

Appendix II - Lerjord blir hus

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Stabilisering | 3 |
| 1.1 | Mekanisk stabilisering | 4 |
| 1.2 | Kemisk stabilisering | 4 |
| 1.2.1 | Sammanbindning | 4 |
| 1.2.2 | Sammanlänkning | 5 |
| 1.2.3 | Vattenavvisning | 5 |
| 1.3 | Fysisk stabilisering | 6 |
| 1.4 | Övrigt | 6 |
| 2 | Bärande monolitiska byggtekniker | 8 |
| 2.1 | Lerhus, stamphus, pisé och mackelerade hus, vad är skillnaden? | 8 |
| 2.1.1 | Mackelering | 8 |
| 2.1.2 | Stamp teknik | 9 |
| 2.2 | Byggbeskrivning | 9 |
| 2.2.1 | Mackelering | 9 |
| 2.2.2 | Stampjordshus | 11 |
| 2.2.2.1 | Förberedelser | 11 |
| 2.2.2.2 | Formar och formsättning | 13 |
| 2.2.2.3 | Stampning och stampverktyg | 15 |
| 2.2.3 | Konstruktionsprinciper för stamphus och mackelerade byggnader | 16 |
| 2.2.3.1 | Vägghörn | 17 |
| 2.2.3.2 | Bjälklag | 19 |
| 2.2.3.3 | Muröppningar | 19 |
| 2.2.4 | Ytbehandling | 21 |
| 3 | Murverk | 23 |
| 3.1 | Lersten | 23 |
| 3.1.1 | Slagen lersten | 23 |
| 3.1.2 | Strängpressad lersten | 24 |
| 3.1.3 | Formpressad lersten | 25 |
| 3.1.3.1 | Mur och murning | 25 |
| 3.2.1 | Lerbröd | 27 |
| 3.2.2 | Vedmurning | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Icke-bärande byggtekniker | 29 |
| 4.1 | Isolerlera..... | 29 |
| 4.1.1 | Framställning av isolermassa | 31 |
| 4.1.2 | Formsättning och packning | 32 |
| 4.1.3 | Block | 35 |
| 4.2 | Utfyllnader/utfackningar | 36 |
| 4.3 | Beläggning/ytskikt | 39 |
| 4.3.1 | Ingredienser | 40 |
| 4.3.2 | Utförande..... | 41 |
| 4.3.3 | När kan man putsa | 42 |
| 4.3.4 | Putsprinciper..... | 42 |
| 4.3.4.1 | Grundning | 43 |
| 4.3.4.2 | Utstockning/grovputs..... | 43 |
| 4.3.4.3 | Finputs/ytputs | 43 |
| 4.3.4.4 | Efterbehandling | 44 |
| | Referenser | 45 |
| | Fotnoter | 46 |

II Lerjord blir hus

Lerjord duger sällan att använda till husbygge i det skick den förekommer i backen eftersom den i de flesta fall är antingen för fet eller för mager. Det gäller då att veta vilka åtgärder man bör vidta för att slutresultatet ska bli bra. Detta beskrivs i kapitel 1, Stabilisering, innan en närmare redogörelse för de olika byggmetoderna ges.

Den enklaste indelningen av lerjord som byggmaterial är i bärande respektive icke bärande funktion. En annan är att göra indelning efter torra eller våta metoder eller efter byggnadsstrukturer. Då är den lämpliga grupperingen monolitiska, murade respektive ytbehandlande strukturer, vilka i sin tur delas upp efter olika framställningsmetoder. I denna text görs uppdelningen efter bärande och icke bärande byggnads sätt, där de bärande sätten delas in i monolitiska och murade metoder. Till bärande byggtekniker räknas murverk, stamp teknik och mackelering, till icke bärande räknas isolerlera, puts och övriga tekniker. Bärande monolitiska byggtekniker beskrivs i kapitel 2, murverk i kapitel 3 och några ickebärande tekniker i kapitel 4.

1 Stabilisering

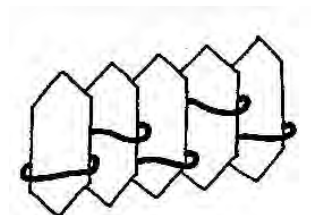
Beroende på vilket användningsområde lerjorden ska ha kan den behöva stabiliseras, vilket menas att öka dess beständighet. Den främsta anledningen till stabilisering är skydd mot erosion, inte att göra materia len mer lastbärande. Bärande väggkonstruktioner av lerjord är nästan alltid överdimensionerade och vägg tjockleken bestäms för det mesta av materialets låga värmeledningsmotstånd. Stabilisering, med avseende att öka den lastbärande för-

mågan, ses av somliga som ett universalmedel för bättre byggkonstruktion, men har sällan någon praktisk betydelse. Effekterna blir istället ofta negativa genom ökade byggkostnader och merarbete.¹ Används de stabiliserande tillsatserna på ett felaktigt sätt kan de till och med göra mer skada än nytta. Ett sådant exempel är gips. I kombination med kalk fungerar ämnet bra som förstärkning i lerjord men inte med cement, eftersom de kemiska reaktioner som uppstår på sikt undergräver den lastbärande förmågan.²

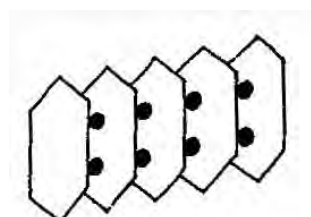
| Metod | Form | Beskaffenhet |
|----------|--------------------|--|
| Mekanisk | Ökning av densitet | Minskar mängden vattenupptagande porer. |
| Kemisk | Klistring | Skapar sammanhållande skelett. |
| | Länkning | Skapar stabila kemiska bindningar mellan lerkristallerna. |
| | Vattenavvisning | Omger lerjordspartiklar med vattentät film eller eliminerar absorption och adsorption. |
| Fysisk | Armering | Minskar rörelsen genom sammanhållande nätverk. |

Tabell 1. Olika stabiliseringssätt för jord- och lermaterial.

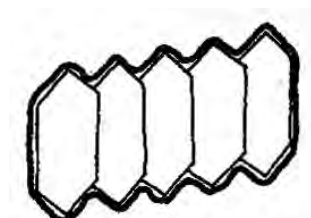
Lerjord kan stabiliseras på olika sätt enligt de mekanismer som beskrivs i tabell 1, men de olika metoderna kan överlappa varandra.³



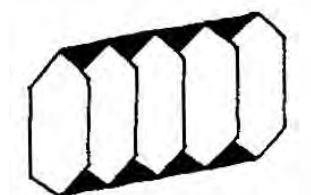
Aggregaten binds samman utan att själva medverka i processen.



Aggregaten sammanlänkas genom att ingå i förening med stabiliseringsämnet.



3) Aggregaten omges med ett stabiliserande skikt som fyller ut hålrum och gör att vatten inte lika lätt kan tränga in.



4) Aggregaten omges med ett vattenavvisande ämne.

Fig 1. Olika sätt att stabilisera lerjordsaggregaten på kemisk väg. CRATerre©

1.1 Mekanisk stabilisering

Mekanisk stabilisering sker genom att öka lermassans densitet, vilket lämpligast görs med sammanpressning så att hålrummen i

materialet försvinner. Här är det viktigt att sammansättningen av jordfraktionerna och fuktigheten i blandningen är de rätta för att uppnå optimal kompression. Sammanpressningen av lerjorden kan liknas vid den process som äger rum när sedimentära bergarter bildas under tryck. Exempel på densitetsökning beskrivs i avsnitt 2, som behandlar stampjordsteknik och på sid 25 om formpressad lersten.

1.2 Kemisk stabilisering

1.2.1 Sammanbindning

Ett sätt att öka styrkan i lermassan och samtidigt göra den mindre känslig för vatten är att blanda i mineraliska bindemedel. Dessa ska vara av en typ som bildar en tredimensionell matris som innesluter lerjordsaggregaten⁴ vilket reducerar krympning vid uttorkning, och expansion vid väta⁵. Vanligaste tillsatsen är cement, men även slagger, flygaska och puzzolaner kan utnyttjas⁶.

De flesta jordarter kan cementstabiliseras men får inte innehålla organiska rester, eftersom dessa på sikt kan reducera styrkan i cementen.^A Vanlig tillsats av cement är 6 - 8 % (vikt) som ska blandas i en fuktig, men inte blöt, massa för omedelbar användning. Härdningsprocessen påbörjas inom någon timme efter det att vatten tillsatts. Mängden tillsatt cement ska anpassas till lerjordsmassan, som ska vara mager, och rör sig inom spännvidden 3 - 16 % (vikt).⁷ Cementstabiliserade lerstenar är hanterbara så fort massan stelnat, vilket sker på ett dygn, men bör lagras minst 14 dagar, helst 28, innan de används.⁸ Dessa stenar får inte torka för fort under härdningsprocessen eftersom detta utlöser plastisk sprickbildning. De bör därför täckas

^A Cement är känslig för organiska syror och det är därför viktigt att även det vatten som används är fritt från humusämnen.

med plast eller då och då begjutas med vatten första veckan efter tillverkningen.

1.2.2 Sammanlänkning

Sammanlänkning är en kemisk reaktion där leran ingår. Släckt eller osläckt kalk kan användas och flera kemiska reaktionerna, som med tiden ökar tryckhållfastheten, pågår samtidigt⁹.

Normal mängd osläckt kalk för stabilisering av fet lerjord är 8 - 10 % (vikt) men måste anpassas för varje jordart och kan därför variera mellan 3 och 20 % (vikt). Här är det inte heller så känsligt med förekomst av organiskt material vilket betyder att upp till 20 % (vol) fiberinblandning kan förekomma utan att de stabiliserande egenskaperna påverkas.¹⁰

1.2.3 Vattenavvisning

Stabilisering med vattenavvisande processer sker enligt två olika mekanismer. Den ena är att blanda lermassan med ett vattenavvisande ämne som fyller ut de ihåligheter som finns och därmed hindrar vatten att tränga in i leraggregaten. Bitumen fyller denna funktion, men eftersom produkten framställs ur mineralolja faller den ur ramen för kretsloppsanpassade produkter. Den andra principen är att blanda lermassan med ämnen som lägger sig runt lerjordsaggregaten, exempelvis hartser av olika slag.¹¹

Vattenavvisande behandlingsmetoder måste användas med stor kännedom om de omkringliggande materialens beteende vid de fuktvandringar som äger rum i alla poriga material. Följderna kan bli katastrofala om fukt stängs inne och anrikas i konstruktionen.

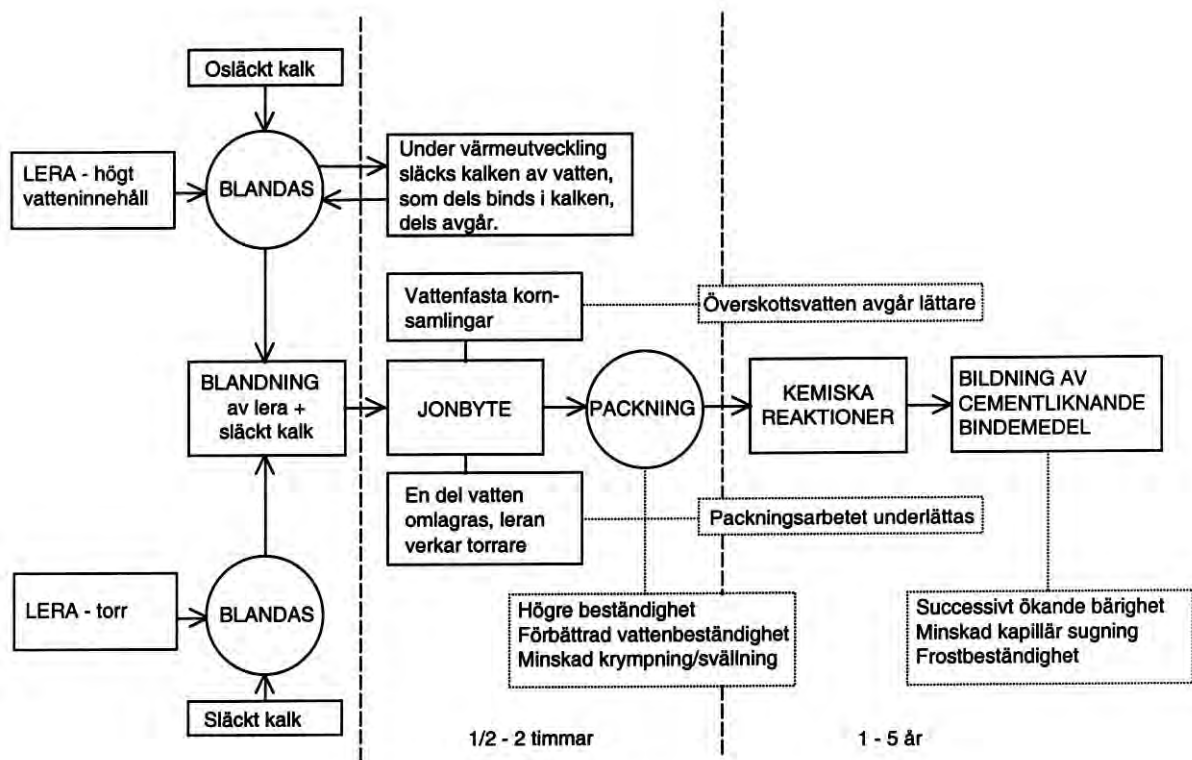


Fig 2. Schematisk framställning över kalkens verkningssätt vid stabilisering av leror baserad på bild ur Handboken Bygg, 1984, Geoteknik.

1.3 Fysisk stabilisering

Fysisk stabilisering sker genom armering, vars huvudsakliga uppgift är att bilda en fast stomme. Denna ska inte ändra sig när lerjorden utsätts för påverkan av vatten eller tryck och förekommer i alla lerjordstekniker. De vanligaste typerna av armeringarna är halm, grus och sand. I de fall lerjorden kan användas direkt är sammansättningen redan optimal med avseende på korstorleksfördelning av sand och grus.

Armering med ballast, såsom sand och grus, är vanlig vid tekniker där syftet är att öka densiteten för att öka den lastbärande förmågan. Vid tekniker som inte kräver hög lastbärande förmåga används fiberarmering för att motverka sprickbildning. Gränsen mellan armering med ökad ballast och ökad fibermängd är i de senare fallet flytande och en tumregel är, att ju större mängd fiber som tillsätts i lerjorden desto sämre blir den lastbärande funktionen.

Den mest lättåtkomliga fibern för armering är halm från olika växter, exempelvis vete, råg, hampa och lin, men även andra fibrer är användbara såsom sågspån, djurhår eller syntetiskt framställt material. Vilken fiber som väljs beror på vad lermassan ska användas till. Till mackelering kan fibern vara lång, alternativt grovhackad, medan den ska vara kort till puts. Till slagna lerstenar (sid 23) är lämplig längd högst 50 mm, alltför långa fibrer riskerar att bilda nystan, vilket motverkar blandningen till en homogen massa.¹² Till puts kan cellulosa i form av söndersmulade och blötlagda tidningar användas.

Organiska fibrer används så gott som utslutande i våta tillverkningstekniker och har i dessa även en viktig funktion under torktiden. De har då en viss dränerande effekt eftersom de leder fukten i massan till ytan av stenen eller väggen. Även motsatsen gäller, det vill säga att fibrerna kan suga in fukt i väggen, vilket saknar betydelse om den har möjlighet att torka ut.

Utsätts däremot organiskt material för väta under en längre tid ökar risken för att en förruttelseprocess kommer igång.¹³



Fig 3. Halm - en av de vanligaste armeringarna i lerjordsmaterial.



Fig 4. Sand, fungerar både som armering och ballast.

1.4 Övrigt

Ur energisynpunkt är det av stort intresse att använda tillsatsmaterial av så låg förädlingsgrad som möjligt. Materialen ska även ha liten toxikologisk verkan. Vanligt är då att använda naturprodukter, vilket är ett brett begrepp eftersom det innefattar ämnen med animaliskt, vegetabiliskt och mineraliskt ursprung. I detta sammanhang menas de lokalt tillgängliga stabiliserande ämnen som oftast kan användas utan vidare förädling eller som framställs genom inte alltför högteknologiska processer.

Naturprodukter som framställs lokalt blir sällan lika effektiva som industriellt tillverkade ämnen, men kan ändå fylla sin funktion tillfredsställande.¹⁴

Till animaliska produkter räknas djurhår, kasein, blod, benlim, fiskolja och djurfetter samt urin och fekalier från växtätande djur. Dessa tillsätts sällan i bärande byggdelar utan används mestadels i putser. Vad som används beror på tillgång och tradition och de kemiska mekanismerna är sällan särskilt utredda men sannolikt är att nya mineraler, exempelvis struvit kan bildas av urin som ger materialet tätande och sprickförhindrande egenskaper.¹⁵

Spillning från växtätande djur innehåller stora mängder korta fibrer som fungerar som armering och gör därmed putsen mindre sprickbenägen. På vissa håll finns en övertro på djurfekaliens gynnsamma inverkan på puts, kospillning har endast en begränsad vattenrepellerande effekt men dess innehåll av slem gör putsen mer lättarbetad.¹⁶

Från växtriket hämtas inte bara fibrer för armering utan också ämnen som träaska, vegetabiliska oljor och garvämnen från bark samt olika växtsafter.¹⁷

2 Bärande monolitiska byggtekniker

Med monolitiskt byggande menas att ett hus eller ett större väggparti är uppfört i ett stycke, detta gäller för såväl mackelering som stampsteknik. Den generella skillnaden är att lermassan i den mackelerade byggnaden innehåller fetare lera, oftast med inblandning av halm, och kan byggas/skulpteras fram på fri hand medan stampstekniken utförs med magrare lerblandning som stampas samman i formar. En annan skillnad är att lermassan till det mackelerade huset ska vara mycket plastisk, vilket den blir med tillsats av vatten, medan massan vid stampstekniken endast ska vara lätt fuktad, näst intill torr.

Gemensamt är att teknikerna kräver en relativt lång uttorkningstid vilket medför att arbetet måste utföras under försommaren. Väggarna måste hinna torka innan det är risk för frost. Den egentliga byggtiden är relativt kort. För stampväggar innebär det, i de södra delarna av landet, att arbetet kan påbörjas i slutet av april och fortgå till slutet av september. Eftersom uttorkningen tar lång tid kan den verkliga byggtiden för ett mackelerat hus bli upp till ett år.¹⁸ Då stampjordshus oftast har tunnare väggar och initialt innehåller mindre mängd vatten kan en sådan byggnad tas i bruk efter cirka sex månader.

Ett talesätt är att byggsäsongen ska rättas efter svalorna. När dessa kommer i maj är det dags att bearbeta leran och när de ger sig av bör husets väggar vara resta för att hinna torka ut före vintern. Som bekant bygger också svalorna sina bon av lera, vilket ger metaforen extra tyngd. I *Under rättelse för Allmogen at Bygga Hus af Ler-Bruk* står följande att läsa:

"All ler-murning wärkställes wår- eller sommar-tiden. Naturligtwis förhåller sig torknings-tiden efter wäderlek och murens tjocklek. Man uplyses säkrast därigenom,

at håll hugges i halfwa wäggen på norra sidan, som torkar långsammast. Då torkningen är wunnen, som wanligen sker på en månad, inbugges, som sagt är, restyckena; bjelkarne utläggas, nedhuggas och inmurats jämt med deras öfra kant. Man behöfwer ej afwakta detta hwarfwets torkning, för at upresa taket. Bjelkarne göra halftannat quarters^B utsprång, hwari takstolarne intappas."¹⁹

2.1 Lerhus, stamphus, pisé och mackelerade hus, vad är skillnaden?

Det sägs att "kärt barn har många namn", och huset är väl nästan det käraste vi kan äga - eller åtminstone är det villkoret för överlevnaden på våra breddgrader. Olika byggnadssätt och byggnadsdelar har i alla tider fått dialektala benämningar som i nutidens standardiserade tidevarv riskerar att falla i glömska. Rörligheten mellan länder, med påföljande kunskapsutbyte, har lett till att benämningar på byggtekniker och konstruktionsdelar har spritt sig över gränserna, inte bara idag utan långt tillbaka i tiden. Som exempel kan nämnas det engelska ordet för fönster, *window*, som kommer från vikingarnas *vindue*, *vindöga*, som de exporterade under sina härjningar i England. I nuvarande Danmark och Norge heter fönster än idag samma sak som för tusen år sedan, nämligen *vindue*.

Nedan följer en utredning av nomenklaturen inom de bärande monolitiska byggteknikerna.

2.1.1 Mackelering

Tekniken att blanda fet lera med sand och halm har olika benämningar i olika länder. Det allmänna uttrycket i England är *cob*, ordet finns nedtecknat i Cornwall första gången 1602 och förknippas med Englands

^B 1 aln = 594 mm. 4 kvarter = 2 fot = 1 aln.

västra delar. Andra regionala ord är *clob*, *clom*, och *withchert*. I övrigt används de engelska orden *clay* och *mud*.²⁰ Det franska ordet för tekniken är *bauge*²¹ eller *torchis*²². I Tyskland är tekniken känd sedan medeltiden och kallas *Wellerbau*. Metoden är mest spridd i Saxen och Tyringen.²³ I Danmark var det gamla namnet *Wellerwände* vilket Steen & Flemming Østgergård valt att kalla tekniken för i sin bok *Veiledning* från 1993. På svenska finns enligt muntliga källor benämningen vellabygge eller vella-teknik.²⁴ I skriften *Underrättelse om sättet att bygga Stamphus eller beqwäma och oförbränneliga hus av jord eller lera* benämner Anders Jahan Retzius år 1798 tekniken *Wellerwände* och anser den endast tillämpbar för fähus och ekonomi-byggnader. I häftet *Underrättelse för Allmogen at Bygga Hus af Ler-Bruk*, som utgavs ett år senare i syfte att beskriva just denna metod kallas tekniken *lerbyggnad*. Då Rutger Macklean införde byggnads-sättet på godset Svaneholm kallades det *mackelering*.²⁵

Mackelering/mackelerade hus och *ler-bygg/lerhus* är alltså synonyma för samma teknik men ordet *mackelering* är att föredra för att slippa blanda ihop begreppet lerhus med *stamphus* - som byggs av en magrare lerblandning.

2.1.2 *Stampteknik*

Stamptekniken benämns på latin *pisare*, som betyder att stampa²⁶. Den franska benämningen är *pisé*, *pisé de terre* eller *terre pisé* och den engelska termen är *rammed earth*. De spanska uttrycken är *barro apisonado* eller *tapial*. På tyska används ordet *Stampflehmbau*. Detta uttryck, fast på svenska, använde Lorentz Johansson år 1924 i titeln på sin skrift *Praktisk handledning i stampjordsbygge*. Hans läromästare Karl J Ellington gav sin bok namnet *Billiga bostäder av pressad jord*. Boken handlar om byggnader i stampteknik, som inte är samma sak som pressad jord.

Antagligen ville Ellington ge tekniken en passande svensk benämning och eftersom han inte var någon forskare i dagens mening, kände han inte till de äldre skrifter där ordet *stamphus* nämns. Arkitekten Karma Dugay Tshering benämner sitt examensarbete från 1997 *Lerbetong - ett alternativt byggmaterial*. Argumentet för ordet *lerbetong* är att grunden för materialets sammansättning av bindemedel och ballast har likheter med motsvarigheten för betong.

Orden *pisé* och *stampteknik* är synonyma, men de svenska orden *stampteknik* och *stamphus* är att föredra eftersom de på ett lämplig sätt beskriver tekniken utan att associationerna går i riktning mot mer resurskrävande metoder som förknippas med ordet betong.

2.2 *Byggbeskrivning*

2.2.1 *Mackelering*

Tekniken att bygga självbärande väggar med lera och halm har varit utbredd bland annat i England. Traditionen hölls där vid liv fram till förra sekelskiftet och har på senare tid fått en viss renässans. Från England finns därför mycket kunskap att inhämta.

Tillvägagångssättet att framställa byggmaterialet är likadant idag som kring förra sekelskiftet, men den tunga processen att trampa ihop lermassan med fötter eller med hjälp av djur kan nu ersättas med traktor. Denna körs då fram och tillbaka över blandningen till dess att den rätta konsistensen infinner sig.

År 1799 beskrevs metoden enligt följande:

"Där man närmast intil byggnaden, har tillgång på Lera, upgräfwes den, sedan Matjorden är wäl afskild. Nära därintil utses en rund plats, som ej sluttar åt någöndera sidan. Där utbredes leran helt jämt, och ofwanpå Leran bredes wanlig Mur-Sand lika jämt, så at bägge hwarfwens djuplek tillsammans ej öfwerstiger en halv aln. (...) År sanden ej fri frå sten, bör han kastas genom harpa. (...) När lera och sand äro

sålunda hwarftals utbredde, slås watten därpå under det några personer med skyfflar gräfwä igenom både sand och lera för at blanda bägge delarne med wattnet. (...) När ... massan öfweralt befinnes smidig, seg och sandblandad; då låter han Kreaturen stanna, för at utbreda halm jämt öfwer hela banan. (...) Halmen bredes så tunt, at den knappast skyler banan. Därefter trampas åter tils halmen ej mera synes, och sålunda bredes halm 3 eller 4 gånger, i mån af lerans fettma."²⁷

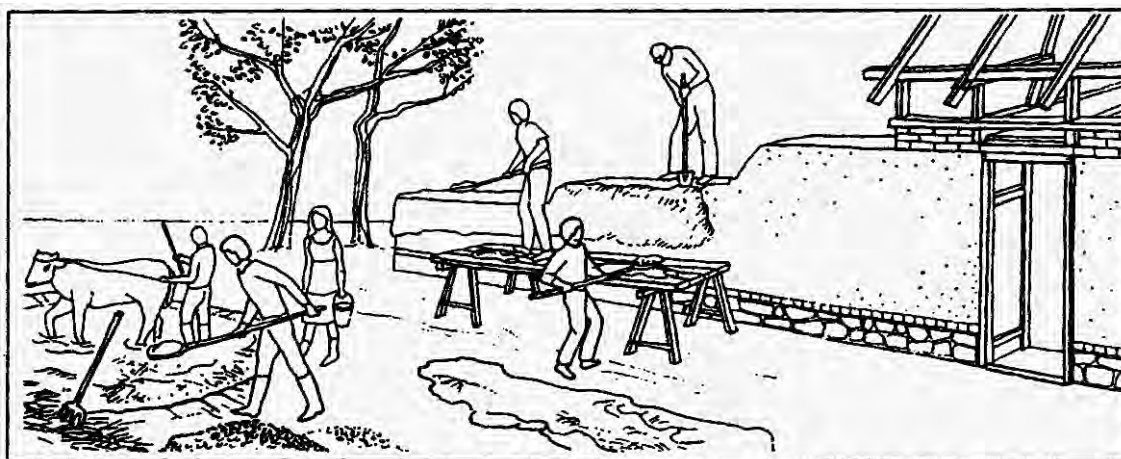


Fig 5. Framställningsprinciper för mackelering. CRATerre.©

På dagens svenska lyder beskrivningen som följer: Lerjord, med eventuell tillsats av sand och grus, och halm blandas med vatten. Ingredienserna ältas ihop och väggen byggs genom att med en grep kasta upp massan på muren och sedan trampa ihop den med fötterna. Huset byggs varvis utan form i lagom höga skift, ungefär 500 - 800 mm. När skiften är färdiga bankas väggssidorna ihop med en klamp eller liknande för att slutligen justeras och snyggas till med en hacka eller spade.

I Sverige är det sällan lerjord har sådan sammansättning som gör att den kan användas direkt till husbygge. Eftersom lerhalten varierar i olika jordarter är det svårt att ge något standardrecept, generella tumregler får gälla. Bäst är att göra en provserie med tillsats av olika mängder lerjord och sand och utvärdera vilken kombination

som givit det bästa resultatet när provet har torkat. Lerinnehållet i jorden bör vara 30 - 40 % (vikt) men 20 % (vikt) räcker.²⁸ Halmmängden bör vara 30 volymprocent vilket när väggen har torkat motsvarar 1,5 - 2,0 % (vikt). Den torra väggens vikt bör inte ligga under 1 700 kg/m³.²⁹



Fig 6. Kevin McCabe i England demonstrerar de verktyg som han använder när han bygger mackelerade väggar. En grep till att förflytta lermassan, en hacka att jämna till vägen och en klamp för att ytterligare komprimera ytan. Stolpen är byggd i denna teknik och tar en last på 2 ton. Enligt McCabes beräkningar skulle den klara 20 ton.



Fig ii07, 0005-257. En bit skadad mackelerad yttervägg till en mellansvensk ladugård som uppfördes 1886. Här syns skiften tydligt. Sommartid släpps kalvar ut i den intilliggande hagen och föredrar att slicka i sig av väggen istället för den saltsten som djurskötaren lägger fram. Kan det månne ha berott på lerans mineralsammansättning?

2.2.2 Stampjordshus

En korrekt utförd stampvägg kan ta avsevärda laster och kan liknas vid ett snabbtillverkat sedimentärt berg. Den naturliga processen som tar tusentals, kanske upp till miljontals, år sker här med hjälp av ett stampverktyg under loppet av några minuter.³⁰

Vid uppförandet av en stampjordsvägg får lerpartiklarna olika funktioner. När massan stansas fungerar de fuktiga lerpartiklarna som smörjmedel som får partiklarna i ballasten att glida mot varandra så att dessa får en hög och tät packningsgrad.³¹ När stampningen är klar fungerar lerpartiklarna som klister då de binder ihop de större partiklarna med varandra. När massan torkar

uppstår mycket starka kemiska och elektrostatiske bindningar.³²

2.2.2.1 Förberedelser

Vid stampbygge måste tester av den avsedda jordens sammansättning göras, genom enklare analyser, för att utröna jordmassans eventuella bearbetning. Beroende på byggnadens komplexitet och osäkerhet beträffande den lerjord som finns att tillgå kan det i vissa fall vara lämpligt att skicka jordprover till laboratorium för analys.

Generellt betecknande för en stampjordsvägg är att jorden har liten andel ler och att den lätt fuktade massan stansas samman i en form. Lerjorden kan innehålla alla fraktioner utom alltför stora stenar och mäng-

den ler bör ligga mellan 7 och 25 % (vikt).³³ Lågt innehåll av lera kräver en noggrannare tillredning än om halterna är högre.

I stamp tekniken är det extra viktigt att vatteninnehållet är det rätta, vilket betyder mellan 8 och 15 %, (vikt) men massan bör hellre vara aningen för fuktig än för torr. Vid det optimala vatteninnehållet erhålles den högsta densiteten vilket också ger den högsta tryckstyrkan.³⁴ En rätt utförd stampvägg har en densitet kring $2\,000\text{ kg/m}^3$, lös lerjord $1\,400\text{ kg/m}^3$. Om massan innehåller för mycket vatten eller lera riskerar att spricka när den krymper på grund av vattenavgången.³⁵ Dessa sprickor skadar i sig själva inte murens styrka om de är begränsade, men kan orsaka svagheter genom vädererosion som på sikt försämrar murens egenskaper.³⁶

Eftersom väggarna är lastbärande är det viktigt att kontrollera massans tryckupp-

tagande förmåga. Vid uppförande av lägre byggnader är marginalerna ganska stora eftersom formsättningen omöjliggör alltför tunna väggkonstruktioner, materialet behöver inte heller minimeras av kostnadsskäl. Provkroppar för tryckhållfasthet kan göras på samma sätt som för betong, i en cylinderform som är dubbelt så lång som sin diameter. Trycktesterna görs efter 7, 14 och 28 dagar. Det första provet visar om massan är tillräckligt stark för att användas till bygget. Under torkningsprocessen ökar tryckhållfastheten och det sista trycktestet görs för att visa den ultimata styrkan, men styrkan fortsätter att öka med tiden.³⁷

I vissa länder tillsätts cement i jordmassan i stabiliserande syfte, vilket kan öka tryckstyrkan avsevärt. Nackdelen med denna förstärkning är dels att lermassan omedelbart måste bearbetas och dels att muren inte lika lätt kan återgå i kretsloppet när byggnaden längre fyller någon funktion.



Fig 8. En cylinder med en stampad provkropp som torkas för att användas till trycktest. Cylindern är delad på höjden och hålls ihop av två ringar. Läkten användes för att stampa ihop provet.



Fig 9. Detta test visar en olämplig kornstorleksfördelning i jordmassan. Här har de grövsta fraktionerna sållats bort. Detta resulterar i att provet inte är tillräckligt starkt för att hålla samman när det ska lossas från cylindern och därför ligger den kvar i cylinderhalvan. Den stående lerjordscylindern har en korrekt sammansättning.

2.2.2.2 Formar och formsättning

En stor del av arbetet med en stampvägg är att sätta upp och ta ned formar, vilket ofta tar längre tid än att fylla och stampa dem.³⁸ Det finns en stor mängd system från mycket enkel till avancerad formsättning. Kravet på formarna är att de måste kunna motstå mycket höga tryck från såväl stampning som jord.³⁹ När massan har stampats tas formen omedelbart bort så att luften får möjlighet att torka ut väggavsnittet och härdningsprocessen kan komma igång.⁴⁰ Systemet för formsättningen kan enkelt indelas efter tre principer; horisontell, vertikal och en kombination av dessa.

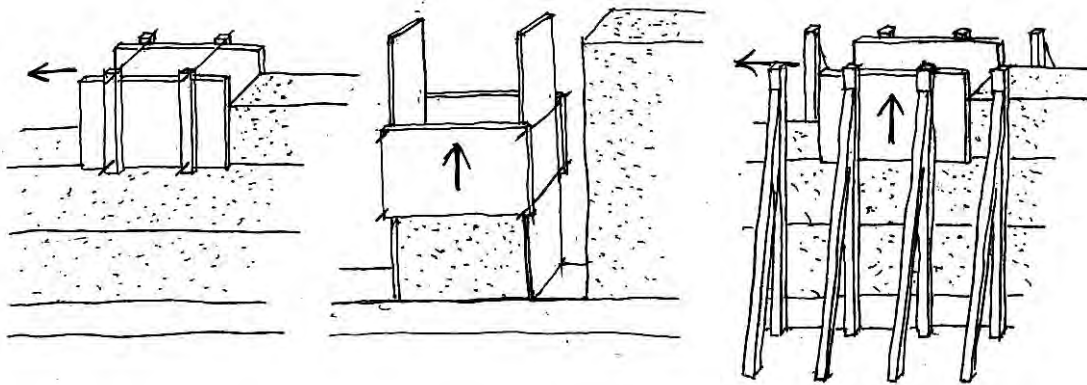


Fig 10. De tre principerna för formsättning; horisontell, vertikal och en kombination av dessa (efter Vejledning).

Horisontell formsättning

Det äldsta sättet att bygga stampväggar är troligen utförda enligt principen för horisontell formsättning. Den är enkel att hantera och kräver ett minimum av redskap och verktyg. Tillvägagångssättet används fortfarande i länder som Marocko. Fördelen med systemet är att formarna är enkla att bygga men en nackdel är att de kan

vara tunga och svåra att passa in så att vägen blir lodrät.⁴¹

Formen kan göras av plank, brädor eller plywood, med höjdmåttet 0,8 och längden 2,5 – 4 m. Traditionellt fästes den nedtill mot en genomgående regel och den övre delen hålls samman av en tvärgående förstärkning; regel, formstag eller rep. En distans, som håller isär formarna, behövs för

att dessa ska hålla rätt mått under hela arbetet. Formarna flyttas i sidled och byggnaden stampas i skift. Varje gång formen flyttas måste den justeras med hjälp av lod och/eller vattenpass. Den genomgående underliggande regeln gör att det blir hål i muren som måste fyllas igen när väggen torkat. Hålen underlättar uttorkningen eftersom luften kan cirkulera och det är därför lämpligt att låta muren torka ut innan dessa sätts igen med lersten och lerbruk. Vid hörn och öppningar monteras en tvärgående gavel mellan formsidorna.



Fig 11. Horisontell formsättning vid utförande av en komplicerad hörnkonstruktion. Notera formstaket, som håller ihop formen, och distansen, som håller isär formsidorna.

Vertikal formsättning

Vid vertikal flyttning av formen stampas väggarna i fält. Formarna hålls samman utanför gavlna vilket gör att inga hål bildas men en vertikal skarv, som måste sättas igen med betong eller annat lämpligt material, om inte fönster eller dörröppningar kan placeras i skarven. När skiftet är färdigstampat flyttas formen uppåt och justeras med hjälp av lod och/eller vattenpass.⁴² De väggstycken som stampas är moduler och ska betraktas som utfackningar som måste hållas ihop av en undre bottensyll och ett övre hammarband. Byggsystemet är utvecklat av David Easton i Kalifornien och är där utformat med genomgående armeringsjärn från bottensyll till hammarband, som ökar sammanhåll-

ningen, för att motstå jordbävningar. Fördelen med systemet är att det är lätt att arbeta med. Monteringen är snabb och säker och arbetsplatsen är koncentrerad till en mindre yta. Nackdelen är att modulsystemet ger liten flexibilitet.



Fig 12. Bilden visar en demonstration av hur en form kan se ut och hur jordväggen stampas. Lägg märke till att hörnorna är avfasade för ökad hållbarhet. Trots det korta avståndet mellan gavelstyckena och stampning för hand buktar formens plywoodskivor ut.

För att minska risken för väggarna att bukta ut när de stampas bör ändposterna inte stå alltför långt ifrån varandra, vare sig det gäller segmentbygge eller utfackning. Av det skälet ska formen kompletteras med horisontala regler.

Horisontell och vertikal formsättning

Huvudidén i detta system är att hålla ihop formarna underifrån för att slippa de hål som uppstår vid användandet av den horisontalflyttade formen.⁴³ Formen hålls på plats genom strävor på utsidan, liknande vissa system för betonggjutning. På så sätt kan den flyttas både horisontellt och verti-

kalt, skift för skift. Monteringen underlättas av att alla vertikala regler kan passas in redan från början, men detta kräver många stolpar.

Systemet är mycket flexibelt och här finns möjlighet till ett rationellt arbetssätt med stampning och materialtransport. Principen beskrivs av fransmannen Cointeraux redan i slutet av 1700-talet fast istället för snedsträvor grävdes då stolparna ner djupt i marken. Systemet är känt från Bugey-provinsen i Frankrike och har också setts i Kina.⁴⁴

2.2.2.3 Stampning och stampverktyg

Stampningen av jordmassan är mycket arbetsintensiv vare sig arbetet sker med maskin eller för hand, men tekniken är enkel att lära sig. Den färdigblandade lermassan hålls i den monterade formen och stampas. Hur mycket som ska läggas i åt gången beror på om den ska bearbetas med maskin eller för hand. Vid maskinstampning kan upp till 200 mm fyllas på åt gången för att sedan stampas ned till halva höjden.⁴⁵ Vid handstampning rekommenderas kring 100 mm. Sättet att stampa muren i lager gör att väggen får karaktäristiska horisontella ränder. För att slippa dessa och erhålla en mer homogen väggyta kan jordmassan skyfflas i formen kontinuerligt under stampverktyget vid stampningen.⁴⁶

Den som stampar kan i de flesta fall välja att stå inne i eller utanför formen, beroende på väggens tjocklek men också på hur formen är monterad. När stampningen sker manuellt ska varje nytt lager först jämnas till. Stampningen i formen börjar i ett hörn, följer sedan formväggarna för att till sist bearbeta den kvarstående mittsträngen. Vid maskinell stampning upprepas förfarandet ytterligare två gånger, vid manuell tills en karaktäristisk jordklang uppträder. Klang- en beror på den resonans som uppstår när formen kommer i svängning.⁴⁷ Påfyllning och stampning sker så länge det går bra att

stampa. När formen är full flyttas den enligt den princip som valts. Flyttas formen i höjddled går det att stampa nästa lager direkt, flyttas den i sidled ska den torra ytan fuktas lätt med hjälp av en vattenkanna med stril. Vid horisontell formsättning börjar arbetet lämpligast i ett av byggnadens hörn. Nästa varv stampas i motsatt riktning och arbetet utförs växelvis medsols och motsols så att formfogarna inte kommer ovanpå varandra.

Verktygen för handstampning kan utformas med stamphuvud av trä, som ibland skos med metall, eller kan vara helt av metall. Metallstamparna är enklare att arbeta med då dessa är mindre och smidigare.⁴⁸ Om det är möjligt justeras stampskäftets längd efter användaren som ska kunna stå med rak rygg och arbeta. Handstamparna bör väga 5 – 9 kg och dess anläggningsyta bör vara 60 – 200 cm².⁴⁹ Med en stor anläggningsyta blir trycket vid stampningen mindre än en liten när samma kraft används i stöten. Stamparna kan ha olika form för att underlätta arbetet längs med formens sidor och hörn. Ett runt stamphuvud eller ett stamphuvud med avrundade kanter är skonsammast för formarna, men effektivast är de som är prismaformade.⁵⁰

Maskinstamparna är tyngre än handstamparna och bör inte väga mer än 15 kg. De drivs med tryckluft och slår 700 – 900 slag/minut⁵¹.

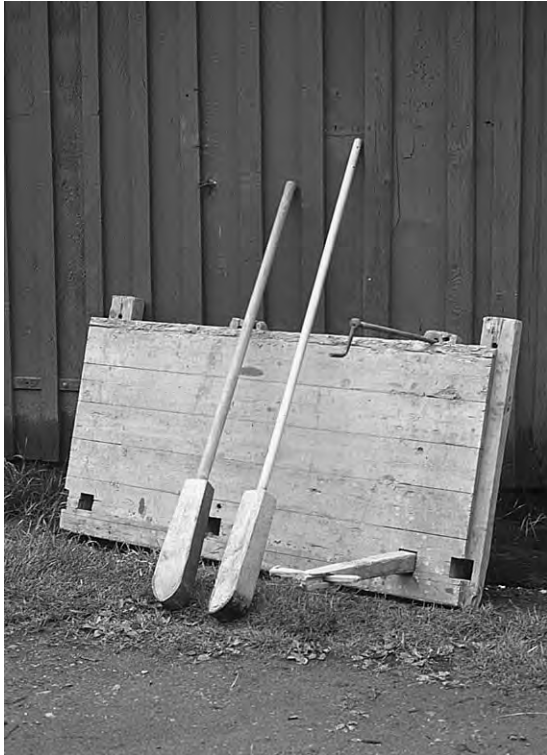


Fig 13, 14. Stampverktyg av trä respektive metall. Den övre bilden visar metallskodda trästampar och del av en form som användes till husen i Steninge, i Halland, 1944. På den nedre bilden visas två manuella metallstampar och en maskinstamp.



Fig 15. Formen från fig 12 är avtagen. Den nystampade murbiten har en lätt fuktad yta som snabbt torkar medan de inre delarna kan behöva ett år för att bli genomtorra. Skiften syns som ränder. Stampväggens hållfasthet varierar inom varje skift och är starkast på ytan som träffas av stampverktyget, vilket inte har någon betydelse för murens hållfasthet i stort.⁵² (Ett sätt att få en jämnare fördelning av jordmassan i formen är att skyffla vartannat spadtag mot inner respektive ytterformen.)

2.2.3 Konstruktionsprinciper för stamphus och mackelerade byggnader

Konstruktionsprinciperna för stamphus och mackelerade hus är snarlika och kan jämföras med murade byggnader. I stora drag gäller samma regler som för murkonstruktioner men hänsyn måste också tas till materialets känslighet för vatten.

Huskonstruktioner dimensioneras på olika sätt i olika länder. I vårt klimat är det främst väggkonstruktionens isolerande värden som bestämmer dess tjocklek. En lastbärande vägg av material med hög densitet kommer inte ned till de praktiska U-värden

som erfordras utan att bli oproportionerligt tjock.

Vägg tjockleken vid uppförande av stampväggar är nästan uteslutande beroende av formsättningen. En smal form är svår att arbeta med, eftersom den inte medger så stort svängrum för arbetsredskap och fötter. Teoretiskt klarar en rätt utförd stampvägg, som endast ska bära sin egenvikt, ett slankhetstal på 20 vilket innebär olika tjocklek beroende på väggens höjd⁵³.

2.2.3.1 Vägghörn

Vägghörn är normalt de konstruktionsdelar som får ta de största påfrestningarna i en byggnad vilket gör att allvarliga sprickbildningar kan uppstå. En orsak kan vara otillräcklig grundläggning, en annan att byggnaden inte klarar vindpåfrestningarna.

Problem som kan uppstå med vassa kanter är mest av kosmetisk karaktär och kan undvikas genom att placera trekantslister i stampformens vinklar.

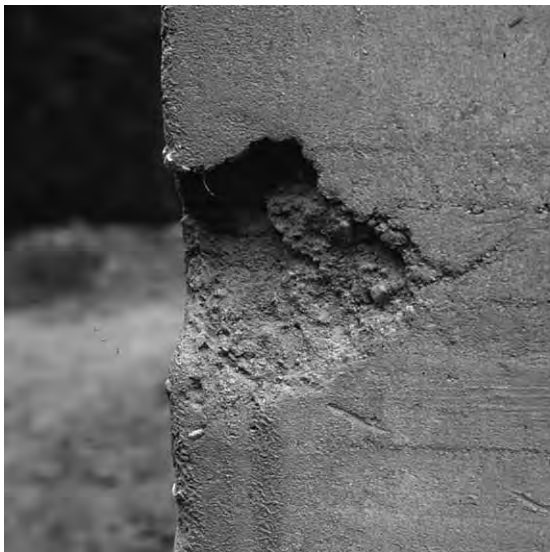


Fig 16. Hörnor är känsliga för slag och ska stampas med stor omsorg. Ett sätt att undvika vassa och ömtåliga kanter är att lägga in en list som gör att hörnan fasas av, se fig 12.



Fig 17. En mackelerad ekonomibyggning på landsbygden i Estland. Hörnet har inte klarat av den belastning det utsatts för, vilket med stor sannolikhet beror på dålig grundläggning.

Vid stamp teknik är det av stor vikt att justera formen ordentligt så att inga skevheter uppstår. Stampningen av hörnvägg kan utföras i förband eller i ett stycke i specialkonstruerad L-form. I det senare fallet är det lämpligt att använda någon typ av armering. För att göra hörnet mindre känsligt för erosion kan något hårt material såsom sten eller tegel läggas i hörnkedjor, alternativt kan kalk- eller cementbruk användas i takt med att väggen byggs. I båda fallen gäller att förstärkningen måste appliceras så att den får bra fäste i muren.⁵⁴

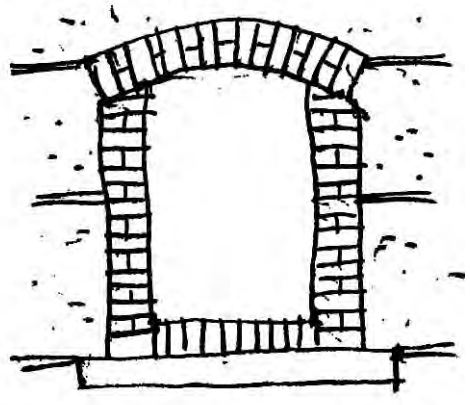
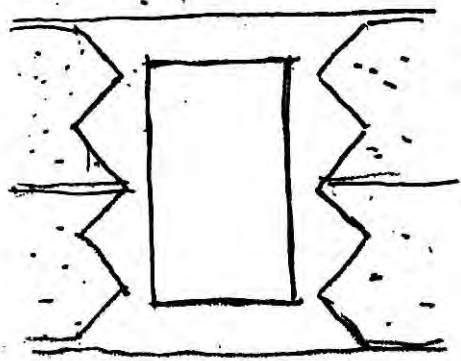


Fig 18. Olika utformning av fönsteröppningar. Öppningen kan förstärkas helt och hållet med trä eller cement men kan också byggas som ett slaget valv av tegel.



Fig 19. Det finns många sätt att göra hörnförstärkningar på. Här har kalkbruk lagts i triangulära skift, vilket ger byggnaden en arkitektonisk särprägel.

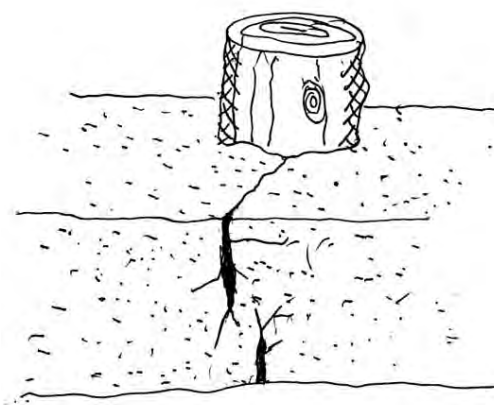


Fig 20. Grova stolpkonstruktioner av trä bör inte läggas in i mackelerade väggar eftersom träet kan orsaka sprickbildning. Material som inte följer krympningen i väggen när denna torkar bör därför undvikas.

2.2.3.2 Bjälklag

Förmågan att ta upp punktbelastning är dålig i en monolitisk lerjordsvägg och därför ska alla belastningar överföras på en så stor del av konstruktionen som möjligt.⁵⁵ Vid golvbjälkars anslutning till muren kan sprickor lätt uppstå om denna inte görs på rätt sätt, vilket beror på bjälklagets rörelser. För tak- och bjälklagslaster måste muren förstärkas exempelvis med ett dubbelt hammarband av trä eller förspända betongbalkar.⁵⁶ I stamp tekniken kan ett armerat hammarband av betong gjutas i stampformens översta skift. Ett alternativ, där skarven inte framträder, är att blanda cement i jorden i de övre skiften och öka fuktigheten så att cementen härdar.⁵⁷ Denna del av muren måste sedan vattnas lika länge som den primära härdningstiden för betong, vilket är minst 3 dagar. Vattnas inte cementförstärkningen tillräckligt kan detta leda till saltutfällningar då lösliga salter mister sitt kristallina vatten till cementhydratation. Cementstabilisering lämpar sig inte för mackelering eftersom lermassan ska vara fet vid denna teknik.

Enligt vissa uppgifter ska träkonstruktioner som ligger mot jord skyddas med en fuktspärr, vilket enligt andra inte är nödvändigt eftersom trä och lera anses fungera bra ihop så länge inte fukt stängs in i konstruktionen. I franska stampjordshus har emellertid trä använts som armering i väggarna, utan att de tagit någon skada, vilket tyder på att trä och lera kan kombineras utan fuktspärr. Eftersom inga mer grundläggande undersökningar har gjorts bör försiktighetsprincipen tills vidare råda och någon typ av fuktspärr användas.

2.2.3.3 Muröppningar

Rekommendationer för stamphus, vilket också är överförbart på mackelerade hus, är att dörr- och fönsteröppningar totalt inte ska uppta större del än 35 % av fasadens totala längd. Muröppningarna ska vara

jämt fördelade och bör inte vara bredare än 1,2 m. De bör heller inte placeras närmare hörn än 1 m och höjden på väggstycket i hörnan får inte överstiga 4 gånger väggens bredd enligt formeln $h/l < 4$, där h = höjd, l = längd.⁵⁸

Vid muröppningar ska laster tas ned via mellanliggande murfält med hjälp av en träbjälke eller en balk av armerad betong.⁵⁹ Denna bjälke, men även syllen under muröppningen, ska vara minst 250 mm bredare än öppningen på vardera sidan, vid större öppningar ännu bredare.⁶⁰

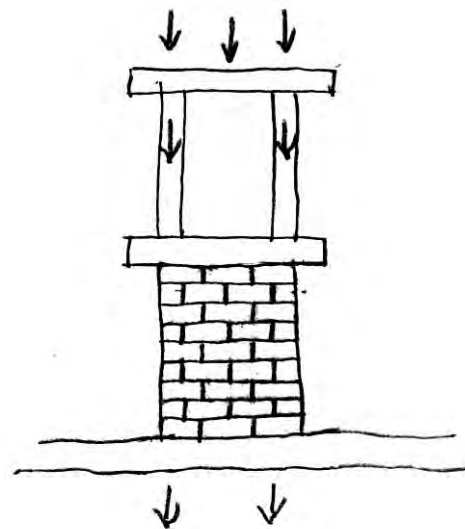


Fig 21. Här visas hur lasterna påverkar murväggen i en rätt utförd fönsteröppning. Alternativet till en bred syll under fönstret är att låta väggen fungera som en utfackning och låta de nedåtriktade krafterna i de olika väggavsnitten arbeta var för sig.

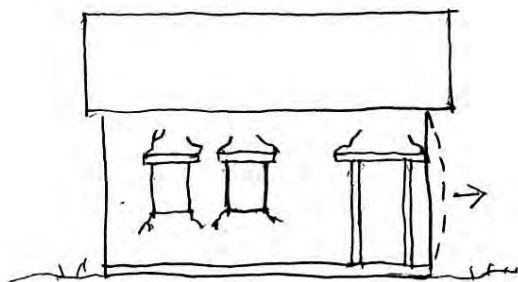


Fig 22. Denna bild visar vad som kan hända vid felaktigt utförande av konstruktionen. Fönster- och dörröverstycken är för korta vilket leder till sprickbildning där belastningen är störst och fönsteröppningarna sitter för tätt. Dörren sitter för nära hörnet vilket ger en instabil gavel.

Vid både stamp- och mackeleringsteknik kan en fönsterbox monteras in i muren. Vid stamp-tekniken, där metoden företrädesvis används vid horisontell formsättning, bör lådan konstrueras så att den enkelt går att ta ur när väggpartiet är färdigstampat. En annan metod är att sätta in en gavel i formen. Förstärkningar kan göras på samma sätt som har beskrivits för hörn, vartefter stampningsarbetet fortskrider.

I boken *The Cobber's Companion* beskrivs ett byggnadssätt för mackelering, där en fönsterbox muras in under arbetet.⁶¹ Detta är inte att rekommendera eftersom risk för sprickor vid fönster- och dörrkarmar föreligger om arbetet går för fort. Muren krymper när den torkar medan skiftet ovanpå fönsterboxen inte har möjlighet att sjunka.



Fig 23. Det är inte nödvändigt att bygga in sidstyckena i dörr- eller fönsteröppningar när murarna stampas. Det kan rent av vara bra att vänta med att montera dessa om det befaras att byggnaden kommer att sätta sig. Ett förfarande är att stampa in träklossar som dörr- eller fönsterkarmar sedan kan monteras mot. Enligt traditionen ska klossarna vara koniska med den smalare sidan utåt.

Observera att trä som stampas in i en jordvägg måste vara ordentligt uppfuktat. Är träbitarna torra suger de åt sig vatten och sväller vilket leder till att väggen spricker när den torkar.



Fig 24. Fönsteröppning i engelskt mackelerat hus, Down St Mary. Lägg märke till den mjukt formade nischen och den inbyggda hyllavsatsen.



Fig 25. Valv kan gjutas i form vars understycke får sitta kvar några dagar. Lower Tricomb Farm.

2.2.4 Ytbehandling

Det är inte alltid nödvändigt att ytbehandla lerjordsväggar utvändigt för att de ska hålla längre, skälen är oftare rent estetiska. I England är det vanligt att de mackelerade boningshusen är putsade med kalkputs medan ekonomibyggnaderna fått stå obehandlade. I det senare fallet kan den vägg som är mest väderutsatt ha fått ett skyddande putslager.⁶² Trots det där rådande blåsiga och regniga klimatet eroderar de oskyddade väggarna inte mer än med 2,5 mm/år.⁶³

Det ytskyddande skiktet får inte vara tätt eftersom fukt måste ha möjlighet att vandra i väggkonstruktionen. De lämpligaste ytbehandlingarna är därför ler- eller kalkbruk eller lerbruk som målas med kalkfärg. I England har cementbaserade bruk använts under 1900-talet vid renovering av mackelerade hus, vilket har orsakat att många av dessa har rasat. Studier vid universitetet i Plymouth, England, har visat att använ-

ning av material med högre ånggenomgångsmotstånd än lera, exempelvis cement och akrylbaserade färger, varit de viktigaste orsakerna till kollaps. Inga sådana katastrofer har inträffat när byggnaderna varit putsade med kalkputs eller målats med kalkfärg.⁶⁴

Vid stampväggar gäller att ytbehandling ibland görs efter typ av formsättning. Ska väggarna betraktas som de är, används vanligen vertikal formsättning som då kräver ett noggrant utförande. Om muren inte ska ges något arkitektoniskt uttryck gör det inget om det finns igensatta hålöppningar i väggarna. I äldre litteratur rekommenderas att murarna utvändigt ska strykas med tjära eller asfalt,⁶⁵ vilket dock är en onödig och fördyrande åtgärd om putsningsarbetet utförs korrekt, vilket många av de franska stamphusen är existerande bevis för.



Fig 26. I Försoningskyrkan i Berlin, har de råa stampjordsväggarna på några ställen dekorerats på detta sätt. Mönster kan skapas omedelbart efter det att stampformen avlägsnats och väggytan är fuktig.

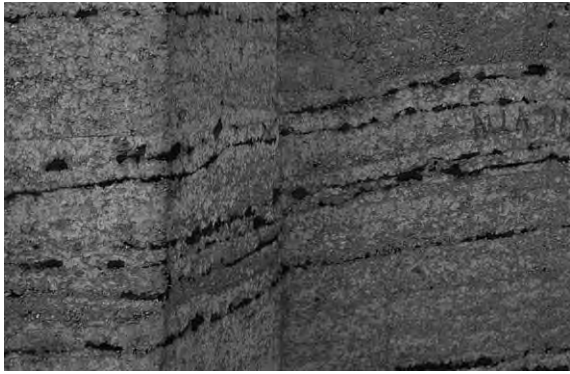


Fig 27. I denna numera rivna stampjordsmur, som uppfördes som en installation under kulturhuvudstadsåret i Stockholm 1998, har skiften stampats i olika höjd. I vissa skift har kol lagts in mot ytan för att erhålla en önskad struktur.

En lerjordsvägg har oftast en tillräckligt ojämn yta för att puts av kalk ska få fäste utan att några andra åtgärder behöver vidtas.

*"När man sedan, efter takets upresning, behagar, kan huset rappas, hwarförinnan muren skrapas och sopas ren. Han rappas ganska tunt med wanligt kalk-bruk, som arbetats wäl. Där ej sprickorna synas göra tillfyllest at qwarhålla rappningen, hackas muren förut. (...)Huset hwitlimmas eller målas med Wictriol gult, som gjer et prydligt utseende, och äfwen stärker rappningen. För at winna en klar och jämn färg, hwitlimmas förut helt tunt. Därefter anstrykes Wictriolen, uplöst i watten och blandad med hwitkalk."*⁶⁶

I en del litteratur ges rekommendationer om att stenar ska knackas in i den fuktiga väggen för att ge putsen bättre fäste, men detta torde främst gälla vid användning av lerputs, se fig 67.

3 Murverk

Ett murverk är en byggnadsteknisk konstruktion som hopfogas av natursten alternativt block av konstgjort stenmaterial⁶⁷. Generellt består det av många mindre delar som sammanfogas till en större lastbärande konstruktion vilket gör att även vedmurning kan räknas in. Nu är inte alla murar lastbärande. Som exempel kan nämnas de skånska korsvirkeshusen som har en bärande konstruktion av trä, oftast ek men ibland bok. Fyllningarna i mellanrummen kan utföras på olika sätt där ett av dessa är murning med lersten eller tegel, som ibland förses med kalkputs.

Till murverk inom de olika lerjordsbyggnadsteknikerna kan stenar eller block av lera användas, liksom sågat virke eller vedklabbar. En viss begreppsförvirring råder kring lerstenens nomenklatur och ofta hörs

uttrycket *soltorkat* tegel eller lertegel. Inom tegelindustrin pratar man om *råtegel* eller *grönling* och menar då nyformat eller torkat halvfabrikat⁶⁸. *Adobe* är ett spanskt begrepp för en lersten av fet lera med inblandning av halm som armering. Ordet tegel kommer från latinets *te'go* som betyder täcka, och är:

*”ett keramiskt material som erhållits genom bränning av lera vid relativt hög temperatur.”*⁶⁹

För svenska förhållanden är det missvisande att tala om soltorkat tegel eftersom lerstenar torkats i speciella lador. Bristen på sol och den rikliga förekomsten av regn har lett till att lersten inte kan torkas under bar himmel. Vid Bältarbo tegelbruk i södra Dalarna och Horns bruk i Västergötland sker torkningen i naturligt luftventilerade lador.



Fig 28. Bältarbo tegelbruk i vinterdvala. Framställning och torkning av råtegel sker i uppvärmda lokaler och kan inte pågå när det är minusgrader. Bränningen i ringugnen fortskrider dock tills torkladorna är tomma.

3.1 Lersten

Lersten kan framställas på olika sätt. Den kan *handslås/gjutas*, *formpressas* eller *strängpressas*. Block, kan definieras som större stenar som inte går att lyfta med en hand och som framställs genom pressning eller stampning i form.

3.1.1 Slagen lersten

Från 8000-talet f Kr började, i mellanöstern, lerstenar formas till enhetliga byggstenar som fick torka i solen. Dessa gjordes först för hand, senare tillkom det framställningssätt som är förknippat med *adobe*, nämligen att finhackad halm blandas i lera som sedan trycks ner i formar. Av detta serieproducerade byggmaterial uppfördes såväl offentliga som privata byggnadsverk

i många forntida högkulturer.⁷⁰ Metoden kallas att handslå stenen eftersom den med kraft kastas i sin form. Lermassan ska här vara relativt fet och blöt och krympningen blir därför ganska stor, vilket har liten betydelse vid uppförandet av själva muren.



Fig 29. Här demonstreras rationell handslagning av lersten där stenen slås i en form som placerats på en skiva. Ett lager sand mellan skiva och lersten fungerar som smörjmedel som gör att stenen inte fastnar på underlaget när den torkar. När stenen är halvtorr vänds den och ställs på löpsidan så att torkningen kan ske effektivare.

3.1.2 Strängpressad lersten

Den vanligaste industriella metoden att framställa lersten, eller råtegel för tegeltillverkning, är genom strängpressning. Lermassan pressas genom ett munstycke och skivas till önskad höjd. Munstyckets form bestäms av hur stenen ska se ut och kan skraddarsys för olika ändamål. Liksom till handslagen sten ska lermassan vara relativt fet.

Tegellera används i de flesta fall direkt från lertakten och krymper omkring 5 % när den torkar. För att förhindra alltför stor krympning, främst i bränningen till tegel, används magringsmedel som oftast består av sand eller chamotte. Vid framtagning av råtegel vid större tegelbruk forslas den uppgrävda leran till en lergrav där den sumpas, läggs i blöt, en tid. Därifrån transporteras den genom en kollergång, där större stenar avskiljs, innan den förs vidare

till en lerkvarn för att ältas och blandas med eventuella tillsatsmedel. Efter ältningen mals, bråkas, massan så att medföljande stenar krossas. Den färdigblandade massan förs på transportband till det munstycke som slutligen formar stenen. Efter att ha passerat munstycket kapas lersträngen till den höjd stenen ska ha och läggs sedan att torka. Detta tar vanligen 2 - 3 veckor beroende på stenens tjocklek och utformning samt väderleksförhållanden.

Strängpressad lersten kan användas exempelvis till mellanväggar men vid dagens rationaliserade större tegelbruk prioriteras tillverkning baserad på volym. Förfarandet från det att råteglet hamnar i tunnelugnen fram till packningen är då helt mekaniserad, vilket gör att utplockning av lersten måste ske manuellt. Detta medför att en obränd sten från stordriftstillverkning till och med kan kosta mer till kund, trots att inget bränsle har förbrukats!



Fig 30. Tillverkning av råtegel vid Bältarbo tegelbruk. Stenarna på bilden är så kallade 20-stenar som fram till 1970-talets senare del förekom vid murning av mellanväggar. Eftersom brukets mekaniseringsgrad inte är heltäckande kan korta serier framställas och lerstenar levereras till ett något lägre pris än tegel.



Fig 31. Lersträngen kapas till önskad höjd med pianotråd.

3.1.3 *Formpressad lersten*

Till formpressad lera finns det många olika typer av maskiner som komprimerar jorden till block. Den enklaste kan liknas vid en stor vitlökspress med tät botten. Olika insatser kan monteras i formen för stenar till olika ändamål. Metoden att pressa lersten är arbetsintensiv då dessa i de flesta fall framställs en och en, eller två och två, men maskiner för automatiserad tillverkning i större skala finns och vidareutvecklas.

Lerjordsammansättningen är i stort sett identisk med den som gäller för stampjordsväggar, vilket innebär en relativt mager massa med litet vatteninnehåll, men där större stenar sållats bort.

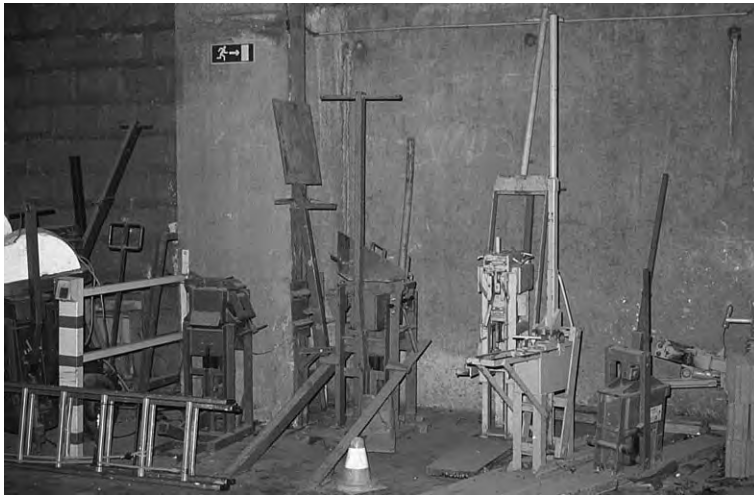


Fig 32. Det finns många olika typer av formpressar att välja mellan.

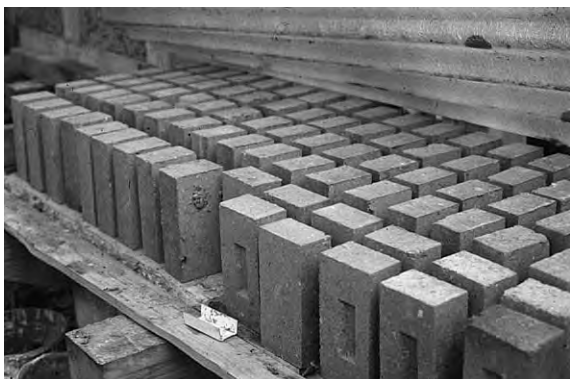


Fig 33. Formpressade stenar på tork. Torktiden är densamma som för strängpressad lersten, 2 - 3 veckor.

3.1.3.1 Mur och murning

Murning av lersten skiljer sig inte från traditionell murteknik. Lerstenarna läggs i förband på samma sätt som tegel och muras med lerbruk bestående av lera och sand, oftast i proportionerna 1:3 eller 1:4. Fördelen med lerbruket är att det inte behöver användas omedelbart när det har blandats, såsom fallet är med cementbaserade bruk. Lerbrukets härdningsprocess kan avbrytas med vatten, medan cementbrukets härdning ovillkorligen påbörjas med vatten. Lastbärande väggar bör i likhet med murning med kalkbruk inte

byggas alltför snabbt på höjden, på grund av att härdningsprocessen är långsam och ökningen av den lastbärande förmågan därmed tar längre tid än med bruk med mineraliska bindemedel såsom cement.



Fig 34. Murning av lersten följer samma principer som tegelmurning och murarens viktigaste hjälpmedel är, förutom murhammare och murslev, vattenpass och snöre.



Fig 35. I bildens övre del har fogarna just snygats till några timmar efter det att stenarna murats, den nedre delen murades några dagar tidigare.



Fig 36. Kanter och hörn är känsliga partier i en byggnad. Muren har här målats med en silikatfärg som lätt kan släppa igenom fukt. Vill man ta vara på lerans fuktbuffrande förmåga i en innervägg måste målarfärgen kunna släppa igenom vattenånga. Färgen måste appliceras i minst 2 lager eftersom sten och fog suger olika mycket. Till ytterväggar av lera får, under några omständigheter, inte täta färger eller puts som innehåller cement användas.



Fig 37. I det gamla vallonbruket Svalbo, i Järle, har känsliga partier förstärkts med tegel, vilket också kan ge arkitektoniska effekter.

3.2.1 Lerbröd

Ett i västerlandet udda sätt att bygga hus är med lerbröd. Tekniken används mycket i vissa delar av Afrika. Den togs efter första världskrigets slut till Europa med den från Tanzania till Tyskland återvändande missionären Gustav von Bodelschwingh. I hans hemby Dünne, som hade ödelagts av kriget, ledde han under åren 1925 - 1930 uppförandet av drygt 300 hus som bygges i lerbrödsteknik. Hans dotter Adelheid Weerts, som också deltog i projektet, skrev och illustrerade senare en liten bok med titeln *Ein Alter Baumeister - und was wir von ihm gelernt haben*.⁷¹

Uppförande av ett lerbrödshus sker genom att fuktig lera formas till limpliknande stycken som, utan att torka, staplas i förband utan murbruk. Med denna metod kan tre till fem förband muras per dag, då lerbröden måste torka något innan det går att fortsätta. Lerjorden bör vara ganska mager och finkornig för att inte torkkrympningen ska bli för stor.⁷²

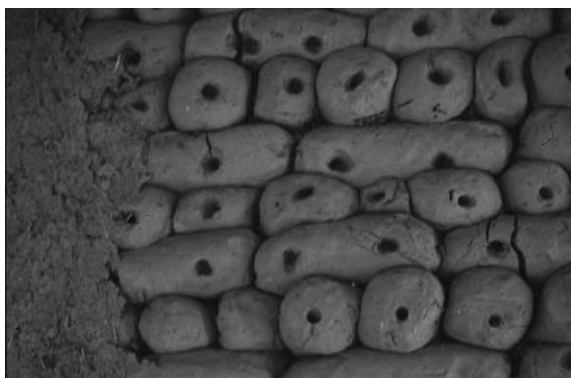


Fig 38. I lerbröden görs en grop i ändarna så att putsen lättare får fäste.

Den tyske arkitekten och professorn Genrot Minke, vid arkitektskolan vid Universitetet i Kassel, har vidareutvecklat metoden till att framställa lersträngar i en strängpress. Minke rekommenderar att bygga väggsektioner om cirka 700 mm och att lägga strängarna med skarvarna ovanpå varandra för att erhålla en kontrollerad

sprickbildning. När muren har torkat kan dessa sprickor fyllas igen och konstruktionen bli tät. En variant på denna metod, som inte är lastbärande, och därför kräver en separat trästomme, är att likt korvstoppning fylla tuber av tyg med isolerlera från strängpressen. Strängarna staplas ovanpå varandra utan bruk, men genom att pressa på tygytan erhålls tillräckligt med bindemedel för att hålla ihop dessa. Även i detta fall gäller att inte mer än tre - fem skift kan läggas per dag.⁷³



Fig 39. Lerbrödstekniken lämpar sig för skulptural formgivning. Solviksskolan.

Metoden med lerbröd lämpar sig väl för böljande och organisk formgivning. Vid den antroposofiska skolan i Solvik, utanför Järna, är bland annat en av skolbyggnaderna uppförd i denna teknik. Huset mäter utvändigt 9 x 9 m och stod färdig 1993. Fasaden kalkputsades men blev illa åtgången vid en brand och är nu putsad med lera som målats med en färg av lera, cellulosafiber och linolja. Branden uppstod genom gnistbildning från skorstenen som satte eld på taket av träspån. Vid släck-

ningsarbetet genomblöttes väggarna. Efter uttorkningen kunde ett nytt tak byggas,



denna gång i obrännbart skiffer, och skolsalen blev åter tagen i bruk.

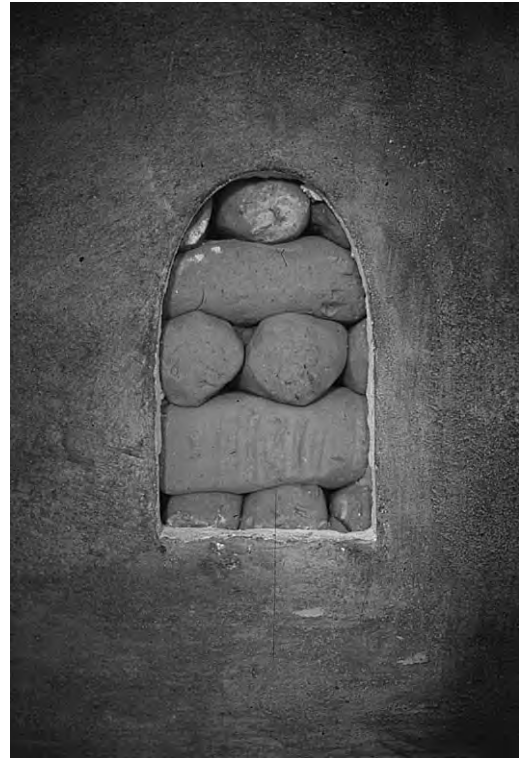


Fig 40, 41 Interiörbilder från Solviksskolan av två fönster, det ena genom och det andra in i väggen.

3.2.2 Vedmurning

En hybridform av bärande teknik där lera används är vedmurning. Tekniken att mura med sågat timmer och lerbruk med sågspån, på samma sätt som tegel i 1/2, uppstod under 1800-talet kring de framväxande sågverksindustrierna. Byggnads sättet kallas *knubbteknik* men har, eftersom dessa byggnader förekommer på många håll i landet, många dialektala variationer. Ett annat byggnads sätt är *kubbtیکنiken* som består av hopmurade runda eller kluvna ved- eller timmerkubbar som lagts på tvären i väggen.



Fig 42. Med lite fantasi kan hyllor och nischer göras på lämpliga ställen i en kubbvägg.

4 Icke-bärande byggtekniker

Till icke-bärande byggmetoder räknas isolerlera utfyllnader, och beläggningar/yt-skikt.



Fig 43. Litet hus på sörmländsk gård med lerhalmisolerering och halmtak, uppfört 1995 - 1996.

4.1 Isolerlera

Isolerlera är ett samlingsbegrepp för material där isolerande komponenter såsom halm, träflis och leca-kulor binds samman med lera, dessa kallas då *lerhalm*, *träflislera* och *lecalera*. Det isolerande materialet blandas med lervälling och packas i väggformor eller i mindre blockformor. Det är viktigt med god luftväxling så att torktiden blir så kort som möjligt. Blir den för lång, och övriga villkor är gynnsamma för mikroorganismers tillväxt, är risken stor att organiska material komposterar, det vill säga snabbt bryts ner till humus under värmeutveckling. Tekniken benämns även *lättlera* vilket är mindre lämpligt eftersom ordet används inom geologin, där det betecknar en jordart med lerhalten 15 - 25 %. Tekniken är relativt ung och nämndes första gången av tysken Wilhelm Fauth

i boken *Der Praktische Lehmbau* från 1946.⁷⁴ Fauth kallar blandning med stor mängd halm i förhållande till lera för *Leichtlehm*, vilket förklarar det svenska ordet *lättlera*. En halvtung lerblandning kallas på tyska för *Strohlehm*.



Fig 44. Träflis som binds samman av lera krymper obetydligt när massan torkar.



Fig 45. När lättklinker (leca-kulor) används är det lämpligt att kulorna har olika storlek, annars måste något annat aggregat, exempelvis sand, tillsättas för att lera ska kunna hålla ihop materialet. Fördelen med inblandning av lättklinker är att massan inte krymper under torkningen. Genom kulornas porositet påskyndas även uttorkningen och det oorganiska materialet kan inte heller brytas ned.

Graden av isolering är beroende av hur mycket isolerande ämnen det finns i förhållande till lermängden i massan. Ju lättare materialet blir när det har torkat desto bättre isolervärden. Som för de flesta byggmaterial med god värmeisolering krävs också här en bärande stomme, men tyngre lerblandningar, från 800 kg/m³, kan uppföras utan bärverk för mindre enplanshus.⁷⁵

Från tyska undersökningar har det visat sig vara svårt att beräkna densiteten för den färdiga väggen. Där visade sig många väggar som kalkylerats för en densitet på 500 kg/m³ hamna på 700 kg/m³ eller mer.

Detta är en viktig aspekt att beakta när beräkningar ska göras på en byggnads värmebalans. Anledningen till avvikelserna kan ha flera förklaringar. En är att den sammantryckning som sker med den mjukgjorda halmen gör att luftmängden minskar i massan, och därmed isoleringen. En annan är att packningen i väggen är ojämn, delvis på grund av att flera personer kan ha varit engagerade i bygget. Det är inte heller säkert att ett mindre provstycke som utformas som ett block kommer att få samma densitet som den färdigpackade väggen.⁷⁶

| | Densitet | Värmeledning | Värmekapacitet | | Värmekapacitet | | Värmeinträningstal |
|--------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-----|--------------------------|-------|------------------------------|
| | σ kg/m ³ | λ W/mK | c kJ/kgK | | S kJ/m ³ K | | b kJ/m ² v/h K |
| | | | LH | TL | LH | TL | iM |
| Isolerlera | 300 | 0,10 | 1,3 | - | 400 | - | 12 |
| | 400 | 0,12 | 1,2 | - | 500 | - | 14 |
| | 600 | 0,17 | 1,1 | 1,5 | 700 | 900 | 20 |
| | 800 | 0,25 | 1,1 | 1,4 | 900 | 1 100 | 28 |
| | 1 000 | 0,35 | 1,1 | 1,3 | 1 100 | 1 300 | 37 |
| | 1 200 | 0,47 | 1,0 | 1,2 | 1 200 | 1 500 | 45 |
| Mackelerlera | 1 400 | 0,59 | 1,0 | 1,1 | 1 400 | 1 500 | 54 |
| | 1 600 | 0,73 | 1,0 | | 1 600 | | 65 |
| Stamplera | 1 800 | 0,91 | 1,0 | | 1 800 | | 77 |
| | 2 000 | 1,13 | 1,0 | | 2 000 | | 90 |
| Betong | 2 400 | 2,10 | 1,0 | | 2 400 | | 135 |
| Massivtegel | 1 800 | 0,81 | 1,0 | | 1 800 | | 72 |
| Håltegel | 800 | 0,33 | 1,0 | | 800 | | 31 |
| Lättbetong | 600 | 0,19 | 1,0 | | 600 | | 24 |
| Fur & gran | 600 | 0,13 | 2,1 | | 1 260 | | 24 |
| Mineralull | 80 | 0,04 | 1,0 | | 80 | | 3 |

Tabell 2. Värmeegenskaper hos lerbundna material samt jämförelse med några konventionella material. LH = lerhalm, TH = träflislera⁷⁷

4.1.1 Framställning av isolermassa

Lerhalm, träflis och lecalera framställs genom att blanda ihop lervälling och det isolerande materialet. Lervällingen kan vara tunn eller tjock beroende på hur tung massan ska vara när den torkat. Massan kan formas till block, som sedan muras, eller gjutas i väggformar direkt.

Om färsk lera används bör den läggas i blöt, sumpas, en tid så att den blir lättare att bearbeta. Ett dygn kan räcka men en vecka är att rekommendera⁷⁸. Ju längre tid leran har på sig att mättas med vatten, desto bättre. Under denna tid ska leran inte

vidröras. Den blötlagda leran blandas sedan med vatten till en lervälling vilket sker effektivast med en visp. För att kontrollera om lervällingen har rätt konsistens kan man stoppa ner ett finger i blandningen. Om konsistensen är den rätta rinner inte lervällingen ner på fingret när man sätter upp det i luften. Ett annat sätt är att försiktigt hålla ut 100 ml av blandningen på en plan skiva av ett material som inte suger vatten, exempelvis en glasskiva. Lerpölsens diameter mäts omedelbart. Är den mellan 150 och 200 mm är det bra fördelning mellan lera och vatten. Om diametern är mindre än 150 mm innehåller blandningen för mycket lera, är den större än 200 mm innehåller den för mycket vatten.⁷⁹

| Blandningsförhållande för 1 m ³ stampad lerhalm | | | |
|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Densitet i torkat tillstånd kg/m ³ | Halmstrå kg/m ³ | Lera m ³ /m ³ | Lervatten l/m ³ |
| 300 - 800 | 60 - 100 | 0,4 - 0,7 | 400 -700 |
| 800 - 1 200 | 50 - 70 | 0,7 - 1,1 | 600 - 1 000 |

Tabell 3. Ungefärliga blandningsförhållanden för lerhalm.⁸⁰

Lervälling och halm blandas, om möjligt, på ett plant underlag som inte suger vatten. Den torra halmen sprids ut i lager om cirka 100 mm och lervällingen strilas över den. Detta upprepas några gånger innan massan börjar blandas genom att vändas med högaffel. Detta pågår till dess att halmstråna är helt överdragna av lervatten. Blandningen bör vila några timmar, helst ett helt dygn, och övertäckas så att den inte torkar. Bindemedlet runt halmfibrerna kommer då att lösas upp och göra massan klabbig och lättarbetad.

Tillredning av träflis- och leca-lera är likartad, men kan göras i en frifalls/tombola-blandare. Liksom fallet är vid framställning av lerhalm ska massan vila något innan den används så att fukten i massan har möjlighet att jämnas ut.

En metod som är under utveckling i Holland är att använda en stor snedställd roterande plåttunna med räfflor på insidan. I

övre öppningen hålls halm och lervälling. Halmen rör sig nedåt av tyngdkraften och den överflödiga lervällingen matas uppåt enligt principen för Archimedes skruv



Fig 46. Lera bör sumpas, läggas i vatten, oavsett vad den används till, så att lermassan mätas med vatten.



Fig 47. Vid tillredning av lervälling tillsätts vatten i förhållande till hur tung man vill ha den färdiga väggen. Ju effektivare maskiner desto kortare tid behöver leran sumpas.

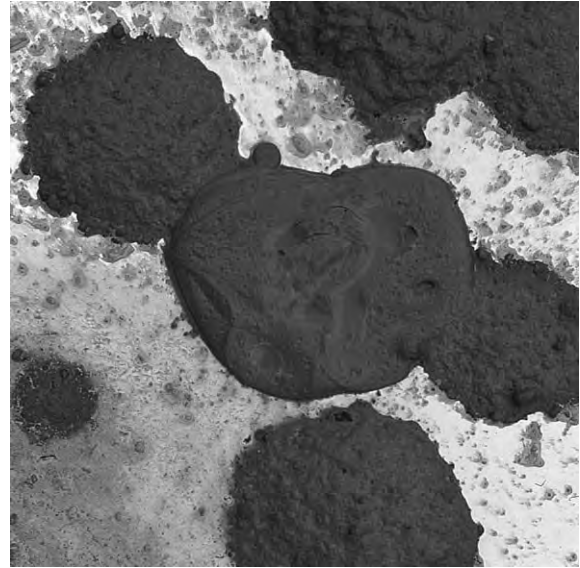


Fig 49. Uthållningstest. Genom att bestämma diametern går det att fastställa om sammansättningen av lera och vatten är den önskade.



Fig 48. Fingertest. Rätt konsistens på lervällingen för blandning till isolerlera.



Fig 50. Lervälling och vatten ska blandas samman. Vid detta självbyggeri strilas lervattnet över halmen med en vattenkanna som försetts med en matsked i pipen.

4.1.2 Formsättning och packning

Vid uppförande av monolitiska väggpartier används löstagbara formar. Formsättningen görs vanligtvis genom att formskivan skruvas fast i den bärande konstruktionen, i de flesta fall av trä. Bärverket kan utformas på ett flertal olika sätt från att helt eller delvis byggas in i isolerleran till att vara fullstän-

digt fristående. Ur beständighetssynpunkt är det senare att föredra eftersom den bärande konstruktionen då är besiktningsbar och ingrepp inte behöver bli så stora vid ombyggnader. Sprickbildning på grund av svårbemästrade materialmöten undviks också om isolering och bärande stomme hålls isär.

Innan formarna packas stryks alla sugande ytor med lervälling för att förhindra att vatten tas upp från lermassan.⁸¹ Vid användning av lerhalm fylls formarna till en höjd av 250 - 300 mm och packas därefter med händerna, med speciella packningsverktyg eller trampas med fötterna. Proceduren återupprepas tills väggen har nått önskad höjd. När formen är fylld flyttas den omedelbart så att luften kan torka ut väggen. Det får inte förekomma några hålrum i isolermassan, men det är också viktigt att inte packa den för hårt. Ökar väggens tyngd för mycket sjunker dess värmeisolerande förmåga, men värmelagringsförmågan ökar.



Fig 51. Det är liv i väggen! Men det är ingen fara, groddarnas rötter hjälper till att suga ut vatten ur väggen. Här har ett ogräsfrö slagit rot.

Efter några veckor kan det börjar spira gröna strån ur väggen. Detta är kvarblivna frön som gror i den fuktiga väggmassan och kan fungera som indikator på hur uttorkningen går. När frögroddarna, som har sina rötter långt inne i väggen, börjar vissna är detta en signal om att fuktinnehållet sjunker.



Fig 52. Inga hål får förekomma i isoleringen i en lerhalmsvägg. Vid nedkylning kan den relativa fuktigheten bli riskabelt hög så att vatten kondenseras i dessa håligheter. Risken finns då att mikrobiell tillväxt äger rum, vilket kan leda till att väggmaterialet bryts ner. När väggen är helt torr måste därför hål och springor fyllas igen med lerhalmsmassa.

Används träflis eller leca som isolering i lermassan kan skiften göras högre än vid lerhalmspackning eftersom dessa blandningar inte behöver tryckas ihop på samma sätt som lerhalmen, egentyngheten räcker. Formarna kan dock med dessa blandningar inte avlägsnas på en gång, utan måste sitta kvar ungefär ett dygn, eller till dess att massan hunnit sätta sig. Dessa isolermassor behöver inte tryckas ihop på samma sätt som lerhalm men bör vibreras genom att skaka några gånger på sättformen. Metoden är på detta sätt mindre arbetskrävande men det behövs flera formskivor än vid pressning av lerhalm, om inte arbetet ska ta orimligt lång tid.⁸²

Väggens bärverk kan göras enligt flera olika principer och måste väljas utifrån den fasadbeklädnad som önska. Ska skivor, bräder eller tegel användas måste dessa kunna fästas mot en regel och i vissa fall kan det därför vara nödvändigt med ett sekundärt bärverk. Utvändigt är den minst underhållskrävande metoden att montera

en träpanel med luftspalt. Bärläkt monteras då på stående reglar. Väggen kan också putsas med kalkputs eller lerputs, som kalkstryks. En rätt utförd kalkputs kan hålla upp till 40 år men tar lång tid att utföra, eftersom upp till tio lager måste appliceras. Används system med dubbelt bärverk föreligger risk för sprickbildning i utanpåliggande puts om denna är för styv, eftersom isolermassan i väggens utfackning och träreglarna rör sig olika. Ett sätt att minimera sprickbildningen är att använda sig av enkelt bärverk, antingen inbyggt i väggens mitt eller helt fristående. I det förra fallet monteras distansklotsar mot vilka formarna kan fästas. Klossarna tas bort när väggen har torkat och hålen fylls igen, om möjligt med isolerlera av likadan sammansättning som väggen i övrigt.

Nackdelarna med att packa monolitiska väggpartier av lerhalm eller träflislera i klätterformar är att arbetet endast kan utföras tidigt under sommarhalvåret, eftersom torktiden är lång. En lerhalmvägg med en tjocklek om 300 - 350 mm behöver upp till 6 veckor för att torka innan vidare arbeten kan utföras. Väggen bör inte göras tjockare än 400 mm eftersom risken ökar att den inte torkar tillräckligt snabbt i mitten, med mikrobiell tillväxt som följd.

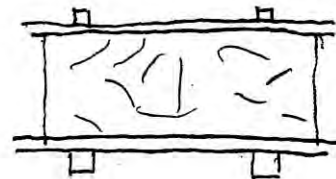
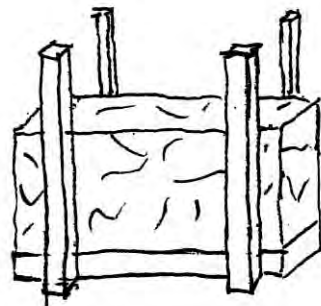
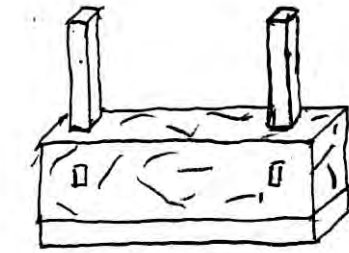


Fig 53. Bärverket till formsättningen vid uppförande av isolerlersvägg kan utföras på många sätt.



Fig 54. Packning av lerhalm i klätterform. Till verandan som byggdes in behövdes inte djupare vägg än djupet på reglarna. Formen sätts fast vid reglarna med skruv och flyttas vartefter väggpartiet packas.



Fig 56. Här har man valt att ha ett enkelt bärverk med en regel i väggens mitt. Distansklotsarna får sitta kvar tills väggen har torkat.

4.1.3 Block

För att vara säker på att få en relativt jämn densitet i den färdiga väggen är det säkrast att mura med förtillverkade block. Sådana saluförs på den kommersiella byggmarknaden i Tyskland, men ännu inte i Sverige. Förutom att blocken har en likvärdig kvalitet är fördelen med att använda dessa att väggen inte krymper eller sätter sig under torkningen. Med detta minimeras risken för torksprickor. För att reducera köldbryggor i murfogarn kan en viss mängd sågspån blandas i lerbruket vid murningen.

Den som själv kan tillverka block är inte beroende av årstiden på samma sätt som vid uppförande av monolitiska väggpartier. Tillverkningen kräver dock gott om utrymme med skydd för regn och minusgrader.

Principen för blocktillverkning påminner om handslagen och formpressad lersten. Vid framställning av lerhalm-block med låg densitet krävs att formarna packas med stor omsorg så att halmen håller ihop när

blocket har torkat. Vid högre densitet, det vill säga högre lerhalt, är detta inte lika viktigt. När blocken är formade ställs de på



tork, efter någon vecka kan de ställas på högkant så att uttorkningen sker jämnare.



Fig 56, 57. En enkel form packas med lerhalm. Blocket bör framställas på en platta vilket gör att man inte behöver ta i det med händerna, och därmed riskera att det deformeras, när det ska förflyttas till torkplatsen.

4.2 Utfyllnader/utfackningar

Gränsen mellan isolerlera och utfyllnader är tämligen diffus men utfyllnader kan definieras som vägg-, golv- eller takdel utan bärande funktion, vars syfte är att erhålla en avskiljande konstruktionsdel.

I utfyllnader samverkar alltid någon typ av lermassa med andra material. Som exempel kan nämnas klineväggar och vickler. I avsnittet om murverk beskrevs korsvirkeshus där ler- eller tegelsten används utan bärande funktion. Utfackningarna i korsvirkeshusen kan också fyllas med flätverk av tunna grenar eller vidjor som klinas med lämpligt sammansatt lermassa. Även knubbkonstruktioner kan vara exempel på utfyllnader.

Andra exempel där lermassan inte har någon bärande funktion är vid tätning av stockar i liggtimmerhus. Då används ett bruk av lera och sand, med eventuell tillsats av såg- eller kutterspån. Förhållandena kan vara 1:2:1 med stora variationer beroende på lerans kvalitet och sandkornens storlek. Vatten tillsätts så att bruket blir

trögflytande och kan gärna stå och dra några timmar, eller över natten.



Fig 58. I köket i Linnés Hammarby utanför Uppsala har väggarna tätats med lerbruk.

Med stor sannolikhet är den äldsta byggtekniken med lerjord lerklining.⁸³ Sammansättningen av lermassan till lerklinat flätverk är densamma som för mackelerade väggar med skillnaden att halmen bör klippas i 100 - 200 mm bitar. Eventuellt kan även kutterspån tillsättas. Massan ska vara plastisk och formbar och trycks in i det flätverk av trärillor eller tunna grenar som utgör väggens underlag.



Fig 59. Ekonomibyggnad vid Budapests friluftsmuseum i Szentendre. Endast innerväggen har klinats vilket ger en spännande struktur på byggnadens utsida.



Fig 60. Pågående lerklining av byggnad av ramverkskonstruktion.

Vickler består av läkt som virats med lerhalm och kan användas på många olika sätt, exempelvis som utfyllnad i väggutfackningar eller som sekundärt bärverk för andra utfyllnadsmaterial i bjälklag. Ordet vickel är en försvenskning av det tyska ordet Wickel, som betyder "omslag, nystan, rulle; papiljott"⁸⁴.



Fig 61. Vickler i ett golvbjälklag. När dessa torkat kan mellanrummet upp till bjälkens höjd fyllas med önskat tungt eller lätt material.



Fig 62. Principen för en vickel. En träpinne viras med lerhalm och lerbruk till en jämn stav som kan läggas i golv- och mellanbjälklag, i utfackningar eller som avbalkning ovanför en dörr- eller fönsteröppning.



Fig 63. Innertak vid Solviksskolan i Ytterjärna, där vickler ger ett arkitektoniskt uttryck.

4.3 Beläggning/ytskikt

Lerputs och lerbruk används i de flesta fall för att ge ett vägg- eller golvparti den slutliga ytan, men underlaget behöver inte vara lerbaserat. Lermassan fäster i underlaget med mekaniska bindningar⁸⁵, inte genom kemisk förening, och det är därför viktigt att åstadkomma en bra grund så att putsen får fäste.

Lerputs kan användas både för invändig och utvändigt ytbehandling. Då all lera är känslig för vatten i form av ihärdigt slagregn kan väderutsatta byggdelar behöva underhållas med täta intervall. Vad detta innebär kan vara svårt att definiera, för underhållet är delvis beroende av putsens sammansättning av ingredienser. I vissa fall kan putsen hålla många år, i andra endast en säsong. I många delar av världen, där byggnader av lerjord uppförs och används, putsas väggarna efter regnsäsongen som infaller en eller två gånger per år. Arbetet utförs då under trevliga former och avslutas oftast med en fest.⁸⁶

Eftersom lerputs inte härdar på samma sätt som puts som innehåller cement eller hydraulisk kalk finns det svängrum för mer tidskrävande arbeten såsom utförande av mönster och reliefer.



Fig 64. En liten relief seglar iväg på lerhavet i en svensk bagarstuga i Vintrosa.

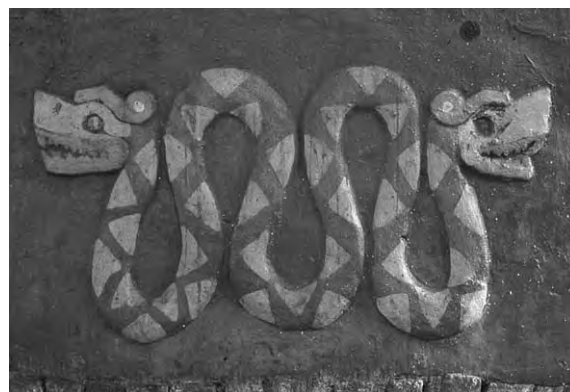


Fig 65. Relief utförd på lekskulptur i Berlin. Ytan har här behandlas med flera lager linolja som ger en tät och vattenavvisande yta. Så ska ytan inte behandlas på en utomhusvägg då det inte är fast klarlagt om ytan blir så tät att vattenånga från insidan stannar kvar och anrikas i väggen.

Lerputs kan användas på de flesta byggmaterial, men för att putsen ska fastna måste ytan vara ojämn. Ibland kan det därför vara lämpligt att använda reveteringsmatta som underlag, ett annat alternativ är att montera träullscementskivor att putsa på. I liggtimmerhus förekommer det att väggarna skråhuggs med yxa för att ge putsen bättre fäste. Mackelerade väggar eller väggar av stampjord kan räfflas eller förses med småsten som trycks in i muren när ytan fortfarande är mjuk och formbar. I murverk ska fogarna rensas på bruk cirka 15 mm innan första puts slagret appliceras.⁸⁷



Fig 66. Första lagret puts på en liggtimmervägg som har skråhuggits för att ge putsen fäste. Gles väv av kokosfiber eller tunn vassmatta, som spikas fast, är att föredra då åverkan på väggen inte blir lika omfattande, men utgör ytterligare ett arbetsmoment och en utgift.



Fig 67. Mackelerat hus i Estland som en gång försetts med puts. Träplugg har då använts för att ge putslagren ordentligt fäste.

4.3.1 Ingredienser

De ingående komponenterna i lerputs är lerjord som bindemedel, sand som magringsmedel och något armerande material

för att inte putsen ska spricka när den torkar. Armeringen kan bestå av hackad halm, linfibrer, kutterspån eller djurhår. Vanligt är även tillsatser av spillning från växtätande djur. Även växtsafter, från exempelvis agave⁸⁸, och linolja, dvs olja som oxiderar med luftens syre, kan tillsättas i syfte att öka putsens hållfasthet; vad som används beror oftast på olika länders lokala traditioner. Hur olika tillsatser fungerar på längre sikt är inte alla gånger utforskat och dokumenterat.

Då några standardiserade recept på puts med lera som grävs upp på, eller i närheten av, byggplatsen inte kan anges är ett råd att prova olika sammansättningar på putsen. Eftersom den är relativt lätt att avlägsna kan den eller de väggar som slutligen ska behandlas putsas med dessa prover. Försöken kan påbörjas med enbart lera och sand och om möjligt görs så pass stora mängder att det senare går att tillsätta olika typer av armerande material. En yta av minst 2 m² ska putsas för att den, när den har torkat, ska kunna utvärderas beträffande vidhäftning, krympning, sprickbildning och hållfasthet.⁸⁹

Beroende på underlagets beskaffenhet ska lerputsens konsistens vara mer eller mindre flytande och väl genomarbetad. Den ska också vara vidhäftande och hänga kvar i mursleven eller handen när denna hålls upp och ned.

Fraktionen av den sand som används är beroende på om det är grov- eller finputs som ska appliceras, samt på mängden ler i leran. Lämpliga sandfraktioner är 0 - 3 eller 0 - 4 mm.⁹⁰ Mängden armerande fibrer, exempelvis halm, boss och sågspån, bör vara 20 - 30 kg/m³ lerjord⁹¹.

Ett receptförslag för grovputs⁹² är:

*1 volymdel lera
3 volymdelar sand
1/2 volymdel kutterspån
3/4 volymdel hackad halm
1/2 volymdel häst- eller 1 volymdel
kogödsel*

För utomhusbruk kan putsen stabiliseras med kalk, som endast bör tillsättas i feta putsblandningar. I dessa uppges tillsats av djururin eller djurspillning kunna ha "häpnadsväckande inverkan på slutresultatet i form av mindre krympning, hårdare yta och god fuktgenomsläpplighet"⁹³. En nackdel kan vara den obehagligt starka doften under arbetet med putsen om urin eller kospillning används, hästspilling avger nästan ingen lukt.

Stabilisering med cement är inte att rekommendera eftersom genomsläppligheten för vattenånga är dålig och risk för ansamling av vatten i väggen då kan föreligga.

Klister av mjöl uppges ha en erosionsfördröjande effekt och ett receptförslag är 1 l rågmjöl som kokas i 15 l vatten⁹⁴. Det går troligen lika bra med vetemjöl, vilket tillverkare av Falu rödfärg idag har ersatt rågmjölet med, eftersom detta anses binda färgen bättre.^C

4.3.2 Utförande

Invändigt kan det räcka med ett lager lerputs, men vid utvändig putsning krävs minst två. Vid invändig putsning kan det vara lämpligt att förstärka utsatta punkter med en putsblandning av kalk och sand innan finputs appliceras.⁹⁵

Enkla putslager bör undvikas då dessa kan bli för tjocka, och med en för tung eller för blöt blandning riskerar de att rasa innan de hunnit torka. Vid grovputsning, utstockning, är det emellertid ingen större fara om putsen lossnar och trillar ner, eftersom det rasade partiet kan läggas på igen. Ilagningen syns inte när det slutliga finputs-lagret har applicerats.



Fig 68. Grovputsen lades här på i för tjockt lager och lossade av sin egentyngd, men den nedfallna putsen kan läggas på igen.

^C Muntlig uppgift från rödfärgstillredare på Skansen. Att rågmjöl tidigare använts till rödfärgen torde bero på att vete i äldre tid odlades i väldigt liten skala Sverige och att råg var det sädeslag som var lättast att få tag i.



Fig 69. Här har en ilagning med den återanvända putsen gjorts där det blivit bom i putsen, dvs putsen har lossnat. När finputsens läggs på kommer detta inte att märkas.

4.3.3 När kan man putsa

Om byggnaden har lastbärande konstruktion baserad på lerjord, måste den vara helt färdigställd innan putsningen kan ske. Alla laster från golv, fönster och tak måste vara påförda och byggstommen måste ha hunnit sätta sig. Lerjordskonstruktioner måste vara helt torra innan väggarna kan putsas. Uttorkningen tar olika lång tid beroende på vilken byggteknik som använts. En stampad lerjordsvägg kräver 6 - 9 månaders torktid, en mackelerad upp till ett år. Isolerala fordrar olika lång tid beroende på tjocklek, sammansättning och lerinnehåll. Minimum för en monolitisk lerhalmsvägg är 6 veckor. Byggnader uppförda med lersten bör kunna putsas inom 2 - 3 månader efter murningen. En riktlinje är att väggens kärna inte får innehålla mer än 5 viktprocent vatten.⁹⁶

Vid puts på trähus talar man ibland om revetering. Med detta menas att ett tjockt putslager, tjockare än 8 mm, är upphängd på underlaget i ett armeringsnät som fästs i väggen⁹⁷ och ska inte förväxlas med klining då lermassan pressas in i underlaget. I

ett nyuppfört liggstimmerhus måste stommen ha satt sig innan klining eller revetering kan göras, vilket kan ta upp till ett år.

4.3.4 Putsprinciper

Principen för all putsning är att det första lagret som påförs underlaget ska bestå av en fet blandning, vare sig det gäller konventionell puts eller lerputs. Det yttersta lagret ska utgöras av det magraste, dvs bindemedelssvagaste, skiktet och mellanliggande lager ska följa en fallande skala från fet till mager. Innan det första putslagret appliceras på en hård väggyta ska den borstas ren från lösa partiklar. Ju fetare blandningen är desto större motståndskraft har den mot erosion.



Fig 70. Här har det inte gått så bra med den utvändiga lerputsens. Finputsens tagit med sig stora delar av utstockningen, och på sina håll även grundningen. Det troliga är att det yttersta lagret med finputs innehöll en fetare blandning i förhållande till de undre lagren. En viss reduktion av skadeverkningarna hade troligen kunnat ske om väggen hade fuktats ordentlig innan finputsens lades på, så gjorde aldrig. Byggaren har nu tagit det säkra före det osäkra och försett sitt hus med en träfasad med luftspalt.

Utförande av en lerputsning sker på samma sätt som cementbaserade putser men skillnaden är att lerputs trycks/stryks på underlaget med en bräda medan cement- och kalkputs slängs på med en puts- eller murslev. Vanligt är då att applicera tre lager;

grundning, utstockning/grovputs och finputs/yputs.⁹⁸ För att hindra sprickbildning och erhålla en mer hållbar puts är det bättre med ett flertal och tunna lager än ett fåtal och tjocka.

4.3.4.1 Grundning

Grundningens huvudsakliga uppgift är att utjämna underlaget och att bära övriga putslager.

Vid traditionell putsning av murar ska underlaget alltid vattnas innan putsen läggs på. Anledningen är att putser som är baserade på cement och släckt kalk behöver rikligt med vatten för att härda för att ge en hållbar puts. Genom vattenbegjutningen dämpas också uppsugningen från underlaget.

Vid lerputsning är förhållandena de motsatta, torkningsprocessen bör komma igång så fort som möjligt, men får ändå inte gå för fort. Hårt underlag bör vattenbegjutas, men så liten mängd vatten som möjligt ska då användas i putsblandningen. Motsatsen gäller vid putsning på mjuka organiska material, såsom trä och halm. Där kan putsen göras förhållandevis blöt men underlaget ska då inte fuktas eftersom organiskt material inte bör blötas ned i onödan.

Vid traditionell murning mot hårt underlag läggs grundningen på tunt. 2 - 3 mm slås eller sprutas på och jämnas till med en piassavakvast så att ytan blir skrovlig. Vid lerputsning är det lämpligt att göra likadant.

4.3.4.2 Utstockning/grovputs

Utstockningens funktion är att ge ett jämnt underlag för finputs eller målning. Vid traditionell putsning slås eller sprutas putsen till en tjocklek av 10 - 12 mm och utjämnas med ett bräde. Grundningen väts för att ge utstockningen bättre fäste.

Vid lerputsning kan grundningen i vissa fall ersättas med enbart grovputs, som slås, sprutas eller stryks på underlaget. För att detta ska fungera är det viktigt att blandningen innehåller armerande material med varierande längd på fibrerna.

4.3.4.3 Finputs/yputs

Den finputsade ytan ger vanligtvis väggen dess estetiska uttryck. Detta lager appliceras först när underliggande lager är ordentligt torrt. Förutom den estetiska funktionen ska finputsens också fylla igen torksprickor som uppkommit i tidigare putslager. Önskas en slät yta glättas den efter putsningen med ett glättstål när putsen fortfarande är våt.

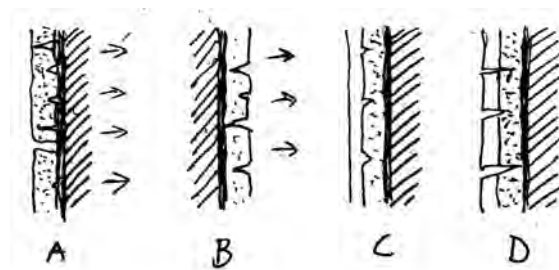


Fig 71. Bilderna visar olika typer av sprickor, som förr eller senare uppkommer i lerputs, delvis beroende på hur noggrant arbetet har utförts. a) Om underlaget suger för mycket bildas mikrosprickor i grundningen som eliminerar utstockningen med risk för ytterligare sprickbildning. b) Vid tillräckligt fuktigt underlag utvecklas sprickorna från ytan. c) Ytputsens ska läggas på efter det att utstockningen har torkat och därmed krympt, risken minskar då att ytputsen får genomgående sprickor. d) Om ytputsen läggs på innan utstockningen är torr finns risk för stora och genomgående sprickbildningar.



Fig 72. Ett lager puts strykes på ett hus med, isolerande väggar av halm, med ett bräde. Vid putsningen trycks lermassan på med viss kraft, men får inte bearbetas för länge vilket kan göra att den lossnar från underlaget.

lerputsens fuktbuffrande egenskaper ska kunna tillvaratas. Här gäller det att se upp eftersom de flesta tapeter idag har en tunn plastad hinna för att kunna vara avtorkningsbara.



Fig 73. Puts är ett material som är ömtåligt för stötar och bör därför inte appliceras på ytor som är känsliga. Under denna lerputs består väggen av lerhalm, som kan vara något eftergivlig beroende på hur hårt den är packad.

4.3.4.4 Efterbehandling

Den färdiga ytan kan målas utvändigt med en fuktgenomsläpplig färg innehållande exempelvis kalk eller vattenglas som bindemedel. Invändigt kan limfärg användas men kan vara mindre lämplig ur underhållssynpunkt eftersom färgen kan vara svår att måla om. Om det yttersta limfärgskiktet blir starkare än det inre kan båda skikten spjälkas loss från underlaget. Ett sätt är att göra den nya färgen svagare än den gamla, ett annat är att såpa den gamla ytan med grönsåpelösning som minskar sugningen. Det säkraste och vanligaste förändret är att tvätta ner den gamla färgen före ny strykning, en påfrestning som det är ovisst om den underliggande putsen klarar.⁹⁹

Väggen kan även tapetseras, men då bör även tapeten vara fuktgenomsläpplig om

Referenser

McCann, John. 1995 (1983). *Clay and Cob Buildings*. England.

Easton, David. 1996. *The Rammed Earth House*. USA.

Edman, Joh. Fr (red). 1799. *Underrättelse för Allmogen at Bygga Hus af Ler-Bruk*. Uppsala.

Eklom, Annika. 1993 (1986). *Om hus av jord och lerhalm*. Göteborg.

Eklund, Emanuel; Riesterer, Johannes. 1999. *Lerklining i timmerhus*. Byggnadskultur 2/99.

Fridell Anter, Karin; Wannfors, Henrik. 1989. *Så målade man - svenskt byggnadsmåleri från senmedeltid till nutid*. Stockholm

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert. 1994. *Earth Construction - A comprehensive guide*. London. Första utgåvan 1989; *Traite de construction en terre de CRATerre*. Frankrike.

Jerer, Conny. Muntlig.

Lindberg, Carl-Olov; Molin, K.G. 1950. *Jordhusbygge - Arbetsbeskrivningar och ritningar*. Stockholm.

Minke, Gernot. 2000. *Earth Construction Handbook - The Building Material Earth in Modern Architecture*. England. Första utgåvan 1994. *Lehmbau - Handbuch, Der Baustoff Lehm und seine Anwendung*.

Nationalencyklopedin. 1989. Höganäs.

Prismas stora Tyska Ordbok. 1997 (1984). Stockholm.

Riesterer, Johannes. Muntlig.

Sjöstrand, O (red). 1990. *Murverkshandboken - Mur 90*. MPI - Linköping.

Smith, Michael G. 1998. *The Cobber's Companion*. Andra utgåvan. USA.

Steen Swentzel, Athena; Steen, Bill; Bainbridge, David. 1994. *The Straw Bale House*. USA.

Terra 2000 - 8th International Conference on the study and conservation of earthen architecture. Konferensrapport. 2000. England.

Trotzig, Gustaf. 1961. *Macklean och mackelera - om det skånska lerhuset*. *Ale - Historisk tidskrift för Skåneland*, nr 1 1996.

Volhard, Franz. 1995 (1983). *Leichtlehmbau, Alter Baustoff - neue Technik*. Tyskland.

Østergård, Steen; Østergård, Flemming. 1993. *Lerjord som byggemateriale - Vejledning*. Danmark.

Fotnoter

- 1 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 74.
- 2 ibid, s 101.
- 3 ibid, s 75.
- 4 ibid, s 76 - 77.
- 5 ibid, s 85.
- 6 ibid, s 86.
- 7 GATE, 1994.
- 8 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 83.
- 9 ibid, s 88.
- 10 GATE, 1994.
- 11 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 98.
- 12 ibid, s 83.
- 13 ibid, s 83.
- 14 ibid, s 98.
- 15 GATE, 1994.
- 16 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 98.
- 17 ibid, s 99.
- 18 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 117.
- 19 Edman, J (red), 1799, s 11.
- 20 McCann, J, 1995 (1983), s 3.
- 21 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 178.
- 22 Smith, M, 1998, s 51.
- 23 Minke, G, 2000 (1994), s 85.
- 24 Riesterer, J.
- 25 Trotzig, G, 1961 s 36 - 38.
- 26 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 107.
- 27 Edman, J (red), 1799, s 2.
- 28 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 115.
- 29 ibid, s 115.
- 30 Easton, D, 1996, s 147.
- 31 ibid, s 147.
- 32 ibid, s 89.
- 33 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 88.
- 34 ibid, s 100.
- 35 ibid, s 100.
- 36 Easton, D, 1996, s 89.
- 37 ibid, s 97.
- 38 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 89. Easton, D, 1996, s 105.
- 39 ibid
- 40 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 88.
- 41 ibid, s 89 - 92.
- 42 ibid, s 97.
- 43 ibid, s 93.
- 44 ibid, s 93 - 94.
- 45 ibid, s 88.
- 46 Easton, D, 1996, s 151.
- 47 ibid, s 151.
- 48 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 210.
- 49 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 103/
- 50 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 210.
- 51 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 104/Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 211.
- 52 Easton, D, 1996, s 253.

- 53 ibid, s 254.
- 54 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 263.
- 55 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 159.
- 56 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 276 - 277.
- 57 Easton, D, 1996, s 255.
- 58 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 266.
- 59 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 159.
- 60 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 266.
- 61 Smith, M, 1998, s 81.
- 62 ibid, s 111.
- 63 ibid, s 111.
- 64 Konferensrapport Terra 2000, s 258.
- 65 Lindberg, C-O; Molin, KG, 1950, s 47.
- 66 Edman, J (red), 1799, s 12.
- 67 NE, murverk.
- 68 Sjöstrand, O (red), 1990, s 5.
- 69 ibid, s 5.
- 70 NE, tegel.
- 71 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 125 - 126.
- 72 Ibid, s 124 - 125. Minke, G, 2000 (1994), s 85 - 91
- 73 Minke, G, 2000 (1994), s 106 - 107.
- 74 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 140.
- 75 Ekblom, A, 1993 (1956), s 118.
- 76 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 141.
- 77 Volhard, F, 1995 (1983), s 146.
- 78 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 171.
- 79 Ekblom, A, 1993 (1956), s 124.
- 80 Ekblom, A, 1993 (1956), s 119.
- 81 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 143.
- 82 Riesterer, J.
- 83 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 189.
- 84 Prismas stora Tyska Ordbok, 1997 (1984).
- 85 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 170.
- 86 Steen Swentzel, A; Steen, B; Bainbridge, D, 1994, s 211.
- 87 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 171.
- 88 Steen Swentzel, A; Steen, B; Bainbridge, D, 1994, s 213.
- 89 Østergård, S; Østergård, F, 1993, s 172.
- 90 Eklund, E; Riesterer, J, 1999, s 44 - 45.
- 91 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 338.
- 92 Eklund, E; Riesterer, J, 1999, s 44 - 45.
- 93 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 338.
- 94 Trans förf.
- 95 ibid, s 339.
- 96 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 339.
- 97 Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 348.
- 98 Sjöstrand, O (red), 1990, s 5.
- 99 Beskrivningarna av grundning/utstockning/finputsning: Sjöstrand, O (red), 1990, häfte 6; Houben, H; Guillaud, H, 1994 (1989), s 348.
- 99 Fridell Anter, Karin; Wannfors, Henrik, 1989, s 252.