate a materialului folosit la construirea caselor din lut este datorată variației compoziției pământului și diferitelor adaosuri. Din acest motiv, există disponibile doar medii ale valorilor performanțelor acestor pereți cu scopul de a ghida construirea caselor din pământ cu ajutorul unor indicații generale. Ținând cont de diversitatea materialelor și a tehnicilor de construire este necesară realizarea unor teste pentru fiecare situație în parte.

Casele Bhunga de pe teritoriul Indiei au demonstrat de-a lungul timpului rezistența acestor structuri la acțiunea seismică. Acestea sunt case cu plan circular cu un diametru ce variază între 3 și 6 m, realizate din chirpici și acoperiș conic din stuf. O unitate de case, cuprinzând 1 - 3 locuințe, este definită de o platformă ridicată de la sol cu 15 cm până la 1m, spațiu în care au loc toate activitățile exterioare. Casa tipică are 3 - 4 ferestre mici, dispuse simetric față de ușă. Cărămizile sunt realizate din pământ cu adaos de tărațe de orez sau balebă de vacă.

În timpul seismului din Bhuj cu magnitudinea de 7,7 care a avut loc în ianuarie 2001¹⁵⁹ au fost distruse multe clădiri dintre care 2500 de locuințe numărându-se printre acestea construcții din beton armat cu mai multe niveluri sau case cu un singur nivel cu structura din zidărie de cărămidă arsă fără armătură. Conform unui studiu realizat de Sreemathi Iyer, studiu prezentat la Facultatea de Arhitectură din

¹⁵⁹ www.usgs.gov

California, o parte din casele Bhunga au rezistat foarte bine acestui seism.¹⁶⁰

Structurile care s-au prăbușit erau realizate din materiale de proastă calitate iar acoperișul avea un singur sprijin în mijlocul casei. Caracteristicile structurilor care au rezistat cutremurului au fost:

- plan circular
- pereții mai groși
- acoperișuri ușoare
- folosirea unor buiandrugi sau a centurilor

După cutremurul din 2001 reconstrucția caselor s-a realizat continuând tradiția dar folosind tehnici și materiale moderne cum ar fi cărămizile din pământ stabilizat cu un adaos de 7 - 8% ciment, pământ bătătorit stabilizat, armătură de bambus.¹⁶¹

Conform statisticilor oficiale, în statul New Mexico, zonă cu activitate seismică mare, comportamentul clădirilor din chirpici cu unul sau două niveluri a fost bun.¹⁶² Majoritatea caselor afectate prezintă crăpături în tencuială. Doar câteva case s-au prăbușit în urma seismelor mai puternice, timp în care s-au înregistrat distrugerii și în structurile din cărămidă arsă.

Cu toate acestea o serie de principii de proiectare au fost prevăzute în normativul pentru construirea clădirilor din pământ din New Mexico.¹⁶³ Pentru a mări rezistența la cutremur a caselor din chirpici cu unul sau două niveluri, este indicată o anumită proporție între grosimea și înălțimea peretelui. În al doilea rând cărămizile trebuie testate la compresiune și la rupere și să fie foarte bine uscate. Sunt obligatorii fundațiile, grinzile și buiandrugii de beton sau lemn.

În majoritatea țărilor nu există norme de proiectare sau construire cu lut. În Canada, pentru construcția unei case în tehnica lutului a fost necesară obținerea avizului de la un inginer de construcții.

¹⁶⁰ Sreemathi Iyer, *Guidelines for building bamboo reinforced masonry in earthquake prone areas in India*, A thesis presented to the Faculty of the School of Architecture University of Southern California, mai 2002, p.11

¹⁶¹ Chiodero Chiara, *Earthen habitat in rural development of western India: experiences in post-earthquake rehabilitation in Kachchh district of Gujarat*, Politecnico di Torino, Italy, 2006, pp.10-64

¹⁶² Stover W. Carl , Coffman L. Jerry , *Seismicity of the United States, 1568-1989* (revised), U.S. Government Printing Office, 1993, pp.308-311

¹⁶³ ***, *2009 New Mexico earthen buildings materials code*, Construction Industries Division of the Regulation and Licensing Department, ianuarie 2011

Acesta, pentru a se asigura că proiectul este conform standardelor de construire din punctul de vedere al rezistenței, a recomandat armarea pereților prin legarea în cruce cu cabluri¹⁶⁴.

Efectele seismelor asupra clădirilor din chirpici

Rezistența mică la tracțiune a pământului este prima cauză a distrugerilor construcțiilor din pământ, distrugeri ce rezultă în urma acțiunii forței de forfecare și încovoiere.

În timpul cutremurului din El Salvador care a avut loc în 2001 cu magnitudinea de 6,6 au fost distruse 150000 de clădiri. Cutremurul din Peru din 2001 cu magnitudinea de 8,4 a afectat 25000 de case din chirpici care au fost distruse și 36000 care au fost avariate.¹⁶⁵

După cutremurul cu magnitudinea 8,8 din Chile petrecut în anul 2010, seism ce a avut repercursiuni diferite în Chile și Haiti, au fost realizate studii care arată vulnerabilitatea construcțiilor în funcție de tipul de structură.

Având în vedere statisticile deteriorărilor construcțiilor din pământ, în timpul cutremurelor, din întreaga lume, este clară necesitatea cercetării pentru îmbunătățirea rezistenței la cutremur a acestor clădiri.

În timpul cutremurelor apar forțe seismice mari în structura caselor, forțe la care clădirile nu rezistă și se prăbușesc. Din cauza cutremurelor puternice apar o serie de crapături în pereții caselor din chirpici. Crăpăturile verticale și diagonale provoacă desfacerea zidăriei din colțuri și deformarea planeității pereților. Structura acoperișului în cazul în care nu este prinsă adecvat de structura pereților este separată de restul casei și conduce la avariarea întregii construcții.¹⁶⁶

¹⁶⁴ Cruickshank Tom, *One of a kind, Harrowsmith Country Life*, Malcolm Publishing Inc. , pp. 70-77 , iunie 2010

¹⁶⁵ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011

¹⁶⁶ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011

Îmbunătățirea rezistenței la cutremur pentru clădirile noi din chirpici

Având în vedere faptul că se vor realiza în continuare construcții din chirpici este important să se îmbunătățească rezistența la cutremur a acestui tip de construcții prin:

- alegerea unui teren plat, stabil și uscat
- fundații dimensionate corect
- material de construcție de calitate
- calitatea zidăriei
- un plan al clădirii mai solid regulat și simetric
- folosirea tehnologiei de armare pe orizontală și verticală
- realizarea unui acoperiș ușor, prins bine de structura casei

Alegerea unui teren plat, stabil și uscat

Terenul trebuie să fie în mod natural uscat și stabil cum ar fi zonă stâncoasă, o mică ridicătură sau coama unui deal. Se evită zonele adâncite care țin apa și de solurile unde cresc plante iubitoare de apă cum ar fi ferigile și coada calului. Dacă nu se știe sigur că terenul este uscat se poate realiza un test. În sezonul ploios se sapă două gropi adânci de 60 cm. Dacă acestea se umplu cu apă, se alege alt teren sau se calculează un sistem de drenaj care să formeze o insulă uscată în zona casei.

Drenajul se poate monta în două feluri: chiar sub fundația casei sau la o distanță de până la 3 m de casă.

Pentru alegerea terenului trebuie să se țină cont de următoarele¹⁶⁷:

- nu trebuie să prezinte doline, sedimente din apă, alunecări de teren sau inundații.
- nu sunt bune pentru construire următoarele soluri: umplutură de pământ, soluri nisipoase, sedimentele transportate de vânt, soluri moi, solurilor organice, solurile argiloase, soluri care

¹⁶⁷ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011, p.8

sunt instabile la apă sau soluri expansive (tip de sol cu proprietatea de a-și modifica volumul atunci când se modifică cantitatea de apă conținută) nu sunt bune pentru construire.

- se evită terenurile unde apele subterane se află la mică adâncime. Comportamentul acestor tipuri de soluri în timpul seismului poate fi periculos pentru construcție.

În cazul în care există posibilitatea acumulării apelor pe teren este indicată realizarea unui sistem de drenaj.

Drenajul este important pentru durabilitatea casei. Acesta va îndepărta apa de zona casei. Uneori este suficientă realizarea unei pante dinspre casă spre grădină care să redirectioneze apa provenită din intemperii. Alteori este nevoie de un sistem de drenaj.

Drenajul tradițional presupunea șanțuri înclinate umplute cu pietriș care să prevină infiltrațiile în fundația caselor. Henry French a descris sistemul în cartea *Farm Drainage* din 1859. Inițial erau așezate olane de acoperiș cu spații între ele, care să faciliteze trecerea apei.¹⁶⁸ În zilele noastre se așează în șanțuri o conductă perforată din material plastic care se montează cu găurile în jos. Această conductă va fi învelită într-un material geotextil care are rolul de a filtra nisipul și particulele fine din pământ evitând astfel înfundarea găurilor. Deasupra se umple șanțul cu un strat de pietriș grosier de 30 mm. În funcție de volumul de apă care trebuie drenat se pot așeza 2 sau 3 țevi de drenaj. Drenajul se poate supraîncărca dacă zona în care se scurge drenajul primește un volum mai mare de apă sau dacă streășina casei se scurge în șanțul de drenaj.

Peste drenaj se pot realiza cărări sau pereți pentru grădină, sau poate fi acoperit cu puțin pământ pentru plante. Nu se acoperă cu lut sau alte materiale care îngreunează pătrunderea apei.

Apa drenată poate fi utilizată pentru un iaz sau pentru udat grădina. Dacă nu se folosește apa provenită de pe acoperiș în alt scop, aceasta trebuie conectată la sistemul de drenaj. În acest caz se va măări capacitatea sistemului.

Din punctul de vedere al drenajului se vor evita terenurile terasate unde drenajul se realizează cu greutate.

¹⁶⁸ Cohen Scott, *French Drains The Right Way*, www.greenscenelandscape.com, septembrie, 2010

Pe terenul plat trebuie creat un spațiu în care apa să se scurgă. Se realizează un șanț în jurul casei umplut cu pietriș pentru ca apa să nu se infiltreze în pământ în apropierea casei. Terenul va coborâ într-o pantă lină de la casă către șanț.

Partea inferioară a drenului trebuie să fie sub nivelul fundației. Dacă terenul este înclinat drenul din deal nu va putea fi mai adânc decât fundația. Se va face mai adânc raportat la suprafața terenului. Pentru amplasarea casei pe un teren înclinat se va realiza o platformă care să aibă pante line către sistemul de drenaj. Pământul din săpătura poate fi folosit mai târziu la realizarea pereților casei.

Fundații dimensionate corect

Fundația se va realiza pe sub toți pereții casei din câteva motive:

- suportă greutatea pereților și a acoperișului
- conferă stabilitate terenului și o bază solidă pentru construcție
- ține umezeala departe față de pereții din lut

Dimensionarea fundației se face în funcție de grosimea peretelui pe care îl susține. Va fi cu câțiva centimetri mai lată față de limita peretelui. Soclul poate fi realizat cu grosimea egală cu cea a peretelui. Îmbinarea dintre pereți și pardoseală respectiv solul exterior poate fi rotunjită. În acest caz soclul va realiza o trecere lină de la baza peretelui de pământ până la nivelul terenului. Soclul va depăși nivelul terenului cu cel puțin 20 cm.

Pereții interiori pot fi mai subțiri dacă sunt nestructurali. Pot avea grosimea de 20 - 25 cm la baza și 15 cm la partea superioară. În acest caz și fundațiile vor fi mai înguste¹⁶⁹.

Contraforții vor avea o fundație mai mică deoarece vor avea o greutate mai mică decât a unui perete.

¹⁶⁹ Bee Becky, *The Cob Builders Handbook, You Can Hand-Sculpt Your Own Home*, Groundworks, 1997, pp.77-79



Fig. 5.4 Montarea elementelor din lemn în zidaria de chirpici la Muzeul Satului “Dimitrie Gusti” din București

Pentru un teren în pantă accentuată este de preferat să se realizeze o platformă prin săpătură și umplură și nu doar prin săpătură. În acest caz fundațiile vor fi inegale, fundația dinspre deal mai mica iar cea dinspre vale mai înalta astfel încât ambele să sprijine pe un teren ferm și să aibă partea superioară la același nivel. Dacă în partea dinspre deal fundația este practic îngropată în pământ, panta dealului coborând până la casă, se va executa un perete de retenție care să rețină apa care se scurge de pe deal. Fundația va fi puternică și protejată cu hidroizolație.

Fundația se continuă cu soclul care poate să fie mai jos în zona ușilor dar puțin ridicat față de sol pentru a prevenii umezirea și putrezirea tocului. Dacă soclul este continuu și se dorește amplasarea ușii la nivelul superior al soclului, va fi nevoie de realizarea unor trepte. Pe fundație se așează tocul ușii și se ancorează foarte bine în pământ cu un țărș pentru ca acesta să stea în poziție fixă în timpul realizării pereților (Fig. 5.4).



Fig. 5.5 Zidărie din chirpici așezată direct pe fundația din piatră

Piatra este foarte bună pentru realizarea fundațiilor și a soclului. Se aleg pietre care au două fețe paralele, cu formă cât mai apropiată de paralelipiped. Piatra de calitate nu se sfărâmă, nu are crăpături și nu este prea netedă. Este nevoie de pietre de diferite dimensiuni dintre care multe mai subțiri (Fig. 5.5). Montarea pietrelor în fundație se face ca într-un puzzle. În partea inferioară se așează pietrele mai mari. Al doilea strat va acoperi niturile dintre pietrele stratului anterior. Golurile rămase între pietre se umplu cu pietre mici. Partea superioară a soclului trebuie să fie aspră și să aibă eventual o pantă spre axul soclului pentru ca peretele din lut să se fixeze bine pe acesta.

Pietrele pot fi așezate unele peste altele fără folosirea unui mortar. În Anglia casele tradiționale din lut au astfel de fundații. Golurile pot fi totuși acoperite cu lut pentru a evita pătrunderea vântului sau a insectelor în soclu. În sud-vestul SUA se folosește lutul sau mortarul de pământ care uneori conține și var. În Europa structurile antice sunt realizate deseori cu mortar de var. Acesta este un amestec de

nisip cu var. Mortarul de ciment este varianta modernă obținut dintr-un amestec de nisip, var, ciment și apă.

Betonul poate fi folosit pentru fundație mai ales în zonele cu seisme puternice. Se toarnă în cofraje toată cantitatea necesară. După uscare nu se mai poate adăuga alt strat de beton. După turnare se așează pietre aspre pe conturul pereților înainte ca betonul să se fi uscat. Acest lucru este necesar pentru ca pereții din lut să se fixeze mai bine pe suprafața betonului. Betonul are nevoie de 1-2 săptămâni pentru uscare, timp în care se menține umed pentru ca uscarea să se facă lent. După două săptămâni se poate începe formarea pereților.

Pământul stabilizat este un amestec din sol, ciment și apă. Este mai slab decât betonul dar poate fi o opțiune pentru zonele unde nu se găsește piatră și nu există drumuri de acces, sau se dorește folosirea unei cantități mai mici de ciment. În funcție de sol amestecul poate diferi astfel că sunt necesare câteva teste pentru a găsi proporția optimă de elemente. În general se amestecă 9 părți sol cu 1 parte ciment și apă. Se amestecă bine și se folosește imediat. La fel ca în cazul betonului, pentru ca pereții de lut să se fixeze bine, se așează pietre aspre pe conturul pereților înainte ca fundația să se fi uscat.

Anvelopele umplute cu pământ sunt o soluție la fel de bună. Se așează anvelopele într-un șanț care a fost compactat și umplut cu un strat de pietriș pentru a preveni cât mai bine infiltrarea apei. Rândurile se așează țesut și se umplu cu pământ.

Folosirea sacilor cu pământ pentru realizarea fundației este o metodă ieftină. Dacă se folosesc saci pentru semințe sau îngrășământ, aceștia se așează într-un șanț cu pietriș pentru a împiedică umezirea umpluturii. Sacii se umplu cu pământ nisipos iar partea de sus a sacilor se prinde cu o agrață. Se fixează cu țărâși sau bambus.

Material de construcție de calitate

Proprietățile materialului de construire sunt foarte importante pentru zidăria de chirpici. Rezistența zidăriei este dată de rezistența materialului și de micșorarea din timpul procesului de uscare.¹⁷⁰

¹⁷⁰ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings : A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011, p.5

Combinăția potrivită pentru chirpici este cea realizată dintr-un amestec de pietriș fin, nisip și argilă. Pământul trebuie curățat de materii organice sau alte materiale. Amestecul trebuie omogenizat foarte bine până ce materialul devine uniform.

Materialul trebuie lăsat să se odihnească înaintea folosirii. Pământul amestecat cu apă se prepară cu o zi înaintea realizării cărămizilor sau a folosirii mortarului. În acest timp pământul absoarbe apa activând proprietatea de legare a particulelor de argilă. Materialul devine ușor de modelat și de așezat în matriță atunci când se amestecă pământul cu apa.

Pentru a obține un material de cea mai bună calitate este recomandat să se realizeze o serie de teste care au fost descrise în subcapitolul 5.5.3. (Cărămizi tradiționale):

- testul de rezistență în stare uscată
- testul ruloului
- testul de control al crăpăturilor

Calitatea zidăriei

Fundația trebuie realizată din piatră, beton sau cărămidă pentru a prevenii infiltrațiile de apă în pereții din chirpici. Șanțul realizat pentru fundație trebuie să ajungă sub adâncimea de îngheț. Fundul acestui șanț trebuie să fie ferm și stabil.

Pentru o stabilitate mai mare poate fi turnat întâi un strat de beton realizat dintr-un amestec din: 1 pungă ciment, 12 cutii de beton și apă cât jumătate din cantitatea de beton. Peste beton se așează un strat de pietre mari. Se repetă până se obține fundația care trebuie să conțină mai mult pietre decât beton. Volumul pietrelor va reprezenta 50% din volumul fundației.¹⁷¹

Peste fundație se va realiza un strat de hidroizolație bituminoasă.

Pentru realizarea zidăriei este nevoie de cărămizi curate. Dacă este necesară curățarea chirpiciului, acest lucru se va face înainte de umezire. Procedul de umezire presupune scufundarea cărămizilor în

¹⁷¹ Blondet Marcial, Torrealva Daniel, Vargas-Neumann Julio, *Building hygienic and earthquake-resistant adobe houses using geomesh reinforcement, For Arid Zones*, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2007, p.7

apa timp de 5 secunde și se realizează chiar înaintea punerii în operă. Rosturile orizontale și verticale trebuie să fie uniforme și pline.

Zidăria va fi acoperită cu tencuială care va măări rigiditatea și rezistența peretelui și va proteja construcția de acțiunea intemperiilor.

Un plan al clădirii mai solid regulat și simetric

În zonele seismice construcțiile realizate din pământ au avut de-a lungul timpului comportamente diferite. De multe ori acestea au fost grav avariate dar există și exemple de case care au rezistat foarte bine unui seism puternic. O mare parte din clădirile tradiționale au formă simetrică care îmbunătățește performanțele în timpul cutremurului.

Forma planului influențează performanțele seismice ale clădirilor din pământ, un plan compact conferă stabilitate mai mare.¹⁷² Construcțiile istorice care au rezistat de-a lungul timpului mai multor cutremure, cum ar fi casele Hakka din China sau casele Bhunga din India, toate acestea fiind realizate în tehnici tradiționale de construire cu pământ având un plan circular, conduc către ideea că o clădire cu un plan circular are o rezistență mai bună decât o clădire similară dar cu plan pătrat.

Având ca punct de pornire studiile arhitectului german Gernot Minke despre forma în plan a construcțiilor din pământ, putem trage concluzia că forma ideală pentru stabilitatea structurii este cea circulară, sprijinită dacă este posibil și de contraforți. Planul pătrat este mai bun decât cel dreptunghiular, iar în cazul planului dreptunghiular cu cât diferența dintre lungime și lățime crește cu atât casa este mai puțin stabilă. În cazul planurilor în formă de „L” este de preferat desfacerea planului în două forme primare cât mai apropiate de pătrat.¹⁷³

La Universitatea Tehnică din Sydney a fost realizat un studiu¹⁷⁴ al comportamentului clădirilor din chirpici nearmat în timpul seismului

¹⁷² Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p.135

¹⁷³ Minke Gernot, *Construction manual forearthquake-resistant housesbuilt of earth*, GATE - BASIN, 2001, p.9

¹⁷⁴ Samali B., Jinwuth W., Heathcote K. and Wang C., *Seismic Capacity Comparison between Square and Circular Plan Adobe Construction*, The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, 2011

în funcție de forma în plan a construcției. Au realizat două modele din zidărie de chirpici, la scară mică (1/3), una cu plan circular și una cu plan pătrat. La realizarea cărămizilor a fost folosită o combinație de pământ, coji de orez și nisip în proporție de 2:2:1. Zidăria a fost realizată cu 10-12mm grosime mortar. Rezistența medie la compresie a zidăriei astfel obținute a fost 667 kPa. Cele două modele au fost realizate din zidărie cu grosimea de 31 mm, cu dimensiunile în plan 1,2 m x 1,2 m, respectiv 1,2 m diametru, înălțimea peretelui 0,82 m, încărcătură saci cu nisip de 2 kN/m², total încărcătură acoperiș 2,25 kN/m², încărcătura pereților 1,98 kN/m² respectiv 1,56 kN/m².

Atunci când zidăria a fost în totalitate uscată s-a acoperit cu o placă de lemn stratificat peste care s-au așezat sacii cu nisip aranjați în aceeași direcție. Masa a fost înclinată încet cu ajutorul unei pompe hidraulice până ce modelele au cedat. Pentru modelul cu plan pătrat la început, crăpăturile au apărut la 25°, echivalentul unei forțe orizontale de 1,45 kN; modelul a cedat la 29°, echivalentul unei forțe orizontale de 1,78 kN. La modelul cu plan circular la început, crăpăturile au apărut la 29°, echivalentul unei forțe orizontale de 1,73 kN; modelul a cedat la 32°, echivalentul unei forțe orizontale de 2,02 kN.

Distrușgerea modelului cu plan pătrat a apărut crăpându-se vertical în colț din cauza forțelor de forfecare și tracțiune și urmată de răsucirea peretelui. Se constată că peretele se deplasează ușor în lipsa fixării colțurilor. Partea de sus a peretelui are un răspuns mai mare care induce o forță mai mare și peretele se distruge.

Rezultatul acestui test arată o performanță mai bună a structurii circulare față de cea cu plan pătrat.

Pentru a realiza construcții rezistente la seism la construirea unei case din chirpici se va ține cont de următoarele principii de proiectare ale formei, dimensiunilor, raportului plin-goluri, raportului grosime-înălțime perete, etc.:¹⁷⁵

- Forma ideală este cea de cutie compactă, cu plan simetric, cel circular fiind mai stabil decât cel pătrat sau dreptunghiular.
- Casele cu un singur nivel sunt mai rezistente. În general casele din pământ rareori depășesc două niveluri. Clădirile cu mai

¹⁷⁵ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings : A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011, p.8

multe niveluri din pământ pot fi construite în zone fără activitate seismică importantă.

- Realizarea unui acoperiș ușor care să nu încarce zidăria, iar dacă acest lucru nu este posibil acoperișul se va sprijini pe o structură proprie.
- Intersecții de pereți la intervale egale pe ambele direcții ale clădirii. Se vor evita astfel pereții foarte lungi fără sprijin intermediar. Pentru mărirea rezistenței unui perete mai lung pot fi folosiți contraforți amplasați la exterior sau la interior. În cazul amplasării contraforților spre interior aceștia pot folosi la realizarea unor obiecte de mobilier cum ar fi rafturi, dulapuri, canapele și altele.
- Deschiderile trebuie să fie mai mici, centrate și distanțate.
- Fundații rezistente.
- Pereții vor avea cel puțin 40 cm grosime.
- Înălțimea pereților nu va depăși 3,5 m. Înălțimea se calculează înmulțind grosimea de la baza peretelui cu 6. Astfel un perete cu grosimea de 40 cm va avea înălțimea de 2,40 m.
- Un perete nu poate avea lungimea mai mare de 7 m fără sprijin lateral. Din acest motiv se va calcula distanța dintre joncțiunea a doi pereți consecutivi înmulțind grosimea peretelui cu 10. Deci un perete de 40 cm grosime va avea nevoie de sprijin lateral din 4 m în 4 m.
- Lungimea unui gol din perete nu va depăși $\frac{1}{3}$ din lungimea totală a peretelui și nu va fi mai mare de 1,2 m.
- Distanța de la intersecția cu peretele transversal până la golul ferestrei sau a ușii trebuie să fie de cel puțin 1,2 m.

Folosirea tehnologiei de armare pe orizontală și verticală

La Universitatea Catolică din Peru se fac cercetări de 40 de ani în acest sens. În studiile publicate au fost descrise sisteme de armare a zidăriei din chirpici. Sistemele descrise în continuare pot fi aplicate atât la casele noi cât și la cele existente.

Pentru armarea zidăriilor din chirpici trebuie avute în vedere două elemente importante ale construcției:

→ Centurile

Acestea sunt esențiale pentru construcțiile din zidărie portantă de chirpici. Ele leagă pereții ca un inel asigurând casei un comportament de cutie în timpul cutremurului. Centurile pot fi realizate din lemn sau tije de eucalipt sau bambus și trebuie să fie puternice, continue și prinse bine de perete.¹⁷⁶ Diametrul elementelor din eucalipt sau bambus trebuie să fie de 10 - 12 cm. Toate îmbinările vor fi bătute în cuie și legate cu sârmă din oțel galvanizat.

Se amplasează în partea superioară a peretelui pe toată grosimea peretelui și constituie suport pentru șarpantă.

→ Schema de armare

Armarea zidăriei de chirpici se va face în zonele critice ale clădirii. Este necesar ca armăturile să fie continue putând fi amplasate în interiorul zidăriei sau pe suprafața acesteia. Se deosebesc două tipuri de armare:

- armarea verticală leagă peretele de fundație și de centură și împiedică ieșirea zidăriei din planul pereților și distrugerea cauzată de forțele de forfecare din plan.
- armarea orizontală leagă pereții între ei și va transmite forțele spre pereții transversali. Prin limitarea forțelor de forfecare ce apar la îmbinări micșorează crăpăturile verticale.

Armarea se poate face din bambus, stuf, trestie, viță de vie, frânghie, lemn, tuburi de PVC, bare de oțel, sârmă ghimpată, plasă de oțel, plasă de plastic și plasă de polimer.

A. armare interioară

→ armare interioară cu trestie

Într-un studiu din 1972 la Universitatea Catolică din Peru au fost testate structuri de chirpici cu armătură de trestie. Testele au constatat în așezarea structurilor pe o platformă de beton care se înclină ușor până la distrugerea zidăriei. Pentru a se calcula forța seismică s-a luat în considerare greutatea laterală a modelului. Concluzia a fost că armarea verticală cu trestie combinată cu armarea orizontală din trestie zdrobită

¹⁷⁶ *Ibidem*, p.9

așezată la fiecare al patrulea rând de zidărie a crescut rezistența laterală a structurii.

În 1992 s-au realizat teste pe 8 modele, la scară reală, de zidărie cu un nivel. Concluzia acestor teste a arătat că armarea orizontală și verticală cu trestie de zahăr în combinație cu o centură solidă previne desfacerea colțurilor chiar în timpul unui seism sever. Structura nu s-a distrus chiar dacă pereții s-au deteriorat.

În Peru și El Salvador s-au construit o serie de case armate cu trestie sau în combinație de trestie și plasa de sârmă. Acestea au fost construite înainte de anul 2001 iar în urma seismului din acel an au prezentat distrugeri minore, în timp ce casele din apropiere construite în mod tradițional din chirpici, bahareque sau mixt au suferit distrugeri mari.¹⁷⁷

→ armare interioară cu bambus

Tijele de bambus constituie un material potrivit pentru realizarea armăturilor structurilor din chirpici. Este o plantă care crește foarte ușor în regiunile tropicale și subtropicale, ajungând la înălțimea finală în 2 - 3 luni. Tijele pot avea până la 30 cm în diametru. Se remarcă flexibilitatea acestor tije care rezistă foarte bine vânturilor și se rup rar datorită nodurilor din care sunt formate tijele și golului din interiorul acestora.¹⁷⁸

Un studiu realizat de Institutul Național de Cercetare și Standardizare pentru Locuințe din Peru a dezvoltat un sistem de armare verticală cu fire de bambus introduse prin găurile cu diametrul de 5 cm existente în chirpici.¹⁷⁹ Armătura de bambus trece chiar prin cărămizile care formează colțul casei, pereții fiind prelunși spre exterior cu lungimea unui chirpici astfel formându-se contraforții. Armătura orizontală s-a realizat din două fire de bambus așezate de-a lungul peretelui, de-o parte și de cealaltă a armăturii verticale și continuând inclusiv în zona contraforților. În cadrul acestui studiu s-a luat în calcul faptul că dacă un perete are o lungime de 12 ori mai mare decât

¹⁷⁷ Dowling D. M., *Natural Hazards in El Salvador*, The Geological Society of America, Special paper 375, 2004

¹⁷⁸ Sreemathi Iyer, *Guidelines for building bamboo reinforced masonry in earthquake prone areas in India*, A thesis presented to the Faculty of the School of Architecture University of Southern California, mai 2002, pp. 26-27

¹⁷⁹ Minke Gernot, *Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth*, GATE - BASIN, 2001, p. 24

grosimea, atunci este obligatoriu să se amplaseze un contrafort intermediar, aceștia fiind fixați cu armătură verticală și orizontală identică cu armarea realizată la colțurile structurii. În mod similar s-a rezolvat și intersecția dintre un perete interior cu unul exterior.

Testele au arătat că armăturile orizontale din bambus slăbesc pereții datorită faptului că tijele de bambus nu se prind foarte bine în structura de chirpici, în acest fel perturbând transferul forței de forfecare. Mortarul în care se înglobează tijele de bambus ar trebui să fie unul de calitate și să fie așezat în straturi de 2 cm astfel încât să acopere armătura. În aceste condiții se realizează o legătură solidă între structura de chirpici și armătura de bambus.

➔ **armare interioară cu oțel sau bambus fixate cu ciment**

Structurile realizate din cărămizi stabilizate și presate cu nut și feder pot fi armate cu bare de oțel sau tije de bambus. Am arătat deja în subcapitolul 5.1.5., destinat tipurilor de cărămizi din pământ, marea varietate a formelor cărămizilor din pământ presat. Acestea pot avea diferite goluri prin care, în timpul zidirii, se vor trece armăturile care se vor fixa după terminarea ridicării pereților cu mortar din pământ cu adaos de ciment.

Armăturile trebuie menținute cât mai drepte și prinse în fundație și centură. O astfel de structură rezistă foarte bine la cutremur datorită flexibilității. Într-un studiu realizat în Tailanda s-a folosit pentru umplerea golurilor un amestec realizat din ciment o parte și nisip trei părți.

Pentru că această zidărie nu este rezistentă în cazul în care cărămizile sunt așezate fără mortar, arhitectul Gernot Minke a realizat un model nou de cărămidă care prezintă în partea superioară o ridicătură, iar în partea inferioară o adâncitură astfel încât acestea se potrivesc perfect în momentul suprapunerii.¹⁸⁰ În acest fel, atunci când unda seismică transmite construcției un impuls vertical, cărămizile se așează la loc în poziția corectă.

B. armare cu tuburi din PVC și rețea de plastic

Având în vedere că trestia este greu de găsit în cantități mari, s-a înlocuit trestia cu materiale industriale care pot fi găsite cu ușurință

¹⁸⁰ Minke Gernot , *Construction manual forearthquake-resistant housesbuilt of earth*, GATE - BASIN, 2001, p. 26

și în cantități suficiente în orice zonă . Armarea făcută cu tuburi din PVC verticale și rețea de plastic orizontală s-a dovedit eficientă.¹⁸¹

C. armare exterioră cu bambus și interioră cu plasă de sârmă

La Universitatea Tehnologică din Australia s-au făcut teste pentru zidărie din chirpici cu armătură exterioră din bambus și armătură interioră din plasă de sârmă. Plasa de sârmă a fost montată orizontal la fiecare 3 rânduri de zidărie. Din loc în loc au fost introduse sfori de polipropilenă cu lungimea mai mare decât grosimea peretelui astfel încât capetele să atârne în afara zidăriei. După realizarea peretelui întreg din chirpici au fost prinse de o parte și de cealaltă a zidăriei tije de bambus verticale cu ajutorul sforilor din polipropilenă care atârnau din perete. Tijele de bambus au fost fixate bine în centură.

S-a realizat a doua variantă în care tijele din bambus amplasate pe fața exterioră a peretelui au fost montate orizontal. Sistemul s-a dovedit eficient, structura nu s-a distrus.

D. armare exterioră cu rețea din trestie și sfoară

Pentru acest sistem s-a realizat o rețea pătrată de 45 cm din trestie așezată vertical și rânduri orizontale de sfoară. Testat pe o platformă seismică în cadrul Universității Catolice din Peru, sistemul s-a dovedit eficient pentru prevenirea prăbușirii construcției.

E. armare cu plasă de sârmă

În Arequipa, Peru, în zona afectată de cutremurul din 2001, au fost construite case din chirpici armat cu plasă de sârmă pentru a testa performanțele la acțiunea seismică. Aceste case au rezistat fără a se deteriora. Casele similare dar fără armătură s-au dărâmat sau au fost grav avariate.

Acest sistem de armare a fost studiat deoarece poate fi aplicat caselor noi și celor existente deopotrivă. Armarea cu plasă de sârmă de 1 mm și spații de 2 cm se face prinzând plasa în cuie metalice în zidăria de chirpici. Rețeaua este aplicată în fâșii verticale și orizontale simulând

¹⁸¹ Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings : A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011, p.16

stâlpi și grinzi. Peste plasa de metal se realizează un strat de mortar de ciment sau mortar de nisip de 2 cm grosime. Testul pe platforma seismică a fost realizat pe două modele în formă de U, unul armat și unul nearmat. Modelul nearmat s-a prăbușit în timp ce modelul armat s-a degradat dar nu s-a prăbușit.

Având în vedere că forțele seismice cresc o dată cu înălțimea pentru casele cu două niveluri se recomandă armarea cu plasă de sârmă a întregului perete din zona nivelului inferior și armarea cu fâșii orizontale și verticale pe pereții celui de-al doilea nivel.

Este o tehnică simplă, ușor de realizat și poate fi aplicată deopotrivă atât caselor noi construite cât și caselor existente. Totuși, pentru casele existente este nevoie de o examinare a structurii care nu trebuie să fie deteriorată. Este foarte important ca pereții din chirpici să nu prezinte igrasie la partea inferioară. La fel de importantă este și starea în care se află acoperișul.

În 1998 s-au construit 20 de case cu armătură din plasă de sârmă în șase orașe din Peru. În timpul cutremurului din 2001 cu magnitudinea de 8,4 toate cele șase case nu au avut niciun fel de deteriorare. Casele învecinate care erau construite în mod tradițional s-au prăbușit ori au avut deteriorări grave.

Acest sistem de armare s-a dovedit eficient și în cazul cutremurului din 2007 în Pisco, Peru care a avut magnitudinea 8,0. Un perete al aceleiași case care nu fusese armat s-a prăbușit în timp ce clădirea de chirpici armat a rezistat fără distrugerii.¹⁸²

F. armare cu plasă de polimer - geogril

Există numeroase studii de specialitate care cercetează comportarea pământului armat în diferite combinații de nisip și argilă armate cu geotextile, geogrilile sau geocelule. Materialul geosintetic are rolul de a prelua forțele de întindere care apar în terenul de fundare atunci când este supus încărcărilor.

Geogrilul este un material bidimensional ca o rețea ce poate fi realizat prin ștanțare într-o folie din polimer sau din mănunchi de fibre polimerice fine întreșesute la nodurile rețelei. Materialul nu conține

¹⁸² Quiun D., *Reinforced Adobe*, World Housing Encyclopedia, Report 107, 2010, p.4

substanțe periculoase fiind un material potrivit pentru armarea caselor din pământ.¹⁸³

La Universitatea Catolică din Peru s-a dezvoltat o tehnologie de armare cu geogril. Pentru armare se folosește geogrilul cu goluri de maxim 5 cm amplasat pe ambele fețe ale pereților și care îi va acoperii în întregime. Geogrilul tăiat conform dimensiunilor casei se montează pe suprafața pereților cu ajutorul unor frânghii de plastic așezate în perete în timpul construcției.

O bucată din geogril de 90 cm se va așeza în cofrajul care s-a montat de-a lungul fundației. Peste aceasta se așează pietre medii care vor ține materialul să nu se ridice. Deasupra se adaugă un strat din amestecul preparat pentru realizarea chirpiciului. Panourile pentru armarea pereților se vor monta în marginile fâșiei de geogril prinsă în soclu. Prinderea se va face cu sfoara din plastic.

După montarea centurii, următorul pas este să se monteze geogrilul pe suprafața pereților. Folia se trage peste zidărie, întinsă bine. Este nevoie de doi oameni, unul să întindă folia trăgând-o peste zidărie, iar a doua persoană să lege geogrilul cu firele de plastic care atârnă din zidărie în zona superioară. Foile de geogril se vor întrepătrunde peste centură pe o zonă de 15 cm. Se fixează cu ajutorul cuielor în centură. De asemeni și în lateral gridul se va întrepătrunde pe o distanță de 15 cm.

Tencuirea pereților se face în două straturi din mortarul folosit la zidărie. Primul de 2,5 cm grosime, al doilea mai subțire, de 0,5 cm. Pentru un aspect fin se freacă suprafața peretelui întâi cu o piatră netedă, apoi cu o piatră foarte fină. Cu mișcări circulare se lustruiește suprafața și totodată ajută la mărirea rezistenței tencuielii.

La testul cu platforma seismică s-a demonstrat că acest sistem are o rezistență mare la acțiunea seismică. Peretele se poate desface în blocuri mari dar geogrilul previne căderea acestora evitând astfel dărâmarea.¹⁸⁴

¹⁸³ www.geofabrics.com

¹⁸⁴ Blondet Marcial, Torrealva Daniel, Vargas-Neumann Julio, *Building hygienic and earthquake-resistant adobe houses using geomesh reinforcement, For Arid Zones*, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2007

G. fâșii de cauciucuri uzate

Acest sistem a fost dezvoltat de Universitatea Victoria, în Noua Zeelandă și presupune armarea pereților cu fâșii tăiate din cauciucuri uzate. Fâșiile sunt prinse în mod continuu trecând și prin goluri, la fiecare 60 cm pe orizontală și la fiecare 1,2 m pe verticală. Fâșiile verticale trec pe sub fundație și se prind în cuie în partea superioară în centură.

Testul cu platforma seismică a fost realizat la Universitatea Catolică din Peru. Modulul care a fost supus testului pe masa seismică a fost realizat din chirpici cu dimensiunea de 25 x 25 x 7 cm. Amestecul pentru realizarea cărămizilor s-a obținut din 5 părți pământ cernut, 1 parte nisip grosier și 1 parte paie la care s-a adăugat apă. Mortarul din pământ folosit pentru zidărie a fost obținut dintr-un amestec asemănător cu cel pentru cărămizi dar cu proporția de 3:1:1. Cu aceste materiale s-a realizat, peste o grindă de beton, o cameră cu planul pătrat cu suprafața de 3,25 mp și cu înălțimea de 2,00 m. Un perete a fost lăsat întreg, unul are un gol central pentru ușă și ceilalți doi pereți au câte un gol de 1mp pentru ferestre.¹⁸⁵

Rezultatul testului a arătat că acest tip de armare previne prăbușirea chiar în timpul aplicării unei oscilații de mare intensitate.

H. benzi de polipropilenă

Este o metodă ieftină dezvoltată în Japonia. Constă în aplicarea de benzi din polipropilenă care sunt ieftine, durabile, rezistente și ușor de achiziționat. În urma testării pe platforma seismică s-a dovedit a fi un sistem eficient.

I. zidărie armată cu sârmă zincată

Sistemul constă în realizarea unei rețele tridimensionale de sârmă zincată sudată. A fost realizat un model cu două niveluri care a fost testat în cadrul unui proiect de cercetare realizat de Universitatea Politehnică din Madrid și Universitatea Catolică din Peru. În urmă testului sistemul a rezistat fără crăpături semnificative.

¹⁸⁵ Charleson Andrew, *Seismic strengthening of earthen houses using straps cut from used car tires: a construction guide*, Earthquake Engineering Research Institute, septembrie 2011

În urma cutremurului din 2007 din Pisco, în Peru, a fost implementat un program de educație pentru construirea în siguranță a caselor din chirpici. Nouă case au fost construite de către proprietarii care au fost instruiți. Mai mult de 800 de membrii au participat la program și au adoptat tehnologia nouă de chirpici armat cu geogril.¹⁸⁶

Realizarea unui acoperiș ușor, prins bine de structura casei

În puține zone este permisă construirea acoperișului direct pe pereții din pământ. În cele mai multe zone există două situații atunci când discutăm despre acoperișul unei case:

- ➔ acoperișul sprijină prin intermediul unei centuri pe pereții portanți ai casei
- ➔ acoperișul are structura independentă de pereții din chirpici ai casei

În primul caz ne aflăm în situația în care greutatea acoperișului acționează prin intermediul centurii asupra pereților portanți din chirpici afectând rezistența la cutremur a construcției. De multe ori în timpul seismului acoperișurile care nu sunt bine prinse de centură sunt dislocate și apăsând inegal asupra zidăriei pot provoca stricăciuni sau chiar prăbușirea caselor din chirpici. Pentru a evita aceste evenimente centurile se vor prinde solid de zidăria de chirpici, iar șarpanta se prinde cu scoabe sau cu piese metalice zincate prinse în șuruburi.

Pentru o rezistență mai mare a structurii casei acoperișul trebuie să fie cât mai ușor pentru a nu încărca structura din chirpici. Șarpanta acoperișurilor se realizează în general din lemn de diferite esențe. Pentru învelitoare se pot folosi materiale ușoare cum ar fi: trestie, paie, șifă, tablă.

În cazul al doilea, acoperișul nu sprijină pe zidăria de chirpici. Greutatea acoperișului este preluată de structura de lemn, bambus sau oțel. În acest fel greutatea se transferă direct către fundații. Învelitoarea acoperișului poate fi din orice material chiar și țiglă ceramică olandeză sau ceramică sau pământ. În măsura în care șarpanta este bine prinsă de

¹⁸⁶Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., *Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011, p.13

structură și respectiv de fundație, acoperișul nu va provoca prăbușirea casei.

5.6. Protecția elementelor realizate din pământ în vederea rezistenței la intemperii

Indiferent de zona climatică, zidăria din chirpici cu sau fără tencuială din lut nu este foarte rezistentă la acțiunea intemperiilor și a vânturilor puternice.

În Africa meșteșugul datează din perioada preislamică. Etapele construirii cu pământ se transmit din generație în generație între membrii familiei, păstrându-se astfel tradiții vechi cum ar fi îngroparea cerealelor și a oaselor de animale la colțurile viitoarelor clădiri, formând niște depozite pentru fundație.¹⁸⁷ Zidarii trebuie să aibă cunoștințe și puteri speciale pentru a calma spiritele apelor și ale terenului. Incantațiile rituale învățate de la strămoși au rolul de a proteja de accidente echipa de muncitori și clădirea. În satele care nu sunt musulmane se fac sacrificii pentru spiritele terenului, protejând astfel viitorii locuitori ai casei.

De curând au fost introduse fundațiile de piatră care dau stabilitate pereților și protejează zidăria în timpul inundațiilor. Meșteșugarii zidari au propriile lor tehnici pentru realizarea zidăriei de piatră și de chirpici, pentru verificarea dimensiunilor, a verticalității și a liniilor orizontale. Firul cu plumb, drișcă, matrițele pentru cărămizi, ruleta sunt nou adoptate în procesul de construire.¹⁸⁸

În România casele tradiționale din pământ aveau socluri înalte care să protejeze împotriva intemperiilor numai în măsura în care proprietarul își permitea acest lucru, piatra fiind destul de scumpă în cele mai multe zone. Uneori între fundație și zidărie puneau un strat de bitum pentru a preveni trecerea umezelii spre zidăria de chirpici. Datorită materialului scump, acest procedeu se întâlnește rar. Cu același

¹⁸⁷ Marchand, Trevor H.J., *The Masons of Djenné*, Bloomington, Indiana University Press, 2009

¹⁸⁸ *Ibidem*

scop unele case aveau de jur împrejur un trotuar înalt de maxim 1m cu pantă spre exterior.¹⁸⁹

Din cauza inundațiilor multe case se distrugeau. După inundații se recuperau elementele rămase întregi cum ar fi: țigle, uși, ferestre și chiar piatră. Cu aceste materiale și cu chirpici nou se construia casa într-un loc nou mai departe de zona inundațiilor. Reconstruirea nu era o problema având în vedere faptul că materialul pentru chirpici era ieftin și tehnica de construire era la îndemâna oricui.

Protecția pereților din chirpici în vederea rezistenței la intemperii se realizează chiar și prin simpla tencuire și vopsirea acestora. Tehnica întâlnită în Africa sau India prin care se finisează tencuiala prin frecarea circulară cu o piatră netedă are rolul de a păstra compoziția materialului nemodificată și totodată de a mări rezistența la intemperii a suprafeței.¹⁹⁰

Vopsirea tencuielii are rolul de impermeabilizare și în același timp reduce difuzia vaporilor. Din acest motiv, în zonele cu climă rece straturile exterioare vor fi din vopseluri care să permită vaporilor să treacă.¹⁹¹

Sunt mai multe variante pentru realizarea vopsitoriei:

- laptele de var se aplică în 3 - 4 straturi subțiri. După uscare peretele va fi alb dar pot fi adăugați pigmenți rezistenți la var pentru colorare.
- laptele de var în combinație cu zer, brânză de vaci sau cazeină devine mai ușor de curățat și durabil. Tradițional se folosea zerul sau smântâna. Tehnica modernă folosește amestecul realizat din 1 - 3 părți de var hidraulic, o parte brânză fără grăsimi și 1,5 - 2,5 părți apă, adăugând uneori și puțin ulei dublu fiert. Pentru spațiile umede unde este necesară curățarea pereților se va folosi un amestec de 1 parte de var hidraulic, 5 părți brânză fără grăsimi. După omogenizare se lasă să stea o perioadă și apoi se adaugă 20 părți de var hidraulic, 2 - 4% ulei dublu fiert și apă.

¹⁸⁹ Dumitru Miron, *Case tradiționale. Cum se construiau, de buncii noștrii ?*, Etnografie și folclor în zona Hârlău, www.harlauletnografie.wordpress.com, martie 2013

¹⁹⁰ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p. 92-97

¹⁹¹ *Ibidem*, p. 98

- laptele de borax înlocuiește varul hidraulic și poate fi amestecat cu cazeină. Se folosește pentru culori închise.
- vopseaua incoloră de cazeină este folosită în cazul în care se dorește păstrarea culorii naturale a tencuielii.
- vopsea din var și seu

Prezența umezelii este principala cauză a prăbușirii pereților din lut.

Ca o regulă generală lipsa fundațiilor sau a soclului din piatră conduce la umezirea pereților din pământ și apoi la distrugerea structurii¹⁹². Chiar și la casele cu fundație și soclu pot apărea infiltrații. Acestea sunt cazurile în care nu a fost realizată o hidroizolație între fundație și pereții de pământ sau sistemul de drenaj este inexistent sau executat greșit. Apa urcă prin fundație ajungând în cele din urmă în pereții de lut unde produce saturația în zona inferioară. Particulele de argilă din pereții umeziți au tendința să se desfacă măbind întâi plasticitatea materialului și apoi, în prezența unei cantități mai mari de apă, transformându-l în lichid¹⁹³, conducând în final la prăbușirea structurii de lut.

Realizând un proiect care să țină cont de geometria terenului și de datele climatice ale zonei, aceste neajunsuri pot fi evitate. Primele etape ale proiectării ar trebui să cuprindă o cercetare amănunțită a terenului pentru a poziționa clădirea în zona cea mai ridicată și folosind pantele pentru realizarea drenajului. Orientarea casei față de punctele cardinale trebuie realizată în funcție de vânturile dominante.

Voi enumera în continuare câteva soluții pentru protejarea structurilor din lut împotriva distrugerilor cauzate de apă:

- Alegerea terenului este esențială în această privință. Pentru o structură realizată în tehnica lutului se recomandă un teren ferm, stabil, departe de zonele inundabile. Un teren plat sau care are o ridicătură este mai bun decât unul în pantă. Totuși, în cazul alegerii unui teren în pantă poate fi realizată o casă din pământ cu condiția realizării unui drenaj francez executat corect.

¹⁹² *** , *Cob Walls in East Dorset Care & Repair*, East Dorset District Council Planning Guidance, Iunie 2008, p.1-8

¹⁹³ Keefe Larry, *The cob buildings of Devon, Repaire and maintenance*, Devon Historic Buildings Trust, www.devonearthbuilding.com, septembrie 1993

- Fundația din beton sau piatră ține umezeala departe față de pereții din lut. Între soclu și peretele din pământ se aplică un strat hidroizolant. Pentru zonele cu precipitații rare se pot realiza socluri joase, însă în zonele cu precipitații abundente sunt recomandate soclurile înalte astfel încât pereții de lut să se stropească cât mai puțin.
- Trotuarul casei poate fi realizat din orice material dar este de preferat trotuarul din pietriș.
- Tencuiala pe baza de var protejează pereții împotriva umezirii și totodată permite peretelui să respire favorizând uscarea pereților.
- Acoperișul cu streșini largi, cu învelitoare din trestie, paie sau țiglă ceramică sau metalică.

5.7. Eficiența energetică a construcțiilor din pământ

Performanța energetică a unei clădiri este “energia efectiv consumată sau estimată pentru a răspunde necesităților legate de utilizarea normală a clădirii, necesități care includ în principal: încălzirea, prepararea apei calde de consum, răcirea, ventilarea și iluminatul. Performanța energetică a clădirii se determină conform unei metodologii de calcul și se exprimă prin unul sau mai mulți indicatori numerici care se calculează luându-se în considerare izolația termică, caracteristicile tehnice ale clădirii și instalațiilor, proiectarea și amplasarea clădirii în raport cu factorii climatici exteriori, expunerea la soare și influența clădirilor învecinate, sursele proprii de producere a energiei și alți factori, inclusiv climatul interior al clădirii, care influențează necesarul de energie”¹⁹⁴.

Structurile din pământ, indiferent de tehnica folosită pentru construire, sunt potrivite pentru obținerea performanței energetice ridicate. Masa termică a pământului fiind mai mare decât a altor materiale conduce către ideea că structurile din pământ pot fi folosite

¹⁹⁴ ***, *Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, Partea I – „Anvelopa clădirii”*, indicativ Mc 001/1, decembrie 2006, p.5

pentru acumularea de căldură, măbind astfel eficiența energetică a clădirilor.

În general casele cu pereții realizați din ciamur sau chirpici de pe teritoriul țării noastre s-au dovedit rezistente. Pereții cu grosimea între 40 cm și 60 cm conferă o bună termoizolare, motiv pentru care casele sunt răcoroase pe timpul verii fără folosirea unor metode speciale de ventilare sau răcire.¹⁹⁵

Rezistența termică a construcțiilor din pământ

Lutul nu este un material bun izolant termic. Din compoziția acestuia numai paie au proprietăți de izolare iar acestea sunt într-un procent mic. Din acest motiv tehnica lutului nu este recomandată în climat rece fără realizarea unui strat termoizolant care să mărească rezistența termică a pereților.¹⁹⁶

În zonele cu temperaturi extreme atât fundația cât și pereții vor trebui izolați. Dacă este suficient se va crește rezistența termică a peretelui prin adaos de paie, piatră ponce în materialul folosit la realizarea pereților. În cazul în care adaosurile nu sunt suficiente se va realiza un strat de vată minerală sau polistiren așezate la exterior sau între straturile de lut astfel încât se va crește rezistența termică a peretelui conform normativelor în vigoare.

Pentru rețeaua electrică și conducta de apă, trebuie prevăzute țevi cu diametrul de 10 cm la nivelul inferior sau superior al fundației. Acestea vor avea nevoie de termoizolație pentru a nu îngheța pe timpul iernii.

După cum se observă în tabelul de mai jos valorile conductivității termice a pământului diferă în funcție de compoziția acestuia. Un procent mai mare de conținut de paie conduce către o densitate mai mică scăzând conductivitatea termică. Valoarea cea mai mare a conductivității termice a pământului fără adaosuri, acest tip de pământ fiind folosit pentru tehnica de construire cu pământ bătătorit, se află între valorile 0,95 - 1,20 W/mK mai mici decât valoarea conductivității termice a betonului. Din acest motiv pământul bătătorit este mai bun decât betonul. Cel mai bun pământ folosit în tehnica de

¹⁹⁵ Ionescu Grigore, *Arhitectura populară românească*, Editura Tehnică, 1957, p. 50

¹⁹⁶ Sigi Koko, *Building with cob, Down to Earth Design*, www.buildnaturally.com, 2000

construire cu structură de nuiele este argila ușoară realizată dintr-un amestec de argilă cu paie de secară, de grâu sau ovăz, a cărei densitate este mai mică decât 1200 kg/m^3 . Valoarea conductivității termice a acestui material este comparabilă cu cea a cărămizilor cu goluri. Cărămizile din chirpici și lutul se încadrează în categoria argilelor cu paie cu densitatea între 1400 și 1600 kg/m^3 , acestea având rol structural spre deosebire de argila ușoară care se montează pe o structura schelet din nuiele.

Valorile conductivității termice variază pentru diferite materiale din pământ în funcție de valoarea densității.¹⁹⁷

Material	Rohdichte ρ [kg/m ³] Densitate	Wärmeleitzahl λ [W/mK] Conductivitate termică
Massivlehm, Lehmförmlinge/ Pământ fără adaos / Argilă	1800 - 2000	0,95 - 1,20
Strohlehm / Argilă cu paie	1400 - 1600	0,60 - 0,80
Leichtlehm / Argilă ușoară	800 - 1200	0,30 - 0,50
Vollziegel, Hochlochziegel/ Cărmidă plină, Cărmidă cu goluri	1200 - 2000	0,50 - 0,95
Normalbeton / Beton	2200 - 2400	1,60 - 2,10

¹⁹⁷ Hajer Milena, Lehm-bau-Funktion und Ästhetik Eine Besondere Lernleistung mit den Schwerpunkten Kunst / Biologie, <http://milena.hajer.com/#deutschland>

Dampfgehärteter Porenbeton / Beton ușor	400 - 800	0,14 - 0,23
Buche, Eiche / Lemn de fag, stejar	800	0,20

Având în vedere aceste valori ale conductivității termice se poate calcula rezistența termică a pereților din pământ astfel încât să corespundă noilor cerințe de eficiență energetică. Formula de calcul a rezistenței termice, conform SR EN ISO 6946, Părți și elemente de construcție - Rezistența termică și transmitanța termică - Metoda de calcul, este :

$$R = R_i + R_e + \sum_k R_k$$

unde

R_i - rezistența termică a suprafeței interioare

R_e - rezistența termică a suprafeței exterioare

R_k - rezistența termică a unui strat K care are grosimea d_k și conductivitatea termică λ_k

$$R = d / \lambda \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$R_i = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_e = 0,042 \text{ m}^2\text{K/W}$$

De exemplu rezistența termică a unui perete realizat în tehnica de construire cu pământ bătătorit de 60 cm va fi:

pentru $\lambda_1 = 1,20 \text{ W/mK}$

$$R_1 = 0,125 + 0,042 + 0,60 / 1,20 = 0,167 + 0,50 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$$

pentru $\lambda_2 = 1,20 \text{ W/mK}$

$$R_2 = 0,125 + 0,042 + 0,60 / 0,95 = 0,167 + 0,63 = 0,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

dar $R'_{\min} = 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ conform C107/3, Normativ de calcul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor. Pentru că rezistența termică a peretelui de pământ bătătorit este mai mică decât $R'_{\min}$ este necesară adăugarea unui strat de termoizolație din panouri ecologice din cânepă, bumbac sau în care permit structurii de pământ să respire.

Determinarea grosimii stratului de termoizolație necesar pentru obținerea unei rezistențe termice corectată mai mare decât $R'_{\min}$:

pentru $\lambda_1 = 1,20 \text{ W/mK}$

$$R'_1 = (0,67 + X / 0,04) \times 0,8 > 1,8 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow X > (1,8 / 0,8 - 0,67) \times 0,04 = 0,0632 \text{ m}$$

→ adică este nevoie de un strat de termoizolație cu $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ de cel puțin 7 cm grosime, iar în acest caz rezistența termică a peretelui va fi:

$$R_1 = 0,67 + 0,07 / 0,04 = 0,67 + 1,75 = 2,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R'_1 = 2,42 \times 0,80 = 1,936 \text{ m}^2\text{K/W} > R'_{\min} = 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$$

pentru $\lambda_2 = 0,95 \text{ W/mK}$

$$R'_1 = (0,80 + X / 0,04) \times 0,8 > 1,8 \text{ m}^2\text{K/W} \Rightarrow X > (1,8 / 0,8 - 0,80) \times 0,04 = 0,058 \text{ m}$$

→ adică este nevoie de un strat de termoizolație cu $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ de cel puțin 6 cm grosime, iar în acest caz rezistența termică a peretelui va fi:

$$R_2 = 0,80 + 0,06 / 0,04 = 0,80 + 1,5 = 2,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R'_2 = 2,30 \times 0,80 = 1,84 \text{ m}^2\text{K/W} > R'_{\min} = 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Reglarea umidității în spațiul interior al construcțiilor din pământ

Pereții din pământ bătătorit absorb vaporii de apă din casă sau din exterior atâta timp cât peretele nu este sigilat cu un strat impermeabil. Apa absorbită în pereți în timpul zilelor umede și reci, se evaporă reintrând în atmosferă în timpul zilelor însorite. Consumul de energie pentru transformarea apei în vaporii scade temperatura peretelui, iar când vaporii se transformă în stare lichidă produc energie și deci căldură în pereți.

Capacitatea pământului de a absorbi umiditatea este de trei ori mai mare decât a betonului. În același timp putem observa rapiditatea cu care pământul absoarbe umiditatea ajungând la valoarea de 100 g/m^2 doar în șase ore, valoare pe care alte materiale o ating după 48 de ore. Totodată, eliberarea umidității absorbite se realizează lent, pe parcursul

mai multor zile, astfel încât în spațiile interioare se obține o valoare constantă a umidității.

În timp ce într-o casă convențională umiditatea se poate ridica frecvent peste 70%, Martin Rauch a demonstrat că în propria casă din Schlins, realizată în tehnica de construire cu pământ bătătorit, umiditatea relativă a aerului s-a situat între valorile 50% și 60% în timp ce umiditatea aerului exterior a variat între 40% și 100%.¹⁹⁸

Clima din Schlins este caldă și temperată cu ploi între 62 mm și 138 mm, asemănătoare cu clima din zona orașului București unde valoarea precipitațiilor se află între 36 mm și 82 mm. Putem trage concluzia că, în România, se pot folosi cu succes structurile de pământ pentru reglarea umidității în spațiile interioare.

În zonele cu climat tropical, ploile abundente, care se întind pe o perioadă îndelungată de 7 - 12 luni, vor face ca pereții din pământ să ajungă la un maxim de absorbție a umidității. În aceste zone este nevoie de realizarea unui sistem de ventilare care să favorizeze eliberarea vaporilor din structura de pământ.

Masa termică a pereților structurilor din pământ

În zonele temperate casa din pământ trebuie gândită ca o casă pasivă, folosind radiația solară pentru un aport suplimentar de căldură în timpul sezonului rece.

Este ideal în deșert unde noaptea e frig și ziua cald, în timpul zilei pereții din lut acumulând căldură pentru ca în timpul nopții când este frig să elibereze căldura menținând în spațiul interior o temperatură constantă.

Capacitatea unui material de înmagazinare a căldurii reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi 1 m³ de perete cu 1°C și se poate calcula astfel¹⁹⁹:

$$S = c \cdot \rho \quad [\text{KJ/m}^3\text{K}]$$

c - căldura specifică a materialului

ρ - densitatea

¹⁹⁸ Divet Caroline, *Retour de la terre dans l'architecture contemporaine - Une réponse aux besoins de confort hygrothermique?*, Memoare de master, ianuarie 2013, p. 15

¹⁹⁹ Minke Gernot, *Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă*, Simetria, 2008, p. 31

Căldura specifică a materialelor folosite în tehnicile de construire cu pământ variază în funcție de densitatea materialului de la 1 350 kJ/kgK pentru materialele cu densitatea $\rho = 1\,500\text{ kg/m}^3$ până la 1 800 kJ/kgK pentru cele cu densitatea $\rho = 2\,000\text{ kg/m}^3$.

În tabelul de mai jos sunt specificate caracteristicile termice ale unui material folosit în tehnica cu pământ bătătorit cu $\rho = 1\,900\text{ kg/m}^3$.

Caracteristicile termice pentru pământ bătătorit²⁰⁰

(Valeurs moyennes)	Epaisseur 20 cm	Epaisseur 60 cm
Masse volumique	$\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$	
Propriétés thermiques		
Chaleur spécifique	$c = 1500 \text{ J/kg.K}$	
Conductivité thermique	$\lambda = 1,10 \text{ W/m.K}$	$\lambda = 1,10 \text{ W/m.K}$
Epaisseur	$e = 0,20 \text{ m}$	$e = 0,60 \text{ m}$
Résistance thermique	$R = 0,18 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R = 0,55 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Capacité thermique surfacique	$570 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$	$1710 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$
Effusivité thermique	$29,51 \text{ W.h}^{1/2}/ \text{m}^2.\text{K}$	
Diffusivité thermique	$4.10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	
Déphasage thermique	7.4 h	22.2 h

Caracteristici termice pentru diverse materiale de construire²⁰¹

Denumirea materialului	Densitatea aparentă ρ [kg/m ³]	Conductivitate a termică de calcul λ [W/(mK)]	Capacitate calorică masică c [J/(kgK)]	Coeficientul de asimilare termică s [W/(m ² K)]	Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori 1/KD
Beton armat	2500	1,74	840	16,25	21,3
Cărămizi pline	1800	0,80	870	9,51	6,1
Cărămizi cu găuri verticale	1450	0,64	870	7,64	4,7

Cu cât mai mare este densitatea a materialelor din pământ crește și căldura specifică a acestora conducând la o capacitate mare de

²⁰⁰http://www.arpe-mip.com/files/EXPO_ECOMAT2008/MA04_fiche_materiau_terrecrue_adobes_BTC.pdf

²⁰¹ Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor clădirilor - C107/3-2005

înmagazinare a căldurii în aceste structuri. Această caracteristică termică combinată cu proiectarea pasivă este utilă în perioada anului cu temperaturi joase dar și în timpul caniculelor:

- Vara, este necesară umbrirea pereților de lut. În timpul verii pereții umbriți vor avea o temperatură mai mică decât cea a aerului. Pereții vor absorbi căldura din aer eliminând nevoia de folosire a unui aparat de aer condiționat.
- Iarna peretele expus soarelui absoarbe caldura pe care o va elibera noaptea când este mai rece. Având la bază proprietatea pereților din lut de absorbție a căldurii solare pot fi realizate sisteme pasive de acumulare a căldurii cum ar fi: peretele Tromb sau realizarea unei sere.

Datorită valorii ridicate a capacității de înmagazinare a căldurii, pământul este recomandat pentru construcția de cuptoare și sobe, care amplasate central și combinate cu obiecte de mobilier din pământ sunt o sursă bună pentru încălzire. Căldura realizată în sobă este înmagazinată în pereții de lut ai sobei și în obiectele de mobilier din pământ, și apoi este eliberată în timp îndelungat în spațiul interior încălzindu-l.

Performanța energetică structurilor din pământ

Pentru proiectarea unei clădiri eficiente energetic trebuie avută în vedere micșorarea consumului de energie pentru acoperirea următoarelor necesități: încălzire, prepararea apei calde de consum, răcire, ventilație și iluminat. Structurile din pământ consumă mai puțină energie pentru încălzire, răcire și ventilație în comparație cu o construcție convențională din următoarele motive:

- am arătat că rezistență termică a structurilor din pământ este mică dar aceasta poate fi îmbunătățită prin adăugarea unui strat termoizolator. Cu un strat de termoizolație corespunzător cu grosimea de 5-10 cm se poate obține o rezistență termică mărită, peste valoarea minimă $R'_{min} = 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ cerută în normativ pentru clădirile eficiente energetic.
- structurile din pământ reglează umiditatea spațiului interior menținând umiditatea relativă între 50% și 60% astfel că nu mai este necesară ventilația suplimentară a spațiilor așa cum este necesar într-o construcție convențională.

- datorită capacității termice ridicate a structurilor din pământ pot fi realizate aporturi de căldură în perioada sezonului rece folosind căldura solară. În acest scop clădirea va fi orientată către sud și se vor proiecta pe această latură sisteme pentru captarea căldurii solare: ferestre, sistemul Tromb Michel, sistemul cu seră sau panouri solare.
- în același timp umbrirea fațadei dinspre sud pe timpul sezonului cald va micșora temperatura peretelui conducând la micșorarea temperaturii aerului din spațiul interior și eliminând necesitatea unui sistem de răcire.

La acestea se adaugă faptul că pentru construirea clădirilor din pământ se folosește materialul existent pe teren micșorând astfel costurile, dar și energia, pentru transport și producerea materialului.

Austriacul Martin Rauch a realizat un studiu de eficiență energetică pentru casa proprie din Schlins pe care a construit-o în tehnica pământului bătătorit folosind materialul excavat de pe teren pentru realizarea subsolului. A rezultat o diferență de 40% dintre consumul pentru construirea unei case convenționale și consumul pentru casa lui Martin Rauch. Consumul energetic pentru construirea casei din pământ se ridică la aproximativ $2\,400\text{ MJ/m}^2$ în timp ce pentru casa convențională are o valoare de $4\,400\text{ MJ/m}^2$.

Metodologie de proiectare propusă pentru construcția clădirilor din pământ

Am arătat pe parcursul lucrării că tehnicile de construire cu pământ, atât cele tradiționale cât și cele moderne, sunt în directă legătură cu zona geografică, climatică și seismică. Având la bază toate studiile explicate pe larg în capitolele anterioare putem extrage datele necesare întocmirii unei metodologii de proiectare a clădirilor din pământ aplicabilă pe teritoriul României.

Prin proiectul de metodologie pe care îl propun în continuare am urmărit realizarea unei scheme logice de proiectare. Am propus trei etape de prelucrare a datelor în funcție de stadiul în care se află procesul de proiectare. Cele trei etape sunt: etapa I - date preliminare, etapa II - studiul specializat al terenului și etapa III - configurarea propriu-zisă a clădirii.

→ ETAPA I

constă în obținerea și prelucrarea datelor preliminare referitoare la terenul propus astfel încât să se poată determina condițiile în care este posibilă realizarea de structuri din pământ sau renunțarea la teren dacă acesta nu este corespunzător.

→ în ETAPA a II a

se obțin date exacte despre teren prin studiul specializat al terenului. Conform acestor date se detaliază sistemul de drenaj necesar, se propun tehnicile de construire cu pământ potrivite pentru terenul în cauză și totodată se conturează principiile pasive de proiectare ce pot fi aplicate. În funcție de soluțiile de drenaj și de proiectarea pasivă propuse se determină implicarea unui specialist peisagist în vederea realizării unui proiect care să vină în sprijinul soluțiilor arhitecturale.

→ ETAPA a III a

adună toate datele obținute în etapele anterioare și conform încadrării seismice determină tehnica de construire și în final configurarea propriu-zisă a clădirii.

6.1 Date preliminare

Datele preliminare sunt determinate prin studierea materialului disponibil pe teren prin realizarea de teste rapide care se realizează la fața locului, cu rol determinant în alegerea terenului sau a tehnicii de construire conform schemei din Fig. 6.1 și prin studierea zonei din punctul de vedere al posibilității de inundare.

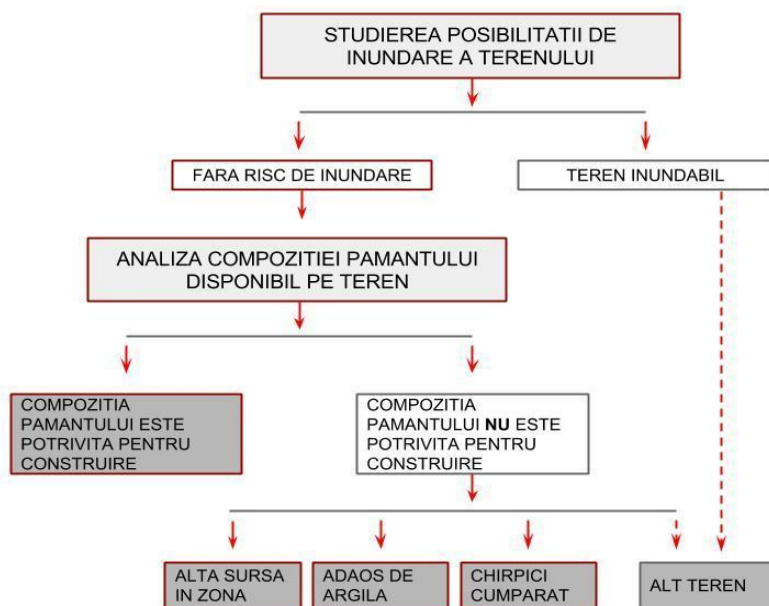


Fig. 6.1 Datele preliminare se configurează în funcție de tipul terenului și de compoziția materialului disponibil pe teren

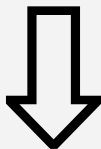
I. Detalierea prelucrării datelor preliminare

VERIFICAREA TERENULUI

Un aspect important, de verificat înainte de începerea proiectării este probabilitatea de inundare a terenului. Niciuna din tehnicile de construire cu pământ nu este potrivită pentru amplasarea construcției într-o zonă inundabilă.

Se evita următoarele terenuri:

- terenul care se află în apropierea unui râu, în zona inundabilă a acestuia. Desigur că acest tip de teren nu este potrivit pentru construirea cu pământ, cunoscută fiind sensibilitatea structurilor din pământ la acțiunea directă a apei. Datele despre zonele inundabile pot fi citite pe hărțile naționale sau zonale realizate de către Administrația Națională “Apele Române”
- terenurile care prezintă doline, chiar dacă nu sunt amplasate în zone inundabile, aceste terenuri se vor inunda în timpul unor precipitații abundente. În funcție de adâncimea dolinei și de alte date topologice, terenurile cu doline pot fi amenajate printr-o sistematizare verticală corespunzătoare, însă de cele mai multe ori amenajările sunt greu de realizat și costisitoare.
- terenurile formate din sedimente din apă sunt instabile, nu sunt potrivite pentru realizarea construcțiilor.
- alunecări de teren sunt periculoase pentru orice tip de construcție.



ANALIZA COMPOZIȚIEI PĂMÂNTULUI DISPONIBIL PE TEREN

Analizarea compoziției pământului trebuie să se realizeze înainte de începerea proiectării. În acest moment al procesului de proiectare sunt suficiente câteva teste simple și rapide prin care să se constate dacă pământul existent pe teren poate fi folosit pentru construire. Din acest

motiv se vor realiza următoarele teste: testul culorii, testul spălării mâinilor, testul țigării, testul de aderare, testul sedimentării.

1. Testul culorii

Acest test se realizează prin observarea solului, concluziile fiind determinate în funcție de culoarea pământului astfel:

- nuanțele de galben, portocaliu, roșu indică un conținut ridicat de fier, este bun pentru construcții și prezintă interes pentru tehnica de construire cu pământ bătătorit putând fi realizați pereți cu un design special folosind straturi de culori diferite
- nuanțele de gri, maro indică conținut ridicat de argilă, acest tip de pământ fiind cel căutat pentru realizarea construcțiilor din pământ indiferent de tehnica de construcție propusă
- combinația de maro cu verde sau negru indică sol cu conținut de materie organică, acest tip de sol nu este indicat pentru realizarea construcțiilor din pământ.



2. Testul spălării mâinilor

Pentru a realiza acest test se introduc mâinile în pământ astfel încât acestea să se murdărească. Concluzia va fi trasă în funcție de modul în care se curăță mâinile:

- dacă mâinile se curăță repede și ușor înseamnă că avem un sol nisipos, poate fi folosit pentru tehnica de construire cu saci cu pământ sau va fi nevoie de adaos de argilă
- dacă este nevoie de puțin timp pentru curățare și se simte o textură ca făina, este vorba de solul mâlos. În general mărul sau praful nu este bun pentru realizarea

SAU	<p>construcțiilor din pământ dar în funcție de procentul pe care îl ocupă în compoziția materialului, acesta ar putea fi îmbunătățit prin adaos de argilă și nisip.</p> <ul style="list-style-type: none"> - mâinile introduse sub jetul de apă devin alunecoase și se spală greu. Solul este potrivit pentru construcția caselor din pământ având un conținut mare de argilă. Se recomandă realizarea testului sedimentării pentru determinarea procentului de argilă.
<p>3. Testul țigării</p> <p>SAU</p>	<p>Este un test rapid care determină conținutul de argilă din pământ.</p> <ul style="list-style-type: none"> → se ia un pumn de pământ din care au fost eliminate pietrele → se amestecă o cantitate mică de apă atât cât să facă pământul maleabil → se rulează pământul în mâini pentru a forma un rulou <p>Rezultatul testului:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dacă se modelează ușor și își păstrează forma rezultă că pământul are conținut mare de argilă. - Dacă se fărâmițează ușor, pământul conține puțină argilă sau chiar deloc.
4. Testul de aderare	<p>Acest test constă în modelarea unei bile din pământul umezit. Cu un cuțit mare se taie bila în două. Concluzia se trage în funcție de observarea cuțitului după extragere dar și după textura suprafeței tăiate.</p> <ul style="list-style-type: none"> → interpretare după felul în care s-a murdărit cuțitul: - dacă s-a lipit puțin sol de lama pământul putem spune că materialul prezintă conținut mare de nămol



- dacă s-a lipit mult sol de lamă concluzia este că pământul prezintă conținut mare de argilă
- dacă lama este curată pământul prezintă conținut mare de nisip
- interpretare în funcție de textura suprafeței tăiate:
- suprafața tăiată este strălucitoare dacă are conținut mare de argilă
- suprafața este mată în cazul în care solul are conținut mare de nămol

5. Testul sedimentării

Cu ajutorul acestui test vom determina cu aproximație cantitatea fiecărui element mineral din compoziția materialului, exprimată în procente.

Într-un recipient transparent se introduce $\frac{1}{4}$ sol și $\frac{3}{4}$ apă. Întâi se amestecă foarte bine, apoi se lasă să stea 30 min astfel încât elementele se vor așeza în straturi în funcție de dimensiunea particulelor astfel:

- stratul 4 - argilă
- stratul 3 - nămol
- stratul 2 - nisip
- stratul 1 - pietriș

Procentele pe care elementele le ocupă în compoziția materialului se pot calcula în funcție de înălțimea stratului respectiv raportat la înălțimea totală a straturilor. Trebuie avut în vedere că straturile de pietriș și de nisip se așează mai repede, în timp ce nămolul și argila au nevoie de mai mult timp pentru sedimentare. Argila poate rămâne pentru mai mult timp în suspensie.



CONCLUZII LA
FINALUL
PRIMEI ETAPE
DE
PROIECTARE

Dacă în urma realizării acestor teste pământul disponibil pe teren are mai mult de 30% nămol și sub 15% argilă, se poate trage concluzia că nu este bun pentru construire și pot fi avute în vedere următoarele situații:

- există într-o zonă apropiată o sursă de pământ corespunzător pentru construire
- în urma determinării compoziției, aceasta poate fi îmbunătățită prin adaos de argilă sau nisip procurate din comerț
- există o sursă de chirpici în apropiere
- se caută un alt teren cu pământ potrivit pentru construirea cu pământ

-

6.2 Studiul specializat al terenului

După ce am stabilit, conform primei etape, că terenul este corespunzător pentru construirea cu pământ, se vor realiza analizele specializate ale terenului: studiul topografic, studiul geotehnic, studiul geografic și studiul climatic.

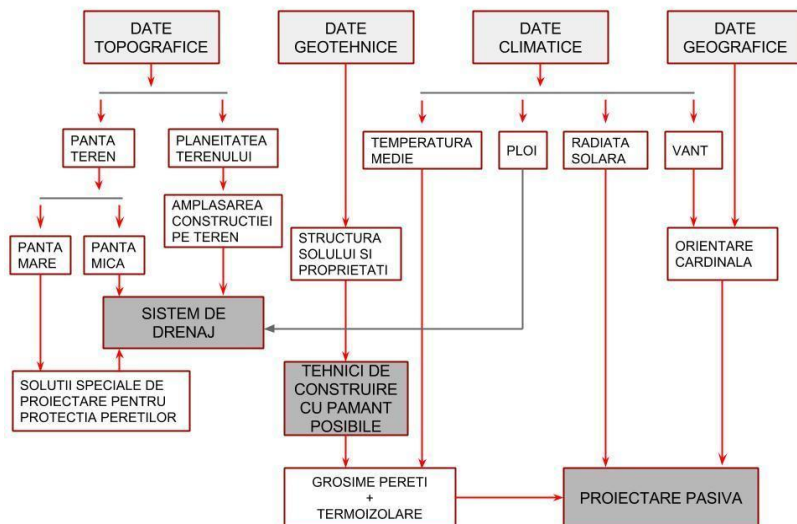


Fig. 6.2 În etapa a doua se stabilesc tehnicile de construire cu pământ care ar putea fi folosite pe terenul respectiv, sistemul de drenaj și principiile pasive

Conform schemei din Fig. 6.2, datele provenite din aceste studii specializate au rol decisiv în definirea liniilor generale de proiectare și totodată în alegerea tehnicii de construire:

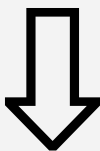
- datele topografice asociate cu datele climatice determină posibilitatea folosirii pantei terenului pentru realizarea drenajului sau necesitatea proiectării unui sistem de drenaj și totodată amplasarea clădirii pe teren
- datele geotehnice cumulate cu datele climatice determină tehnica de construire cu pământ
- datele climatice, datele geografice și datele topografice impun orientarea clădirii

- tehnica de construire cu pământ se adaptează conform datelor climatice rezultând principii de proiectare pasivă

Datorită faptului că datele furnizate de studiile de specialitate din cadrul acestui nivel se completează unele pe altele, concluziile vor fi trase doar în momentul în care toate datele sunt cunoscute și analizate.

II. Detalierea prelucrării datelor provenite din studiul specializat al terenului

DATE TOPOGRAFICE



În urma analizei realizate pe baza măsurătorilor și a planurilor întocmite de către topografi se pot extrage date importante pentru realizarea construcțiilor cu pământ.

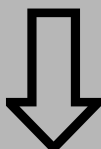
Conform cotelor se observă planeitatea și panta terenului. În funcție de datele obținute se vor face propuneri pentru amplasarea construcției într-o zonă cât mai înaltă a terenului și totodată se vor propune sistemele de drenaj care nu pot lipsii decât în cazul unui teren ce prezintă o ridicătură și este situat într-o zonă cu climă aridă.

- Panta lină a terenului este perfectă pentru casele din pământ, panta naturală a terenului putând fi folosită pentru realizarea sistemului de drenaj.
- Dacă panta terenului este foarte mare se vor lua măsuri pentru protecția pereților casei din zona în care se strâng apele care vin din partea superioară a terenului prin configurarea unor drenaje corect dimensionate și poziționate. În același timp se poate lua în considerare realizarea pereților respectivi din materiale rezistente la apă, cum ar fi piatră, sau propunerea unor soluții constructive care să elimine problema,

	<p>de exemplu casa parțial îngropată după modelul bordeielor.</p> <p>Sistematizarea verticală realizată în funcție de datele topografice ale terenului este foarte importantă pentru proiectul de drenaj care poate folosi panta terenului având ca scop protejarea clădirii din pământ față de apele ce provin din ploi, dar trebuie avut în vedere cantitatea de muncă, material și costurile implicate în modificarea terenului.</p>
DATE GEOTEHNICE	<p>Studiul geotehnic este obligatoriu și reglementat prin Normativul privind documentațiile geotehnice pentru construcții NP 074/2007. Analiza oferă date despre consistența și structura solului, adâncimea de îngheț, nivelul apei freatice și recomandări pentru proiectul propriu-zis.</p>
adâncimea de îngheț și nivelul apei freatice	<p>Aceste două valori împreună cu datele despre natura terenului, dar și în funcție de tipul structurii construcției propuse, conduc la stabilirea adâncimii de fundare.</p> <p>Nivelul apei freatice este important în construcția caselor din pământ. În condițiile unei perioade prelungite cu ploi abundente nivelul apei freatice poate crește afectând structura construcției. Este de preferat ca nivelul apei să nu fie prea apropiat de nivelul fundației.</p>
structura solului și proprietățile pământului	<p>Datele despre structura solului și proprietățile acestuia sunt obținute în urma realizării analizelor în laborator a unor probe prelevate din mai multe zone ale terenului, fiind cunoscut faptul că pe același teren pământul poate prezenta variații mari în compoziție. Astfel se pot cunoaște atât proprietățile morfologice, cât și proprietățile fizico - mecanice și chimice ale</p>

<p>proprietăți morfologice</p>	<p>solului. Aceste date sunt importante pentru a cunoaște capacitatea terenului în vederea susținerii construcției, pentru alegerea tehnicii de construire și a tipului de fundație.</p> <p>Determinarea în laborator a granulometriei, a coeficientului de uniformitate și a indicelui de diferențiere texturală conduce la cunoașterea exactă a materialului astfel încât se poate alege tehnica de construire potrivită. Se dorește folosirea materialului existent pe teren cu cât mai puține modificări și adaosuri, în acest fel obținându-se un preț mai mic al construcției și totodată participând la diminuarea emisiilor cu efect de seră.</p> <p>Indicații despre alcătuirea orizonturilor ce compun structura solului conferă date despre uniformitatea solului în adâncime. De multe ori solul argilos căutat pentru construcțiile din pământ se găsește la adâncimi mai mari.</p>
<p>proprietăți fizico - mecanice</p>	<p>Datele furnizate despre încadrarea materialului în funcție de coeziune, plasticitate, compactitate și adeziune conduc către stabilirea materialelor care sunt necesare pentru obținerea pământului corespunzător tehnicii de construire aleasă.</p>
<p>proprietăți chimice</p>	<p>Cunoașterea proprietăților chimice ale pământului sunt necesare numai în cazul în care se dorește obținerea unui anumit tip de material, știind că proprietățile fizico-mecanice variază în funcție de tipul mineral al argilei.</p>
<p>DATE GEOGRAFICE</p>	<p>Eficiența energetică a construcțiilor este o caracteristică importantă în arhitectura caselor</p>





din pământ. Ținând cont de datele geografice ale terenului se va propune amplasarea clădirii orientată față de punctele cardinale astfel încât să folosească la maxim sursele naturale de lumină, căldură, ventilare. Orientarea cardinală este importantă și în amplasarea funcțiunilor în interiorul casei, dar și pentru poziționarea și dimensionarea ferestrelor pentru a obține o iluminare naturală optimă.

Având în vedere situarea României în emisfera nordică, la intersecția paralelei 45° latitudine nordică și meridianului de 25° longitudine estică se urmărește orientarea clădirii față de punctele cardinale astfel:

- În zona de sud a casei se vor amplasa încăperile în care activitățile se petrec pe întreaga durată a zilei și cu funcțiuni care necesită cantitate mai mare de lumină.
- În zona de nord a clădirii se vor amplasa încăperile în care activitatea este redusă sau iluminarea poate fi minimă sau chiar să lipsească.

Astfel, prin realizarea studiului geografic, și printr-o proiectare în conformitate cu datele obținute se poate reduce considerabil consumul energetic al construcțiilor.

DATE CLIMATICE

Parametrii climatici influențează în mod considerabil construcțiile din pământ, fiind cunoscută sensibilitatea acestor construcții la acțiunea vântului și a ploilor.

Totodată, construcțiile din pământ sunt ideale pentru aplicarea principiilor proiectării pasive care, având la bază datele despre temperatură, vânturi, ploi, radiație solară și umiditate,

temperatura aerului

folosesc diverse aspecte ale climei pentru obținerea confortului interior.

Clima temperat continentală cu nuanțe de tranziție a României variază de la nord la sud și de la est la vest în funcție de relief așa cum se observă în Harta Climatică a României. Este necesară încadrarea exactă a terenului în zona climatică corespunzătoare și obținerea parametrilor climatici locali.

Temperatura exterioară de calcul se consideră conform zonelor I, II, III, IV sau V evidențiate pe harta de zonare climatică a teritoriului României din SR 1907/1 sau Mc 001/6. Conform acestor temperaturi se va calcula rezistența elementelor anvelopei în funcție de grosimea pereților și de conductivitatea termică a metrialului.

Valorile conductivității termice pentru calcul inițial sunt următoarele:

- lut $\lambda = 0,60 \text{ W/mK}$
 $d = 1450 \text{ kg/m}^3$
- chirpici $\lambda = 0,82 \text{ W/mK}$
 $d = 1650 \text{ kg/m}^3$
- cărămizi presate $\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
 $d = 1750 \text{ kg/m}^3$
- pământ bătătorit $\lambda = 1,20 \text{ W/mK}$
 $d = 2000 \text{ kg/m}^3$

Se va ține cont de faptul că în funcție de densitatea materialului și de procentul de paie adăugat în compoziția pământului valorile conductivității termice se vor modifica considerabil. De asemenea sunt importante adaosurile de minerale, cum ar fi mica.

Pentru obținerea rezistențelor termice cât mai bune, corespunzătoare cerințelor actuale de eficiență energetică, se vor propune straturi

vânturi dominante

termoizolante care pot fi amplasate pe una din fețele peretelui sau la interior între două straturi de pământ ambele sisteme dovedindu-se eficiente.

Crivățul, Austrul, Nemerul, Foehnul, Vântul negru, Cosava sunt vânturile de mare intensitate de pe teritoriul țării noastre. Acestea sunt trecute pe harta climatică a României dar datele mai exacte se pot obține de la stațiile meteorologice care întocmesc graficele de frecvență și intensitate.

Roza vânturilor se poate obține pentru fiecare localitate în parte, intensitatea, viteza și direcția vântului diferind foarte mult de la o regiune la alta.

Se va urmări protejarea construcției față de direcția dominantă a vântului, existând totodată posibilitatea de folosire a vântului pentru realizarea ventilației naturale astfel:

- cu turn de vânt
- cu sistem de ventilare cu efect Venturi
- prin amplasarea unor ferestre sau goluri controlate pe direcția vântului

Protejarea construcției în zona predispusă eroziunilor datorate vântului se poate realiza prin:

- realizarea pereților din zona respectivă din materiale rezistente cum ar fi piatra sau lemnul
- realizarea pereților din pământ dar finisați la exterior cu materiale rezistente
- protejarea zonei afectate cu ajutorul diferiților arbuști sau pomi care să constituie o perdea de protecție, pentru aceasta se va realiza un proiect de peisagistică

precipitații

Pe teritoriul României precipitațiile sunt moderate dar variază de la o regiune la alta mai ales în funcție de altitudine, de la 400 mm/an în Dobrogea până la peste 1000 mm/an în zona montană. Din acest motiv, în România, acoperirea clădirilor din pământ nu poate fi de tip terasă sau bolți din pământ, ci se va realiza un acoperiș care să protejeze foarte bine structura.

Conform datelor înregistrate de către meteorologi se vor obține valorile medii ale precipitațiilor, acestea având un rol important în dimensionarea corectă a drenajelor și protejarea construcției asigurând streșini suficient de largi.

radiația solară

Proiectarea pasivă va ține cont de intensitatea radiației solare totale și difuze pe parcursul anului și de înclinarea acestora în funcție de poziția geografică a României pe glob.

Valorile medii zilnice ale intensității radiației solare totale și difuze pe plan vertical și orizontal sunt prezentate detaliat pentru fiecare lună a anului în tabelele care se pot consulta în Normativul C107/2005. Pentru o localitate care nu apare în tabele se vor folosi datele orașului cel mai apropiat.

În zone diferite de pe suprafața terestră punctele corespunzătoare răsăritului, apusului și înălțimii Soarelui pe boltă la miezul zilei sunt diferite. Pozițiile extreme vor fi la solstiții, iar cele medii la echinocții. În țara noastră, care se află la paralela 45° latitudine nordică, Soarele se va situa la meridianul locului în poziții care variază între 21°30' în timpul solstițiului de iarnă, 68° în timpul solstițiului de vară și 45° la echinocții.

Cu ajutorul aportului solar se va putea realiza încălzirea pe timp de iarnă prin următoarele metode:

- aport direct prin amplasarea ferestrelor pe fațada de sud sau vest poziționate astfel încât să capteze căldura solară în timpul iernii
- sistemul Trombe Michel ce reprezintă poziționarea unui perete acumulator în spatele unui vitraj, acesta eliberând căldură seara prin deschiderea unor fante care favorizează ventilarea spațiului dintre sticlă și perete conducând fluxul de căldură spre spațiul interior al casei
- amplasarea unui spațiu de tip seră în care să se acumuleze căldură. Spațiul interior al casei se va încălzi prin acționarea unor fante reglabile în funcție de necesități
- panourile solare montate pe pantele acoperișurilor cu orientarea spre partea de sud

Totodată se va avea în vedere faptul că aceste sisteme de încălzire eficiente pe timp de iarnă au nevoie de umbră pe timpul verii, atunci când nu se dorește încălzirea excesivă.

Umbră se poate realiza prin:

- folosirea unor obloane cu lamele reglabile sau jaluzele exterioare care să permită realizarea iluminării naturale. Pentru eficiența acestor sisteme trebuie prevăzut un spațiu de aer ventilat între oblon sau jaluzele și sticlă.
- proiectul de peisagistică poate să aibă în vedere plantarea unor arbuști care să umbrească pe timpul verii dar iarna să permită pătrunderea razelor solare

umiditate



CONCLUZII LA FINALUL ETAPEI A DOUA DE PROIECTARE

Unul din avantajele structurilor realizate din pământ este faptul că reglează umiditatea spațiului interior. Umiditatea relativă a aerului interior al clădirilor din pământ se păstrează la o valoare constantă de 60%, pereții absorbind vaporii de apă și eliberându-i mai târziu când aerul interior devine uscat.

Umiditatea prea mare poate avea un efect distructiv asupra structurii de pământ. În cazul spațiilor în care umiditatea relativă poate ajunge la 90%, așa cum este cazul bucătăriilor și al băilor, sunt necesare finisaje speciale care să protejeze pereții cum ar fi tehnica tradițională marocană tadelakt sau cu metodă tradițională cu straturi succesive de ulei de in și ceară de albine.

La finalul acestei etape care se bazează pe datele specifice ale terenului în cauză avem deja conturate câteva strategii de proiectare de care se va ține cont în continuare.

- amplasarea construcției pe teren
- proiectul sistemului de drenaj ținând cont de panta terenului și de cantitatea maximă de precipitații înregistrată
- orientarea construcției față de punctele cardinale
- dimensionarea acoperișului în vederea protecției pereților la intemperii
- necesitatea unui proiect de peisagistică pentru protecția clădirii împotriva eroziunilor datorate vântului sau pentru protecția zonelor vitrate în timpul verii
- alegerea tehnicii de construire cu pământ în funcție de materialul avut la dispoziție
- dimensionarea grosimii pereților și necesar de strat termoizolant

Dacă pentru realizarea construcției a fost nevoie de mai mult pământ decât cel excavat pentru fundații: se poate obține pământ de la un teren din apropiere unde în urma construirii s-a excavat pământ care nu este folosit sau se poate realiza o groapă pe teren. În cel de-al doilea caz trebuie avut în vedere modul de folosire a acestuia după terminarea construcției încă din timpul proiectării. Aceste gropi pot fi folosite în cadrul proiectării peisagistice, în funcție de dimensiunea lor, pentru realizarea unui iaz sau a unei piscine. Pot fi luate în considerare soluții pentru amplasarea unor rezervoare pentru captarea apelor provenite din precipitații sau pentru stații de epurare prin intermediul cărora se va recicla apa provenită din uzul casnic și folosită apoi la udarea spațiului verde. Toate aceste sisteme trebuie avute în vedere încă din timpul proiectării astfel încât ansamblul să fie gândit unitar.

-

6.3 Configurarea propriu-zisă a clădirii

În funcție de datele geotehnice au fost stabilite tehnicile de construire cu pământ posibile, și având cunoștințe despre cum se va realiza sistemul de drenaj și despre sistemele pasive de încălzire și răcire care pot fi folosite pe terenul avut la dispoziție se poate trece la etapa a treia.

În această etapă se studiază zona seismică în care se încadrează terenul, în acest mod stabilind necesitatea unor măsuri pentru consolidarea structurii. Totodată se va întocmi un tabel pentru succesiunea lucrărilor ce vor avea loc pe șantier.

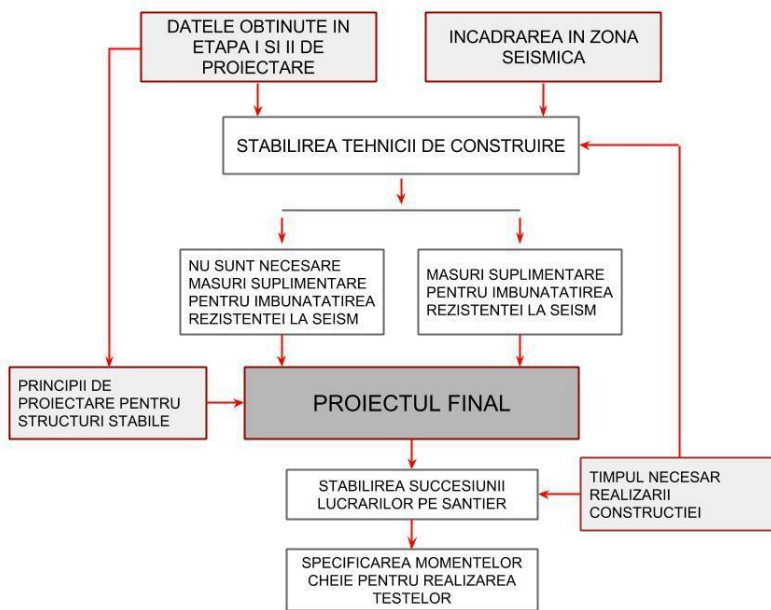


Fig. 6.3 Datele din etapa I și II împreună cu datele seismice conduc la realizarea proiectului final

III. Principii de proiectare pentru o structură rezistentă

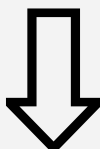
ZONA SEISMICĂ

Se va consulta harta seismică a României și se va încadra terenul în funcție de valorile de vârf ale accelerației terenului. Pe teritoriul României accelerația terenului variază de la 0,10 g până la 0,40 g în zona Vrancei conform Codului de Proiectare Seismică P100-1/2013.

În acest moment nu există un normativ pentru proiectarea construcțiilor din pământ pentru rezistența la seism.

Totuși, la nivel mondial, arhitecții și inginerii caută soluții pentru realizarea structurilor din pământ în siguranță. Cercetările și testele efectuate până în prezent au arătat că unele măsuri cum ar fi adaosul de oxid de magneziu, în Japonia, sau structurile armate din Chile și Peru, au avut rezultate bune în condițiile unor cutremure de mare intensitate, între 7 și 8 grade pe scara Richter. În același timp există clădiri cu unul sau mai multe niveluri, în diferite tehnici de construire cu pământ, care au rezistat foarte bine de-a lungul timpului cutremurelor de diverse intensități. Casele Hakka din China, casele Bunga din India sau casele indienilor Pueblo din America sunt dovezi ale rezistenței la cutremur ale structurilor din pământ.

În România, conform normativului de proiectare seismică, structurile din pământ sunt considerate instabile la cutremur, fiind necesară realizarea unei structuri de rezistență din beton armat, metal sau lemn, doar pereții de umplutură pot fi realizați din pământ fără ca aceștia să fie considerați cu rol structural. Totodată, există construcții din pământ care au rezistat foarte bine cutremurului din 1977 și totuși sunt azi în picioare și cu o întreținere corespunzătoare vor mai dura ani buni de acum înainte.



În funcție de zona seismică în care se află terenul și de datele obținute până în acest moment se va decide tehnica de construire. Se va avea în vedere faptul că tehnicile de construire cu lut și cu pământ bătătorit sunt structuri monolite ceea ce le conferă rezistență mai mare la cutremur iar tehnica de construire cu nuiele și lut este o structură elastică, potrivită pentru construcția în zone seismice. Tehnica de construire cu chirpici nu este recomandată în zonele cu risc seismic dar se pot realiza sisteme de armare pe orizontală și pe verticală care îmbunătățesc considerabil rezistența acestor structuri.

Principiile prezentate în continuare au la bază experiențele acumulate de-a lungul timpului în zonele cu un număr important de construcții din pământ.

fundația



Lipsa fundațiilor este principalul motiv pentru care construcțiile tradiționale s-au dăruit în timpul cutremurelor. Construcțiile noi cu fundația din piatră sau beton armat, realizate în zonele cu seismicitate mare, au rezistat foarte bine. Se vor realiza fundații din piatră sau beton armat adânci până sub adâncimea de îngheț și montate cu un mortar de calitate în cazul fundației de piatră.

Se va monta hidroizolația peste fundație astfel încât să nu ajungă umiditatea din sol în structura de pământ.

forma în plan

După modelul caselor tradiționale care au rezistat cutremurelor repetate de diverse intensități, casele Hakka din China și casele Bunga din India, s-a constatat că acestea au în comun forma circulară în plan. În urma unor



principii de
proiectare pentru
obținerea unei
structuri solide

teste realizate pe structuri noi cu plan circular și patrat sau dreptunghic s-a ajuns la concluzia ca modelele cu plan circular este mai rezistent la acțiunea seismelor.

Din acest motiv forma considerată ideală este cea de cutie compactă, cu plan simetric, cel circular fiind mai stabil decât cel pătrat sau dreptunghiular.

În cazul în care se dorește totuși realizarea unui spațiu dreptunghic alungit sau în formă de L se recomandă sprijinirea pereților mai lungi cu contraforți sau prin amplasarea la interior a unor piese de mobilier realizate din pământ care să sprijine peretele pe direcția perpendiculară pe acesta.

- Centurile sunt esențiale pentru construcțiile din zidărie portantă de chirpici. Ele leagă pereții ca un inel asigurând casei un comportament de cutie în timpul cutremurului. Centurile pot fi realizate din lemn sau tije de eucalipt sau bambus și trebuie să fie puternice, continue și prinse bine de perete. Diametrul elementelor din eucalipt sau bambus trebuie să fie de 10 - 12 cm. Toate îmbinările vor fi bătute în cuie și legate cu sârmă din oțel galvanizat.

Se amplasează în partea superioară a peretelui pe toată grosimea peretelui și constituie suport pentru șarpantă.

- Intersecții de pereți la intervale egale pe ambele direcții ale clădirii. Se vor evita astfel pereții foarte lungi fără sprijin intermediar. Pentru mărirea rezistenței

raportul gol/plin



unui perete mai lung pot fi folosiți contraforți amplasați la exterior sau la interior. În cazul amplasării contraforților spre interior aceștia pot folosi la realizarea unor obiecte de mobilier cum ar fi rafturi, dulapuri, canapele și altele.

- Casele cu un singur nivel sunt mai rezistente. În general casele din pământ rareori depășesc două niveluri. Clădirile cu mai multe niveluri din pământ pot fi construite în zone fără activitate seismică importantă.
- Pereții vor avea cel puțin 40 cm grosime.
- Înălțimea pereților nu va depăși 3,5 m. Înălțimea se calculează înmulțind grosimea de la baza peretelui cu 6. Astfel un perete cu grosimea de 40cm va avea înălțimea de 2,40 m.
- Un perete nu poate avea lungimea mai mare de 7 m fără sprijin lateral. Din acest motiv se va calcula distanța dintre joncțiunea a doi pereți consecutivi înmulțind grosimea peretelui cu 10. Deci un perete de 40 cm grosime va avea nevoie de sprijin lateral din 4 m în 4 m.
- Deschiderile trebuie să fie mai mici, centrate și distanțate.
- Lungimea unui gol din perete nu va depăși $\frac{1}{3}$ din lungimea totală a peretelui și nu va fi mai mare de 1,2 m.
- Distanța de la intersecția cu peretele transversal până la golul ferestrei sau a ușii trebuie să fie de cel puțin 1,2 m.

sisteme de armare



calitatea materialului



Armarea se va face în zonele critice ale clădirii din zidărie de chirpici. Armăturile trebuie să fie continue și se pot amplasa în interiorul zidăriei sau pe suprafața acesteia. Se deosebesc două tipuri de armare:

- armarea verticală leagă peretele de fundație și de centură și împiedică ieșirea zidăriei din planul pereților și distrugerea cauzată de forțele de forfecare din plan.
- armarea orizontală leagă pereții între ei și va transmite forțele spre pereții transversali. Prin limitarea forțelor de forfecare ce apar la îmbinări micșorează crăpăturile verticale.

Armarea se poate face așa cum a fost descris pe larg în capitolul 3 din această lucrare din: bambus, stuf, trestie, viță de vie, frânghie, lemn, tuburi de PVC, bare de oțel, sârmă ghimpată, plasă de oțel, plasă de plastic și plasă de polimer.

Calitatea materialului este importantă pentru oricare din tehnicile de construire cu pământ. Având datele obținute din testele de la etapele anterioare de proiectare se vor realiza probe din amestecuri în proporții diferite de pământ și argilă sau nisip, după caz.

Pentru a obține un material de cea mai bună calitate este recomandat să se realizeze o serie de teste care au fost descrise în capitolul 3:

- testul de rezistență în stare uscată
- testul ruloului
- test de control al crăpăturilor

În urma acestor teste se va decide care este proporția optimă de elemente minerale având în vedere că ne interesează să obținem materialul cel mai rezistent, care are proporția cea mai

calitatea structurii



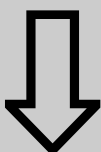
mare de nisip, dar care să prezinte cât mai puține crăpături în timpul uscării.

În cazul tehnicilor de construire cu lut sau nuiele și lut este importantă verificarea verticalității sau a înclinării pe întreaga durată a construirii pereților. Pentru obținerea unei structuri solide și legate se vor prevedea sisteme suplimentare de prindere între straturile realizate în zile diferite. Pentru acest lucru se va acoperii partea superioară a pereților în vederea păstrării umidității în material și se vor realiza adâncituri sau se vor monta tije din bambus sau lemn. În acest fel straturile vor avea o legătură bună între ele chiar dacă a fost nevoie de întreruperea construirii timp de câteva zile.

Pentru realizarea zidăriei de chirpici este nevoie de cărămizi curate. Dacă este necesară curățarea chirpiciului, acest lucru se va face înainte de umezire. Procedul de umezire presupune scufundarea cărămizilor în apă timp de 5 secunde și se realizează chiar înaintea punerii în operă. Rosturile orizontale și verticale trebuie să fie uniforme și pline. Calitatea mortarului este la fel de importantă astfel că se vor realiza teste prin realizarea unor probe cu două-trei rânduri de chirpici. Proba care nu prezintă crăpături în mortar după uscare este cea potrivită pentru construire.

Zidăria de chirpici va fi acoperită cu tencuială, aceasta mărind rigiditatea și rezistența peretelui și protejând construcția de acțiunea intemperiilor. Tencuiala va fi, de asemenea, întâi testată pentru a decide proporția optimă de elemente din material. Se vor realiza suprafețe de 1 x 1 m și se va urmări ca după uscare tencuiala să nu prezinte crăpături.

acoperiș ușor



TIMPUL NECESAR
CONSTRUIRII

Nu se vor folosi tencuieli cu adaos de ciment pentru că acestea nu vor permite peretelui să respire și favorizează acumularea umidității în perete ceea ce conduce la deteriorarea tencuielilor și în timp la distrugerea structurii întregi.

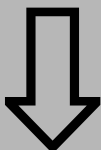
Se urmărește realizarea unui acoperiș ușor care să nu încarce zidăria, iar dacă acest lucru nu este posibil acoperișul se va sprijini pe o structură proprie. Se evidențiază două situații:

- acoperișul sprijină direct pe structura de pământ și prin intermediul unei centuri în cazul tehnicii de construire cu chirpici atunci când pereții casei sunt portanți
- acoperișul are structura independentă de pereții din pământ ai casei

În primul caz acoperișul trebuie să fie cât mai ușor pentru a nu încărca structura din pământ. Șarpanta acoperișurilor se realizează în general din lemn de diferite esențe. Pentru învelitoare se pot folosi materiale ușoare cum ar fi: trestie, paie, șită, tablă.

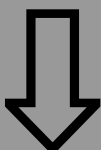
În cazul al doilea, acoperișul nu sprijină pe zidăria de pământ. Greutatea acoperișului este preluată de structura de lemn, bambus sau oțel. În acest fel greutatea se transferă direct către fundații. Învelitoarea acoperișului poate fi din orice material chiar și țiglă ceramică, olane ceramice sau pământ. În măsura în care șarpanta este bine prinsă de structură și respectiv de fundație, acoperișul nu va provoca prăbușirea casei.

Timpul pe care îl are la dispoziție beneficiarul pentru realizarea construcției este un element determinant în alegerea tehnicii de construire. Se pot obține construcții în timp mai scurt prin



tehnica de construire cu pamant bătătorit sau cu chirpici, în cazul în care chirpicii sunt procurați de la un mic producător. Dacă chirpicii vor fi realizați

IMPLICAREA BENEFICIARULUI ÎN PROCESUL DE CONSTRUIRE



În mod tradițional casele din pământ sunt construite chiar de către proprietar, cu ajutorul vecinilor, al familiei și poate un meșter cu experiență în construirea clădirilor de acest tip. Implicarea proprietarului conduce către realizarea unor construcții unice, pământul fiind potrivit pentru modelare putându-se realiza o varietate mare de forme decorative.

PROIECTUL FINAL

După obținerea proiectului final este nevoie de întocmirea unui plan de realizare a construcției care să țină cont de posibilitățile de obținere a materialului, de tehnica de construire aleasă și de testele necesare care se realizează pe parcursul realizării construcției. În acest fel se va micșora foarte mult timpul efectiv de construire. La întocmirea acestui plan se va ține cont și de locul de unde se extrage pământul folosit pentru construire, de amplasamentul construcției și de spațiul necesar realizării amestecului de pământ care este indicat să fie amplasat în imediata apropiere a construcției astfel încât să nu se facă un efort suplimentar pentru aducerea materialului în zona de lucru.

BIBLIOGRAFIE CĂRȚI

1. ***, 2009 New Mexico earthen buildings materials code, Construction Industries Division of the Regulation and Licensing Department, ianuarie 2011
2. ***, Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită), Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2009.
3. ***, Dicționarul limbii române moderne, Academia Română, Institutul de Lingvistică din București, Editura Academiei, 1958
4. ***, Global Population Profile: 2002, Global population growth, International Population Reports, Census Bureau U.S., 2002
5. ***, Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, Partea I – „Anvelopa clădirii”, indicativ Mc 001/1, decembrie 2006
6. ***, Munsell color soil charts, Munsell Color, New York, 1994
7. ***, Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social-culturale, agrozootehnice și industriale, indicativ P-100-92. MLPAT-DCLP, Editor INCERC, 1992
8. ***, SR 1907-2/1997 – Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare de calcul.
9. ***, World Population Prospects: The 2012 Revision, Total population (both sexes combined) by major area, region and country, annually for 1950-2100 Estimates, 1950-2010, United Nations, Population Division, iunie 2013
10. ***, IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, aprilie 2014

11. ***, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011
12. Asanache Horia, Utilizarea aperturilor solare de iarna, cu ajutorul inerției termice a clădirilor. Aspecte teoretice și practice, note de curs Școala Doctorală UAUIM București, 2013-2014
13. Balamir Aydan, Druk White Lotus School, On Site Review Report, 2007
14. Bee Becky, The Cob Builders Handbook, You Can Hand-Sculpt Your Own Home, Groundworks, 1997
15. Berge Bjørn, The Ecology of Building Materials, traducere Chris Butters și Filip Henley, Architectural Press, 2009.
16. Blaga Gheorghe, Filipov Teodor, Rusu Ioan, Udrescu Sebastian, Vasile Dumitru, Pedologie, Editura Academic Press, Cluj Napoca, 2005
17. Blondet M., Garcia G. V., Brzev S., Rubiños A., Earthquake - Resistant Construction of Adobe Buildings : A Tutorial, EERI/IAEE World Housing Encyclopedia, Second Edition, Aprilie 2011
18. Blondet Marcial, Torrealva Daniel, Vargas-Neumann Julio, Building hygienic and earthquake-resistant adobe houses using geomesh reinforcement, For Arid Zones, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2007
19. Budui Vasile, Geografia solurilor, Curs pentru învățământ la distanță, Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava, 2008
20. Caquot A., Kerisel J., Tratat de mecanica pământurilor, traducere S. Andrei, Editura Tehnică, București, 1968
21. Charleson Andrew, Seismic strengthening of earthen houses using straps cut from used car tires: a construction guide, Earthquake Engineering Research Institute, septembrie 2011
22. Cheel R.J., Introduction to clastic sedimentology, Department of Earth Sciences, Brock University, Ontario, Canada, 2005

23. Chiras D. Daniel , The Natural House: A Complete Guide to Healthy, Energy-efficient, Environmental Homes, Chelsea Green Publishing, 2000
24. Colda Iolanda, Confortul interior. Ventilarea spațiului arhitectural interior și ventilarea spațiului public, note de curs Școala Doctorală UAUIM București, 2013-2014
25. Contoman Maria, F. Filipov, Ecopedologie. Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, 2007.
26. Contoman Maria, Pedologie și elemente de evaluare a resurselor de sol, Editura Universității „Dunărea de jos”, Galați, 2004.
27. David Rosalie, The pyramid builders of ancient Egypt. A Modern Investigation of Pharaoh's Workforce, Routledge, 1996
28. Demeter Traian, Pedologie generală, Editura Credis, București, 2009
29. Divet Caroline, Retour de la terre dans l'architecture contemporaine - Une response aux besoins de confort hygrothermique?, Memoare de master, ianuarie 2013
30. Evans I., Smiley L., Smith G. M., Smith M., The Hand-sculpted House: A Philosophical and Practical Guide to Building a Cob Cottage, Chelsea Green Publishing, 2002
31. Filipov Feodor, Teodorescu Soare Eugen, Pedologie, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad", Iași, 2001
32. Hajer Milena, Lehmbau-Funktion und Ästhetik Eine Besondere Lernleistung mit den Schwerpunkten Kunst / Biologie
33. Hall M., Lindsay R., Krayenhoff M., Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications, Elsevier, iulie 2012
34. Ionescu Grigore, Arhitectura populară românească, Editura Tehnică, 1957
35. Lupașcu Gh., 1998, Pedologie generală. Editura Terra nostra, Iași.

36. Manoliu Iacint, Rădulescu Nicoleta, Geotehnică, Universitatea Tehnică de Construcții București, București, 2010
37. Marchand, Trevor H.J., The Masons of Djenné, Bloomington, Indiana University Press, 2009
38. Marwa Dabaieh, Building with rammed earth - A practical experience with Martin Rauch, Base habitat summer school, iulie 2014
39. Mihăilescu N. St., Geologie tehnică I, Editura Tehnică, Sibiu, 1954
40. Mihăilescu Vintilă, Geografia fizică a României, Editura Științifică, 1969
41. Minke Gernot, Construction manual forearthquake-resistant houses built of earth, GATE - BASIN, 2001
42. Minke Gernot, Construind cu pământ. Proiectare și tehnologii pentru o arhitectură durabilă, Simetria, 2008
43. Moțiu Petrică Tudor, Îndrumar de lucrări Practice la pedologie - Soluri forestiere, Editura Universității din Oradea, 2008
44. Popa D. Marcel, Stănciulescu Alexandru, Gabriel Florin-Matei, Tudor Anicuța, Zgăvărdici Carmen, Chiriacescu Rodica, Dicționar enciclopedic, Editura Enciclopedică, 1993-2009
45. Povară Rodica, Climatologie generală, Editura Fundației România de Măine, 2004
46. Reeve Agnesa, The Small Adobe House, Gibbs Smith, 2001
47. Reeves M. George, Sims Ian, Cripps J. C., Clay Materials Used in Construction, Geological Society of London, ianuarie 2006
48. Roaf Sue, Fuentes Manuel, Thomas Stephanie, Ecohouse: a design guide, Architectural Press, 2001
49. Ronald Rael, Earth Architecture, Princeton Architectural Press, 2009
50. Șăineanu Lazăr, Dicționar universal al limbei române, ediția a VI-a, Editura „Scrișul românesc” S.A., 1929

51. Schwarz Astrid, Jax Kurt, Ecology Revisited: Reflecting on Concepts, Advancing Science, Springer Science & Business Media, martie 2011
52. Scriban August, Dicționarul limbii românești (Etimologii, înțelesuri, exemple, citațiuni, arhaizme, neologizme, provincialisme), Editura "Presă Bună", Iași, 1939
53. Stănculescu Fl., Gheorghiu P., Sthal P., Petrescu P., Arhitectură populară românească regiunea București, Editura Tehnică, 1958
54. Stănculescu Fl., Gheorghiu P., Sthal P., Petrescu P., Arhitectură populară românească regiunea Dobrogea, editura Tehnică, 1957
55. Stângu I., Contoman Maria, Pedologie și bonitare cadastrală. Aplicații. Editura Universității „Dunărea de jos”, Galați, 2001.
56. Stover W. Carl , Coffman L. Jerry , Seismicity of the United States, 1568-1989 (revised), U.S. Government Printing Office, 1993
57. Tiner W. Ralph, Wetland Indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping, CRC Press, Aprilie, 1999
58. Valer Butură, Etnografia poporului român: cultura materială, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1978
59. Volhard Franz, Röhlen Ulrich, Rules governing building with earth, Definitions, building materials and components, The German Association for Building with Earth , Vieweg & Sohn, November 2007
60. Wines James, Green architecture, Taschen
61. Zecchini Fulvio, Schimbarea globală a climei, Efectul de seră și distrugerea stratului de ozon, traducere de Aurelia Pascariu și Manuela Crișan, Editura Universității de Vest Timișoara, martie 2008

BIBLIOGRAFIE ELECTRONICĂ

1. Climate-Data.org, <http://en.climate-data.org/location/338995/>
2. <http://cobvillage.ro/articole-cob/4-acoperis-verde.html>
3. <http://designist.ro/arhitectura-design-interior/5-chirpici-despre-traditional-si-contemporan-in-peisajul-deltei/>
4. http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-your-country/romania/country-specific-recommendations/index_en.htm
5. <http://ecosenseliving.files.wordpress.com/2010/07/harrowsmith.pdf>
6. http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm
7. <http://ilovecob.com/gallery/main.php>
8. http://info.cat.org.uk/sites/default/files/documents/WISE_4page.pdf
9. <http://timothysoararchive.co.uk>
10. <http://wdfw.wa.gov/living/swallows.html>
11. <http://whc.unesco.org/en/list/116>
12. <http://www.archdaily.com/241809/earth-bricks-atelier-tekuto/>
13. <http://www.archi-mag.com/koudougou.php>
14. http://www.architectureweek.com/2002/0731/building_1-1.html
15. <http://www.atelier-alp.fr/actualites/les-astuces-de-la-maison-en-bauge-bretonne/>
16. <http://www.atlasobscura.com/articles/mud-masons-of-mali>
17. <http://www.buildnaturally.com/EDucate/Articles/ClayPlaster.htm>
18. <http://www.buildnaturally.com/EDucate/Articles/Cob.htm>
19. <http://www.casenaturale.org/case-din-chirpici>
20. <http://www.cobcottage.com/ancient-cob-building-devon-england-date-plate-reads-1539>

21. <http://www.customdrainage.com/wet-yards.html>
22. http://www.devonearthbuilding.com/leaflets/the_cob_building_s_of_devon_2.pdf
23. <http://www.eea.europa.eu>
24. <http://www.isuilfov.ro/v3/media/2013/05/PAAR-Ilfov-2013.pdf>
25. <http://www.mediafax.ro/social/reportaj-case-din-lut-cu-sticle-montate-in-pereti-ca-sa-intre-lumina-si-cu-acoperis-din-iarba-in-buzau-foto-11610400>
26. http://www.mmediu.ro/protectia_mediului/schimbari_climatic_e/1_Documentatie/UNFCCC_ro.pdf
27. [http://www.mokastudiodesign.ro/#prettyPhoto\[gallery54\]/0/](http://www.mokastudiodesign.ro/#prettyPhoto[gallery54]/0/)
28. <http://www.motherearthnews.com/green-homes/student-built-earth-block-home-brings-natural-cooling-to-navajo-reservation.aspx#axzz3Eoey7uNL>
29. <http://www.naturalpaint.ro/pigmenti/31-pigmenti-kreidezeit.html#ideal-image-0>
30. <http://www.networkearth.org/naturalbuilding/history.html>
31. <http://www.worldweatheronline.com/Ciolpani-weather-averages/Bucuresti/RO.aspx>

ARTICOLE

1. ***, Alhambra, Generalife and Albayzín, Granada, UNESCO, <http://whc.unesco.org/en/list/314>
2. ***, Casa Brândușa - Una dintre cele mai frumoase case naturale din România, www.natural-home4u.com
3. ***, Convenția cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice, iunie 1992
4. ***, Die Lehm 2008 – ein weiterer Meilenstein der weltweiten Vernetzung im Lehmnbau, http://www.earthbuilding.info/lehm2008/index_en.html
5. ***, Îndrumar pentru eficiență energetică a clădirilor, <http://www.ipconsult.ro/>, Brăila, 2003.
6. ***, Legea 24/1994, Monitorul Oficial, Nr. 119 din 12 mai 1994
7. ***, Legea 3/2001, Monitorul Oficial, Nr. 81 din 16 februarie 2001
8. ***, Legea 84/1993, Monitorul Oficial, Nr. 292 din 15 decembrie 1993
9. ***, L'évolution des systèmes constructifs, Parc naturel régional Livradois-Forez, <http://pise-livradois-forez.org/spip.php?page=expo7>
10. ***, The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, United Nations Environment Programme, 2000
11. Alter Lloyd, Martin Rauch Builds His Dream House, Tree Hugger, martie 2009
12. Austin George, Adobe as a building material. New Mexico Geology, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, November 1984
13. Barker Don, Building a School in India, Architecture Week, 31 July 2002
14. Bazon Irina , Valoarea spirituală și socială a casei tradiționale țărănești, Tezaur Românesc, 2013

15. Bazon Irina, Consecințele îndepărtării de firescul tradiției. Casa țărănească și casa modernă, Tezaur Românesc, 2013
16. Bazon Irina, Tipuri de case țărănești tradiționale (I), Tezaur Românesc, 2013
17. Bazon Irina, Tipuri de case țărănești tradiționale (III) - Materiale de construcție, Tezaur Românesc, 2013
18. Bélorgey Xavier (traducere), Residence in Schlins, Detail Magazine nr. 5, 2009, pp.453 - 457
19. Berescu Cătălin, Earthen architecture in Romania ,Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011.
20. Bláha Michael, Taos Pueblo, <http://ilovecob.com>, mai 2007
21. Boltshauser Architekten, Rammed earth house, Rauch family home, Schlins, Austria <http://www.architonic.com/>, 2008
22. Chiodero Chiara, Earthen habitat in rural development of western India: experiences in post-earthquake rehabilitation in Kachchh district of Gujarat, Politecnico do Torino, Italy, 2006
23. Cob Walls in East Dorset Care & Repair, East Dorset District Council Planning Guidance, Iunie 2008.
24. Codger, A peaceful pubescent hooter, Camera Trap Codger, <http://cameratrappodger.blogspot.ro/2010/05/peaceful-pubescent-hooter.html>, mai 2010
25. Cohen Scott, French Drains The Right Way, www.greenscenelandscape.com, septembrie, 2010
26. Colda Iolanda, Ardelean Florinela, Cauzele Schimbarilor climatice - un subiect controversat, Conferinta a XV a Eficienta, confort, conservarea energiei și protecția mediului, Facultatea de Instalații, București, 2008
27. Correia Mariana, Merten Jacob, Earthen architecture in Portugal, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011
28. Cosac Marian, Buzea Dan Lucian, Radu Alexandru, Cronica cercetărilor arheologice din România, Campania 2011,

Raportul 143, județul Covasna, Sita Buzăului, Cremenea -
Malu Dinu Buzea

29. Cruickshank Tom, One of a kind, Harrowsmith Country Life, Malcolm Publishing Inc. , pp. 70-77 , iunie 2010
30. Designist, 5 Chirpici: despre tradițional și contemporan în peisajul Deltei, www.designist.ro, 2013
31. Dowling D. M., Natural Hazards in El Salvador, The Geological Society of America, Special paper 375, 2004
32. Dumitru Miron, Case tradiționale. Cum se construiau, de bunicii noștri ?, Etnografie și folclor în zona Hârlău, www.harlauletnografie.wordpress.com, martie 2013
33. Edward Crocker, Earthen architecture and seismic codes, Lessons from the field, Crocker Ltd. Architectural Conservation, Trustee, US/ICOMOS, 2000
34. Enea Claudia, ENEA Întoarcerea la chirpic, Ziarul de Iași, august 2002
35. Ernest Bernea, Civilizația română sătească, Editura Vremea, București, 2006
36. Ernest Bernea, Spațiu, timp și cauzalitate la poporul român, Editura Humanitas, București, 1997
37. Fleming Jim, Rory McGowan, Dorothee Richter, and Jonathan Rose, Druk White Lotus School, Ladakh, Northern India, The Arup Journal, 2/2002.
38. Frey Pierre, Terre à terre down to earth Martin Rauch, L'Architecture d'Aujourd'hui nr. 393, ianuarie 2013
39. Gale Laurence, Planting trees and hedges, in Conservation & Ecology, ianuarie, 2013
40. Goodvin Christina, Baird Ann, Baird Gord, Cob Home Performance Report, <http://ecosenseliving.files.wordpress.com/>, august, 2011
41. Guerin R., Didier L., Earthen architecture in France, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011

42. Horescu Marius, Casa Verde, ilustrând perfect generosul concept al locuinței ecologice, ne așteaptă pe Cheile Nerei, Asociația Banaterra, Agenda nr. 34/26, august 2006
43. Juwah Ada-Nkem, Jos: the Silence of Adobe, <http://www.viquet.com>, 2010
44. Kagal Carmen, Banni, Kutch. In Vistăra - The Architecture of India, Catalogue of the Exhibition, The Festival of India, 1986.
45. Keefe Larry, The cob buildings of Devon, Repaire and maintenance, Devon Historic Buildings Trust, www.devonearthbuilding.com, septembrie 1993
46. Kimberley Mok, Japanese Flair For Detail Elevates 'Earth-bricks' House By Atelier Tekuto, www.treehugger.com, 2011
47. King Victoria, Earth Bricks / Atelier Tekuto, www.archdaily.com, iunie 2012
48. Lawrence Griggs Robyn, Student-Built Earth Block Home Brings Natural Cooling to Navajo Reservation, Natural Health, www.motherearthnews.com, octombrie 2011
49. Le Paih Amelie, Les astuces de la maison en bauge bretonne, www.atelier-alp.fr, ianuarie 2013
50. Link Russell, Swallows, Living with Wildlife, <http://wdfw.wa.gov/living/swallows.html>, 2005
51. Maïni Satprem, Building the future with earth using compressed stabilized earth blocks (CSEB), www.earth-auroville.com
52. Marcus J.S., The Dirt on Sustainable Luxury - In Austria's ski country, an artist-builder uses compressed soil to create everything from stoves and flooring to entire homes, in The Wall Street Journal, noiembrie 2014
53. Marin Alexandra, Strategia EUROPA 2020, Mai mulți cetățeni activi în câmpul muncii –o Uniune Europeană mai competitivă!, Material realizat de Centrul de Informare Europe Direct Centras București, 2012

54. Marinescu Vali, Imagine de poveste: Minisat cu căsuțe din lut și acoperiș pe care crește iarba, construit la Berca, www.opiniabuzau.ro, octombrie 2013
55. McCabe Kevin, Cadhay, www.buildsomethingbeautiful.co.uk, f.a.
56. Meier Alison, The magnificent mud architecture of Mali, www.atlasobscura.com, 2013
57. Minutillo Josephine, Getting High Design from a Low-Tech Approach, Architectural Record, octombrie 2008
58. Munsell Albert, Time for a Munsell Revival, <http://munsell.com>
59. Oancea Daniela , Minisătucul eco de la Berca, www.cariereonline.ro, mai 2014
60. Palicio Fernandez, Constructions with terrons in Alta Limia, Galicia: A lost sustainable architecture, Vernacular Heritage and Earthen Architecture, CRC Press, octombrie 2013
61. Pârnu Adela, Articole cob, Acoperiș verde, adică 320 mp de grădina pe o construcție de lut în satul Berca, Buzău, www.cobvillage.ro, mai 2014
62. Pârnu Adela, Casele de lut de la Berca fac senzație! Proiectul turistic al Nicoletei Marin atrage atenția înainte de a fi inaugurat, www.adelaparnu.com, aprilie 2014
63. Pârnu Adela, Da, poți trăi simplu și frumos! Într-o minune de casă din chirpici la Ciolpani, lângă București, www.adelaparnu.com, aprilie 2014
64. Peter Blundell Jones, Wales Institute for Sustainable Education by David Lea and Pat Borer, Machynlleth, Wales, UK, in The Arhitectura Review, decembrie 2010
65. Petrariu Cristiana , Satul ecologic din Berca: Case de poveste, cu iarba pe acoperiș și pereți din lut, www.ecomagazin.ro, noiembrie 2013
66. Popovici Vali, Casele de lut, noua tendință "eco", România Liberă, 14 iunie 2010

67. Quiun D., Reinforced Adobe, World Housing Encyclopedia, Report 107, 2010.
68. Rabie Omar, Mockups, Revealing the potential of compressed earth blocks a study in the materiality of compressed earth blocks (CEB): lightness, tactility, and formability, <http://eartharchitecture.org>, august 2012
69. Rauch Martin, Kapfinger Otto, Chapel of Reconciliation downtown Berlin, Editura Birkäuser, 200
70. Ryntovt Design, Ecohotel "Friend House", traducere Milea Dana, Arhitext, nr.2, martie-aprilie 2012, pag 114
71. Saint-Jours Yvan , Sur la terre des Hollies, La maison écologique nr. 57, iunie-iulie 2010, pp.18-21
72. Samali B., Jinwuth W., Heathcote K. and Wang C., A Study into the Earthquake Resistance of Circular Adobe Buildings using Static Tilt Tests, Australian Earthquake Engineering Society 2010 Conference, Perth, Western Australia, 2010
73. Samali B., Jinwuth W., Heathcote K. and Wang C., Seismic Capacity Comparison between Square and Circular Plan Adobe Construction, The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, 2011
74. San Bartolome Ángel, Quiun Daniel, Zegarra Luis, Effective system for seismic reinforcement of adobe houses, 13 the World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, Canada, August, 2004
75. Sigi Koko, Adobe Floor Basics - How to build a dirt cheap floor, www.buildnaturally.com, ianuarie 2014
76. Sigi Koko, Building with cob, Down to Earth Design, www.buildnaturally.com, 2000
77. Sigi Koko, Clay plaster, Down to Earth Design, www.buildnaturally.com, 2000
78. Smith E., Austin G., Adobe, pressed-earth and rammed-earth industries in New Mexico, New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources, Socorro, noiembrie 1989

79. Smith Michael, The History of Cob,
<http://www.networkearth.org>
80. Sreemathi Iyer, Guidelines for building bamboo reinforced masonry in earthquake prone areas in India, A thesis presented to the Faculty of the School of Architecture University of Southern California, mai 2002
81. Sterian Ciprian, Reportaj: Case din lut, cu sticle montate în pereți ca să intre lumina și cu acoperiș din iarbă, în Buzău, www.mediafax.ro, noiembrie 2013
82. Suru Raluca, Casa Verde printre cele mai frumoase 10 construcții naturale din lume, <http://naturalhomes.org/ro/casaverde.htm>
83. Vallejo Andrea, Arq. Cecilia Alderton 1961 Montevideo-Uruguay, <http://prezi.com>, august 2013
84. Vegas F., Mileto C., Cristini V., Earthen architecture in Spain, Terra Europae, Earthen architecture in European Union, Edizioni ETS, 2011
85. Ziegert Christof, The material reamed earth as used for the new building of the "Chapel of Reconciliation" in Chapel of Reconciliation,
<http://www.kapelle-versoehnung.de/bin/englisch/material.php>

ANEXA 1: LISTĂ ASOCIAȚII CONSTRUIRE CU PĂMÂNT

Africa

- | | | |
|----------|--|---|
| 1. Egipt | Egyptian Earth
Construction Association
(EECA) | http://www.eeca.net/ |
|----------|--|---|

Asia

- | | | |
|----------|--|---|
| 2. India | Auroville Building Centre | http://www.auroville.org/ |
| 3. Nepal | Abari Adobe and Bamboo
Research Institute | http://abari.org/ |

Europa

- | | | |
|-------------|--|---|
| 4. Anglia | Earth Building UK | http://www.ebuk.uk.com/ |
| 5. Bulgaria | Gaiapolis | http://arhiteria.com/ |
| 6. Cehia | Hlína | http://www.hlina.info/en.html |
| 7. Elveția | IG Lehm | http://www.iglehm.ch/ |
| 8. Franța | CRATerre | http://craterre.org/presentation/ |
| 9. Germania | BAM Federal Institute for
Materials Research and
Testing, Dachverband
Lehm e.V. | http://www.dachverband-lehm.de/ |
| 10. Irlanda | The Centre for Irish
Earthen Architecture | http://homepage.eircom.net/~centreirisheartharchitecture/index.html |

- | | | |
|----------------|--|---|
| 11. Italia | Associazione Nazionale Città della Terra Cruda | http://www.terracruda.org / |
| 12. Italia | Cedterra | http://www.casediterra.it/fotogallery.htm |
| 13. Norvegia | NJH Earth and Strawbuilder Organisation | http://www.halmhus.no/ |
| 14. Olanda | Leembouwacademie Nederland | http://www.leembouw.org / |
| 15. Portugalia | Centro da Terra | http://www.centrodaterra.org/pt/apresentacao/objetivos/index.html |
| 16. România | Grupul Arhiterra | http://www.arhiterra.ro/ |
| 17. Spania | Interaccion, construTIERRA | http://www.construtierrez.org/ |
| 18. Suedia | Lerbyggeföreningen i Sverige | http://www.lerbyggeföreningen.se/ |

America de Nord

- | | | |
|---------|-----------------|---|
| 19. SUA | Adobe Alliance | http://www.adobealliance.org/ |
| 20. SUA | Adobe in Action | http://www.adobeinaction.org/ |

Australia

- | | | |
|-------------------|---|---|
| 21. Australia | EBAA Earth Building | http://www.ebaa.asn.au/ |
| 22. Noua Zeelandă | Earth Building Association of New Zealand | http://www.earthbuilding.org.nz/oldsite/ |

America de Sud

- | | | |
|--------------------|----------|---|
| 23. America Latină | Ecosur | http://www.english.ecosur.org/ |
| 24. America Latină | Proterra | http://redproterra.org/ |

25. Brazilia ABCTerra <http://www.abcterra.com.br/>
26. Columbia fundacion Tierra Viva <http://fundaciontierraviva.org/>

ANEXA 2: REZULTATE SONDAJ DE OPINIE

1. Domiciliul

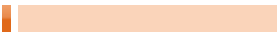
Urban	202	 89.8%
Suburban	15	 6.7%
Rural	8	 3.6%
Total răspunsuri	225	

2. Nivel de educație

Școala primară	0	 0%
Gimnaziu	2	 0.9%
Liceu	46	 20.4%
Facultate	120	 53.3%
Studii postuniversitare	57	 25.3%
Total răspunsuri	225	

3. Care este ocupația dumneavoastră?

Student	51	 22.7%
Angajat	102	 45.3%

Antreprenor	34		15.1%
Casnic	7		3.1%
Fără ocupație	9		4%
Altele	22		9.8%
Total răspunsuri	225		

4. Venituri lunare

Sub 1000 RON	63		28%
1000 - 2500 RON	59		26.2%
2500 - 5000 RON	57		25.3%
5000 - 10000 RON	33		14.7%
Peste 10000 RON	13		5.8%
Total răspunsuri	225		

5. În ce tip de clădire locuiți ?

casă din pământ: lut/chirpici/paiantă	1		0.4%
casă din lemn	4		1.8%
casă din cărămidă/BCA/beton	75		33.3%
apartament în bloc din cărămidă/BCA/beton	142		63.1%

Altele	3	 1.3%
Total răspunsuri	225	

Alte răspunsuri

- Casa de caramida și parțial din chirpici
- Mansarda din lemn în podul unei case din caramida
- apartament în vilă din cărămidă/beton

6. Ați locuit permanent sau temporar într-o locuință din pământ?

Da	90	 40%
Nu	135	 60%
Total răspunsuri	225	

7. Dacă ați răspuns DA la întrebarea anterioară vă rog să evaluați calitatea locuirii într-o casă de pământ.

foarte proastă			foarte bună
	7.74 / 10		

Printre 225 respondenți, răspunsul mediu este 7.74 (în scală de la 1 la 10).

8. Vă rog să explicați pe scurt evaluarea de la punctul anterior.

- 1) Atmosferă plăcută, izolare bună.
- 2) Confort termic bun vara și iarna, aerisită- pereți și tavan nu tocmai dreți, îmbinările peretelui rotunjite
- 3) Casele în care am locuit temporar și erau din pământ, erau case modeste, din mediul rural. Avantajul acestor case este costul mic (în

comparație cu celelalte tipuri de case) și inerția termică relativ bună, luând în considerare valoarea investiției. Desigur, sunt și dezavantaje legate de structura de rezistență, de dezvoltarea pe verticală, luminozitate etc.

4) Izolare termică decentă, temperaturi interioare bune în sezoane diferite.

5) Pe vremea când am locuit într-o casă de pământ eram foarte mică și nu știu prea multe despre asta. Însă o tot auzeam pe bunica ca se plângea de faptul că e mereu praf în casă. Știu însă că era cald și bine iarna :-).

6) Dacă știi cum să-ți aranjezi casa, ai aceleași condiții și confort și într-o casă de pământ, din contra ai mai multe avantaje dacă ai o casă, decât dacă stai la bloc.

7) confort estetic, izolare bună, se respiră sănătos într-o astfel de casă

8) O casă micuță veche din 1955 cu finisaje ce, în zilele noastre nu pot fi numite astfel. Tavane joase, multe fisuri în pereți atât la interior cât și la exterior, călduroasă pe timp de iarnă și răcoroasă pe timp de vară!

9) Casa din lemn tencuită cu lut la interior. Nu sunt pereții la fel de drepti ca la cărămida cu rigips dar pot să spun că erau foarte "călduroși"

10) Casă bătrânească.

11) Casă răcoroasă vara și călduroasă iarna. Pereții mențin un confort termic mai bun decât în cazul caselor din beton sau cărămidă. Sunt ieftine și durabile, realizate din materiale ecologice, în general integrate în mediul înconjurător. Apar probleme dacă sunt construite direct pe pământ, fără fundație.

12) N-aveam baie, nici lumina, erau și purici, dar în rest era bine.

13) Vara era o racoare naturală iar iarna era caldă, aerul era curat.

14) Lipsa confortul modern.

15) Răcoroasă vara, călduroasă iarna!

16) Avantaje: Ieftină, termoizolantă, ușor de făcut modificări ulterioare, stabilă la cutremure, ușor de construit. La punctul 9, cea mai bună soluție o combinare a materialelor tradiționale cu materiale moderne. (hidroizolație exterioară, tocărie, învelitori etc.

17) -

18) Pt că este foarte sănătos ieftin și chiar frumos mi-ar aduce mereu aminte de vremurile de altădată când lumea era mai frumoasă din toate punctele de vedere și ai mai fi multe ...

19) Nu este așa de rezistență la seisme ca o clădire din beton .

20) Răcoroasă, cochetă, se încălzește ușor de la sobă

- 21) Puține probleme în timp, se încălzește ușor, se modifică ușor, confortabilă
- 22) Casă făcută din chirpici și scândură construită în 1967 este locuibila și în ziua de azi
- 23) Foarte calduroasă iarna, răcoroasă vara, mai sigură la cutremure, mai ușor de întreținut, referitor la reparații
- 24) Avantaj: fără vecini pe înălțime
- 25) Casa veche de pământ a bunicilor. Am văzut că noile case de pământ eco moderne sunt mult mai sustenabile.
- 26) Temperatura ambientală este relativ constantă: vara este răcoros iar iarna se încălzește ușor și temperatura se pastrează destul de mult timp. Iar aerul în interior nu este uscat.
- 27) Casa-i,... casă!!!... și cum din literatura "noi vrem pământ" = casa pe pământ este BRICI!!!
- 28) Având în vedere profesia (arhitect) criteriile de evaluare personale sunt variate iar exigențele la care o astfel de structură poate să răspundă sunt extrem de diverse în parcursul tehnic - structural / istoric / estetic / vernacular / identitar / architectural / termotehnic / durabil /ecologic / etc. O dezvoltare a subiectului și o explicitare profesională multicriteriala nu-si poate găsi locul într-un astfel de sondaj cu timp și spațiu limitat.
- 29) Izolare termică, ecologie
- 30) .
- 31) Casa era din pământ și materiale organice cu structura de lemn. E răcoroasă vara și calduroasa iarna. A rezistat cutremurului din 77 și încă este în picioare după 40 ani, dacă nu mai mult. Evident că există și alte avantaje, cele ale locuirii la casă, cu teren, unde să poti întreprinde diverse activități și unde ai intimitate.
- 32) Frig. Estetica a lasat de dort.
- 33) Pe vremea mea la țară casele se făceau din chirpici (moldova) pământ amestecat cu bălegar de cal .
- 34) In armonie cu natura, calduroasă iarna, răcoroasă vara, sănătoasă, pitoresc, nu nota 10 pentru că este prea arhaic pentru mine
- 35) Foarte rece
- 36) Casele care sunt mai vechi sunt mai vulnerabile la tot felu de animalute de gen: soareci... sobolani...
- 37) Pozitiv: stabilitate relativ mare, flexibilitate a construcției, sentiment de integrare în mediul natural, simplitate Negativ: un soi de

precaritate a construcției în fața unor evenimente ale naturii ce implică apa din abundență

38) O casă mică cu 2 camere din lut și impletitura din nuiele. Foarte rezistentă la cutremure fiind mult mai elastică decât alte construcții.

39) sunt case sănătoase din toate punctele de vedere, de la sistemul de încălzire/ventilație până la protecția pasivă pe care o oferă în cazul unui cutremur.

40) Mai important decât materialul mi se pare finisarea. N-ai sta prea mult într-o casă de pământ doar varuită. Dar ai sta mai mult timp într-una din pământ finisată cu rigips și modern.

41) Este mult mai ușor să ieși să te relaxezi în aer liber cu siguranța faptului că nu o să fii deranjat. Un alt avantaj poate fi faptul că nu ai vecini ; ca și în cazul în care stai la bloc.

42) Calitatea locuirii poate să fie foarte bună- plăcută, dar ridică dificultăți legate de construire, acest material relativ ieftin trebuie bine înțeles cum se comportă cu restul materialelor noi și adaptată structura

43) Casele din pământ nu păstrează căldura pe termen lung.

44) Casa din pământ cu paie (chirpici) este mai aerisită, pereții "respiră" dar totuși este bine izolată termic (vara răcoare, iarna cald), are un miros plăcut. Fiind ecologică are și un impact psihologic pozitiv. Somnul este de calitate superioară, mai odihnitor. Relativ ușor de întreținut, necesită totuși un bagaj de cunoștințe și ceva experiență pentru reparațiile periodice de gen.

45) Transfer energiei direct și continuu toate materialele folosite fiind puse în operă fără prelucrării majore.

46) Cea mai pregnantă senzație de confort fizic; cel mai bun somn.

47) Excelent reglaj al umidității, miros plăcut

48) Apariția insectelor sub stratul de tencuială exterior, fisuri ale pereților și tavanului, planeitatea suprafețelor.

49) Lipsa de confort / instalații

50) Este ușor de întreținut și foarte bună pe timp de iarnă/vară.

51) Bine izolată, ambiant plăcut. Acoperisul era din stuf, deci sobolani, plus că construcția era puțin avariată de vreme/timp.

52) Masă termică mare, respiră, nu e la bloc :-)

53) Interiorul unei case de pământ este mai răcoros vara/călduros iarna

54) Răcoroase pe timp de vară și ușor de adus la o temperatură potrivită pe timp de iarnă

55) E frig și umezeală. Căpă.

- 56) Oferă căldură, dar dacă pardoseala nu are o fundație de beton sunt șanse de umiditate sau soriceii.
- 57) Casele din lut asigură un factor elementar prin existența lor și anume păstrează căldura foarte bine, un aspect pe care beneficiarul îl căuta mereu la construirea unei case fie ca este din lut sau cărămidă etc., iar acest aspect îi asigură unul din clasificările cele mai înalte
- 58) Izolare termică, fonică, costuri de construcție reduse, imagine "naturală" a pereților (nu erau perfect drepti, ca cei de rigips).
- 59) Izolație termică fff.bună
- 60) n/a
- 61) Era o casă de pământ la țară, fără utilități în casă și, de asemenea, etanșeitatea era precară.
- 62) Casa era de paie, la țară. Vara era răcoare. Iarna nu am locuit acolo, dar înțeleg că menținea destul de bine căldura. Mie și estetic mi-a plăcut dintotdeauna, cu tavane joase și colțurile rotunjite. Unora nu le place aspectul asta. Nu am dat 10 pentru că, din punctul meu de vedere vedeam un mic inconvenient la reparațiile destul de dese - trebuia vărut / "lipit" în fiecare an pentru că apareau crăpături.
- 63) Confortabilă - iarna cald, vara răcoare, dar trebuie reparată în fiecare an, iar soarecilor le place să intre în pereți
- 64) 8 din 10 pentru lipsa luminii
- 65) Locuința rurală fără utilități și acces modern. Casă veche cu exterior deteriorat.
- 66) Într-o astfel de casă vara este răcoare, iarna se menține destul de mult căldura dacă este izolată bine.
- 67) Nu știu
- 68) Casa de pământ oferă un sentiment de „acasă” și este foarte eficientă în ceea ce privește păstrarea unei temperaturi optime (atât pe timp de vară, cât și pe timp de iarnă).
- 69) Nu ai vecini, spațiu este mult mai mare, grădina din fața casei pt cafea dimineața este genială....și multe altele
- 70) Mi se pare nesigure
- 71) NU mai țin minte, eram foarte mic.
- 72) Izolarea este foarte bună, însă casa trebuie supusă unor lucrări de întreținere la fiecare 3-5 ani: crăpături, lăsări de pământ, altele.
- 73) Există mari diferențe între casele de pământ, dar în principiu, apreciez în primul rând că sunt făcute dintr-un material natural local. Pământul pus între două straturi de lemn poate fi și un izolator excepțional.

74) Casa din pământ este "vie" ; respiră;

9. Vă rog să faceți legătura între casa prezentată în imagine și următoarele noțiuni: (mai multe răspunsuri posibile)



armonie cu natura	164	<div><div></div></div> 20.1%
casă primitoare	75	<div><div></div></div> 9.2%
sănătos	90	<div><div></div></div> 11%
vechi	128	<div><div></div></div> 15.7%
frumos	116	<div><div></div></div> 14.2%
durabil	46	<div><div></div></div> 5.6%
ecologic	166	<div><div></div></div> 20.3%
sărăcăcios	31	<div><div></div></div> 3.8%
modern	0	<div><div></div></div> 0%
Total răspunsuri	816	

10. Vă rog să faceți legătura între casa prezentată în imagine și următoarele noțiuni: (mai multe răspunsuri posibile)



armonie cu natura	58		8.1%
casă primitoare	127		17.8%
sănătos	55		7.7%
vechi	0		0%
frumos	158		22.2%
durabil	65		9.1%
ecologic	41		5.8%
sărăcăcios	0		0%
modern	208		29.2%
Total răspunsuri	712		

11. Vă rog să faceți legătura între casa prezentată în imagine și următoarele noțiuni: (mai multe răspunsuri posibile)



armonie cu natura	182	<div><div></div></div> 22.9%
casă primitoare	104	<div><div></div></div> 13.1%
sănătos	82	<div><div></div></div> 10.3%
vechi	33	<div><div></div></div> 4.2%
frumos	131	<div><div></div></div> 16.5%
durabil	51	<div><div></div></div> 6.4%
ecologic	146	<div><div></div></div> 18.4%
sărăcăcios	6	<div><div></div></div> 0.8%
modern	59	<div><div></div></div> 7.4%
Total răspunsuri	794	

12. Vă rog să completați cât de importanți sunt acești factori atunci când vă gândiți să construiți o casă nouă (1- cel mai important; 7 – cel mai puțin important):

	Loc	Puncte
structură de rezistență	1	652
preț	2	755
eficiență energetică (nu necesită sistem de răcire vara/ încălzire iarna)	3	809
folosirea unor materiale care să nu dăuneze sănătății	4	845
aspectul	5	925
folosirea unor materiale ecologice	6	1078
rapiditatea realizării construcției	7	1236

Locul arată importanța opțiunii de răspuns. Locul cel mai înalt e luat de cea mai importantă opțiune. Punctele reprezintă suma totală a tuturor răspunsurilor pentru această întrebare. Cel mai important răspuns are cel mai mic număr de puncte și invers.

13. În cele ce urmează am să enumăr câteva afirmații despre casele din pământ. Va rog să bifați căsuțele corespunzătoare răspunsului dvs. sunt rezistente la cutremur

de acord	78		34.7%
Parțial de acord	75		33.3%
Nu sunt de acord	26		11.6%
Nu știu	46		20.4%

sunt rezistente la acțiunea ploilor și a vântului

de acord	48		21.3%
Parțial de acord	89		39.6%

Nu sunt de acord	55		24.4%
Nu știu	33		14.7%

sunt frumoase

de acord	117		52%
Parțial de acord	90		40%
Nu sunt de acord	13		5.8%
Nu știu	5		2.2%

sunt benefice pentru sănătatea oamenilor

de acord	127		56.4%
Parțial de acord	62		27.6%
Nu sunt de acord	9		4%
Nu știu	27		12%

reglează umiditatea

de acord	89		39.6%
Parțial de acord	53		23.6%
Nu sunt de acord	14		6.2%
Nu știu	69		30.7%

sunt răcoroase în timpul verii

de acord	184		81.8%
----------	-----	---	-------

Parțial de acord	25		11.1%
Nu sunt de acord	3		1.3%
Nu știu	13		5.8%

se încălzesc ușor în timpul iernii

de acord	118		52.4%
Parțial de acord	57		25.3%
Nu sunt de acord	18		8%
Nu știu	32		14.2%

se întrețin ușor

de acord	58		25.8%
Parțial de acord	77		34.2%
Nu sunt de acord	45		20%
Nu știu	45		20%

sunt ieftine

de acord	115		51.1%
Parțial de acord	58		25.8%
Nu sunt de acord	14		6.2%
Nu știu	38		16.9%

sunt durabile

de acord	57		25.3%
Parțial de acord	80		35.6%
Nu sunt de acord	45		20%
Nu știu	43		19.1%

au un impact redus asupra mediului

de acord	182		80.9%
Parțial de acord	30		13.3%
Nu sunt de acord	1		0.4%
Nu știu	12		5.3%

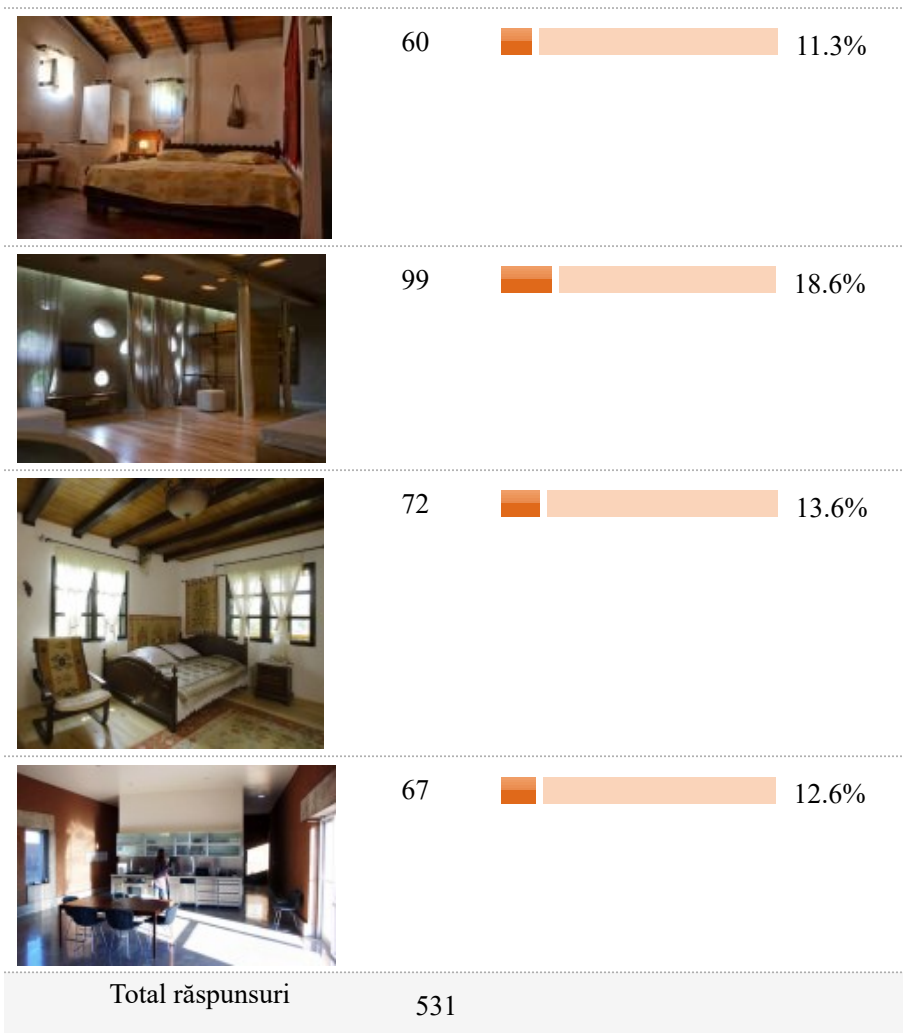
14. În care din următoarele case v-ar plăcea să locuiți (mai multe răspunsuri posibile)



70  13.2%



163  30.7%



15. Observații și sugestii personale despre casele din pământ. (Întrebare opțională)

- 1) Necesită o fundație bună și postament înalt
- 2) Sa accepte să locuiesc într-o casă de pământ dacă ar fi modernă și luminoasă.

- 3) Dacă aş avea de ales, nu aş alege să îmi construiesc o casă de pământ.
- 4) Nu prea mă pricep...
- 5) Sunt frumoase şi primitive, vara sunt răcoroase.
- 6) Ar fi interesant de văzut dacă pot fi integrate şi panouri solare în aşa o construcţie. Eu personal consider ca edificiile contemporane din pământ trebuie să aibă un design simplu. Minimalist. Futuristic. Nu cred că e frumos să se construiască arhitectura tradiţională ca acum sute de ani.
- 7) Sunt frumoase, ecologice, dar parcă mi-aş dori mai degrabă o casa în stil colonial englez din lemn cu toate dotările moderne
- 8) Casele din pământ sunt estetice ecologice şi foarte la modă pentru cei ce consideră ca aerul curat şi viaţa în mijlocul naturii asigură un mod de a trai sănătos.
- 9) sunt greu de reparat! şi rămâne problema acoperisului cel tradiţional - din stuf- e scump, necesită mult timp şi nu există meşteşugari/ meseriaşi în plus e costisitor şi în ce priveşte poliţa de asigurare
- 10) Personal, cred că o casă din pământ, făcută acum la standardele existente, ar putea fi comparată cu celelalte case construite din alte materiale!
- 11) pot fi mult mai uşor amenajate şi încadrate în terenuri mici şi mai uşor de construit în zone mai puţin accesibile
- 12) Deşi în general sunt apreciate casele de pământ, vremurile într-o continuă schimbare ne fac să adoptăm alte stiluri.
- 13) Am o casă de vacanţă realizată din pământ, în zona de sud a României, în lunca Dunării. Mă duc în weekend-uri sau în vacanţă acolo şi mă simt ruptă de agitaţia şi stresul din Bucureşti. Pot spune că mă întorc odihnită de acolo. Cu toate ca pereţii sunt strâmbi şi se vede cum a fost adăugată câte o cameră de-a lungul timpului, casa este primitoare şi se integrează perfect în natură. Prisma cu stâlpi de salcâm te invită să stai la umbră în zilele de vară sau să te adapostesti de ploaie, ascultând sunetul picăturilor de apă pe acoperiş. Este casa perfectă pentru relaxare.
- 14) Pentru mine prima calitate a unei case de pământ e confortul psihic pe care-l resimt în preajma şi în interiorul ei. Dar n-aş compara niciodată una gata făcută, de teama viciilor ascunse: paraziti, igrasie, risc de incendiu, vulnerabilitate la intemperii. Ştiu însă ca exista tehnologii actuale de prevenire a tuturor acestora şi, în caz ca mi-aş face o asemenea casa, le-aş aplica foarte atent. Nu aş construi însă pentru un

client, nu cred ca l-aș putea conștientiza asupra necesității unor astfel de investiții.

15) Dacă sunt realizate din paianța sunt foarte rezistente la cutremur.

16) O interpretare contemporană a caselor țărănești este direcția de urmat.

17) Consider că nu sunt îndeajuns exploatate

18) Combinația dintre materialele ecologice "vechi" și arhitectura modernă mi se pare cea mai reușită combinație. Merită promovate!

19) Nu cunosc foarte bine avantajele și dezavantajele unei case din chirpici din acest motiv nu aș opta pentru o astfel de casă. Probabil dacă ar fi oferite pe piață mi ar trezi interesul

20) Sunt sănătoase, în armonie cu mediul înconjurător.

21) În momentul de față și cei mai săraci își permit să adauge materiale moderne la o casă. Nu există case 100% cu materiale tradiționale. La tavan chiar dacă folosesc vâlătuci, fața o fac cu riflaje din plastic (fâșii lungi de 5 m. și lățime de 30 cm. grosime 0.4 mm). Invelitorile din membrană, și mai moderne sunt cele mai folosite. La ocupație am trecut fără (nu aveți rubrica de pensionar).

22) -

23) Casele din pământ erau construite din materiale gratuite, fiind singurele materiale pe care oamenii și le permiteau în trecut, și din păcate, anumite persoane și le permit și acum în perioada modernă, și sunt asociate de multe ori cu sărăcia. Consider că este important să construim case din materiale moderne pentru că trebuie să ne raportăm la civilizație și să evoluăm.

24) Eu cred că-n viață singurul lucru important e să fim sănătoși și după restu ... deci rămân la ideea că o casă din chirpici sau lut mă rog ... ar fi mult mai sănătoasă și chiar eficientă etc.

25) Sunt bune de locuit doar pentru cei care le apreciază cu adevărat și se simt bine în ele

26) Tehnologie depășită moral

27) Ar trebui să se facă cu un design modern

28) Foarte ușor de construit

29) Dacă pe timpul ierni o cameră nu este încălzită și vrei să dormi într-una din zile, n-ai să poți din cauza frigului chiar dacă faci focul. Va fi cald cât este soba caldă iar, când se racește soba va fi la fel de frig. Concluzia: camera va trebui încălzită cu cel puțin trei zile înainte.

30) Mi-ar plăcea să aibă deschiderile mai mari, să fie mai luminoase.

- 31) Faptul că se întrețin foarte ușor este un mare avantaj. Se poate renova în fiecare an, cum făcea bunica, ceea ce îndepărtează riscurile îmbolnăvirilor și ale alergiilor.
- 32) Din păcate: "nimic nu mai este ce-a fost!!!" = nici casele din pământ construite în ziua de astăzi nu mai sunt echivalentele caselor din pământ de odinioară!!! Majoritatea celor care optează, astăzi, pentru așa ceva o fac pentru a-și satisface FITZELE!!!
- 33) Nu cunosc.
- 34) Reprezintă o alternativă ieftină și ecologică.
- 35) Irelevant
- 36) În primul rând nu este nimic nou.. sunt case de pământ existente de multă vreme; practice nu se inovează nimic în acest sens. În al doilea rând, vă imaginați că este aproape imposibil integrarea într-un context urban.. ce structură de rezistență au? De ce nu studiați și bordeiele, sunt mult mai ecologice și mai ieftine.
- 37) Iubesc casa bunicilor care e din pământ și e foarte bine realizată. Am impresia că aerul și energia ei sunt cu mult mai bune decât în casa mea (din cărămidă). Simt că sunt mult mai călduroase (afectiv vorbind) decât orice altă casă.
- 38) .
- 39) Eu mă gândesc să construiesc o casă din lemn, mi se pare mai ok din multe puncte de vedere decât cea din beton. Nu știu care ar fi avantajele și dezavantajele unei case din pământ comparativ cu una din lemn. Mă refer la rezistență, preț, întreținere pe termen lung, limitele pământului. Spre exemplu vreau o casă cu ferestre mari, să intre multă lumină și nu știu dacă acest aspect ar afecta mult rezistența casei de pământ.
- 40) Design-ul modern al caselor de pământ și aspectul tradițional sunt principala atracție. Durabilitate reprezintă punctul lor forte.
- 41) E prea generic denumită "casa din pământ". Tehnicile structurale sunt multiple: din chirpici, chirpici si lemn, cărămizi presate din chirpici/cob, super adobe (saci umpluți cu amestec nisip și pământ) etc. În funcție de tipul structural și de alcătuirea pereților, indicii de rezistență la seisme, umiditate, temperatura diferă.
- 42) Consider că populația nu este informată suficient despre avantajele/dezavantajele oferite de casele din pământ, majoritatea construind case din lemn/cărămidă/beton fără a lua în considerare posibilitatea construirii unei case din pământ.

- 43) Astăzi se folosesc tehnici diferite de construcții și materialele folosite sunt prelucrate modern
- 44) Consider că sunt mai ușor de ridicat casele din pământ (decât alte case din beton etc) dar trebuie să aibă un plan de realizare mai bun.
- 45) Aspect deosebit
- 46) Mereu trebuie „cârpite” dar sunt sănătoase și drăguțe.
- 47) Mi se par o variantă de locuință utile dar nu ca și domiciliu principal. Mai curând o casă de vacanță sau o casă de oaspeți. Ele au un impact peisagistic important dar, cel puțin la prima vedere, par să nu asigure un confort în concordanță cu cerințele contemporane. Sunt mai curând inedite. Asta ține și de ”modă”.
- 48) Cred că sunt o alternativă de luat în calcul mai ales pt o casa de vacanta. Dacă se lucrează mai mult la aspectul exterior, rezultatul poate fi impresionant.
- 49) Le găsesc o opțiune dezirabilă, deși nu văd ca realistă utilizarea lor în mediu urban, cu caracter extins. M-ar bucura sa existe soluții posibile în direcția asta și m-ar bucura să beneficiaz de una.
- 50) Sunt frumoase, au avantaje și dezavantaje, pot reprezenta o alternativă. Din ce am studiat până acum costurile sunt mari, practic economia se face doar la partea de zidarie. Un alt mare dezavantaj este suprafața mare ocupată la sol (ziduri). Fundația de piatra ridică și ea alte probleme. s.a.în concluzie, de curand am renunțat la construcția unei asemenea case în favoarea unei case cu structura din lemn.
- 51) Casele din pământ pot atrage oameni dacă au un aspect modern.
- 52) Depinde cum sunt executate, nici o tehnică nu e prea frumoasă sau urâtă, conteaza mult designul.
- 53) Mi se par demodate
- 54) Sunt ecologice și ieftine dar prefer ceva modern...
- 55) Sunt ok. Istoria a dovedit eficiența lor
- 56) Nu am văzut case din pământ cu etaj. Din câte știu, chirpiciul necesită întreținere continuă (odată la 2-3 ani pereții trebuie lipiți pe alocuri, vâruți, etc.), de aceea cred că se pretează mai greu în mediul urban contemporan; în schimb, alături de lemn, ar fi o soluție de preferat BCA-ului pentru construcția caselor de vacanță sau rezidențiale în mediul rural.
- 57) 1. îmi plac casele acoperite cu vegetație, cred că e o direcție de abordat. 2. arhitectura modernă a caselor din pământ.
- 58) Dacă 9 și 11 se pot compara în schimb 10 este un detaliu - ar trebui comparat cu ceva similar la casele din pământ. Și aici ating un punct

important - deschiderile și iluminarea naturală, elemente care pot determina o opțiune pur subiectivă.

59) Poate în parametrii actuali sintagma casă din pământ este un pic forțată; recomandarea personală ar fi de analiză asupra materialului (argilă crudă/uscată/coaptă) ca element activ de construcție. Deasemenea conceptele de casă /materiale / tehnologii ecologice ar trebui analizate mult mai mult în funcție de amprenta primară de CO2 ca input din extracție resurse / producție și transport / manoperă la amplasament.

60) sunt bune domle

61) Nu am

62) Mi-ar plăcea să am una la țară, în stilul vechi! Ca la bunici! Însă locuință permanentă aș prefera din alte materiale!

63) -

64) -

65) Nu sunt suficient de informată despre acest subiect și cred ca ar trebui să existe materiale informative - în reviste, fotografii, etc- despre casele din pământ.

66) Un aspect modern nu strică...

67) Ați postat în acest sondaj mai multe exemple noi de case de pământ cu adevărat surprinzătoare, nu știu mai multe despre subiect decât ceea ce se învață din istoria arhitecturii, dar aici imaginea specifică a vechiului este preluată și transformată în nou, relația dintre cele două ipostaze fiind cât se poate de sinceră. Consider că deși acest material de construcție este de cele mai multe ori lăsat la o parte în academicismul arhitectural, tocmai această particularitate a lui îl face cu adevărat special, aceasta și faptul că trimite, în mod evident către niște rădăcini istorice și culturale de care, după părerea mea este nevoie într-un moment în care propria noastră identitate etnică este contrabalansată din ce în ce mai puternic de către exterior.

68) -

69) Personal, nu-mi plac casele tradiționale românești din pământ, însă sunt sigură că se pot realiza anumite structuri interesante pe acest principiu.

70) Nu am

71) nu am

72) -

73) Casele de paiantă nu trebuie sa fie neapărat acoperite cu stuf, se poate îmbina arhitectura modernă cu adobe.

74) Sunt verificate de mii de ani de construire și utilizare, dar depinde de cine și cum le face, ca la orice casă, de altfel. De aceea, sunt mai multe răspunsuri cu "parțial" la întrebări.

75) n/a

76) Personal m-am legat sufletește de ideea de cob. Mi se par cele mai durabile dintre toate modalitățile de a construi cu pământ. Problema e ca nu orice tip de casă de pământ e sustenabil în orice regiune. Pentru cob este nevoie de foarte mult lut și dacă pe terenul de construcție pământul nu este suficient de lutos e greu de realizat o casă cărând lut din alta parte. În ceea ce privește atât construirea cât și întreținerea caselor de lut, trebuie avut grijă și la materiale și la tehnicile de lucru, și puțini meseriași se mai pricep la asta.

77) Poza 3 și poza 5 de mai sus ; da pot fi foarte frumoase, dar necesită destul de multă întreținere manuală, si periodică (poate fi făcută fără multă știință de proprietar).

78) Privind lucrurile ecologic, aş considera promovarea lor mai la scară mai întinsă; am cunoscut mulți oameni care trăiesc cu impresii nu tocmai corecte despre casele astea și care fug pe degeaba de ele din cauza unor idei preconceptione (ca să nu le numesc complexe nejustificate).

79) Trebuie modernizate aduse la nivelul cerințelor actuale de confort, siguranță și arhitectură.

80) Nu știu încă.

81) Unii factori de la întrebarea numărul 12 nu cred că se exclud de fiecare data, spre exemplu rapiditatea construcției și aspectul plăcut poate fii obținut din punctul meu de vedere atunci când se folosește pământul ca material de construcție, plus acesta nu dăunează sănătății. Nu cred ca cineva care concepe un proiect poate avea o ierarhizare clară a acestor factori.

82) Dacă tehnologia actuală permite ca gradul de siguranță la intemperii și cutremure să fie ridicat, atunci este interesant de văzut cum ar arăta o astfel de casă

83) Insuficient mediatizate

84) Mi se pare total nepotrivită rezolvarea din prima și a patra imagine - o pretenție de modernitate și de atmosferă sofisticată creată prin intermediul unor materiale simple și umile (așa cum e pământul). Consider că se pierde sinceritatea demersului. O casă de pământ este, până la urmă, o casă modestă (nu e nimic rău în asta) și poate fi chiar o casă frumoasă. Important este să servească scopului, adică locuirii și

pentru asta nu e nevoie să fie imensă, nici eternă, nici să afișeze aspect de ozn. Oamenii uită de ce își fac casa.

85) Unele case din pământ arată bine și se încadrează în peisajul rural

86) Mi-ar plăcea să locuiesc într-o casă din pământ cu toate calitățile ei fără să pierd confortul sau aspectul. M-ar interesa cât se construiește așa acum, cine construiește și la ce prețuri. Mulțumesc pentru preocuparea ta.

87) Îmi place ideea, nu știu dacă poate fi pusă în practică profesionist în România. Dacă îmi fac vreodată casă, cu siguranță o voi lua în considerare, alături de opțiunea construcțiilor din lemn.

88) Nu pot răspunde din propria mea experiență cum e să locuiești azi într-o casă de pământ, dar cu siguranță sunt foarte ecologice. Bănuiesc că există tehnici de a le face și rezistente la seisme și alte fenomene naturale necontrolate.

89) Sunt primitoare, sunt de cele mai multe ori luminoase și în culori naturale, soba este un element esențial, caracteristic caselor din pământ, sunt o alternativă suficient de bună pentru a înlocui multe din materialele noi. Felicit inițiativa pentru aceasta cercetare!

90) Mi s-ar părea interesant un studiu care să compare sistemele constructive și adaptarea la context a caselor din pământ din diverse zone geografice

91) Pământul este important ca material de construcție, dar la fel de importante sunt piatra și lemnul.