



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SGI VARIA 156

**ÖKAD BÄRFÖRMÅGA GENOM PACKNING AV EN LERMORÄN MED
TUNG VIBROVÄLT**

Jan Hartlén, Statens geotekniska institut
Hans Sköld, Malmö Fastighetskontor
Lars-Åke Karlsson, HB Consult

Finansiärer:

BFR:s utryckningsanslag för geoteknisk forskning,
projektnr 51 5188261-9
Malmö fastighetskontor

Linköping 1985

ÖKAD BÄRFÖRMÅGA GENOM PACKNING AV LERMORÄN MED TUNG VIBROVÄLT

Jan Hartlén, Tekn.dr., Statens Geotekniska Institut
Hans Sköld, 1:e byråing., Malmö Fastighetskontor
Lars-Åke Karlsson, Civ.ing., HB-Consult

BAKGRUND

Malmö kommun äger ca 70-75% av all mark inom kommunen. Kommunens målsättning är att tillhandahålla grovplanerad mark åt olika byggherrar. Markförhållandena varierar mer inom Malmö kommuns gränser än många tror. Omfattande avlagringar finns av organiskt material som normalt måste grävas ur. På grund av stor brist på friktionsjord inom sydvästra Skåne har tekniken att fylla upp med lermorän utvecklats och under de senaste tio åren har på detta sätt ca 2 milj. m² färdigställts.

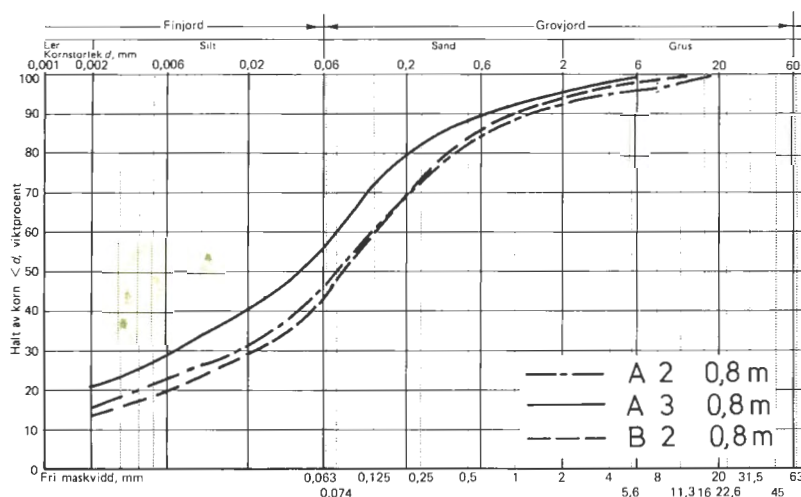
Jordförhållandena är ofta sådana att det förekommer ett övre lösare lermoränlager med några meters mäktighet på en fast lermorän. Om vid grundläggning i det ytliga lagret sättningarna förväntas bli oacceptabelt stora har man att välja mellan urgrävning av lösa massor och återfyllning med bärkraftig jord eller att nedföra byggnadslasterna till det fasta lagret (plint-och pålgrundläggning).

I vissa fall kan bärigheten tänkas ökad genom packning med tung vibrovält på överytan av det lösare ytlagret. Erfarenheterna från packning av mäktigare lager av lermorän är dock liten. Inom området Gullviksborg gavs möjligheten att studera effekten av "djuppackning". Fasthetstillväxten registrerades genom olika typer av sondering före och efter packning. Vidare analyserades risken för skadliga vibrationer, eftersom arbetena utfördes inom bebyggt område.

Utredningen har bekostats av Malmö fastighetskontor med ekonomiskt bidrag från Byggeforskningsrådets utryckningsanslag för geoteknisk forskning.

JORDLAGERFÖRHÅLLANDEN

Området utgörs av svagt kuperad åkermark. Under ett 0,3 à 0,7 m tjockt humushaltigt ytskikt utgörs jorden av lermorän. Lokalt förekommer inlagrade skikt av sand. Lermoränen är lös i de övre 1,5-2,0 m. Lermoränen är som regel siltig och sandig med vattenkvoten ca 12 à 15% och med skjuvhållfastheten som lägst 43 kPa enligt vingsond och 32 kPa enligt konprov. Kornfördelningen i tre provtagningspunkter visas i figur 1. Grundvattenytan återfanns 0,7 à 1,9 m under markytan.



Figur 1. Kornfördelningen i tre provtagningspunkter på djupet 0,8 m (efter matjordsavtagning).

PROVYTA

Under sommaren 1984 utfördes packningsförsök inom en delyta med storleken 95x140 m². En tung vibrovält (13,5 ton) dragen av schaktmaskin användes, figur 2. Packningen gjordes med 12 överfarter sedan matjorden schaktats av. Arbetet utfördes så att området delades in i två delområden. Packning gjordes med 6 överfarter per dag och med ett uppehåll däremellan på en dag. Därigenom motverkades risken för att höga porvattentryck skulle uppkomma. Totalt tog således arbetet fyra dagar. Packningen resulterade i en sättning på storleksordningen 0,05 m om än med stor variation. Noterbart är att efter packning kunde man lokalisera några kvarlämnade husgrunder och va-ledningar, vilkas läge ej var kända före packningen, figur 3.

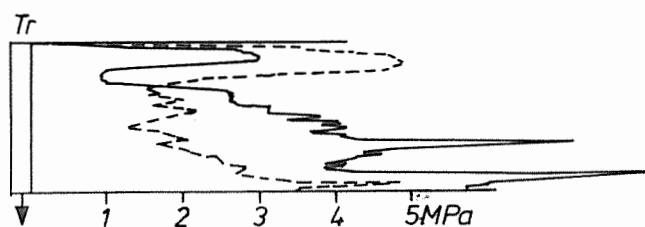


Figur 2. Packningsredskap; dragen vibrovält.

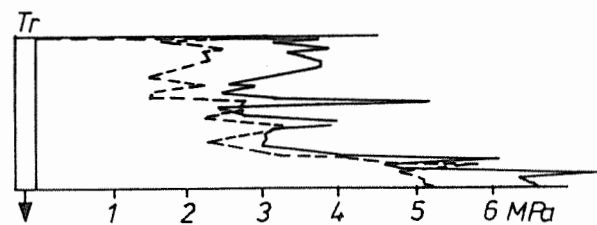


Figur 3. Packad yta. Upphöjningen är orsakad av en kvarlämnad grundmur.

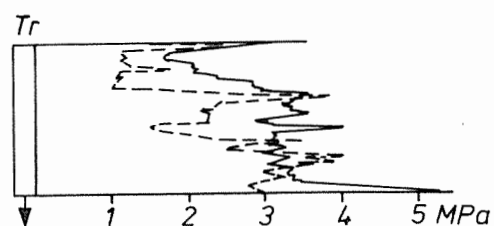
A2



A4



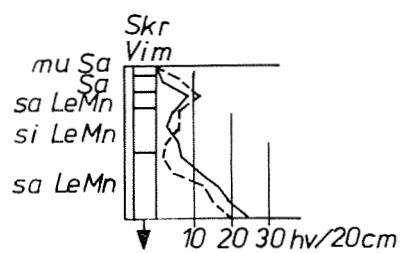
C3



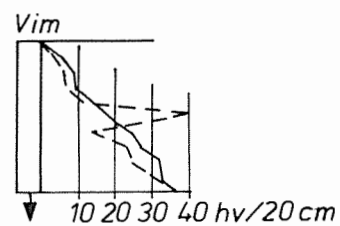
----- FÖRE PACKNING
 ————— EFTER PACKNING

Figur 4. Motstånd registrerat vid trycksondering före och efter packning.

A2



D4



Figur 5. Motstånd registrerat vid viktsondering före och efter packning.

För att värdera packningseffekten utfördes vikt-, tryck- och vingsondering före och efter packning. Figur 4 visar exempel på förändring i motstånd vid trycksondering och figur 5 vid viktsondering. Som framgår av figurerna registrerades en tydligare fasthetsökning vid trycksondering än vid viktsondering.

Förändringen i motstånd vid trycksondering har utvärderats genom att beräkna medelmotståndet utifrån sonderingsdiagrammets yta. Trycksondering utfördes i 20 punkter. Förändringen i fasthet registrerad på detta sätt kan givetvis bli stor pga att man inte kan sondera i exakt samma punkt. I inget fall (borrhål) registrerades dock lägre fasthet efter packning.

Medelmotståndets förändring i det totala lösa ytlagret (2,0 m) liksom i den översta 1,0 m blev:

	Totala lösa lagret		Översta 1,0 m	
	Före	Efter	Före	Efter
Medelmotstånd, MPa	2,84	3,88	2,57	3,37
Standardavvikelse, MPa	0,33	0,82	0,50	0,60

Packningen ökade således fastheten med i genomsnitt ca 37%. Intressant att notera är att effekten i den översta 1,0 m blev något lägre än för hela lagret (2,0 m). Detta betyder att packning erhållits i hela det lösa lagret. Dessutom är det väl känt att vid packning med tung vält kan ytan bli lös, varför efterpackning bör ske med en lätt vält.

Vid viktsondering i 20 punkter noterades den erhållna fasthetstillväxten tydligare mellan djupet 1,0 till 2,0 m än i den översta 1,0 m. Generellt kan dock sägas att viktsonden inte är tillräckligt känslig för denna typ av kontroll. Samband som tagits fram mellan trycksonderingsmotstånd och viktsonderingsmotstånd (1) visade sig ej vara giltigt i detta fall.

Ett begränsat antal vingsonderingar typ Nilcon utfördes före och efter packning med följande resultat

	Före	Efter
Medelhållfasthet, kPa	74	122
Standardavvikelse, kPa	24	38

Fasthetstillväxten enligt vingsondering blev således ca 65%. Vid undersökningar i ett tidigare skede hade mycket låga hållfasthetsvärden ställvis uppmätts.

Bärigheten kan relateras till trycksonderingsmotstånd och vingborrhållfasthet. För trycksondering har olika samband föreslagits (2). För kohesionsjord används exvis

$$q_{till} = \frac{q_c}{15} \quad (\text{kanadensisk norm})$$

där q_{till} anger plattbärigheten och q_c motståndet vid trycksondering.

Med $q_c = 3,88$ MPa (efter packning) fås $q_{till} = 260$ kPa.

Meyerhof har angett ett värde på $q_{till} = q_c/30$ med hänsyn till sättningarnas storlek. Meyerhof anger att sättningarna enligt hans samband ej överstiger 25 mm. q_{till} blir i det fallet 130 kPa.

Tillåtet grundtryck (säkerhetsfaktor 3) beräknat från vingsondering är teoretiskt

$$q_{till} = \frac{5,5c_u}{3} = 1,8 c_u.$$

Vid packning på våta sidan om optimal vattenkvot kan vingborrvärdet användas utan korrektion (1). Med värdet 122 kPa efter packning blir tillåtet grundtryck 220 kPa.

Vid grundläggning i lös jord är det oftare sättningarnas storlek än säkerheten mot grundbrott som blir dimensionerande. Utgående från trycksonderingsmotståndet har olika samband angivits för elasticitetsmodulen baserat på spetstrycksmotståndet. Sambandet

beror förutom av jordart av jordens konsolideringstillstånd. För överkonsoliderad jord tycks det bästa sambandet vara $E = (2-4)q_c$, där E är en elasticitetsmodul. Packningen skulle därmed ha reducerat sättningarna med ca 30%.

I samband med packning av våt lermorän kan höga porvattentryck utbilda, vilka omintetgör fortsatt packning. Avsikten var att studera portrycksutvecklingen i samband med provpackningen, men några tillförlitliga mätvärden erhöles inte. Detta kan bl.a. ha berott på att mätningar gjordes i en icke-vattemättad jord.

VIBRATIONER

För att klargöra risken för skador på intilliggande hus pga packningen anlätade Malmö fastighetskontor och SGI företaget Geo Spectra System AB. Jordens dämpning studerades genom att installera mätare 0,15 m ner under markytan. Vidare mättes vibrationer i fyra hus med mätarna placerade i hussocklar och i två av husen även i skorstenen.

Dämpningsprovet visade att på 30 m avstånd var maximal svängningshastighet i jorden 1,0 mm/s i vertikal riktning och 2,5 mm/s i horisontell riktning. För husen gällde att de högsta värdena erhöles när välten vände. I hus med källare noterades i allmänhet de högsta värdena. I områden där det fanns relativt ytliga fasta moränryggar erhöles högre värden än i hus där sådana ryggar saknades. Rekommendationen blev att vibratorn endast fick startas och stoppas på avstånd större än 50 m från husen med hänsyn till risk för resonansfenomen. Vältningen skulle vidare ske längs med husen och inte fram och tillbaka mot husen. Skyddsavstånden varierades med hänsyn till husens kondition, motsvarande mellan 20 och 50 m.

Under arbetenas utförande sattes tillåtna svängningshastigheter för golv i husen till 3,0 mm/s med en maximal varaktighet av 10 sek. Normala inomhusvärden sattes för golv till max 2,0 mm/s och för socklarna till 1,0 mm/s.

SLUTSATSER

Packning av naturlig, lös lermorän kan ge förhållandevis god effekt enligt utförd provpackning. Efter provpackningen packades ett större område. Fastheten ökade inom större delen av området till minst vad som uppnåddes inom provytan. Önskat resultat uppnåddes efter 6-7 överfarter. Erfarenheterna från packningen av det stora området är bl.a.

- För att uppnå bästa resultat bör en viss tid förflyta mellan överfarterna så att eventuella porvattentryck hinner utjämnas. Därmed motverkas risken för jordflytning och hållfasthetsförsämring. Vilket tidsintervall som skall väljas beror bl.a. på grundvattenytans läge och lermoränsens siltinnehåll.
- Skjuvhållfastheten (mätt med vingsond) visade en klar tendens till ökning ännu flera månader efter avslutad packning.

Det blir de lokala geotekniska förhållandena och den planerade bebyggelsen som bildar underlaget för den tekniskt-ekonomiska bedömningen. "Djuppackning" är då ett alternativ. Resultatkontrollen bör ske med trycksondering och/eller vingsondering. Vid packning på torra sidan bör även packningsgraden bestämmas.

LITTERATUR

- (1) Malmborg, B. s, 1983. Packad lermoräns hållfasthets- och kompressionsegenskaper. Tekniska Högskolan i Lund, Avd. för geoteknik. Rapport TUGT-1001. Lund.
- (2) Bergdahl, U. & Eriksson, U., 1983. Bestämning av jordegenskaper med sondering - en litteraturstudie. Statens Geotekniska Institut. Rapport No. 22. Linköping.