

**Gernot Minke**

# **LOCUINȚE IEFTINE, UȘOARE, IZOLATE TERMIC, DIN CHIRPICI ȘI PAIANTĂ**

Pentru constructorii amatori și  
studenții facultăților de profil

Ghid de materiale - Tehnici de așezare - Arhitectura  
clădirilor din chirpici și paiantă

**M.A.S.T.**

Cuvânt înainte.....	6	2.4.1	Informații generale.....	28	3.5	Creșterea rezistenței la compresiune	45	
<b>1</b>	<b>Introducere.....</b>	7	2.4.2	Difuzarea vaporilor de apă.....	28	3.5.1	Informații generale.....	45
1.1	Pământul, materialul de construcție al trecutului și al viitorului.....	7	2.4.3	Umiditatea de echilibru .....	29	3.5.2	Optimizarea distribuției granulometrice .....	45
1.2	Istoria construcțiilor din pământ.....	8	2.4.4	Condensare .....	30	3.5.3	Preparare .....	45
1.3	Lucruri interesante de știut despre lut ca material de construcție.....	11	2.5	Comportamentul în caz de expunere la căldură .....	30	3.5.4	Compactarea.....	46
1.4	Îmbunătățirea climatului interior cu ajutorul lutului .....	12	2.5.1	Informații generale.....	30	3.5.5	Aditivi minerali .....	47
1.4.1	Informații generale.....	12	2.5.2	Conducția căldurii .....	31	3.5.6	Aditivi organici.....	49
1.4.2	Influența umidității asupra sănătății	13	2.5.3	Căldura specifică.....	31	3.5.7	Adăugarea de fibre și peri .....	50
1.4.3	Influența aerisirii asupra umidității aerului interior.....	13	2.5.4	Stocarea căldurii.....	31	3.6	Creșterea rezistenței la abraziune .....	50
1.4.4	Efectul de reglare a umidității produs de lut are impact pozitiv asupra sănătății.....	13	2.5.5	Absorbția și degajarea de căldură în funcție de timp .....	31	3.7	Creșterea capacității de izolare termică.	51
1.5	Preconcepții legate de lut .....	15	2.5.6	Izolație termică.....	31	3.7.1	Informații generale.....	51
<b>2</b>	<b>Lutul ca material de construcții și ..... proprietățile sale .....</b>	16	2.5.7	Radiația termică / emisivitatea .....	31	3.7.2	Chirpicul .....	51
2.1	Compoziția.....	16	2.5.8	Dilatarea termică.....	32	3.7.3	Lutul mineral ușor.....	53
2.1.1	Informații generale.....	16	2.5.9	Rezistența la foc.....	32	3.7.4	Lutul ușor, amestecat cu plută.....	55
2.1.2	Argila.....	17	2.6	Rezistența .....	32	3.7.5	Lutul ușor amestecat cu rumeguș.....	55
2.1.3	Silt, nisip, pietriș .....	17	2.6.1	Forța de coeziune .....	32	<b>4</b>	<b>Prepararea materialului de construcție.....</b>	56
2.1.4	Distribuția granulelor .....	17	2.6.2	Rezistența la compresiune.....	33	4.1	Informații generale.....	56
2.1.5	Componente organice .....	18	2.6.3	Rezistența la întindere la uscat.....	34	4.2	Înmuiere .....	56
2.1.6	Apă .....	18	2.6.4	Rezistența mecanică la încovoiere .....	34	4.3	Zdrobire și amestecare.....	56
2.1.7	Porozitate.....	18	2.6.5	Rezistența la tracțiune a adezivilor....	35	4.4	Cernerea .....	58
2.1.8	Suprafața specifică.....	18	2.6.6	Rezistența la abraziune .....	35	4.5	Modelarea.....	59
2.1.9	Densitatea în vrac.....	18	2.6.7	Modul de elasticitate .....	36	4.6	Adăugarea suspensiei de lut .....	59
2.1.10	Compactarea / compactabilitatea .....	18	2.6.8	Rezistența marginilor .....	36	4.7	Temperarea.....	59
2.2	Teste pentru determinarea compoziției.....	19	2.7	Valoarea pH-ului.....	37	<b>5</b>	<b>Construcții din pământ bătătorit....</b>	60
2.2.1	Observație preliminară.....	19	2.8	Radioactivitatea.....	37	5.1	Informații generale.....	60
2.2.2	Analiza combinată cu ajutorul sitei și a dispersiei .....	19	2.9	Ecranarea radiațiilor electromagnetice de înaltă frecvență .....	38	5.2	Cofraje .....	61
2.2.3	Determinarea conținutului de apă.....	19	2.10	Conținutul de energie primară (PEI), reducerea emisiilor CO <sub>2</sub> .....	38	5.3	Echipament de tasare.....	62
2.2.4	Teste simple („metoda testului manual”) .....	19	<b>3</b>	<b>Îmbunătățirea proprietăților materialelor prin tratamente speciale și aditivi.....</b>	39	5.4	Procesul de producție .....	64
2.3	Manifestarea proprietăților în cazul expunerii la apă .....	22	3.1	Informații generale.....	39	5.5	Prelucrarea pământului bătătorit umed .....	64
2.3.1	Informații generale.....	22	3.2	Reducerea formării de fisuri la uscare .....	39	5.6	5.6 Metode noi de construcție a pereților.....	65
2.3.2	Umflarea și contracția.....	22	3.2.1	Informații generale.....	39	5.6.1	Metoda de construcție cu pământ bătătorit .....	65
2.3.3	Determinarea comportamentului de contracție la uscare.....	22	3.2.2	Temperarea.....	40	5.6.2	Procese puternic mecanizate .....	66
2.3.4	Plasticitate .....	23	3.2.3	Agent de lichefiere.....	40	5.6.3	Construcția din paiantă cu umplură din pământ bătătorit .....	66
2.3.5	Absorbția capilară a apei .....	25	3.2.4	Adăugarea materialelor fibroase .....	40	5.6.4	Construcții de pereți cu cofraje permanente .....	67
2.3.6	Capacitatea de fluidizare .....	26	3.2.5	Măsuri structurale.....	41	5.7	Construcția cupolei din pământ bătătorit.....	68
2.3.7	Capacitatea de fasonare.....	26	3.3	Creșterea rezistenței la apă.....	41	5.8	Procesul de uscare.....	69
2.3.8	Eroziunea prin ploaie și prin îngheț..	27	3.3.1	Informații generale.....	41	5.9	Contracția uscată.....	69
2.3.9	Timpu de uscare.....	27	3.3.2	Legături minerale .....	42	5.10	Efort.....	69
2.4	Comportamentul în cazul expunerii la vapori de apă.....	28	3.3.3	Produse de origine animală .....	43	5.11	Izolație termică.....	69
			3.3.4	Produse minerale și animale .....	43	5.12	Tratarea suprafețelor .....	69
			3.3.5	Produse vegetale .....	43	<b>6</b>	<b>Construcția cărămizilor de lut.....</b>	70
			3.3.6	Emulsie de bitum .....	43	6.1	Informații generale.....	70
			3.3.7	Produse sintetice .....	43			
			3.4	Creșterea forței de legare.....	44			
			3.4.1	Informații generale.....	44			
			3.4.2	Amestecarea și îmbătrânirea .....	44			
			3.4.3	Creșterea conținutului de argilă.....	44			
			3.4.4	Aditivi .....	44			

6.2	Istoric .....	70	10.7	Elemente goale umplute cu lut .....	102	12.5.5	Aplicarea tencuielii .....	122
6.3	Reglementări .....	72	10.8	Tuburi din lut ușor .....	103	12.5.6	Influența asupra difuziei vaporilor de apă .....	122
6.4	Producția de blocuri de lut .....	72				12.6	Cofraje de placare / lambrizare / cofraje de fațadă.....	122
6.5	Compoziția optimă a materialului.....	75	11	<b>Tencuieli din lut</b> .....	106	12.7	Măsuri de construcție.....	124
6.6	Blocuri de cărămidă din lut .....	76	11.1	Informații generale .....	106	12.7.1	Protecție împotriva ploii .....	124
6.7	Finisarea blocurilor de lut .....	76	11.2	Tratarea suprafeței.....	107	12.7.2	Protecția împotriva umidității ascendente .....	124
6.8	Tratarea suprafețelor .....	77	11.3	Compoziția tencuielii de lut .....	107	12.7.3	Protecția împotriva apei la interior	124
6.9	Fixarea tablourilor, a rafturilor și a corpurilor de perete .....	77	11.4	Reguli de aplicare a tencuielii pe pereții de lut .....	108			
6.10	Blocuri din lut ușor .....	77	11.5	Comportamentul de contracție la uscat .....	109			
6.11	Blocuri de lut acustic .....	78	11.6	Tencuială pulverizabilă din lut ușor	109			
7	<b>Blocuri de lut de format mare și panouri de lut</b> .....	79	11.7	Tencuiala din lut ușor și argilă expandată .....	109	13	<b>Repararea elementelor de construcție din lut - Renovarea clădirilor vechi cu lut</b> .....	125
7.1	Informații generale.....	79	11.8	Aruncarea ipsosului.....	110	13.1	Observații preliminare .....	125
7.2	Cărămizile de lut .....	79	11.9	Tencuirea pereților din baloți de paie .....	110	13.2	Cu privire la apariția daunelor la elementele de construcție din pământ .....	125
7.3	Elemente de tavan .....	81	11.10	Tencuiala de lut ca protecție împotriva incendiilor .....	111	13.3	Repararea rosturilor cu lut.....	125
7.4	Plăci de lut pentru construcții uscate.....	82	11.11	Proiectare sculpturală cu tencuieli din lut.....	111	13.3.1	Informații generale.....	125
7.5	Panouri de lut pentru pardoseală .....	82	11.12	Protecția marginilor.....	111	13.3.2	Sigilanți pentru rosturi .....	125
8	<b>Modelarea directă a lutului umed</b> .....	83	11.13	Tencuieli exterioare din argilă stabilizată.....	112	13.3.3	Pretratarea prealabilă a îmbinărilor.....	126
8.1	Informații generale .....	83	11.13.1	Informații generale privind tencuielile exterioare.....	112	13.3.4	Umplerea rosturilor.....	126
8.2	Tehnici tradiționale cu lut umed.....	83	11.13.2	Tencuieli exterioare din lut stabilizat ..	112	13.4	Repararea rosturilor fără argilă .....	126
8.3	Practica de construcție cu blocuri de lut din Dünne („Dünner-Lehmbrote“).....	86	11.14	Analiza comparativă a tencuielilor de lut .....	113	13.4.1	Informații generale.....	126
8.4	Metoda de construcție în straturi de lut .....	87	11.14.1	Observație preliminară .....	113	13.4.2	Chituri.....	126
8.4.1	Informații generale.....	87	11.14.2	Declaraarea ingredientelor .....	113	13.5	Repararea suprafețelor mari de deteriorare .....	126
8.4.2	Producerea straturilor de lut .....	87	11.14.3	Contractia la uscare .....	114	13.5.1	Noțiuni generale .....	126
8.4.3	Optimizarea amestecului de lut .....	87	11.14.4	Rezistența la abraziune .....	114	13.5.2	Reparații cu lut .....	126
8.4.4	Așezarea și netezirea firelor .....	88	11.14.5	Rezistența la compresiune .....	115	13.5.3	Punți de lipire pentru straturile protective .....	126
8.4.5	Repararea fisurilor și a rosturilor.....	90	11.14.6	Rezistența la încovoiere .....	115	13.6	Îmbunătățirea ulterioară a izolației termice cu ajutorul lutului ușor .....	127
8.4.6	Timp necesar.....	90	11.14.7	Sorbția umidității aerului .....	115	13.6.1	Observații preliminare .....	127
9	<b>Umpluturi de pământ umed pentru construcțiile cu cadre de lemn și schelete</b> .....	91	12	<b>Protecția împotriva intemperțiilor pentru suprafețele de lut</b> .....	116	13.6.2	Cauza creșterii condensului.....	127
9.1	Informații generale .....	91	12.1	Observație preliminară.....	116	13.6.3	Măsuri de izolare termică .....	127
9.2	Umplutura din lut și nuiile.....	91	12.2	Compactarea suprafeței.....	116	13.6.4	Învelișuri din lut ușor superioare.....	128
9.3	Tehnica de pulverizare a lutului .....	92	12.3	Învelișuri protective .....	116	14	<b>Soluții speciale</b> .....	129
9.4	Tehnica de umplere cu lut.....	92	12.3.1	Informații generale.....	116	14.1	Conexiuni.....	129
9.5	Stâlpi înfășurați și „butelcile” de lut.....	93	12.3.2	Amorsă .....	116	14.2	Construcții speciale de pereți.....	129
9.6	Compartimente cu umpluturi de lut ușor.....	94	12.3.3	Învelișuri avantajoase.....	116	14.2.1	Pereți din pământ bătătorit cu izolație termică suplimentară.....	129
9.7	Umpluturi cu straturi de lut, tuburi din lut ușor și panouri flexibile de lut ușor ..	94	12.3.4	Influența asupra difuziei vaporilor de apă .....	118	14.2.2	Pereți realizați din envelope uzate umplute cu lut.....	131
10	<b>Tehnici de tasare, turnare și pompare a lutului ușor</b> .....	95	12.3.5	Influența asupra coeficientului de penetrare a apei .....	118	14.2.3	Tuburi din țesătură umplute cu lut	131
10.1	Informații generale .....	95	12.4	Hidrofobizare .....	119	14.3	Tavanul construit cu lut.....	132
10.2	Sisteme de cofraje pentru pereții din lut ușor.....	95	12.4.1	Agenți de impermeabilizare.....	119	14.3.1	Construcții tradiționale de tavane ..	133
10.3	Ziduri tasate din amestec de lut ușor și paie .....	96	12.4.2	Aplicarea agentului hidrofobizant ..	119	14.3.2	Modele mai noi de construcție a tavanelor .....	133
10.4	Pereți bătuti și turnați din lut ușor combinat cu lemn.....	97	12.5	Tencuieli de var.....	119	14.4	<b>Pardoseli din lut</b> .....	134
10.5	Ziduri bătute, turnate și pompate din pereți din lut ușor mineral .....	98	12.5.1	Informații generale.....	119	14.4.1	Informații generale.....	134
10.6	Lutul ușor pompat pentru pardoseli și tavane .....	102	12.5.2	Tratarea prealabilă a suprafețelor de lut.....	120	14.4.2	Pardoseli tradiționale din lut .....	134
			12.5.3	Armarea tencuielii .....	120	14.4.3	Pardoseli contemporane din lut.....	134
			12.5.4	Compoziția.....	120	14.5	Izolație termică transparentă cu perete de lut care păstrează căldură.....	137

14.6	Acoperișuri din lut.....	137	15.6	Germania .....	174
14.6.1	Informații generale.....	137	15.6	Ansamblul de case ecologice „Soliterra” din Mühlacker-Enzberg.....	176
14.6.2	Construcții tradiționale de acoperișuri .....	137	15.7	Clădire rezidențială și de birouri în Kassel.....	178
14.6.3	Soluții noi pentru acoperișurile înclinate.....	138	15.8	Casa cúpula, Emboscada, Paraguay .....	181
14.7	Arcade din cărămizi de lut .....	139	15.9	Trăind sub bolți semicilindrice, Emboscada, Paraguay .....	184
14.7.1	Informații generale.....	139	15.10	Cimitirul din Bushey, Hertefordshire, Marea Britanie.....	189
14.7.2	Geometria bolților .....	139	15.11	Cupola de lut din Aiguá, Uruguay. 192	
14.7.3	Statik von Gewölbe-konstruktionen... 140		15.12	Centrul de tineret, Berlin- Spandau .....	196
14.7.4	Metoda nubiană de construcție a tunelurilor.....	145	15.13	Grădiniță în Wennigsen-Sorsum . 198	
14.7.5	Metode afgane și persane de construcție a cupolelor .....	147	15.14	Grădiniță în Bellingdon, Buckinghamshire, Marea Britanie... 201	
14.7.6	Metoda de construcție nubiană a cupolei .....	149	15.15	Școala din Rudrapur, Bangladesh.. 204	
14.7.7	Cupole pe linie de sprijin.....	150	15.16	Clădire de birouri în Hanovra, Germania .....	206
14.7.8	Metode de construcție a bolților cu cofraje .....	151	15.17	Clădirea de birouri IIT din New Delhi .....	208
14.7.9	Consolidarea cupolelor din lut prin arderea ulterioară din interior .....	152	15.18	Clădire de birouri în Darmstadt, Germania .....	210
14.7.10	Exemple de clădiri moderne cu cupolă de pământ .....	153	15.19	Capela Reconcilierii din Berlin..... 214	
14.8	Perete de lut care păstrează căldura în seră.....	154	15.20	Clădire prototip, Massa Lombarda, Italia .....	216
14.9	Băi realizate din lut .....	154			
14.10	Mobilier încorporat din lut .....	156			
14.11	Lavoare din lut .....	158			
14.12	Cuptoare și aragaze de lut.....	159			
14.12.1	Informații generale .....	159			
14.12.2	Un aragaz de lut care economisește lemn de foc pentru țările în curs de dezvoltare.....	159			
14.12.3	Un cuptor de gătit cu bancă integrată și zonă de dormit .....	162			
14.12.4	Cuptoare pentru pâine și pizza.....	162			
14.12.5	Sobe acoperite cu lut.....	163			
14.13	Panouri de încălzire din lut.....	164			
14.14	Etanșarea iazului cu lut.....	165			
14.14.1	Informații generale.....	165			
14.14.2	Etanșarea cu pământ bătătorit.....	165			
14.14.3	Aplicarea elementelor prefabricate din lut umed .....	165			
14.14.4	Etanșarea cu materiale neșesute care conțin lut.....	165			
<b>15</b>	<b>Case de lut moderne .....</b>	<b>166</b>			
	Observație preliminară .....	166			
15.1	Casă în La Paz, Bolivia.....	167			
15.2	Clădire rezidențială în Turku, Finlanda .....	168			
15.3	Casă rezidențială în Des Montes, New Mexico, SUA .....	170			
15.4	Fermă în Wazipur, Haryana, India 172				
15.5	Casă rezidențială în Rosdorf, .....				
			<b>16</b>	<b>Note privind planificarea și construc-</b> <b>ția clădirilor din pământ .....</b>	<b>217</b>
			16.1	Observații preliminare.....	217
			16.2	Reglementări, autorizații .....	217
			16.3	Certificat de izolare termică.....	218
			16.4	Condens .....	218
			16.5	Protecția împotriva incendiilor ....	219
			16.6	Izolație fonică .....	219
			16.7	Organizarea șantierului și procesul de construcție .....	219
			<b>17</b>	<b>Perspective .....</b>	<b>220</b>
			17.1	Tendența spre pământ - lipsa specialiștilor în construcții din pământ.....	220
			17.2	Construcțiile din pământ - un gol pe piață .....	220
			17.3	Ce tehnici de construcție cu pământ au un viitor?.....	220

## 1.1 Pământul, materialul de construcție al trecutului și al viitorului

Pământul a fost materialul de construcție predominant în aproape toate zonele climatice calde, uscate și temperate de pe Terra. Chiar și în prezent, aproximativ o treime din omenire trăiește în case de lut, iar, în țările în curs de dezvoltare, această proporție trece de jumătate. Având în vedere deficitul de locuințe din țările în curs de dezvoltare, cererea imensă de spațiu locuibil nu se poate satisface cu materiale de construcție industrializate, cum ar fi cărămida, betonul sau oțelul, sau cu procese de producție industrializate. Nici capacitatea de producție și nici capitalul nu sunt suficiente la nivel mondial pentru acest lucru. Deficitul de locuințe din aceste țări poate fi rezolvat doar prin utilizarea materialelor de construcție locale și prin încurajarea auto-inițiativei. Lutul, cel mai important material de construcție natural, este disponibil în cea mai mare parte a lumii și e adesea produs direct pe șantierul de construcție, la excavarea fundațiilor și a subsolurilor.

Chiar și în țările puternic industrializate, unde resursele pământului sunt folosite cu indiferență și unde energia e irosită, mediul înconjurător este poluat și locurile de muncă sunt distruse prin producția centralizată, bogată în capital și energie, pământul, ca material de construcție, trece printr-o perioadă de renaștere. Din ce în ce mai mulți constructori cer proiecte care să economisească energie și costuri, acordă importanță unui climat interior sănătos și echilibrat și își dau seama că materialul de construcție natural, chirpiciul, este superior celor industriale, cum ar fi betonul, cărămizile, cărămizile silico-calcaroase și betonul aerat. Noile descoperiri științifice au confirmat această percepție subiectivă: Pământul poate contribui la îmbunătățirea climatului interior într-o măsură mult mai mare decât alte materiale de construcție.

Experiența cu tehnicile noi și îmbunătățite de construcție cu pământ arată că acestea pot fi economice nu numai pentru construcțiile proprii, ci și pentru clădirile comerciale. Aceste posibilități, precum și principiile teoretice și cunoștințele practice necesare pentru a le realiza sunt descrise mai jos.



Fig. 1.2 – 1 Încăperi de depozitare din templul mortuar al lui Ramses al II-lea, Gurna, Egipt, vechi de aproximativ 3200 de ani

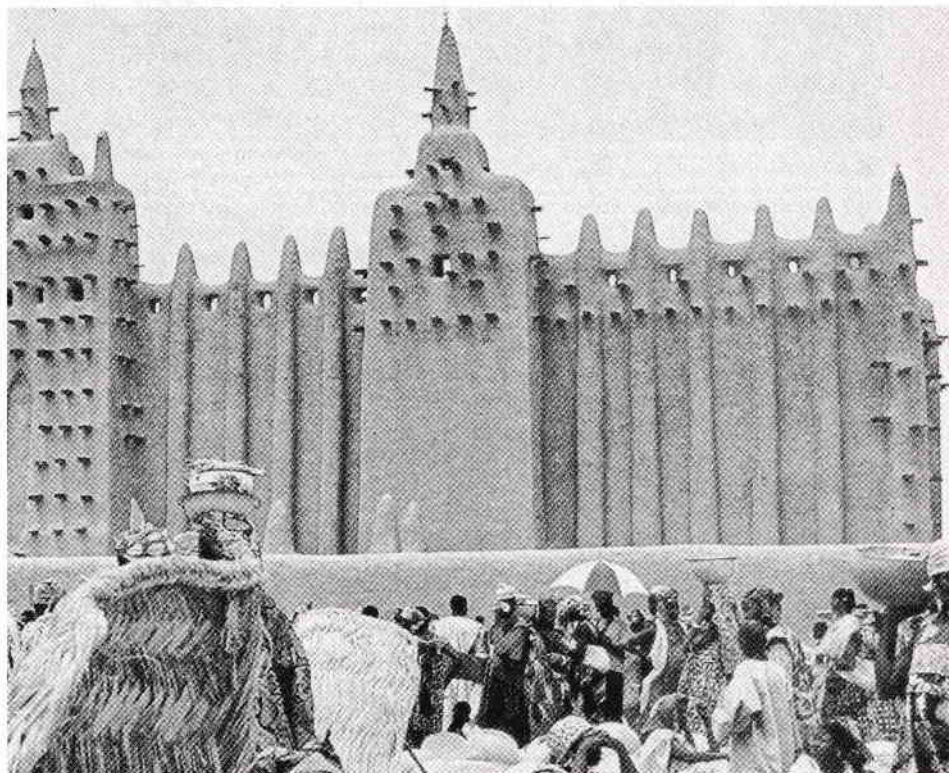


Fig. 1.2-2 Marea Moschee, Mopti, Mali, finalizată în 1935

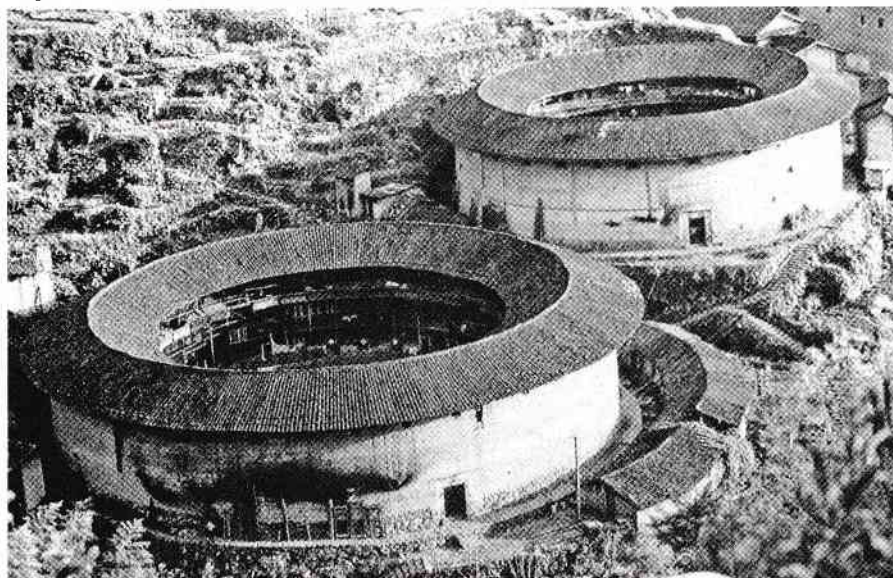


Fig. 1.2-3 Moschee, Kashan, Iran



Fig. 1.2-4 Bazar, Sedjan, Iran

Fig. 1.2-5 Case din pământ bătătorit ale populației Hakkas din provincia Yonding, sudul Chinei



## 1.2 Istoria construcțiilor din pământ

Tehnicile de construcție cu pământ sunt cunoscute de peste 9000 de ani: În Turkestanul rusesc, au fost descoperite case dreptunghiulare din lut, din perioada 8000 - 6000 î.Hr. (Pumpelly 1908), în timp ce în Asiria fundațiile din pământ bătătorit au fost documentate începând cu aproximativ 5000 î.Hr. În toate culturile antice, pământul a fost folosit ca material de construcție nu numai pentru clădiri rezidențiale, ci și pentru fortificații și clădiri de cult. De exemplu, Marele Zid Chinezesc, construit în urmă cu aproximativ 4000 de ani, a fost inițial construit aproape exclusiv din pământ bătătorit, devenind un „zid de piatră” abia mai târziu, când a fost acoperit cu piatră naturală și cărămizi. Nucleul Piramidei Soarelui din Teotihuacan, Mexic, construită între anii 300 și 900 d.Hr., este format din aproximativ 2 milioane de tone de pământ bătătorit. Fig. 1.2-1 prezintă arcadele de la templul mortuar al lui Ramses al II-lea de lângă Gourna, în Egipt, care au fost construite din cărămizi de lut nearse în urmă cu aproximativ 3200 de ani; moscheii din Mali și Iran sunt prezentate în figurile 1.2-2 și 1.2-3. În zonele cu climă uscată, unde lemnul nu este disponibil ca material de construcție, tehnicile de zidărie pentru construcția de arcade au fost dezvoltate de-a lungul a mai multor secole, ceea ce a făcut posibilă acoperirea clădirilor cu cărămizi de lut nearse, fără a folosi grinzi de lemn. Este interesant că majoritatea acestor tehnici pot fi utilizate pentru a construi bolte fără cofraje. Fig. 1.2-4 prezintă bazarul din Sedjan, Iran, ale cărui cupole au fost construite cu ajutorul uneia dintre aceste tehnici (vezi capitolul 14.7). În China, cel puțin 20 de milioane de oameni trăiesc în „case de noroi” subterane, peșteri săpate în loess. Există, de asemenea, locuințe similare în Spania, Africa de Nord și Turcia, majoritatea în roci vulcanice moi, cum ar fi tuful, sau în roci sedimentare moi și nisipoase. În provincia Yonding din sudul Chinei, există încă multe case din pământ bătătorit vechi de peste 300 de ani. Acestea sunt construite în cerc sau în pătrat în jurul unei curți interioare, au 3 - 4 etaje și adăpostesc până la 600 de persoane din tribul minoritar Hakkas (a se vedea Fig. 1.2-5). Faptul că lutul a fost folosit în mod obișnuit ca material de umplură pentru palisade și ziduri din lemn de lut în Germania, cu multe mii de ani în urmă, este demonstrat de mai multe descoperiri care datează din epoca bronzului.

Există, de asemenea, dovezi că, în secolul al VI-lea î.Hr., cărămizi de lut au fost așezate în zidurile de fortificație ale Heuneburgului din districtul Sigmaringen, probabil cu cooperarea constructorilor greci (Dehn 1964). Fig. 1.2-6 prezintă reconstrucția unei părți a acestui zid cu cărămizi de lut nears. Știm din descrierile lui Plinius cel Bătrân că, în Spania, construcțiile din pământ bătătorit au folosit pentru fortificații, cel târziu la sfârșitul secolului I î.Hr. Tacitus scrie despre casele sașilor că acestea nu erau făcute din piatră sau cărămidă, ci din pământ (Raw 1597).

Se spune că o casă mică, pe fundație de piatră și cu ziduri de pământ tasat, din Weimar, datează din secolul al IX-lea sau al X-lea d.Hr. (Donat 1980, p.184). Cu toate acestea, nu este posibil să se dovedească dacă este vorba de o clădire autentică din pământ bătătorit sau de o „Wellerbau”. (Wellerbau este o metodă de construcție solidă din tencuială de lut, similară construcției din paiantă, dar în care pereții sunt construiți fără cofraje, cf. capitolul 8.2). Un zid din pământ bătătorit de la Castelul Altenburg de lângă Merseburg datează din aceeași perioadă (Behm-Blanke 1954, p.115 și urm.).

În Evul Mediu, în Germania, lutul a fost folosit, în principal, pentru umplutura și tencuiala caselor în ansamblu de lemn și ca protecție împotriva incendiilor pentru acoperișurile de paie. Fig. 1.2-7 prezintă o magazie de la începutul secolului al XVI-lea în muzeul în aer liber din Cloppenburg. Partea interesantă la această clădire este că, sub acoperișul de paie, există un al doilea acoperiș din lut care servește ca protecție împotriva incendiilor pentru interior. Acoperișul de paie reprezintă, prin urmare, protecția împotriva intemperiilor pentru acoperișul de pământ.

În Silezia, Saxonia, Turingia și Boemia, Wellerbau a fost o tehnică foarte răspândită încă din Evul Mediu. Din cauza insuficienței lemnului, posibilitatea de a construi cu lut a fost evidențiată foarte devreme în Saxonia, de exemplu, în „Ordonanța privind pădurile și lemnul din 8 septembrie 1560” și în „Ordinul general al ofițerilor forestieri din 20 mai 1575”. În 1736, a fost publicat ceea ce este probabil primul apel al unei persoane private de a construi în mod masiv case din lut. Autorul fără nume propunea o casă complet rezistentă la foc, închisă la partea superioară prin arcade și recomanda acoperirea arcadei cu pământ, astfel încât zona acoperișului să poată fi folosită ca grădină (Güntzel 1986, p.44 și următoarele).

O fermă construită prin tehnica Wellerbau la ferma Metzke din Dothen, Turingia, datează din 1592 și a fost demolată în 1959, după mai bine



Fig. 1.2-6 Reconstrucția unui zid din chirpici din secolul al VI-lea î.Hr. în Heuneburg, Germania



Fig. 1.2-7 Depozit, Muzeul în aer liber Cloppenburg, cca. 1525

Fig. 1.2-8 Rezință în Gottscheina, 1768, construcție cu tencuială de lut

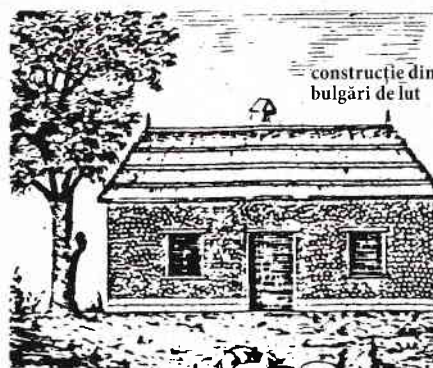
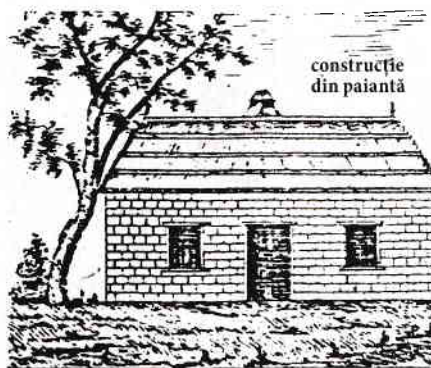
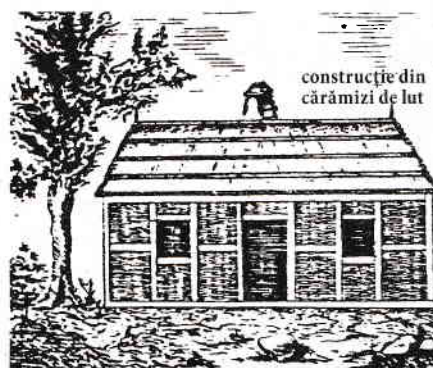
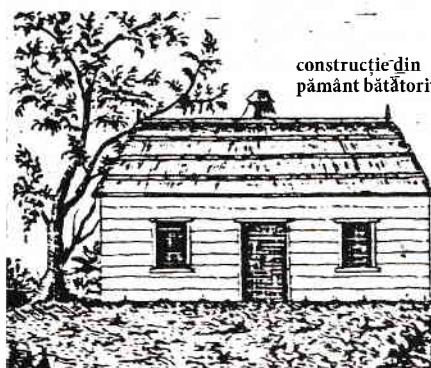
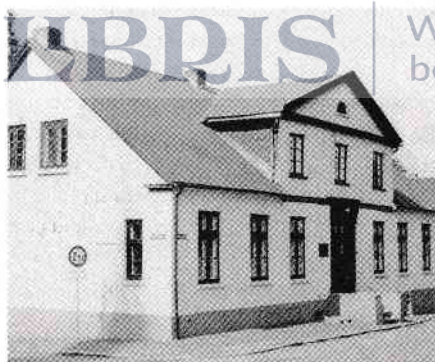
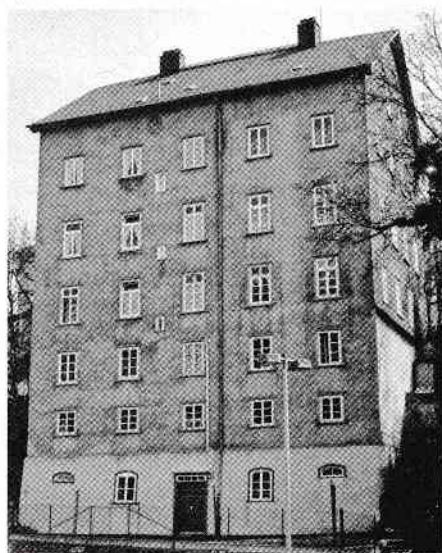


Fig. 1.2-9 Tehnici ungurești de construcție din lut, din secolul al XVIII-lea, (Griselini 1780)



1.2-10



1.2-11

1.2-10 Casă din pământ bătătorit Norderstr. 1, Meldorf, 1795

1.2-11 Casă din pământ bătătorit Hainallee 1, Weilburg, 1828

1.2-12 Fațadele casei din pământ bătătorit Bahnhofstraße, Weilburg, în jurul anului 1830

1.2-13 „Moșie de case din pământ”, Lübeck-Schlutup



1.2-12

de 350 de ani (Güntzel 1986, p. 50). În prezent, în Saxonia mai există încă multe case de chirpici cu pereți având tencuială de lut locuite. Una dintre cele mai vechi se află în Großgrimma, Saxonia-Anhalt, Dorfstr. 12; a fost datată dendrocronologic în 1658 (Ziegert 2000). Fig. 1.2-8 prezintă una dintre cele mai vechi case de locuit cu două etaje încă locuite, care a fost construită în Gottscheina (la nord-vest de Leipzig)

Cel mai important impuls pentru construcțiile din pământ în vestul Germaniei a venit la sfârșitul secolului al XVIII-lea, când construcțiile franceze din pământ bătătorit au devenit cunoscute în Germania, prin intermediul scrierilor lui Cointeraux. Francois Cointeraux a scris patru broșuri în 1790 și 1791 sub titlul „L'école d'Architecture rurale, ou leçons, par lesquelles on apprenda soi-même à bâtir solidement les maisons de plusieurs étages avec la terre seule”, care au fost publicate în limba germană încă din 1793 (Cointeraux, 1793). Cointeraux a descris, în primul rând, tehnica de tasare a pământului („terre pisée”), care era răspândită de secole în regiunea Lyon. El cunoștea clădiri care fuseseră construite înainte de anul 1600 (Lasius 1797, p.169). Această metodă de construcție, cu pământ tasat, era foarte răspândită în Franța (Raulin 1984). Chiar și astăzi, clădirile din pământ bătătorit sunt locuite de peste 300 de ani, cum ar fi castelul conților de Montbriant din valea Saône de lângă Lyon (Schneider 1985, p.17f). În Dolomieu, lângă Lyon, peste 90% din toate casele care există astăzi sunt construite folosind tehnica tradițională a pământului tasat. David Gilly, care în 1787 încă propaga metoda de construcție Wellerbau (Gilly 1787), a descris construcția cu pământ bătătorit ca fiind cea mai avantajoasă tehnică de construcție din pământ în lucrarea sa din 1797 „Handbuch der Landbaukunst” („Manual de construcție în pământ”) și a contribuit astfel în mod semnificativ la răspândirea acesteia, mai ales că lucrarea sa a fost publicată de șase ori între



1.2-13

1797 și 1836 și a fost distribuită pe scară largă și în alte țări europene.

Cointeraux și Gilly nu și-au dat seama, probabil, că, în Ungaria, construcțiile din pământ bătătorit erau cunoscute cu mult mai devreme și, probabil, erau folosite mai devreme și în Saxonia și Turingia (Griselini 1780, Schimscha 1939, Güntzel 1986, p.377 și următoarele).

Cu toate acestea, în cazul clădirilor din Saxonia și Turingia, nu s-a putut stabili cu exactitate dacă acestea erau clădiri din pământ bătătorit sau clădiri Wellerbau, deoarece unii cercetători nu erau familiarizați cu diferențele dintre aceste tehnici. Fig. 1.2-9 prezintă cele patru tehnici ungurești de construcție cu pământ din secolul al XVIII-lea, documentate de Griselini: Construcția din pământ bătătorit, grinzi din lemn cu umplutură de lut, construcția din cărămidă de lut și construcția din bulgări de lut.

Cea mai veche casă din pământ bătătorit, încă locuită, din Germania, a fost construită în 1795 și se află în Meldorf, Schleswig-Holstein, la Norderstraße 1 (Fig. 1.2-10). Constructorul, șeful pompierilor Boeckmann, a reușit să demonstreze, prin intermediul acestei case, că era posibil să se construiască, mai rezistent la foc și mai economic, cu pământ decât cu metoda de construcție pe grinzi de lemn, care fusese cea obișnuită până atunci.

Cea mai înaltă casă solidă din lut din Europa Centrală se află pe Hainallee nr. 1 din Weilburg an der Lahn. A fost începută în 1825 și finalizată în 1828 (Fig. 1.2-11). Zidul masiv de pământ bătătorit de cinci etaje, de pe latura din vale a clădirii, a fost ridicat peste un zid de piatră cioplită cu un singur nivel (subsol). Acesta are o grosime de aproximativ 75 cm la bază și se îngustează cu 5-10 cm pe etaj, astfel încât ultimul etaj are o grosime a peretelui de aproximativ 40 cm.

În ultimii ani, în urma unor cercetări aprofundate (Striedter 1982, Minke 1985, Schick 1987), la Weilburg, au fost descoperite 42 de case din pământ bătătorit încă locuite. Mulți dintre locuitorii nici măcar nu știau că locuiesc într-o casă de acest fel. Cea mai veche casă din pământ tasat a fost construită în 1796, iar cea mai recentă, în jurul anului 1830. Fig.1.2-12 prezintă o vedere a străzii Bahnhofstraße din Weilburg cu fațade de case din pământ tasat din această perioadă. După Primul și al Doilea Război Mondial, când materialele de construcție și fondurile pentru construcții erau limitate, oamenii au revenit la utilizarea lutului ca material de construcție, iar puțurile publice de lut, care erau disponibile în majoritatea comunităților în secolul trecut, au

reînceput să fie folosite.

Între 1919 și 1922, în Germania au fost construite nu numai câteva mii de case din lut (Güntzel 1986, p.156), ci și o serie întreagă de „complexuri de case din lut”, cum ar fi cele care există și astăzi în Badenermoor lângă Achim, Lübeck-Schlutup (Fig. 1.2-13) și Lübeck-Moisling. Aceste clădiri postbelice, cu caracterul lor „sărăcăcios”, nu au fost tocmai favorabile pentru imaginea și răspândirea lutului ca material de construcție.

În 1950, în Republica Federală Germania existau șaptesprezece centre de testare a lutului recunoscute (a se vedea DIN 18951, fișa 2). Cu toate acestea, timp de aproape treizeci de ani după 1950, nu s-a mai construit nicio casă din

pământ în această țară. Norma DIN 18951 din ianuarie 1951, care era în vigoare din 1944 sub denumirea de „Reglementări pentru construcțiile din pământ”, a fost retrasă în 1971 fără a fi înlocuită, la fel ca și celelalte standarde și standarde preliminare care se ocupau de pământ și de prelucrarea acestuia (a se vedea capitolul 15.2). (Pentru mai multe informații despre istoria construcțiilor din pământ în Germania, a se vedea Güntzel 1986).

În timp ce în secolele XVIII și XIX, construcțiile din pământ în Germania au fost propagate în principal pentru a reduce epuizarea în continuare a pădurilor, după Primul Război Mondial au fost promovate pentru a reduce consumul de cărbune ca sursă

de energie. După cel de-al Doilea Război Mondial, construcțiile din pământ au fost văzute, în primul rând, ca o soluție pentru a economisi materiale de construcție și costuri. Începând din jurul anului 1980, trezirea conștiinței ecologice în Germania a dat un nou suflu construcțiilor din pământ: acum ca modalitate de reducere a poluării mediului în timpul lucrărilor de construcție și de creare a unui mediu de viață sănătos în clădiri.

### 1.3 Lucruri interesante de știut despre lut ca material de construcție

În comparație cu materialele de construcție obișnuite produse industrial, pământul are trei dezavantaje:

- *Pământul nu este un material de construcție standardizat.* Lutul este un amestec de argilă, măr (nisip fin) și nisip, care poate conține și componente mai grosiere, cum ar fi pietriș, piatră spartă sau pietre. Pământul are proprietăți diferite în funcție de locul în care se găsește și, prin urmare, trebuie să fie prelucrat diferit în funcție de tehnica de procesare. Prin urmare, este necesar să se cunoască compoziția acestuia pentru a putea evalua proprietățile sale și, dacă este necesar, pentru a le modifica prin adăugarea de aditivi.

- *Pământul se contractă pe măsură ce se usucă.* Evaporarea apei din amestec, care este necesară pentru a putea întări lutul și pentru a-i activa forța de coeziune, îi reduce volumul, ceea ce duce la apariția fisurilor de „uscarea” sau „contractie”. Retragera liniară de uscarea, măsura care indică micșorarea unui eșantion prismatic, atunci când acesta se usucă, este de aproximativ 3-12% pentru procedurile cu lut umed și de 0,4-2% pentru pământul bătătorit. Cu toate acestea, contracția poate fi redusă semnificativ prin reducerea conținutului de apă și de lut și prin optimizarea compoziției granulometrice.

- *Pământul nu este impermeabil.* Prin urmare, lutul trebuie protejat de ploaie și îngheț, în special atunci când este umed. Protecția permanentă a pereților de pământ împotriva efectelor umezelii poate fi realizată prin măsuri constructive (suprainălțarea acoperișului, socluri pentru apă, izolație orizontală împotriva „umidității crescânde”) și prin

tratamente de suprafață adecvate (vopsele, hidrofobizare, tencuieli) - a se vedea capitolele 4.3 și 12.

Cu toate acestea, cele trei dezavantaje sunt compensate de avantaje considerabile:

- *Pământul reglează nivelul de umiditate.* Pământul poate absorbi umiditatea relativ repede și o poate elibera din nou, în funcție de necesități. Prin urmare, reglează umiditatea aerului din încăperea și contribuie astfel la un climat interior sănătos. Studiile efectuate de Laboratorul de Cercetare pentru Construcții Experimentale, Universitatea din Kassel (LCCE), au arătat cum cărămizile de lut nears (așa-numitele cărămizi verzi) absorb de aproximativ 30 de ori mai multă umiditate decât cărămizile arse în decurs de două zile, atunci când umiditatea relativă a aerului din încăperea crește de la 50% la 80%. Cărămizile de lut ating un conținut maxim de umiditate de 5 până la 7% („conținut de umiditate de echilibru”) după 30 până la 60 de zile, la o umiditate a aerului din încăperea de aproximativ 95%. Chiar și după 6 luni de depozitare la o umiditate relativă de 95%, într-o cameră climatică, acestea nu s-au înmuiat (acest lucru ar fi posibil doar la un conținut de apă de aproximativ 11 - 15%). Măsurătorile efectuate pe o perioadă de 5 ani într-o clădire rezidențială din Kassel, cu pereți din cărămizi de lut, fire de lut sau pământ vărsat, au arătat că umiditatea relativă din camerele de locuit a fost aproape constantă pe tot parcursul anului. Aceasta a fost în medie de 50% și a fluctuat doar cu 5%. Această umiditate constantă creează un climat de locuit extrem de plăcut și sănătos. Ea împiedică uscarea mucoaselor, reduce formarea de praf fin și previne astfel răcelile (pentru mai multe detalii, a se vedea

secțiunea 1.4).

- *Lutul păstrează căldura.* Lutul, la fel ca alte materiale de construcție grele, păstrează căldura și, prin urmare, poate contribui la îmbunătățirea climatului interior și la economisirea de energie atunci când se utilizează energia solară pasivă.

- *Pământul economisește energie și reduce poluarea mediului.* Spre deosebire de alte materiale de construcție, lutul necesită foarte puțină energie în timpul preparării și prelucrării și, prin urmare, contribuie foarte puțin la poluarea mediului, necesitând doar aproximativ 1% din energia necesară pentru producerea cărămizilor sau a betonului armat (a se vedea secțiunea 2.10).

- *Pământul este întotdeauna reutilizabil.* Lutul nears poate fi reutilizat în orice moment și pe termen nelimitat. Lutul uscat trebuie doar să fie zdrobit și umezit cu apă înainte de a putea fi reutilizat. Spre deosebire de alte materiale de construcție, lutul nu poate polua niciodată mediul înconjurător ca moloz de construcție.

- *Pământul permite economisirea materialelor de construcție și a costurilor de transport.* Pe majoritatea șantiierelor din Europa Centrală, lutul e obținut la excavarea subsolurilor și/sau a fundațiilor. Dacă nu conține prea multă argilă sau particule de rocă prea mari, aceasta poate fi utilizată direct în stare umedă cu majoritatea tehnicilor de construcție cu pământ. Dacă totuși conține prea multă, lutul trebuie să fie „temperat”, adică amestecat cu nisip, de exemplu. Deoarece nu este nevoie să se transporte pământul excavat, se fac economii semnificative în ceea ce privește costurile de

transport și poluarea mediului. În cazul în care nu există lut disponibil pe șantier, acesta poate fi adesea obținut la prețuri reduse de la o fabrică de cărămidă din apropiere. Carierele de nisip și pietriș dețin lut drept „produs rezidual” atunci când sunt excavate. Cu toate acestea, de obicei au un conținut extrem de ridicat de sedimente.

- *Pământul este potrivit pentru proiectele personale de construcție.* Cu ajutorul unei persoane calificate lucrările de construcții din lut pot fi efectuate, de obicei, de către nespecialiști instruiți. Deoarece tehnicile tradiționale de construcție cu pământ necesită puțin echipament special, pe de o parte, dar necesită multă forță de muncă, pe de altă parte, acestea sunt potrivite pentru astfel de planuri.

- *Pământul conservă lemnul.* Datorită conținutului scăzut de umiditate de echilibru al lutului de 0,4 până la 6% din greutate (în funcție de conținutul de argilă, de tipul de argilă și de umiditatea aerului), lemnul și alte materiale organice înconjurate de lut sunt dezumidificate sau se păstrează uscate, astfel încât să nu fie atacate de ciuperci sau insecte.

- *Lemnul are un conținut de umiditate de echilibru de 8-12%.* Animalele dăunătoare necesită, în general, un conținut minim de umiditate de 14-18%, iar ciupercile un conținut de umiditate de peste 20% (Möhler 1978, p.18).

În acest sens, se poate vorbi despre preservarea cu ajutorul lutului. Cu toate acestea, deoarece paiele au o forță capilară deosebit de mare, efectul de conservare al lutului poate să fie insuficient în cazul pământului combinat cu paie cu densități aparente mai mici de 500 kg/m<sup>3</sup>, iar paiele pot putrezi dacă se usucă prea lent, cf. secțiunea 10.3.

- *Pământul reține poluanții.* Se menționează adesea faptul că pământul absoarbe poluanții din aerul interior. Cu toate acestea, acest fenomen a fost puțin investigat. Potrivit lui Ziegert, la analiza unei tencuieli din lut, dintr-o cameră încălzită cu cuptor dintr-o clădire Wellerbau, din secolul al XVII-lea, s-a detectat cu 3,5% mai mult sulf în tencuiala de lut decât în tencuielile aproape lipsite de sulf din celelalte camere (Ziegert 2000). Capacitatea mineralelor din argilă de a bloca substanțele străine sau poluanții este, de asemenea, utilizată de industrie: la Centrul de Cercetare Nucleară din Karlsruhe a fost dezvoltat un proces de recuperare a fosfaților din apele menajere folosind lut cu un conținut ridicat de argilă. Fosfații se atașează de mineralele de argilă și sunt astfel eliminați din apele reziduale. Principalul avantaj al procesului este că nu este nevoie să se adauge substanțe străine în apă, care să rămână, iar fosforul poate fi recuperat sub formă de fosfat de calciu uscat și

reutilizat pentru producerea de îngrășăminte. O instalație demonstrativă a fost pusă în funcțiune la Berlin-Ruhleben, unde 600 m<sup>3</sup> de apă uzată sunt purificați de fosfați în fiecare zi cu ajutorul acestui proces.

- *Pământul protejează împotriva radiațiilor de înaltă frecvență.* Pământul protejează încăperile împotriva radiațiilor de înaltă frecvență de la rețelele de telefonie mobilă, telefoanele fără fir, UMTS și GPS mult mai bine decât alte materiale de construcție cu pereți solizi. În timp ce acoperișurile convenționale, cu țigle de argilă sau de beton, asigură doar o atenuare minimă, arcadele din chirpici, cu o grosime de 24 cm, atenuază aceste radiații cu 99,9 până la 99,9999% (a se vedea secțiunea 2.9).

## 1.4 Îmbunătățirea climatului interior cu ajutorul lutului

### 1.4.1 Informații generale

Întrucât ne petrecem mai mult de 90% din timp în interior, climatul interior din spațiile locuibile, dormitoare și birouri, are o influență decisivă asupra bunăstării și sănătății noastre. Starea de bine în încăperi este influențată, în principal, de următorii parametri fizici:

- Temperatura aerului din încăpere
- Temperatura suprafețelor din jurul camerei
- Mișcarea aerului din încăpere
- Conținutul de umiditate al aerului
- Impurități cauzate de gaze și de praf

Fiecare ocupant simte imediat dacă temperatura din încăpere este prea ridicată sau prea scăzută sau dacă mișcarea aerului este prea mare și va încerca să influențeze acest lucru pentru a se simți din nou confortabil. Cu toate acestea, consecințele negative ale unei

umidități prea mari sau prea mici a aerului din încăpere sunt, în general, la fel de puțin cunoscute ca și mijloacele simple de reglare a umidității aerului. Deoarece umiditatea din interior are o influență semnificativă asupra sănătății ocupanților și deoarece lutul are capacitatea de a ajuta la reglarea umidității climatului interior precum niciun alt material de construcție, aceste două aspecte vor fi discutate în detaliu în cele ce urmează.

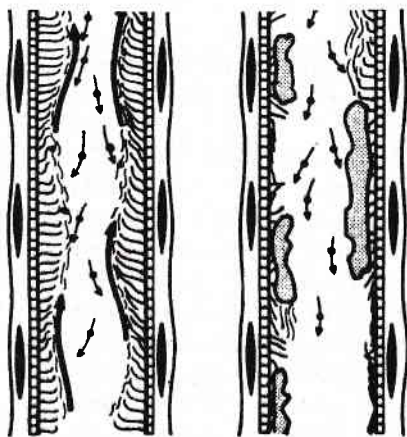


Fig. 1.4-1 Secțiune prin trahee cu strat de mucus intact și uscat, încrustat (Beckert 1986)

## 1.4.2 Influența umidității asupra sănătății

Este știut faptul că un nivel relativ de umiditate mai mic de 40% poate duce la deshidratarea mucoaselor și, prin urmare, la o sensibilitate crescută la răceli, deoarece aerul uscat afectează funcția de curățare a suprafeței traheale: acolo, proeminențele piliforme ale celulelor epiteliale ciliate asigură transportul în cavitatea bucală a mucusului vâscos secretat de celulele glandulare, pe care se depun particule de praf și germeni, prin mișcarea lor ondulatorie. În cazul în care traheea este „uscată”, mucusul se încropește, astfel încât își pierde efectul adeziv. În plus, suprafața închegată a mucusului este întreruptă, astfel încât epitelii ciliat nu mai este capabil să elimine substanțele nocive, a se vedea Fig. 1.4-1 (Grandjean 1972, Beckert 1986).

Un nivel relativ ridicat de umiditate are numeroase influențe pozitive asupra condițiilor de confort ale climatului interior: reduce conținutul de praf fin din aer, activează

capacitatea pielii de a se apăra împotriva microbilor, reduce durata de viață a multor bacterii și viruși, combate mirosurile neplăcute și previne apariția unei sarcini electrostatice deranjante în încăperea. Cu toate acestea, un nivel de umiditate mai mare de 70% este în general perceput ca fiind neplăcut, fapt care se datorează probabil absorbției reduse de oxigen în sânge atunci când aerul este cald și umed. Se observă o creștere a afecțiunilor reumatice în cazul aerului rece și umed. Cel mai periculos aspect este că un nivel de umiditate mai mare de 70% poate duce la formarea de mușcări în încăperile închise. Sporii de mușcări inhalați în cantități mari pot provoca o serie întreagă de afecțiuni și reacții alergice. Din aceste motive, nivelul de umiditate din încăperi trebuie să fie cât mai aproape de 50%, dar cel puțin 40% și nu mai mult de 70%.

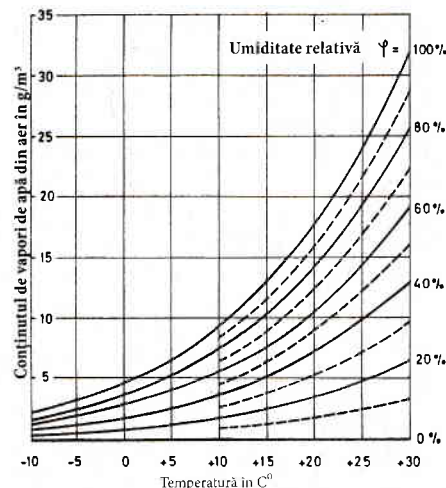


Fig. 1.4-2 Diagramă cu vectori: conținutul de vapori de apă din aer în funcție de temperatură (Lutz et al. 1985)

## 1.4.3 Influența aerisirii asupra umidității aerului interior

Deoarece aerul interior, care este perceput ca fiind prea uscat iarna nu este, așa cum se presupune adesea în mod eronat, cauzat de tipul de încălzire, ci de comportamentul ventilației, influența ventilației va fi discutată pe scurt aici. În special în condiții meteorologice de presiune atmosferică ridicată în timpul iernii, când temperatura exterioară este scăzută și aerul din exterior este uscat, există riscul ca aerisirea prelungită să ducă la un aer interior extrem de uscat.

În Germania, umiditatea relativă medie a aerului exterior la o temperatură de 10°C este de aproximativ 80%, iar la o temperatură de +20°C de aproximativ 75%. Cele mai mici valori în timpul iernii, la o temperatură de 10°C, sunt de aprox. 60%. Deoarece umiditatea relativă scade atunci când aerul se încălzește, iar aerul rece din exterior intră în încăperea și se încălzește atunci când o încăperea este ventilată iarna, umiditatea relativă a acestui aer scade brusc. Diagrama prezentată în Fig. 1.4-2

ilustrează relația dintre temperatură și umiditatea relativă: dacă, de exemplu, aerul exterior la 0°C și 60% umiditate relativă sau aerul exterior la -5°C și 80% umiditate relativă este încălzit la +20°C, umiditatea relativă scade la mai puțin de 20%. În acest caz, este esențial, pentru un climat interior sănătos, să se mărească rapid din nou nivelul de umiditate al aerului din încăperea, ceea ce poate fi realizat prin eliberarea umidității de pe suprafețele încăperii, de la utilizatori și de la mobilierul din încăperea.

## 1.4.4. Efectul de reglare a umidității produs de lut are impact pozitiv asupra sănătății

Materialele de construcție poroase au capacitatea de a absorbi umezeala din aer sau de a o elibera în aer, contribuind astfel la echilibrul de umiditate al climatului interior. Umiditatea maximă pe care un material de construcție o poate absorbi din aer este cunoscută sub denumirea de „conținut de umiditate de echilibru”. Acesta depinde de umiditatea relativă și de temperatura aerului ambiental. (Conținutul de umiditate de echilibru al diferitelor materiale la diferite niveluri de umiditate și la o temperatură constantă de 21°C este prezentat în figura 2.4-3).

Efectul de reglare a umidității materialului de construcție, care este important pentru climatul interior, depinde nu numai de umiditatea maximă care poate fi absorbită, ci mai ales de viteza cu care materialul de construcție poate absorbi sau elibera umiditatea. Studiile efectuate în cadrul Laboratorului de cercetare pentru construcții experimentale de la Universitatea din Kassel (LCCE) arată, de exemplu, că, în cazul unei creșteri bruște a umidității aerului din încăperea de la 50 la 80%, primul strat de 1,5 cm grosime al unui perete din cărămizi de lut absoarbe aproximativ 300 de grame de apă pe m² de

suprafață a peretelui în 48 de ore, în timp ce cărămida silico-calcaroasă și cofrajele de molid de aceeași grosime absorb doar aproximativ 100 g/m², tencuielile între 26 și 76 g/m² și cărămizile arse doar între 10 și 30 g/m² în aceeași perioadă (a se vedea Fig. 1.4-3). Absorbția corespunzătoare a umidității pe ambele fețe ale unor pereți de 11,5 cm de grosime, fără tencuială, realizați din diferite materiale, măsurată pe o perioadă de 16 zile, este prezentată în Fig. 1.4-4. Rezultatele arată, de exemplu, că, la o creștere a umidității aerului din încăperea de la 50% la 80%, blocurile de lut absorb de 8,3 ori mai multă umiditate

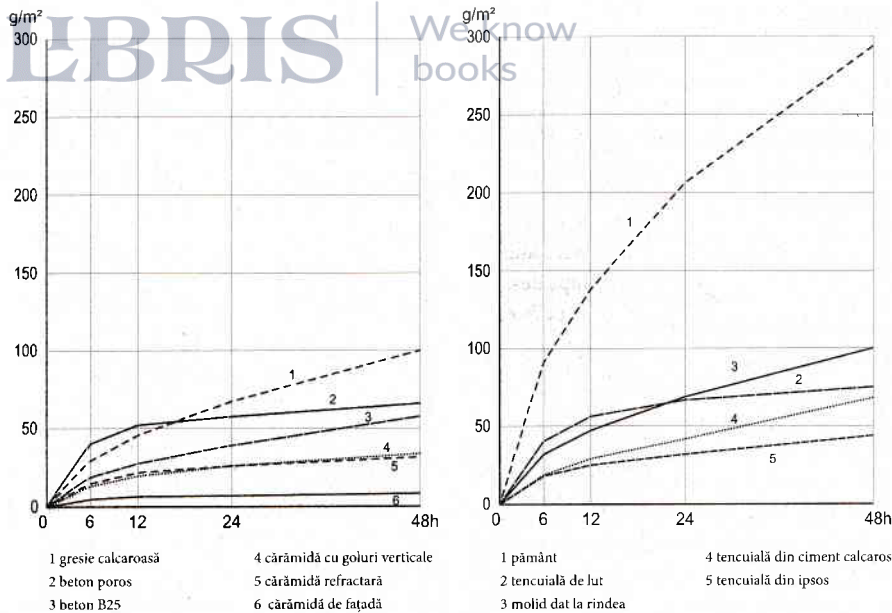
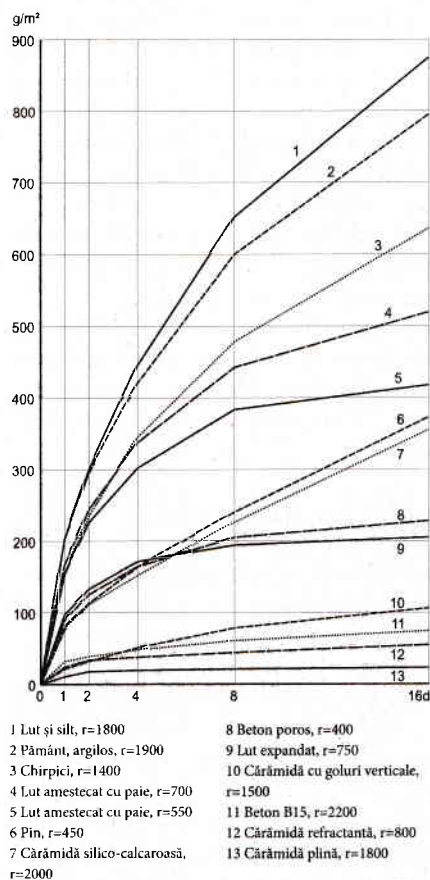
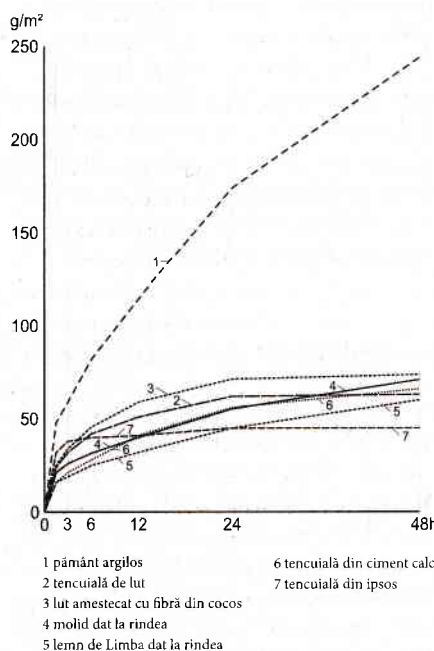


Fig. 1.4-3 Graficul de absorbție al probelor de materiale de construcție cu grosimea de 15 mm la o temperatură de 21°C și o creștere a umidității camerei de la 50% la 80% în funcție de timp

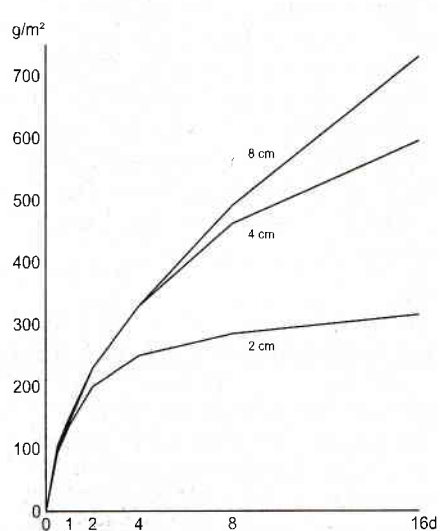


1.4-4 Graficul de absorbție al pereților interiori de 11,5 cm grosime, la 21°C și o creștere a umidității camerei de la 50% la 80% pe ambele părți



1.4-5 Graficul de absorbție al eșantioanelor de materiale de construcție cu grosimea de 15 mm la o temperatură de 21°C și o creștere a umidității camerei de la 30 la 70% în ambele părți

decât cărămidile cu goluri verticale și de aproximativ 30 de ori mai multă umiditate decât cărămidile pline după 16 zile. Valorile de absorbție corespunzătoare pentru o modificare a umidității camerei de la 30% la 70% pot fi observate în figura 1.4-5. Fig. 1.4-6 arată că, la o creștere a umidității de la 50% la 80%, capacitatea de absorbție a umidității unui strat de tencuială de lut de 2 cm grosime e la fel de mare ca cea a unui strat de 4 cm sau 8 cm grosime pe o perioadă de 24 de ore. Asta înseamnă că, în primele 24 de ore, doar primii 2 cm și într-o perioadă de 4 zile doar primii 4 cm din acest perete de pământ absorb umezeala suplimentară. În diagrama din Fig. 1.4-7 se observă în mod clar că varul, vopselele adezive și vopselele de cazină nu întârzie decât foarte puțin absorbția de umiditate a tencuiei de lut extrem de slabe testate. Vopseaua de rășină sintetică a redus absorbția de umiditate după 2 zile, cu aproximativ 13%, un strat dublu de vopsea latex a redus-o cu 38%, iar un singur strat de ulei de in a redus-o cu până la 50%. Fig. 1.4-8 arată că aditivii pentru tencuiala de lut îi pot modifica capacitatea de absorbție atât în sens pozitiv, cât și negativ.



1.4-6 Influența grosimii asupra absorbției de umiditate a unui perete din pământ, atunci când umiditatea camerei crește de la 50% la 80%.

din aer în 48 de ore în cazul unei creșteri bruște a umidității din încăpere de la 50% la 80% - fără a se simți umezeala - și ar elibera din nou această cantitate atunci când umiditatea din încăpere scade la 50%. Aceiași pereți din cărămizi arse, fie cărămizi pline, cărămizi cu goluri verticale sau cărămizi refractare, ar putea absorbi sau elibera doar aproximativ 0,9 litri de apă în aceeași perioadă de timp. Chiar dacă, în practică, o astfel de creștere a umidității aerului nu se menține, în general, atât de mult timp, acest calcul ilustrează capacitatea enormă de reglare a umidității a lutului. Faptul că este posibil să se regleze umiditatea într-o locuință cu ajutorul pereților din lut, astfel încât să se mențină o umiditate interioară optimă de 50% pe tot parcursul anului, este demonstrat de valorile măsurate într-o casă construită în Kassel în 1985, ai cărei pereți sunt realizați integral din lut. Măsurătorile efectuate pe o perioadă de 5 ani au arătat umiditate relativă medie de aproximativ 50% în camerele locuibile, cu o fluctuație de 5%. În dormitorul mai răcoros, s-a măsurat, în general, o umiditate relativă între

55% și 65% la temperaturi ale aerului din încăpere cuprinse între +18°C și +12°C. Această umiditate relativă ușor mai mare, în comparație cu cea din camerele de zi, a fost percepută în mod subiectiv ca fiind optimă pentru dormitor și, în mod evident, a avut un efect preventiv împotriva răcelii. În cazul în care umiditatea scădea sub 60%, pereții din dormitor se „reîncărcău” cu umiditate, atunci când se deschidea ușa de la baie, după duș. Umiditatea se putea elibera, apoi, la nevoie. Potrivit lui Howieson (2005), astmul este în mod clar dependent de aerul interior excesiv de uscat. Într-o grădiniță cu arcade de lut, s-a observat că un copil care suferea de astm nu a mai avut probleme cu afecțiunea, după ce a frecventat această grădiniță timp de trei luni.

## 1.5 Preconcepții legate de lut

Prejudecățile legate de lut ca material de construcție sunt încă foarte răspândite și se bazează în general pe ignoranță. Multora le este greu să își imagineze că natura ne pune la dispoziție un material de construcție care nu trebuie „rafinat” și că, de exemplu, pământul excavat din fundații și pivnițe nu trebuie transportat, ci poate fi folosit ca material de construcție. Declarația unui zidar care trebuia să așeze cărămizi de lut neaps pe o clădire rezidențială este elocventă: „Este ca în Evul Mediu, acum trebuie să ne murdărim mâinile cu acest tip de moloz.” Același zidar, după o săptămână de lucru cu cărămizi de lut, și-a arătat mâinile, radiind, și a spus: „Uitați-vă la mâinile astea, ați mai văzut vreodată mâini de zidar atât de netede? Este foarte plăcut să lucrezi cu ele, nu au margini ascuțite”. Afirmatia conform căreia lutul este neigienic ca material de construcție, deoarece șoarecii sau paraziții își fac cuib în el, este falsă, atâta timp cât este vorba de componente de construcție din lut solid. Cu toate acestea, boala Chagas, care este larg răspândită în America de Sud și care poate duce la orbire, e răspândită de insectele care trăiesc în crăpăturile pereților de lut „bahareque”, care sunt obișnuite acolo. Cu toate acestea, dacă acești pereți acoperiți cu lut ar fi fost construiți din pământ bătătorit sau din cărămizi de lut cu rosturi închise, insectele nu

ar avea cum să își facă cuib în pereți. În plus, lutul ușor cu un conținut ridicat de paie duce la apariția deranjantă a mușcăiului în timpul fazei de construcție, care se oprește doar atunci când materialul s-a uscat și rămâne uscat. La densități aparente mai mici de 700 kg/m<sup>3</sup>, pot apărea și păduchi care mănâncă paiete. Totuși, aceste pericole sunt excluse în cazul lutului masiv (chirpici, paiantă, lut fibros) sau al lutului ușor cu agregate minerale (lut expandat, sticlă expandată, piatră ponce, lavă). Suprafețele de lut, acoperite cu un strat de cazeină, var-cazină sau alte învelișuri, nu prezintă urme, după ștergere, astfel încât pot fi curățate cu o cârpă umedă, fapt care poate fi de dorit în bucătării și băi. În comparație cu băile cu gresie, băile cu pereți din lut sunt chiar mai igienice, deoarece reduc rapid umiditatea ridicată după duș sau baie și, prin urmare, nu se poate forma mușcăi (a se vedea secțiunea 14.9).

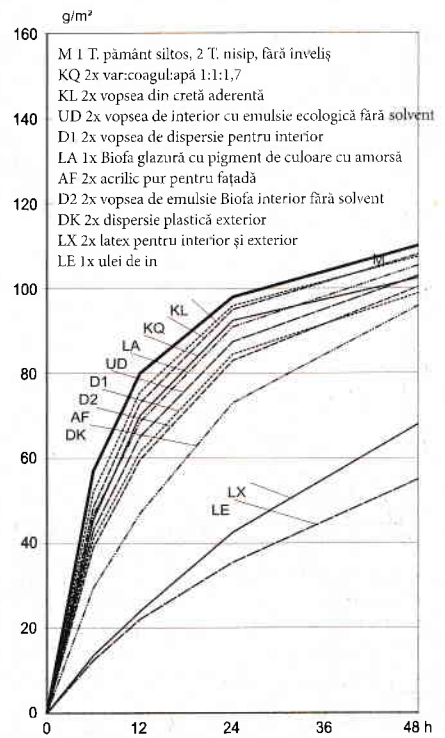


Fig. 1.4-7 Influența straturilor de protecție asupra absorbției de umiditate a eșantioanelor de tencuială de lut sigilată cu 5 fețe de 1,5 cm grosime, cu o creștere a umidității aerului din încăpere de la 50% la 80%. Finisaj conform DIN 53778, grosimea stratului de vopsea 100±10 mm.

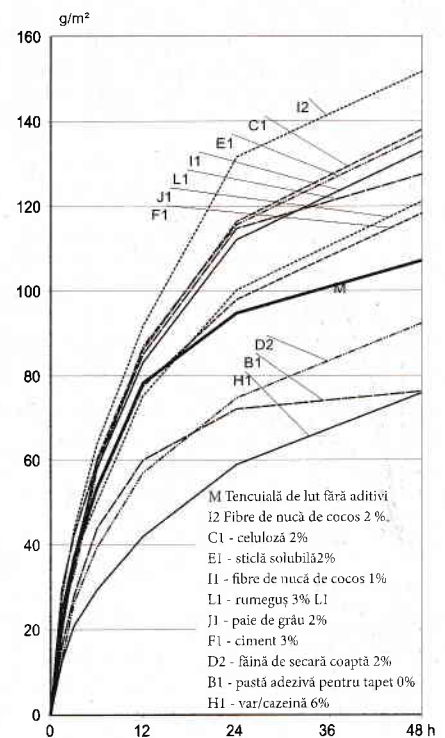


Fig. 1.4-8 Modificarea gradului de absorbție a umidității în tencuiala de lut în funcție de diferite adaosuri - montaj de încercare ca la 1.4-7

# 2 Lutul ca material de construcții și proprietățile sale

## 2.1 Compoziția

### 2.1.1 Informații generale

Lutul este produs de intemperii pe stratul de rocă al pământului nostru. Alterarea compoziției sale e cauzată în principal de distrugerea mecanică a rocii prin mișcarea ghețurilor, a cursurilor de apă și a vântului, prin dilatarea și contractia materialului ca urmare a diferențelor de temperatură sau prin efectul de sablare al apei înghețate. Reacțiile chimice provocate de acizii organici proveniți de la plante, apă și oxigen pot contribui, de asemenea, la descompunere. În funcție de locul în care se găsesc, tipurile de lut au compoziții diferite și, prin urmare, proprietăți diferite.

*Lutul de la munte sau lutul de la deal se formează pe pantele versanților în urma alterării rocilor care se găsesc acolo. Lutul de munte este presărat cu bucăți mai mici și mai mari de rocă și, cu un conținut suficient de argilă, este deosebit de potrivit pentru construcția cu pământ bătătorit, deoarece are, de obicei, forță de coeziune ridicată, rezistență mare la compresie și, dacă nu este prea argilos, contracție redusă la uscare.*

Lutul rezultat din depunerile din perioadele glaciare din regiunile joase europene este cunoscut sub numele de *argilă glacială*. Acesta e, de obicei, calcaros. În cazul în care calcarul este prezent în exces, se numește *marnă* sau *marnă argilooasă*, care este mai puțin potrivită pentru construcțiile din argilă din cauza coeziunii sale scăzute.

*Argilele fluviatile* sunt argile glaciale care au fost mutate (luate de curent) din depozitele lor originale de către apă.

Loessul, un tip de lut cu granulație fină, cu un conținut ridicat de argilă, un grad scăzut de coeziune, s-a format în timpul furtunilor de nisip din ultima perioadă glaciară. Are o culoare gălbuie spre maronie și nu conține

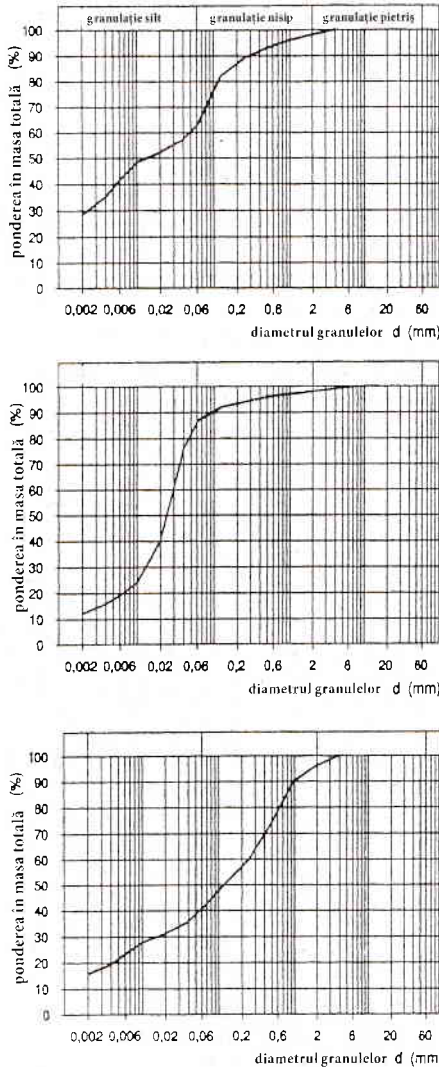
calcar. Argila fluviatilă, cunoscută și sub numele de argilă nămolooasă, s-a format în văile râurilor prin depuneri din apă. Este adesea amestecată cu substanțe organice.

Lutul este un amestec de argilă, măr (nisip fin) și nisip, care poate conține adaosuri de particule de rocă mai mari (pietriș, piatră) și materie organică.

În industria construcțiilor, componentele lutului sunt clasificate în funcție de diametrul granulelor. Argila este definită ca având componentele cu un diametru mai mic de 0,002 mm, mărul ca având componentele cu un diametru cuprins între 0,002 și 0,06 mm, nisipul ca având componentele cu un diametru cuprins între 0,06 și 2 mm și pietrișul ca având componentele cu un diametru cuprins între 2 și 60 mm. Distribuția granulară a unui pământ argilos, foarte nisipos și cu mult silt poate fi observată în Fig. 2.1-1.

În lut, argila acționează ca un liant care leagă între ele celelalte particule mai grosiere. Siltul, nisipul și pietrișul sunt, prin urmare, doar „umpluturi”. În funcție de care dintre cele trei componente principale predomină în lut, acesta este denumit pământ argilos, siltos sau nisipos. În știința solului, termenul „slab” este utilizat pentru o proporție mai mică de 15% în greutate, iar termenul „puternic” pentru mai mult de 30%. Proporțiile mai mici de 5% nu apar în denumire.

Siltos, nisipos și ușor argilos ar trebui să aibă mai mult de 30% măr, 15-30% nisip, mai puțin de 15% argilă și mai puțin de 5% pietriș. Cu toate acestea, această denumire nu este obișnuită în construcția cu lut, deoarece un lut cu 14% argilă, de exemplu, care este descris ca fiind „slab” argilos în știința solului, este deja



2.1-1 Diagrama de distribuție a granulelor unui pământ argilos (sus), a unui lut foarte siltos (mijloc) și a unui lut foarte nisipos (jos).

2.1-2 Structura celor mai frecvente trei minerale argiloase și distanța lor intralamelară (după Houben, Guillaud 1984)

