



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



Handledning i jordartsklassificering för mindre markvärmesystem

GUNNEL NILSSON

Varia 527

LINKÖPING 2003



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Varia **527**

**Handledning i jordartsklassificering för
mindre markvärmesystem**

GUNNEL NILSSON

LINKÖPING 2003

Varia	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Litteratortjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--03/527--SE
Projektnummer SGI	10445
Dnr SGI	1-9905-0340
©	Statens geotekniska institut

Innehållsförteckning

1. Upplägg och syfte	5
2. Definition av jordart	5
3. Sveriges jordarter	6
Bildandet av olika jordarter	6
Morän	6
Isälvsediment	7
Lera	9
Organiska jordar	10
4. Förekomst av olika jordar i Sverige	10
Skåne	11
Sydöstra Sverige	11
Västra Sverige och Vänerområdet	12
Mälardalen	12
Norra, Dalarna och Värmland	13
5. Jords indelning och uppbyggnad	14
Jordlager	14
Jordartsklassificering	15
Kornstorleksanalys på laboratorium	17
6. Termiska egenskaper	17
Värmeledning	17
Grundvatten och vattenhalt i jorden	18
Finjordars reaktion av olika vattenhalt	19
Bestämning av termiska egenskaper	20
Tjälbildning	21
7. Fältbedömning av jordart	21
Morän	22
Isälvsediment	22
Sand och grus	22
Silt	22
Lera	24
8. Lästips	25
9. Referenser	26

1 Upplägg och syfte

Denna Varia innehåller en enkel klassificeringsmanual till hur man i fält och på laboratorium kan identifiera jordarter. Jordarten och dess termiska egenskaper har stor inverkan på värmeöverföringen mellan slangar och omgivningen i ett jordvärmelager. Med kunskap om jordarten går det att översiktligt bestämma termiska egenskaper lämpliga att använda vid dimensionering av markvärmesystemet. I denna handledning avses mindre markvärmesystem för en energiförbrukning motsvarande enskilda villor. Handledningen vänder sig främst till icke-geologer. Syftet med skriften är att den ska:

- vara en handledning till hur man i fält kan identifiera jordarter, detta med hänsyn till termiska egenskaper,
- ge vissa grundläggande kunskaper om (jordarts-)geologi.

I varian beskrivs vad en jordart är, hur den är uppbyggd, hur olika lager av varierande jordarter kan förekomma, klassificeringssystemet och hur man i fält okulärt kan klassificera en jordart och bedöma termiska egenskaper.

Skriften tillhandahåller en enkel beskrivning för att i fält:

- a) kunna bedöma skillnader i jordlagren som har betydelse för de termiska egenskaperna,
- b) kunna bedöma inverkan av fukt på de termiska egenskaperna,
- c) kunna uppskatta termiska egenskaper för optimal utformning av markvärmesystem,
- d) kunna avgöra om förhållandena är sådana att det krävs en kvalificerad gelog/geotekniker, och om det krävs laborieförsök.

De första fem kapitlen beskriver vad en jord är, hur en jordart bildas och varför olika lager av varierande jordarter förekommer. Detta kanske kan tyckas som mindre intressant, men det ger en djupare förståelse över varför jordlagerförhållandena kan skilja så mellan olika områden. Kalla det för en snabbkurs i geologi.

Kapitel sex beskriver påverkan av olika faktorer på jordens termiska egenskaper.

Kapitel sju beskriver vanliga metoder att närmare bestämma de aktuella jordarterna i fält, och därmed översiktligt bedöma jordens termiska egenskaper.

2 Definition av jordart

Definitionsmässigt är en jordart en ”geologisk avlagring med lös struktur” (Sveriges nationalatlas, 1994), d v s de massor som ligger över berggrunden och är sammansatta av fina bergartskomponenter påverkade av olika geologiska processer, och humus som är nedbrutna (komposterade) rester av vegetation. Mineraljord har sitt ursprung från bergartsmaterial, exempel på mineraljord är morän, sand och lera. Mineraljord som överlagrats med en större mängd organiskt material och där mycket vatten funnits tillgängligt bildar organiska jordar, t ex gyttja, torv och dy.

3 Sveriges jordarter

Bildandet av olika jordarter

Hur kan då ett berg bli till jord respektive olika jordarter? Berg förekommer med olika mineralsammansättningar beroende på bildningssätt, man talar om olika bergarter. De flesta bergarter är bildade under högt tryck (magmatiska¹, sedimentära² och i vissa fall metamorfa³ bergarter) eller hög temperatur (magmatiska och vissa metamorfa bergarter). Detta innebär att berg, som vi ser idag vid eller nära jordens yta, befinner sig i en helt annan miljö än den miljö de bildades i. Detta i sin tur innebär att berg sakta genomgår förändringar på grund av att de förekommer i en fuktig atmosfär under atmosfärstryck och inom ett temperaturintervall lägre än vid bildningstiden. Förändringen sker i form av olika vittrings- och erosionsprocesser vilket gör att berg mer eller mindre bryts ner (vittring innebär strikt sett enbart sönderdelning av material, om det också sker en materialtransport talar man om erosion). De sönderdelade partiklarna transporteras genom gravitation, med rinnande vatten och med vind.

I Skandinavien är det inlandsisarna⁴ och avsmältningen av dessa som mest har påverkat bildandet av våra jordarter och huvuddelen av våra jordarter har bildats under den senaste nedisningen. Inlandsisarna har också präglat terrängformerna i vårt land. Isen hade stor mäktighet och den stora tyngden medförde att jordskorpan pressades ner vilket i sin tur medförde att havet kunde nå in över de landtytor som låg nedpressade. Efter att isen smält och belastningen avtagit eller försvunnit kunde den forna landytan höja sig igen med förflyttning av kustlinjen som följd. Den nivå dit havet nådde som högst kallas för högsta kustlinjen, eller kort och gott HK. De olika strandnivåerna som kom att bildas genom landhöjningen kan på många platser ses som terrasser i landskapet. Efter inlandsisens avsmältning har landhöjningen, havsvågornas bearbetning av dåvarande stränder, samt vind- och vattenerosion påverkat och omvandlat landskapet. Jämfört med andra områden i världen som inte varit nedisade är våra jordarter mycket unga.

Morän

Morän kallas det material som avlagrats direkt ur isen och därmed har samma sammansättning det hade inne i isen (i motsats till isälvsediment, se vidare nedan). Materialet kunde införlivas i inlandsisen genom t ex att sten och block trillade ner på isen eller genom att isen ryckte med sig material när den rörde sig. Inlandsisen kunde röra sig genom att isen på undersidan smälte vid kraftigt tryck på grund av tyngdökning som uppstod vid snö- och istillväxt. Vid minskat tryck frös isen åter fast i underlaget. Vid denna rörelse/process ryckte isen med sig löst material och äldre jordarter som frusit fast i isen, som sedan smalt fram under isen på grund av att den friktionsvärme som uppstod vid rörelsen smälte isens undersida. Material som avlagrats på detta sätt kallas bottenmorän. Material kunde också avlagras genom passiv smältning under isen, på ytan av isen, i framkanten, vid sidorna eller i mitten av isen och kallas då utsmältningsmorän (*bild 1 och 2*). **Morän består av korn av olika storlekar.** Vissa moräner kan innehålla övervägande sand och är då en sandig morän, medan andra kan innehålla mycket lera och är då en lerig morän. Morän kan också vara blockig. **Gemensamt för**

¹ Magmatiska: bildad av magma i jordens inre.

² Sedimentära: bildad av sediment.

³ Metamorfa: omvandlad från en annan bergart.

⁴ Den senaste glaciala perioden, Weichselistiden, påbörjades för ca 115 000 år sedan och hade två interstadialer (varmare tid) mellan 100 000 – 90 000 år före nu och 80 000 – 70 000 år före nu. Weichselistidens huvudfas påbörjades för ca 50 000 år sedan för att vara helt avslutad för ca 10 000 år sedan. (Sveriges nationalatlas, 1994).

de olika kornen i en morän är att de är kantiga på grund av krossning under isen och att kornen inte förekommer i någon speciell ordning. Morän är således en osorterad jordart. Där isfronten legat still under en längre tid har stora randbildningar bildats vid isfronten av allt material som tryckts fram, s k ändmoräner. När isen rörde på sig formade den landskapet och redan avsatt morän kunde då formas till kullar och åsar. Moränens mäktighet kan därför variera från någon halvmeter upp till några tiotal meter (t ex ändmoräner).

Bild 1. Glaciärtunga täckt med lossbrutna stenar och grus som så småningom kommer att bilda utsmältningsmorän. Smältvatten forsar fram under glaciären och för med sig material. Jostedalsbreen, Breheim Norge. (Foto G Nilsson).



Bild 2. Sandig morän med låg sten och blockhalt. Nordost om Halmstad. Notera spadskäftet i mitten till vänster i bilden. (Foto Esko Daniel, SGU).



Isälvssediment

Isälvssediment kallas material som transporterats med smältvatten från isen. Smältvatten samlades i isen till mycket strida isälvar i större eller mindre tunnlår som ledde ut till isens front. När isen började smälta fördes material fram med det rinnande vattnet i, på, under och framför isen. Material avsattes både på land, i sjöar och i havet. Detta material kunde utgöras av morän vars partiklar slipats runda mot underlaget när det transporterades ut med vattnet och sorterades i olika fraktioner. Isälvssediment utgörs, som morän, av block, sten, grus, sand, silt och ler.

Avlagring ur rinnande vatten innebär alltid en viss sortering, där det grövsta (tunga) kornen sedimenterade först (allra först block och sten) eftersom strömstyrkan vanligtvis är för stor för att låta finare korn hinna sjunka till botten. Ju mer strömstyrkan avtar desto finare korn kan sedimentera. Block, stenar och grus avlagrades nära smältvattenströmmens mynning ur isen, medan finare (lättare) material kunde föras med vattnet långt bort. Den jordart som uppstod kallas för isälvs sediment och kan bestå av **korn av olika fraktioner. Gemensamt för kornen är att de är rundade, genom slipning av is och smältvatten. Isälvs sediment förekommer vanligen med en viss sortering, växellagring.** Exempel är deltan (*bild 3 och 4*) bildade av isälvar som mynnade ut i en sjö eller ett hav och när iskanten låg stilla under längre tid, samt rullstensåsar⁵ bildade av smältvatten i tunnlar eller sprickor under isen. Deltaavlagringar kan vara mycket mäktiga och nå stora ytor. I profiler av deltaavlagringar syns ofta tydliga skikt av sand, silt och grus.



Bild 3. Isälvsgrus överlagrat av ca 1 m svallgrus. Värmland, Mellbymon. (Foto Esko Daniel, SGU).

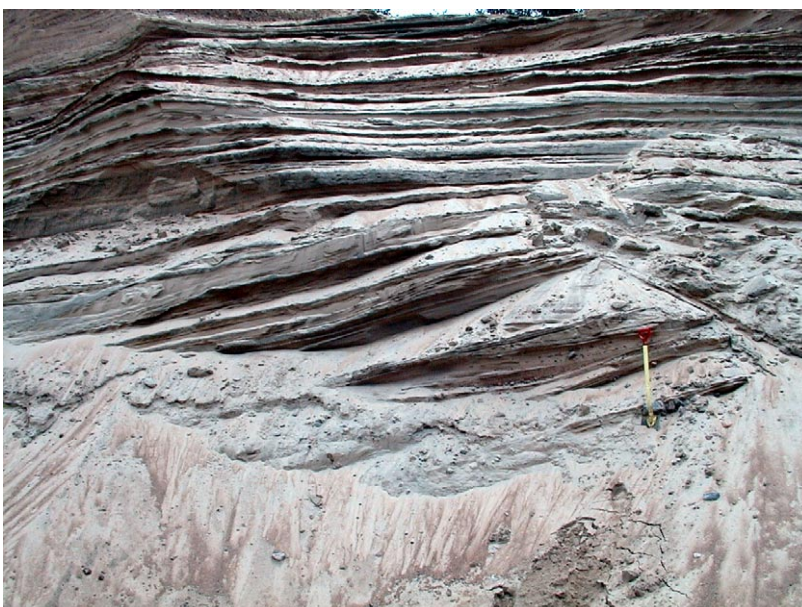


Bild 4. Isälvssand i deltaavlagring. Öster om Halmstad. Notera spadskäftet. (Foto Esko Daniel, SGU).

⁵ Åsar bildade av smältvatten kallas vanligen för rullstensåsar på grund av att stenarna i isälvmaterial är avrundade – rullstenar.

Sten, grus, sand och silt återfinns således i isälvsediment i åsar och deltan, samt vid dåtida och nuvarande stränder och strandkanter. Avsättningarna syns ibland som terrasser i landskapet och kan nå ansevärliga mäktigheter. Bildningssättet medförde att de grova partiklarna samlades i åsarnas och kullarnas kärnor och att de finare partiklarna sorterades upp efter minskande storlek och avsattes allt längre ut från älvmyningarna där vattenhastigheten successivt minskade. Vid strandkanterna har vågornas bearbetning, tillsammans med vattendjupet och terrängläget, också gjort att finmaterial sköljts ur. Det grövsta sedimentet (väl rundade stenar) har förflyttats kortast sträcka och det finaste längst sträcka. Vid älvkanter har förändringar i vattennivån och vågornas svall gjort att s k svallsediment bildats. Svallsediment är sediment där finpartiklarna svallats ut och kvar ligger en vanligen väl sorterad sand.

Lera

De finkornigaste (lättaste) fraktionerna (lera, men också silt) kunde transporteras mycket långt med det rinnande vattnet innan de sjönk till botten och avlagrades i ett hav eller sjö. Om detta material avsatts under en istid kallas materialet för glaciala sediment, t ex glacial lera. Material som avsatts efter istiden och som fortfarande avsätts kallas postglaciala. I finsediment som avsattes i sött eller bräckt vatten uppstod vanligen en varvighet med årstiderna (*bild 5*). På vintern, med liten avsmältning och då materialtransporten därmed var obetydlig, avsattes lera, medan det under sommaren, då avsmältningen var större och stora mängder sediment fördes ut till öppet hav, avsattes silt. Sommarskiktet är något mäktigare (tjockare) än vinterskiktet och också något ljusare. Vanligtvis kan en skarp gräns uttolkas mellan åren på grund av vårfloden. På västkusten där havet är salt är varvigheten inte lika tydlig på grund av att saltets elektrolytiska egenskaper åstadkommit en viss hopklumpning av de finare kornen och därmed suddat ut gränsen mellan vinter och sommar. Färgen på denna lera är mer **gråblå** än den som avsatts i sött eller bräckt vatten som är mer **rödbrun**. Sediment avsatta i marin miljö kan innehålla snäckskal, musselskal etc. från djur som levtt i vattnet under tiden för avsättningen.

Områden med lera kan uppnå ansevärliga mäktigheter, speciellt i våra dalgångar. Till exempel förekommer lera med en mäktighet på drygt 100 meter i centrala Göteborg och i Göta älvs dalgång.

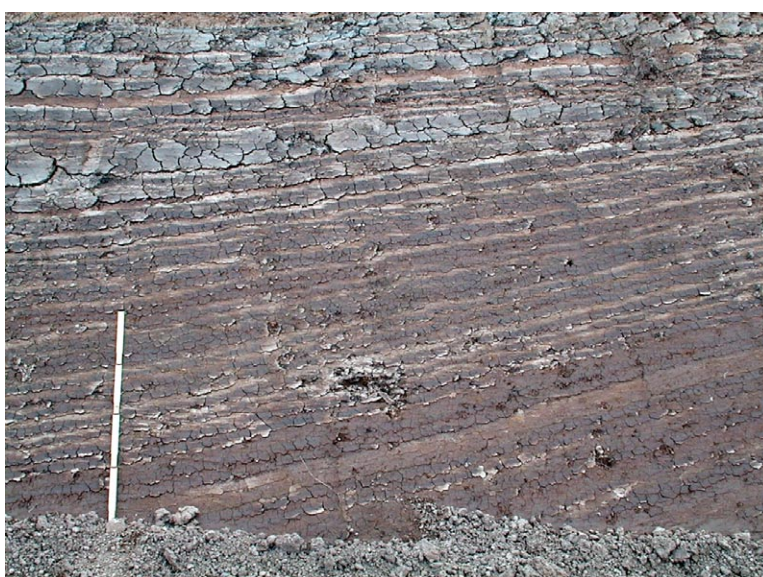


Bild 5. Varvig glacial lera påverkad av uttorkning. Halmstad. (Foto Esko Daniel, SGU).

På grund av landhöjningen har lerorna lyfts upp över havsnivån. Lera som därefter utsätts för uttorkning, tjälning och vittring kan bilda s k **torrskorpelera**. Ofta förekommer sprickbildning och rotkanaler i en torrskorpelera, vilket skapar dränerande förhållanden. I områden med lermark utgörs vanligen den översta metern/metrarna av torrskorpelera. Denna är ofta mycket hård. Leror avsatta i marin (salt) miljö har på grund av landhöjningen blivit utsatta för saltutlakning genom att sött regn- och grundvatten börjat genomströmma lerlagren. De elektrolytiska krafterna som håller ihop leraggregaten (hopklumpningen) försvagas därmed och så kallad **kvicklera** bildas. Om en störning eller vibration är tillräckligt stor kan de försvagade bindingarna och överskottet av vatten medföra att jorden fullkomligt kollapsar, all hållfasthet förloras och en vällingliknande massa bildas.

Organiska jordar

Organiska jordarter är bildade utifrån växtrester. **Torv** bildas av torvmark som uppkommer när ett öppet vatten växer igen, eller genom försumpning av tidigare torrlagd mark. Torv består av döda och oförmultnade växtrester. Torv som underlagras av en gyttja visar på att området tidigare utgjorts av en sjö som vuxit igen. Torvmarker indelas i kärr och mosse. **Gyttja** har bildats i ett näringsrikt öppet vatten och är en organogen jordart, d v s den består av mer eller mindre nedbrutna växt- och djurrester. **Dy** bildas i näringsfattiga sjöar genom uttransport av lösta humusämnen som fällts ut från omgivande torv- och skogsmarker.

Bild 6. Transgressionslagerföljd med svallsand, två torvskikt och överst flygsand. Söder om Steninge i Halland. (Foto Esko Daniel, SGU).*

**Transgression är när havet successivt tränger in över ett landområde. Regression är när havet "drar sig tillbaka" på grund av t ex landhöjning. (Sveriges nationalatlas, 1994).*



4 Förekomst av olika jordar i Sverige

Morän dominerar bland jordarterna i Sverige och täcker mer än 75 % av vår landyta. Moränen kan ha olika sammansättning av fraktioner, allt från block till lera. Cirka 10 % av vår landyta upptas av kalt berg eller berg med mindre än 0,5 meter mäktigt jordtäckte. Övriga cirka 15 % av landytan upptas av isälvsavlagringar, finkorniga sediment och torvmarker. (Sveriges nationalatlas, 1994).

Skåne

I Skåne finns den sk lermoränen (moränlera), en lerig morän (>40 % lera) med högt innehåll av kalk (från berggrunden). Lermorän avlagrades i flera bäddar med mellanliggande sediment som ett resultat av en relativt komplicerad avsmältning av. Större delen av Skåne täcks av sediment, från grovkorniga till finkorniga, där de finkorniga främst utgörs av lera. De sedimentära jordarna kan ha en ansevärd mäktighet. Lerhalten i sedimenten och i moränen ökar ju mer mot sydväst man kommer i Skåne. Den morän som förekommer i nordöstra Skåne är således lerfattig och mer rik på sten och block. Isälvsediment förekommer i norra Skåne och in i Småland och utgörs generellt av grova sediment som sand, grus och sten.

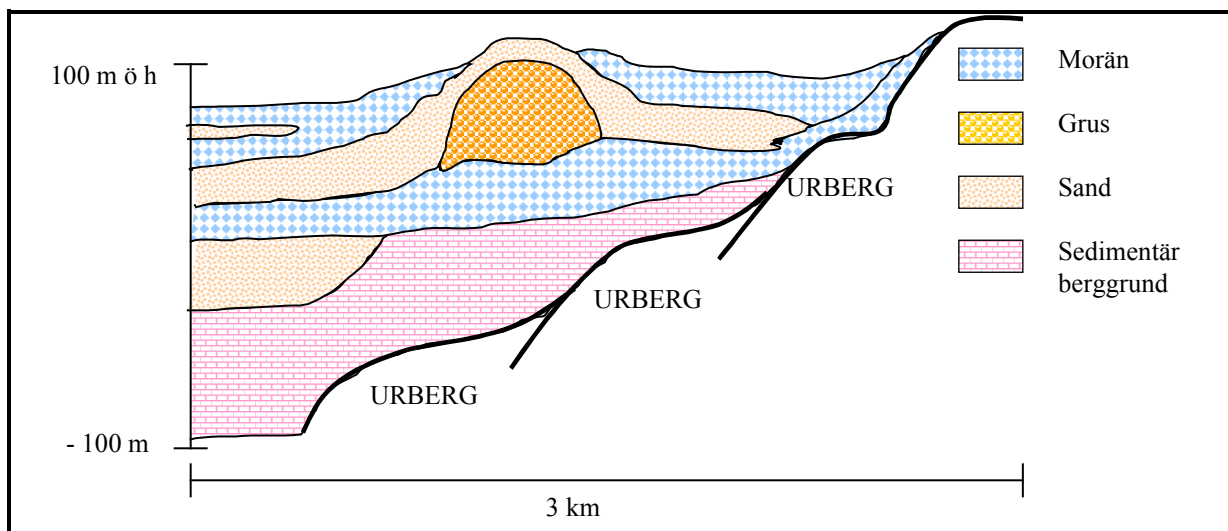


Bild 7. Schematisk profil från sydvästra Skåne med växellagring av morän och sediment. (Modifierad efter Handboken Bygg, 1984).

Sydöstra Sverige

De delar av Småland och södra Östergötland som omfattas av det sydsvenska höglandet är kraftigt kuperat. Sydsvenska östkusten är inte lika kuperad. Morän är vanligt förekommande

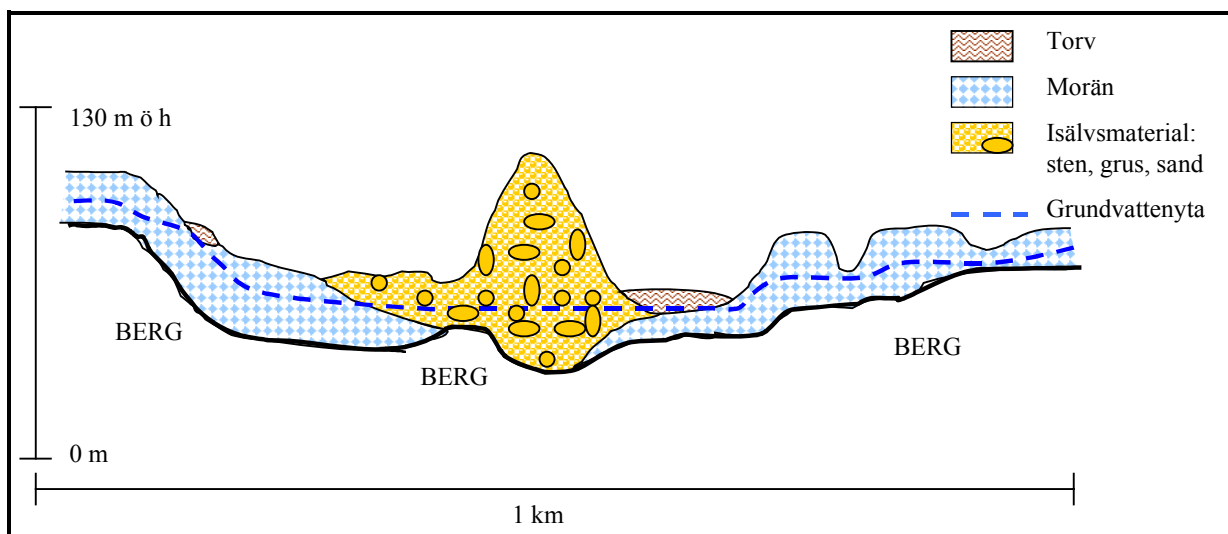


Bild 8. Schematisk profil över jordarterna i en dalgång inom sydsvenska höglandet. (Modifierad efter Handboken Bygg, 1984).

och på Östgöta- och Närkeslätterna kan moränmäktigheten uppnå 10-15 meter. Denna mäktiga morän innehåller över 20 % lera. I Östergötland finns flera deltan och randbildningar med stort innehåll av sand. Sand, silt och lera återfinns också i Smålands inland och lermäktigheten kan i vissa områden överstiga 15 meter. Kustområdena i Blekinge, Småland och Östergötland domineras av kalt berg med lera i omgivningarna. Här förekommer både glacial lera (varvig) och postglacial lera eftersom kusten legat under högsta kustlinjen (HK). Stråk av svallsediment, sand och silt förekommer i denna lera.

Västra Sverige och Vänerområdet

Landytan på södra Västkusten är relativt flack. Terrängen blir mer kuperad åt öster (mot småländska höglandet) och norr. I nivå med Varberg och norrut är kusten kuperad med djupa dalgångar mellan bergplataer. I dalgångarna dominerar finsediment, avsatt i marin miljö, som har stor mäktighet. Terrängen blir återigen ganska flack runt Väner och runt plåtarna Billingen, Kinnekulle, Halle- och Hunneberg. Moräntäcket längs västkustregionen är ganska tunt, med undantag för flera stora s k randbildningar. Längre norrut och in i landet ökar moräntäcket. Mäktigheter på upp till 30-40 meter har uppmätts i s k drumliner (kullar av morän bildade under isen).

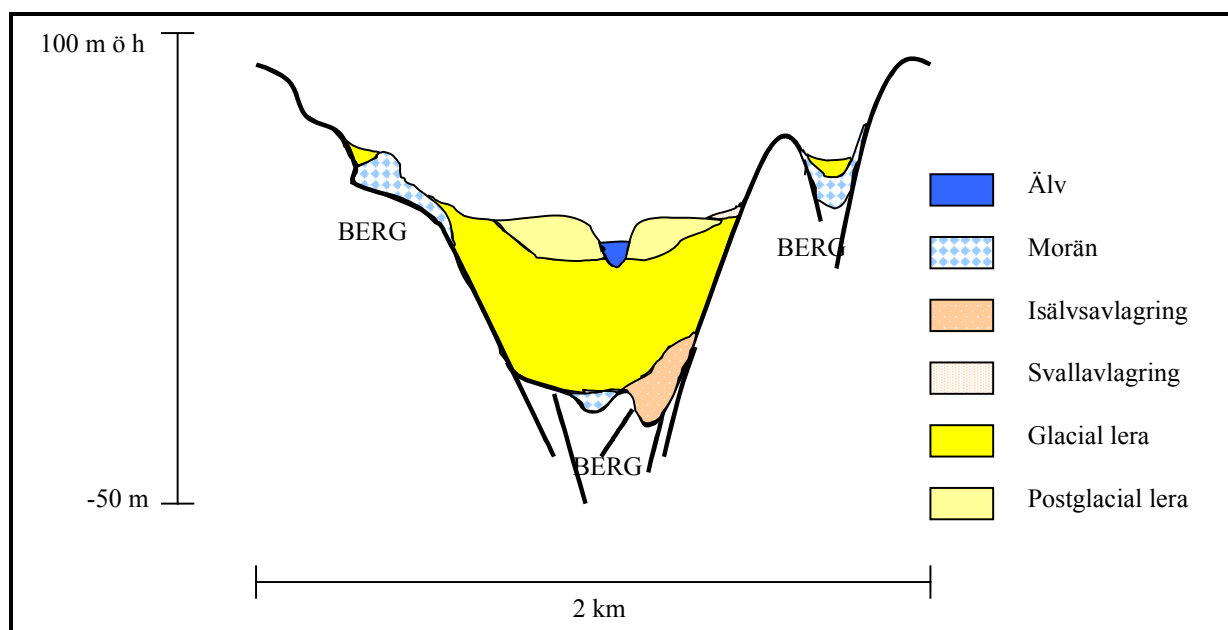


Bild 9. Schematisk profil över sydsvensk sprickdal. Mäktigheten på den glaciala leran är ca 40 m. Omgivande höjdområden är fattiga på lösa jordlager. (Modifierad efter Handboken Bygg, 1984).

Mälarlandskapet

Mälarlandskapet har en flack terräng och karaktäriseras av låga kala berg och små moränhöjder som omges av odlade slätter. Moränen är sandig och silting och har sällan större mäktighet än fyra meter. Flera större åsar skär igenom landskapet. Mest dominerande är lera, överst av grå postglacial lera, som underlagras av en glacial rödbrun lera. Båda lerorna har en lerhalt på över 40 %. I den rödbruna glaciala leran ökar silthalten med djupet och i den grå postglaciala leran är sand- och siltskikt vanliga. Större delen av mälarlandskapet har legat under högsta kustlinjen och vågornas svallning har gett upphov till svallgrus och svallsand.

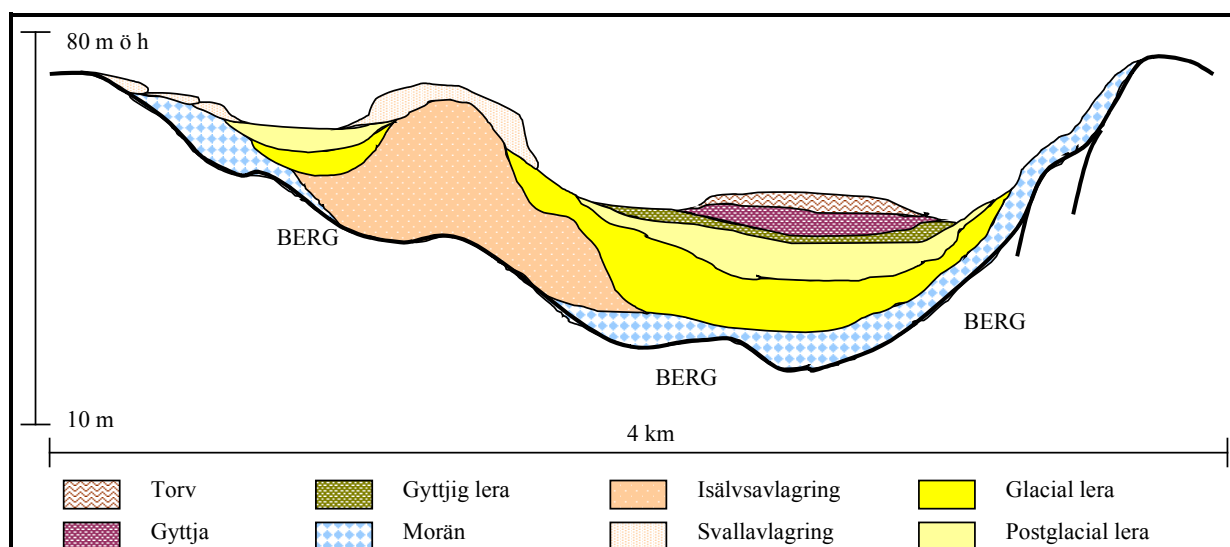


Bild 10. Schematisk profil av jordarterna under höga kustlinjen inom Mälarenregionen. (Modifierad efter Handboken Bygg, 1984).

Norrland, Dalarna och Värmland

Dessa områden karaktäriseras av storkuperad terräng med djupa dalgångar. Olika typer av moränavlagringar täcker ca 50 % av ytan. Moränen är i allmänhet grusig och sandig med skikt av sediment, dock består Siljanområdet huvudsakligen av lermorän. Mäktiga isälvsavlagringar förekommer som dalfyllnader och som långa rullstensåsar. I dalgångarna och på kustslätterna har finkorniga sediment avsatts och längs Norrlands kusttrakter har flera deltan byggts upp. Vid kusten kan den överlagrande postglaciala leran ibland vara svartflammig av järnsulfid, s k svartmokka. Silhalten i de varviga sedimenten ökar inåt dalgångarna, vilket syns tydligt vid tjällyftning (tjälhävning, tjälskjutning).

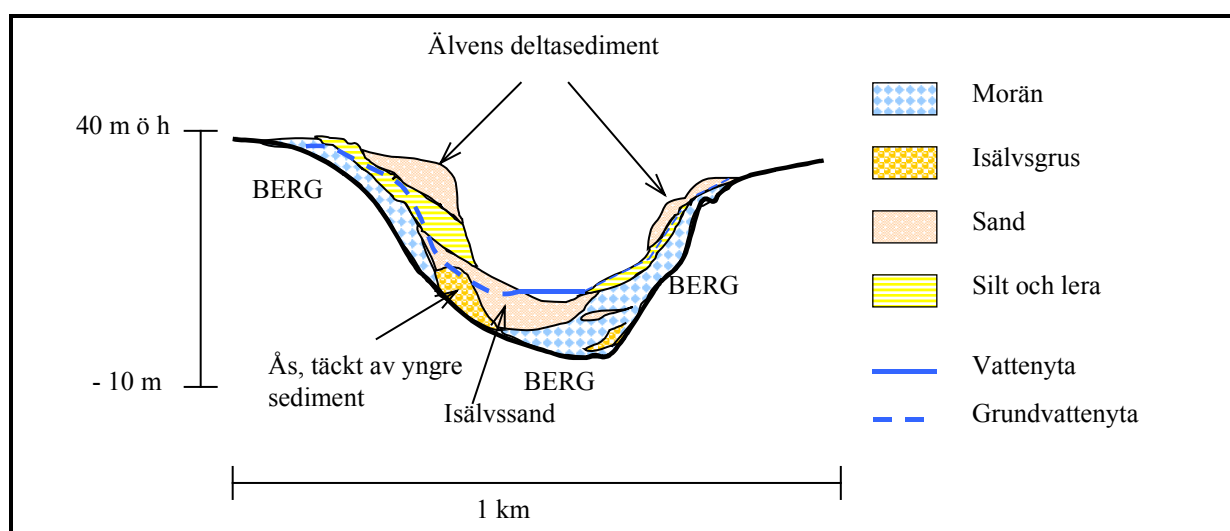


Bild 11. Schematisk profil av jordarterna i en norrländsk älvdal under högsta kustlinjen. (Modifierad efter Handboken Bygg, 1984).

5 Jords indelning och uppbyggnad

Jordlager

En jordart som innehåller flera fraktioner kallas månggraderad eller osorterad. Exempel på en sådan jordart är morän. Isälvs sediment är också månggraderad, men inom en isälvsavlagring förekommer vanligtvis lager av olika fraktioner och inom varje lager är jordarten sorterad (*bild 12 och 13*). Dessa lager behöver dock inte vara horisontella. Isälvs sediment kan även vara månggraderad som en morän, men kornen är mer rundade än i en morän på grund av att de vid avsättningen slipades av strömmande vatten. Som ett resultat av varierande bildnings-sätt och bildningsprocesser förekommer således lager av jordarter och man talar om **jordla-gerföljd**. I jordlagren kan linser av finare material förekomma. Jordlagren behöver inte vara bildade under samma tidsperiod. Till exempel kan ett tunt moräntäcke avsatt under den senaste istidens slutfas underlagras av flera meter mäktiga sandlager avsatta i ett betydligt tidigare skede av istiden. Ofta syns en mycket skarp gräns där isen hyvlat av de översta lagret och nytt material avsatts.



Bild 12. Isälvs sand. Lagrena är ett resultat av varierande hastighet i vattenföringen. Värmland. (Foto Esko Daniel, SGU).

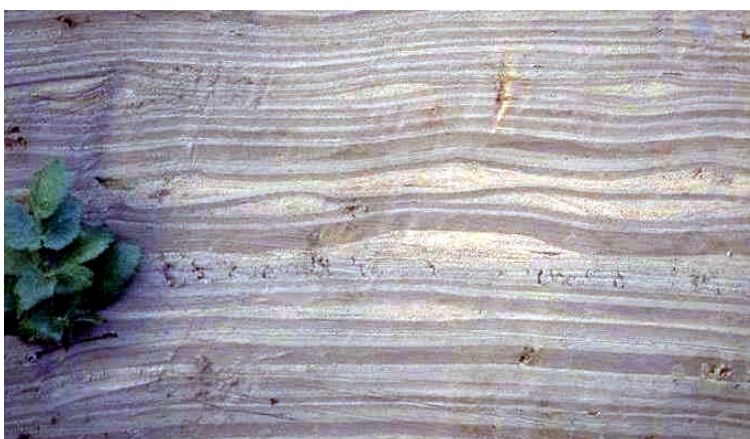


Bild 13. Varvig lera med mörka lerskikt och ljusa silt-finsandsskikt. Sydväst om Kristianstad. (Foto Esko Daniel, SGU).

Jordartsklassificering

När man talar om kornfraktion menas ett fraktionsintervall för t ex grus, sand, silt och ler. I *tabell 1* framgår de kornstorleksklasser som fraktionsintervallen utgör. Systemet för benämning av jordarter bygger på jordarternas bildningssätt och på innehållet av korn med olika storlekar (diameter). Jordarterna uppdelas efter de ingående beståndsdelarna i mineraljordar och humusjordar. Primärt delas kornfraktionerna in i två grupper:

- ▶ Grovkorniga jordar
- ▶ Finkorniga jordar

Grovkorniga innebär att kornen kan ses med blotta ögat, medan de finkorniga inte kan eller knappt kan ses med ögat. Till de finkorniga hör silt och lera. Gränsen mellan silt och lera är inte främst dragen utifrån kornstorlek utan på grund av att de är två material som uppför sig helt olika under vissa förhållanden.

Tabell 1. Fraktionsindelning av jord framtagen av SGF:s (Svenska Geotekniska Föreningen) laboratoriekommitté 1981. Äldre benämningar står inom parantes. (Källa: Handboken Bygg, 1984).

Benämning	Kornstorlek (mm)
<i>Block och sten</i>	
Block	> 600
Sten	600-60
<i>Grovjord</i>	
Grus	
Grovgrus	60 – 20
Mellangrus	20 – 6
Fingrus	6 – 2
Sand	
Grovsand	2 – 0,6
Mellansand	0,6 – 0,2
Finsand (grovmö)	0,2 – 0,06
<i>Finjord</i>	
Silt	
Grovsilt (finmö)	0,06 – 0,02
Mellansilt (grovmjåla)	0,02 – 0,006
Finsilt (finmjåla)	0,006 – 0,002
Ler	< 0,002

Gränsen mellan grovkorniga och finkorniga jordar går vid kornstorlek 0,06 mm. En jordart som innehåller flera av i tabell 1 nämnda kornstorlekar, kallas mångraderad (osorterad). En jordart består dock sällan av enbart en fraktion och beroende på vilka andra fraktioner än huvudfraktionen som förekommer, används olika adjektiv (t ex grusig) för att beskriva karaktären (t ex grusig silt, eller siltig sandig morån). Självklart finns det även ett system för detta, *tabell 2* nedan.

Tabell 2. Riktvärden för benämning av jordarterna, baserade på halt av ingående kornfraktion. (Källa: Handboken Bygg, 1984).

Kornfraktion	Halt av ingående fraktioner i vikt-% av totala jordmängden	Halt av ingående fraktioner i vikt-% av grov + finjord	Halt av ler i vikt-% av finjorden	Jordartens benämning	
				Prefix Adjektivbenämning	Huvudord ¹⁾ Substantivbenämning
Block	5-20 % > 20 %			Blockig Mycket blockig	²⁾
Sten	10-20 % > 20 %			Stenig Mycket stenig	²⁾
Grus		20-40 % > 40 %		Grusig	Grus ³⁾
Sand		20-40 % > 40 %		Sandig	Sand ³⁾
Silt + ler (finjord)		15-40 %	< 20 %	Siltig	
			≥ 20 %	Lerig	
		> 40 %	< 10 %		Silt
			10-20 %	Lerig	Silt
			20-40 %	Siltig	Lera
		> 40 %			Lera

¹⁾ Som huvudord används också morän. Andra villkor gäller då för grus- och sandfraktionen, kolumn tre, där gränsvärdena 20 och 40 % ändras till 25 respektive 50 %. D v s en morän med ≥ 25 % grus kallas grusig morän

²⁾ När halten av block + sten är minst 40 % av totala jordmängden används huvudorden block- eller stenjord, beroende på vilken av dessa fraktioner som överväger.

³⁾ Gäller inte när finjordshalten är > 40 %.

Exempel: Ett material skall innehålla över 40 % av fraktionen sand för att kallas sand. Innehåller materialet 20-40 % av fraktionen sand kallas materialet för sandigt, t ex sandigt grus. I det här fallet är grus huvudord. För att silt eller lera (finjord) skall vara huvudord (t ex grusig sandig silt) skall minst 40 % av mängden material mindre än 60 mm (grus) vara silt- eller lerfraktion. Vidare skall minst 20 % av finjorden utgöras av lerfraktion för att huvudordet skall vara lera (Handboken Bygg, 1984).

Än morän med lerhalt mer än 15 % kallas moränlera (Lindström et al., 1991). Notera dock att moränleran i Skåne har en lerhalt ≥ 40 %. En jord innehåller vanligen även organiskt material som utgörs av växtrester i olika grad av förmultning. Det organiska materialet bestäms mer utifrån sammansättningen än utifrån kornfraktion. Sammansättningen kan utgöras av fibrer av mer eller mindre förmultnade växtrester, från ett par centimeter ner till molekylär storlek. En jord kan således tillhöra ytterligare en grupp, organisk jord. Tre grupper finns alltså: grovkorniga jordar, finkorniga jordar och organiska jordar.

Det är inte helt okomplicerat att bestämma jordarten. För korrekt benämning utförs kornstorleksanalys på laboratorium efter ackrediterade metoder. **I fält görs en okulär bedömning och för den otränade klassificeras jorden främst som antingen grovkornig eller finkornig genom att uppskatta mängd partiklar som är mindre än vad som kan ses med blotta ögat**, d v s mindre än 0,06 mm. En erfaren geolog kan med ganska stor precision bestämma jordart direkt i fält.

Kornstorleksanalys på laboratorium

Kornstorleksanalys genom siktning innebär att materialet (grov- och finjord) skakas genom en uppsättning av siktar med olika kända maskvidder (vanligen 64 mm, 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm, botten: <0,063 mm). Mängd material som fastnar på de olika siktarna vägs och jämförs mot total mängd material före försöket. På material < 0,063 mm utförs sedimentationsförsök. Bestämning av sten- och blockhalt görs i fält genom t ex blockräkning. Resultaten presenteras vanligen i form av en ackumulativ kornstorlekskurva. Lutningen på kurvan är ett mått på hur graderad (sorterad) jorden är. Ju flackare lutning desto mer månggraderad (osorterad) och tvärtom, ju brantare desto mer välgraderad (väl sorterad). Sedimentationsförsök kan utföras med olika metoder: hydrometer-, vågkropps- eller pipettmetoden. Vid sedimentationsförsöken slammas finjorden upp i en vätska för att sedan låta jorden sedimentera. Försöken bygger på Stokes ekvation för hastigheten av en fri fallande sfär, d v s kornstorleken motsvarar diametern hos en sfär med samma fallhastighet och densitet som de enskilda kornen.

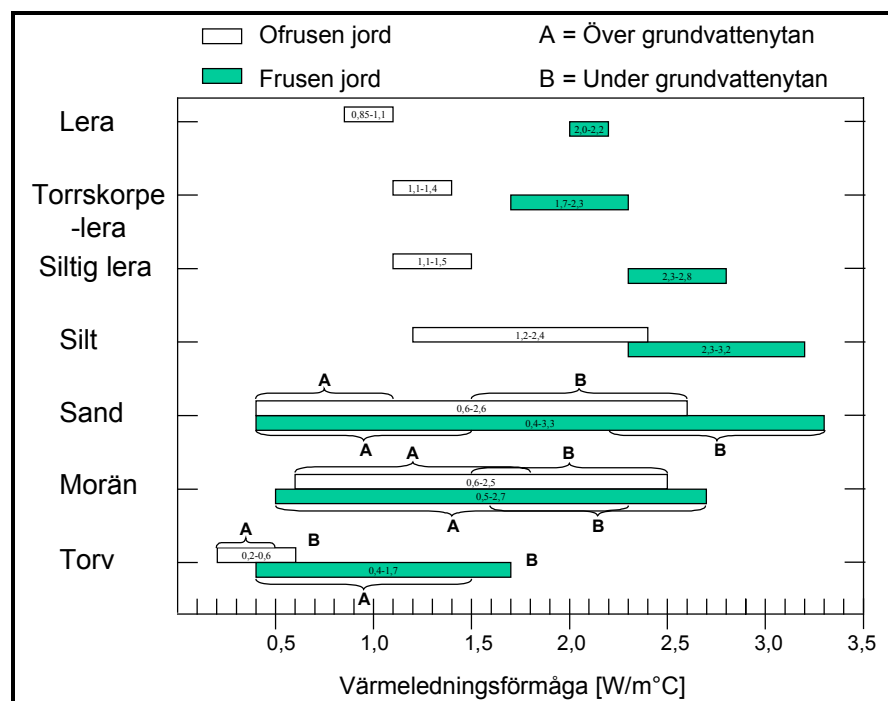
6 Termiska egenskaper

Värmeledning

De fasta jordpartiklarna (kornen) leder värme bra och vatten leder värme mycket bättre än luft. Vid t ex liten porositet, d v s liten volymandel porer i förhållande till hela volymen, ligger kornen nära varandra och kontakten mellan mineralpartiklarna är god, vilket gör att värmeledningsförmågan blir hög. En ökning av vattenhalten leder i regel till en ökning av värmeledningsförmågan eftersom vatten, med relativt sett högre värmeledningsförmåga, ersätter luft med sämre värmeledningsförmåga i porerna. En reducering av vattenhalten leder till en ökning eller minskning av värmeledningsförmågan beroende på om jorden komprimeras, med reducerad porvolym som följd, respektive om jorden behåller sin struktur så att porvattnet ersätts med luft. **Förutom vattenhalt och porositet beror värmeledningsförmågan på mineralsammansättningen. Halten av mineralet kvarts har störst betydelse.** Värmeledningsförmågan för en kristallin bergart ökar med ca 0,5 W/m,K för varje tioprocentig ökning av kvartshalten (SGI, 2001).

Grovkorniga jordar kan vara goda värmeledare om jorden innehåller stor andel vatten. En torr grovkornig jord leder värme betydligt sämre än en fuktig. Finkorniga jordar leder värme bättre än torra grovkorniga jordar. **De bästa jordarna ur värmeöverföringssynpunkt är sandiga eller leriga blandjordar av sand/lera/silt och möjligen sandiga leror. Man bör dock vara observant på att värmeöverföringen i sandiga jordar är starkt beroende av grundvattenytans läge** (SGI, 2001). I bild 14 visas värmeledningsförmågans variationsområde för olika jordarter vid normal marktemperatur, 5-15 °C, och helt frusen jord. Lera har dålig värmeledningsförmåga jämfört med silt, vilket framgår av bilden. Det är därför viktigt att kunna skilja på silt och lera.

Bild 14. Värmeledningsförmåga för olika jordarter i ofruset och fruset tillstånd. För genomsläppliga jordar anges normalt variationsområde ovan (A) respektive under (B) grundvattenytan (efter Sundberg, 1991).



Grundvatten och vattenhalt i jorden

Grundvatten är det vatten i marken som helt fyller hålrum och porer i marken (bild 15). Grundvattenytan följer generellt topografin någon eller några meter under markytan, men ligger oftast ytligare i lågpunkter och på lite större djup på höjder. När nederbörden når markytan avdunstar en stor del och den del som inte avdunstar rinner längs markytan (ytavrinning) eller infiltrerar i marken och rinner vidare ner (perkolerar) i jordlagren. Det vatten som rinner ner i marken passerar först genom den omättade, luftade, zonen innan det når den mättade zonen, d v s där jorden är mättad på vatten.

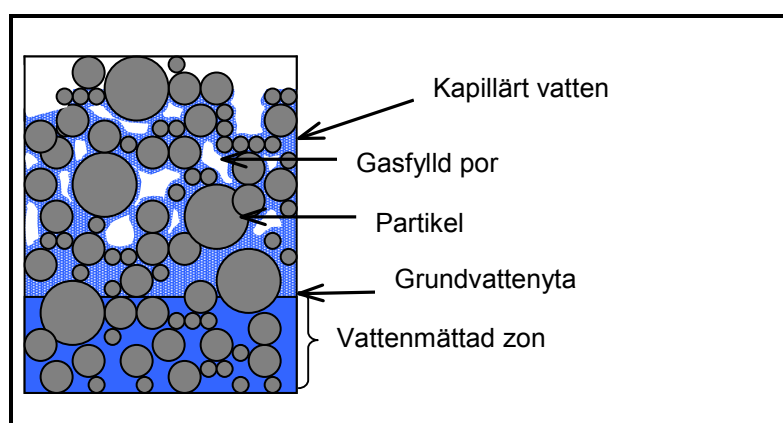


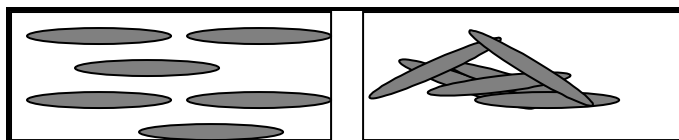
Bild 15. Arrangemang av partiklarna i en löst lagrad jord vid grundvattenytan.

Grundvattnet rör sig i marken, p g a gravitationskrafter, från områden med högre grundvattennivå till områden med lägre. Den viktigaste parametern för grundvattenflödet är jordens genomsläpplighet. Ju grovkornigare jord desto högre genomsläpplighet och desto snabbare

transporteras grundvattnet. Kornstorlek och kornstorleksfördelning har betydelse för hur lätt vatten kan röra sig igenom materialet. En jords förmåga att släppa igenom vatten (permeabilitet) beror av volym hålrum i materialet (porositet), struktur hos kornen, lagerföljd och mängd innesluten luft (Knutsson & Morfeldt, 1995). Porositeten, d v s volym hålrum i förhållande till hela volymen, är beroende av kornstorlek, hur kornen är fördelade och hur kornen är packade. En välsorterad jord har högre porositet än en osorterad. Genomsläppligheten och grundvattenströmningen kan variera i olika riktningar i en geologisk bildning (t ex delta och ås). Till exempel kan den horisontella genomsläppligheten vara större än den vertikala i sedimentära avlagringar. Gradienten (lutningen) på avlagringen och på jordlagren har även betydelse för hur vattnet kan strömma.

Mineralkornen i en jord kan vara olika arrangerade. I en jordart med större korn (inte lera) är de enskilda partiklarna i direktkontakt med varandra. Strukturen beror av avsättningsmiljö och av efterföljande belastningar. En jord som avsatts i en vattenmiljö och har fått sedimentera långsamt och sedan inte varit påverkad av någon belastning har en lös struktur med stora porer. Exempel är sand i en sjövik. Andelen porvolym i en sådan jord är stor. En jord som utsatts för belastning under och efter avsättningen har en mycket tät struktur med liten andel porvolym. Exempel är morän som avsatts under inlandsisen. Andel porvolym är också större för en jord där kornen är av samma storlek (sorterad sand) än i en jord med olika kornstorlekar (osorterad, t ex morän eller isälvsediment). Lera uppför sig lite annorlunda. De partiklar som är i lerfraktionen (<0,002 mm) är i regel flata i stället för sfäriska och kan uppträda som enskilda partiklar eller som aggregat av partiklar, *bild 16*. Runt de enskilda partiklarna förekommer s k kapillärt vatten som är hårt bundet till partiklarna på grund av molekylära bindningskrafter mellan lerpartikelns laddning och molekylerna i vattnet.

Bild 16. Enskilda och aggregerade lerpartiklar.



Finjordars reaktion av olika vattenhalt

Mängden vatten i en jord, alltså mängd vatten i porvolymen, har stor betydelse för främst finkorniga jordar och tre stadier av konsistens kan kännas igen. Dessa stadier hänför sig främst till partiklar mindre än 0,42 mm (mellansand):

1. Flytande – jorden är antingen i suspension eller uppför sig som en vätska.
2. Plastisk – jorden är formbar och volymen ändras. Jorden kan snabbt deformeras och återgår ej till samma form efter belastning.
3. Fast – jorden spricker under deformation.

För att beskriva hur materialets konsistens ändras med vatteninnehållet används Atterbergs konsistensgränser. Systemet utgör grunden i urskiljandet mellan material av betydande plasticitet (lera) och material som är något plastiskt till icke-plastiskt. Med tre enkla testmetoder kan detta avgöras i fält. **Metoderna kan användas för att klassificera finjorden och därmed bedöma om finjorden är siltig eller lerig** (Handboken Bygg, 1984). Metoderna är:

- A) Reaktion vid skakning (dilatans).
- B) Sprickegenskaper (hållfasthet i torrt tillstånd).
- C) Seghet (konsistens nära plasticitetsgränsen).

Dessa fälttest beskrivs detaljerat i kapitel 7.

Bestämning av termiska egenskaper

Jordart så väl som jordlagerföljd har betydelse för dimensionering av markvärmesystem. Till exempel kan de termiska egenskaperna variera betydligt med jorddjupet och inom ett område, beroende på variationer i jordlagerföljderna. Silt och lera har på grund av likhet i utseende misstagits för varandra, vilket gett olyckliga konsekvenser för markvärmesystem, t ex är värmeledningsförmågan (termisk konduktivitet) högre i silt än i lera. Förenklat, hög värmeledningsförmåga (λ) gynnar värmeöverföringen och minskar det termiska motståndet, vilket innebär att markvärmeväxlaren kan göras kortare, och vice versa.

För att översiktligt klassificera en jords termiska egenskaper kan följande bedömningar göras (IGSHPA, 1994):

1. Bestäm om jordprovet är grovkornigt eller finkornigt. Jord där över 50 % av kornen lätt (!) kan urskiljas med blotta ögat kan klassas som grovkornig. Jord där mer än 50 % inte kan urskiljas med blotta ögat kan klassas som finkorniga.
2. Är jorden finkornig, bedöm om det är lera eller silt med hjälp av skakförsök, rullprov, konsistens (kapitel 7) och om jorden är organisk eller oorganisk (kapitel 3).
3. Är jorden grovkornig, bedöm om kornen har samma fraktion eller om flera fraktioner förekommer. Om enbart en fraktion förekommer är jorden sorterad. (En sorterad jord har större porvolym än en osorterad.)

När väl jordarten bestämts kan de termiska egenskaperna som värmeledningsförmåga och värmekapacitet översiktligt bestämmas, *tabell 3*. De termiska egenskaperna varierar inom relativt stora intervall för silt, sand, morän och torv. Väljs ett värde i den nedre delen av intervallet kan anläggningen komma att överdimensioneras, och tvärtom om ett värde väljs från den övre delen av intervallet. Värden väljs bl a genom att värdera eventuell inblandning av andra jordfraktioner och fuktförhållandena på platsen. För större anläggningar rekommenderas mer kvalificerade undersökningsmetoder, se t ex SGI Varia 511 (SGI, 2001).

Tabell 3. Värmeledningsförmåga hos några typiska jordarter. Intervallen anger inom vilka gränser egenskaperna normalt varierar. (Efter Sundberg, 1991).

Jordart	Ofrusen mark		Frusen mark	
	Värmeledningsförmåga W/m ² °C	Värmekapacitet kWh/m ³ °C	Värmeledningsförmåga W/m ² °C	Värmekapacitet kWh/m ³ °C
Lera	0,85-1,1	0,83-1,0	2,0-2,2	0,54-0,57
Torrskorpelera	1,1-1,4	0,71-0,83	1,7-2,3	0,47-0,57
Siltig lera	1,1-1,5	0,8-0,92	2,3-2,8	0,54-0,57
Silt	1,2-2,4	0,66-0,92	2,3-3,2	0,3-0,57
Sand	0,4-2,6*	0,32-0,88*	0,4-3,3*	0,32-0,57*
Morän	0,6-2,5*	0,37-0,83*	0,5-2,7*	0,15-0,57*
Torv	0,2-0,6*	0,19-1,1*	0,4-1,7*	0,2-0,57*

* Den övre delen av intervallet avser under grundvattenytan och den nedre delen av intervallet avser över grundvattenytan.

Sand och silt innehåller hög andel av mineralet kvarts (kiseloxid) som har hög värmeledande förmåga. Lera innehåller lermineral (ett samlingsnamn för de aluminiumsilikater som framförallt förekommer i lerfraktionen) som har ett varierande innehåll av främst järn, magnesium, kalcium, kalium och natrium, med sämre värmeledningsförmåga. Lermineralen har också en annan struktur (plana) än de grövre (runda) som gör att lerpartiklarna inte har direkt kontakt då de är helt omgärdade av vatten. Innehåll av vatten har stor betydelse för den termiska kon-

duktiviteten. Notera att den termiska konduktiviteten är högre i vattenhållande jordar när vatten är fruset.

Tjälbildning

System med markvärmepump dimensioneras ofta så att jorden närmast markvärmeväxlarledningarna fryses. Frysning av jorden, som sker på grund av högt värmeuttag, kan medföra sättningar i samband med att jorden tinar upp efter uppvärmningssäsongen. Problemen uppstår främst i siltiga och leriga jordar, *tabell 4*. På vintern utgörs de frysrelaterade problemen främst av tjällyftning/deformationer, sprickbildning, frysning av vatten i ledningar, svårigheter vid schaktningsarbeten etc. På våren när tjälen går ur marken kan problem uppstå som nedsatt bärighet, permanent lyfta konstruktioner, stora sättningar, ojämna sättningar etc. Sättningar vid eller omkring markvärmesystemet kan ge effekter både på systemet och på närliggande byggnader om avståndet är otillräckligt.

Till vilken grad en naturlig mark fryser är beroende av dess termiska egenskaper, porositet, fukttinnehåll och temperaturen i omgivningen, där fukttinnehållet är av störst betydelse. Leriga jordar har bättre isolerande egenskaper (lägre värmeledningsförmåga) än siltiga och sandiga jordar och kan hålla mer fukt. Andra faktorer som påverkar djupet för tjälbildning är bl a isolerande snötäcke, vindhastighet, lufttemperatur, solinstrålning och nederbörd.

Tabell 4. Klassning av jordar efter tjälfarlighet.

Klass	Tjälfarlighet	Kapillär stighöjd	Jordart
Klass I	Icke tjälfarlig	-	Grus och grov sand
Klass II	Måttligt tjälfarlig	1 – 1,5 m	Lera samt blandkorniga och finkorniga jordarter med hög lerhalt
Klass III	Extremt tjälfarlig	> 15 m	Silt och siltrika jordarter

7 Fältbedömning av jordart

På ett enkelt sätt kan jordart, både till konsistens och egenskap, jämföras med olika livsmedel. Till exempel kan lera jämföras med margarin, silt med mjöl, sand med socker och grus kanske med nötter. I detta kapitel beskrivs några enkla metoder att närmare bestämma aktuella jordarter i fält.



Bild 17. Fyra olika jordarter. Överst från vänster: grus, sand, silt och lera. (Foto SGI).

Morän

Morän är en osorterad jordart, d v s den kan innehålla alla kornstorlekar från lera, silt, sand till sten och block. Beroende på vilken fraktion som dominerar kan en morän var sandig, siltig, lerig, stenig etc. Exempel på finkornig morän är siltig morän och lermorän. Lermorän är särskilt påtagligt i Skåne. Exempel på grov morän är sandig eller grusig morän. Förekommer korn som inte kan ses med blotta ögat innehåller moränen också silt eller lera. Innehållet måste dock vara betydande (runt 20 %, se tabell 2 på sidan 14). Dominerar innehållet av sand är det sannolikt en sandig morän. Kornen i en morän är i regel kantiga och vassa. En bottenmorän (avsatt under isen) kan vara mycket hårt packad och därmed svårschaktad. Som motsats kan en ytmorän vara mycket löst packad.

För att bestämma morän i fält, titta på kornen:

- ▶ förekommer olika fraktioner?
- ▶ är kornen kantiga?

Om ja på ovanstående är det sannolikt en morän. Försök även bedöma om någon fraktion dominerar.

Isälvsediment

Liksom morän kan isälvsediment innehålla alla fraktioner, från grus till ler. Isälvsediment har transporterats med isälvar, d v s smältvatten från inlandsisen, och därmed varit utsatt för vattnets slipande egenskaper och blivit avrundade (rullstenar och rullstensgrus). Isälvsediment är sorterade i skikt och lager med en eller ett fåtal kornstorlekar.

För att bestämma isälvmaterial i fält, titta på kornen:

- ▶ förekommer olika fraktioner?
- ▶ är kornen avrundade?

Om ja på ovanstående är det sannolikt ett isälvsediment.

Sand och grus

Sand har kornstorlek 0,06-2 mm. Grus har kornstorlek 2-60 mm. Sand och grus förekommer ofta tillsammans och med andra jordar som t ex silt. Sand kan närmast jämföras med socker i kornstorlek och ”känsla”. Grus skulle kunna jämföras med nötter i kornstorlek. Vad gäller sand kan det vara svår att skilja mellan en finsand och silt.

Nedan ges några anvisningar i hur man kan skilja dem åt:

- ▶ I en sand kan kornen ses med blotta ögat och materialet känns kornigt (jämför socker).
- ▶ Det är ofta svårare att urskilja kornen i en fuktig och blöt jord än i en torr. Om provet torkas (i luften eller i ugn) kan kornstorleken lättare bestämmas, kornen i en finsand kan tydligare ses.
- ▶ En torr silt pulvreras lätt mellan fingrarna (jämför mjöl), det gör inte en sand, den känns kornig.

Silt

Silt har kornstorlek 0,002-0,06 mm och är grövre än lera. I vissa fall kan kornen i silt ses med blotta ögat men i det flesta fall kan detta vara svårt varför silt lätt förväxlas med lera. Den som har finkänsliga fingrar kan känna kornen i en silt, vilket inte kan göras i en lera. Till skillnad

från sand kan silt när den är torr lätt pulveriseras under fingrarna och känns mjuk och slät mellan fingrarna. Sand känns kornig. Silt kan närmast jämföras med vanligt mjöl, både i konsistens och beteende.

Ett sätt att identifiera **silt** i fält är genom **skak- och tryckförsök** (bild 18), enligt följande:

1. Ta lite av materialet och lägg i handen. Är materialet helt torrt, tillsätt lite vatten så att det blir lite mer än fuktigt.
2. Knyt handen.
3. Skaka handen horisontellt, i sidled.
4. Öppna handen och titta på ytan.

Silt får en glansig yta av vatten vid skakning. Ytan blir matt om man trycker på den (med fingret). Fortsätt:

5. Knyt handen och krama ur vattnet.
6. Öppna handen.

En silt hårdnar, spricker, smulas sönder och ytan är matt.



*Bild 18. Skak- och tryckförsök i fält för att identifiera silt (SGI, 1985). **Silt** får en glansig yta av vatten vid skakning. Ytan blir matt om man trycker på den.*

Ett annat sätt att skilja silt från lera är, om inga föroreningar finns, att tugga på en bit material. Knastrar det är det inte en lera (möjligen en siltig lera) utan en silt. Silt har en seghet som lera saknar. En parallell för att förklara skillnaden mellan silt och lera är att **jämföra silt med mjöl och lera med margarin**. Mjöl som blandas med för mycket vatten blir rinnande. Blandas mjöl med för lite vatten blir den torr och hård. Däremellan, med lagom mängd vatten, är mjölet smidigt (segt) utan motstånd. Precis samma gäller för silt med olika vatteninnehåll. Margarin (eller smör för den delen) kan omformas när man kramar den, men trycker du med ett finger på margarinet känns det stumt och trycker du tillräckligt hårt kommer en del glida iväg. Samma sak gäller för lera.

En silts egenskaper är beroende av vatteninnehållet och en vattenmättad silt ”flyter” vilket kan innebära problem vid schaktning (flytjordsproblem) då väggar lätt faller ihop vid schaktning under grundvattenytan. Geoteknikerna talar om flytjord och flytjordsproblem, som innebär att schaktväggar lätt faller ihop vid schaktning under grundvattenytan.

Lera

Lerjord kallas i geotekniska sammanhang för kohesionsjord (hit hör också gyttja, dy och torv). Kornstorleken är mindre än 0,002 mm. Lera kan lätt formas när den är blöt men kan torka till en hård sammanhängande massa som är svår att bryta sönder. Vid förändring av vatteninnehållet i lera kan leran lätt expandera eller kontrahera, d v s tillförs vatten expanderar leran och dräneras lera på vatten krymper den och sprickor kan bildas. Lera som förekommer nära markytan är påverkad av tjäle, växter, avdunstning etc. och har blötts ner och torkats om vartannat, s k torrskorpelera har bildats. En torrskorpelera har vanligen luftfyllda sprickor som vattenfylls vid regn och/eller snösmältning. Djupare liggande lera är vanligen lös och omkring två tredjedelar av lerans volym utgörs av vatten, resten är lerpartiklar.

För att en jord skall klassificeras som lera skall den innehålla minst 40 % lerfraktion. En jord som innehåller grova korn som sand, grus och sten har liknande egenskaper som lera om lerhalten är över 15 %. I en sådan jord fyller leran ut hålrummen mellan de grova kornen som därmed skiljs åt och inte längre kommer i kontakt med varandra (*bild 19*).

Bild 19. Är lerhalten i en jord tillräckligt stor kan jorden uppföra sig på liknande sätt som om det hade varit ren lera. (Arbetarskyddsstyrelsen, 1981).

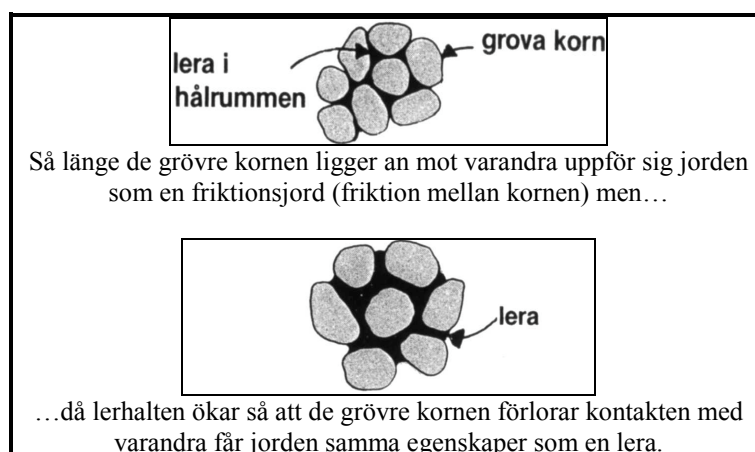
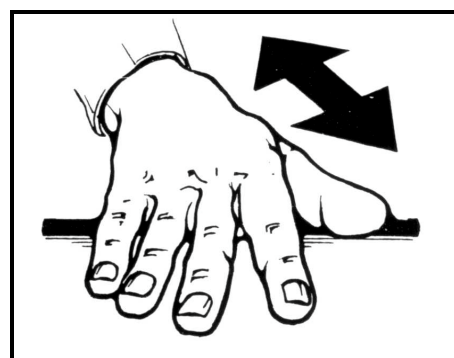


Bild 20. Rullprov i fält för att identifiera lera (Arbetarskyddsstyrelsen, 1981). Lera kan rullas ut i en sammanhängande tunn tråd mindre än 2 mm.



Lera kan rullas ut i tunna trådar och ett sätt att identifiera **lera** i fält är genom **rullprov** (*bild 20*), som beskrivs nedan:

1. Ta lite av materialet och lägg i handen. Om materialet är mycket torrt, tillsätt lite vatten så att det blir fuktigt.
2. Försök rulla ut en tunn tråd, mindre än 2 mm tjock.

En lera kan rullas mycket tunt utan att spricka eller gå sönder. Spricker ”tråden” är det en silt eller ett grövre material med för lite lerhalt. Fortsätt behandlingen:

3. Vik ihop tråden och rulla igen.
4. Upprepa.

Under denna behandling kommer fukttinnehållet att minska och materialet hårdna. Till slut förlorar leran sin plasticitet (formbarhet) och när plasticitetsgränsen är nådd smulas den sönder:

5. Efter att tråden har smulats sönder, klumpa ihop materialet igen och fortsätt med lite knådning tills klumpen smulas sönder.

Ju hårdare tråd (rulle) vid plasticitetsgränsen och ju hårdare klumpen är när den väl smulas sönder, desto större är lerinnehållet.

Som nämnts för silt är ett annat test att ”smaka” på en bit, knastrar det om jorden innehåller materialet grövre fraktioner en enbart lera. Till skillnad från silt behåller leran sin volym vid deformation. Till viss del kan lera och silt särskiljas genom ett se hur jorden betar sig vid schaktning. I nivå med eller under grundvattenytan är det särskilt tydligt då silten har en benägenhet att ”flyta” ut i schakten (se också föregående kapitel om silt). Som nämnts i avsnittet ovan om silt kan lera jämföras med margarin. Margarin kan omformas när man kramar den, men trycker du med ett finger på margarinet känns det stumt och trycker du tillräckligt hårt kommer en del glida iväg. Samma sak gäller för lera.

8 Lästips

Vill du veta mer om geologin i vårt land rekommenderas Sveriges Nationalatlas - Berg och Jord (1994), som är lättläst och innehåller mycket vackra bilder. Betydligt mer detaljerad är Sveriges geologi från urtid till nutid (Lindström et al., 1991). Mer information om markvärmesystem finns i SGI Varia 511: System för värme och kyla ur mark, en nulägesbeskrivning (2001). Varian går att skriva ut från SGIs hemsida www.swedgeo.se.

9 Referenser

- Arbetskyddsstyrelsen, 1981*: Gräv säkrare! Tips om hur jord fungerar.
Beställningsnummer H7.
- Handboken Bygg, Geoteknik, 1984*: Handboken Bygg, Geoteknik. Redaktionskommitté:
Torbjörn Stål, Per Wedel. Huvudredaktör: Sigurd Avén. ISBN 91-38-06077-9.
- Knutsson G, Morfeldt CO, 1995*: Grundvatten, teori & tillämpning. ISBN 31-7332-740-9.
- Lindström M, Lundqvist J, Lundqvist Th, 1991*: Sveriges geologi från urtid till nutid.
ISBN 91-44-30381-5.
- SGI, 2001*: System för värme och kyla ur mark. En nulägesbeskrivning. SGI Varia 511.
Författare: Rosén B, Gabrielsson A, Fallsvik J, Hellström G, Nilsson G. Statens
geotekniska institut, Linköping.
- SGI, 1985*: Länshållning vid schaktningsarbeten. Statens geotekniska institut, Linköping.
- Sundberg J, 1991*: Termiska egenskaper i jord och berg. SGI Information 12.
Statens geotekniska institut, Linköping.
- Sveriges Nationalatlas, 1994*: Sveriges Nationalatlas, Berg och Jord. Temareaktör:
Curt Fredén. Temavärd: Sveriges geologiska undersökning. ISBN 91-87760-27-4.



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se