



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R102:1979

Kontroll av packad friktionsjord

Kontrollmetoder för bestämning av deformations- och brottbärighetsegenskaper

Per Hellman

Bengt O. Pramborg

Gunnar Svensson

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R102:1979

KONTROLL AV PACKAD FRIKTIONSJORD

Kontrollmetoder för bestämning av deformations-
och brottbärighetsegenskaper

Per Hellman
Bengt O. Pramborg
Gunnar Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780520-4
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Jacobson &
Widmark, Lidingö.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R102:1979

ISBN 91-540-3098-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 956615

INNEHÅLL

FÖRORD	5
1 INLEDNING	7
2 UPPLÄGGNING AV PROJEKTET	8
3 FÖRBEREDELSE	9
3.1 Litteraturstudie	9
3.2 Program	10
4 FÄLTFÖRSÖK	11
4.1 Materialval	11
4.2 Utläggning och packning	12
4.3 Kontrollmetoder och mätprogram	16
4.4 Laboratoriearbeten	16
5 MÄTRESULTAT	17
5.1 Skiktvis kontroll	17
5.1.1 Statisk plattbelastning, ϕ 300 mm	18
5.1.2 Pressometer, sond ϕ 32 mm	19
5.1.3 Fallvikt, platta ϕ 300 mm	20
5.1.4 Compactometer	21
5.1.5 Vattenvolymeter, ϕ 150 mm	21
5.1.6 Avvägning	23
5.2 Kontroll på djupet efter full uppfyllnad.....	23
5.2.1 Pressometer, sond ϕ 32 mm	24
5.2.2 Skruvplatta, skruv ϕ 140 mm	25
5.2.3 Trycksond	26
5.2.4 Hejarsond	27
5.2.5 Viktsond, maskinell	27
6 MÄTVÄRDENAS SPRIDNING	28
6.1 Kontrollinstrumentens mätnoggrannhet	28
6.2 Störningar och felkällor	29
6.3 Variationer i fyllningen inom olika delar av testytan	30
7 BERÄKNADE OCH UPPMÄTTA DEFORMATIONS- OCH BROTT- BÄRIGHETER	31
7.1 Beräkningsmodeller	31
7.1.1 Statisk plattbelastning	31
7.1.2 Pressometer	32
7.1.3 Skruvplatta	34
7.1.4 Fallvikt och compactometer	35
7.1.5 Vattenvolymeter	35
7.1.6 Sondering	35
7.2 Kontrollresultat - provbelastning.....	35
8 KONTROLLMETODERNAS FÖRDELAR OCH NACKDELAR	37
8.1 Teknisk tillförlitlighet	37
8.2 Kontrollmetodernas kapacitet och praktiska användbarhet	38
9 SLUTORD	40

BILAGOR

1	Litteraturförteckning	41
2	Metodbeskrivningar	53
3	Mätvärden	93
4	Laboratorieresultat	143

FÖRORD

Utredningen har utförts av AB Jacobson & Widmark med anslag från Statens råd för byggnadsforskning. Fältförsöket utfördes inom Sand- och Grusaktiebolaget Jehanders arbetsområde i Riksten. Genom kostnadsfri tillgång till testyta och material inom området har detta företag möjliggjort försökets genomförande. Dynapac Maskin AB har utan kostnad hållit med packningsredskap och bidragit med många värdefulla synpunkter på försökets praktiska utförande. Geodynamik AB, VIAK AB, AB Jacobson & Widmark, Grundförstärkningar AB, KUAB Konsult och Utveckling AB, Statens Väg- och Trafikinstitut och Statens Geotekniska Institut har bistått med instruktörer och instrument. Vi tackar dessa företag för viljan att satsa på projektet.

Professor Sven Hansbo har medverkat vid projektredovisningen och tillsammans med tekn. dr Lars Forssblad och civilingenjör Gunnar Busk aktivt deltagit i arbetet med planering och redovisning av projektet. Ingenjör Jörgen Harland har utfört en stor del av kontrollmätningarna och laboratorieundersökningarna. Civilingenjör Karl Fredrik Ploman har utvärderat resultaten från skruvplatteförsöken. Birgitta Sahlström och Lilian Anbratt har skrivit manuskriptet. Till dessa personer riktar vi ett varmt tack.

Lidingö 1979-03-01

Gunnar Svensson

Per Hellman

Bengt O Pramborg

1 INLEDNING

Vid packnings- och fyllningsarbeten utförs kontroll av utförande och av resultat. I svenska normer anges hur packningsarbetet skall utföras och kontrolleras i olika jordar och under olika förutsättningar. För resultatkontrollen rekommenderas i vissa fall densitetsbestämning varvid uppmätt densitet jämförs med maximal densitet bestämd på samma jord med tung laboratoriestampning. Härigenom kan packningsgraden beräknas.

Under de senaste åren har kontrollmetoder framtagits som bygger på en mera direkt bestämning av en packad jords brottbärighets- och deformationsegenskaper. Med en sådan information som underlag kan bl.a. även samverkan mellan byggnad och undergrund studeras. Sådana kontrollmetoder behandlas inte i normer och anvisningar. Det är viktigt att metodernas tekniska tillförlitlighet och deras praktiska och ekonomiska lämplighet bedöms. Detta projekt syftar till att ge ett underlag för en sådan bedömning.

2 UPPLÄGGNING AV PROJEKTET

Projektet har uppdelats i tre delar.

Del I, Förberedelse

Den inledande litteraturstudien avsåg att ge ett utökat underlag för metodval och uppläggning av det planerade försöket. Ett programförslag för fältförsöket utarbetades och justerades i ett remissgruppsmöte.

Del II, Fältförsök

Programmet för fältförsöket innebar vid utförandet följande.

Tre jordar (siltig sand, sand och grusig sand) utlades och packades i tre skikt (skikttjocklek 50 cm) med en traktor-dragen vibrationsvält vägande 6,1 ton. Packningen utfördes med olika energi (packning med enbart bandtraktor samt packning med 2, 6 och 12 överfarter med vibrationsvält) i zoner inom varje jordart. Kontrollmätning utfördes skiktvis (med instrument konstruerade för sådan kontroll) och efter fyllning till full höjd (med instrument konstruerade för kontroll på djupet). Försöket avslutades med provbelastningar. Under försöken noterades vidare praktiska synpunkter samt tidsåtgång för de olika kontrollmetoderna.

Del III, Sammanställning och redovisning

Sammanställningen visar de olika instrumentens mätvärden vid varierande packningsenergi och i olika jordar. För de kontrollmetoder där utvärdering av jordarnas brottbärighets- och deformationsegenskaper har varit möjlig redovisas beräkningar gällande för ett cirkulärt fundament med 60 cm diameter grundlagt på markytan. Beräkningsresultaten jämförs sedan med resultaten från plattbelastningen.

3 FÖRBEREDELSE

3.1 Litteraturstudie

Vid litteraturstudien gjordes sökning i Geodex International, Information Retrieval Systems och i ESA/RECON, Pascal-Bulletine Signalétique.

Litteraturen uppdelades i tre grupper med följande ledordskombinationer:

- A. Kontrollmetoder: packningskontroll, utrustning-bäringhet-packning, densitetskontroll
- B. Belastningsförsök: provbelastning, friktionsjord
- C. Laboratoriemetoder: laboratorieförsök, inre friktionsvinkel

Litteraturen söktes för tidsintervallet 1970-1977. Listan kompletterades sedan med litteratur enligt hänvisningar från de insamlade artiklarna. Dessutom utnyttjades en litteraturförteckning framtagen av SGI (täckande främst sonderingsmetoder).

Ändamålet med litteraturstudien var att:

- undersöka om nya metoder (ej kända och testade i Sverige) fanns beskrivna i den internationella litteraturen,
- studera beskrivningar av projekt och rutiner, behandlande problematiken i kontrollmätningen, för att eventuellt ändra, komplettera eller reducera det planerade fältförsöket,
- samla, summera och illustrera råd och erfarenheter från olika packningsförsök och tester,
- erhålla en sammanfattande beskrivning av olika kontrollmetoder.

Litteraturstudien drevs under kort tid (3 veckor). Försök gjordes även att genom korrespondens med bl.a. Polen, Tjeckoslovakien, Sovjet, Ungern, Japan m.fl. insamla information om nya kontrollmetoder och beskrivning av praxis för kontrollarbeten. Med undantag av en intressant artikel av doktor H. Ohta från Japan [68] erhöles inga svar.

Den studerade litteraturen redovisar endast ett fåtal nya kontrollmetoder (ofta baserade på densitetsbestämning) men ger en entydig bild av behovet av metoder för mätning av friktionsjordars egenskaper ur bärighets- och deformationssynpunkt.

Densitetskontrollen kritiseras allmänt men några försök att ta fram och prova nya instrument och metoder för kontroll av packad fyllning beskrivs endast i undantagsfall (exempelvis de i programmet medtagna dynamiska metoderna). När sådana försök har utförts diskuteras utrustning och metod ur tillförlitlighetssynpunkt och ej ur praktisk eller ekonomisk synvinkel.

Behovet av försök för jämförelse av olika mätvärden och kalibrering av dessa med belastningsförsök i full skala påtalas inte bara i den internationella litteraturen utan framgår även i skrivna normer, anvisningar och metodbeskrivningar.

I litteraturförteckningen (bilaga 1) har studerad litteratur katalogiserats efter författarnamn. Artiklarnas innehåll anges med sifferkod där varje siffra täcker en ämnesgrupp; 1. Kontrollmetoder, 2. Belastningsförsök, 3. Laboratoriemetoder, 4. Beräkningsförutsättningar och 5. Normer, standards och rekommendationer.

För litteraturen har också angivits det språk artikeln är skriven på.

De för fältförsöket utvalda kontrollmetoderna har beskrivits i bilaga 2.

3.2 Program

Vid utarbetandet av program för fältförsöket har den genom litteraturstudien erhållna tekniska informationen utnyttjats. Ett programförslag diskuterades under ett remissgruppmöte i förberedelsefasens slutskede. Till detta möte kallades följande.

S-E Rehnman	Statens Planverk
U. Bergdahl	Statens geotekniska institut
P-O Nordin	AB Svensk Byggtjänst (RA-gruppen)
H. Fagerström	SGFs Laboratoriekommitté
S. Hansbo	SGFs Laboratoriekommitté
L. Bernell	Statens Vattenfallsverk
L. Cadling	Svenska Riksbyggen AB
L. Forssblad	Dynapac Maskin AB
B. Nord	BINAB

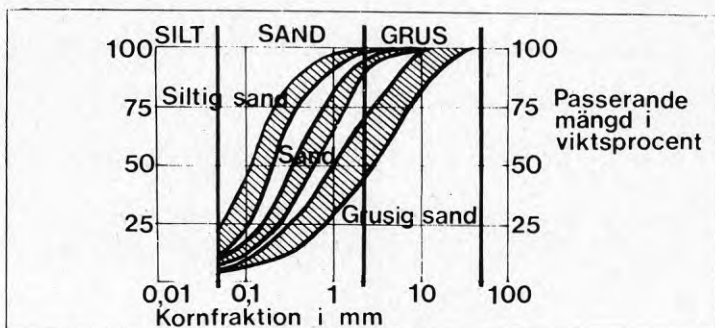
Under mötet gavs många konkreta förslag på bland annat val av kontrollmetoder och fältförsökets praktiska utförande. Bland annat ansågs det viktigt att fältförsöket drevs så att den erhållna informationen skulle vara anpassad till praktiskt packningsarbete och framför allt erbjuda underlag till val av kontrollmetoder för olika projekt.

4 FÄLTFÖRSÖK

För fältförsöket har syftet varit att med ett utvalt antal kontrollinstrument erhålla jämförbara mätresultat från olika jordar, packade till varierande lagringstäthet. För att kunna göra en sådan jämförelse ansågs det nödvändigt att utföra provbelastning efter packning för att härigenom erhålla en tolk till de olika mätvärdena. För att hålla projektet inom rimliga kostnadsramar har vissa begränsningar i programmets omfattning måst göras. För att dessa begränsningar ej skulle medföra bortfall av viktigt bedömningsunderlag hölls ett remissmöte i projektets förberedelsefas (Del I) där experter från olika företag och institutioner gavs möjlighet att lämna synpunkter och förbättra det då redovisade preliminära programmet. Ytterligare justeringar av programmet har sedan gjorts främst av praktisk-ekonomiska skäl. Det därefter utförda försöket kan beskrivas enligt följande:

4.1 Materialval

Fältförsöket utfördes inom Jehanders grustag i Riksten, Tullinge. Följande jordarter har använts; något siltig sand, sand och grusig sand. Dessa jordarter fanns inom rimligt transportavstånd från den valda provytan och kunde brytas direkt ur bank och utläggas utan föregående siktning, krossning eller tvättning.



FIGUR 1 Resultat från siktning utförd på de olika jordarna från försöket

Figur 1 visar spridningen i kornfraktionsfördelningen för varje jordart. Zonerna utgör en summering av resultaten från ett flertal siktförsök

4.2 Utläggning och packning

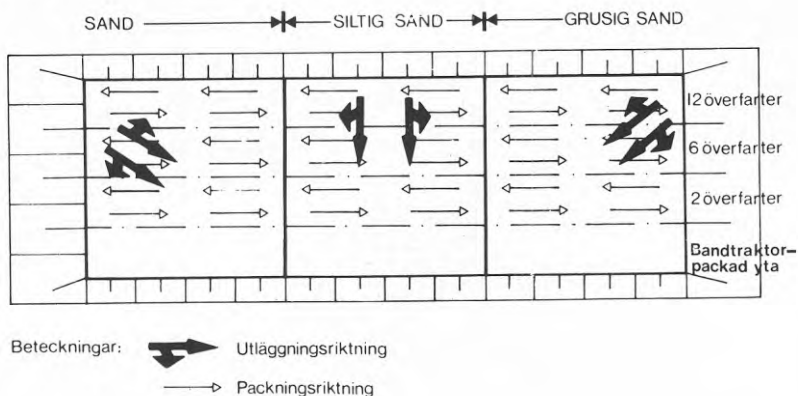
Materialen lades på bank och bladades ut med bandtraktor i 50 cm tjocka skikt.



FIGUR 2 Utläggning av skikt II

Fyllningen bars fram till upplag inom ytan med hjälp av en hjullastare och bladades sedan ut och nivåjusterades med hjälp av bandtraktor.

För att reducera materialåtgång och packningsarbete lades materialen intill varandra och packades samtidigt. Utläggning och packning utfördes på samma sätt och med samma körriktning i alla tre skikten (se figur 3).



FIGUR 3 Utläggning och packning

För packningsarbetet utnyttjades en 6,1 tons traktordragen vibrationsvält (Dynapac CH 47) vilken framfördes med en konstant hastighet av 3 km/h. Packningen utfördes i zoner med 12, 6 och 2 överfarter. Inom en fjärde zon utfördes packning med enbart bandtraktor, 10 ton (1 överfart med band intill band). Se figur 3.

Efter utläggning och packning täcktes skikten med presenningar som skydd mot regn och avdunstning. Det ansågs betydelsefullt att försöka bibehålla den vattenkvot materialet hade vid utläggningen och packningen samt att reducera variationen i vattenkvoten inom de olika skikten. Materialens vattenkvot undersöktes direkt efter utläggningen av varje skikt.



FIGUR 4 Täckning av de packade ytorna

Som framgår av fig. 5, uppmätta vattenkvoter, är vattenkvotsförändringen mellan skikten oftast mindre än förändringen inom varje skikt. Detta förhållande torde kunna tillskrivas de gynnsamma väderleksförhållandena under försöket och det skydd mot nederbörd och avdunstning de utlagda presenningarna gav.

Varje packningszon täcker en yta av 4 x 15 m varvid provytans totala mått blir 16 x 45 m. Begränsningslinjerna för material och packningszoner utdrogs och befästes i enslinjer utanför provytan.

Materialzon	Vattenkvoter (medelvärde) %	Variationsvidd ($w_{MAX} - w_{MIN}$) %	Optimal vattenkvot %
Siltig sand			
SKIKT I	7,61	5,5	15
II	7,49	4,5	13
III	7,49	5,5	14
I-III	7,55	5,9	14
Sand			
SKIKT I	(3,39)	(2,3)	(8)
II	3,79	1,7	11
III	4,31	1,7	11
II-III	4,05	2,4	11
Grusig sand			
SKIKT I	2,87	1,4	8
II	4,30	3,9	8
III	4,32	3,1	8
I-III	3,83	4,5	8

FIGUR 5 Uppmätta vattenkvoter. Resultat från bestämningar i 12 punkter per skikt och jordart.

De utlagda skikten avvägdes före och efter packning. Avvägningen anslöts till en på berg utlagd hjälpfix som gavs den relativa höjden +10,0.



FIGUR 6 Testytan med befästa baslinjer och uppsatta höjdtiangelar (flukter). Kontors- och laboratoriebedar i bakgrunden

mätinstrument (1)	antal mätpunkter (2)		skikt III	totalt
	skikt I	skikt II		
Statisk plattbelastning, ø 600 mm, fullskaleförsök	0		4+4+4	12
Statisk plattbelastning, ø 300 mm	0	12+12+12	0	36
Pressometer, ø 32 mm	16+(16)+15	16+16+15	16+16+15	181
Skruvplatta, ø 140 mm	0	2+2+0	2+2+0	8
Fallvikt platta, ø 300 mm	12+(12)+12	12+12+12	12+12+12	108
Compactometer	120+(120)+120	120+120+120	120+120+120	1080
Vattenvolymeter, ø 150	12+(12)+12	9+12+12	12+12+12	105
<hr/>				
<u>Sondering</u>				
Trycksond (3)	0	0	4+4+4	12
Trycksond (4)	0	0	4+4+4	12
Hejarsond (5)	0	0	4+4+4	12
Viktsond (maskinell)	0	0	4+4+4	12
<hr/>				
Avvägning	190+190+190	112+133+133	133+133+133	1347

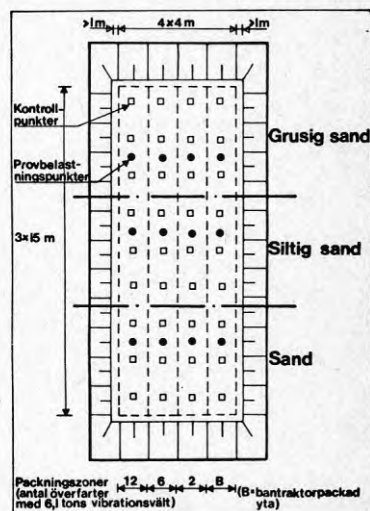
- (1) De utnyttjade kontrollmetoderna finns beskrivna i bilaga 2.
- (2) De i tabellen angivna siffrorna härrör från delytorna; siltig sand + sand + grusig sand.
- (3) Mekanisk registrering
- (4) Elektrisk spetsregistrering
- (5) 10 kg hejare (Tysk lätt hejarsond, stand. DIN 4094).

Anmärkningar

Kontroll direkt efter utläggning och packning av varje skikt har utförts med pressometer, fallvikt, compactometer, vattenvolymeter och avvägning.

Kontroll med statisk plattbelastning, ø 300 mm) har endast utförts på skikt II.

Djupkontroll efter full uppfyllning har utförts med pressometer, skruvplatta, viktsond, trycksond och hejarsond.



FIGUR 7 Mätprogram

4.3 Kontrollmetoder och mätprogram

Mätprogrammet bestämdes med avsikt att granska och jämföra nya mindre dokumenterade kontrollmetoder. För att jämföra mätvärdena med i praxis använda riktvärden och för att beskriva jordarterna utfördes också sondering, densitetskontroll och vissa laboratoriearbeten.

Försöket avslutades med en provbelastning (en platsgjuten betongplatta med diametern 60 cm belastades med domkraft mot ett dragstagsförankrat ok) för att kunna jämföra med de från kontrollmätningarna beräknade brottbärigheterna och deformationerna.

De olika kontrollmetoderna och mätningarnas omfattning framgår av tabellen på föregående sida (fig. 7). Mätresultaten redovisas i tabellform i bilaga 3 samt under rubriken "Mätresultat" nedan.

4.4 Laboratoriearbeten

Dessa undersökningar är i huvudsak knutna till densitetskontroll och omfattningen framgår av tabellen nedan (fig. 8).

laboratoriearbeten	antal undersökningar
laboratorieivibrering	7
tung laboratoriestampning	5
siktning	13
bestämning av kompaktdensitet	9
bestämning av densitet vid lös ifyllning	9
bestämning av densitet i samband med vattenvolymetertest	114
vattenkvotsbestämning	154

FIGUR 8 Laboratorieundersökningar

Densitets- och vattenkvotsbestämning på vattenvolymeterproverna har utförts på det fältlaboratorium som iordningställdes inom försöksområdet medan övriga undersökningar har utförts på HSBs och J&Ws geotekniska laboratorium. Undersökningarna har utförts enligt SGFs utarbetade laboratorieanvisningar.

Resultaten av undersökningarna redovisas i bilaga 4.

5 MÄTRESULTAT

Kontrollmätningen utfördes med olika instrument dels skiktvis och dels på djupet efter full uppfyllnad.

För skiktvis kontroll utnyttjades:

- Statisk plattbelastning med belastningsplatta $\varnothing 300$ mm
- Pressometer med sond $\varnothing 32$ mm
- Fallvikt med belastningsplatta $\varnothing 300$ mm
- Compactometer
- Vattenvolymeter, $\varnothing 150$ mm
- Avvägning

För kontroll på djupet efter full uppfyllnad utnyttjades:

- Pressometer med sond $\varnothing 32$ mm
- Skruvplatta med belastningsskruv $\varnothing 140$ mm
- Viktsond, maskinell
- Trycksond, mekanisk och elektrisk registrering
- Hejarsond, tysk lätt, standard DIN 4094.

Provbelastning med en cirkulär platta med 600 mm diameter utfördes i en punkt inom varje packningszon (12 punkter) efter full uppfyllnad. Belastningen påfördes stegvis och drevs efter en av- och pålastning till markbrott.

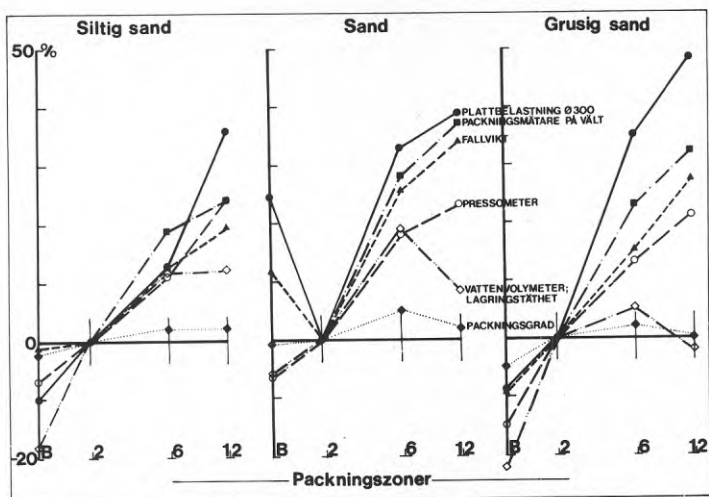
Resultaten från samtliga mätningar redovisas i detalj i bilaga 3. Nedan ges en allmän beskrivning av resultaten från kontroller utförda med de olika instrumenten.

5.1 Skiktvis kontroll

Den skiktvisa kontrollen har utförts med pressometer, fallvikt, compactometer och vattenvolymeter. Mätningar med statisk plattbelastning $\varnothing 300$ mm har av praktiska skäl endast utförts på skikt II.

Packningsförfarandet har varit detsamma i alla jordar och för alla skikt. Mätresultaten visar likartade värden i de tre skikten. Compactometern uppvisar dock avtagande värden för varje skikt vilket torde bero på varierande inverkan från undergrunden.

I diagrammet nedan har den procentuella förändringen av medelvärdena vid varierande packningsenergi redovisats. Förändringen har beräknats utifrån erhållna mätvärden inom packningszonen med 2 överfarter. Packningsenergin har avsatts i logaritmisk skala. Medelvärdets storlek ökar genomgående i grövre jord och vid ökad packningsenergi. Undantag utgör dock beräknade värden på packningsgrad och lagringstäthet.



FIGUR 9 Mätresultat

Procentuella förändringar av beräknade medelvärden i förhållande till mätresultaten från packningszon 2 överfarter.

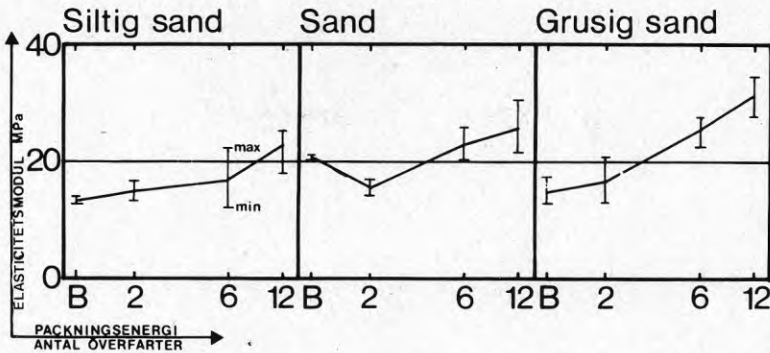
Mätvärdena från pressometerkontrollen är lägre än vad som normalt accepteras vid packningskontroll medan erhållna värden på packningsgraden bestämd genom densitetskontroll genomgående är högre än 90 % proctor vilket brukar vara kriteriet på en väl packad jord. För övriga kontrollinstrument finns ej några riktlinjer för en generell klassning av en fyllningskvalité.

5.1.1 Statisk plattbelastning, ϕ 300 mm

Mätningar har endast utförts på skikt II på grund av att någon utrustning ej fanns tillgänglig vid färdigställande av skikt I. Vid mätning på skikt II uppstod stora problem på grund av fastkörning inom de mindre packade finkorniga jordarna. Lastbilen, som utrustningen var monterad på, fick bogseras till mätpunkterna varvid ytan till stora delar förstördes av hjulspår. För att undvika liknande problem på skikt III reducerades mätprogrammet.

Totalt 36 mätningar har utförts, varav 3 i varje packningszon. Proven har gjorts direkt på den packade fyllningens överyta. Vid bestämning av tillåten påkänning har trefaldig säkerhet lagts på brottlasten. Markbrott har dock endast uppnåtts inom de ytor där låg packningsenergi påförts. Inom övriga ytor har vid beräkning av tillåten påkänning q till brottlasten ansetts motsvaras av den maximalt erhållna belastningen. De beräknade modulerna E (vid ett antaget kontraktionstal $\nu = 0,3$) för en

last motsvarande tillåten påkänning varierar med jordart och packningsenergi enligt figur 10.



FIGUR 10 Medelvärde av beräknade elasticitetsmoduler to-l-kade ur jungfrukurvan vid statistiskt plattbelastningsförsök

Av figuren framgår att modulen ökar med ökad packningsenergi och att det numeriska värdet stiger ju grovkornigare jorden är.

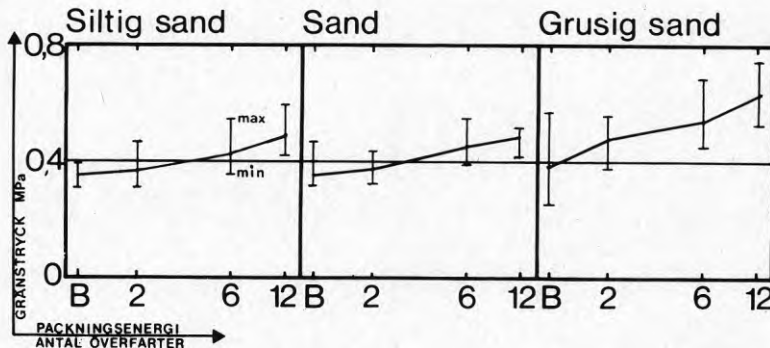
5.1.2 Pressometer, sond \varnothing 32 mm

Vid pressometermätningar bestäms jordens gränstryck, kryptryck och pressometermodul med vars hjälp brottbärlighet- och deformationer kan beräknas.

Totalt 108 mätningar har utförts på 0,3 m djup från respektive skikts överyta.

Erhållna mätresultat är lägre än vad som normalt accepteras vid packningskontroll. Vid mätningar efter full uppfyllnad har dock en betydande ökning av gränstrycket konstaterats i underliggande skikt (se 5.2 Kontroll på djupet efter full uppfyllnad).

Gränstryckets medelvärde från mätningar inom respektive packningszon redovisas i fig. 11.



FIGUR 11 Medelvärde av uppmätta gränstryck erhållna vid pressometermätning

5.1.3 Fallvikt, platta $\varnothing 300$ mm

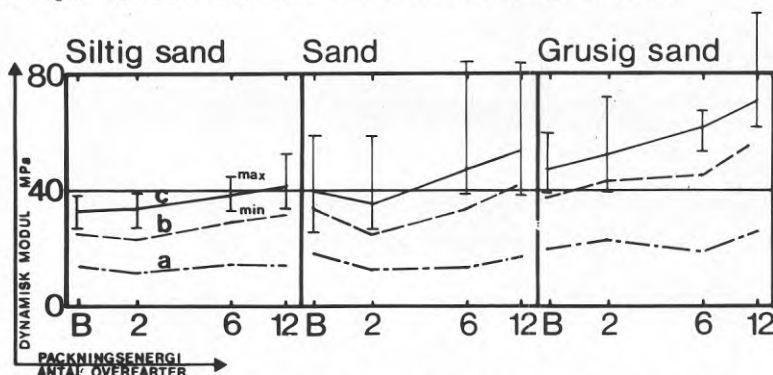
Från mätresultaten beräknas den dynamiska elasticitetsmodulen för jorden. Något entydigt samband mellan dynamisk och statisk modul har ej kunnat fastställas. Några tillförlitliga deformationsberäkningar för en statisk last kan därför ej utföras med dessa moduler som underlag.

Totalt 108 mätningar har utförts. Mätningarna har utförts direkt på den packade fyllningens överyta.

Enligt Statens väg- och trafikinstitut (VTI) mätmetod upprepas fallförsöken till dess att sjunkningen mellan två på varandra följande mätvärden ej skiljer sig åt med mer än 0,01 mm. Den dynamiska modulen beräknas enligt VTI vid kontroll av vägbeläggningar och bärlager på sista värdet. Detta värde uppnås normalt efter 6-8 fallförsök. Vid kontroll på löst lagrade jordar torde detta innebära att jorden packas under försökets utförande. Ur denna synvinkel skulle det enligt litteraturen vara riktigare att använda första eller möjligen andra värdet för beräkning av en dynamisk modul.

Tre dynamiska moduler har beräknats från försökets mätresultat varvid deformationen från första, andra och sista slaget utnyttjats.

I figur 12 redovisas medelvärden av beräknade moduler.



FIGUR 12 Beräknade medelvärden på tolkade dynamiska moduler baserade på deformation vid a. första slaget, b. andra slaget och c. sista slaget.

Modulerna beräknade på värden från första fallförsöket är låga och visar stor spridning. Detta torde bero på effekter av det lösa ytskikt som uppstår vid packning med vibrerande packningsredskap.

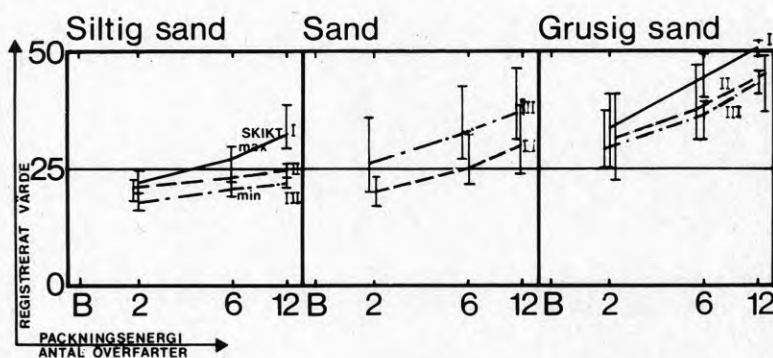
Modulerna beräknade på andra fallförsöket uppvisar mindre spridning. Beräknade medelvärden ökar genomgående med ökad packningsenergi. Några referensvärden för bedömning av fyllningens kvalitet finns ej för närvarande.

5.1.4 Compactometer

Mätaren, vars givare är monterad på den vibrerande valsen, registrerar valsens vibrationsförändring vid varierande svar från undergrunden.

Bredden på packningszonerna är 4 m, vilket innebär att välten som är 2 m bred kört över ytorna i två bredvid varandra liggande fält. (Betecknade fält a och b i sammanställning av mätvärden, bilaga 3).

För sand, 12 överfarter, har lägre värden registrerats i det sista skiktet för fältet närmast slänten. Orsaken är sannolikt att slänten inte givit tillräckligt mothåll. Dessa värden är ej medtagna i beräkning av de medelvärden som redovisas i figur 13.



FIGUR 13 Medelvärden från compactometern

Erhållna mätvärden ökar med ökad packningsenergi och i grövre jordar. De lägre mätvärdena som erhöles i skikt I och II torde bero på att vältens djupverkan varit större än skiktjockleken och att mätningarna påverkats mindre av den fastare undergrunden.

Några referensvärden för bedömning av fyllningens kvalitét finns ej för närvarande.

5.1.5 Vattenvolymeter, \varnothing 150 mm

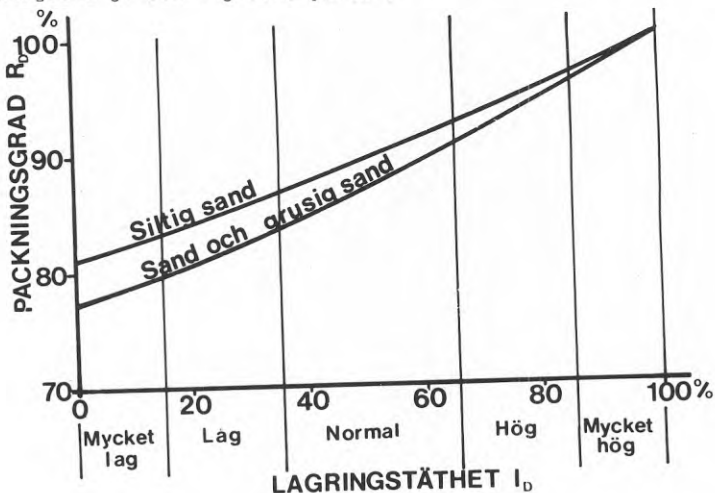
Med vattenvolymeter bestäms densiteten i fält som sedan jämförs med densiteten bestämd genom tung laboriorestampning (proctor-stampning). Förhållandet mellan dessa två densiteter benämns packningsgrad och uttrycks i procent. Man kan också bestämma jordens lagringstäthet genom att i beräkningen ta med materialets densitet vid lös ifyllning. Normalt utnyttjas packningsgraden vid beskrivning av packningsresultatet. Enligt Svensk Byggnorm 1975 anses packningen vara tillfredsställande om 90 % mod. proctor uppnås. I figur 14 redovisas förhållandet mellan pack-

ningsgrad och lagringstäthet för de olika jordarna. Det framgår att packningsgraden 90 % motsvarar normal lagringstäthet för de undersökta jordarna.

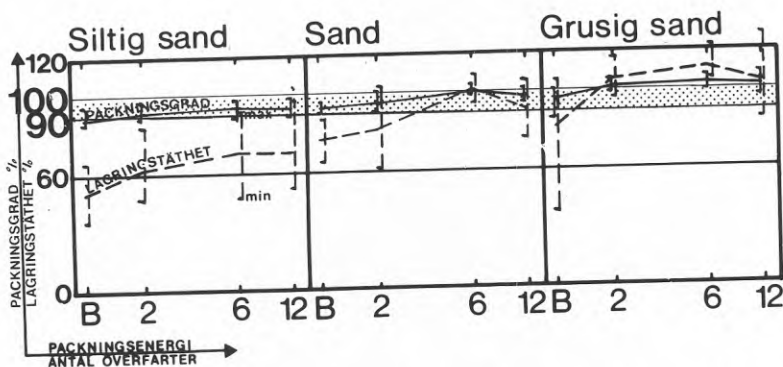
Densitetsbestämning har utförts i totalt 108 punkter. Bestämningen har gjorts på 0,2 - 0,3 m djup räknat från skiktets överyta.

Beräknade medelvärden på packningsgrad och lagringstäthet redovisas i fig. 15.

Av figuren framgår att packningsgraden genomgående är högre än 90 %. Mätvärdena visar endast en obetydlig ökning med ökad packningsenergi och i grövre jordar.



FIGUR 14 Relationen mellan packningsgrad och lagringstäthet för de undersökta jordarna.



FIGUR 15 Medelvärde beräknade på resultaten från utförda densitetsbestämningar. Skrafferad yta i diagrammet motsvarar den zon inom vilken kraven för en fullgod packning brukar ställas (packningsgrad 90-100 % mod. Proctor).

Lagringstätheten är i siltig sand normal (35-65%) för ytorna utsatta för den lägre packningsenergin och hög (65-85%) vid högre packningsenergi. Sand och sandigt grus uppvisar hög till mycket hög lagringstäthet (65-100%).

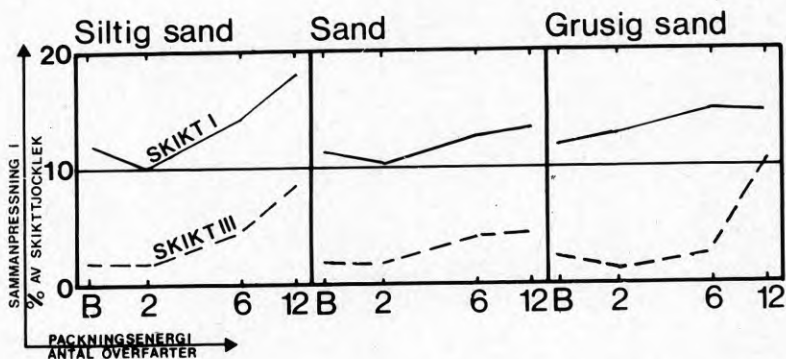
En ökning av lagringstätheten kan konstateras med ökad packningsenergi. För högre packningsenergi än 6 överfarer sjunker dock värdet på lagringstätheten.

Lagringstätheten har större spridning än packningsgraden. Lagringstätheten kan variera mellan 0 - 100 % medan packningsgraden endast varierar mellan 77 - 100 % för sand och grusig sand och mellan 88 - 100 % för siltig sand. Enheterna blir härmed olika känsliga för variation i densitetsvärdet.

5.1.6 Avvägning

Avvägning har utförts inom varje packningszon före och efter packning. (Undantag utgör bandtraktorpackad yta och ytan packad med 2 överfarer i skikt II på grund av de störningar plattbelastningsutrustningen orsakat).

Resultatet av avvägningen redovisas i fig. 16.



FIGUR 16 Sammanpressning i procent av skiktjockleken

Figuren visar att resultaten påverkas (av bland annat deformationer i undergrunden och mätnoggrannhet i förhållande till deformation i skiktet) i sådan grad att några slutsatser om packningseffekten ej kan dras ur informationen.

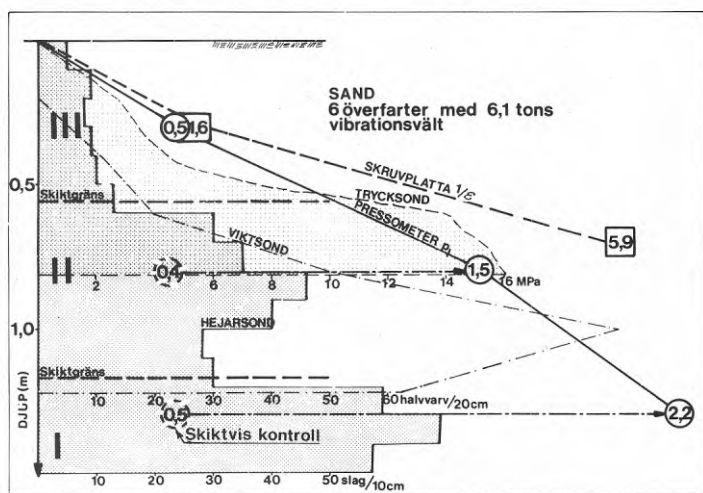
5.2 Kontroll på djupet efter full uppfyllnad

Kontroll har efter full uppfyllnad utförts i de underliggande skikten med pressometer, skruvplatta, trycksondering, hejarsondering och viktsondering.

I grusig sand har inga mätningar kunnat utföras med skruvplatta på grund av svårigheter att fästa jordskruvarna och driva skruvplattan. Trycksondering med elektrisk registrering har inte heller utförts inom denna yta på grund av risken för kostsamma skador på sonden.

Alla mätresultat visar en klar ökning av värdena mot djupet. Ökningen är markant mellan det sist utlagda skiktet och de underliggande. Orsaken torde vara det välbekanta faktum att strid friktionsjord inte låter sig packas närmast ytan vid packning med vibrerande redskap vilket gör att effekten av packningen utbildas först på större djup. Den maximala effekten tycks ha utvecklats ungefär i mitten på skikt I och II.

I figur 17 visas exempel på resultat från pressometermätning, skruvplatta, viktsondering, hejarsondering och trycksondering (med elektrisk registrering) i sand packad med 6 överfarer.



FIGUR 17 Mätresultatens förändring med djupet

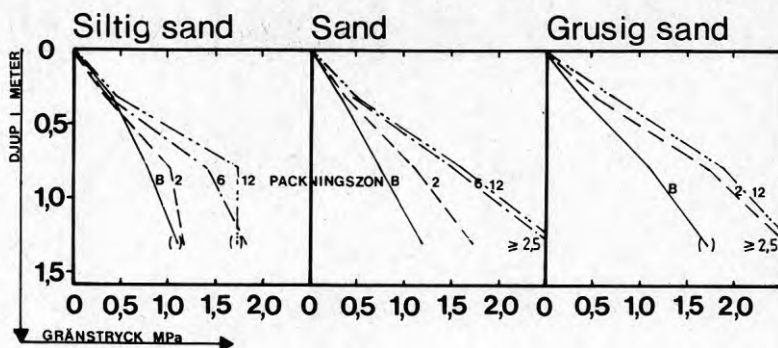
Tendensen är likartad i övriga jordarter och packningszoner.

En bedömning av jordens fasthet utifrån sonderingarna visar genomgående mycket lös till lös lagring i översta skiktet.

5.2.1 Pressometer, sond \varnothing 32 mm

Pressometermätningar har utförts inom varje packningszon på 0,3, 0,8 och 1,3 m djup (en mätning i varje utlagt skikt).

Mätresultaten visar genomgående en betydande ökning av mätvärdena med djupet. Vid mätningarna i skikt I i sand och sandigt grus har inte flyt- och gränstryck uppnåtts i jorden. Man kan, i likhet med den skiktvisa kontrollen, konstatera ökade numeriska värden med ökad packningsenergi och i jordar med grövre kornfraktion. Figur 18 visar gränstryckets förändring med djupet i de tre jordarterna.



FIGUR 18 Uppmätta gränstryck vid kontroll på djupet efter full uppfyllnad.

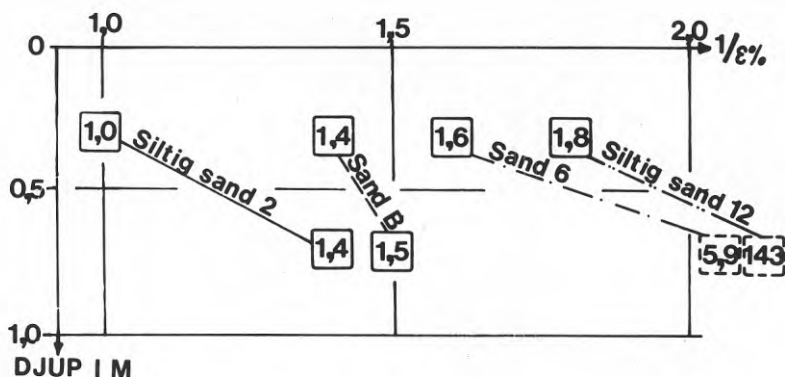
Gränstrycket ökar markant mot djupet. Mätvärden i de undre skikten är tre till fem gånger högre än i skikt III.

Figuren visar att i grusig sand förbättras inte packningsresultatet nämnvärt efter 2 överfarter och i sand efter 6 överfarter. I siltig sand erhöles en viss förbättring även efter 6 överfarter.

5.2.2 Skruvplatta, skruv \varnothing 140 mm

Mätningar har utförts på 0,3 och 0,7 m djup i siltig sand i zonerna packade med 2 och 12 överfarter. I sand har mätningar utförts på samma djup i zonerna med bandtraktorpackad yta och 6 överfarter. På grund av svårigheter att fästa jordskruvar och skruva ned plattan utfördes inga mätningar i grusig sand. Inga mätningar har utförts i skikt I eller inom ytan med grusig sand på grund av svårigheter med förankring och nedförande av skruvplattan. Av tids- och kostnadsskäl kunde mätningar utföras i endast fyra punkter.

Enligt metodbeskrivningen i bilaga 2 utvärderas den relativa deformationen ϵ för olika belastningar. ϵ uttrycks som deformation i procent av skiktjocklek. Kvoten $1/\epsilon$ för en spänningsökning av 0,1 MPa redovisas i figur 19.



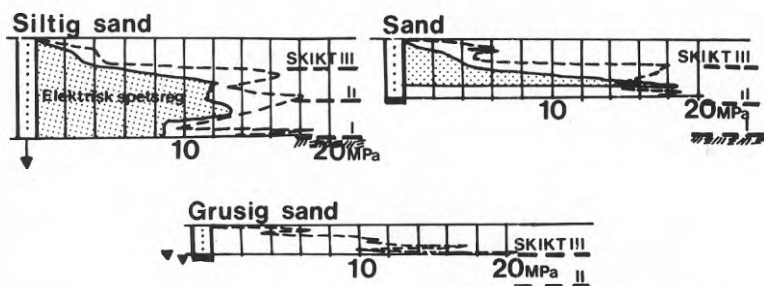
FIGUR 19 Kontrollresultat från mätningar med skruvplatta

Av figuren framgår att de registrerade deformationsegenskaperna förbättras för ökad packningsenergi och mot djupet i fyllningen.

5.2.3 Trycksond

Sondering med mekanisk registrering har utförts i alla jordarna. Sondering med elektrisk registrering har endast utförts i siltig sand och sand. I grusig sand har riskerna för kostsamma skador på sonden bedömts vara för stora varför mätprogrammet reducerats.

Båda registreringsmetoderna visar ökat motstånd med djupet och en tydlig ökning vid övergången till skikt II. Motståndet ökar också med ökad packningsenergi. I figur 20 ges exempel på resultaten från de med 6 överfarter packade ytorna. Övriga resultat redovisas i bilaga 3, mätvärden. Sondringen visar att den packade fyllningen är inhomogen och att största nedträngningsmotstånd har uppnåtts i mitten på skikt I och II.



FIGUR 20 Resultat från utförd trycksondering i packningszon med 6 överfarter.

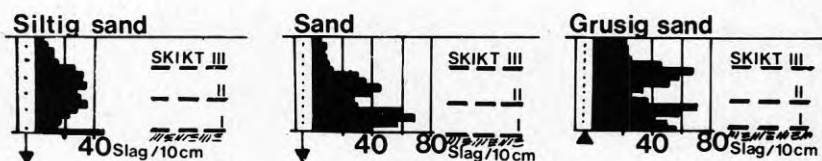
Nedpressningskraften har inte varit tillräckligt hög för genomträngning av hela fyllningen i sand och grusig sand.

5.2.4 Hejarsond

Hejarsondering har utförts med lätt utrustning (fallande vikt 10 kg och fallhöjd 50 cm). Registrering av antal slag har gjorts för 10 cm nedträngning.

Hejarsondering har med två undantag trängt genom hela fyllningen.

Sonderingsmotståndet varierar med jordart och påförd packningsenergi och ökar med djupet i alla jordarna. Ökningen med djupet är markant i övergången till skikt II. Resultatet visar en inhomogen fyllning med största sonderingsmotståndet i skikt I och II:s mitt. fig. 21 redovisar resultaten från den med 6 överfarter packade ytan. Övriga resultat redovisas i bilaga 3, mätvärden.

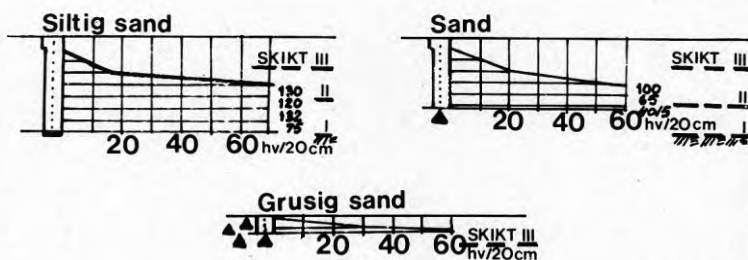


FIGUR 21 Resultat från utförd hejarsondering i packningszon med 6 överfarter.

5.2.5 Viktsond, maskinell

Sonderingen har utförts med motordriven viktsondutrustning. Registrering har gjorts av antal halvvarv för 20 cm nedträngning.

I grusig sand har sonderingen endast i en punkt nedträngt djupare än översta skiktet. I de övriga jordarna ökar sonderingsmotståndet mot djupet och ökningen är, bortsett från bandtraktorpackad yta, tydlig i övergången till skikt II. Ytorna packade med 6 och 12 överfarter visar mycket hög fasthet på djupet, mer än 100 halvvarv/20 cm. I fig. 22 ges exempel på resultat från ytor packade med 6 överfarter. Övriga resultat redovisas i bilaga 3, mätvärden.



FIGUR 22 Resultat från utförd viktsondering i packningszon med 6 överfarter.

6 MÄTVÄRDENAS SPRIDNING

Skiktvis kontroll har gjorts i tre punkter per skikt och packningszon. Eftersom de valda jordarterna har ungefär samma kornfördelning och vattenkvot i de olika skikten kan skiktens tekniska egenskaper betraktas likvärdiga. Härmed blir en jämförelse mellan mätvärdena från de tre skikten möjlig inom varje packningszon vilket ger ett gott underlag för medelvärdes- och spridningsberäkningar. Dessa beräkningar har sålunda (för de flesta instrumenten) kunnat utföras på 9 mätvärden per packningszon. Antalet provpunkter per volymenhet fyllning blir ca 0,1 test/m³. Punkttätheten är alltså hög jämfört med praktiskt kontrollarbete.

Spridningen kan bl.a. hänföras till:

1. Kontrollinstrumentets mätnoggrannhet
2. Störningar och felkällor
3. Variationer i fyllningen

Det är viktigt att beakta orsaken till spridningen när mätvärdena skall jämföras. Det är också viktigt att hänsyn tas till spridningen när kontrollprogram, riktvärden och toleranser behandlas vid projektering av packad jord. Spridningen av mätvärdena är av samma storlek för de olika instrumenten men varierar på olika sätt med jordart och packningsenergi.

6.1 Kontrollinstrumentens mätnoggrannhet

För att kunna jämföra de olika instrumenten har medelvärdet och variationskoefficienten beräknats på mätvärdena från fältförsöket. Variationskoefficienten beskriver spridningen som en funktion av medelvärdet enligt formeln

$$C_V = 100 \cdot \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}^2 (n-1)}}$$

där

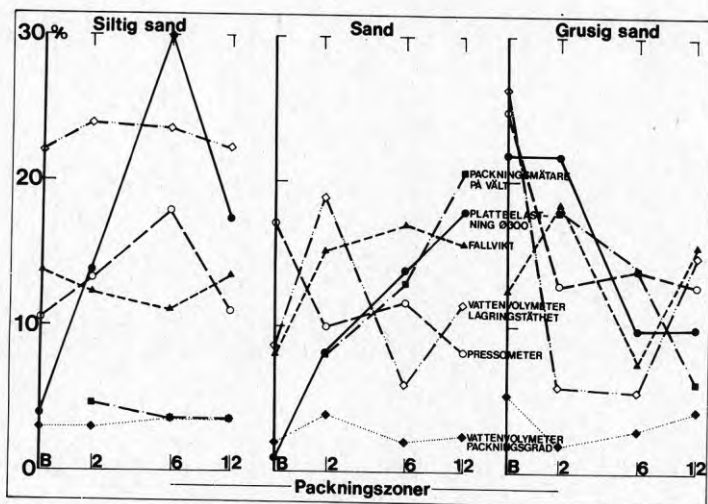
- C_V = variationskoefficienten i %
 \bar{x} = medelvärdet
 x_i = respektive mätvärde i mätserien
 n = antalet mätvärde i mätserien

Variationskoefficientens storlek som funktion av packningsenergin redovisas i fig. 23 för de olika kontrollmetoderna.

Av diagrammet framgår att spridningen är av ungefär samma storleksordning för flertalet instrument. För värdena från compactometern torde den låga spridningen bero på att varje registrering i sig är ett medelvärde.

För vattenvolymetern (densitetsbestämning) redovisas både packningsgrad och lagringstäthet. Lagringstätheten visar större spridning än packningsgraden.

Spridningen förändras olika med instrument, jordart och packningsenergi och ger inte någon klar bild av kontrollinstrumentens mätnoggrannhet. Skall mätnoggrannheten fastställas måste mätning i homogen jord och stora mätserier utföras.



FIGUR 23 Beräknad variationskoefficient för olika kontrollinstrument

6.2 Störningar och felkällor

De störningar och felkällor som kan uppkomma vid kontrollmätningar är dels instrumentbundna och beroende av de olika kontrollrutiner som utarbetats för varje instrument dels generella och beroende av yttre faktorer såsom material, vattenkvot och packningsredskap. Exempelvis gäller vid kontrollmätning att sten i jorden, varierande vattenkvot och lagringstäthet stör belastningsbildningen och påverkar mätresultaten. Vissa av de uppmätta extremvärdena torde kunna hänföras till sådana förhållanden. Den varierande fastheten noterad vid sonderingarna torde till viss del vara ett exempel på detta. I övrigt inverkar den mänskliga faktorn på alla mätningar på så sätt att ju fler arbetsmoment och tolkningssteg eller känsliga registreringsenheter som erfordras ju mera ökar risken för felkällor.

Till de instrumentbundna faktorer som bör omnämnas hör exempelvis belastningsarean och stångfriktionen vid sondering med vikt- och hejarsond. Den senare kan i många fall dölja inhomogeniteter i jorden, speciellt på stora djup där stångfriktionen utgör en stor del av det totala sonderingsmotståndet. Jordmaterialets vattenkvot har stor inverkan speciellt på de dynamiska metoderna. Temperatur och väderlek (regn-solsken-vind) påverkar belastningsinstrument med känsliga mekaniska mätenheter.

För plattbelastningsförsök, speciellt med små belastningsplattor, kan snedställning av plattan innebära en helt annan belastningsbild än den som antas vid utvärdering av mätresultaten.

För pressometerförsöken är det viktigt att nedförandet av sonden medför så liten störning som möjligt av den omkringliggande jorden. Den störningseffekt som den i försöket utnyttjade håltagningsmetoden medför kan reduceras om pressometermodulen utvärderas med gränstrycket som underlag. Störningar orsakade av håltagningsmetoden påverkar bestämningen av gränstrycket i betydligt mindre grad än de påverkar utvärderingen av pressometermodulen. Det är också viktigt att sonden nedförs till sådant djup att inte ett för lågt överlagringstryck förändrar belastningsförhållandena mot sonden.

För fallvikten utgör bestämningen av verklig fallhöjd en osäkerhetsfaktor speciellt när fallhöjderna är små (0-5 cm) som exempelvis vid försök på löst lagrad jord.

För compactometern har packningsredskapets djupverkan och undergrundens homogenitet stor betydelse vid kontroll av det packade skiktet. Så har exempelvis lägre mätvärden registrerats på de övre skikten i försöket eftersom den fastare undergrunden här haft mindre inverkan på vibrationerna från väkten.

För vattenvolymetern har de många arbetskedena i fält och laboratorium troligen en stor betydelse för den noterade spridningen. Provvolymer är härvid också mycket väsentlig speciellt i grovkorniga stenrika och grusiga jordar.

För avvägningen gäller att nivåförändringen före respektive efter packning är av samma storleksordning som mätnoggrannheter för skikt med 0-1 m mäktighet. Vidare påverkas också registreringen av deformationerna i undergrunden vilket gör att värdena blir oanvändbara för vidare tolkning.

6.3 Variationer i fyllningen inom olika delar av testytan

Vid det utförda fyllnings- och packningsarbetet har stor omsorg lagts vid att driva arbetet så att den utlagda och packade fyllningen zonvis skulle bli så homogen som möjligt.

Trots detta måste dock en viss del av den registrerade spridningen tillskrivas lokalt varierande lagringstäthet, lokala fraktionsförändringar i materialet eller lokala förändringar av vattenkvoten inom ytorna. Variationen torde emellertid vara betydligt mindre än vad som kan förväntas vid ett normalt packningsarbete.

I vertikalled påverkas variationen även av packningsredskapets djupverkan och påförd packningsenergi. Variationen i vertikalled uppskattas vara ungefär densamma som vid ett normalt packningsarbete.

7 BERÄKNADE OCH UPPMÄTTA DEFORMATIONER OCH BROTTBÄRIGHETER

De studerade kontrollmetoderna är baserade på instrumentanpassade ofta halvempiriska utvärderingsrutiner. Varje metod kan sägas bestå av ett instrument och en tolkningsrutin. Den säkerhet med vilken jordens deformations- och brottbärighet kan bestämmas är därför beroende av mätinstrumentets tekniska tillförlitlighet men också den säkerhet och erfarenhet med vilken bearbetningen av mätvärdena kan ske. Det har därför ansetts angeläget att redovisa de beräkningsmodeller som normalt utnyttjas för varje instrument.

7.1 Beräkningsmodeller

Separat redovisas i det följande de beräkningsrutiner som normalt tillämpas vid utvärdering av mätresultaten från kontroll med:

1. Statisk plattbelastning
2. Pressometer
3. Skruvplatta
4. Fallvikt och compactometer
5. Vattenvolymeter
6. Sondering

7.1.1 Statisk plattbelastning

Tillåten medeltryckpåkänning (q_{till}) för ett fundament på mark kan beräknas om man vid belastningsförsöket uppnått brottpåkänningen (σ_1). Vid omskrivning av den allmänna bärighetsformeln $q_a = \frac{B}{2} \cdot \rho' \cdot N_{\rho'} \cdot (1 - 0,3 \frac{B}{L})$ [49] erhålls då brottpåkänningen från plattbelastningsförsöket insättes:

$$q_{till} = 4,76 k \sigma_1 (B - 0,3 \frac{B^2}{L}) \text{ där:}$$

$$q_{till} = \text{tillåten medeltryckpåkänning}$$

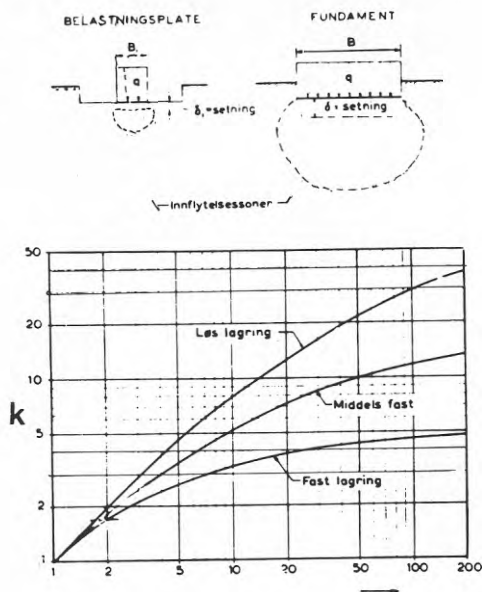
$$\sigma_1 = \text{uppmätt brottpåkänning från plattbelastningsförsöket (MPa)}$$

$$k = \text{säkerhetsfaktor}$$

$$B = \text{fundamentets bredd (m)}$$

$$L = \text{fundamentets längd (m)}$$

Deformationen vid plattbelastningsförsöket kan omräknas till deformationer för en större platta om jorden är homogen.



k utläses ur ovanstående diagram där fundamentets bredd B insättes.

Följande förhållande mellan deformation och plattbredd redovisas av N Janbu et al [49]. Vid utnyttjande av markpåkänning enligt ovan kan deformationen för ett fundament beräknas enligt formeln

$$S_a = S_{\sigma_1/3} \cdot k$$

där

S_a = deformationen under fundamentet vid utnyttjande av tillåten medeltryckpåkänning

$S_{\sigma_1/3}$ = deformationen vid plattbelastningsförsöket för lasten $\sigma_1/3$

FIGUR 24. Förhållande mellan plattbredd och deformation

För en inhomogen jord blir tolkning av mätvärdena och omräkning till förhållandena för en platta med större diameter mycket komplicerade. Vid provbelastning på sådana jordar måste inhomogeniteten i vertikalled undersökas med andra kontrollmetoder för att en tillförlitlig tolkning och dimensionering skall bli möjlig.

7.1.2 Pressometer

Ur pressometerkurvan tolkas gränstrycket (p_1), kryptrycket (p_{f1}) och pressometermodul (E_p) enligt beskrivning i bilaga 2.

Tillåten medeltryckpåkänning (q_{till}) för ett fundament på mark kan beräknas enligt formeln:

$$q_{till} = K \cdot \frac{p_{1e}}{3}$$

där:

p_{1e} = ekvivalent gränstryck som utgör det geometriska medelvärdet av de p_1 -värden som erhållits närmast fundamentets grundläggningsnivå

K = bärighetsfaktor, som beror av det s k kritiska inspänningsdjupet för fundamentet (vid inspänningsdjup = 0, platta på markytan, är $K = 0,8$)

Värdet på p_{1e} bör överstiga nedan angivna p_{1a} värden om vattennivå- eller vattenkvotsförändringar, markvibrationer eller liknande befaras.

grus och sten	$p_{1(a)} = 0,8$
sand	$p_{1(a)} = 0,6$
silt	$p_{1(a)} = 0,4$
lera	$p_{1(a)} = 0,25$

Under förutsättning att ovan angivna begränsning av tillåten påkänning iakttas kan sättningen beräknas enligt:

$$s = \frac{1,33}{3E_B} \cdot q \cdot R_0 \left(\lambda_2 \frac{R}{R}\right)^\alpha + \frac{\alpha}{4,5E_A} \cdot q\lambda_3 R$$

där

- s = medelsättningen (m)
- q = aktuell medeltryckpåkänning (MPa)
- R_0 = referensradie lika med 0,3
- R = plattradie eller halva plattbredden (m)
- λ_2, λ_3 = formfaktorer som för en cirkulär platta = 1,0
- α = strukturparameter som för en fyllning av grovsand och grus = 0,25, för sand = 0,33 och för silt = 0,5
- E_A, E_B = utgör viktade medelvärden av uppmätta och tolkade pressometermoduler (MPa)

För en cirkulär platta med diametern 0,6 m (provbelastningsförsöket) kan sättningen (i meter) vid utnyttjande av tillåten medeltryckpåkänning beräknas enligt följande.

$$\text{siltig sand } (\alpha = 0,5) \quad s = \left(\frac{13,3}{E_B} + \frac{3,33}{E_A} \right) \frac{q_{till}}{100}$$

$$\text{sand } (\alpha = 0,33) \quad s = \left(\frac{13,3}{E_B} + \frac{2,22}{E_A} \right) \frac{q_{till}}{100}$$

$$\text{grusig sand } (\alpha = 0,25) \quad s = \left(\frac{13,3}{E_B} + \frac{1,67}{E_A} \right) \frac{q_{till}}{100}$$

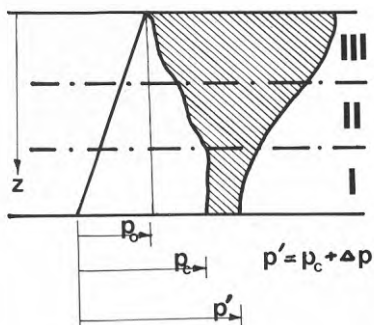
Beräkningen tar hänsyn till de elastiska och plastiska deformationerna och innefattar även de långtidsdeformationer som kan förväntas under en tioårsperiod efter lastens påförande.

Den halvempiriska beräkningsmodellen kan utnyttjas för dimensionering av såväl cirkulära, kvadratiska och långsträckta fundament. Erfarenheterna från dimensionering enligt pressometermetoden är goda och referensobjekt med beräknade och uppmätta deformationer finns i stor utsträckning i Sverige och utomlands (framförallt i Frankrike där metoden har utvecklats).

7.1.3 Skruvplatta

Parametrarna N och k_N tolkas ur mätresultaten enligt beskrivningen i bilaga 2. Utifrån dessa kan sedan deformationen beräknas för olika laster. Tillåten medeltryckpåkning (q_{t11}) för ett fundament kan beräknas utifrån uppmätt brottdeformation vid kontroll i löst lagrade jordar. I packad friktionsjord klarar utrustningen normalt inte belastningar upp till brottlasten, varför denna måste bedömas utifrån lastdeformationskurvas lutning eller genom att krypkurvorna (tid-deformationskurvor vid olika laststeg) studeras.

Vid beräkning av deformationen indelas jordprofilen i skikt inom vilka de erhållna mätvärdena kan sägas vara representativa. Lastökningen från konsolideringstrycket upp till erhållen spänning för respektive belastning (enligt exv. Boussinesqs lastspridningsteori) studeras i varje skikt.



$$\delta = \int_0^z \epsilon_z dz$$

$$\epsilon_z = \left(\frac{\Delta p_z}{k_{Nz}} \right) N_z$$

FIGUR 25 Lastfördelning och sättningsberäkning. Värdet på p_c , N och k_N bestäms vid belastningsförsöket.

Den totala deformationen erhålls genom att summera de beräknade deformationerna i varje skikt.

Skruvplattan ger underlag för deformationsberäkning. Vid mätningar i packad friktionsjord är dock belastningsmöjligheterna vid normalutförande för små för att jordens brottbärighet skall kunna bestämmas.

7.1.4 Fallvikt och compactometer

Erhållna mätvärden från dessa instrument kan för närvarande ej utnyttjas för analys av brottbärighet eller deformation för statiska laster. Det är dock möjligt att modifiering av kontrollrutinerna och större erfarenhet skulle kunna ge underlag för en analys.

7.1.5 Vattenvolymeter

Vid densitetskontroll kan den relativa förändringen av jordens densitet bestämmas. Genom att knyta denna förändring till resultat från laboratorieförsök är det teoretiskt möjligt att bestämma jordens deformations- och brottbärighetsegenskaper. Av tids- och tillförlitlighetsskäl (de många arbetsmomenten, mät-noggrannheten och risken för felkällor) är det dock inte praktiskt tillämpligt att utnyttja dessa kontrollresultat för någon analys. Däremot kan tillåten markpåkänning anges enligt Svensk Byggnorm 1975 varvid jorden kan betraktas som fast lagrad när packningsgraden 90 % proctor uppnåtts.

En felmarginal av minst ± 5 % vid bestämning av packningsgrad är oundviklig vid praktisk kontroll. En sådan variation i packningsgraden motsvarar en variation i till exempel lagringstätheten från låg till hög (se figur 14). Med denna vetskap och tillgång till direkta belastningsmetoder för egenskapsbestämning hos en packad fyllning bör givetvis sådana direkta metoder i första hand användas.

7.1.6 Sondering

Sonderingar har utförts för att en bild av fyllningens varierande relativa lagringstäthet skulle erhållas.

Litteraturen beskriver olika metoder för beräkning av deformation och brottbärighet utifrån sonderingsresultat. När det gäller friktionsjordar torde dock spetsarean vara för liten och inverkan av olika yttre faktorer (kornform, vattenkvot, spets-slitage, mät-noggrannhet m.m.) vara så betydelsefulla att sondering ej kan betraktas som ett belastningsförsök och därför blir eventuella beräkningar lätt missvisande. Däremot kan tillåten markpåkänning anges enligt Svensk Byggnorm 1975 för olika jordar efter det att den relativa lagringstätheten bestämts genom sondering.

7.2 Kontrollresultat - provbelastning

Deformations- och brottbärighetsanalyser har utförts på mätresultat från kontroll med statiskt plattbelastningsförsök (platta \varnothing 300 mm), pressometer och skruvplatta. Dessa beräknade värden samt utvärderade tillåtna påkänningar enligt resultaten från sonderingar och densitetsbestämningar har sammanställts och jämförts med de uppmätta deformationer som erhållits vid provbelastningsförsöken.

		Tillåten medeltryckpåkänning ($q_{III} \cdot q_{brott}/3$) MPa				Deformation (för en belastning motsvarande q_{III}) mm				Deformation (för en belastning av 0,1 MPa) mm			
PACKNINGSSZON		B	2	6	12	B	2	6	12	B	2	6	12
UPPMÄTTA VÄRDEN	SILTIG SAND												
	Fullskaleförsök Ø600	0,28	0,25	0,55	0,43	2,9	4,5	5,5	4,2	0,7	0,7	0,5	0,5
	Statisk plattbelastning Ø300	0,43	0,45	>0,53	>0,53	6,3	6,3	>6,5	>5,4	3,0	2,0	2,0	1,5
	Pressometer	0,13	0,14	0,16	0,18	2,8	3,2	3,5	3,5	2,2	2,3	2,1	1,9
	Skruvplatta	—	>0,30	—	>0,30	—	>7,5	—	>3,5	—	0,2	—	0,1
	Fallvikt	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
	Compactometer	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
	Vattenvolymeter	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
	Sondering ☆☆	0,03	0,03	0,03	0,03	?	?	?	?	?	?	?	?
	SAND												
Fullskaleförsök Ø600	0,28	0,38	0,55	0,63	3,1	4,0	4,1	4,7	0,7	0,7	0,5	0,5	
Statisk plattbelastning Ø300	0,42	0,46	>0,53	>0,53	4,5	5,9	>4,5	>4,5	1,4	2,2	2,0	2,0	
Pressometer	0,12	0,15	0,19	0,20	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,1	1,7	1,6	
Skruvplatta	>0,30	—	>0,30	—	>7,0	—	>4,5	—	0,2	—	0,1	—	
Fallvikt	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Compactometer	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Vattenvolymeter	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Sondering ☆☆	0,05	0,05	0,05	0,05	?	?	?	?	?	?	?	?	
GRUSIG SAND													
Fullskaleförsök Ø600	0,42	0,62	0,67	0,67	3,3	3,6	3,4	3,7	0,3	0,2	0,3	0,3	
Statisk plattbelastning Ø300	0,40	>0,53	>0,53	>0,53	4,2	>6,3	>4,5	>2,7	1,5	2,0	1,7	1,0	
Pressometer	0,15	0,22	—	0,27	3,3	3,2	—	3,3	2,4	1,6	—	1,2	
Skruvplatta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fallvikt	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Compactometer	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Vattenvolymeter	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Sondering ☆☆	0,09	0,09	0,09	0,09	?	?	?	?	?	?	?	?	
BETECKNINGAR:		ANMÄRKNINGAR:											
? Beräkningar kan ej baseras på kontrollresultaten.		☆ Beräkningar enligt Norges Geotekniska Institut											
— Kontrollmätningar har ej utförts.		☆☆ Beräkningar enligt Svensk Byggnorm 1975											
B Bandtraktorpackad yta													

NORMERADE VÄRDEN

FIGUR 27 Tabell över uppmätta och beräknade brottpåkänningar och deformationer för ett fundament med 0,6 meters diameter

Tabellen i fig. 27 har konstruerats så att erhållen information motsvarar de dimensioneringsförutsättningar varje kontrollinstrument skulle ge vid en normal packningskontroll.

Av sammanställningen framgår att jordens bärighetsegenskaper överskattas när bedömningen baseras på resultaten från kontroll med statisk plattbelastningsförsök. Pressometerförsöken ger ungefär hälften så höga påkänningar som fullskaleförsöken. Skruvplatteförsöken erbjuder ej möjligheter för utvärdering av brottpåkänningar. Densitetsbestämning och sondering leder till påkänningar med varierande säkerhet (mellan 5 och 20) gentemot resultaten från fullskaleförsöken. Mätningar med de dynamiska kontrollmetoderna leder ej till någon bestämning av bärighet.

I tabellen har angivits de deformationer som kan beräknas för den last som kontrollmetoden anger såsom tillåten medeltryckpåkänning. Beräknas deformationerna för samma belastning (exv. 0,1 MPa) blir dessa beräknade deformationer ca tre gånger större än de uppmätta om beräkningarna baseras på statiskt plattbelastningsförsök eller pressometerförsök. Beräkningar baserade på skruvplatteförsök ger deformationer som är 20-30 % av de uppmätta. Densitetsbestämning och sondering erbjuder inte några möjligheter för beräkning av deformationer för olika laster.

8 KONTROLLMETODERNAS FÖRDELAR OCH NACKDELAR

Vid en total bedömning av en kontrollmetod måste den tekniska tillförlitligheten vägas mot instrumentets praktiska och ekonomiska för- eller nackdelar. Beroende av projektart (byggnadsgrunder, vägar, flygfält, dammar etc.) och informationsbehov kan tyngdpunkten i bedömningen av metodens tekniska och praktiska fördelar variera. Vid större packnings- och kontrollprojekt kan en kombination av två eller flera metoder vara det tekniskt-ekonomiskt bästa alternativet.

8.1 Teknisk tillförlitlighet

Med kontrollinstrumenten bestäms olika parametrar på jordens tekniska egenskaper. Dessa parametrar kan sedan beroende av kontrollmetod mer eller mindre direkt omräknas till värden på jordens deformations- och brottbärighetsegenskaper. En del kontrollmetoder lämpar sig enbart för bedömning av en relativ förändring av jordens fasthet medan andra metoder ger mera direkta dimensioneringsförutsättningar.

Med hänsyn till det tekniska utbytet kan kontrollmetoderna därför indelas i tre grupper:

A. Belastningsförsök

1. Provb belastning (platta \varnothing 600 mm eller större)
2. Statisk plattbelastning (normalt platta \varnothing 300 mm)
3. Pressometer (för packningskontroll normalt sond \varnothing 32 mm)
4. Skruvplatta (för packningskontroll i friktionsjord normalt platta \varnothing 140 mm).

B. Relativa metoder

5. Vattenvolymeter
6. Viktsond
7. Trycksond
8. Hejarsond

C. Dynamiska metoder

9. Fallvikt
10. Compactometer

För att bestämma en jords deformations- och brottbärighetsegenskaper måste kontrollen utföras med något av instrumenten i grupp A.

Vid stora packningsarbeten med omfattande kontrollprogram kan det ur ekonomisk och tidsmässig synpunkt vara motiverat att reducera mätningarna med instrumenten i grupp A och endast utnyttja dessa instrument för kalibrering av mätresultat från någon eller några av kontrollmetoderna i grupp B och C. Det bör också nämnas att de dynamiska metoder som utnyttjats samt de försök som tidigare gjorts att på seismisk väg bestämma deformationsmodulen för packad jord [40] torde efter ytterligare utveckling ge underlag för dimensionering.

8.2 Kontrollmetodernas kapacitet och praktiska användbarhet

Vid uppläggning av projektet har strävan varit att anpassa program och val av kontrollinstrument till de praktiska förutsättningar som normalt gäller vid packningskontroll. Vid valet har därför huvudvikten lagts vid kontrollinstrument som svarar mot kravet att ett rationellt drivet packningsarbete kräver snabba besked om packningsresultat för att driftstopp eller extraarbete skall undvikas.

I figur 28 har försök gjorts att summera de praktiska och ekonomiska erfarenheterna från försöket i Tullinge.

	Lämplighet		Information				Lämpliga jordar			Vikt (kg)				Erforderligt transportfordon		Kapacitet ☆ (tester/dag)			Kostnad ☆ (kronor/test)		
	YT-PROV	DJUP-PROV	BÄRIGHET	DEFOR- MATON	FAST- HET	SILT	SAND	GRUS	0-25	25-450	>150	PERS. BIL	LAST- KÄRRA BIL	LAST- BIL	0-10	10-20	>20	0-10	10-100	>100	
BELASTNINGSMETODER;																					
Fullskaleförsök	●		●	●	●	●	●	●			●			●							>5000
Statisk plattbelastning	●		(●)	●	●	●	●	(●)	●		●				●						●
Pressometer	●	●	●	●	●	●	●	(●)	●		●				●						●
Skruvplatta		●	(●)	●	●	●	●			●		●			●						>300
DYNAMISKA METODER;																					
Fallvikt	●				●	●	●	●			●							●			●
Compactometer	●	(●)			●	●	●	●	●		●							●	●		●
RELATIVA METODER;																					
Vattenvolymeter	●		(●)		●	(●)	●	(●)	●	●					●						●
Viktsond		●			●	●	●	●		●								●			●
Trycksond		●			●	●	●	●		●								●			●
Hejarsond		●			●	●	●	●		●				●				●			●
ANMÄRKNING:																					
☆En meter sondering motsvarar en test vid kapacitets- och kostnadsbedömningen																					

FIGUR 28 Tabell över vikt, transport, kapacitet och kostnad för olika kontrollinstrument

Kapacitet och kostnad har framräknats under förutsättning av kontinuerlig drift och till 1978 års kostnadsläge.

De praktiska aspekterna har också berörts i metodbeskrivningarna (bilaga 2).

Av belastningsmetoderna kan det statiska plattbelastningsförsöket utnyttjas enbart för skiktvis kontroll eller för fyllningar med liten höjd.

Med pressometern kan kontrollen utföras skiktvis eller efter fyllning till slutlig nivå, djupet till belastningsnivån bör dock vara minst 0,3 m.

Skruvplattan är av praktiska skäl inte lämplig som kontrollmetod mer än då det gäller fyllning av finkornig jord med stora mäktigheter, dvs. kontroll efter fyllning till slutlig nivå.

Fallvikten torde kunna utnyttjas på samma sätt som det statiska plattbelastningsförsöket om kontrollrutiner och registreringsenheten utvecklas och anpassas till informationsbehovet.

Compactometern monteras direkt på packningsredskapet och ger föraren kontinuerligt och omedelbart uppgift om packningsresultat. Mätaren ger en värdefull information om fyllningens homogenitet. Registratorn ger dock endast relativvärden på jordens fasthet och ingen information om variationen i djupled varför kalibrering med andra instrument blir nödvändig.

Vattenvolymetern och kontrollmetoder som bygger på bestämning av densitet ger på grund av de många arbetsskedena en osäkerhet i bedömningen och betydande störningar i packningsarbetet främst med anledning av väntetid för nödvändiga laboratoriearbeten.

Av sonderingsmetoderna framstår trycksonden som den mest lämpliga i finkörniga jordar och den lätta hejarsonden i grovkörniga jordar. Sonderingsmetoderna ger värdefull information om fyllningens relativa fasthet i djupled.

De ur teknisk synpunkt mest värdefulla informationerna fås från provbelastning när belastningsplattans yta och form överensstämmer med det blivande fundamentet. Av ekonomiska och praktiska skäl kan dock fullskaleprov användas endast i undantagsfall.

Om man tar hänsyn till både tekniska och praktisk-ekonomiska aspekter synes den översiktliga informationen om packningsresultat och fyllningens homogenitet bäst erhållas från compactometern. Pressometerförsök kompletterad med trycksondering synes vara den kombination som med nöjaktig tillförlitlighet, ekonomi och snabbhet ger den sökta informationen om fyllningens bärighet och sättningsegenskaper.

9 SLUTORD

Det utförda fältförsöket har visat att:

- en fyllnings deformations- och bärighetsegenskaper bäst bestäms genom belastningsförsök (fullskaleförsök, statisk plattbelastning, pressometer och skruvplatta)
- en skiktvis packad fyllning blir inte homogen vare sig i plan eller i djupled
- för en tillförlitlig bedömning av en packad fyllnings egenskaper fordras kontroll på olika nivåer genom hela fyllningen efter färdig uppfyllning
- medelvärdesberäkning på stora mätserier erfordras för säkra bedömning av packningsresultat
- endast mycket osäkra bedömningar av en jords tekniska egenskaper erhålls vid utnyttjande av sondering eller densitetskontroll som underlag
- något entydigt samband mellan dynamisk och statisk modul har ej kunnat utläsas ur försöken på de undersökta jordarna
- resultatet av packningsarbete utfört enligt rekommendationerna i Svensk Byggnorm 1975 ger förutsättningar för utnyttjande av betydligt högre påkänningar än de som rekommenderas i dessa normer
- den översiktliga informationen från compactometern kombinerad med trycksondering och pressometermätning ger den ur praktisk, teknisk och ekonomisk synpunkt bästa informationen

Om projekterings- och kontrollrutiner förändras skulle ekonomiska fördelar kunna erhållas genom att den packade fyllningens egenskaper utnyttjas i högre grad. Genom mätning av fyllningens tekniska egenskaper kan hänsyn tas till samverkan mellan byggnad och undergrund vilket leder till en säkrare dimensionering.

Med befintliga kontrollinstrument finns möjlighet att mäta packningseffekt från olika packningsredskap i olika jordar och på olika djup.

Eftersom ekonomin i ett fyllningsarbete i hög grad beror på vilka skiktjocklekar som kan väljas vid packning betyder varje möjlig ökning av skiktjockleken stora besparingar. Det vore därför önskvärt att fortsatta undersökningar kunde inriktas på att bättre bestämma olika packningsredskaps djupverkan i olika jordar vid varierande frekvens, packningshastighet och påförd packningsenergi.

Det är även viktigt att vid projektering av ett fyllningsarbete i förväg veta materialets packningsegenskaper och vilka bärighets- och deformationsegenskaper som kan förväntas. Det torde även här behövas mer kunskap om inverkan av exempelvis finjordshalt, vattenkvot, kornform, kornfördelning m.m.

BILAGA 1

Litteraturförteckning

Litteraturen behandlar kontroll av packad friktionsjord och har uppdelats i fem huvudgrupper:

- 1 Kontrollmetoder
- 2 Belastningsförsök
- 3 Laboratoriemetoder
- 4 Beräkningsförutsättningar
- 5 Normer, standards och rekommendationer

För litteraturen har också angivits det språk artikeln är skriven på varvid (S)=svenska, (D)=danska, (N)=norska, (E)=engelska, (T)=tyska och (F)=franska.

BILAGA 1

Litteraturförteckning

- [1] Alstermark, G & Engman S, 1963 1
Isotopteknik inom markfysik och geohydrologi (s)
Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm
Institutionen för kulturteknik (pp 256-271)
- [2] Andersson O., 1975 1
Mätning av vägars bärighet - en jämförelse mellan
fyra mätmetoder (S)
National Swedish Road and Traffic Research Institute.
Rapport nr 61, 1975 (30 pp).
- [3] Andreasson B & Hansbo S, 1977 1+2
Compaction Control by Dynamic Methods (E)
Väg- och Vattenbyggaren 8-9, 1977 (pp 47-49).
- [4] Andreasson L, 1971 4
Friktionsjordens kompressibilitet (S)
National Swedish Building Research R34:1971 (pp 6-9).
- [5] Baguelin F, Jézéquel J F & Shields D H, 1978 1+4+5
The Pressuremeter and Foundation Engineering (E)
Trans. Tech. Publications, Series on Rock and Soil
Mechanics Vol. 2 (1974/77) No 4 (617 pp).
- [6] von Becker P, 1970 1+2
Erfahrungen mit Einsenkungsmessungen auf
Strassenbefestigungen und bei der Erdbaukontrolle (T)
Strasse und Verkehr Nr 4 13 April 1970 (pp 161-166).
- [7] Bell R A & Singh J P, 1973 1+3
Comparison of Relative Densities
Estimated Using Different Approaches (E)
ASTM, SPECIAL TECHNICAL PUBLICATION 523, 1973
(pp 455-462).
- [8] Bergdahl U, 1+4
Interpretation of static cone penetrometer tests for
foundation design (E)
Swedish Geotechnical Institute
- [9] Bernell L & Sherman K A, 1969 1
Nuclear radiation in construction control of earth
and rockfill dams (E)
Proc VII Internat. Conf. Soil Mech. Found. Engng
Mexico-City 1969 Vol 2 (pp 285-289).
- [10] Bertram G G E, 1973 1+2
Field Tests for compacted Rockfill (E)
New Yourk-London-Sydney-Toronto
John Wiley & Sons, Embankment - Dam Engineering
Cassagrande Volume 1973 (pp 1-9).

BILAGA 1

- [11] Brinch-Hansen J & Hessner J, 1959 4
Geotekniske Bergegninger (D)
Teknisk Forlag, København 1959 (152 pp).
- [12] Brinch-Hansen J & Lundgren H, 1958 4
Geoteknik (D)
Teknisk Forlag, København (287 pp).
- [13] Bölling W, 1979 1+5
Die anwendung der Proctorziffer bei der
Auswertung von Proctorversuchen (T)
Strasse u. Autobahn 21 (1970) No 7 (pp 275-278).
- [14] Chummar V A, 1972 4
Bearing Capacity Theory from Experimental
Results (E)
ASCE, Journal of the Soil Mechanics and Foundations
Divisions 1972 Vol 98 No 12 Dec (pp 1311-1323).
- [15] Cornforth D H, 1973 1+3+4
Prediction of drained strength of sands from
relative density measurements (E)
ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 281-303).
- [16] Dahlberg R, 1974 1+5
Penetration testing in Sweden (E)
Proc. of the European Symp. on Penetration
Testing in Stockholm, June 5-7, 1974.
State-of-the-art report Vol 1 (pp 115-131).
- [17] Dahlberg R, 1974 1+5
A Comparison Between the Results from Swedish
Penetrometers and Standard Penetration Test
Results in Sand (E)
Proc. of the European Symp on Penetration Testing
in Stockholm June 5-7, 1974
Papers Vol 2:2 (pp 67-68).
- [18] Dahlberg R, 1974 1+4+5
Penetration, Pressuremeter and Screw-plate Test
in a Preloaded Natural Sand Deposit (E)
Proc of the European Symp on Penetration Testing
in Stockholm June 5-7 (pp 69-88).
- [19] Dahlberg R, 1974 1+2
The Effect of the Overburden Pressure on the
Penetration Resistance in a Preloaded Natural
Fine Sand Deposit (E)
Proc. of the European Symp. on Penetration
Testing in Stockholm June 5-7, 1974
Papers Vol 2:2 (pp 89-92).

BILAGA 1

- [20] Dahlberg R & Bergdahl U, 1974 1
Investigations on the Swedish Ram-Sounding Method (E)
Proc. of the European Symp. on Penetration Testing in Stockholm June 5-7, 1974
Papers Vol 2:2 (pp 93-102).
- [21] Dahlberg R, 1975 1+2+3+4
Settlement characteristics of preconsolidated natural sands (E)
Swedish Council for Building Research D1:1975 (316 pp).
- [22] Danfors E, 1963 1
Isotopteknik inom markfysik och geohydrologi (S)
Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm
Institutionen för kulturteknik (pp 244-255).
- [23] Durgonoglu T H & Mitchell J H, 1975 1+4
Static Penetration Resistance of Soils II-Evaluation (E)
ASCE. Proc. of the conf. on In Situ Measurem. of soil Properties. Volume I, June 1-4, 1975 (pp 172-189).
- [24] Eggestad A, 1964 2
Deformation Measurements below a Model Footing on the Surface of dry Sand (E)
Norges Geotekniske Institutt
Publikasjon nr 58, 1964 (pp 29-35).
- [25] Eggestad A, 1974 1
A new method for compaction control of sand (E)
Géotechnique 24 no 2 (pp 141-153).
- [26] Engman S, 1971 1+2+3+4+5
Jordpackning och packningskontroll vid vägbyggnad (S)
The National Road Research Institute, Stockholm, Sweden. Rap. No 111 (79 pp).
- [27] Eresund S, 1972 1+2+3+4
Sättningar hos cirkulära stela fundament på friktionsjord. Inverkan av dynamisk förbelastning (S)
National Swedish Building Research R 41:1972 (168 pp).
- [28] Fagerström H, 1973 1+3
Packningsegenskaper. Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar, del 5 (S)
National Swedish Building Research B2:1971 (38 pp).
- [29] Fang H Y & Hirst T J, 1973 4+5
A method for determining the strength parameters of soils (E)
Highw. Res. Rec. No 463 1973 (pp 45-50).

BILAGA 1

- [30] Floss R, 1973 1+5
The organization and execution of supervision
of earthworks (T)
Strasse u. Autobahn 24 (1973) No 9 (pp 377-387).
- [31] Forssblad L, 1965 1+3+5
Investigations of Soil Compaction by Vibration (E)
Acta Polytechnica Scandinavia Civil Engineering
and Building Construction Series No 34, 1965
(185 pp).
- [32] Forssblad L, 1966 1
Dynamiska markundersökningar med hjälp av fallvikt (S)
Väg- och Vattenbyggaren nr 6, 1966 (2 pp).
- [33] Forssblad L, 1978 1
Packningsmätare på vibrationsvältar
Provning och utvärdering (p 3) (S)
Jorddammsarbeten vid Juktans kraftstation (p 12) (S)
Vibroteknik nr 14 Dynapac Stockholm (2 pp).
- [33A] Forssblad L, 1978 1
Guidlines for the use of the compaction meter
on vibrating rollers (E)
Technical Report, Dynapac No 8229, Nov. 1978 (9 pp)
- [34] Fredriksson A & Wikström Ö, 1973 1+3
Utvärdering av friktionsvinkeln för sand ur direkta
skjuvförsök och triaxiala tryckförsök med och utan
korrektion för volymändringar samt en jämförelse
mellan sonderingsmotstånd och friktionsvinkel (S)
Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm
Institutionen för geoteknik (25 pp).
- [35] Frost R J, 1973 5
Guidelines for Compaction Control of Fill (E)
ASCE Proc. Vol. 99 No SM 12, Dec. 1973 (pp 1189-
1196).
- [36] Frost R J, 1973 3+4+5
Some Testing Experiences and Characteristics of
Boulder. Gravel Fill in Earth Dams (E)
ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 207-233).
- [37] Gereben L, 1976 1+4
Dynamiska metoder för in situ-bestämning av jordars
fysikaliska egenskaper (S)
National Swedish Building Research R10:1976 (154 pp).
- [38] Gupta R C & Mc Keown J D, 1973 3+4
Effect of variations in minimum density on relative
density (E)
ASTM Spec. Techn. Publ. 253, 1973 (pp 85-97).

BILAGA 1

- [39] Haas H, 1970 1+5
Erfahrungen aus 20 jähriger Anwendung des Proctor-
Versuches in Deutschland (T)
Strassen v. Tiefbau 2/70 (pp 85-91).
- [40] Hansbo, S, 1975 1+2
Dynamisk konsolidering med fallvikt (S)
Nordisk Geoteknikermøde i København 1975 (pp 241-251).
- [41] Hansbo, S & Torstensson B-A, 1971 2+3+4
Sättningar vid grundläggning på morän i Åkeshov (S)
National Swedish Building Research R34:1971 (pp 10-16).
- [42] Hartlén J, 1974 1+2+3+4
Skånska moränlerors hållfasthets- och bärighetsegen-
skaper (S)
Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden
Institutionen för geoteknik med grundläggning (196 pp).
- [43] Hartman P & Schmertman J H, 1975 1+4
FEM Study of Elastic These of Pressuremeter Test (E)
ASCE Proc. of the Conf. In Situ Measur. of soil
Prop. Volume I, June 1-4, 1975 (pp 190-207).
- [44] Heijnen W J, 1974 1
Penetration testing in Netherlands (E)
Proc. of European Symp. on Penetration Testing in
Stockholm, June 5-7, 1974.
State-of-the-art report Vol 1 (pp 79-83).
- [45] Heinz R A, 1975 1
In-situ soils measuring devices (E)
Civ. Engr. ASCE 45 (1975) No 10 (pp 62-65),
No 12 (pp 73-77).
- [46] Högberg E, 1971 3+4
Inverkan av vattenhalten på densitet och kompressi-
bilitet hos packade jordar (S)
Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden
Institutionen för geoteknik med grundläggning (pp 92).
- [47] Holden J, 1975 1
The determination of deformation and shear strength
parameters for sands using the electrical friction-
cone penetrometer (E)
Nordisk Geotekniker møde i København
- [48] Holte J & Lenglet J, 1973 1+4
Application du compactage par pilonnage intensif
aux remblais de la section Combles-Hordain (F)
Laboratoire regional des Ponts et Chaussees de
Saint Quentin, CETE (pp 69-80).

BILAGA 1

- [49] Janbu N, Bjerrum L & Kjaernsli B 5
Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver (N)
Norges Geotekniske Institutt
Publikasjon nr 16, 1956 (pp 27-41).
- [50] Janbu N & Senneset, 1973 1
Field Compressometer. **Principles and Applications** (E)
Proc. VIII Internat. Conf. Soil Mech. Found. Engng.
Moscow 1973 (pp 191-198).
- [51] Jorgensen J L, 1969 1+5
Measuring the variability of compacted embankments (E)
Highw. Res. Rec. No 290, 1969 (pp 23-34).
- [52] Jorgensen J L, 1971 5
Development and trial use of acceptance sampling plans
for compacted embankments (E)
Highw. Res. Rec. No 357, 1971 (pp 24-34).
- [53] Kjaernsli B, 1968 1+2+3
Fundamentering på grus- og steinfyllning (N)
Norges Geotekniske Institutt
Publikasjon nr 73, 1968 (pp 1-8).
- [54] Kraft L M & Yeng J Y-H, 1973 1+5
Acceptance specification of compacted soils (E)
Highw. Res. Rec. No 438, 1973 (pp 21-33).
- [55] Krizek R J & Corotis R B, 1975 1+3+4
Synthesis of Soil Moduli Determined from different
Types of Laboratory and Field Tests (E)
ASCE Proc. of the Conf. on In Situ Measur. of Soil
Properties Volume 1, June 1-4, 1975 (pp 225-240).
- [56] Lacroix Y & Horn H M, 1973 1+3+4
Direct determination and indirect evaluation of
relativa density and its use on earthwork construction
projects (E)
ASTM Spec. Tech. Publ. 523, 1973 (pp 251-280).
- [57] Lagging L B & Eresund S, 1974 2
Proybelastning av sandfyllning (S)
National Swedish Building Research R46:1974 (35 pp).
- [58] Leary D J & Woodward R J, 1973 1
Experience with relative density as a construction
control criterion (E)
ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 381-401).
- [59] Leflaive E, Chalgne P, Move1 G & 4
Quibel A, 1974
Le choix des modalités de compactage des
remblais (F)
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

BILAGA 1

- [60] Leflaive E & Move1 G, 1975 4+5
Le compactage: Orientations actuelles (F)
Ann.Inst. Techn. B a t Trav Pule Suppl.
No 325 (pp 45-64).
- [61] Levy J F & Morton K, 1975 2
Loading tests and settlement observations on
granular soils (E)
Conf. Settlements of Structures Brit. Geot. Soc.
Cambridge Apr. 1974 (pp 43-52).
- [62] Lindström M & Näsman L, 1974 1
Bärighetsbestämning med fjädrad fallvikt
Provning av utrustning och mätförfarande (S)
Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm
Institutionen för vägbyggnad (57 pp).
- [63] Low W I & Sener C, 1973 1+3+5
Field and laboratory Determination of Maximum
Density in Coarse Sands and Gravels for Mica
Dam (E)
ASTM, Spec. Techn. Publ. 1973 (pp 425-443).
- [64] Massarsch K R, Holtz R D, Holm B G &
Fredriksson A, 1975 1+2
Measurements of horizontal in situ stresses (E)
ASCE. Proc. of the Speciality Conf. on In Situ
Measur. of Soil Properties, June 1-4, 1975
(pp 266-286).
- [65] Melzer K-J, 1973 1+3
Relative density-three examples of its use in
research and practice (E)
ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 463-477).
- [66] Move1 G, Franceshina R, Quibel A &
Chaigne P 1
Compactage Utilisation des gammadensimètres R
et de la double sonde gamma.
Précision des mesures Validité des
interpretations (F)
Bull. Liason Labo P et Ch -72-juil-aout, 1974
(pp 167-176).
- [67] von Oberbaurat K H, 1975 1+2
Methoden zur Überprüfung einer Stopfverdichtung (T)
Die Bautechnik 1/1975 (pp 8-14).
- [68] Ohta H & Hata S
Strength of Dynamic Compacted Soils (E)
Proc. of 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Engng.
Tokyo 1977, Vol 1 (pp 239-242).

BILAGA 1

- [69] Olson E, 1963 4
Effective Stress Theory of Soil Compaction (E)
ASCE. Journal of the Soil Mech. and Found. Divison,
March 1963 SM 2 (pp 27-45).
- [70] Orrje O & Broms B, 1970 1+3+4
Strength and Deformation Properties of Soils as
Determined by a Free Falling Weight (E)
Swedish Geotech. Institute Proc. No 23 (25 pp).
- [71] Osterberg J O & Varaksin S, 1973 1
Determination of relative density of sand below
groundwater table (E).
ASTM. Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 364-376).
- [72] Poulos S J & Hed A 3+4
Density measurements in a hydraulic fill (E)
ASTM. Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 402-424).
- [73] Pramborg B O, 1975 1
Erfarenheter vid bestämning av lagringstäthet och
packningsgrad med pressiometer (S)
Väg- och Vattenbyggaren 1975 nr 3 (3 pp).
- [74] Preiss K, 1970 1+4
Relation between Energy and Error due to Nuclear
Gamma Ray Transmission (E).
Soil Science Vol. 110, Sept. 1970 No 3 (pp 151-156).
- [75] Reitz H M, 1973 3
Correlation between gradational parameters and
limiting densities for cohesionless materials
placed hydraulically (E)
ASTM. Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 444-454).
- [76] Rostron J P, Roberts F L & Baron W, 1974 1+3
Density standards for Field Compaction of Granular
Bases and Subbases (E)
Highw. Res. Board, Res. Results Dig No 57, 1974
(pp 1-11).
- [77] Rostron J P, Schwartz A E & Gioisa T E, 1969 1
A drop hammer penetrometer for determining the
density of soils and granular materials (E)
Highw. Res. Rec. No 284, 1969 (pp 70-75).
- [78] Rowe P W, 1969 3+4
The Relation between the Shear Strength of Sands in
Triaxial Compression Plane Strain and Direct Shear (E)
Geotechnique 19 (1969) No 1 (pp 75-86).
- [79] Saave E, 1963 1
Isotopteknik inom markfysik och geohydrologi (S)
Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm
Institutionen för kulturteknik (pp 233-244).

BILAGA 1

- [80] Schaeffner M, 1971 1+5
 Compaction and control of earthworks in motorway construction in France and comparison with practice in German (T)
 Strasse u. Autobahn 22, 1971 No 10 (pp 439-445).
- [81] Schulte W, 1970 1+2
 Der Plattendruckversuch im Grossbohrelack zur nachträglichen Prüfung ungebundener Strassenschichten und des Untergrundes (T)
 Strassen u. Tierbau 5/1970 (pp 388-392).
- [82] Selig E T, 1973 1+2
 Application of strain measurements to soil compaction evaluation (E)
 Highw. Res. Rec. No 438, 1973 (pp 34-44).
- [83] Selig E T & Ladd R S, 1973 3+4+5
 Evaluation of relative density measurements and application (E)
 ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 487-504).
- [84] Stokoe K, 1975 1
 Shear Moduli of two compacted fills (E)
 ASCE. Proc. of the In-Situ Measur. of Soil Prop. June 1-4, 1975 Volume I (pp 422-449).
- [85] Tavenas F A, 1973 1+3+5
 Difficulties in the use of relative density as a soil parameter (E)
 ASTM. Spec. Techn. Publ. 523, 1973 (pp 478-483).
- [86] Tavenas F A & La Rochelle P, 1972 1+5
 Accuracy of relative density measurements (E)
 Geotechnique 22, No 4 (pp 549-562).
- [87] Tholén O, 1974 1
 Bärighetsmätning med fjädrad fallvikt vid VTI 1971-1973 (S)
 National Swedish Road and Traffic Research Institute, Intern. rapport nr 173, 1974 (30 pp).
- [88] Thurner H, 1976 1
 Seismikens användning ökar sedan mättekniken förfinats (S)
 Teknisk Tidskrift 1976:16 (pp 28, 31, 34).
- [89] Thurner H, 1978 1
 Compaction meter on vibrating rollers (E)
 Research Bulletin No 8022. Dynapac 1978 (16 pp).
- [90] Youd TL, 1973 3+4
 Factors controlling maximum and minimum densities of sands (E)
 ASTM Spec. Techn. Publ. 523, 1978 (pp 98-112).

BILAGA 1

- | | | |
|------|--|---|
| [91] | Statens planverk, 1976
Svensk Byggnorm 1975 (S)
Liber Förlag, Stockholm (pp 104-108). | 5 |
| [92] | AB Byggtjänst, 1972
Mark AMA 72 (S)
Esselte Tryck, Stockholm (pp 35-99). | 5 |
| [93] | AB Byggtjänst, 1972
Mark AMA 72, Råd och anvisningar (S)
Esselte Tryck, Stockholm (pp 33-89). | 5 |
| [94] | Handboken Bygg IB, 1972
Allmänna grunder (S)
Geoteknik, Avdelning 17
AB Byggmästarens Förlag (pp 291-504). | 5 |
| [95] | Statens Vägverk, 1963
Byggnadstekniska Anvisningar (S). | 5 |
| [96] | Kungl. Fortifikationsförvaltningen
Väg- och vattenbyggnadsbyrån
Arbetsbeskrivning för flygfältsarbeten (S). | 5 |
| [97] | Svenska Geotekniska Föreningen, 1973-78
Laboratoriekommittén
Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar
del 3-8 (S)
Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
(pp 38). | 5 |
| [98] | Statens Vattenfallsverk, 1958
Anvisningar för utförande och kontroll av jorddammar
(S)
AB C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel (pp 116). | 5 |
| [99] | Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, 1972
Avloppsrör av PVC, PEH, PEL för självfallsledning i
mark (S)
Meddelande VAV M15 (p 6). | 5 |

BILAGA 2

Metodbeskrivningar

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

STATISK PLATTBELASTNING

PRESSOMETER

SKRUVPLATTA

FALLVIKT

PACKNINGSMÄTARE PÅ VIBRATIONSVÄLT

VATTENVOLYMER

VIKTSOND

TRYCKSOND

HEJARSOND

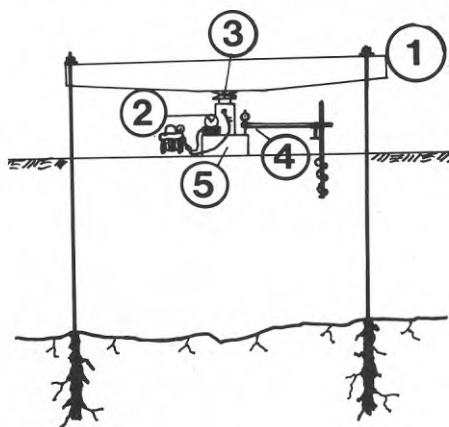
Metodbeskrivning

STATISK PLATTBELASTNING (fullskaleprov)

Vid en provbelastning eftersträvas ett belastningsförsök där förutsättningarna så nära som möjligt överensstämmer med förhållandena för det planerade fundamentet eller byggnaden. Härigenom kan mätresultaten direkt utnyttjas för dimensionering utan att mer eller mindre osäkra teoretiska omarbetningar blir nödvändiga.

Instrumentbeskrivning

Vid provbelastning påförs belastningen oftast med hjälp av en domkraft med en dragstagsförankrad balk som mothåll. Belastningsplattan dimensioneras med avseende på last och det blivande fundamentets utformning. Deformationerna (sättningarna) mäts med mätklockor fastsatta på en referensbalk.



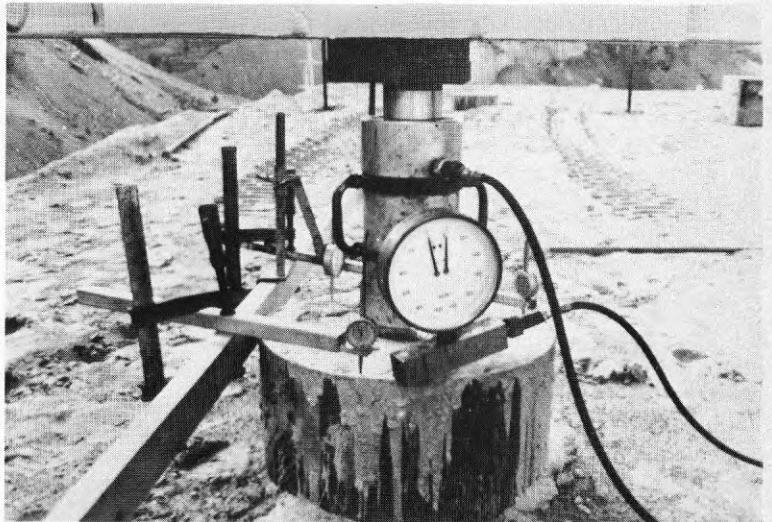
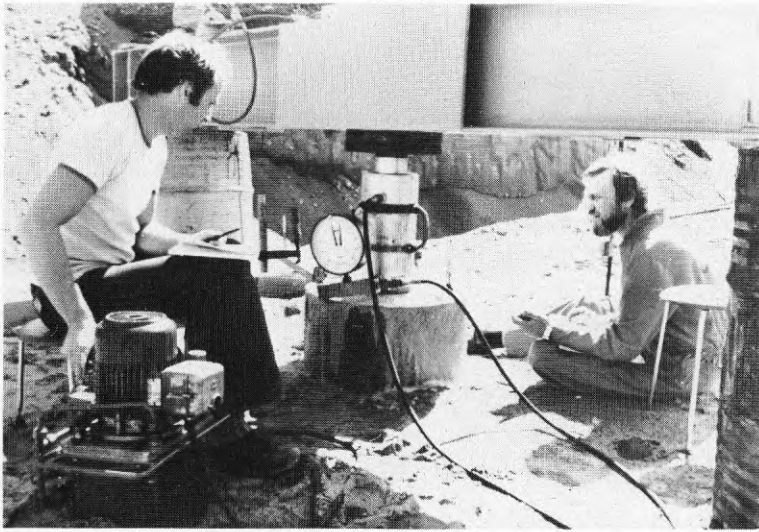
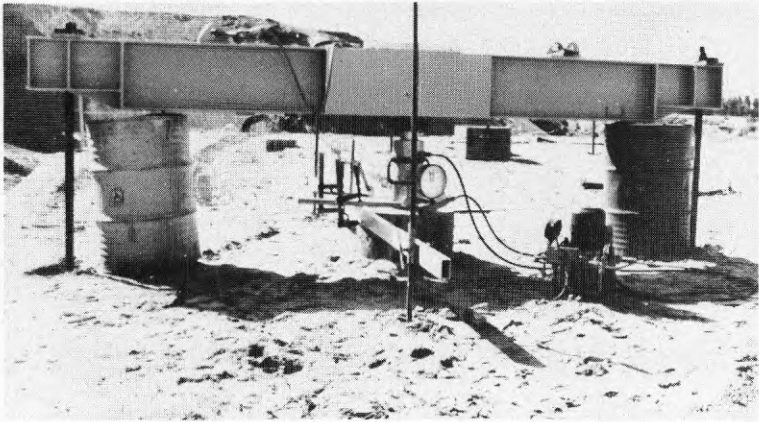
1. Dragstagsförankrat ok.
2. Domkraft med oljepump och mätklocka (manometer) för avläsning av påförd belastning.
3. Kuller för eliminering av moment och sidkrafter.
4. Mätklockor på referensbalk för mätning av deformationer.
5. Belastningsplatta.

Mätning, tolkning och riktvärden

Vid en provbelastning dimensioneras utrustning och mätprogram normalt med avseende på ett förutbestämt objekt och det härför aktuella informationsbehovet. Detta medför att såväl utrustning som mätprogram ofta varierar. Vid provbelastning i Tullinge valdes en cirkulär platsgjuten betongplatta med diametern 60 cm. Härmed ansågs plattan få dimensioner och egenskaper som:

- liknade förhållandena för ett tänkbart grundfundament
- förenklade och reducerade de teoretiska omräkningarna av instrumentvärdena från packningskontrollmätningarna.
- till rimliga förankringskostnader erbjöd provbelastning upp till de packade jordarnas uppmätta och uppskattade brottpåkänningar.

Belastningen påfördes stegvis varvid deformationen avlästes inom tidsintervallen 0,25, 0,5, 1, 2, 4 och 8 minuter. Be-



lastningen ökades i steg om 0,1 - 0,2 MPa och drevs efter en av- och pålastning upp till det packade jordmaterialets brottbärighetsvärde.

De erhållna mätvärdena uppritas i ett last-deformationsdiagram varvid elasticitetsmodulen kan beräknas såsom kvoten mellan last och deformation under den elastiska deformationsfasen.

Genom att studera krypningen (den tidsberoende deformationen) under de olika laststegen kan den spänning för vilken deformationen i jorden övergår från elastisk till plastisk fas utvärderas. När denna spänning uppnås (σ_{f1}) ökar krypningen (den tidsberoende deformationen) markant. För högre tryck ökar volymförändringen ytterligare och trycket går mot ett gränsvärde σ_1 (jordens brottvärde).

Dessa värden ger tillsammans en värdefull information om jordens brottbärighets- och deformationsegenskaper och kan också insättas i beräkningsmodeller för beräkning av tillåtna påkänningar och förväntade deformationer under exempelvis ett blivande byggnadsfundament.

Praktiska data

På grund av erforderlig totalkraft för försök där belastning upp till markbrott eftersträvas får provbelastningsutrustningen otympliga dimensioner. Lastbil erfordras för transport av material och kranbil för förflyttning mellan belastningspunkterna. Vanligen krävs injekterade dragstag som mothåll vid belastningen. Vid dragstagsförankring räknas normalt med sju dagars brinntid för injekteringen, en dag för stagsättning och en dag för provbelastning och demontering.

Kostnaderna för en provbelastning styrs främst av erforderlig förankringskraft och djupet till berg. Kostnaderna för ett försök motsvarande de i Tullinge, där djupet till berg var ca 10-15 m och erforderlig last begränsades till 100 ton, kan uppskattas till 6000 - 10.000 kr/försök.

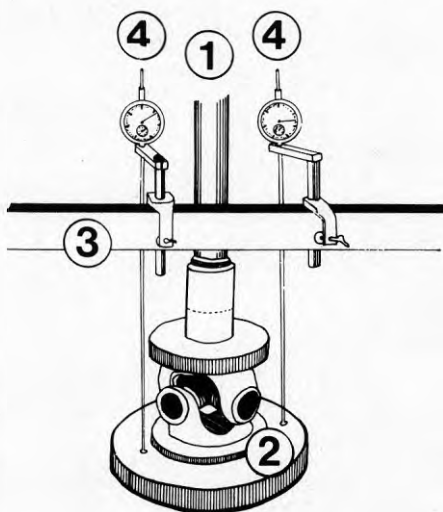
Metodbeskrivning

STATISK PLATTBELASTNING (ø300 mm)

Vid ett statiskt plattbelastningsförsök belastas jorden av en cirkulär platta varvid deformationen (sättningen) mäts. Belastningen påförs stegvis så att en last-deformationskurva kan konstrueras. Ur denna kurva kan brottbärighets- och deformationsmodulerna utvärderas.

Instrumentbeskrivning

Utrustningen består av en belastningsplatta där lasten påförs med en domkraft med lastbil, vägghyvel eller liknande som mot-håll. Deformationen mäts med mätklockor fästa på en separat referensbalk.

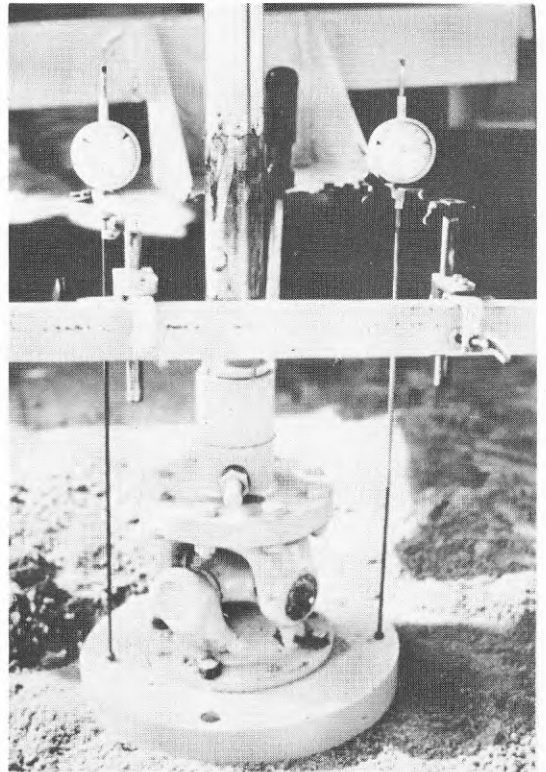
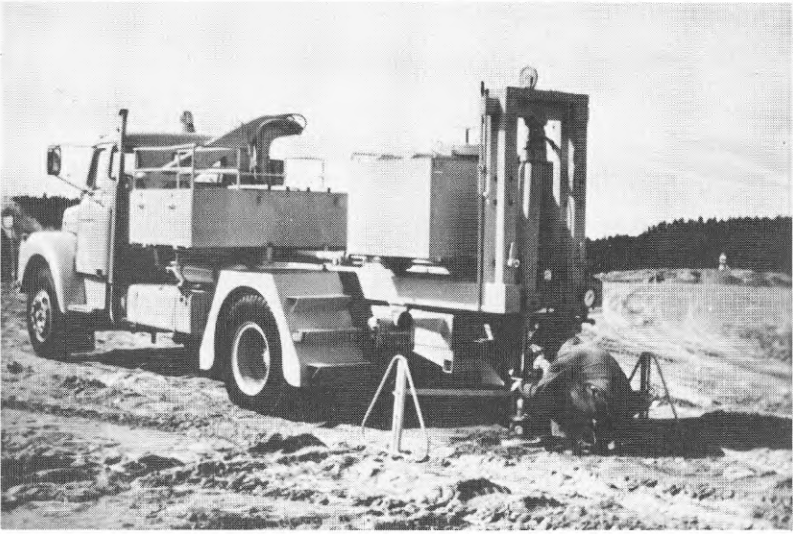


1. Oljedomkraft med manometer för bestämning av oljetrycket (påförd last)
2. Belastningsplatta (stämpel) med leder för undvikande av moment vid belastning.
3. Referensbalk
4. Indikator-klockor eller annan mätutrustning.

Plattbelastningsförsök är en kontrollmetod som har framtogs, utvecklats och utnyttjats främst i samband med byggande av väg- och flygfältsbanor. Vid försök i USA där metoden har standardiserats, utnyttjas belastningsplattor med diametrar varierande mellan 150 och 760 mm. I Sverige utnyttjas normalt en platta med 300 mm diameter. Metoden används främst av Statens Vägverk och Statens trafik- och väginstitut för kontroll i samband med vägbyggnad.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Metodbeskrivningar över hur plattbelastningsförsöken skall utföras har utarbetats på olika håll. Dessa anvisningar, som i vissa fall är mycket detaljerade, är i väsentliga avseenden varandra helt olika. I princip utförs dock försöket så att belastningen påförs i laststeg varvid deformationen mäts i tids-



intervall. Varje laststeg får ligga på tills dess att deformationen avstannat. Därefter ökas belastningen och försöket drivs sedan med varierande antal av- och pålastningar tills plastiska deformationer uppstår i jorden eller tills dess att den mothållande kraften (fordonets vikt) begränsar försöket.

Den med hjälp av domkraft påförda lasten mäts med en manometer och deformationen registreras på två eller flera mätklockor applicerade direkt på belastningsplattan och på en separat referensbalk.

De erhållna mätvärdena uppritas i ett last-deformationsdiagram varvid elasticitetsmodulen kan beräknas såsom kvoten mellan last och deformation under den elastiska deformationsfasen.

Praktiska data

Utrustningen finns i flera olika utföranden. Den vid belastningsförsöken i Tullinge utnyttjade plattan hade anbringats på en specialbyggd lastbil och lämpar sig främst för kontroll av vägar, flygfält o.dyl. Utrustningen finns också i ett enklare mera lätttransportabelt utförande där någon tillgänglig arbetsmaskin utnyttjas som mothåll.

Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten för den lastbilsburna utrustningen bedömas till ca 15 tester/dag motsvarande en kostnad av 135 kr/test. Kapaciteten men även kostnaden torde minska om ett enklare belastnings- och registreringsinstrument kan utnyttjas.

Metodbeskrivning

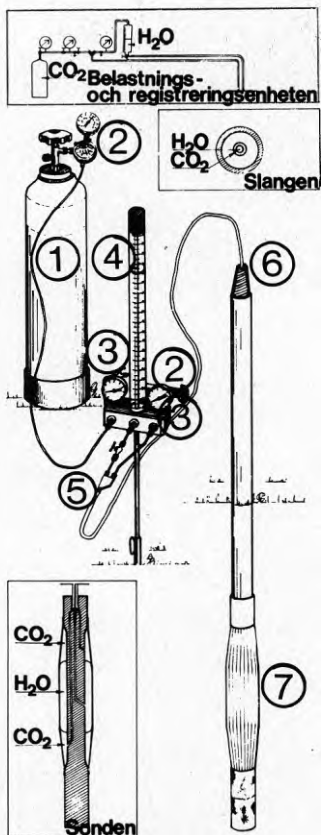
PRESSOMETER

Vid pressometermätning skapas ett homogent cylindriskt tryck mot jorden runt mätcellen i den till önskad nivå nedförda sonden. Den härvid påförda horisontella spänningen orsakar en tidsberoende deformation i jorden. Genom att stegvis öka denna spänning kan jordens last- och deformationsegenskaper studeras och brottbärighets- och deformationsmoduler utvärderas.

Instrumentbeskrivning

Pressometern består av en belastnings- och registreringsenhet förbunden med en sond via en koaxialslang.

Belastnings- och registreringsenheten:



1. Gasflaska med komprimerad gas (CO₂ eller luft).

2. Tryckregulator där trycket i mät- och skyddscellerna kan regleras.

3. Mätklockor för avläsning av påfört tryck i de två separata systemen (mätcell och skyddsceller).

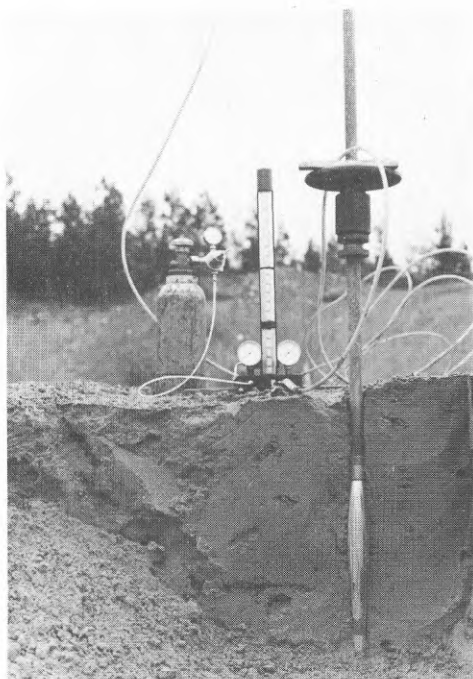
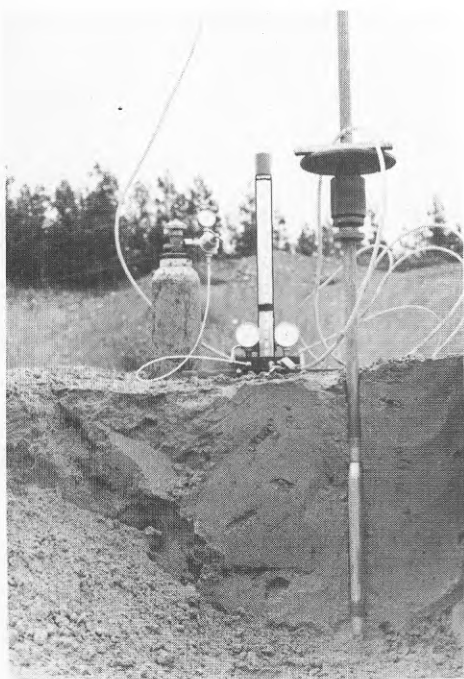
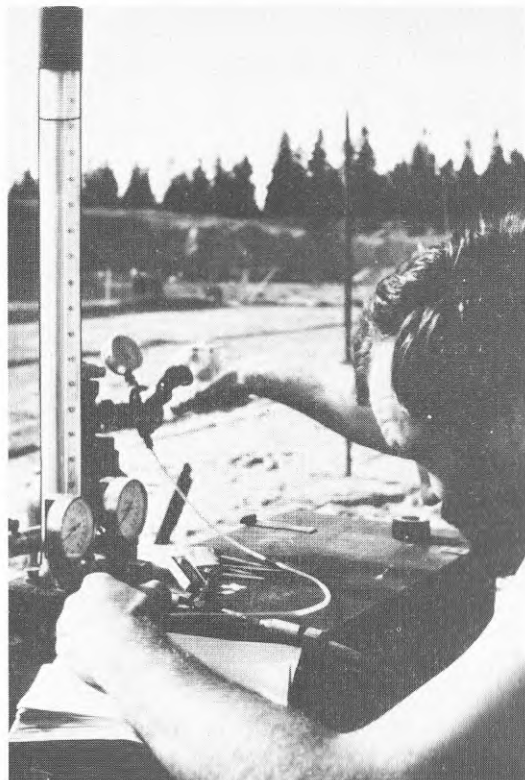
4. Mätglas för avläsning av volymförändring i mätcellen.

5. Överföring med avstängningskran till koaxialslang och sond.

6. Koaxialslang där vattenpelaren i den inre slangen omges av gas med samma tryck som i skyddscellerna. Härigenom reduceras de tryckberoende volymförändringarna i vattenslangen.

Sonden:

7. Skyddscellerna omger mätcellen och ges ett gastryck som är något lägre än vattentrycket i mätcellen. Härigenom reduceras randeffekterna vid belastningsförsöket och tolkningen av volymförändringen förenklas.



Sonden

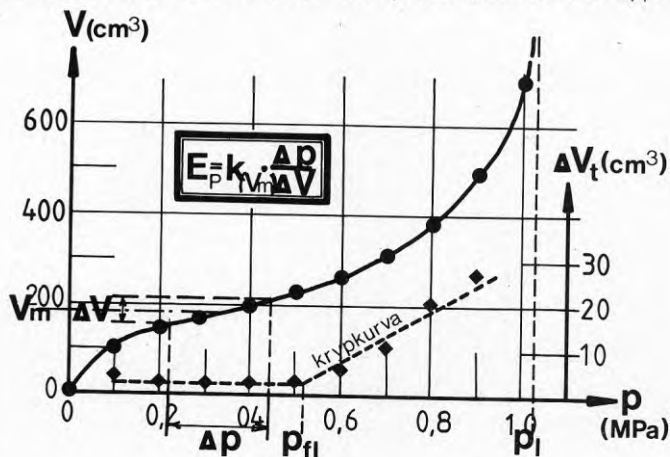
Pressometersonder tillverkas i olika storlekar för olika ändamål. Vid packningskontroll används vanligen $\varnothing 32$ mm sond eller om packningen utförs i grovkornig jord eller till stora djup med $\varnothing 44$ eller $\varnothing 60$ mm sonder. Sonderna består av en metallkärna med ledningar som förbinder de olika cellerna med gas- och vattenslangen. Cellerna omsluts av ett gummimembran och skyddas ytterst av längsgående metallfolier som ligger om lott eller ett slitsat rör. Sonden med ytterdiameter 32 mm ökar sin diameter till ca 50 mm när mätcellen är fylld i belastningsförsökets slutskede.

Neddrivningen

Neddrivningen sker med hjälp av ihåliga borrhål där koaxialslangen skyddas inne i stålet. Sondstålen är skarvbara och kan förlängas med stål i 1 m längder allteftersom neddrivning sker. Neddrivningen utförs ofta genom att stål och sond hejas ned. I fasta grovkorniga jordar nedförs sonden ofta i förborrade hål. Härvid utnyttjas ofta foderrör och om mätningar utförs på stora djup under grundvattenytan med stabiliserande bentonit-suspension för att störningen av hålväggen vid håltagning eller nedförandet av sonden skall undvikas.

Mättningsresultat, tolkning och riktvärden

Vid en pressometertest påförs belastningen på jorden stegvis varvid volymförändringen i mätcellen (deformationen i jorden runt cellen) registreras. Den tidsberoende volymförändringen mäts efter 15, 30 och 60 sekunder för varje laststeg. Från de härvid erhållna protokollen kan pressometerkurvan upprättas.



Differensen i deformation mellan 30 och 60 sek är ett mått på jordens krypegenskaper. När trycket blir så högt (p_{fi}) att jorden runt mätkroppen börjar plastiseras, ökar krypningen markant. Vid stora deformationer går trycket mot ett gränsvärde, p_l (jordens brottvärde). Pressometermodulen är

kvoten mellan tryckförändring och volymförändring under den elastiska fasen.

Dessa tolkade värden ger tillsammans information om jordens brottbärighets- och deformationsegenskaper och kan användas för beräkning av tillåtna påkänningar och förväntade deformationer under exempelvis ett blivande byggnadsfundament.

Erfarenheter från ett stort antal mätningar visar att det är främst gränstrycket p_{1a} som avspeglar jordens konsolideringsgrad. Vilket gränstryck som erfordras bedöms från fall till fall. Som riktvärde för lägsta erforderliga gränstryck (p_{1a}) i olika jordar kan tabellen nedan användas.

Grus och stensjord	$p_{1a} = 0,8 - 1,0 \text{ MPa}$ (8 - 10 kp/cm ²)
Sand	$p_{1a} = 0,6 - 0,8 \text{ MPa}$
Silt	$p_{1a} = 0,4 - 0,6 \text{ MPa}$
Lera	$p_{1a} = 0,25 - 0,4 \text{ MPa}$

Praktiska data

Utrustningen packas vid längre transport i två lådor med en sammanlagd vikt av ca 60 kg. Lådorna är av sådant format att de kan nedpackas i bagageutrymmet på en personbil. Kapaciteten kan bedömas till ca 12 tester/dag. Erfordras tung neddrivningsutrustning såsom vid kontroll i grovkorniga grusiga och steniga jordar eller vid kontroll på stora djup transporteras utrustningen normalt på den mobila borrhutrustningen.

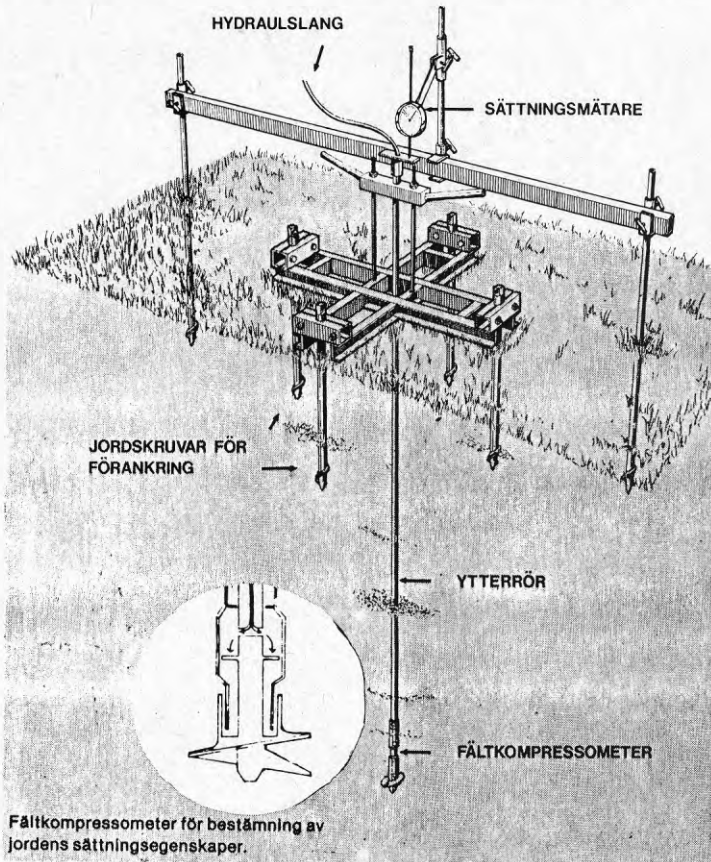
Metodbeskrivning

SKRUVPLATTA (FÄLTKOMPRESSOMETER)

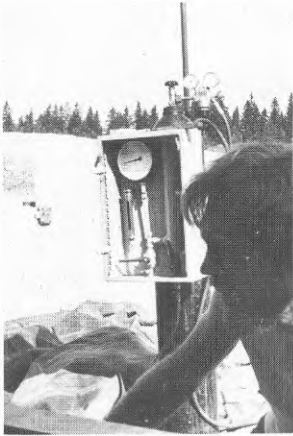
Skruvplattan är framtagen av Norges Geotekniska Institut (NGI). Plattan är utformad som en skruv som skruvas ned till bestämda nivåer där belastningsförsök utförs.

Vid skruvplatteförsöket belastas jorden av den cirkulära skruven varvid deformationen (sättningen) registreras. Belastningen sker stegvis och sättningen registreras antingen kontinuerligt eller efter bestämda tidsintervall (till dess att 90 % av deformationen för varje laststeg uppnås) varefter en last-deformationskurva kan konstrueras, ur vilken brottbärighets- och deformationsmoduler utvärderas.

Instrumentbeskrivning



Den skruvformade plattan påverkas av en hydraulisk domkraft kopplad till ett yttre rörsystem. Detta rörsystem är sammankopplat med en balkkonstruktion på markytan, som förankras med jordskrivar för att ta upp krafterna under belastningsförsöket.



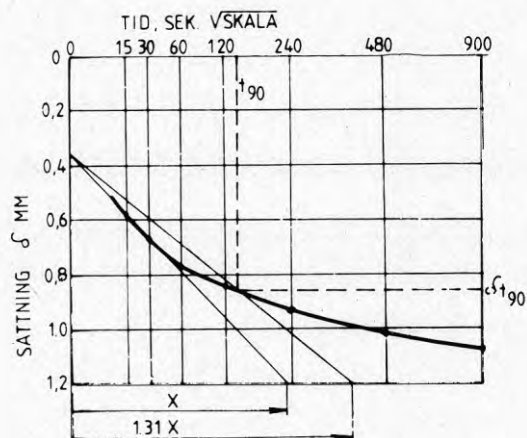
Ett inre rörsystem (i vilket hydraulslangen som överför oljetrycket till domkraften löper) är anslutet till skruvplattan och följer plattans rörelse. Deformationen mäts med en sättningsklocka som är monterad på en fristående referensbalk. Balken är ca 4 m lång och monterad på två jordskruvar. Klockan vilar på en platta monterad på det inre rörsystemet.

Det hydrauliska trycket erhålls från komprimerad kvävgas som via tryckreduceringsventil håller konstant tryck under varje laststeg. Pålagt tryck avläses på en precisionsmanometer.

Skruvplattan har normalt en diameter av 162 mm och en yta av 200 cm². Plattans stigning är ca 4,5 cm. Vid nu utförda försök användes en något mindre skruvplatta med diametern $\varnothing 140$ mm för att göra det lättare att skruva den till önskad nivå.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Belastningen sker stegvis och sättningen avläses, för varje laststeg, efter bestämda tidsintervall. När 90 % av deformationen erhållits påförs nästa laststeg. För att kunna se när 90 % av deformationen erhållits ritas en tid-sättningskurva. Tiden avsätts i kvadratskala och sättning i mm, se fig.



Bestämning av 90% konsolidering

Den maximala belastning som kan påföras jorden för varje nivå begränsas antingen av jordens brottbärighet, jordskruvarnas mothållskraft eller instrumentets kapacitet. (För det utnyttjade instrumentet var kapaciteten max. 0,75 MPa för platta $\varnothing 140$ mm).

Från varje undersökningsnivå redovisas resultat med en last-deformationskurva.

Utvärderingar kan ske på olika sätt. K.F. Ploman, Viak AB, föreslår en analytisk utvärdering där en tredimensionell ut-

veckling av Boussinesq's teori baserad på förhållandet $\epsilon = \left(\frac{\bar{\sigma}}{K_N}\right)^N$ leder till följande samband.

$$\delta \text{ platta} = B_{pi} \cdot I_N \cdot \left(\frac{q - p_l}{K_N}\right)^N$$

där

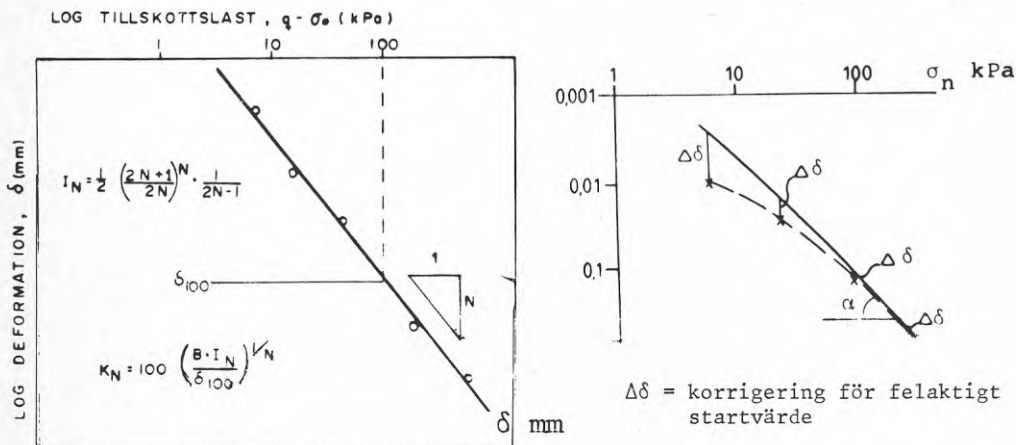
$\delta \text{ platta}$ = uppmätt deformation

B_{pi} = plattans diameter

$q - p_l$ = plattlast minus effektivtryck, $p - p_0$
(eller förkonsolideringstryck)

I_N = lastintergral (se figur)

Med hjälp av parametrarna N och K_N kan varierande deformationsförlopp beskrivas matematiskt. Grafiskt representeras funktionen av en rät linje i ett log-log diagram ur vilken N utvärderas varefter K_N kan beräknas enligt figuren nedan. Då störning av jorden icke kan undvikas vid installationen eller full anläggning mot jorden erhålles erfordras ofta korrektionsberäkning för felaktig startdeformation. Härefter utförs kurvpasning med linjär regression. Relativa standardavvikelsen för mätpunkterna beräknas (vanligen 1 - 5 %).



Nolldeformation antages föreligga i normalkonsoliderad jord vid överlagringstrycket. I överkonsoliderad jord där installationen av plattorna ej medför nämnvärd lastförändring i jorden under plattan avsättes lasten för nolldeformation som rådande konsolideringstryck.

Praktiska data

Utrustningen innehåller stora och tunga detaljer vilket kräver släpkärra eller mindre lastbil vid transport. Totalvikten är ca 200 kg. Upp- och nedmontering av utrustningen är, främst på grund av förankringen, tidsödande vilket innebär att förflyttningar blir en viktig tidsfaktor.

Skydd mot vind, sol och skakningar erfodras för mätbalken eftersom mätning med noggrannhet på några tusendels millimeter eftersträvas.

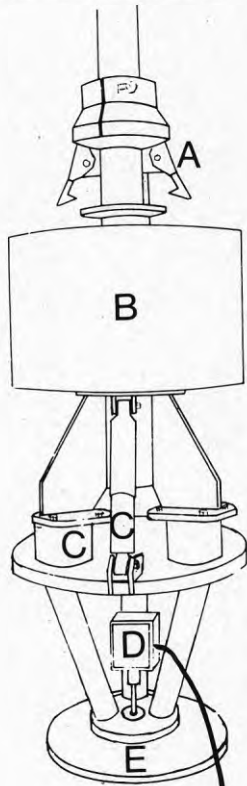
Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten bedömas till ca 6 nivåer per dag. Varje förflyttning innebär att antalet nivåer minskar med 1/dag. Kostnaden per test är ca 300 kr.

Metodbeskrivning

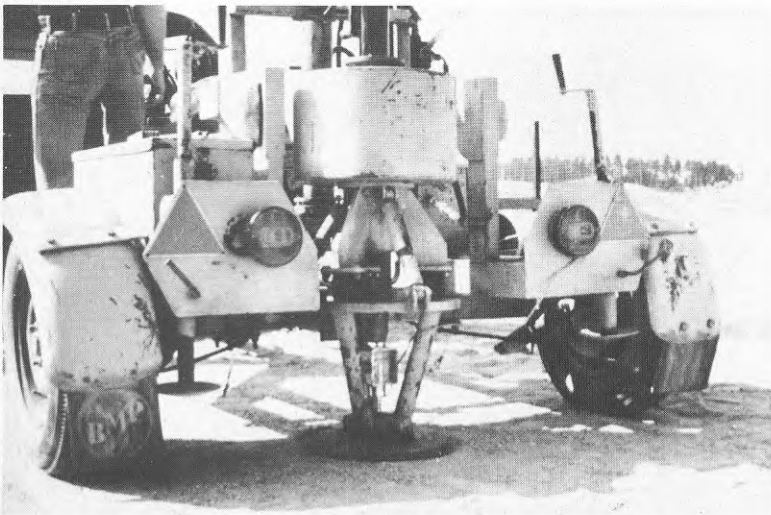
FALLVIKT

Vid fallviktsmätning belastas den packade ytan med en dynamisk kraft varvid den totala deformationen registreras. Den dynamiska kraften erhålls med hjälp av en fallande vikt och överförs till undergrunden via ett fjädersystem och en cirkulär platta. Belastningen kan varieras genom ändring av fallhöjd.

Instrumentet är framtaget för bedömning av vägars förmåga att uppta trafiklast. Den dynamiska modulen som erhålls vid fallviktsmätning är inte direkt jämförbar med en statisk modul. Något generellt förhållande mellan modulerna kan enligt litteraturen inte påvisas.

Instrumentbeskrivning

- A. Lyftkrokar som frigörs automatiskt vid inställd fallhöjd.
- B. Fritt fallande vikt, 150 kg.
- C. Dämpningssystem, gummibuffer-tar och stötdämpare.
- D. Deformationsmätare i form av seismometer.
- E. Belastningsplatta.
- F. Strömbrytare.
- G. Batteriindikatorer.
- H. Nollställning av instrument före mätning.
- I. Inställning av lämpligt mätområde.



Fallviktsutrustningen består av två enheter, belastningsenhet och registreringsenhet.

Belastningsenheten är upphängd på ett cylinderrör, som är ledat infäst i apparatens ram. I cylinderröret finns en hydraulisk teleskopcylinder med vilken vikten hissas. Teleskopcylindern manövreras med en elektrisk, batteridriven pump.

Belastningen fås av en 150 kg vikt som hissas till fastställd höjd, frigörs automatiskt och faller fritt på ett stöd med gummibuffertar eller stålroresfjädrar. Stötkraften belastar markytan via en cirkulär platta (normalt \varnothing 300 mm). Belastningsplattans undersida är försedd med en räfflad gummiskiva för tryckutjämnning. Belastningsenheten är fast monterad på en enaxlad tvåhjulig släpvagn.

Registreringsenheten mäter deformationerna med en seismometer i ett cirkulärt hål i centrum av belastningsplattan. I seismometern mäts värdena med en fjäderupphängd massa som fast referens. Som lägesgivare används i Statens väg- och trafikinstituts seismometrar en differentialtransformator som kalibreras statistiskt.

Deformationen kan registreras på olika sätt. I försöket har registrering gjorts av toppvärdet med en minnesvoltmeter med visarutslag.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Belastningen varieras genom att fallhöjden ändras. Fallhöjden bör väljas så, att deformationen ej överstiger 2 mm. I belastningsplattans centrumhål placeras en liten plåtbit som försänks ca 5 mm i marken. På plåtbiten placeras seismometerns tryckstång. Vikten får falla fritt mot stödet och värdet på voltmeteren registreras. Vid första stöten blir normalt värdet större än de påföljande. Flera stötar måste göras innan slutvärdet erhålls. Antal stötar är beroende på underlaget. Mätning görs tills man fått två på varandra följande värden som ej skiljer mer än 5 mV (0,01 mm deformation).

Resultatet (utslaget på voltmeteren) multipliceras med en kalibrerad konstant och sättningen erhålls i mm. Den dynamiska modulen beräknas enligt formeln:

$$E = \frac{1,5 \cdot P}{\pi \cdot r \cdot s}$$

där

- E = dynamisk E-modul (MPa)
- P = belastning (N)
- r = belastningsplattans radie (150 mm)
- s = deformation (mm)

Belastningen varierar med fallhöjden och plattdiametern.

För den ovan beskrivna utrustningen gäller vid 300 mm platt-diameter:

<u>fallhöjd</u>	<u>totalkraft</u>	<u>ytlast</u>
40 cm	0,049 MN	0,69 MPa
20 cm	0,030 MN	0,42 MPa
10 cm	0,021 MN	0,30 MPa
5 cm	0,015 MN	0,21 MPa
2 cm	0,010 MN	0,14 MPa

För sättningsberäkning måste den erhållna dynamiska modulen omräknas till en statisk modul. Tidigare utförda jämförelser samt det nu utförda försöket visar att något enhetligt förhållande mellan dessa moduler ej kan påvisas. Erhållna modulvärden har alltså ej kunnat utnyttjas för sättningsberäkning för statiska laster.

Eftersom deformationsmätaren, begränsar deformationen till 2 mm/slag kan underlaget inte belastas till brott och någon brottbärighetspåkänning inte bestämmas.

Praktiska data

Utrustningen är fast monterad på en tvåhjulig transportvagn och kan förflyttas på allmän väg med personbil i 70 km/h. Totalvikten är 500 kg vilket gör att kortare förflyttning kan ske manuellt på horisontellt underlag.

Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten bedömas till ca 40 tester/dag till en kostnad av ca 40 kr/test.

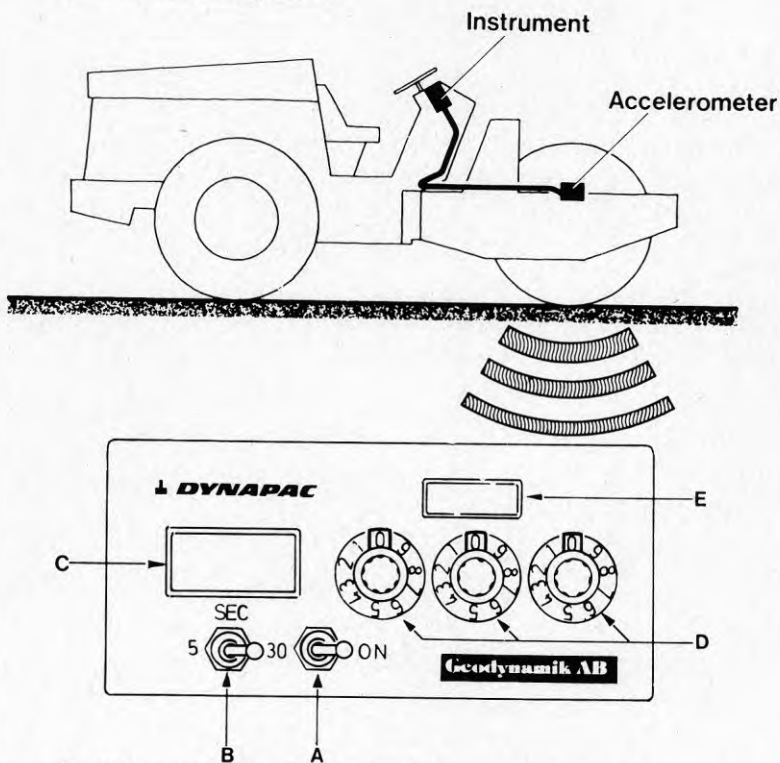
Utrustningen används dock i Sverige enbart av Statens vägverk och Statens väg- och trafikinstitut för kontroll av bärlager och beläggningar för vägar och uthyres normalt inte för andra kontrolluppdrag.

Metodbeskrivning

COMPACTOMETERN

Då en vibrationsvält rör sig på ett underlag med varierande gensvar på den vibrerande valsens dynamiska påverkan erhålls med compactometern mätvärden som indikerar undergrundens fysikaliskt-dynamiskt varierande egenskaper. Vid ökad fasthet och därmed ökad elasticitetsmodul hos underlaget registrerar mätaren successivt högre värden.

I motsats till punktvis kontroll får man med compactometern en övergripande bild av undergrundens homogenitet. Då instrumentet är relativt nytt finns ännu inte tillräckligt underlag för att med utgångspunkt från de erhållna relativvärdena bestämma exempelvis elasticitetsmodul och bärighet.

Instrumentbeskrivning

- A. Vippkopplare för tillslag av spänning
- B. Vippkopplare för val av medelvärdestid 5 eller 30 sek.
- C. Sifferdisplay
- D. Rattar för förinställning av signallampa
- E. Signallampa



Mätaren får sina impulser från en accelerometer som är fast monterad på den vibrerande valsens lagerhus. Givaren (accelerometern) registrerar kontinuerligt valsens vibrationer. I mätaren förstärks och analyseras de elektriska signalerna med hänsyn till vibrationernas grundton och övertoner. Mätaren ger medelvärden som erhålls valfritt med 5 eller 30 sek. intervall (mätsträcka ca 4 resp. 25 m vid en körhastighet av 3 km/h). Mätaren, monterad synligt för föraren, presenterar resultatet på en sifferdisplay. Instrumentet kan också i förväg ställas in på olika givna värden, varvid en gul lampa lyser så snart instrumentet registrerar högre värden. För dokumentation kan mätaren kompletteras med siffertryckare som skriver de registrerade värdena på en pappersremsa.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Vibrationsvälden bearbetar markytan med snabba återkommande stötkrafter. Stötförloppen utvecklas på olika sätt beroende på underlagets dynamiska egenskaper. Compactometern registrerar de förändrade egenskaperna. Högre värden indikerar ökad packningsgrad.

Eftersom mätaren registrerar varierande gensvar på valsens dynamiska påverkan är vältens vikt av betydelse för mätresultaten. Vibrationerna från en större vält påverkar djupare liggande jordlager än en mindre maskin. Väلتens storlek måste anpassas till material och skiktjocklekar. Den packade jordens vattenkvot påverkar materialets dynamiska egenskaper vilket medför att varierande mätresultat kan erhållas beroende av om mätningar utförs på torr eller våt jord. Väلتens körhastighet är också av betydelse och påverkar de registrerade värdena på sådant sätt, att låga väлthastigheter ger högre mätvärden. För en direkt jämförelse mellan på samma yta utförda mätningar måste väлten köras med oförändrad hastighet.

Resultaten måste jämföras med något annat instrument om den packade jordens deformations- och brottbärlighetsegenskaper söks.

Praktiska data

Dagskostnaden för väлт med registrator torde bli obetydligt högre än motsvarande kostnad för normala packningsmaskiner.

Utrustningen har hittills endast utnyttjats vid ett begränsat antal packningsarbeten men torde när mätaren serieproduceras kunna monteras på de flesta typer av vibrerande väлtar.

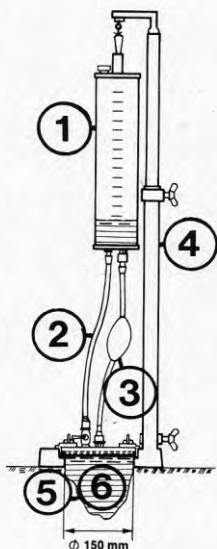
Metodbeskrivning

VATTENVOLYMETERN

Vid packningskontroll med vattenvolymeter mäts jordens torr-densitet varefter mätvärdet jämförs med densitetsvärden fram-tagna i laboratorium enligt standardiserade försöksmetoder. Kvoten mellan densiteten uppmätt i fält och den maximala den-siteten uppmätt i laboratorium (enligt exempelvis Proctormeto-den) kallas packningsgrad och betecknas R_D . Vid packning av fyllning för grundläggning av byggnad eftersträvas normalt ett värde av $R_D = 90 - 95 \%$ mod. Proctor. Härvid vet man av erfarenhet från en mängd tidigare objekt vilka brottbäri-ghetspåkänningar som gäller för olika jordar och vilken stor-leksordning på deformationerna som kan förväntas vid utnytt-jande av dessa påkänningar.

Instrumentbeskrivning

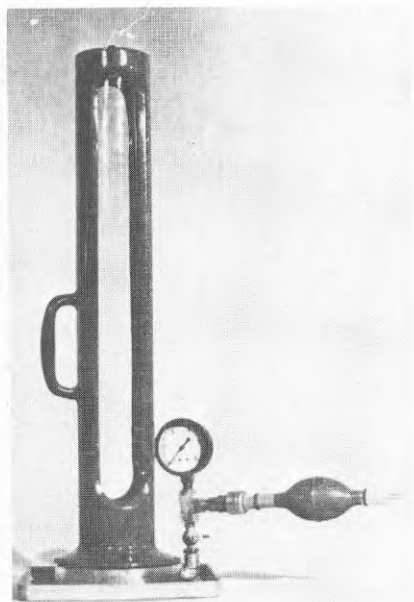
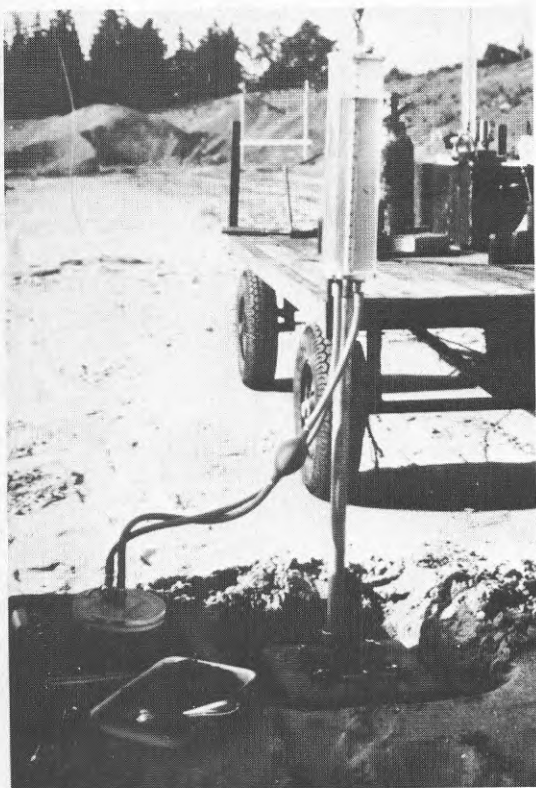
Vattenvolymetern består av en graderad vattenbehållare mon-terad på ett stålstativ och förbunden med en gummiblåsa som kan skruvas fast på stativets fot. Försöket går ut på att mäta volymen av ett upptaget jordprov och instrumentet finns också i andra utföranden med principiellt samma funk-tion.



1. Vattenbehållare med volymgradering.
2. Förbindelseslang med stängningskran för fyllning av gummiblåsa.
3. Returslang med pump för tömning av gummiblåsa.
4. Stativ med reglerbar höjd och fotplatta för anbringande av gummiblåsa.
5. Gummiblåsa med tätslutande lock vilande på en o-ring av gummi.
6. Upptaget jordprov för vilket volymen skall bestämmas.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Vid en vattenvolymetertest ställs volymetern på den avjämnade provtagningsytan och gummiblåsan vattenfylls, så att den ligger an mot jordytan i bottenplattans hål. På mätcy-lindern avläses vattenståndets utgångsvärde. Därefter pum-



pas vattnet upp i mätcyllindern och blåsan lyfts bort från bottenplattan utan att denna rubbas. Med hålet i plattan som mall grävs en provtagningsgrop i stort sett som en halvsfär eller cylinder (10 - 20 cm djup). Hela jordprovet tillvaratas omsorgsfullt. Mätcyllindern med ballongen placeras på nytt över hålet i bottenplattan och blåsan vattenfylls, så att den fyller hela gropen. På mätcyllindern avläses vattenståndets slutvärde. Gropens volym erhålls som skillnaden mellan de avlästa slut- och utgångsvärdena.

Det är viktigt att densitetsbestämningen utförs på representativ nivå i skikt. Denna nivå sammanfaller ungefär med skikt mitt om ett för jordart och skiktjocklek lämpligt packningsredskap har använts.

Efter volymbestämningen forslas jordprovet snarast till laboratorium för vägning samt bestämning av vattenhalt och stenhalt. För kontrollmetoden och tillhörande laboratoriearbeten finns en ingående utförandebeskrivning i Byggeforskningens informationsblad B2:1971, "Packningsegenskaper, Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar, del 5".

Densitetsbestämning har utnyttjats vid packningskontroll i såväl Sverige som utomlands under lång tid varför erfarenhetsbanken är stor. Det har dock visat sig att erhållna värden från kontroll av densitet ej kan omräknas till moduler för brottbärighets- och deformationsberäkningar. Detta beror på att brottbärigheten främst är beroende av de förändringar av inre friktionsvinkeln som kornform, korngradering, kornstorlek m.m. innebär. Dvs. ett fyllningsmaterial måste vara helt homogent och förhållandet densitet-brottbärighet noggrant bestämt för att densitetsförändringen skall kunna utgöra ett mått på jordens brottbärighets- och deformationssegenskaper. Som riktvärden för maximal torrdenstet vid tung laboratoriestampning ges i litteraturen följande riktvärden:

jordart	maximal torrdenstet ($\rho_{d_2 \max}$ t/m ³)
grusig och sandig morän	2,0 - 2,2
sand och grus	1,8 - 2,0
silt	1,7 - 1,9
lera	1,5 - 1,7

Vid packningskontroll jämförs det i fält uppmätta torrdenstetsvärdet med de erhållna värdena på den maximala torrdensteten varvid packningsgraden kan beräknas såsom kvoten av dessa. Vid bestämning av lagringstäthet erfordras dessutom laboratoriebestämning av den minimala densiteten vilken erhålles genom lös ifyllning.

Packningsgraden R_D och lagringstätheten I_D kan tecknas:

$$R_D = \frac{\rho_{d2}}{\rho_{d2 \max}}, \quad I_D = \frac{\rho_{d2} \max(\rho_{d2} - \rho_{d2 \min})}{\rho_{d2} (\rho_{d2 \max} - \rho_{d2 \min})}$$

där

- ρ_{d2} = total torrdensitet (t/m^3)
- $\rho_{d2 \max}$ = maximal torrdensitet vid tung laboratorie-stampning eller vibrering (t/m^3)
- $\rho_{d2 \min}$ = minimal torrdensitet vid lös ifyllning (t/m^3)

Praktiska data

Utrustningen är liten och handhas utav en man. Vid transporter packeteras utrustningen i en specialgjord väska i bärbart portföljformat. Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten bedömas till ca 20 tester/dag till en kostnad av ca 50 kr/test. Kontrollmetoden kräver tillgång till geotekniskt laboratorium med hög kapacitet. Om två proctorinstampningar per 20 tester förutsättes (vid mindre packningsarbeten, exempelvis fyllning för grundläggning av byggnad, blir ofta laboriearbetet mera omfattande) kan kostnaden för laboratorieundersökningarna beräknas enligt gällande hyresprislistor till ca 65 kr/test.

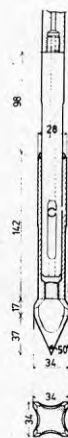
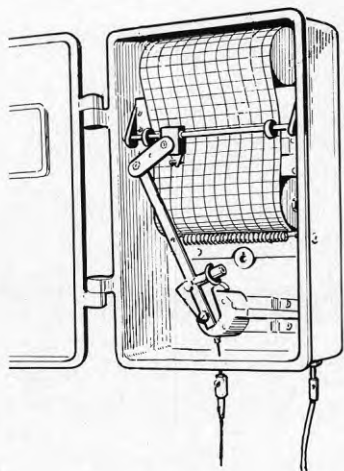
Laboriearbetena är av praktiska tidsmässiga skäl av stor betydelse eftersom kontrollresultaten erhålles först efter ett dygn på grund av erforderlig vattenkvotsbestämning (torkning av prover).

Metodbeskrivning

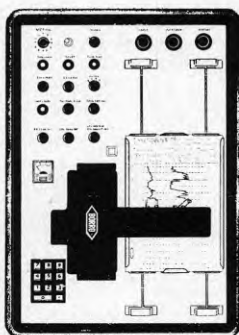
TRYCKSONDERING

Vid trycksondering pressas en pyramidformad spets ned i marken. Det totala nedpressningsmotståndet registreras. Genom att reducera det totala nedpressningsmotståndet med stångfriktionen erhålls det sökta spetsmotståndet. Registrering av nedpressningsmotstånd och stångfriktion görs på flera olika sätt beroende på utrustning. Neddrivning utförs manuellt eller maskinellt. Den maskinella utrustningen är ofta traktorburen och drivs med hydraulik.

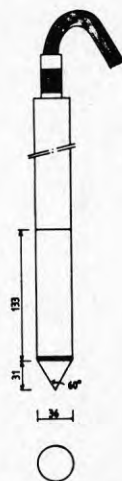
I litteraturen beskrivs en mängd olika utrustningar, spetsstyper samt metoder för utvärdering av resultatet.

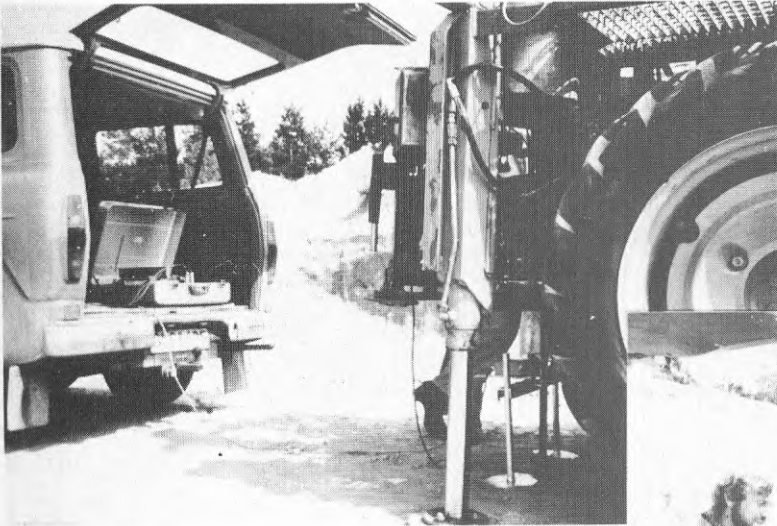
Instrumentbeskrivning

Mekanisk registrering



Elektrisk registrering





I försöket har en maskinell trycksond av typ J&W använts. Stativet är monterat på en traktor och nedpressningen av sondstängens sker med hjälp av hydraulik och kraften mäts med hjälp av ett fjäderstål. Genom kraftigare utformning av stativ och fjäder kan registrering av nedpressningskraften göras upp till 20 kN (manuell trycksond klarar 10 kN).

Två typer av registrering har använts, en mekanisk (typ Nilcon) och en elektrisk (typ Borro). Sondspetsarna är, beroende på registreringstyp, helt olika utformade. Gemensamt för båda spets typerna är dock spetsarean som är 10 cm^2 .

Vid mekanisk registrering registreras totala nedpressningskraften på en skrivare. Sonderingsdjupet mäts med hjälp av en trissa, som roterar då sondstängens sjunker, varvid sjunkningen registreras. Trycksondspetsen, som består av en upp- och nedvänd pyramid med 5 cm höjd och 10 cm^2 basyta, låses till sondstängens via en glappkoppling med 5 eller 10 cm slaglängd. Detta innebär att stängens kan dras upp 5 resp. 10 cm utan att spetsen följer med. När stängens på nytt pressas ned blir nedpressningsmotståndet lika med totala stängfriktionen.

Vid elektrisk registrering mäts spetsmotstånd och mantelfriktion separat med tryckmätare monterade på sondens insida. Spetsens basyta är 10 cm^2 , diametern 35,7 mm och spetsvinkeln 60° . Mantelfriktionen mäts på en 150 cm^2 yta placerad direkt efter spetsen med 36 mm diameter. Två sondtyper finns, en som enbart registrerar spetsmotstånd och en som registrerar både mantelfriktion och spetsmotstånd. Sönderna finns för 3 olika mätområden.

max 10 MPa, spetsmotstånd/0,25 MPa friktion

max 40 MPa, spetsmotstånd/1,0 MPa friktion

max 160 MPa, spetsmotstånd/2,0 MPa friktion

Tryckmätarna i sonden är via en kabel kopplad till en registreringsenhet på markytan. Registreringsenheten (Geodataplotter) registrerar och ritar parametrar för spetsmotstånd och mantelfriktion separat på ett A4-papper. För att kunna utnyttja instrumentet och de olika sönderna maximalt i jordar med varierande fasthet har instrumentet 4 olika skalor att välja mellan.

Sjunkningen registreras med två roterande gummihjul som kläms mot borrstålet. Instrumentet är kopplat till registreringsenheten med en kabel.

Registreringsenheten finns i flera utföranden. En för enbart spetsmotståndsregistrering samt en med möjlighet att registrera 2 - 4 olika parametrar. Instrumentet kan kompletteras med en databandspelare eller perforerade band för beräkning eller datainsamling.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Sondspetsen pressas ned i marken med jämn hastighet varvid nedpressningsmotståndet registreras. Vid mekanisk registrering er-

hålls det totala nedpressningsmotståndet på en skrivare. Stångfriktionen registreras med jämna intervall genom att borrhålet lyfts 5 - 10 cm, utan att spetsen följer med, och pressas tillbaka till utgångsläget. Vid elektrisk registrering erhålls spets- och friktionsmotstånd kontinuerligt på två separata diagram.

Praktiska data

För att trycksondering skall vara praktiskt användbar i packad friktionsjord krävs en nedtryckningskraft på minst 2 ton. Detta innebär att utrustningen är monterad på ett fordon typ traktor eller bandvagn. Totalvikten blir då 4 - 6 ton och kräver en större lastbil eller tåg vid transport. Är utrustningen monterad på en hjultraktor kan kortare förflyttningar göras utan transportenhet.

Kapaciteten bedöms med ledning av försöken i Tullinge till ca 100 m/dag vilket ger en kostnad av 25 kr/m för mekanisk registrering och uppskattningsvis det dubbla för elektrisk registrering.

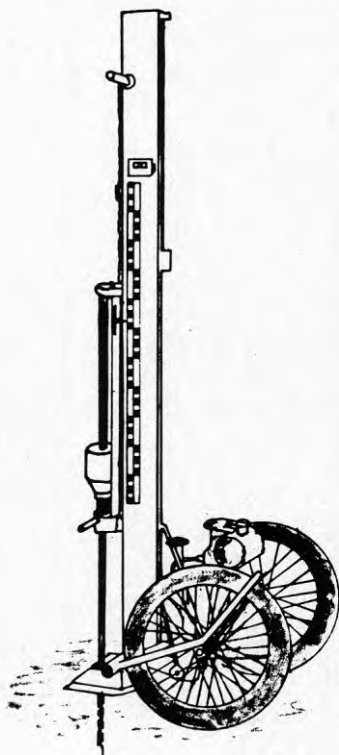
Metodbeskrivning

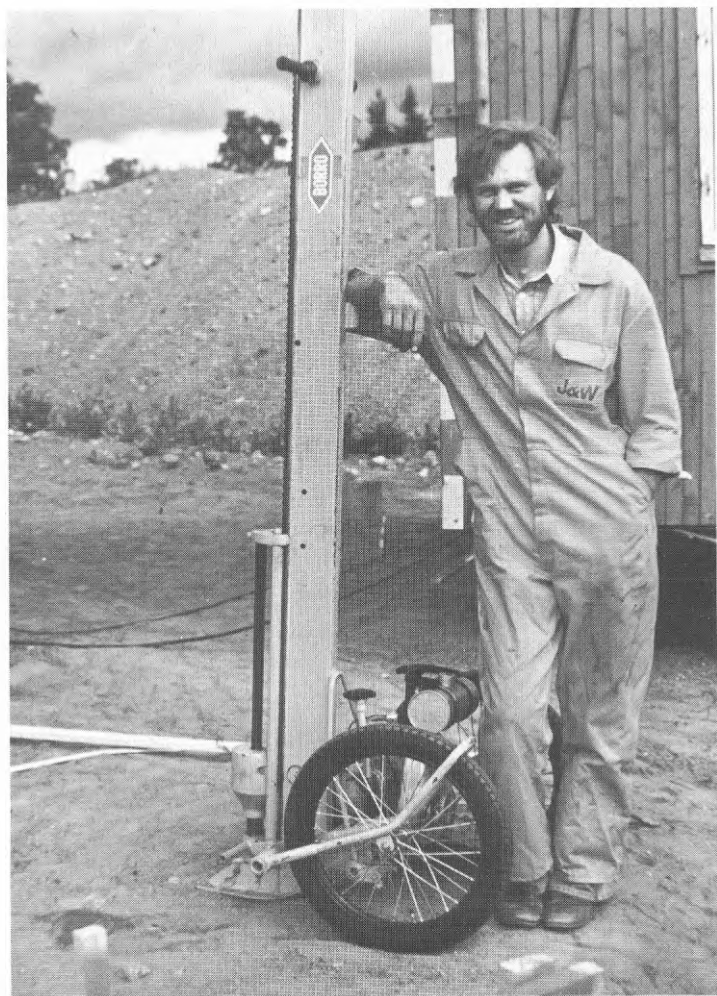
HEJARSONDERING

Vid hejarsondering drivs sonderingsstål med en förstoraad spets ned i jorden mekaniskt eller manuellt med hjälp av en fritt fallande vikt med konstant fallhöjd. Neddrivningsmotståndet registreras som antal slag per 10, 20 eller 30 cm nedträngning, beroende på typ av utrustning och standard. Erfarenhetsvärden visar att resultatet kan användas för översiktlig bedömning av en jords relativa fasthet.

Instrumentbeskrivning

Hejarsondutrustningen finns i flera olika utföranden. Den i försöket använda utrustningen är en tysk lätt hejarsond (standardiserad i DIN 4094). Den fallande vikten väger 10 kg och fallhöjden är konstant 50 cm. Vikten löper utefter en balk och lyfts med hjälp av en kedja, med på jämna mellanrum placerade hakar, som hugger tag i vikten och lyfter den med sig. Vikten frigörs automatiskt vid 50 cm höjd och faller fritt på en slagdyna som sitter på sonderingsstålets överända. Kedjan drivs av en liten bensinmotor. Antal slag registreras på ett räkneverk. Utrustningen är sammansatt till en enhet och är försedd med två cykelhjul. Sonderingar utförs av en man.





Sonderingsspetsen är konisk och har en diameter av 35,6 mm och 90° spetsvinkel. Spetsen är fäst på 1 m långa skarvbara sondstänger med 22 mm diameter.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Vid sondering registreras antal slag per 10 cm nedträngning. Vid tyngre utrustningar registreras antal slag för 20 eller 30 cm nedträngning.

Utrustningen erbjuder inte några möjligheter att särskilja spetsmotstånd och friktionsmotstånd mot borrhålen.

Några riktvärden för bedömning av lagringstäthet finns inte. Sonderingsmotståndet kan dock relateras till andra mer tidsödande och kostsamma kontrollinstrument och därmed reducera dessa mätningar.

Praktiska data

Utrustningen väger med stål och borrhylft ca 100 - 120 kg. För transport krävs släpkärra eller mindre lastbil. Förflyttning mellan punkter är enkel på grund av de stora cykelhjul.

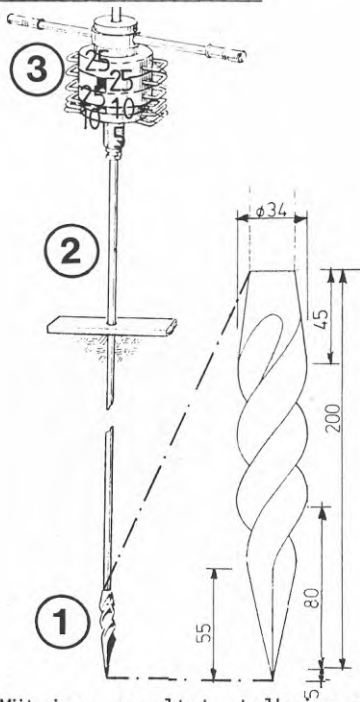
Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten uppskattas till 30 - 50 meter per dag (beroende av spetsmotstånd och borrhjup) vilket motsvarar en kostnad av ca 30 - 50 kr/m.

Metodbeskrivning

VIKTSOND

Vid viktsondering bestäms en jords relativa lagringstäthet. En skruvformad spets nedbringas i jorden genom belastning och eventuell vridning. Den minsta last och det eventuella arbete (vridning i antal halvvarv/20 cm) som erfordras för att sonden skall sjunka i jorden utgör ett mått på jordens relativa lagringstäthet. Sonderingsmetoden ger endast relationsvärden och kan därför ej utnyttjas för utvärdering av en jords last- och deformationsegenskaper. Vid omfattande kontrollarbeten kan sonderingsresultatet dock utnyttjas för reducering av mätprogram för mera tidsödande och kostsamma kontrollinstrument.

Instrumentbeskrivning

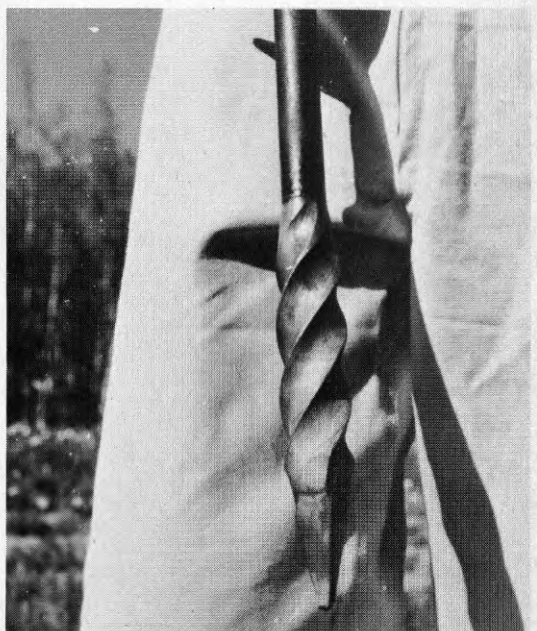
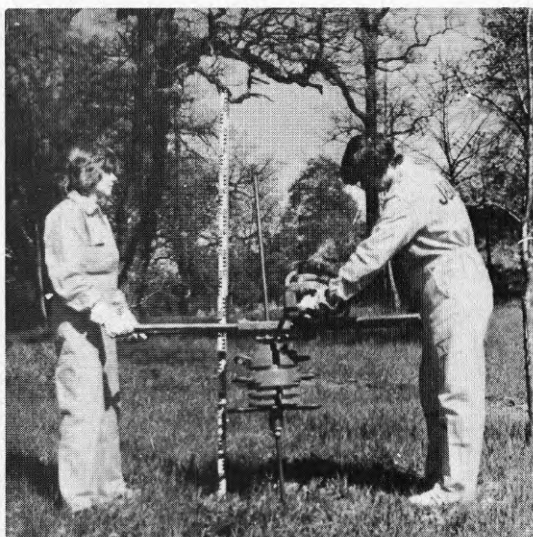
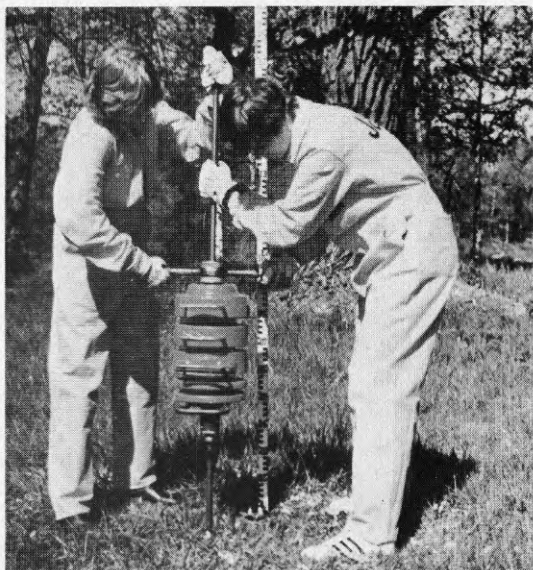


Viktsonden består av en skruvformad spets, ① (med 200 mm längd och en största diameter av 34 mm) fäst på skarvbara borrarstål, ② (med diameter 22 eller 25 mm). Spetsen belastas i den ursprungliga utformningen med hjälp av upp till sex vikter, ③, tillsammans vägande 100 kg (en med 5 kg, två med 10 kg och tre med 25 kg vikt). I en senare konstruerad maskinell utformning belastas spetsen med handkraft i motsvarande laststeg varvid lasten avläses på en mät-klocka.

Mätning, resultat, tolkning och riktvärden

Vid viktsondering belastas spetsen enbart med den vikt som är nödvändig för att denna skall tränga genom jorden. Normalt belastas sonden stegvis med 5, 15, 25, 50, 75 och 100 kg. Om spetsen inte sjunker för belastningen 100 kg rote-ras spetsen för hand eller maskinellt. Man registrerar antalet vridna halvvarv per 20 cm sjunkning.

Utrustningen erbjuder inte några möjligheter till särskiljning av spetsmotstånd och friktionsmotståndet mot borrarstålet. Sonderingsresultatet är därför mycket tvetydigt om hålväggen runt sondstålet rasar igen (torde ofta vara fallet i grusiga och sandiga jordar) eftersom motståndet runt sondstålet härvid kan bli av samma storleksordning eller större än spetsmotståndet.



Enligt Svensk Byggnorm -75 dras gränsen mellan löst lagrad och fast lagrad sand vid 15 halvvarv/20 cm.

Praktiska data

Utrustningen tillverkas i ett manuellt och ett maskinellt utförande. Det senare som också användes vid försöken i Tullinge ger en något högre borrhkapacitet. Utrustningen väger med stål och borryft ca 80 - 120 kg (ca 80 kg för den maskinella utrustningen) och levereras i speciell transportbox. För transport av utrustningen krävs combi- eller lastbil.

Med ledning av försöken i Tullinge kan kapaciteten uppskattas till ca 30 - 50 meter per dag (beroende av sonderingsmotstånd och borrhdjup) motsvarande en kostnad av 50 - 80 kr/meter.

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

STATISK PLATTBELASTNING, ϕ 300 mmPRESSOMETER, SOND ϕ 32 mm

a. skiktvis kontroll

b. kontroll efter utläggning av skikt III

SKRUVPLATTA, SKRUV ϕ 140 mmFALLVIKT, PLATTA ϕ 300 mm

COMPACTOMETER

VATTENVOLYMETER, ϕ 150 mm

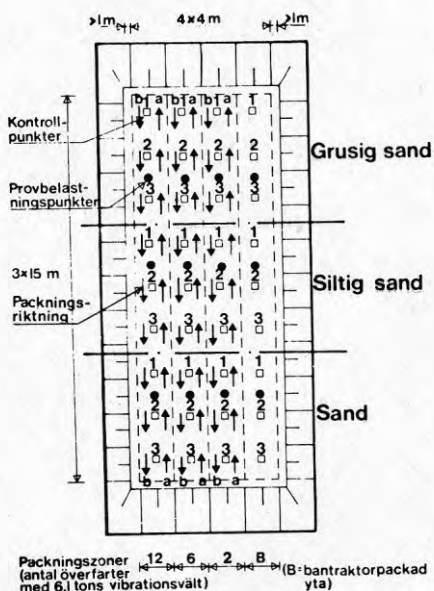
VIKTSOND, MASKINELL

TRYCKSOND, MEKANISK OCH ELEKTRISK REGISTRERING

HEJARSOND, TYSK LÄTT DIN 4094

AVVÄGNING, ZONVIS SAMMANSTÄLLNING

MÄTPUNKTER



Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Siltig sand. Bandtraktorpackad yta

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,530	0,535	0,550	0,570	0,595	0,640
	2	0,450	0,455	0,475	0,520	0,530	0,570
	3	0,450	0,460	0,470	0,480	0,500	0,540
0,192	1	0,610	0,620	0,640	0,655	0,680	0,705
	2	0,730	0,750	0,750	0,770	0,805	0,865
	3	0,650	0,660	0,660	0,670	0,690	0,670
0,300	1	1,520	1,545	1,555	1,595	1,620	1,670
	2	1,310	1,320	1,340	1,390	1,440	1,500
	3	1,505	1,510	1,520	1,550	1,570	1,610
0,192	1	—	1,610	1,615	1,620	1,635	1,645
	2	—	1,510	1,510	1,510	1,510	1,510
	3	—	1,565	1,565	1,570	1,580	1,590
0,06	1	1,485	1,480	1,470	1,455	1,450	1,450
	2	1,460	1,460	1,440	1,420	1,410	1,400
	3	1,465	1,460	1,450	1,440	1,435	1,435
0	1	0,725	0,715	0,715	0,710	0,650	0,620
	2	0,800	0,800	0,795	0,765	0,620	0,620
	3	0,920	0,910	0,910	0,900	0,840	0,775
0,407	1	4,100	4,160	4,200	—	4,285	4,345
	2	(3,260)	(3,260)	(3,260)	—	3,710	3,710
	3	3,190	3,230	3,250	—	3,300	3,360
0,510	1	3,105	3,150	3,210	3,270	3,455	3,575
	2	2,000	2,030	2,05	2,100	2,140	2,255
	3	2,225	2,260	2,300	2,335	2,375	2,520
0,611	1	5,880	5,930	5,995	6,085	6,155	6,265
	2	5,880	5,945	6,000	6,105	6,180	6,295
	3	5,860	5,910	5,980	6,060	6,120	6,225
0,712	1	12,620	12,720	12,835	12,940	13,055	13,160
	2	9,560	9,630	9,745	9,835	9,950	10,070
	3	9,640	9,750	9,875	9,965	10,075	10,140
0,815	1						
	2	14,400					
	3	13,000	13,560	14,300	15,880	16,700	18,570

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Siltig sand. 2 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,340	0,350	0,355	0,375	0,405	0,410
	2	0,535	0,540	0,540	0,555	0,580	0,600
	3	0,540	0,550	0,560	0,570	0,580	0,595
0,192	1	1,515	1,520	1,525	1,540	1,560	1,580
	2	—	—	—	—	1,925	1,940
	3	1,830	1,835	1,855	1,865	1,895	1,925
0,300	1	3,620	3,625	3,625	3,635	3,635	3,655
	2	4,150	4,150	4,150	4,150	4,155	4,170
	3	4,135	4,145	4,150	4,175	4,195	4,215
0,192	1	3,655	3,655	3,655	3,655	3,655	3,655
	2	4,220	4,220	4,220	4,220	4,220	4,220
	3	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175	4,175
0,096	1	3,470	3,400	3,380	—	3,330	3,305
	2	4,065	3,970	3,925	—	3,890	3,880
	3	4,065	4,025	4,010	—	3,975	3,945
0	1	2,940	2,930	2,920	2,865	2,805	2,760
	2	3,465	3,455	3,450	3,370	3,280	3,210
	3	3,440	3,430	3,415	3,380	3,325	3,280
0,096	1	—	—	—	—	3,115	3,135
	2	—	—	—	—	3,605	3,605
	3	3,680	3,690	3,700	3,720	3,755	3,750
0,192	1	3,280	3,320	3,410	3,440	3,475	3,510
	2	3,480	3,495	3,525	3,530	3,575	3,615
	3	4,060	4,070	4,090	4,110	4,110	4,160
0,300	1	—	—	—	3,975	3,995	4,050
	2	4,085	4,115	4,115	4,115	4,120	4,175
	3	4,620	4,635	4,640	4,640	4,640	4,655
0,407	1	—	7,325	7,325	7,355	7,420	7,430
	2	6,835	6,920	6,925	6,945	7,005	7,055
	3	8,535	8,615	8,635	8,675	8,730	8,780
0,510	1	7,670	7,675	7,695	7,700	7,745	7,780
	2	7,475	7,590	7,590	7,615	7,700	7,775
	3	9,400	9,440	9,480	9,520	9,580	9,630
0,611	1	10,390	10,450	10,530	10,990	11,360	11,780
	2	11,450	11,560	11,660	12,310	12,745	13,330
	3	11,970	12,070	12,150	12,680	13,055	13,520
0,712	1	14,730	15,020	15,485	15,965	16,485	16,840
	2	17,370	17,730	18,320	19,060	19,875	20,455
	3	16,950	17,220	17,720	18,230	18,785	19,110
0,815	1	20,210	20,490	20,790	21,270	22,045	22,845
	2	26,235	27,065	27,675	28,545	29,985	30,815
	3	23,960	24,630	25,520	25,985	26,200	27,170
0,977	1	—	27,545	28,045	29,075	29,855	31,625
	2	—	—	—	—	—	—
	3	32,470	33,220	34,070	36,370	37,270	38,290

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Siltig sand. 6 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,530	0,510	0,505	0,505	0,520	0,545
	2	0,475	0,460	0,455	0,400	0,400	0,455
	3	0,560	0,560	0,560	0,70	0,590	0,600
0,192	1	1,365	1,380	1,380	1,390	1,405	1,410
	2	1,320	—	1,340	1,360	1,395	1,380
	3	1,610	1,620	1,625	1,640	1,660	1,675
0,407	1	3,445	3,460	3,465	3,480	3,515	3,505
	2	3,475	3,490	3,520	3,550	3,620	3,620
	3	4,025	4,040	4,055	4,075	4,115	4,110
0,510	1	5,525	5,540	5,570	5,595	5,655	5,830
	2	5,580	5,590	5,630	5,650	5,680	5,855
	3	6,270	6,290	6,315	6,350	6,420	6,610
0,320	1	5,375	5,370	5,370	5,365	5,340	5,340
	2	5,570	5,560	5,560	5,540	5,360	5,410
	3	6,125	6,120	6,120	6,120	6,070	6,070
0,192	1	5,035	5,010	4,950	4,950	4,950	5,005
	2	5,190	5,140	5,010	5,020	5,045	5,060
	3	5,765	5,750	5,690	5,700	5,695	5,770
0,096	1	4,725	4,720	4,710	4,700	4,680	4,675
	2	4,905	4,900	4,900	4,920	4,870	4,810
	3	5,495	5,480	5,460	5,450	5,435	5,435
0,192	1	4,825	4,835	4,840	4,845	4,835	4,790
	2	4,915	4,915	4,915	4,940	4,950	4,910
	3	5,690	5,605	5,610	5,600	5,585	5,560
0,407	1	5,450	5,450	5,455	5,475	5,515	5,500
	2	5,465	5,470	5,485	5,510	5,550	5,580
	3	6,205	6,210	6,215	6,230	6,275	6,245
0,611	1	6,545	6,575	6,595	6,610	6,650	6,780
	2	6,565	6,590	6,605	6,620	6,675	6,775
	3	7,325	7,350	7,380	7,395	7,435	7,555
0,815	1	9,580	9,765	9,835	9,880	9,925	9,980
	2	9,590	9,700	9,810	9,870	9,925	9,970
	3	10,370	10,485	10,565	10,605	10,610	10,610
1,017	1	12,460	12,610	12,810	13,020	13,140	13,305
	2	12,360	12,475	12,700	12,910	13,040	13,150
	3	12,980	13,170	13,375	13,575	13,690	13,850
1,218	1	18,200	18,455	18,770	19,175	19,560	19,785
	2	17,820	18,060	18,390	18,740	19,140	19,335
	3	18,130	18,400	18,790	19,080	19,435	19,640
1,423	1	—	28,750	29,110	29,970	31,360	32,205
	2	—	26,700	27,850	28,500	29,080	30,785
	3	—	27,080	28,180	29,060	30,435	31,190

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Siltig sand. 12 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,192	1	1,880	1,895	1,940	1,940	1,990	1,995
	2	1,750	1,770	1,800	1,800	1,835	1,835
	3	0,870	0,880	0,900	0,900	0,900	0,900
0,407	1	4,760	4,805	4,825	4,860	4,890	4,925
	2	4,205	4,250	4,825	4,300	4,330	4,395
	3	3,050	3,070	3,090	3,115	3,140	3,140
0,611	1	8,430	8,455	8,535	8,605	8,630	8,675
	2	7,385	7,390	7,460	7,515	7,525	7,560
	3	6,835	6,855	6,915	6,965	6,985	7,010
0,407	1	8,480	8,480	8,480	8,480	8,475	8,475
	2	7,420	7,415	7,415	7,415	7,415	7,410
	3	6,810	6,800	6,800	7,800	6,800	6,800
0,192	1	7,910	7,875	7,840	7,820	7,805	7,735
	2	6,950	6,920	6,915	6,885	6,865	6,790
	3	6,300	6,280	6,255	6,240	6,235	6,125
0,407	1	8,190	8,195	8,200	8,205	8,205	8,240
	2	7,090	7,090	7,115	7,125	7,130	7,160
	3	6,505	6,515	6,530	6,540	6,560	6,555
0,611	1	9,140	9,150	9,160	9,160	9,185	9,270
	2	7,990	7,995	8,015	8,015	8,050	8,085
	3	7,290	7,305	7,320	7,340	7,380	7,425
0,815	1	—	11,010	11,195	11,480	11,650	11,765
	2	10,470	10,570	10,720	10,980	11,150	11,230
	3	8,390	8,460	8,540	8,740	8,840	8,890
1,017	1	16,180	16,290	16,425	17,065	17,430	17,980
	2	15,390	15,420	15,490	16,010	16,280	16,690
	3	12,120	12,210	12,305	12,730	12,960	13,360
1,218	1	27,000	27,190	27,385	27,590	31,140	31,635
	2	23,600	23,750	23,880	24,040	26,430	27,450
	3	19,630	19,750	19,890	20,030	22,240	23,250

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Sand. Bandtraktorpackad yta

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,415	0,550	0,560	0,570	0,570	0,610
	2	0,515	0,610	0,635	0,640	0,650	0,700
	3	0,470	0,575	0,575	0,585	0,580	0,620
0,192	1	0,810	0,820	0,825	0,825	0,830	0,830
	2	0,940	0,945	0,955	0,960	0,960	0,960
	3	0,810	0,810	0,8k0	0,810	0,810	0,790
0,300	1	3,320	3,340	3,355	3,375	3,395	3,525
	2	3,450	3,505	3,520	3,540	3,550	3,700
	3	3,010	3,050	3,080	3,100	3,110	3,205
0,407	1	5,255	5,285	5,315	5,345	5,365	5,395
	2	5,500	5,530	5,560	5,590	5,610	5,640
	3	4,845	4,905	4,940	4,965	4,995	5,015
0,510	1	9,445	0,525	9,575	9,625	9,725	9,745
	2	9,890	9,980	10,030	10,075	10,160	10,220
	3	8,765	8,805	8,855	8,910	9,000	9,035
0,096	1			9,010			
	2			9,340			
	3			8,325			
0,192	1	9,025	9,025	9,025	9,025	9,025	9,025
	2	9,390	9,390	9,390	9,390	9,390	9,390
	3	8,365	8,365	8,365	8,365	8,365	8,365
0,300	1	9,315	—	9,315	9,315	9,320	9,325
	2	9,755	—	9,755	9,760	9,765	9,770
	3	8,695	—	8,700	8,700	8,705	8,705
0,407	1	9,960	9,970	9,975	9,990	10,010	10,020
	2	10,510	10,510	10,520	10,530	10,575	10,590
	3	9,355	9,365	9,375	9,385	9,405	9,410
0,510	1	12,045	12,095	12,165	12,255	12,395	12,520
	2	12,780	12,825	12,895	12,990	13,130	13,270
	3	11,420	11,480	11,555	11,660	11,740	11,920
0,611	1	22,420	22,480	22,560	22,640	22,655	22,770
	2	23,600	23,670	23,780	23,850	23,860	23,990
	3	21,910	21,985	22,070	22,160	22,175	22,270
0,712	1	33,870	33,960	34,060	34,130	34,230	34,310
	2	35,010	35,080	35,200	35,260	35,365	35,455
	3	33,220	33,320	33,435	33,500	33,610	33,700
0,815	1	45,560	45,650	45,740	45,835	45,930	49,280
	2	46,455	46,545	46,665	46,755	46,855	50,460
	3	44,640	44,770	44,860	44,970	45,070	48,655

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Sand. 2 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,620	0,625	0,630	0,630	0,650	0,635
	2	0,875	0,880	0,885	0,890	0,930	0,945
	3	0,970	0,980	0,995	1,005	1,015	1,005
0,192	1	1,415	1,445	1,455	1,485	1,475	1,470
	2	—	—	1,680	1,725	1,735	1,770
	3	1,840	1,845	1,895	1,915	1,905	1,905
0,300	1	2,620	2,670	2,695	2,725	2,780	2,790
	2	2,835	2,925	2,940	2,990	3,045	3,075
	3	3,245	3,285	3,315	3,365	3,415	3,455
0,407	1	3,995	4,015	4,030	4,065	4,085	4,105
	2	4,260	4,285	4,350	4,395	4,445	4,475
	3	4,865	4,905	4,945	4,980	5,015	5,045
0,300	1	4,025	4,025	4,025	4,020	4,010	3,995
	2	4,435	4,435	4,435	4,435	4,425	4,335
	3	4,950	4,950	4,950	4,945	4,945	4,945
0,192	1	3,825	3,820	3,825	3,810	3,810	3,730
	2	4,320	4,315	4,305	4,275	4,270	4,180
	3	4,765	4,765	4,745	4,735	4,715	4,660
0,055	1	—	3,290	3,270	3,255	3,230	3,250
	2	—	3,855	3,835	3,815	3,775	3,735
	3	—	4,225	4,210	4,195	4,165	4,185
0,192	1	3,420	3,440	3,455	3,475	3,495	3,525
	2	3,875	3,895	3,905	3,915	3,940	3,965
	3	4,405	4,410	4,415	4,425	4,460	4,465
0,300	1	3,820	3,840	3,830	3,815	3,945	3,950
	2	4,230	4,230	4,230	4,230	4,295	4,360
	3	4,805	4,805	4,790	4,785	4,895	4,920
0,407	1	4,370	4,395	4,415	4,400	4,420	4,420
	2	4,560	4,595	4,610	4,620	4,640	4,710
	3	5,190	5,230	5,235	5,260	5,295	5,290
0,510	1	5,230	5,235	5,260	5,295	5,335	5,540
	2	5,355	5,380	5,400	5,460	5,530	5,760
	3	6,285	6,320	6,380	6,430	6,500	6,645
0,611	1	6,765	6,800	6,855	6,870	7,120	7,275
	2	6,920	6,970	6,995	7,020	7,075	7,320
	3	8,285	8,330	8,370	8,410	8,480	8,550
0,712	1	8,705	8,750	8,790	9,245	9,365	9,705
	2	8,650	8,690	8,740	9,190	9,315	9,680
	3	10,245	10,300	10,360	10,930	11,070	11,485
0,815	1	10,900	10,940	10,975	11,250	11,550	11,905
	2	10,830	10,855	10,890	11,190	11,500	11,710
	3	13,125	13,165	13,215	13,575	13,925	14,400
0,917	1	13,105	13,175	13,630	13,945	14,225	14,700
	2	12,810	12,890	13,390	13,660	14,110	14,615
	3	15,920	16,010	16,740	17,080	17,545	18,120

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Sand. 2 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
1,017	1	16,180	16,335	17,070	17,575	18,140	18,570
	2	16,325	16,415	17,145	17,665	18,250	18,700
	3	19,870	19,970	20,770	21,370	22,980	23,460
1,218	1	26,670	26,820	27,015	29,400	29,880	30,905
	2	27,100	27,270	27,400	29,100	30,630	31,715
	3	32,040	32,210	32,350	34,060	35,640	36,820

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Sand. 6 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,192	1	0,905	0,935	0,955	0,970	0,975	0,995
	2	0,905	0,940	0,960	0,970	0,970	0,995
	3	0,770	0,780	0,780	0,795	0,795	0,815
0,407	1	2,900	2,930	2,975	3,000	3,035	3,075
	2	3,070	3,090	3,130	3,160	3,210	3,275
	3	2395	2.410	2,435	2,460	2,490	2,530
0,611	1	4,795	4,840	4,870	4,920	5,005	4,995
	2	5,550	5,605	5,640	5,685	5,840	5,850
	3	4,430	4,475	4,510	4,550	4,645	4,635
0,407	1	4,845	4,840	4,840	4,835	4,760	4,765
	2	5,720	5,715	5,710	5,690	5,545	5,550
	3	4,470	4,470	4,465	4,455	4,390	4,395
0,192	1	4,395	4,390	4,390	4,370	4,370	4,360
	2	5,220	5,220	5,210	5,180	5,170	5,120
	3	3,990	3,990	3,990	3,970	3,960	3,950
0,407	1	4,655	4,655	4,655	4,660	4,665	4,700
	2	5,355	5,375	5,390	5,390	5,395	5,485
	3	4,280	4,280	4,280	4,280	4,295	4,330
0,611	1	5,160	5,190	5,205	5,225	5,275	5,285
	2	5,910	5,930	5,970	5,980	6,055	6,070
	3	4,780	4,790	4,810	4,830	4,880	4,890
0,815	1	7,110	7,160	7,230	7,385	7,475	7,580
	2	8,290	8,350	8,415	8,600	8,750	8,780
	3	6,790	6,855	6,900	7,065	7,170	7,265
1,017	1	10,440	10,540	10,690	10,890	11,045	11,140
	2	12,005	12,100	12,270	12,465	12,550	12,660
	3	9,920	10,010	10,145	10,325	10,445	10,515
1,218	1	15,405	15,580	15,045	16,165	16,640	16,905
	2	16,820	17,100	17,470	17,745	18,290	18,590
	3	14,010	14,180	14,570	14,850	15,360	15,600
1,423	1	25,000	25,500	26,150	26,470	26,850	27,405
	2	—	—	28,680	28,960	29,420	30,060
	3	23,850	24,400	25,170	25,575	26,020	26,625
1,625	1			44,000			
	2			46,000			
	3			43,000			

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Sand. 12 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,192	1	1,040	1,040	1,040	1,035	1,065	1,115
	2	1,235	1,240	1,245	1,245	1,275	1,330
	3	1,265	1,270	1,265	1,265	1,285	1,350
0,407	1	2,470	2,485	2,510	2,505	2,555	2,615
	2	2,915	2,935	2,965	2,970	3,030	2,085
	3	2,530	2,545	2,570	2,570	2,565	2,600
0,611	1	4,340	4,375	4,450	4,485	4,535	4,555
	2	4,950	5,000	5,000	5,080	5,130	5,160
	3	—	—	4,080	4,095	4,130	4,180
0,407	1	4,445	4,445	4,440	4,410	4,380	4,360
	2	5,105	5,100	5,100	5,075	5,030	5,030
	3	4,125	4,125	4,125	4,110	4,100	4,100
0,192	1	3,950	3,945	3,940	3,815	3,815	3,850
	2	4,650	4,640	4,645	4,645	4,460	4,460
	3	3,730	3,725	3,720	3,680	3,670	3,670
0,000	1	2,905	2,900	2,900	2,900	2,905	2,905
	2	3,590	3,590	3,590	3,585	3,585	3,585
	3	3,140	3,140	3,140	3,140	3,140	3,140
0,407	1	4,885	4,195	4,195	4,200	4,230	4,265
	2	4,800	4,805	4,805	4,815	4,855	4,905
	3	4,150	4,150	4,150	4,155	4,175	4,200
0,011	1	5,000	5,025	5,050	5,050	5,110	5,110
	2	5,625	5,640	5,660	5,680	5,745	5,745
	3	4,625	4,640	4,655	4,670	4,670	4,670
0,815	1	6,875	6,915	6,945	7,015	7,015	7,265
	2	7,500	7,590	7,630	7,700	7,710	8,010
	3	5,995	6,020	6,050	6,305	6,310	6,320
1,017	1	8,895	8,905	8,965	9,200	9,495	9,770
	2	9,600	9,640	9,680	9,925	10,210	10,470
	3	7,710	7,745	7,795	7,910	8,250	8,470
1,218	1	11,850	12,300	12,515	12,890	12,230	13,590
	2	12,500	12,920	13,050	13,425	13,760	14,080
	3	10,180	10,550	10,710	11,000	11,300	11,575
1,423	1	16,850	17,500	17,840	18,135	18,435	18,890
	2	—	17,900	18,090	18,440	18,635	19,175
	3	14,330	14,800	14,900	15,470	15,750	16,200
1,625	1	25,000	26,120	27,350	27,895	28,605	30,340
	2	—	—	—	28,020	28,800	31,470
	3	22,000	23,100	24,300	24,810	25,480	27,065
1,830	1	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—
	3	—	35,800	37,820	41,050	44,100	46,160

BILAGA 3
Mätvärden
STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Grusig sand. Bandtraktorpackad yta

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,440	0,445	0,455	0,455	0,465	0,685
	2	0,440	0,445	0,445	0,470	0,470	0,510
	3	0,750	0,755	0,765	0,770	0,770	0,800
0,192	1	1,240	1,255	1,260	1,260	1,275	1,245
	2	0,770	0,780	0,780	0,780	0,780	0,785
	3	1,330	1,340	1,340	1,340	1,350	1,310
0,300	1	2,370	2,385	2,405	2,415	2,420	2,430
	2	1,525	1,535	1,545	1,555	1,570	1,575
	3	2,310	2,325	2,340	2,350	2,360	2,360
0,192	1	2,405	2,405	2,405	2,420	2,425	2,430
	2	1,575	1,575	1,575	1,575	1,575	1,575
	3	2,330	2,330	2,335	2,350	2,350	2,360
0,096	1	2,340	2,335	2,335	2,340	2,330	2,335
	2	1,565	1,560	1,555	1,555	1,545	1,535
	3	2,250	2,250	2,250	2,250	2,240	2,240
0	1	1,835	1,810	1,805	1,785	1,750	1,745
	2	1,210	1,155	1,155	1,155	1,155	1,115
	3	1,735	1,710	1,710	1,685	1,650	1,600
0,407	1	3,490	3,510	3,535	3,560	3,575	3,585
	2	2,435	2,460	2,475	2,500	2,525	2,525
	3	3,325	3,350	3,370	3,390	3,405	3,415
0,510	1	5,140	5,165	5,200	5,230	5,265	5,335
	2	3,825	3,855	3,885	3,915	3,950	3,995
	3	5,015	5,055	5,095	5,125	5,165	4,235
0,611	1	7,285	7,330	7,385	7,450	7,495	7,515
	2	—	5,825	5,880	5,950	5,985	6,040
	3	7,375	7,420	7,495	7,570	7,615	7,635
0,712	1	9,205	9,250	9,320	9,365	9,440	9,500
	2	7,625	7,680	7,750	7,815	7,910	7,975
	3	9,725	9,780	9,880	9,965	10,055	10,130
0,815	1	12,550	12,600	12,900	13,215	13,420	13,610
	2	10,945	10,990	11,235	11,460	11,625	11,750
	3	13,960	14,025	14,390	14,750	14,970	15,140
0,917	1	15,990	16,080	16,275	16,480	16,800	17,040
	2	14,620	14,740	15,050	15,310	15,710	16,045
	3	18,200	18,330	18,610	18,860	19,130	19,515
1,017	1	19,540	19,620	19,910	20,590	21,470	22,295
	2	19,445	19,775	20,165	21,215	22,405	23,645
	3	22,915	23,325	22,665	24,710	25,690	26,795
1,118	1	24,845	25,095	25,775	26,665	27,295	28,075
	2	27,145	27,645	28,715	29,805	30,820	31,865
	3	30,525	30,945	31,855	33,055	34,320	35,425

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Grusig sand. 2 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,096	1	0,015	0,020	0,020	0,015	0,005	0,005
	2	0,020	0,020	0,020	0,025	0,020	0,020
	3	0,060	0,060	0,060	0,060	0,055	0,055
0,192	1	0,375	0,380	0,385	0,405	0,425	0,425
	2	0,310	0,315	0,320	0,330	0,370	0,370
	3	0,415	0,415	0,415	0,445	0,465	0,450
0,300	1	1,345	1,360	1,385	1,400	1,430	1,465
	2	1,100	1,105	1,130	1,130	1,160	1,190
	3	1,350	1,370	1,390	1,400	1,430	1,460
0,407	1	2,265	2,285	2,295	2,350	2,395	2,405
	2	1,735	1,750	1,780	1,800	1,860	1,905
	3	2,245	2,270	2,300	2,350	2,390	2,410
0,300	1	2,360	2,365	2,365	2,355	2,350	2,335
	2	1,900	1,900	1,890	1,890	1,890	1,850
	3	2,355	2,360	2,360	2,355	2,350	2,330
0,192	1	2,255	2,225	2,230	2,195	2,205	2,205
	2	1,875	1,860	1,850	1,780	1,780	1,780
	3	2,245	2,220	2,220	2,200	2,200	2,200
0,096	1	1,990	1,990	1,985	1,975	1,970	1,950
	2	1,655	1,650	1,650	1,650	1,645	1,635
	3	2,025	2,015	2,010	2,010	1,985	1,970
0,1921	1	2,000	2,000	2,005	2,030	2,030	2,130
	2	1,665	1,665	1,665	1,670	1,685	1,745
	3	2,035	2,040	2,040	2,050	2,060	2,170
0,300	1	2,395	2,400	2,410	2,430	2,455	2,455
	2	1,945	1,945	1,960	1,990	2,015	2,075
	3	2,320	2,330	2,345	2,370	2,400	2,410
0,407	1	2,680	2,680	2,685	2,685	2,680	2,710
	2	2,215	2,215	2,215	2,220	2,220	2,200
	3	2,640	2,640	2,640	2,640	2,620	2,655
0,510	1	3,300	3,315	3,365	3,415	3,495	3,565
	2	2,595	2,610	2,620	2,665	2,760	2,825
	3	3,205	3,225	3,275	3,325	3,405	3,475
0,611	1	4,340	4,370	4,410	4,475	4,520	4,520
	2	3,440	3,455	3,495	3,565	3,615	3,655
	3	4,195	4,225	4,265	4,320	4,355	4,355
0,712	1	5,125	5,150	5,220	5,260	5,280	5,270
	2	4,005	4,030	4,035	4,045	4,110	4,130
	3	4,895	4,920	4,985	5,015	5,025	5,020
0,815	1	6,030	6,065	6,140	6,165	6,155	6,300
	2	4,745	4,780	4,800	4,860	4,870	4,985
	3	5,895	5,930	5,990	6,020	6,110	6,350
0,917	1	7,045	7,135	7,160	7,280	7,325	7,405
	2	5,550	5,635	5,660	5,830	5,885	5,975
	3	7,145	7,215	7,260	7,340	7,400	7,480
1,017	1	8,240	8,325	8,375	8,575	8,725	8,875
	2	6,610	6,680	6,760	6,825	7,000	7,145
	3	8,310	8,390	8,470	8,560	8,720	8,860

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Grusig sand. 2 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
1,118	1	9,325	9,455	9,600	9,765	9,875	9,995
	2	7,520	7,640	7,765	7,920	8,055	8,170
	3	9,260	9,380	9,505	9,640	9,695	9,770
1,218	1	10,825	10,935	11,045	11,265	11,400	11,690
	2	8,790	8,885	8,945	9,030	9,130	9,320
	3	10,420	10,505	10,585	10,765	10,870	11,120
1,423	1	14,590	14,775	15,120	15,450	15,875	16,210
	2	12,050	12,170	12,390	12,630	12,990	13,210
	3	13,560	13,640	13,900	14,245	14,700	15,045
1,625	1	17,865	18,060	18,520	19,260	20,295	—
	2	14,590	14,760	15,160	15,830	16,780	—
	3	16,765	16,995	17,395	17,945	18,658	—

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

Grusig sand. 6 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,192	1	0,515	0,530	0,570	0,570	0,570	0,580
	2	0,375	0,390	0,445	0,550	0,740	0,700
	3	0,455	0,470	0,570	0,500	0,505	0,500
0,407	1	1,760	1,790	1,805	1,835	1,835	1,865
	2	1,715	1,755	1,770	1,795	1,780	1,810
	3	1,655	1,675	1,710	1,715	1,720	1,750
0,611	1	2,980	2,990	3,010	3,080	3,130	3,270
	2	2,940	2,945	2,950	3,000	3,040	3,485
	3	2,855	2,870	2,895	2,965	3,005	3,100
0,407	1	3,175	3,175	3,160	3,170	3,180	3,260
	2	3,440	3,400	3,420	3,395	3,335	3,270
	3	3,010	3,015	2,995	3,000	3,015	3,060
0,192	1	2,980	2,955	2,925	2,825	2,825	2,805
	2	3,070	3,070	3,040	2,860	2,835	2,720
	3	2,795	2,780	2,750	2,670	2,655	2,625
0,407	1	2,995	2,995	3,000	2,995	2,995	3,040
	2	2,855	2,860	2,880	2,880	2,870	2,905
	3	2,805	2,815	2,820	2,800	2,780	2,840
0,611	1	3,410	3,410	3,420	3,430	3,440	3,495
	2	3,320	3,320	3,310	3,305	3,310	3,310
	3	3,190	3,200	3,210	3,220	3,235	3,275
0,815	1	4,340	4,380	4,430	4,445	4,480	4,580
	2	4,095	4,140	4,255	4,255	4,265	4,320
	3	4,155	4,200	4,240	4,260	4,295	4,390
1,017	1	5,500	5,540	5,610	5,665	5,780	5,915
	2	5,200	5,260	5,345	5,380	5,650	5,710
	3	5,310	5,365	5,435	5,480	5,545	5,710
1,218	1	6,810	6,875	6,945	7,130	7,305	7,485
	2	6,505	6,595	6,770	6,910	7,060	7,280
	3	6,655	6,720	6,780	6,945	7,125	7,310
1,423	1	8,270	8,350	8,470	8,770	—	9,255
	2	8,005	8,060	8,290	8,525	—	9,100
	3	8,105	8,165	8,280	8,600	—	9,060
1,625	1	10,360	10,525	10,660	10,935	11,115	11,520
	2	10,100	10,195	10,290	10,645	10,900	11,280
	3	10,170	10,320	10,460	10,725	10,930	11,275
1,830	1	12,645	—	—	13,275	13,655	14,120
	2	12,210	12,360	12,920	13,120	13,805	13,975
	3	12,200	12,380	12,720	13,020	13,400	13,770

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING (FULLSKALEFÖRSÖK)

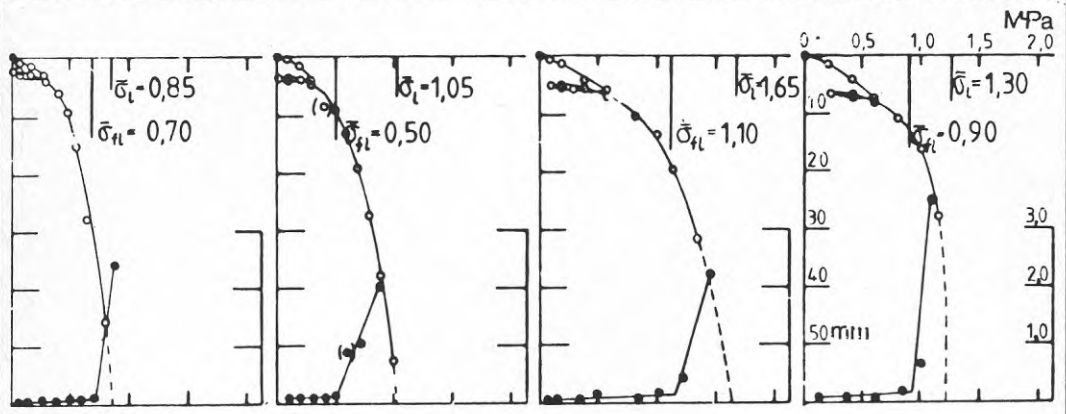
Grusig sand. 12 överfarter

belastning MPa	mät- klocka	sättning (mm) efter tiden:					
		0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0 min
0,192	1	0,555	0,610	0,610	0,610	0,630	0,665
	2	0,715	0,620	0,720	0,740	0,770	0,790
	3	0,510	0,510	0,510	0,510	0,520	0,555
0,407	1	2,000	2,040	2,060	2,095	2,105	2,115
	2	2,350	2,370	2,400	2,440	2,445	2,470
	3	1,910	1,930	1,950	1,970	1,980	1,990
0,611	1	3,140	3,180	3,220	3,260	3,290	3,330
	2	3,480	3,550	3,590	3,625	3,665	3,740
	3	3,020	3,060	3,080	3,085	3,120	3,140
0,815	1	4,370	4,430	4,465	4,495	4,530	4,570
	2	4,895	4,940	5,010	5,040	5,100	5,140
	3	4,140	4,170	4,200	4,235	4,290	4,330
0,611	1	4,560	4,555	4,555	4,555	4,545	4,545
	2	5,150	5,150	5,150	5,150	5,150	5,150
	3	4,290	4,285	4,285	4,285	4,285	4,285
0,407	1	4,460	4,435	4,435	4,435	4,450	4,455
	2	—	5,090	5,090	5,090	5,090	5,125
	3	4,180	4,150	4,150	4,150	4,160	4,155
0,192	1	4,150	4,145	4,140	4,135	4,130	4,120
	2	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,790
	3	3,790	3,790	3,780	3,775	3,770	3,770
0,407	1	4,270	4,270	4,275	4,275	4,270	4,280
	2	4,870	4,870	4,895	4,895	4,895	4,900
	3	3,965	3,970	3,970	3,970	3,970	3,980
0,611	1	4,480	4,490	4,500	4,505	4,515	4,535
	2	5,050	5,055	5,090	5,105	5,120	5,135
	3	4,240	4,250	4,260	4,265	4,275	4,290
0,815	1	4,760	4,775	4,795	4,825	4,865	4,885
	2	5,350	5,375	5,390	5,435	5,490	5,530
	3	4,575	4,590	4,610	4,635	4,665	4,680
1,017	1	5,740	5,775	5,905	5,995	6,060	6,100
	2	6,400	6,460	6,600	6,710	6,790	6,885
	3	5,470	5,510	5,655	5,745	5,820	5,855
1,218	1	7,180	7,310	7,520	7,710	7,870	7,930
	2	8,235	8,430	8,625	8,825	9,080	9,185
	3	7,090	7,260	7,430	7,635	7,835	7,920
1,423	1	9,050	9,205	9,410	9,530	9,730	9,895
	2	—	10,350	10,980	11,120	11,365	11,600
	3	9,375	9,550	9,780	9,950	10,160	10,350
1,625	1	11,420	11,490	11,705	11,830	12,050	12,240
	2	13,415	13,520	13,900	14,150	14,390	14,955
	3	12,120	12,235	12,580	12,830	13,090	13,570
1,830	1	13,080	13,250	13,460	13,660	14,060	14,460
	2	16,650	16,920	17,350	17,875	18,450	19,290
	3	15,100	15,340	15,710	16,075	16,690	17,290

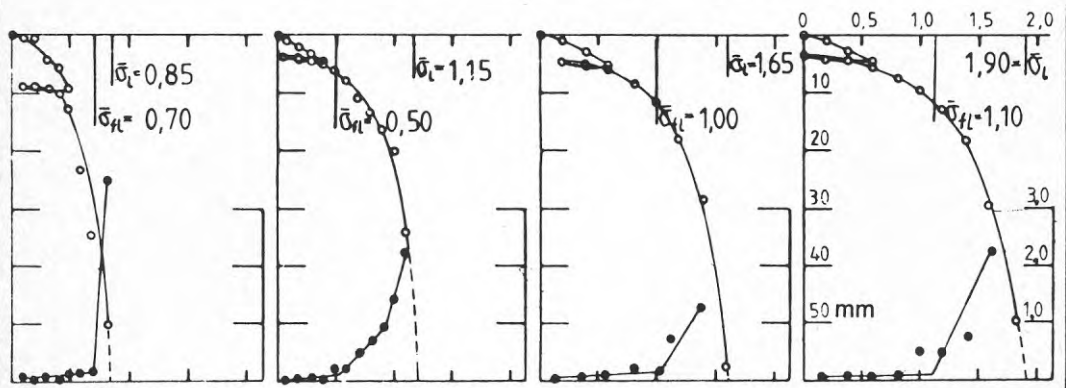
Plattbelastningsresultat, Ø 600

Packningsenergi(antal överfarter med 6,1 t vibrationsvält)

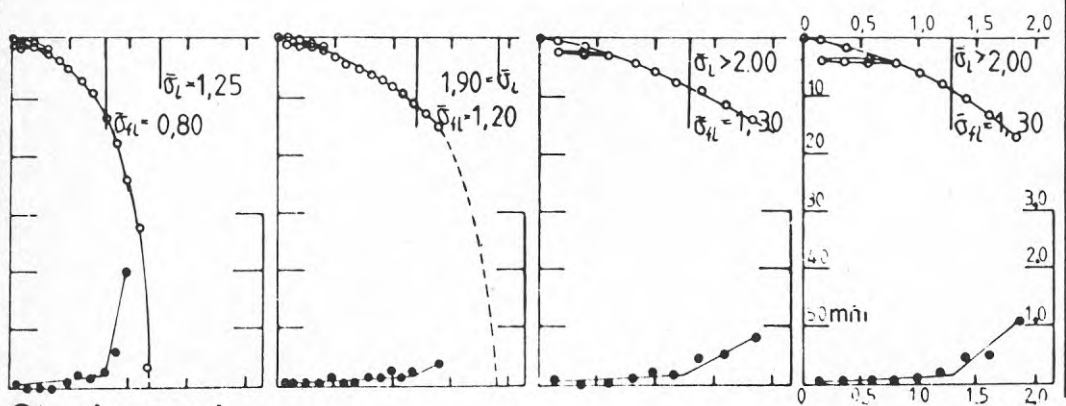
B **2** **6** **12**



Siltig sand



Sand



Grusig sand

MPa

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING \emptyset 300 mm

Skikt II

jordart	punkt	last (MPa)	uppmätt deformation (mm)				
			mätlocka 1	2	medelvärde		
siltig sand	bandtrak- torpackad yta	1	0,10	1,12	1,10	1,11	
		2	0,10	1,74	1,09	1,42	
		3	0,10	1,10	0,98	1,04	
		1	0,20	3,22	3,04	3,13	
		2	0,20	13,40	4,90	9,15	
		3	0,20	3,18	3,09	3,13	
		1	0,30	5,97	5,52	5,75	
		2	0,30	—	—	—	
		3	0,30	7,21	6,43	6,82	
		1	0,40	9,28	8,18	8,73	
		3	0,40	12,30	10,20	11,25	
		1	0,50	12,90	10,90	11,90	
		3	0,50	17,30	13,88	15,59	
		1	0,60	18,80	14,80	16,80	
		3	0,60	—	—	—	
		1	0,70	—	—	—	
		1	0,0	15,63	11,89	13,74	
		3	0,0	14,44	11,40	12,92	
		2 överf.	1	0,10	0,79	0,84	0,82
			2	0,10	1,09	1,05	1,07
			3	0,10	1,13	0,99	1,06
			1	0,20	2,20	2,83	2,52
			2	0,20	3,20	3,10	3,15
			3	0,20	3,38	3,10	3,24
			1	0,30	3,87	5,37	4,62
			2	0,30	5,60	5,49	5,55
			3	0,30	6,25	5,63	5,94
			1	0,40	6,00	8,38	7,19
			2	0,40	8,50	8,74	8,62
			3	0,40	9,08	8,10	8,59
		1	0,50	8,54	11,80	10,17	
		2	0,50	12,25	14,00	13,13	
		3	0,50	11,71	10,26	10,99	
		1	0,60	11,70	15,96	13,83	
		2	0,60	—	—	—	
		3	0,60	17,10	12,82	14,96	
		1	0,70	—	—	—	
		3	0,70	—	—	—	
	6 överf.	1	0,14	0,93	1,09	1,00	
		2	0,14	1,45	1,29	1,37	
		2	0,14	1,44	1,42	1,43	

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING ϕ 300 mm

Skikt II

jordart	punkt	last	uppmätt deformation (mm)				
			mätlocka 1	2	medelvärde		
	nr	(MPa)					
siltig sand	6 överf.	1	0,28	2,26	4,12	3,19	
		2	0,28	6,48	6,11	6,30	
		3	0,28	5,04	3,55	4,30	
		1	0,43	3,53	7,16	5,35	
		2	0,43	11,24	10,34	10,79	
		3	0,43	8,54	5,45	7,00	
		1	0,57	4,80	10,00	7,40	
		2	0,57	17,10	15,04	16,07	
		3	0,57	12,20	7,44	9,82	
		1	0,71	6,00	12,48	9,24	
		2	0,71	—	—	—	
		3	0,71	16,58	9,40	12,99	
		1	0,00	3,74	9,89	6,82	
		2	0,00	17,32	15,01	16,60	
		3	0,00	13,64	6,85	10,25	
		1	0,71	5,79	13,75	10,27	
		3	0,71	18,10	10,12	14,11	
		1	0,00	4,60	11,26	7,93	
		3	0,00	15,29	7,78	11,54	
		12 överf.	1	0,14	1,37	1,15	1,26
			2	0,14	1,30	1,15	1,23
			3	0,14	0,99	0,96	0,98
		1	0,28	4,48	3,28	3,87	
		2	0,28	4,16	2,99	3,58	
		3	0,28	2,58	2,86	2,72	
		1	0,43	7,40	5,39	6,40	
		2	0,43	7,30	4,74	6,02	
		3	0,43	4,25	4,70	4,48	
		1	0,57	10,03	7,63	8,83	
		2	0,57	10,00	6,08	8,04	
	3	0,57	5,88	6,40	6,14		
	1	0,71	12,97	10,57	11,77		
	2	0,71	13,50	7,57	10,54		
	3	0,71	7,90	8,10	8,00		
	1	0,00	10,51	7,85	9,18		
	2	0,00	10,88	5,44	5,55		
	3	0,00	5,35	5,74	5,55		
	1	0,71	14,15	11,68	12,92		
	2	0,71	14,78	8,20	11,49		
	3	0,71	8,75	8,85	8,80		
	1	0,00	10,75	9,10	9,93		
	2	0,00	12,26	6,17	9,22		
	3	0,00	6,25	6,55	6,40		

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING ϕ 300 mm

Skikt II

jordart	punkt nr	last (MPa)	uppmätt deformation (mm)				
			mätlocka 1	2	medelvärde		
sand	bandtrak- torpackad yta	1	0,10	1,56	1,30	1,43	
		2	0,10	0,74	0,98	0,86	
		3	0,10	0,71	0,75	0,73	
		1	0,20	9,40	5,62	7,51	
		2	0,20	2,05	2,52	2,29	
		3	0,20	2,20	2,44	2,32	
		1	0,30	—	—	—	
		2	0,30	3,74	4,40	4,07	
		3	0,30	4,17	5,02	4,60	
		2	0,40	6,25	6,76	6,51	
		3	0,40	6,51	8,40	7,46	
		2	0,50	9,73	9,91	9,82	
		3	0,50	8,80	12,25	10,53	
		2	0,60	15,50	14,74	15,12	
		3	0,60	11,25	16,62	13,94	
		2	0,70	—	—	—	
		3	0,70	—	—	—	
		2 överf.	1	0,10	0,92	0,82	0,87
			2	0,10	1,12	0,79	0,96
			3	0,10	0,82	0,75	0,79
		1	0,20	3,00	2,54	2,77	
		2	0,20	3,75	2,85	3,30	
		3	0,20	2,37	2,56	2,47	
		1	0,30	5,45	4,49	4,97	
		2	0,30	7,84	5,75	6,80	
		3	0,30	4,28	4,69	4,44	
		1	0,40	8,02	6,59	7,31	
		2	0,40	14,05	9,30	11,68	
		3	0,40	6,63	7,20	6,92	
		1	0,50	10,43	8,72	9,58	
		2	0,50	19,50	13,62	16,56	
		3	0,50	9,13	9,58	9,36	
		1	0,60	13,43	11,64	12,54	
		2	0,60	—	—	—	
		3	0,60	12,28	12,30	12,29	
		1	0,70	—	—	—	
	2	0,70	—	—	—		
	6 överf.	1	0,14	1,17	0,89	1,03	
		2	0,14	0,93	0,97	0,95	
		3	0,14	0,85	0,83	0,84	
		1	0,28	3,80	2,96	3,38	
		2	0,28	3,09	2,84	2,97	
		3	0,28	2,58	2,47	2,53	

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING ϕ 300 mm

Skikt II

jordart	punkt nr	last (MPa)	uppmätt deformation (mm)				
			mätlocka 1	2	medelvärde		
sand	6 överf.	1	0,43	6,54	5,13	5,84	
		2	0,43	5,38	4,73	5,06	
		3	0,43	4,25	3,93	4,09	
		1	0,57	9,50	7,45	8,48	
		2	0,57	7,63	6,55	7,09	
		3	0,57	5,63	5,21	5,42	
		1	0,71	13,20	8,68	9,64	
		2	0,71	10,60	8,68	9,64	
		3	0,71	6,95	6,38	6,67	
		1	0,00	10,95	7,84	9,40	
		2	0,00	8,29	6,51	7,40	
		3	0,00	5,12	4,64	4,88	
		1	0,71	14,63	11,96	13,30	
		2	0,71	11,85	9,56	10,71	
		3	0,71	7,57	6,91	7,24	
		1	0,00	12,44	8,96	10,70	
		2	0,00	9,60	7,50	8,55	
		3	0,00	5,78	5,22	5,50	
		12 överf.	1	0,14	0,80	1,14	0,97
			2	0,14	0,99	0,97	0,98
			3	0,14	0,76	0,70	0,73
			1	0,28	2,21	4,10	3,10
			2	0,28	2,90	2,70	2,80
			3	0,28	2,45	1,92	2,19
			1	0,43	3,43	7,15	5,29
			2	0,43	4,64	4,14	4,39
			3	0,43	3,98	3,00	3,49
			1	0,57	4,73	10,49	7,61
			2	0,57	6,33	5,55	5,94
			3	0,57	5,38	4,04	4,71
		1	0,71	6,14	14,33	10,24	
		2	0,71	9,14	7,92	8,03	
		3	0,71	6,79	5,02	5,91	
		1	0,00	4,35	12,16	8,26	
		2	0,00	6,20	5,09	5,65	
		3	0,00	5,15	3,52	4,34	
		1	0,71	6,73	15,64	11,19	
		2	0,71	8,77	7,43	8,10	
		3	0,71	7,34	5,45	6,40	
		1	0,00	5,03	13,56	9,30	
		2	0,00	6,95	5,71	6,33	
		3	0,00	5,75	4,00	4,88	

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING ϕ 300 mm

Skikt II

jordart	punkt nr	last (MPa)	uppmätt deformation (mm)				
			mätlocka 1	2	medelvärde		
grusig sand	bandtrak- torpackad yta	1	0,14	1,03	1,00	1,02	
		2	0,14	1,05	1,18	1,12	
		3	0,14	1,06	1,36	1,21	
		1	0,28	1,47	1,46	1,47	
		2	0,28	2,95	3,55	3,25	
		3	0,28	3,71	5,37	4,54	
		1	0,43	1,94	1,93	1,94	
		2	0,43	4,81	6,00	5,40	
		3	0,43	5,83	8,50	7,17	
		1	0,00	0,51	0,43	0,47	
		2	0,00	3,60	4,73	4,14	
		3	0,00	4,57	6,98	5,78	
		1	0,43	2,14	2,11	2,13	
		2	0,43	5,20	6,54	5,87	
		3	0,43	6,35	9,16	7,76	
		2	0,00	4,03	5,28	4,66	
		3	0,00	5,16	7,70	6,43	
		2 överf.	1	0,10	0,76	0,79	0,78
			2	0,10	0,70	0,91	0,81
			3	0,10	0,62	0,81	0,72
			1	0,20	3,40	3,70	3,55
			2	0,20	2,33	2,83	2,55
			3	0,20	1,83	2,40	2,12
			1	0,30	6,44	6,80	4,85
			2	0,30	4,33	5,37	4,85
			3	0,30	3,05	4,03	3,55
			1	0,40	9,11	9,48	9,30
			2	0,40	6,19	7,97	7,08
			3	0,40	4,26	5,74	5,00
			1	0,50	—	—	—
			2	0,50	7,70	9,75	8,73
			3	0,50	5,26	7,18	6,22
			2	0,60	9,15	11,63	10,39
			3	0,60	6,51	8,90	7,71
			2	0,70	10,80	13,65	12,23
			3	0,70	8,00	11,00	9,50
		1	0,00	10,00	10,55	10,28	
		2	0,00	8,90	11,40	10,15	
		3	0,00	6,20	8,82	7,51	
	6 överf.	1	0,10	0,60	0,54	0,57	
		2	0,10	0,54	0,50	0,52	
		3	0,10	0,66	0,70	0,68	

BILAGA 3

Mätvärden

STATISK PLATTBELASTNING \varnothing 300 mm

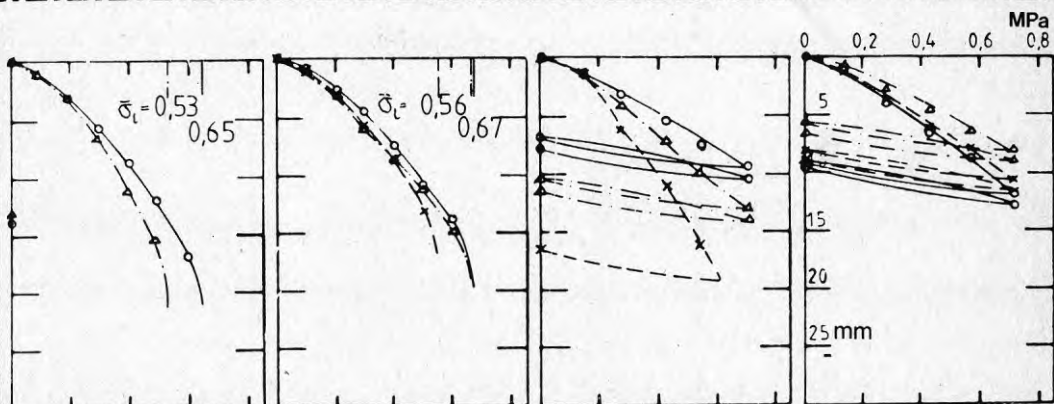
Skikt II

jordart	punkt	last (MPa)	uppmätt deformation (mm)			
			mätlocka 1	2	medelvärde	
grusig sand	6 överf.	1	0,20	1,85	1,63	1,74
		2	0,20	1,92	1,20	1,56
		3	0,20	1,83	1,68	1,76
		1	0,30	3,31	2,35	2,83
		2	0,30	3,63	1,84	2,54
		3	0,30	3,50	3,05	3,20
		1	0,40	4,63	3,18	3,93
		2	0,40	5,30	2,46	3,78
		3	0,40	5,05	4,29	4,67
		1	0,50	5,68	3,78	4,73
		2	0,50	6,58	2,93	4,76
		3	0,50	6,40	5,38	5,89
		1	0,60	6,79	4,36	5,58
		2	0,60	7,83	3,38	5,61
		3	0,60	7,71	6,44	7,08
	1	0,70	8,05	4,93	6,49	
	2	0,70	9,30	3,86	6,58	
	3	0,70	9,42	7,68	8,56	
	1	0,00	6,43	3,62	5,03	
	2	0,00	7,78	2,46	5,12	
	3	0,00	7,54	6,91	7,23	
	12 överf.	1	0,10	0,60	0,42	0,51
	2	0,10	0,54	0,45	0,50	
	3	0,10	0,42	0,32	0,37	
	1	0,20	1,04	0,95	1,00	
	2	0,20	1,50	1,19	1,35	
	3	0,20	1,38	1,00	1,19	
	1	0,30	2,85	1,57	2,21	
	2	0,30	2,84	2,15	2,50	
	3	0,30	2,57	1,78	2,18	
1	0,40	3,74	2,00	2,87		
2	0,40	4,16	3,10	3,63		
3	0,40	3,72	2,49	3,11		
1	0,50	4,54	2,43	3,49		
2	0,50	5,09	3,78	4,44		
3	0,50	4,68	3,13	3,91		
1	0,60	5,35	2,76	4,06		
2	0,60	5,94	4,42	5,18		
3	0,60	5,59	3,72	4,66		
1	0,70	6,09	3,08	4,59		
2	0,70	6,89	5,03	5,96		
3	0,70	6,48	4,25	5,37		
1	0,00	4,68	2,10	3,39		
2	0,00	5,55	3,91	4,73		
3	0,00	5,00	3,00	4,00		

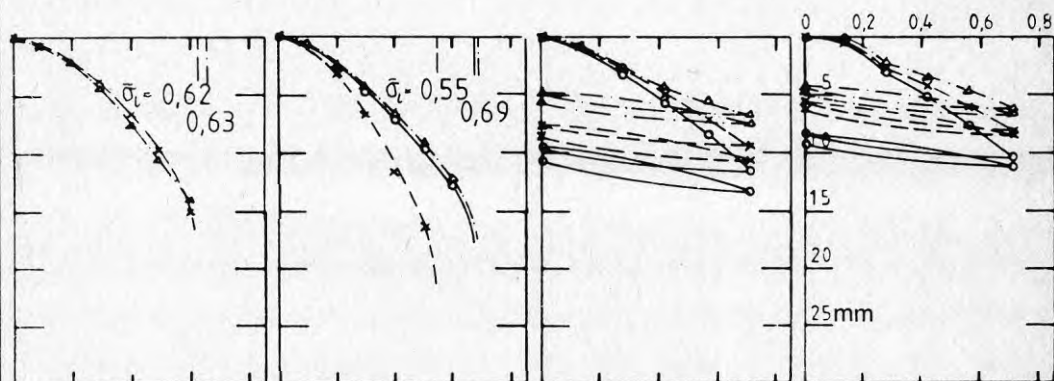
Plattbelastningsresultat, Ø 300 (SKIKT II)

Packningsenergi(antal överfarter med 6,1 t vibrationsvält)

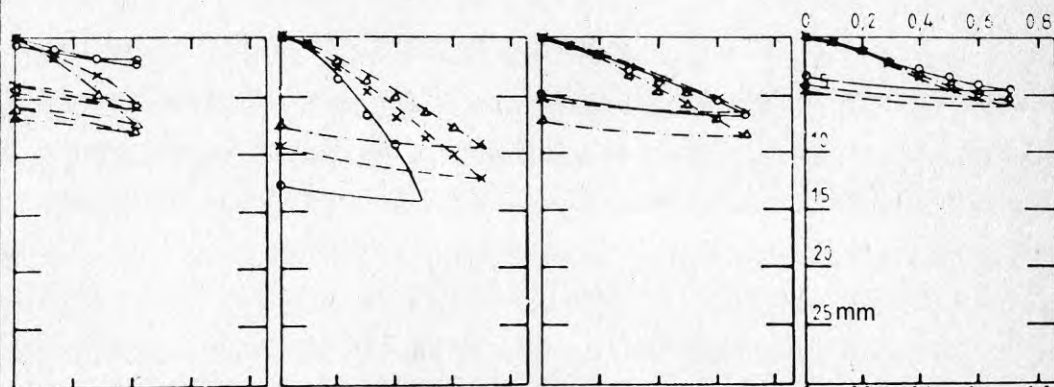
B **2** **6** **12**



Siltig sand



Sand



Grusig sand

MPa

Mätvärden

PRESSOMETER, SOND ϕ 32 mm

a. Skiktvis kontroll

jordart	punkt nr	kryptryck	gränstryck	pressometer- modul	kvoten	
		p_{f1}	p_1	E_p	E_p/p_1	
siltig sand	<u>skikt I</u>					
	bandtrak-	1	0,30	0,38	4,7	12,6
	torpackad	2	0,22	0,29	2,9	10,0
	yta	3	0,30	0,39	5,4	13,8
	2 överf.	1	0,26	0,31	4,3	13,9
		2	0,34	0,39	4,8	12,3
		3	0,32	0,40	5,0	12,5
	6 överf.	1	0,30	0,37	5,0	13,5
		2	0,35	0,40	6,2	15,5
		3	0,34	0,37	6,0	16,2
	12 överf.	1	0,44	0,51	7,2	14,1
		2	0,40	0,48	7,2	15,0
		3	0,36	0,42	5,9	14,0
	<u>skikt II</u>					
	bandtrak-	1	0,30	0,35	5,3	15,1
	torpackad	2	0,29	0,31	4,6	14,8
	yta	3	0,29	0,31	4,8	15,5
	2 överf.	1	0,33	0,38	5,2	13,7
		2	0,29	0,33	5,5	16,7
		3	0,30	0,33	5,3	16,1
	6 överf.	1	0,47	0,52	6,2	11,9
		2	0,49	0,55	6,7	12,2
		3	0,41	0,47	5,9	12,16
	12 överf.	1	0,47	0,52	6,0	11,8
		2	0,39	0,46	5,8	12,6
		3	0,55	0,60	7,9	13,2
	<u>skikt III</u>					
	bandtrak-	1	0,31	0,36	4,6	12,8
	torpackad	2	0,34	0,39	4,9	12,0
	yta	3	0,30	0,34	4,0	11,8
2 överf.	1	0,42	0,47	5,1	10,9	
	2	0,30	0,36	3,8	10,6	
	3	0,30	0,33	3,3	10,0	
6 överf.	1	0,30	0,34	3,8	11,2	
	2	0,31	0,38	4,1	10,9	
	3	0,30	0,36	3,8	10,6	
12 överf.	1	0,42	0,52	5,1	9,8	
	2	0,35	0,43	4,7	10,9	
	3	0,36	0,47	4,8	10,2	

BILAGA 3
Mätvärden
PRESSOMETER, SOND \emptyset 32 mm
a. Skiktvis kontroll

jordart	punkt nr	kryptryck p_{f1}	gränstryck p_1	pressometer- modul E_p	kvoten E_p/p_1		
sand (grusig sand)	<u>skikt I</u>						
	bandtrak-	1	0,45	0,53	5,9	11,1	
	torpackad	2	0,48	0,58	5,3	9,1	
	yta	3	0,48	0,57	6,7	11,0	
	2 överf.	1	0,50	0,58	7,2	12,4	
		2	0,57	0,63	6,9	11,0	
		3	0,47	0,55	4,1	7,5	
	6 överf.	1	0,48	0,62	6,9	11,1	
		2	0,48	0,62	5,8	9,4	
		3	0,60	0,74	7,5	10,1	
	12 överf.	1	0,49	0,58	6,4	11,0	
		2	0,59	0,67	8,9	13,3	
		3	0,57	0,72	6,1	8,5	
	sand	<u>skikt II</u>					
		bandtrak-	1	0,29	0,32	4,7	14,7
		torpackad	2	0,29	0,32	5,1	16,5
		yta	3	0,40	0,47	7,4	15,7
		2 överf.	1	0,27	0,34	5,4	15,9
2			0,30	0,33	5,3	16,7	
3			0,39	0,43	5,4	12,6	
6 överf.		1	0,39	0,44	6,2	14,1	
		2	0,50	0,55	6,9	12,5	
		3	0,38	0,43	5,6	13,0	
12 överf.		1	0,37	0,42	4,4	10,5	
		2	0,40	0,52	7,0	13,5	
		3	0,39	0,46	5,7	12,4	
<u>skikt III</u>							
bandtrak-		1	0,30	0,33	4,7	14,2	
torpackad		2	0,28	0,33	3,8	11,5	
yta		3	0,28	0,33	4,1	12,4	
2 överf.		1	0,34	0,38	4,5	11,8	
		2	0,34	0,38	4,4	11,6	
		3	0,33	0,40	4,0	10,0	
6 överf.		1	0,42	0,47	5,2	11,1	
		2	0,40	0,47	5,5	11,7	
		3	0,32	0,39	4,4	11,3	
12 överf.		1	0,44	0,52	6,1	11,7	
		2	0,40	0,50	6,1	12,2	
		3	0,48	0,52	6,8	13,1	

BILAGA 3
Mätvärden
PRESSOMETER, SOND \varnothing 32 mm
a. Skiktvis kontroll

jordart	punkt	kryptryck	gränstryck	pressometer- modul	kvoten	
	nr	P_{f1}	P_1	E_p	E_p/P_1	
grusig sand	<u>skikt I</u>					
	bandtraktor-	1	0,51	0,58	5,1	8,8
	packad yta	2	0,29	0,42	3,7	8,8
	(störd)	3	0,19	0,33	2,6	7,9
	2 överf.	1	0,38	0,49	4,9	10,0
		2	0,29	0,38	4,2	11,1
	(störd)	3	0,15	0,22	1,9	8,6
	6 överf.	1	0,46	0,56	4,5	8,0
		2	0,38	0,49	3,6	7,4
		3	0,47	0,57	4,9	8,6
	12 överf.	1	0,40	0,53	6,1	11,5
		2	0,48	0,62	6,5	9,0
	<u>skikt II</u>					
	bandtraktor-	1	0,25	0,32	2,7	8,4
	packad yta	2	0,22	0,30	3,5	11,7
		3	0,41	0,49	5,0	10,2
	2 överf.	1	0,41	0,48	3,6	7,5
		2	0,35	0,43	2,8	6,5
		3	0,37	0,47	3,6	7,7
	6 överf.	1	0,45	0,50	4,4	8,8
		2	0,47	0,54	5,9	10,9
		3	0,38	0,50	4,0	8,0
	12 överf.	1	0,48	0,58	6,2	10,7
	(störd)	2	-	0,48	2,7	5,6
		3	0,47	0,53	4,6	8,7
	<u>skikt III</u>					
	bandtraktor-	1	0,19	0,27	2,1	7,8
	packad yta	2	0,33	0,40	3,8	9,5
		3	0,31	0,39	4,6	11,8
	2 överf.	1	0,45	0,57	5,3	9,3
		2	0,44	0,55	4,9	8,9
		3	0,41	0,53	5,3	10,0
	6 överf.	(1) ^x	0,32	0,45	4,2	9,3)
		2	0,62	0,70	7,4	10,6
	(störd)	(3	0,38	0,53	2,3	4,3)
	12 överf.	1	0,56	0,66	5,5	8,3
		2	0,57	0,75	4,8	6,4
		3	0,56	0,70	4,9	6,7

^xendast 22 cm djup

Mätvärden

PRESSOMETER, SOND ϕ 32 mm

b. Kontroll på djupet efter färdig uppfyllning

jordart	punkt	kryptryck	gränstryck	pressometer- modul	kvoten
	nr	P_{f1}	P_1	E_p	E_p/P_1
siltig sand	<u>bandtraktor- packad yta</u> 2				
	skikt III	0,34	0,39	4,9	12,8
	skikt II	0,66	0,79	8,3	10,5
	(störd) skikt I	0,69	1,10	5,3	4,8
	<u>2 överf.</u> 2				
	skikt III	0,30	0,36	3,8	10,6
	skikt II	0,76	1,04	10,8	10,4
	skikt I	0,82	1,18	10,3	8,7
	<u>6 överf.</u> 2				
	skikt III	0,31	0,38	4,1	10,9
	skikt II	1,07	1,43	15,0	10,5
	skikt I	1,35	1,84	16,2	8,8
	<u>12 överf.</u> 2				
	skikt III	0,35	0,43	4,7	10,9
	skikt II	1,27	1,75	19,9	11,4
(störd) skikt I	-	1,70	6,8	4,0	
sand	<u>bandtraktor- packad yta</u> 2				
	skikt III	0,28	0,33	3,8	11,5
	skikt II	0,55	0,77	18,6	11,1
	skikt I	0,78	1,22	8,2	6,7
	<u>2 överf.</u> 2				
	skikt III	0,34	0,38	4,4	11,6
	0,6 m	0,48	0,64	6,4	10,0
	skikt II	0,83	1,14	9,2	8,1
	skikt I	1,25	1,77	13,0	7,3
	<u>6 överf.</u> 2				
	skikt III	0,40	0,47	5,5	11,7
	skikt II	1,23	1,52	16,7	11,0
	skikt I	$\geq 1,6$	$\geq 2,0$	13,9	7,0
	<u>12 överf.</u> 2				
	skikt III	0,40	0,50	6,1	12,2
skikt II	1,28	1,63	22,3	13,7	
skikt I	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	23,4	9,4	

BILAGA 3

Mätvärden

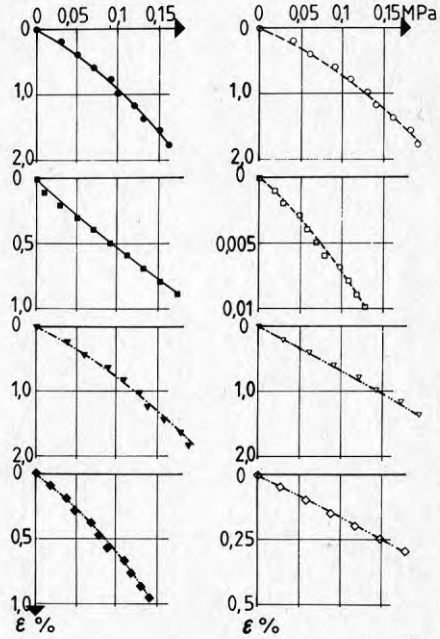
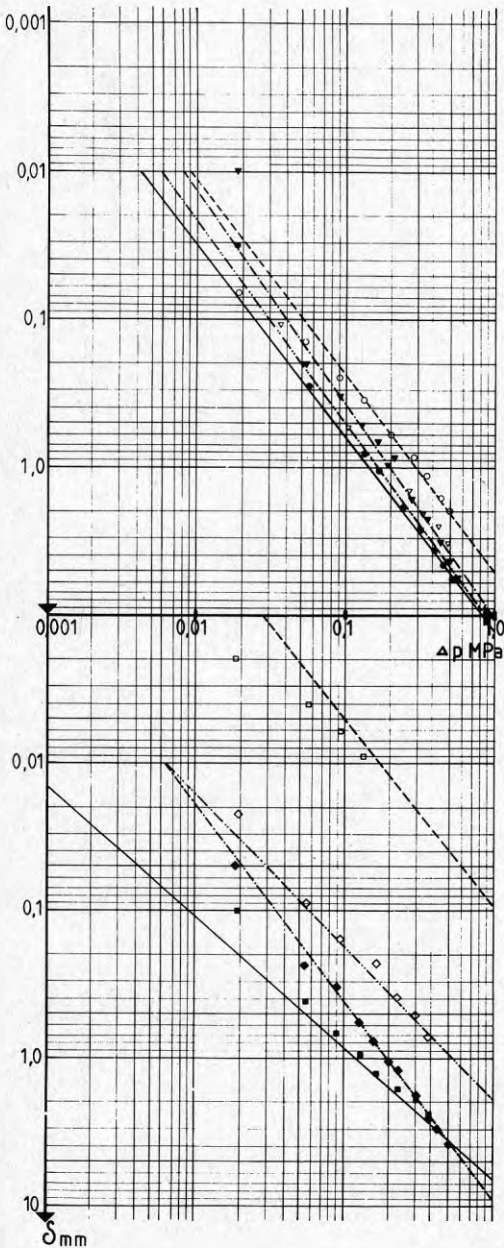
PRESSOMETER, SOND \emptyset 32 mm

b. Kontroll på djupet efter färdig uppfyllning

jordart	punkt nr	kryptryck P_{f1}	gränstryck P_1	pressometer- modul E_p	kvoten E_p/P_1	
grusig sand	<u>bandtraktor- packad yta 2</u>					
		skikt III	0,33	0,40	3,8	9,5
		skikt II	0,88	1,14	13,5	11,8
	(störd)	skikt I	1,26	1,74	10,0	5,7
		<u>2 överf. 2</u>				
		skikt III	0,44	0,55	4,9	8,9
		skikt II	1,40	1,75	12,3	7,0
		skikt I	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	32,1	12,8
		<u>12 överf. 2</u>				
		skikt III	0,57	0,75	4,8	6,4
		skikt II	$\geq 1,4$	1,92	14,0	7,8
		skikt I	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	34,2	13,7

Mätvärden

SKRUVPLATTA Ø 140 MM



Symbol	●	○	■	□	▲	◆	◇
Jordart	si S	si S	si S	si S	S	S	S
Packnings-energi	2	2	12	12	B	B	6
Djup (m)	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3
N	1,30	1,32	0,86	1,23	1,43	1,16	1,31
K _N (MPa)	3,7	7,3	43,0	240,0	3,3	7,9	4,9
δ ₁₀₀ (mm)	0,63	0,23	0,81	0,0053	0,39	0,51	0,41
p _r (MPa)	0,051	0,089	0,051	0,239	0,013	0,183	0,051
Stand. % avvikelse	6,2	3,8	4,6	3,6	14,0	2,6	8,7
Startpunkt, korrektion (mm)	+	-	+	-	+	+	-
	0,038	0,041	0,087	0,0013	0,027	0,050	0,0025

$$\epsilon = \left(\frac{\Delta p}{K_N}\right)^N \quad \delta_{platta} = B \cdot I_N \cdot \epsilon \quad K_N = \sqrt[3]{\frac{B \cdot I_N}{\delta_{(\Delta p=1)}}$$

$$I_N = 0,5 \left(\frac{2N+1}{2N}\right)^N \cdot \frac{N}{2N-1}$$

Mätvärden

FALLVIKT

Siltig sand

Packningszon	Fallhöjd (cm)	Belastn. MPa	Punkt nr	Registrerad sjunkning per fallförsök (mm)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				<i>Skikt I</i>							
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	2,70	1,36	1,12	0,95	0,90	0,86	0,84	0,84
			2	2,74	1,46	1,26	1,16	1,06	0,96	0,94	0,94
			3	2,92	1,52	1,24	1,14	1,08	1,02	1,00	1,00
2 överf.	2	0,14	1	3,34	1,43	1,14	1,00	0,94	0,90	0,89	0,89
			2	3,40	1,46	1,10	0,98	0,90	0,89	0,87	0,86
			3	3,40	1,50	1,04	0,98	0,89	0,87	0,84	0,84
6 överf.	2	0,14	1	2,48	1,02	0,87	0,82	0,80	0,78	0,78	
	2	0,14	2	1,40	0,88	0,78	0,76	0,75	0,74		
	5	0,21	3	>4	2,05	1,76	1,56	1,50	1,52	1,42	1,42
12 överf.	2	0,14	1	2,24	1,00	0,90	0,86	0,79	0,77	0,76	
			2	3,10	1,17	0,92	0,86	0,82	0,80	0,78	0,78
			3	2,88	1,17	0,96	0,89	0,81	0,78	0,76	0,76
				<i>Skikt II</i>							
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	3,20	1,73	1,52	1,36	1,29	1,24	1,20	1,20
			2	3,06	1,55	1,32	1,24	1,20	1,12	1,16	
			3	2,26	1,21	1,08	1,08				
2 överf.	2	0,14	1	1,98	1,08	1,03	0,98	0,92	0,91	0,91	
			2	2,50	1,40	1,28	1,20	1,16	1,08	1,08	
			3	3,40	1,57	1,32	1,20	1,15	1,07	1,10	
6 överf.	5	0,21	1	3,12	1,36	1,20	1,16	1,12	1,10	1,10	
			2	3,92	1,78	1,52	1,39	1,32	1,26	1,26	
			3	>4	1,86	1,50	1,40	1,36	1,28	1,24	1,24
12 överf.	10	0,30	1	>4	1,85	1,58	1,47	1,38	1,36	1,32	1,31
	5	0,21	2	2,48	1,26	1,26					
	5	0,21	3	3,24	1,28	1,11	1,11				
				<i>Skikt III</i>							
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	2,72	1,32	1,15	1,08	1,02	0,98	0,92	0,92
			2	1,92	0,98	0,90	0,87	0,86			
			3	1,36	0,92	0,86	0,84	0,84			
2 överf.	2	0,14	1	2,18	1,04	1,02	0,96	0,92	0,92		
			2	3,96	1,58	1,32	1,20	1,14	1,08	1,00	1,00
			3	>4	2,02	1,64	1,50	1,41	1,30	1,24	1,24
6 överf.	2	0,14	1	1,55	0,99	0,92	0,84	0,79	0,78	0,78	
			2	3,42	1,30	1,14	1,00	0,92	0,92		
			3	3,62	1,50	1,20	1,04	1,00	1,00		
12 överf.	5	0,21	1	>4	2,20	1,80	1,62	1,58	1,48	1,44	1,46
	2	0,14	2	2,75	1,20	0,96	0,86	0,82	0,78	0,80	
	2	0,14	3	2,68	1,16	1,11	0,90	0,82	0,78	0,76	0,76
Löst utlagt opackat	2	0,14		3,94	3,98	2,84	2,28	2,40	2,40		

Mätvärden

FALLVIKT

Sand

Packningszon	Fallhöjd (cm)	Belastn. MPa	Punkt nr	Registrerad sjunkning per fallförsök (mm)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Skikt I</i>											
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	3,00	1,12	0,92	0,89	0,79	0,69	0,66	0,65
			2	1,90	0,80	0,68	0,60	0,56	0,54	0,56	0,54
			3	0,98	0,63	0,60	0,60				
2 överf.	2	0,14	1	2,66	0,96	0,76	0,64	0,62	0,62		
			2	2,74	0,82	0,68	0,64	0,60	0,56	0,55	0,54
			5	0,21	3,24	1,24	1,14	-	1,14	1,14	
6 överf.	5	0,21	1	2,84	1,14	0,96	0,89	0,84	0,82	0,81	0,81
			2	2,60	0,92	0,80	0,71	0,72	0,72		
			3	1,82	0,72	0,62	0,59	0,56	0,56		
12 överf.	10	0,30	1	3,26	1,08	1,00	0,98	0,98			
			2	3,26	1,50	1,02	0,92	0,84	0,79	0,81	0,81
			3	>4	1,32	1,00	0,92	0,83	0,83		
<i>Skikt II</i>											
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	2,30	1,04	0,92	0,84	0,80	0,80		
			2	2,08	0,92	0,92	0,92				
			3	2,25	1,00	0,80	0,74	0,76	0,74		
2 överf.	2	0,14	1	2,74	1,76	1,50	1,27	1,20	1,20		
			2	1,80	1,16	1,00	0,94	0,88	0,88		
			3	2,75	1,08	0,94	0,86	0,83	0,76	0,80	
6 överf.	5	0,21	1	3,88	1,48	1,23	1,12	1,08	1,04	1,04	
			2	3,50	1,40	1,17	1,06	1,03	0,97	0,94	0,94
			3	2,37	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,78	0,78
12 överf.	5	0,21	1	3,12	1,42	1,20	1,20				
			2	3,40	1,09	0,92	0,87	0,83	0,80	0,76	0,76
			3	2,98	1,13	0,95	0,89	0,85	0,84	0,84	
<i>Skikt III</i>											
Bandtraktor-packad yta	2	0,14	1	2,52	1,23	1,04	0,92	0,88	0,85	0,85	
			2	1,54	0,92	0,84	0,80	0,78	0,77	0,77	
			3	1,50	0,86	0,80	0,80				
2 överf.	2	0,14	1	2,70	1,24	1,07	1,01	0,96	0,90	0,85	0,84
			2	2,96	1,47	1,24	-	1,05	1,04	1,04	
			3	2,75	1,38	1,14	1,04	0,94	0,86	0,84	0,84
6 överf.	2	0,14	1	2,72	1,08	0,92	0,85	0,80	0,78	0,77	
			2	>4	1,92	1,58	1,45	1,35	1,24	1,20	1,22
	5	0,21	2a	3,25	1,24	1,04	0,88	0,82	0,79	0,76	0,75
			3	>4	1,60	1,36	1,24	1,16	1,12	1,08	1,08
12 överf.	5	0,21	1	1,42	0,80	0,72	0,67	0,65	0,64	0,64	
			2	2,32	1,08	0,98	0,92	0,85	0,82	0,80	0,80
			3	3,40	1,28	1,09	1,02	1,00	0,96	0,92	0,92
Löst utlagt opackat	2	0,14		3,72	3,00	1,85	1,48	1,36	1,24	1,24	

Mätvärden

FALLVIKT

Grusig sand

Packnings- zon	Fallhöjd (cm)	Belastn. MPa	Punkt nr	Registrerad sjunkning per fallförsök (mm)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				<i>Skikt I</i>							
Bandtraktor- packad yta	2	0,14	1	1,05	0,61	0,56	0,55	0,53	0,53		
			2	2,58	1,13	0,88	0,82	0,76	0,74	0,69	0,68
			3	2,50	1,22	1,02	0,95	0,90	0,84	0,82	0,82
2 överf.	2	0,14	1	1,20	0,55	0,50	0,48	0,46	0,44	0,44	
			2	2,20	0,84	0,82	0,76	0,73	0,72		
			3	2,80	1,16	0,96	0,84	0,78	0,73	0,71	0,70
6 överf.	5	0,21	1	3,00	1,06	0,88	0,80	0,76	0,74	0,74	
			2	2,65	1,00	0,98	0,82	0,79	0,76	0,75	
			3	2,32	0,98	0,94	0,88	0,84	0,80	0,79	0,78
12 överf.	5	0,21	1	2,28	0,92	0,82	0,78	0,72	0,72		
			2	2,40	0,84	0,75	0,69	0,67	0,66	0,64	0,63
			3	1,56	0,74	0,68	0,66	0,66			
				<i>Skikt II</i>							
Bandtraktor- packad yta	2	0,14	1	2,32	1,00	0,84	0,78	0,74	0,71	0,71	
			2	1,60	0,84	0,75	0,71	0,72	0,71		
			3	1,55	0,84	0,75	0,71	0,70	0,70		
2 överf.	2	0,14	1	0,96	0,63	0,57	0,58				
			2	0,74	0,62	0,63	0,63				
			3	1,60	-	0,80	0,74	0,70	0,69	0,69	
6 överf.	10	0,30	1	3,05	1,46	1,32	1,26	1,24	1,20	1,20	
			2	2,54	1,36	1,17	1,10	1,08	1,06	1,04	1,03
			3	3,34	1,32	1,17	1,08	1,06	1,03	1,03	
12 överf.	20	0,42	1	2,68	1,40	1,32	1,22	1,26	1,22		
			2	2,68	1,11	1,06	0,98	0,95	0,94		
			3	3,82	1,58	1,41	1,45	1,38	1,42	1,40	
				<i>Skikt III</i>							
Bandtraktor- packad yta	2	0,14	1	1,43	0,72	0,62	0,62				
			2	1,20	0,69	0,67	0,67				
			3	2,30	1,06	0,87	0,83	0,75	0,74		
2 överf.	2	0,14	1	2,92	1,24	1,05	0,96	0,90	0,84	0,80	0,80
			2	2,64	1,02	0,72	0,67	0,64	0,60	0,64	0,60
			3	0,98	0,58	0,56	0,54	0,54			
6 överf.	2	0,14	1	1,78	0,69	0,60	0,58	0,54	0,54		
			2	2,26	0,80	0,65	0,62	0,58	0,56	0,54	0,54
			3	2,25	0,90	0,70	0,66	0,62	0,60	0,60	
12 överf.	5	0,21	1	1,88	0,83	0,70	0,67	0,65	0,64	0,64	
			2	2,40	1,08	1,00	0,94	0,86	0,79	0,77	0,77
			3	2,35	1,00	0,90	0,86	0,80	0,77	0,74	0,74
Löst utlagt opackat	2	0,14		3,12	1,50	1,39	1,29	1,16	1,18	1,16	

COMPACTOMETER

		SILTIG SAND SKIKT I								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	25	23	23	22	19	20	22	19	19
	b	20	22	23	20	21	22	18	19	22
2	a	25	22	22	25	20	22	22	21	21
	b	21	23	23	21	22	25	20	20	24
3	a				25	21	23	24	22	23
	b				22	23	25	22	22	26
4	a				27	23	25	25	24	24
	b				23	25	26	23	23	27
5	a				28	24	26	27	25	25
	b				24	25	27	24	24	29
6	a				30	25	27	30	25	26
	b				26	27	30	25	26	29
7	a							28	28	27
	b							27	27	31
8	a							30	28	28
	b							27	28	32
9	a							32	29	28
	b							28	28	34
10	a							30	26	26
	b							28	29	37
11	a							30	29	29
	b							30	30	34
12	a							32	31	29
	b							31	32	38

BILAGA 3
Mätvärden

COMPACTOMETER

		SILTIG SAND SKIKT II								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	19	17	16	21	20	20	21	20	20
	b	19	18	20	20	22	24	21	21	22
2	a	21	19	18	22	21	20	22	21	22
	b	19	19	21	21	22	23	21	22	23
3	a				22	21	21	22	21	22
	b				23	-	-	22	22	24
4	a				23	21	21	23	22	23
	b				22	23	24	22	22	24
5	a				23	22	22	24	23	24
	b				22	23	24	22	22	24
6	a				23	22	22	24	24	24
	b				22	24	25	22	22	24
7	a							24	24	25
	b							22	22	24
8	a							24	24	24
	b							23	23	25
9	a							25	24	26
	b							23	23	25
10	a							25	25	25
	b							23	23	20
11	a							25	25	26
	b							23	24	26
12	a							26	25	26
	b							23	23	26

COMPACTOMETER

		SILTIG SAND SKIKT III								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	18	17	17	19	17	17	19	18	16
	b	17	17	18	18	17	19	17	18	-
2	a	19	18	18	20	18	18	19	18	18
	b	18	18	18	19	18	19	16	17	18
3	a				19	18	19	20	19	18
	b				18	18	19	18	17	18
4	a				20	19	20	20	20	19
	b				19	19	20	17	18	19
5	a				20	19	20	21	20	20
	b				20	19	20	19	19	19
6	a				21	20	20	22	20	20
	b				20	20	19	19	20	20
7	a							22	21	21
	b							19	20	20
8	a							22	21	20
	b							20	20	20
9	a							22	21	21
	b							20	21	20
10	a							23	22	21
	b							20	21	21
11	a							23	21	21
	b							20	21	21
12	a							22	22	22
	b							21	21	23

COMPACTOMETER

		SAND SKIKT I								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	36	33	28	36	31	22	33	33	23
	b	27	22	26	34	23	24	28	26	20
2	a	39	35	29	38	35	25	35	37	27
	b	31	25	29	39	29	26	32	25	23
3	a				40	37	28	38	40	31
	b				41	31	29	34	28	26
4	a				42	39	30	40	41	33
	b				44	33	33	38	31	29
5	a				43	41	33	43	42	36
	b				46	36	36	39	33	31
6	a				44	41	34	44	44	36
	b				44	36	39	42	35	33
7	a							46	46	39
	b							42	37	34
8	a							47	47	40
	b							40	36	34
9	a							47	48	41
	b							43	38	36
10	a							48	49	41
	b							43	39	38
11	a							49	49	43
	b							45	40	37
12	a							49	49	43
	b							45	42	40

		SAND SKIKT II								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	23	20	18	29	26	22	35	30	24
	b	22	19	21	28	-	-	22	23	21
2	a	25	21	20	31	29	24	36	34	26
	b	23	21	23	32	30	25	24	24	23
3	a				32	30	26	39	36	28
	b				33	31	26	26	26	23
4	a				35	31	28	39	37	30
	b				35	32	27	27	28	25
5	a				34	31	27	42	37	31
	b				36	33	27	27	27	25
6	a				36	33	29	42	38	32
	b				36	34	29	29	29	27
7	a							42	39	33
	b							30	30	28
8	a							43	39	33
	b							31	31	28
9	a							44	40	35
	b							32	31	28
10	a							45	41	35
	b							34	32	29
11	a							45	41	36
	b							34	32	30
12	a							46	41	37
	b							34	32	31

COMPACTOMETER

		SAND SKIKT III								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	19	18	20	20	18	19	22	19	20
	b	18	18	19	20	20	21	17	17	18
2	a	20	19	21	22	20	20	25	21	21
	b	19	19	20	21	21	22	17	18	19
3	a				23	21	21	27	22	23
	b				22	22	22	18	19	20
4	a				25	22	23	29	24	24
	b				23	22	23	19	19	20
5	a				26	23	24	31	27	26
	b				24	22	23	20	20	21
6	a				28	24	25	32	28	27
	b				25	23	24	21	21	22
7	a							34	29	28
	b							21	22	22
8	a							34	30	29
	b							22	23	23
9	a							36	31	29
	b							23	24	23
10	a							37	33	31
	b							21	21	22
11	a							38	34	32
	b							23	24	24
12	a							38	34	32
	b							24	25	24

COMPACTOMETER

		GRUSIG SAND SKIKT I								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	25	27	28	22	28	30	29	38	37
	b	26	30	34	29	36	34	26	25	27
2	a	25	31	35	28	35	32	35	35	41
	b	31	36	37	34	40	38	31	30	33
3	a				33	39	35	37	37	43
	b				38	44	41	34	35	37
4	a				37	42	38	41	40	45
	b				40	47	43	37	38	41
5	a				39	43	39	45	44	46
	b				41	47	43	39	41	42
6	a				40	44	41	44	44	48
	b				45	50	46	40	43	44
7	a							47	47	49
	b							42	45	45
8	a							49	48	49
	b							43	46	47
9	a							47	48	50
	b							44	48	48
10	a							50	49	48
	b							45	48	48
11	a							50	48	51
	b							47	49	49
12	a							50	51	52
	b							49	51	50

COMPACTOMETER

		GRUSIG SAND SKIKT II								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Körriktning									
1	a	25	24	24	23	25	24	27	25	22
	b	21	21	21	27	24	23	21	21	24
2	a	26	28	29	27	30	29	32	31	27
	b	25	25	25	33	29	27	25	25	27
3	a				30	33	32	35	33	31
	b				37	32	30	28	29	31
4	a				32	36	34	36	35	35
	b				39	36	33	31	33	35
5	a				33	36	34	38	39	34
	b				41	37	35	29	30	32
6	a				34	39	37	39	37	31
	b				42	37	34	34	36	37
7	a							38	33	29
	b							35	37	38
8	a							42	41	37
	b							35	36	39
9	a							43	43	41
	b							38	40	41
10	a							43	44	42
	b							38	40	30
11	a							48	46	43
	b							40	43	44
12	a							44	46	44
	b							41	44	44

COMPACTOMETER

		GRUSIG SAND SKIKT III								
PACKNINGSZON		2 överf.			6 överf.			12 överf.		
MÄTSTRÄCKA		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Antal överfarter	Kör- riktning									
1	a	26	27	27	24	32	39	22	32	29
	b	26	30	36	27	34	35	18	19	21
2	a	28	30	29	25	34	41	25	35	33
	b	28	33	37	30	37	38	22	22	25
3	a				27	37	44	28	38	36
	b				31	37	39	24	24	28
4	a				29	39	45	30	41	38
	b				33	41	42	27	27	31
5	a				31	42	46	31	43	39
	b				35	42	44	31	31	34
6	a				33	43	47	35	43	42
	b				36	42	44	32	31	35
7	a							37	45	43
	b							35	33	37
8	a							35	45	44
	b							37	34	38
9	a							33	43	44
	b							38	35	40
10	a							31	47	46
	b							40	37	40
11	a							36	44	43
	b							41	40	42
12	a							43	50	46
	b							44	42	44

Mätvärden

VATTENVOLYMETER

jordart	punkt	skrymdensitet	torrdensitet	vattenkvot	beräknad packningsgrad	beräknad lagringstäthet	
	nr	$\rho \text{ t/m}^3$	$\rho \text{ t/m}^3$	%	%	%	
siltig sand	<u>skikt I</u>						
	opackat	1	1,43	1,33	6,9	74	-42
		2	1,36	1,27	6,6	71	-68
		3	1,67	1,34	7,0	75	-38
	bandtrak-	1	1,78	1,62	9,5	91	58
	torpackad	2	1,71	1,58	8,3	88	47
	yta	3	1,66	1,54	7,8	86	36
	2 överf.	1	1,67	1,58	6,0	88	47
		2	1,90	1,72	10,8	96	84
		3	1,73	1,60	8,2	89	53
	6 överf.	1	1,80	1,66	8,5	93	69
		2	1,74	1,62	7,0	91	58
		3	1,68	1,58	6,2	88	47
	12 överf.	1	1,71	1,61	6,6	90	56
		2	1,75	1,59	9,6	89	52
		3	1,67	1,59	5,3	89	52
		<u>skikt II</u>					
	2 överf.	1	1,74	1,61	7,9	93	64
		2	1,68	1,57	7,1	91	51
		3	1,73	1,63	6,6	94	71
	6 överf.	1	1,84	1,70	8,1	98	92
		2	1,89	1,72	9,3	99	97
		3	1,77	1,67	6,0	97	83
	12 överf.	1	1,81	1,72	5,5	99	97
		2	1,81	1,69	6,9	98	89
		3	1,81	1,65	10,0	95	77
		<u>skikt III</u>					
	bandtrak-	1	1,76	1,62	8,5	93	64
	torpackad	2	1,66	1,55	7,1	89	41
	yta	3	1,72	1,61	6,4	92	61
	2 överf.	1	1,70	1,59	7,2	91	55
		2	1,76	1,65	6,7	94	73
		3	1,75	1,63	7,4	93	67
6 överf.	1	1,69	1,59	5,7	91	55	
	2	1,78	1,64	8,5	94	70	
	3	1,77	1,65	7,4	94	73	
12 överf.	1	1,76	1,66	6,3	95	76	
	2	1,75	1,62	7,5	93	64	
	3	1,85	1,66	11,2	95	76	

Mätvärden
VATTENVOLYMETER

jordart	punkt	skrymden- sitet	torrden- sitet	vatten- kvot	beräknad packnings- grad	beräknad lagrings- täthet		
	nr	ρ t/m ³	ρ t/m ³	%	%	%		
sand (grusig sand)	<u>skikt I</u>							
	opackat	1	1,71	1,65	3,4	79	-41	
		2	1,61	1,57	2,2	75	-75	
		3	1,88	1,84	2,1	88	17	
	bandtrak- torpackad yta	1	1,52	1,47	3,6	70	-46	
		2	1,99	1,94	2,9	92	68	
		3	1,99	1,92	3,9	91	52	
	2 överf.	1	2,01	1,94	4,4	92	57	
		2	1,96	1,89	4,0	90	43	
		3	2,04	1,96	4,2	93	63	
	6 överf.	1	1,90	1,75	3,8	83	-4	
		2	1,98	1,92	3,3	91	52	
		3	1,86	1,78	4,4	85	7	
	12 överf.	1	2,16	2,11	2,5	100	103	
		2	2,04	1,99	2,9	95	71	
		3	2,32	2,24	3,4	107	132	
	sand	<u>skikt II</u>						
		bandtrak- torpackad yta	1	1,89	1,81	4,3	93	76
			2	1,83	1,76	3,8	91	66
			3	1,88	1,80	4,2	93	74
		2 överf.	1	1,88	1,82	3,3	94	78
		2	1,83	1,77	3,3	91	68	
		3	1,96	1,88	4,2	97	89	
6 överf.		1	1,97	1,91	3,1	98	95	
		2	2,01	1,92	4,5	99	97	
		3	1,99	1,91	4,3	98	95	
12 överf.		1	1,93	1,88	2,8	97	89	
		2	1,92	1,84	4,3	95	82	
		3	1,99	1,92	3,4	99	97	
<u>skikt III</u>								
bandtrak- torpackad yta		1	1,90	1,82	4,2	96	77	
		2	1,89	1,81	4,4	95	82	
		3	1,88	1,81	4,0	95	82	
2 överf.		1	2,01	2,92	4,3	101	104	
		2	1,80	1,72	5,2	91	62	
		3	1,93	1,85	4,8	97	90	
6 överf.		1	1,98	1,91	3,8	101	102	
	2	2,01	1,95	3,5	103	109		
	3	2,08	1,93	4,7	102	106		
12 överf.	1	1,86	1,78	4,2	94	76		
	2	1,92	1,84	4,6	97	91		
	3	2,00	1,93	4,0	102	106		

BILAGA 3
Mätvärden
VATTENVOLYMETER

jordart	punkt	skrymden- sitet	torrden- sitet	vatten- kvot	beräknad packnings- grad	beräknad lagrings- täthet	
	nr	ρ t/m ³	ρ t/m ³	%	%	%	
grusig sand	<u>skikt I</u>						
	opackat	1	2,15	2,10	2,2	99	95
		2	2,09	2,04	2,8	96	86
		3	1,95	1,89	2,8	89	59
	bandtrak- torpackad yta	1	2,11	2,05	2,9	96	87
		2	2,12	2,06	3,0	97	89
		3	2,00	1,94	3,2	91	68
	2 överf.	1	2,23	2,16	3,1	101	105
		2	2,28	2,20	3,6	103	110
		3	2,16	2,10	2,7	99	95
	6 överf.	1	2,23	2,17	2,7	102	106
		2	2,24	2,19	2,5	103	109
		3	2,27	2,20	3,0	103	110
	12 överf.	1	2,17	2,12	2,6	100	99
		2	2,19	2,13	3,0	100	100
		3	2,17	2,11	2,9	99	97
	<u>skikt II</u>						
	bandtrak- torpackad yta	1	1,86	1,78	4,4	85	38
		2	2,01	1,89	6,5	90	62
		3	2,17	2,10	6,7	100	100
	2 överf.	1	2,20	2,14	2,8	102	107
		2	2,17	2,08	4,4	99	97
		3	2,15	2,12	4,4	101	103
	6 överf.	1	2,22	2,13	4,5	101	105
		2	2,30	2,20	3,4	105	116
		3	2,32	2,26	2,8	108	125
	12 överf.	1	2,27	2,18	4,2	104	113
		2	2,39	2,29	4,7	109	129
		3	2,33	2,27	2,8	108	126
	<u>skikt III</u>						
	bandtrak- torpackad yta	1	2,20	2,10	4,4	100	98
		2	2,27	2,14	5,9	101	105
		3	2,08	1,98	5,0	94	78
2 överf.	1	2,21	2,14	3,2	101	105	
	2	2,31	2,22	4,0	105	117	
	3	2,25	2,14	5,2	101	105	
6 överf.	1	2,23	2,15	3,6	102	106	
	2	2,23	2,15	3,6	102	106	
	3	2,28	2,18	4,6	103	111	
12 överf.	1	2,08	2,02	2,8	96	85	
	2	2,16	2,07	4,5	98	93	
	3	2,12	2,03	4,4	96	87	

Mätvärden

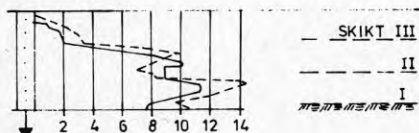
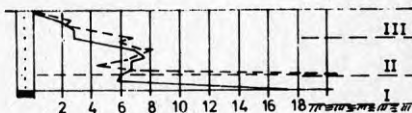
Sonderingsresultat, Trycksond

Siltig sand

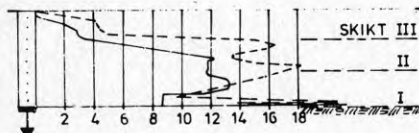
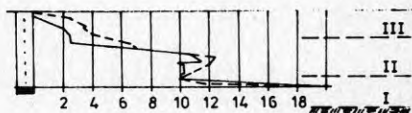


Bandtraktorpackad

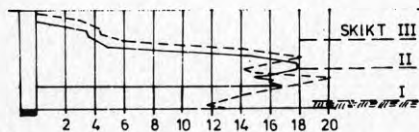
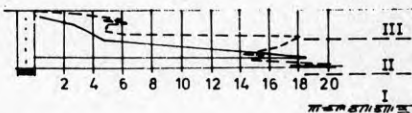
Sand



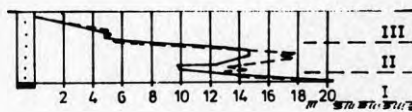
2 överfarter



6 överfarter



12 överfarter



Anmärkningar:

Heldragen linje representerar spetsmotståndet vid elektrisk registrering.

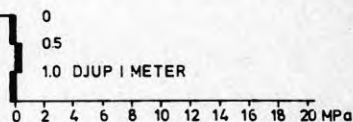
Streckad linje representerar spetsmotståndet vid mekanisk registrering.

Någon stångfriktion har ej redovisats eftersom denna är liten vid små sonderingsdjup.

Sonderingarna har för båda registreringstyperna utförts med J&Ws hydrauliskt drivna borrhakor. Maximal nedpressningskraft 20 MPa.

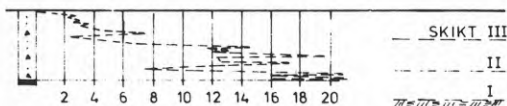
Redovisat enligt svensk standard.

Skala:

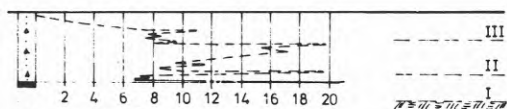


Sonderingsresultat, Trycksond

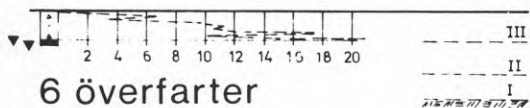
Sandigt grus



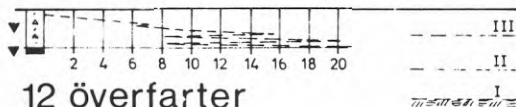
Bandtraktorpackat



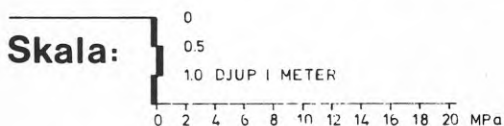
2 överfarter



6 överfarter



12 överfarter



Anmärkningar:

Streckad linje representerar totala nedpressningsmotståndet vid mekanisk registrering.

Nagon sondering med elektrisk registrering har ej utförts p.g.a. risken för kostsamma skador på sonden.

Nagon stångfriktion har ej registrerats eftersom denna är liten vid små sonderingsdjup.

Sonderingarna har utförts med J&W's hydrauliskt drivna borrtraktor. Maximal nedpressningskraft 20 MPa.

Redovisat enligt svensk standard.

Sonderingsresultat, Hejarsond

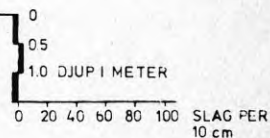
Siltig sand	Sand	Grusig sand
<p>Larvad yta</p>		
<p>2 överfarter</p>		
<p>6 överfarter</p>		
<p>12 överfarter</p>		

Anmärkningar:

Sonderingarna har utförts med lätt tysk hejarsond, standard DIN 4094.

En 10 kg vikt faller fritt 50 cm, antal slag per 10 cm sjunkning registreras. Spetsarean är 10 cm², spetsvinkeln 90°. Redovisat enligt svensk standard.

Skala:



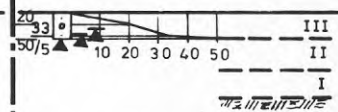
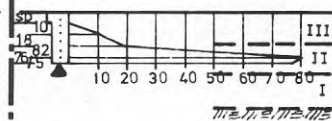
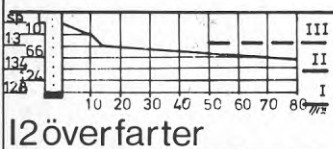
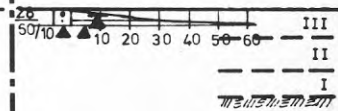
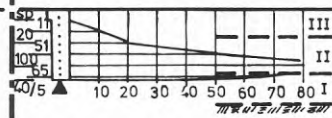
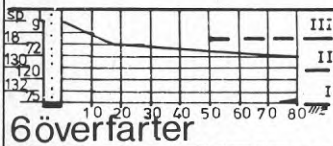
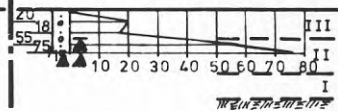
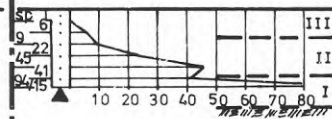
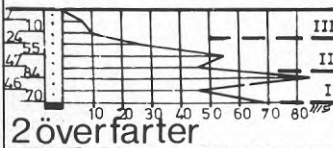
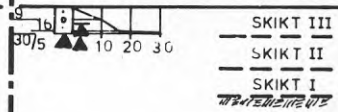
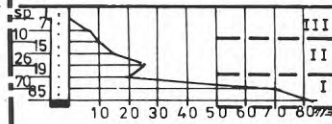
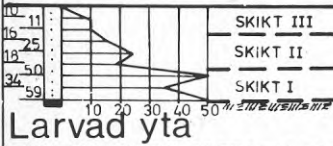
Mätvärden

Sonderingsresultat, viktsond

Siltig sand

Sand

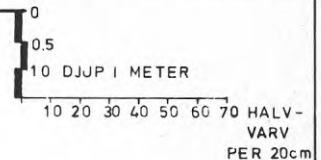
Grusig sand



Anmärkningar :

Sonderingarna har utförts med maskinell viktsond och redovisats enligt svensk standard. Bredvid borrhålet har dessutom noterats det vridarbete i antal halvvarv/20 cm som erfordrats för nedpressning av sonden.

Skala:



BILAGA 3

Mätvärden

AVVÄGNING, ZONVIS SAMMANSTÄLLNING

Jordart	Yta	Före utläggning		Efter utläggning:				
		Medelnivå		Före packning		Efter packning		
				Medelnivå	Medelhöjd	Medelnivå	Medelhöjd	
Siltig sand	Skikt I bandtraktor- packad yta	8,7319		9,3386	0,6067	9,2671	0,5352	
	2 överf.	8,7405		9,3519	0,6114	9,2905	0,5500	
	6 överf.	8,7486		9,4090	0,6604	9,3162	0,5676	
	12 överf.	8,7914		9,4829	0,6915	9,3567	0,5653	
	Skikt II bandtraktor- torpackad yta	9,2671		9,8686	0,6015			
	2 överf.	9,2905		9,8824	0,5919			
	6 överf.	9,3162		9,8943	0,5781	9,8776	0,5514	
	12 överf.	9,3567		9,8776	0,5209	9,8481	0,4914	
	Skikt III bandtraktor- packad yta	9,8014		10,3576	0,5562	10,3481	0,5467	
	2 överf.	9,8743		10,3800	0,5057	10,3710	0,4967	
	6 överf.	9,8676		10,4119	0,5443	10,3886	0,5210	
	12 överf.	9,8481		10,4395	0,5914	10,3905	0,5424	
	Sand	Skikt I bandtraktor- packad yta	8,7228		9,3100	0,5872	9,2433	0,5205
		2 överf.	8,7352		9,3371	0,6019	9,2753	0,5401
		6 överf.	8,7581		9,3933	0,6372	9,3143	0,5562
		12 överf.	8,7471		9,4495	0,7024	9,3552	0,6081
Skikt II bandtraktor- packad yta		9,2433		9,8962	0,6529			
2 överf.		9,2753		9,9290	0,6537			
6 överf.		9,3143		9,9467	0,6324	9,9281	0,6138	
12 överf.		9,3552		9,9481	0,5929	9,8657	0,5105	
Skikt III bandtraktor- packad yta		9,8220		10,4338	0,6118	10,4229	0,6009	
2 överf.		9,9314		10,4395	0,5081	10,4310	0,4996	
6 överf.		9,9281		10,4557	0,5276	10,4357	0,5076	
12 överf.		9,8657		10,4733	0,6076	10,4310	0,5653	

Mätvärden

AVVÄGNING, ZONVIS SAMMANSTÄLLNING

Jordart	Yta	Före utlägg.	Efter utläggning:			
		Medelnivå	Före packning		Efter packning	
			Medelnivå	Medelhöjd	Medelnivå	Medelhöjd
Grusig sand	Skikt I					
	bandtraktor-					
	packad yta	8,7814	9,3248	0,5434	9,2590	0,4776
	2 överf.	8,8024	9,3138	0,5114	9,2481	0,4457
	6 överf.	8,8100	9,3362	0,5262	9,2581	0,4481
	12 överf.	8,8210	9,3852	0,5642	9,3033	0,4823
	Skikt II					
	bandtraktor-					
	packad yta	9,2590	9,8105	0,5515		
	2 överf.	9,2481	9,8395	0,5914		
	6 överf.	9,2581	9,8719	0,6138	9,8390	0,5809
	12 överf.	9,3033	9,8919	0,5886	9,8781	0,5748
	Skikt III					
	bandtraktor-					
	packad yta	9,7487	10,3119	0,5632	10,2990	0,5503
	2 överf.	9,8407	10,3290	0,4883	10,3233	0,4826
6 överf.	9,8390	10,3605	0,5215	10,3471	0,5081	
12 överf.	9,9019	10,3862	0,4843	10,3343	0,4324	

BILAGA 4

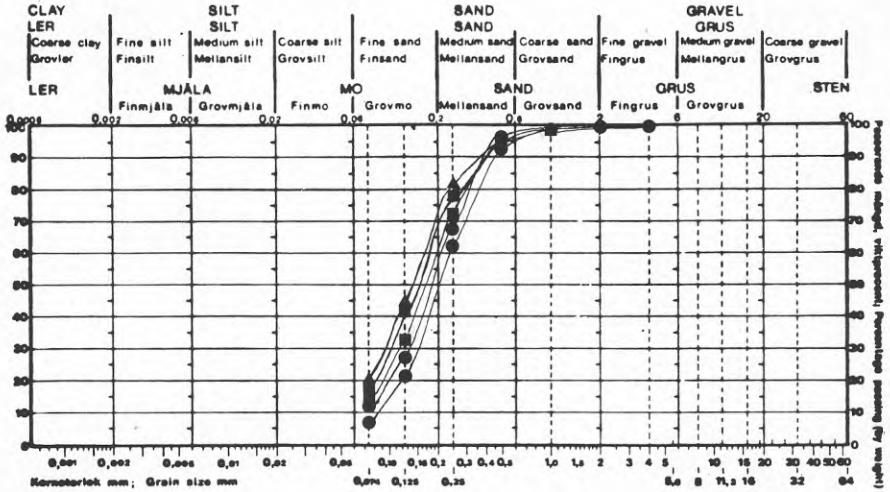
Laboratorieresultat

BILAGA 4

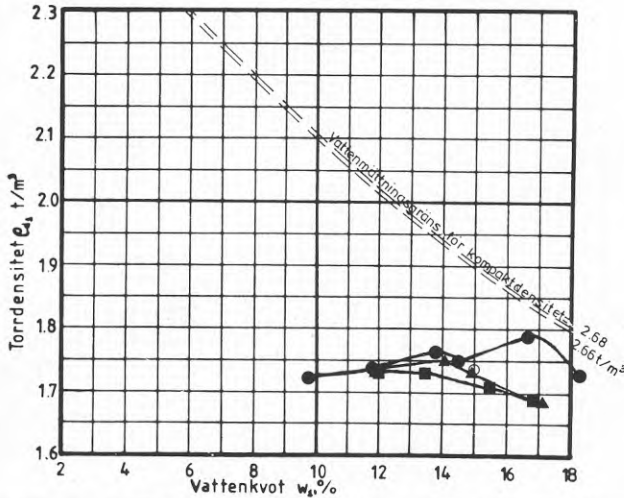
Sammanställning av laboratorieresultat

PROVETS BENÄMNING: SILTIG SAND

Siktningssdiagram



Packningsdiagram

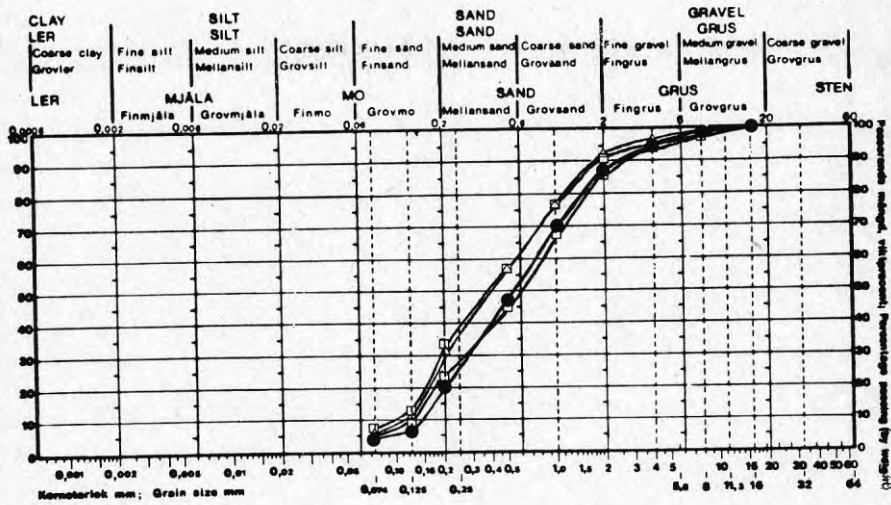


Laboratoriepackning	Beteckning	Största korn. mm	Optimal vattenhalt	Max torr-densitet	Min torr-densitet	Kompaktdensitet	D_{10} mm	D_{60}/D_{10}
Tung stampning	UPPLAG	●	4	17	1,79	—	0,07-0,08	3,0-3,1
	SKIKT II	■	4	13	1,73	2,66	—	—
	SKIKT III	▲	2	14	1,75	2,68	—	—
Vibrering	UP-PLAG	○	2	15	1,74	—	—	—
		□	—	—	—	—	—	—
		△	—	—	—	—	—	—
Loos ifyllning		—	—	—	—	1,43	—	—

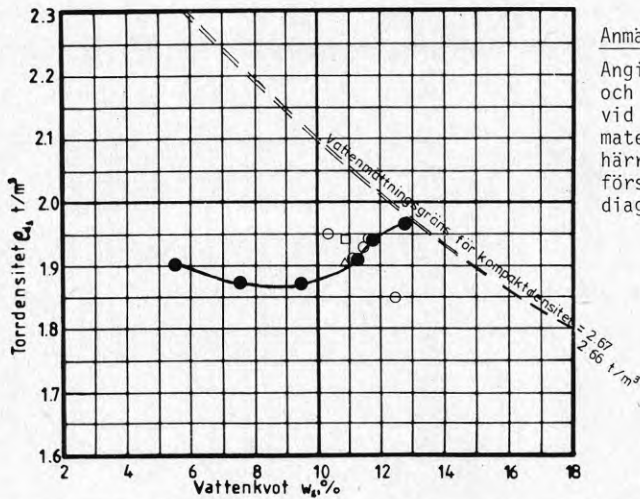
Sannmanställning av laboratorieresultat

PROVETS BENÄMNING: SAND

Siktningssdiagram



Packningsdiagram



Anmärkningar

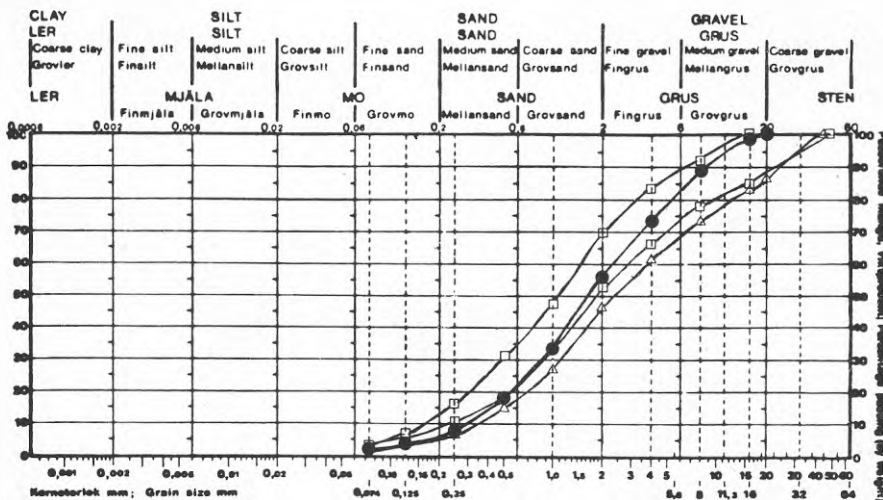
Angiven optimal vattenhalt och maximal torrdensitet vid vibrering utförd på material från upplag härrör från ett av de fem försök som redovisats i diagrammet.

Laboratoriepackning	Beteckning	Största korn. mm	Optimal vattenhalt	Max. torrdensitet	Min. torrdensitet	Kompaktetsitet	D ₁₀ mm	D ₆₀ /D ₁₀
Tung stampning	UPPLAG	8	13	1,97	—	—	0.14	5.7
	■	—	—	—	—	—	—	—
	▲	—	—	—	—	—	—	—
Vibrering	UPPLAG	8	11	1,95	—	—	—	—
	□	8	11	1,94	—	2.66	0.10-0.13	6.0-6.5
	△	8	11	1,90	—	2.67	0.13	4.6
Los ifyllning	—	—	—	—	1,49	—	—	—

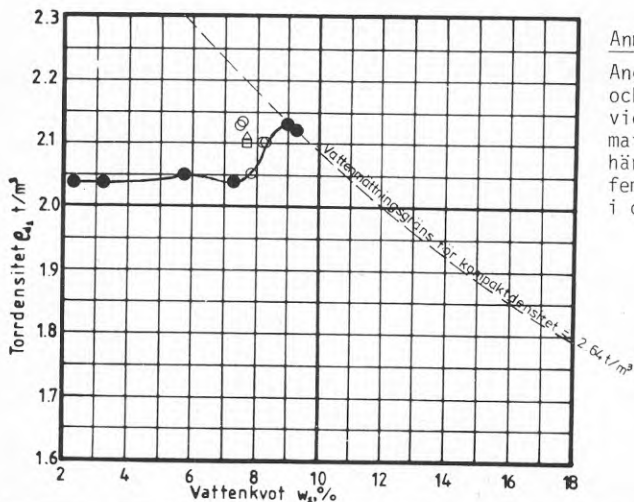
Sammanställning av laboratorieresultat

PROVETS BENÄMNING: GRUSIG SAND

Siktningssdiagram



Packningsdiagram



Anmärkingar

Angiven optimal vattenhalt och maximal torr-densitet vid vibrering utförd på material från upplag härrör från ett av de fem försök som redovisats i diagrammet.

Laboratoriepackning	Beteckning	Största korn, mm	Optimal vattenhalt	Max torr-densitet	Min torr-densitet	Kompakt-densitet	D ₁₀ mm	D ₆₀ /D ₁₀
Tung stampning	UPPLAG	20	9 %	2,13	—	—	0.30	7.7
	■	—	—	—	—	—	—	—
	▲	—	—	—	—	—	—	—
Vibrering	UPPLAG	20	8 %	2,13	—	—	—	—
	SKIKT II	8	8 %	2,10	—	2.64	0.17-0.25	8.8-10.8
	SKIKT III	45	8 %	2,11	—	2.64	0.35	11.1
Lös ifyllning	—	—	—	—	1,53	—	—	—

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780520-4 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Jacobson & Widmark,
Lidingö**

R102:1979

ISBN 91-540-3098-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700002

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms