

Appendix I - Byggmaterialet lera

1	Ler, lera, jord eller lerjord - vad är skillnaden?.....	3
2	Jordarter, fysikaliska egenskaper och jordmåner	3
2.1	Jordarter	3
2.2	Fysikaliska egenskaper	4
2.3	Jordmåner	5
3	Lera	5
3.1	Lera som mineral	5
3.2	Glaciallerans tillblivelse	6
4	Ler	7
5	Enkel jordanalys	9
	Referenser	11
	Fotnoter	11

Appendix I - Byggmaterialet lera

*Lera är inget enhetligt begrepp vilket bland annat framgår i kompendiet Allmän geologi från 1961. Där återges ett citat ur Svenska Vägföreningens tidskrift: "Med lera förstås i vanligt språkbruk så oerhört olika material - praktiskt taget all jord, som är finare än sand, kallas lera - trots att skillnaden mellan den flytbenägna 'jäsleran'^A och verklig, äkta lera är lika stor som mellan elefanter och mygg."*¹

I detta avsnitt ges en generell beskrivning av lera och jord från jordmån ner till lerets mikronivå.

1 Ler, lera, jord eller lerjord - vad är skillnaden?

*"ler, kornfraktion som enligt Atterbergs kornstorleksskala består av jordpartiklar med en diameter mindre än 0,002 mm."*²

*"lera, extremt finkornig jordart där mer än 15 % av viktinnehållet utgörs av lerpartiklar."*³

*"jord, det material som utgör jordskorpan lösa avlagringar, dvs. partiklar av organiskt och minerogent ursprung. I begreppet jord brukar man också inkludera de organismer som lever däri, samt ingående vatten och gaser."*⁴

Jord är alltså ett sammanfattande begrepp för olika partikelsammansättningar, mestadels mineraler men också organiska rester, där begreppet lera uttrycker att en viss mängd ler ingår. Lerjord är en jordart som karaktäriseras av lerans egenskaper vilket avgör om den behöver bearbetas då den ska användas som byggmaterial, och i så fall hur.



Fig 1. Uppgrävd lerjord på en åker i Södermanland.

2 Jordarter, fysikaliska egenskaper och jordmåner⁵

2.1 Jordarter

Jordarter är naturligt bildade avlagringar med lös struktur utan kemiska bindningar mellan fasta partiklar. Jordarterna kan beskrivas med avseende på bildningssätt och bildningsmiljö, uppbyggnad och sammansättning eller efter de geotekniska egenskaperna. De flesta jordarter bildas genom kemisk och mekanisk vittring och kan då ha en mycket varierande sammansättning, som beror på vilka typer av naturlig bearbetning moderklippan har utsatts för. I Sverige spelar vittringsjordar en underordnad roll, eftersom i stort sett hela land-

^A Jäslera är en gammal beteckning på den mineralfraktion som idag benämns silt.

ytan varit täckt av is under den senaste istiden. Vid avsmältningen spolades vitt-ringsjordarna bort söderut. De jordartstyper som bildas genom isavsmältning eller påverkan av liknande vattensystem är i huvudsak *moräner* och *fluviala sediment*.

2.2 Fysikaliska egenskaper

De flesta av jordarternas fysikaliska egenskaper är knutna till partikelstorlekarna. Många geotekniska egenskaper som kapillaritet, permeabilitet och fuktlagrande förmåga är beroende av jordartens porfördelning, som är beroende av packningsgraden och kornstorleksfördelningen. I Sverige används huvudsakligen två olika klassifikationssystem för kornstorlekar. Det äldre tillämpas av Sveriges geologiska undersökning, SGU, medan det nyare antogs av Svenska geotekniska föreningen, SGF, 1981. Som utgångspunkt för klassifice-

ringen används den svenske geologen Albert Atterbergs kornstorleksskala med olika fraktionsbenämningar.

Med hänsyn till sina hållfasthetsegenskaper kan minerogena jordarter indelas i *frik-tionsjordar* och *kohesionsjordar*. Friktionsjordar innehåller grovkorniga jordarter som hålls samman genom friktionen i partiklar-nas kontaktytor. Överstiger sluttningsvinkeln materialets inre friktionsvinkel rasar sluttningen. I silt- och lerjordarter hålls partiklarna samman av molekyllära krafter, kohesion, som utgör en större kraft på den enskilda partikeln än gravitationskraften. Kohesionen kan ytterligare stimuleras genom bearbetning, packning. Torra kohe-sionsjordar kan därför bilda vertikala väggar utan att rasa. Om vattenmolekyler tränger in mellan partiklarnas kontaktytor minskar sammanhållningen och vid ett visst mätnadsvärde utlöses farliga slutt-ningsrörelser i form av skred.

ler	silt			sand			grus			sten		block	
	fin-silt	mellan-silt	grov-silt	fin-sand	mellan-sand	grov-sand	fin-grus	mellan-grus	grov-grus	mellan-sten	grov-sten		
kornstorlek	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200	600	mm
ler	mjåla		mo		sand		grus		sten		block		

Tabell 1. Jordkornstorleksskala enligt Atterberg och benämning på kornfraktioner. Den övre indelningen följer SGF:s rekommendationer medan den undre följer en äldre terminologi som tillämpas av SGU.

Jordarternas skjuvhållfasthet kan betraktas som uppbyggd av en kohesions- och en friktionsandel. I en kohesionsjord, som lerjord, ökar skjuvhållfastheten med normalspänningen i lermassan. För en lastbärande vägg gäller därför att den blir starkare vid ökande belastning.

Packningen ökar kohesionen, vilket är gynnsamt ur hållfasthetssynpunkt. Det minskar porstorleken, vilket ökar den kapillära stighöjden. Observera därför att sockelhöjden bör ökas för stampjordsväggar.

Maximal packning, eller densitet, förutsätter bearbetning vid en viss vattenhalt, (Proctor). För en lerjord ligger denna vattenhalt vid 15 - 20 % vilket kan bestämmas genom försök. I praktiken är det lämpligt att ligga någon procentenhet över den nivå som ger maximal packning. Ökad packning minskar vattengenomsläppligheten (permeabiliteten) och minskar hoptryckbarheten (kompressibiliteten) och även krypningen, det vill säga hoptrykningen med tiden. Med ökad packning uppträder väggen mer "strukturellt", det vill säga närmar sig den platsgjutna betongen. Hur den fuktlagrande förmågan påverkas av packningen är knappast känt.

Minskade porstorlekar kan fixera fuktinnehållet bättre,⁶ vilket talar för en viss packning men om den fuktlagrande förmågens maximum ligger under eller över densitetsmaximum kan inte sägas med säkerhet.

2.3 Jordmåner

Den del av jordskorpan ytskikt som under varierande tidsrymder har påverkats av klimat och organismer kallas jordmån. Jordmånen kännetecknas av horisonter, som består av olika karaktäristiska lager som ligger parallellt med markytan. Lagren har oftast olika tjocklekar där olika markprocesser pågår med hjälp av djur, växter och mikroorganismer.

I Skandinavien indelas jordmånerna beroende på markanvändningsområde i *naturliga jordmåner* och *kulturjordmåner*. Den förra innefattar skogsmarker och den senare odlingsmarker. Kulturjordmånens översta humusrika skikt utgörs av mat-

jorden, under denna återfinns alven och därunder grunden som kan bestå av någon jordart med lera.

3 Lera

3.1 Lera som mineral

För att en jordart ska definieras som lerjord ska den innehålla mer ler än 15 % av viktinnehållet.⁷ Innehållet av ler har avgörande betydelse för jordartens egenskaper redan vid låga halter och därför görs en indelning efter jordarternas lerinnehåll enligt tabell 2.⁸

Genom att utföra utrullningsprovet kan ungefärliga värden på lera av jordartens innehåll uppskattas. Lätt fuktad jord tas då i handen, bearbetas så att den blir mjuk och rullas sedan ut på ett slätt underlag. När tråden brister mäts diametern och det ungefärliga värdet kan fastställas enligt tabell 2.⁹

Lerhalt (%)	Diameter, mm	Benämning ¹⁰	Benämning 2 ¹¹
< 5	4 - 6	lerfria eller svagt leriga jordarter	silt
5 - 15	3	leriga jordarter	leriga jordar
15 - 25	2	grovleror och morängrovleror	lättlera
> 25	1 - 1,5	finleror och moränfinleror	mellanlera → mkt styv lera

Tabell 2. Jordarters indelning och benämning med hänsyn till lerhalten.

Ett grövre sätt är att göra indelning i *fet* och *mager* lera. Mager lera har låg lerhalt och i analogi med detta kallas leror med hög andel ler för feta. En fet lera kännetecknas av hög plasticitet och stor krympning när den torkar, med risk för sprickbildning, samt kännetecknas också av hög hållfasthet i torrt tillstånd. Magra leror har lägre plasticitet och krymper inte lika mycket när de torkar, samt har lägre hållfasthet.¹² En annan indelningsprincip är att klassificera leran i *primärlera* och *sekundärlera* beroende på hur långt avstån-

det är från klippan. Primärleran återfinns nära moderklippan och innehåller grövre partiklar medan sekundärleran har sederterat längre bort och innehåller finare partiklar från olika bergarter. Under den längre transportsträckan kan sekundärleran förorenas av exempelvis kalk, glimmer, metalloxider och metallsalter.

Lerjordens uppbyggnad av fraktioner med olika kornstorlek gör att luftporer bildas där vatten kan ansamlas. Vid byggtekniker där lerjorden ska ta laster är det viktigt att

reducera dessa så att vatten hindras att tränga in i konstruktionen. Luft i lerjord möjliggör också för olika mikroorganismer, såsom mögel och bakterier, att få fäste och kan i sin tur påverka organiskt material, om sådant finns eller är tillsatt i lermassan. Luftfickor kan bana väg för växrötter som underminerar väggen.¹³

3.2 Glaciallerans tillblivelse

Glaciärisen bröt under sin långsamma och obevekliga rörelse loss delar från de berg den passerade och alla olika kornstorlekar som uppstod bäddades in. När isen slutligen smälte föll de olika mineralpartiklarna till botten och bildade morän (pinnmo = bottenmorän), som är en hårt packad mineralisk jordart med korn av alla storlekar. Kornen har en mer eller mindre kantig form, eftersom de inte slipades av när de låg inbäddade i isen. Morän är Sveriges till arealen viktigaste jordart och täcker cirka 3/4 av landets yta.

Vid isens avsmältning bildades även isälvar som förde med sig material till sjöar och hav. De tyngre partiklarna, grus och sand, föll först till botten och bildade fluviala sediment. I dalgångar och deltaområden bildade dessa flodplan, vilka ur global synvinkel har stor ekonomisk betydelse som jordbruksmark. Ett sådant exempel är den ungerska pustan. Längst bort från isälvens mynning fördes de minsta mineralpartiklarna, silt och ler. I Sverige förekommer stora sammanhängande lerslätter och lerfyllda dalar framför allt i kustlandskapen och i den mellansvenska sänkan. Nämnas kan Uppsala- och Skarslätterna, områden som vid inlandsisens avsmältning täcktes av hav eller sjö och som idag utgör ett par av landets viktigaste odlingsmarker.

I sötvattenssjöar och i havsvikar med bräckt vatten bildades varviga leror som i ett vertikalsnitt har en randig struktur. Ränderna kan liknas vid årsringarna i ett träd och

uppstod genom skillnaden i sommar och vinterutflöde av slamhaltigt smältvatten. Under sommaren bildades de tjockare ljusa skikten med större innehåll av grövre och tyngre material. Under den kallare årstiden, då mottagande vattenrecipient täcktes med is och smältvattenströmmarna sinade, bottenfälldes det finare och lättare materialet som ett mörkare skikt. Glaciallerorna i landets östra delar visar en tydligare varvighet än de i väst, där varvigheten till och med kan utebli helt, vilket beror på snabb utflockning av det uppslammade materialet på grund av saltvattnets elektrolytiska inverkan.¹⁴

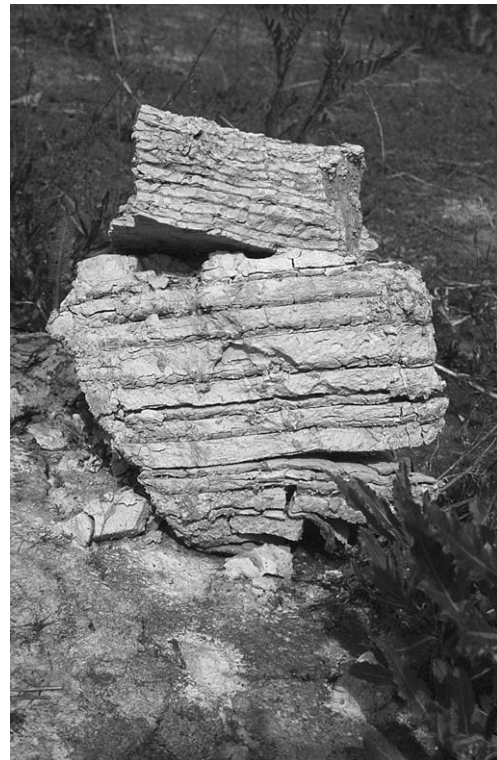


Fig 2. Glacialvarvig lera. Den undre biten med bred randning har uppstått under en varmare period medan den övre, med täta ränder, har bildats under en kyligare period.

Genom att studera de varviga leror som uppstod under den senglaciala tiden har vissa epoker i avsmältningsförloppet kunnat fastställas. På så sätt har ett avbrott påvisats under en tidsperiod av 800 år då ett bälte av betydande moräner och isälvsediment anhopades vid den glaciärfront

som sträckte sig över Dalsland, Billingen, Östergötland och Södermanland. Enligt beräkningar med de Geers lerkronologi har det från avsmältningens första skede i Skåne och fram till våra dagar förflutit cirka 14 000 år.¹⁵

Då och då stöter man på begreppet postglacial lera. Detta är lermaterial som avsattes från isälvarna på höjdslutningar och som under landhöjningen spolats ned till sänkor och dalbottnar, men innefattar också den lera som förts fram av vanliga älvar. Postglacial lera ligger alltid ovanpå glacial lera och lerorna skiljs åt av sand eller grus.¹⁶

4 Ler

De minsta mineralfraktionerna är ler och kolloider, partiklar i intervallet 1 - 2 000 nm.¹⁷ Lerpartiklarna består av små flagliknande skivor vars diameter inte överstiger 2 000 nm och vars tjocklek är omkring 1 nm. Det är lerpartiklarnas uppbyggnad på molekylnivå som ger dem deras speciella egenskaper. Fraktioner som endast innehåller lerpartiklar förekommer praktiskt taget aldrig i naturen utan är uppblandade med andra mineralfraktioner.

Leraggregat har vatten bundet till sig genom olika mekanismer:

- *Porvatten är lösast bundet och binds av kapillära krafter i de luftporer som finns i löst sammanhållna aggregat. Detta kan dunsta vid normal rumstemperatur, vilket tar lång tid. Processen kan påskyndas genom att lermassan upphettas till temperaturer mellan 50 och 120°C.*
- *Absorberat vatten är starkare bundet till lerpartiklarna än porvattnet och lägger sig som en tunn hinna över såväl yttre som inre ytor. Krafterna mellan det absorberade vattnet och ler-*

partiklarna är mycket stora och kan endast brytas helt genom uppvärmning till mellan 100 och 200°C. Lerans förmåga att svälla och krympa beror på dess förmåga att på detta sätt binda vattenmolekyler.

- *Kristallvattnet, är kemiskt bundet och avgår först vid temperaturer från drygt 300°C och uppåt. Då blir lera bränd, det vill säga förvandlas till en keramisk produkt.*

I fuktigt tillstånd kan lerpartiklarna gruppera sig på olika sätt. Om lerskivorna ligger ordnade flatsida mot flatsida kallas detta *dispersstruktur*. Motsatsen är *flockstruktur* vilket innebär att lerskivorna ligger oordnade med kant mot flatsida.

Lerpartiklarnas små flagliknande delar bildar kristaller, oftast med sexkantiga former som i sin tur binds samman till större molekyler. De flagliknande kristallerna har en lamellartad uppbyggnad som oftast består av kisel och aluminiumatomer som tillsammans med syre och väte bildar skikten i lamellerna. Största delen, 74 %, av jordskorpans mineraler består av dessa aluminiumsilikater vars struktur beror på hur oxid- och hydroxidjoner är arrangerade i molekylerna. Kisel binds till syre i tetraederform, medan aluminium binds till hydroxid i oktaedrar. Beroende på hur skikten av tetraedrar och oktaedrar är bundna till varandra uppstår olika typer av lermineral.

Egenskaperna hos olika leror varierar beroende på de krafter och bindningar som uppstår mellan molekylerna. Detta gör att pH-värdet kan variera och även förändras beroende på skilda tillsatser i lermassan. Lerans möjlighet att reagera beror bland annat på dess stora specifika area. Uttryckt i cm²/g är den specifika arean hos grov sand 20 - 25 cm²/g, hos silt 400 - 500 cm²/g och hos ler 8 000 000 cm²/g.¹⁸

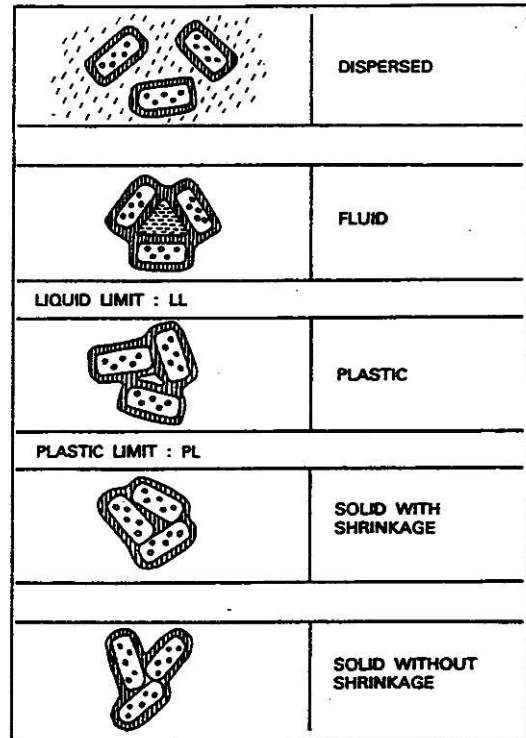
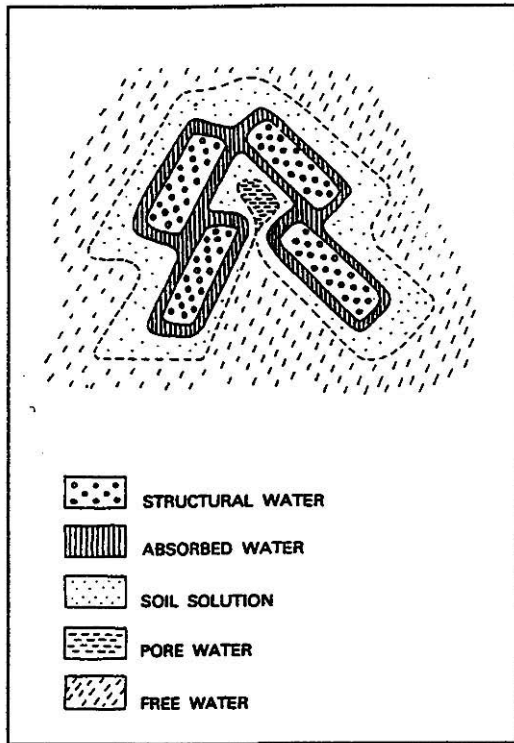


Fig. Leraggregaten hålls samman av vatten som binds på olika sätt till lerpartiklarna och till varandra. Bilden till höger visar vattnets betydelse för leraggregatens sammanhållning i olika faser. CRATerre©.

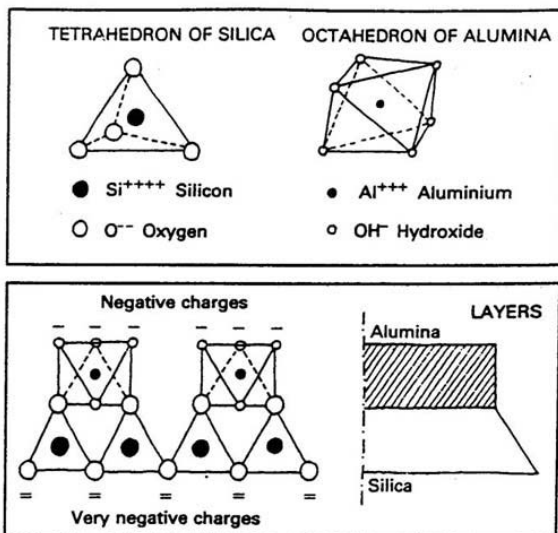


Fig 4. Kiseltetraeder och aluminiumoktaeder bildar tillsammans skikt av kiseldioxid och aluminiumhydroxid. CRATerre©.

rande lermaterialet i Sverige är illit, men även montmorillonit förekommer.²⁰

Kaoliniternas skivor består av två lager där det ena utgörs av kiseloxiddetraeder och det andra av aluminiumhydroxidoktaeder. Kaolinit är laddat endast vid skivornas kanter vilket leder till att förmågan att fånga joner är liten. Avståndet mellan kaolinitsskivorna är 0,7 nm och lerkristallerna är 5 - 2 000 nm.

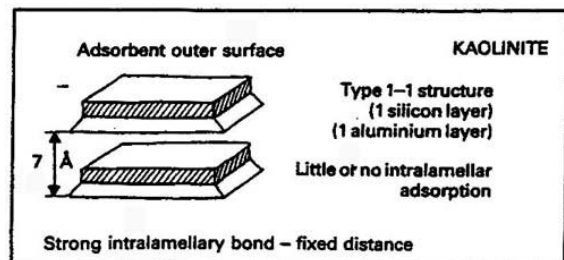


Fig 5. Kaolinitens uppbyggnad. Bestämt avstånd och starka intralamellära krafter. CRATerre©.

Lermineraller finns i ett stort antal varianter där tre typer dominerar, dessa är kaolinit, illit och montmorillonit.¹⁹ Det domine-

Illiternas skivor är uppbyggda av tre lager där skiktet av aluminiumhydroxid ligger mellan två skikt av kisel-dioxid. Andra metalljoner, exempelvis magnesium och järn, kan byta plats med aluminiumjonerna i oktaederna och aluminiumjoner kan då ta kiseljonernas plats i tetraederna. Skivorna i illiter hålls samman av kaliumjoner. Avståndet mellan illitskivorna är 1 nm och lerkristallerna är 5 - 50 nm tjocka.

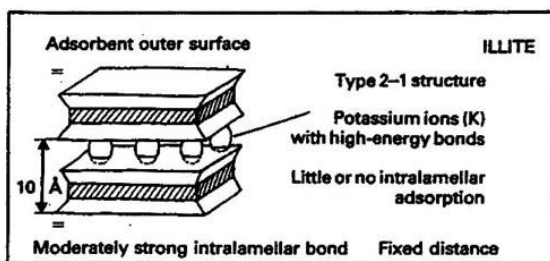


Fig 6. Illiternas uppbyggnad. Bestämt avstånd och måttliga intralamellära krafter. CRATerre©.

Montmorilloniternas stuktur liknar illiternas. I aluminiumoktaederna kan aluminiumjoner bytas ut mot exempelvis magnesium-, järn-, mangan- eller nickeljoner. Skivorna hålls samman av natrium- eller kalciumjoner. Avståndet mellan skivorna varierar mellan 1,4 till 2 nm och lerkristallernas tjocklek är 1 - 20 nm.

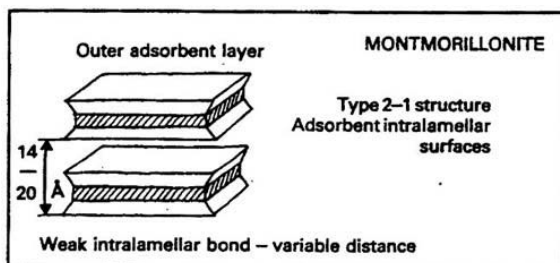


Fig 7. Montmorilloniternas uppbyggnad. Varierande avstånd och svaga intralamellära krafter. CRATerre©.

De sammanhållande krafterna mellan lerpartiklar är till största delen elektrostatiska och aggregatbildningarna kan vara såväl negativt som positivt laddade. Oftast är ler-

skivornas flata ytor negativt laddade, medan kanterna är positiva. Beroende på vilka salter eller mineraler leraggregaten omges av får de olika egenskaper. De negativa ytorna attraherar vattenmolekylernas positivt laddade delar och beroende på avstånd mellan leraggregatens molekylskikt och tillgången till katjoner har leror olika benägenhet att svälla eller krympa alltefter tillgången på vatten. På så sätt fungerar leraggregaten som ett vattenlösligt klister mellan annan materia, exempelvis sand och grus, på liknande sätt som portlandcement fungerar som beständigt bindemedel för ballasten i betong.²¹

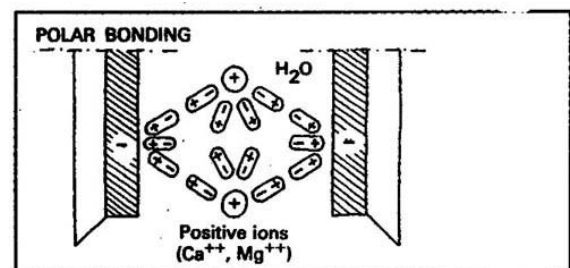


Fig 8. Exempel på polära bindningar mellan lerskivor och vatten med positiva joner. CRATerre©.

5 Enkel jordanalys

Den största delen lerjord i Sverige återfinns i de områden som under senaste istidens avsmältning hamnade under vatten. Det är även där majoriteten av våra bosättningar finns eftersom människan, sedan hon lämnade jägar- och samlarstadiet, blev beroende av vad hon själv kunde producera. Hon bosatte sig då där förutsättningarna var goda, med bebyggelsen på höjdryggar och odlingsförutsättningar i dalsänkor. En halv meter under de bördiga jordarna återfinns på de flesta håll lerjord av sådan kvalitet att den är användbar för de flesta lerbyggnadstekniker.

Traditionellt sett har den lera som funnits att tillgå på byggsplatsen varit vägledande för vilken byggteknik som valts. Olika byggnadssätt kräver olika sammansättning

av den lerjordsmassa som används. En enklare analys kan därför ge en fingervisning om jordens beskaffenhet. För att bedöma kvaliteten finns testmetoder att använda i fält och laboratorium. Några enklare analyser, som utan större apparatur kan utföras beskrivs summariskt i nedanstående text.²²

Med hjälp av syn och luktsinne kan en första bedömning av lerjordens beskaffenhet göras. Ren lera och jord är luktlös men får en fadd doft om den är förorenad av organiska ämnen. Genom att okulärt syna torr lera och jord kan en uppskattning om de ungefärliga fraktionerna av sand och mindre partiklar göras. Gränsen för vad som är urskiljbart för blotta ögat är en korndiameter om 0,2 mm.

För att bedöma den ungefärliga lersammansättningen kan ett enkelt sedimentationstest utföras. Till detta behövs en lockförsedd genomskinlig glasburk på ungefär en liter. Jordprovet smulas ner i burken till cirka en tredjedels höjd och burken fylls sedan på med vatten till drygt två tredjedelar. Burken skakas ordentligt några gånger med någon timmes mellanrum och får sedan stå över natten. Vid sedimenteringen sjunker först de större stenarna till botten och ovanpå dessa lägger sig i tur och ordning sand-, silt- och lerfraktionerna. Dessa mäts utanpå burken och en ungefärlig uppskattning av de olika fraktionernas volym kan göras. Analysmetoden är mycket grov och man bör tänka på att ler och silt kan svälla åtskilligt när de blöts upp.

Ett sätt att ta reda på om lerjorden är rik på silt eller ler är att göra en liten boll av lätt fuktad lerjord och dela den med en kniv i två halvor. Är brottytan matt dominerar silt, är den glansig innehåller den mycket lera.

Sammansättningen av finkornig lerjord kan uppskattas genom att använda tänderna. Lerrick jord känns mjuk och mjölig. Finns minsta misstanke om att jorden innehåller farliga ämnen ska den givetvis inte stoppas i munnen.

Genom att känna hur ett lerjordsprov betar sig i handen i torrt eller vått tillstånd kan dess fördelning av sand, silt eller ler uppskattas. Om en torr klump kramas i handen och provet känns strävt och dessutom inte håller ihop när det fuktas, innehåller det mycket sand. Känns provet lite strävt men ändå håller ihop när det fuktas är det siltigt. Innehåller provet klumpar som är svåra att få sönder när det är torrt och blir kladdigt och plastiskt när det är fuktigt är det lerigt. Med hjälp av utrullningsprovet som tidigare beskrivits kan mängden ler uppskattas.

Ett annat sätt att bedöma provets lerinnehåll är att smeta lite av det i händerna och sedan gnugga och skölja dem under rinnande vatten. Om det är lätt att skölja av jorden dominerar sand. Känns det mjöligt och är svårt att skölja av, innehåller det mycket silt. Känns händerna hala och är svåra att få rena är provet lerrikt.

Den som önskar mer ingående beskrivningar av jordanalyser hänvisas till böckerna *Earth Construction - A comprehensive guide* av Hugo Houben och Hubert Guillaud och *Earth Construction Handbook* av Gernot Minke samt till facklitteratur inom ämnet geoteknik, till exempel Lindskog.

Referenser

Ahlgren, Lennart. *Fuktfixering i porösa material*. 1972. Lund.

Avén, Sigurd (red), Stål, Torbjörn; Wedel, Per, 1984. *Handboken Bygg - Geoteknik*. Stockholm.

Halden, Bertil E, 1961. *Allmän geologi*. Stockholm.

Hammar, Olof (red), Eriksson, Janne; Högborg, Erik; Jansson, Sven L; Vahtras, Kaarel; Wallén, Carl Chrisitan, 1977 (1970). *Växtodlingslära, del 1 - Marken*. Borås.

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

Leisner, Marianne, 1997 (1996). *Villrosene - Økologi i hagen*. Norge.

Lindskog, Göte (red). *Geoteknik*. Tredje upplagan. 1973. Stockholm.

Nationalencyklopedin, 1989, Höganäs.

Fotnoter

¹ Halden, B, 1961, s 131.

² NE, 1989, ler.

³ NE, 1989, lera.

⁴ NE, 1989, jord 1.

⁵ Jordarter och jordmåner är sammanställd från Nationalencyklopedin, Handboken Bygg samt kurskompendiet Allmän geologi.

⁶ Ahlgren, L, 1972.

⁷ NE, 1989, lera.

⁸ ibid.

⁹ Enligt Hammar (red), 1977 (1970) s 110, Leisner, M, 1997 (1996) s 35.

¹⁰ Enligt NE, 1989, jordart.

¹¹ Enligt Hammar (red), 1977 (1970), s 111.

¹² NE, 1989, lera.

¹³ Houben, H ; Guillaud, H, 1994, s 22.

¹⁴ Halden, B, 1961, s 56 - 57.

¹⁵ ibid, s 103 - 104.

¹⁶ ibid, s 56.

¹⁷ NE, 1989, lera.

¹⁸ Houben, H ; Guillaud, H, 1994, s 27.

¹⁹ ibid, s 27.

²⁰ Avén, S (red), 1984, s 83.

²¹ Houben, H ; Guillaud, H, 1994, s 29.

²² ibid, s 48 - 49.