

# 5 GRUNDLÄGGNING MED PLATTOR PÅ PACKAD JORDFYLLNING

## 5.1 Allmänt

Beträffande allmänna krav på grundläggningens utformning hänvisas till *kapitel 3.1*. Skillnaden mellan att utforma en grundläggning på packad fyllning och naturlig jord är främst att vid packad fyllning skapas jordmodellen eller en del därav. Man kan således påverka egenskaperna i jorden. Samtidigt uppstår krav på projektering, utförande och kontroll av jordmodellen samt eventuellt en anpassning av konstruktionen till det erhållna resultatet.

Med jordfyllning avses här fyllning av naturlig jord, krossat berg eller sprängsten. Andra typer av fyllning, t.ex. restprodukter eller lättklinker omfattas ej generellt av nedan angivna råd.

Vid projektering av en grundläggning på packad fyllning bör en mängd olika frågor beaktas. Frågorna behandlas nedan i den ordning som de normalt uppstår och svarar således mot dimensioneringsgången vid grundläggning på packad fyllning. Följande avsnitt behandlas:

- Geometrisk utformning av fyllning
- Val av fyllnadsmaterial
- Fyllningens utförande
- Bestämning av jordmodell
- Bestämning av last- och spänningsmodell
- Dimensionering i brottgränstillstånd
- Dimensionering i bruksgränstillstånd
- Kontroll av material, utförande och resultat
- Dimensionerande belastning på grundplattan

I förekommande fall anges med underrubrik under respektive avsnitt vad som speciellt kan anses gälla för materialgrupperna enligt följande:

- Fyllning av lera och silt
- Fyllning av friktionsjord
- Fyllning av sprängsten
- Packad sprängbotten

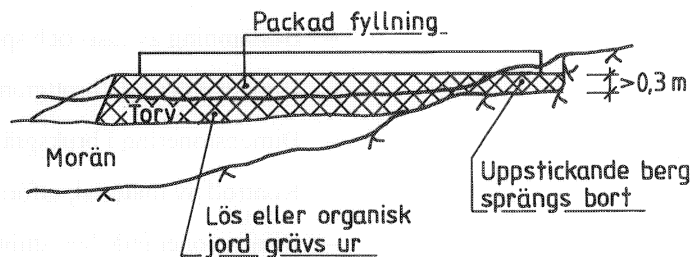
Indelningen av jordmaterialen följer i princip Mark AMA 83 tabell C1.

Grundläggning på packad fyllning kan ske med separata plattor eller hel bottenplatta. I detta kapitel hänvisas därför till tillämpliga delar av *kapitel 3* och *4*.

## 5.2 Geometrisk utformning av fyllning

Grundläggningsnivån vid packad fyllning bör väljas så att man får ett minimum av packad fyllning men samtidigt så att man får en enhetlig grundläggning för hela konstruktionen. Fyllningen bör därför ha en minsta tjocklek av 0,3 m. Uppstickande block eller bergpartier kan således behövas sprängas bort vid stora nivåskillnader hos "fast botten" inom grundläggningsytan, *figur 5.1*. Fyllnadens maximala tjocklek bör ej göras större än 3-6 m beroende på att det vid mäktiga fyllningar uppstår egensättningar i materialet.

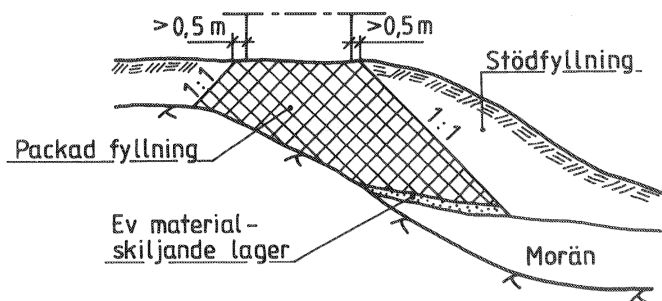
Innan utfyllningen påbörjas skall matjord, stubbar och rötter schaktas bort från den yta som skall täckas av den packade fyllningen. I vissa fall måste även lös eller organisk kohesionsjord under den tilltänkta fyllningen schaktas bort, *figur 5.1*. Befintlig, okontrollerad fyllning skall också bortschaktas om



*Figur 5.1 Den packade fyllningen bör vara genomgående under plattans hela yta och ej underlagras av lös eller organisk kohesionsjord.*

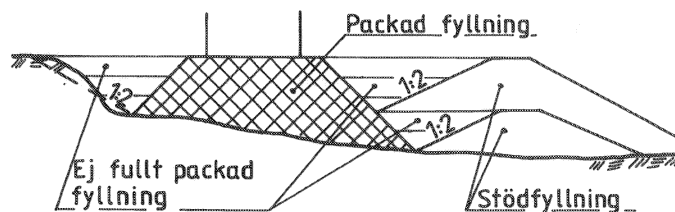
det inte genom särskild utredning klarlagts att fyllningen har acceptabel sammansättning och fasthet.

Den packade fyllningen måste ha större bredd och längd än den platta den skall bära. För att nöjaktigt kunna fördela tryckspänningarna i den packade fyllningen erfordras en minsta utsträckning i plan och djup enligt *figur 5.2*. För att uppnå erforderlig bärförmåga i brottgränstillstånd kan ytterligare packad fyllning erfordras, jfr *kapitel 5.7*.



*Figur 5.2* Minsta utsträckning av packad fyllning i plan och djup.

Under packningsarbetet åstadkoms en del av packningseffekten genom att horisontalspänningar byggs in i fyllningen. Om packning utförs mot en fri släntyta, eller packningsredskapet ej når in mot en för brant övre slänt kan inte denna högre horisontalspänning uppnås. Därför bör stödfyllning och schaktslänter utföras så att packning kan ske mot dessa, *figur 5.3*.

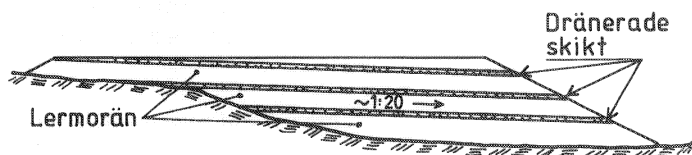


*Figur 5.3* Bäst packningsresultat erhålls om packning kan göras ut mot ej för brant lutande stödfyllning eller schakt.

För att förhindra att finare material tränger in i ett grövre material måste man i förekommande fall lägga ett materialskiljande lager mellan den grov- och den finkorniga jorden, *figur 5.2*. Exempel på sådana fall är tätning av sprängstensfyllning på ytan, eller mellan underliggande lera och sprängsten. Om sådant materialskiljande lager ej används uppstår sättningar till

följd av rörelser i gränsen mellan fyllning och annan jord. Vid projektering av en packad fyllning för grundläggning måste man som vid naturlig jord beakta behovet av dränerande och kapillärbrytande skikt under plattorna. Vid fyllningsarbete med vattenkänslig jord (siltig, lerig jord) skall fyllningen uformas så att överytan i varje skikt har en lutning som underlättar vattenavrinning. I annat fall kan uppmjukning av redan färdigpackad fyllning ske.

Vid packning, speciellt med vibrerande redskap, av finkornig jord med hög vattenkvot byggs höga porvattentryck upp i fyllningen. I sådana fall måste dränerade skikt av grövre material läggas i fyllningen med 1–2 meters avstånd, även dessa med viss lutning, *figur 5.4*. Material till dränerande skikt skall väljas så att det ej blandas med fyllningsmaterialet.



*Figur 5.4 Vid packning av finkornig, vattenkänslig jord läggs skikten i lutning eventuellt med mellanliggande dränerande lager.*

## 5.3 Fyllningsmaterial

För att en fyllning skall få avsedda egenskaper ställs vissa krav på fyllningsmaterialet. Dessa krav kan uppdelas i *allmänna krav* och *materials specifika krav* enligt nedan.

### 5.31 Allmänna materialkrav

På jordmaterial avsett att användas som fyllningsmaterial under grundplatta eller golv bör följande krav ställas,

Jordmaterialet skall vara...

- ...fritt från radonalstrande mineral
- ...fritt från föroreningar som kan lösas ut och skada grundvattnet
- ...fritt från organiskt material som kan brytas ned och därvid ge upphov till dålig lukt eller kollaps av fyllningen
- ...fritt från tjälad jord och is

- ...fritt från enstaka block eller stenar av väsentligt avvikande storlek
- ...lämpligt konditionerat med hänsyn till vald packningsutrustning
- ...så motståndskraftigt mot höga spänningar att det inte krossas i samband med packningen.

Enligt Mark AMA 83 gäller vidare:

”Fyllning med naturmaterial, som skall packas, skall utföras med mellan eller månggraderat material”, jfr Larsson (1982)  
 ”Till fyllning som skall packas får inte användas lös lera eller flytbenägen jord med för packning olämplig vattenkvot.”

Fyllningmaterialen hänförs till någon av materialtyperna enligt *tabell 5:1* enligt Mark AMA 83.

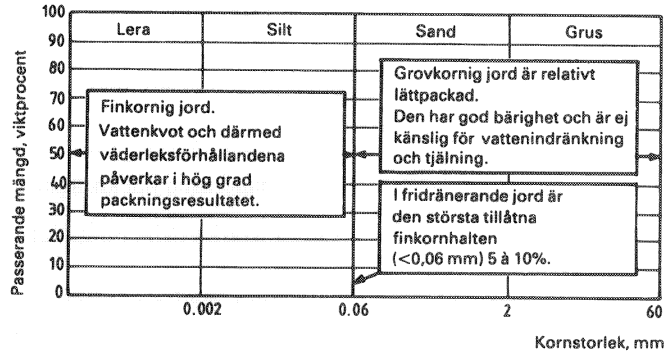
Tabell 5:1 Fyllningsmaterial för grundläggning m m enligt Mark AMA 83 C/1

Grupp	Materialtyper	Fordringar Halt (%)			Exempel
		0,06/20	0,002/20	Organ mate- rial	
1	Bergmaterial av hårda och hållfasta bergarter	0-10	0-5	0	Sprängsten av granit och glimmerfattig gnejs
2	Stenmoräner  Grovkorniga moräner Grovjord Krossmaterial	0-10	0-5	0	Sandig, grusig stenmorän Sandig grusmorän Grus, sand, singel Makadam
3a	Blandkorniga moräner	-	-	0	Siltig morän
3b	Finkorniga moräner Finjord	-	-	0	Sandig siltmorän Silt, lera
4	Lätta material	-	-	0	Lättklinker, slagg

Vid val av fyllningsmaterial måste ett flertal faktorer beaktas såsom t.ex: konstruktionens art, materialförekomster, möjliga packningsredskap, årstid, väderlek. Jfr vidare Forssblad (1987).

Packningsegenskaperna varierar kraftigt från jordart till jordart, jfr *figur 5.5*.

Egenskaperna hos ett påtänkt fyllningsmaterial undersöks med laboratorieprov. Undersökningen utförs innan fyllningsarbetet



Figur 5.5 Packningsegenskaper hos olika jordartstyper enligt Forssblad (1987)

startas och omfattar normalt bestämning av naturlig vattenkvot, kornfördelning och laborierstampning. För finkorning jord bestäms även flytgräns och plasticitetsgräns. För bestämning av packningsegenskaper hänvisas till SIS 027109-10. En alternativ metod för bestämning av packningsegenskaperna hos finkornig jord utgör MCV-metoden, se vidare *kapitel 5.32*.

En viss ledning för val av fyllningsmaterial med hänsyn till packningsegenskaper erhålls av *tabell 5.2*.

Materialets egenskaper i den färdiga fyllningen bestäms bl.a. av packningsgraden  $R_D$  i fyllningen. Packningsgraden bestäms av uttrycket:

$$R_D = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \cdot 100 \% \tag{5.1}$$

där

$\gamma_d$  = uppmätt torrthet

$\gamma_{dmax}$  = maximal torrthet vid laborierstampning

$\gamma_{dmax}$  kan avse prov med såväl lätt som tung laborierstampning även benämnda standard respektive modifierad proctor-stampning. Det är viktigt att man klargör vilken packningsrutin som avses.

För grundläggning av byggnadskonstruktioner erfordras normalt en packningsgrad på 90–95% relaterat till tung laborierstampning.

**Tabell 5:2** Klassificering av jord med hänsyn till packbarhet för olika packningsredskap enligt Bernander et al (1975) med modifiering. Beteckningar: x kan användas, ⊗ rekommenderas

Packningsredskap	I. Sprängstensfyllning	II. Sand och grus		III. Silt, siltiga och leriga jordar, morän		IV. Lera	
		A. välgraderad	B. ensgraderad <sup>3</sup>	A. Siltig sand, siltigt grus, morän	B. Silt, sandig silt, sand, le- rigt grus	A. Låg till medelhög skjuvhållfasthet	B. Hög skjuvhållfasthet
Statisk slätvält, 3–15 t	–	x	x	x	x	x	–
Vibrationsvält, 3–5 t	x <sup>2</sup>	⊗	⊗	x	x	x	–
Vibrationsvält, 10–15 t	⊗ <sup>2</sup>	⊗	⊗	⊗	x	–	x
Vibratorplatta, 0,1–0,5 t	–	⊗	⊗	x	x	–	–
Vibratorstamp, 0,05–0,1 t	–	x	x	x	x	x	x
Gummihjulsvält, 10–50 t	–	x	x	⊗	⊗	⊗	–
Fårfotsvält <sup>1</sup> , 5–30 t	–	–	–	–	x	x	⊗
Fotvält <sup>1</sup> , 5–30 t	–	x	x	⊗	⊗	⊗	x
Gallervält <sup>1</sup> , 5–15 t	x	x	x	x	x	x	–
Bandtraktor, 10–30 t	x	x	x	⊗ <sup>4</sup>	⊗ <sup>4</sup>	⊗ <sup>4</sup>	–

<sup>1</sup> Statiska eller vibrerande<sup>2</sup> Traktordragna<sup>3</sup> Självgående vältar har ofta otillräcklig framkomlighet på ensgraderad sand och grus<sup>4</sup> Packas vid högre vattenkvot än optimal enligt Proctorpackning

Kravet på en viss uppnådd packningsgrad kan ibland ersättas av krav på visst utförande som av erfarenhet ger tillfredsställande resultat. Så är det t ex nödvändigt att göra vid packning av grovt grus, sprängsten eller sprängbotten. Tabell för val av skiktjocklekar för olika maskintyper återfinns under *kapitel 5.4*. För att säkerställa att ett visst fyllningsarbete uppnår avsett resultat bör resultatet av packningen alltid följas upp åtminstone i arbetets inledningsskede.

## 5.32 Krav på fyllningsmaterial av lera och silt

Ler- och siltjord tillhör materialgrupp 3a och 3b enligt *tabell 5:1*. Dessa material är vattenkänsliga och tjälfarliga vilket kräver särskild omsorg vid materialval, projektering, utförande och kontroll. Optimal vattenkvot är lägre än vattenkvoten vid vattenmättnad och normalt lägre än naturlig vattenkvot. Grundläggning på fyllning av ler- och siltjord omfattas ej av vad som anges som godtagbar grundläggning enligt SBN 80, vilket visar svårigheten med denna typ av fyllning.

*Siltjord* går relativt lätt att packa vid den optimala vattenkvoten. Vid högre vattenkvot är den flytbenägen vilket medför stora svårigheter vid packningsarbetet.

*Lerjord* är oftast plastisk och packningsresultatet beror direkt av vattenkvoten. Torrskorpelera fordrar ett stort packningsarbete. Om inte ett tillräckligt kraftigt packningsredskap väljs kan man vid låga vattenkvoter ( $< 0,4$  à  $0,5$  ggr  $w_L$ , flytgränsen) få en fyllning med klumpstruktur, där klumparna omges av större eller mindre makroporer. Klumparna kan på sikt kollapsa och ge upphov till sättningar varför denna struktur bör undvikas. Detta åstadkoms genom kraftfulla packningsredskap, mindre skiktjocklek eller något ökad vattenkvot. Observera dock att en ökad vattenkvot sänker packningspotentialen och därmed nivån för uppnåbara jordmekaniska egenskaper.

En metod att bedöma vilken packningspotential en finkornig jord har, vid viss vattenkvot, är MCV-metoden. MCV står för Moisture Condition Value. Till MCV kan hållfasthet och kompressionsegenskaper korreleras, Parsons och Boden (1979) och Malmberg (1989).

Vid långvarig packning med vibrerande redskap erhålls förhöjda portryck vilket syns genom att jorden uppvisar jäsjordsegenskaper; massorna fjädrar och häver sig runt välten. Om detta inträffar måste fyllningen vila tills portrycken avklingat. Eventuellt erfordras dränerande skikt, se *kapitel 5.2*. En förnyad packning efter det att portrycken avklingat ger en ytterligare fasthetsökning.

### 5.33 Krav på fyllningsmaterial av friktionsjord

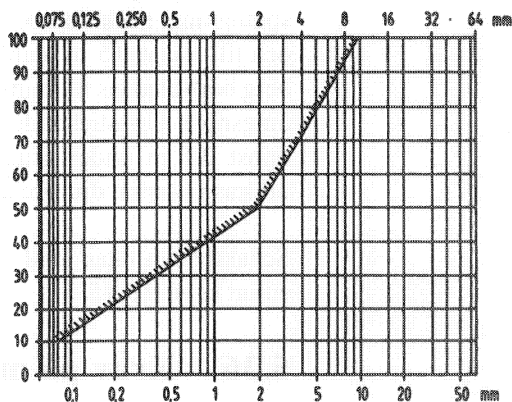
Fyllningsmaterial av friktionsjord skall tillhöra grupp 2 enligt *tabell 5:1*. Härav följer att materialet får ha högst 10% mindre än 0,06 mm samtidigt som lerhalten (material  $< 0,002$  mm) skall vara mindre än 5%. Organiskt material får ej förekomma.

Enligt Bronorm 88 skall friktionsjord till packad fyllning för plattgrundläggning bestå av "vittringsbeständiga kristallina bergarter" som granit, gnejs, kvartsit, diabas, porfyr och leptit.



Största stenstorlek i fyllningen bör ej vara större än 0,5–0,65 ggr skiktjockleken dock högst 200 mm.

Kornfördelningen för lämpligt fyllningsmaterial bör ligga till höger om gränskurvan enligt figur 5.6. Dessutom bör graderingstalet  $C_u (d_{60}/d_{10})$  vara större än 5.



Figur 5.6 Gränskurva för fyllningsmaterial av friktionsjord enligt Bronorm 88.

### 5.34 Krav på fyllningsmaterial av sprängsten

Sprängsten till packad fyllning för grundläggning tillhör materialgrupp 1 enligt tabell 5:1 ur Mark-AMA 83. Detta innebär att berget skall bestå av hårda och hållfasta bergarter som tex granit och glimmerfattig gnejs. Finjordshalten (material mindre än 0,06 mm) för material under 20 mm får ej vara större än 10% medan lerhalten bör vara mindre än 5%.

Sprängsten bör bestå av kristallina vittringsbeständiga bergarter. Sedimentära bergarter kan eventuellt användas men här för erfordras särskild utredning.

Materialet bör vara välgraderat med en kornstorlek  $d_{50} > 200$  mm. Största stenstorleken bör vara mindre än 0,65 ggr skiktjockleken.

Sedan sprängstensfyllningen nått upp till 0,1 m under projekterad grundläggningsnivå bör ytan tätas med skärv samt krossmaterial < 65 mm, som packas väl se kapitel 5.4. Observera att det är viktigt att täta ytan med successivt mindre kornstorlek i

material. I annat fall kommer finkornigt material att rinna ned och fylla utrymmet i sprängstenen med sättningar som följd.

### **5.35 Materialkrav på packad sprängbotten**

Vid grundläggning med plattor på packad sprängbotten skall sprängning, packning och tätning ske över hela byggnadsytan och till minst 0,5 m utanför grundkonstruktionen. Lössprängt berg bortschaktas till minst 0,1 m under projekterad grundläggningsnivå. Uppstickande berg och större block avsprängs till minst 0,1 m under grundläggningsnivån. Sprängning får ej utföras i borrhål djupare än 0,8 m under grundläggningsnivån.

Schaktbotten tätas med skärv och krossmaterial samt packas enligt *kapitel 5.45*.

### **5.36 Krav på materialskiljande lager**

Vid fyllning för grundläggning där krossmaterial eller sprängsten utläggs på silt, lera eller annat finjordsrikt material utläggs under fyllningen ett 0,2 m tjockt materialskiljande lager av tex samkross 0–65 mm.

Materialskiljande lager av geotextil bör ej användas vid fyllning av sprängsten.

## **5.4 Fyllningens utförande**

### **5.41 Allmänt**

Resultatet av ett fyllnings- och packningsarbete beror till stor del på hur arbetet utförs t ex hur fyllningsmaterialet konditioneras, val av packningsredskap, val av skiktjocklek, om vattenbegjutning kan göras eller ej, etc.

Innan fyllningsarbetet påbörjas kontrolleras att rätt fyllningsmaterial erhållits samt att underlaget är fritt från snö, tjalad jord och andra icke önskvärda föremål eller massor. Vid fyllningsarbete under köldförhållanden måste särskilt program upprättas för utförande och kontroll.

Fyllningsmassorna utläggs i lager med packning lager för lager. Lagertjocklek och antal överfarter väljs med hänsyn till jordart och packningsredskap med ledning av *tabell 5:2* och *5:3*.

Utläggning bör ske med hjul- eller bandgående schaktningsmaskin. Ändtippning bör ej användas vid fyllning för grundläggning eftersom det medför risk för materialseparation dvs att grövre material kommer underst och finare överst.

Tabell 5:3 Största lagertjocklek i m efter packning och minsta antal överfarter per lager vid packning enligt Mark-AMA 83 Tabell C/5.

Packningsredskap	Minsta antal överfarter	Material enligt tabell C/1 och C/2, största lagertjocklek (m) efter packning			
		1	2	3a	3b
		Fa, Ga	A, B	C, D2	D1
Handstamp, min 15 kg	3	–	0,15	0,10	0,10
Vibratorstamp, min 70 kg	3	–	0,30	0,25	0,20
Vibratorplatta,					
min 50 kg	4	–	0,10	–	–
min 100 kg	4	–	0,15	0,10	–
min 200 kg	4		0,20	0,15	0,10
min 400 kg	4	0,40	0,30	0,25	0,15
min 600 kg	4	0,60	0,40	0,30	0,20
Vibrerande envalsvält, statisk linjelast, <sup>1</sup>					
min 15 kN/m	6	–	0,35	0,25	0,20
min 30 kN/m	6	1,0	0,60	0,50	0,30
min 45 kN/m	6	1,5	1,0	0,75	0,40
min 65 kN/m	6	2,0	1,5	1,10	0,60
Vibrerande tandervält, statisk linjelast, <sup>2</sup>					
min 5 kN/m	6	–	0,15	0,10	–
min 10 kN/m	6	–	0,25	0,20	0,15
min 20 kN/m	6	–	0,35	0,30	0,20
min 30 kN/m	6	–	0,50	0,40	0,30
Statisk trevalsvält, statisk linjelast, min 50 kN/m	6	–	0,25	0,20	0,20
Gummihjulsvält, last/hjul					
min 15 kN	6	–	0,20	0,20	0,20
min 25 kN	6	–	0,30	0,25	0,25
Bandtraktor, min 10 ton	6	–	0,25	0,20	0,20

<sup>1</sup> Vibrerande envalsvält med padfottrumma kan användas på fyllningsmaterial med hög finjordshalt, t ex silt.

<sup>2</sup> När packning utförs med vibration på båda valsarna kan antalet överfarter minska till fyra.

Transport av massor inom fyllningsområdet bör ske inom varierande stråk så att skillnader i packningsresultat ej erhålls inom packningsytan.

## 5.42 Utförande av fyllning av ler- och siltjord

Vid fyllning med ler- och siltjord, som är vattenkänsliga, är det viktigt att utfyllning och packning sker på ett sådant sätt att vattensamlingar ej uppstår på fyllningsytan. Sålunda bör fyllningsytan ej trafikeras vid nederbörd då ofta spårbildning inträffar under samtidig ytuppmjukning.

Vid låga vattenkvoter i lerig jord är tunga vibrerande vältar de enda som fungerar. Att använda fotförsedd vält är ofta bättre än en slätvält pga av det högre kontaktryck som denna utövar. Fotvältad fyllnadsyta som kan utsättas för nederbörd bör avslutningsvis slätvältas. De fördjupningar som vältfötterna efterlämnar ökar nämligen den för nederbörd exponerade fyllningsytan samtidigt som de försvårar ytvattenavrinning. Vid högre vattenkvoter, dvs då fyllnadsmassorna har plastiska egenskaper, kan gummihjulförsedd vält eller fotvält användas. Om vattenkvoten inte är mycket hög kan vibrerande vält användas. Vid långvarig packning med vibrerande redskap uppvisar lerfyllning till följd av förhöjda portryck "jäsjordsegenskaper". Om så sker måste fyllningen vila tills portrycken avklingat.

## 5.43 Utförande av fyllning av friktionsjord

Fyllnadsmassor ur materialgrupp 2, till vilken friktionsjord hör, är relativt okomplicerade att använda till packad fyllning. Med kraftfull packningsutrustning och riklig vattenbegjutning uppnås i de flesta fall goda resultat. Några påpekanden är dock befogade.

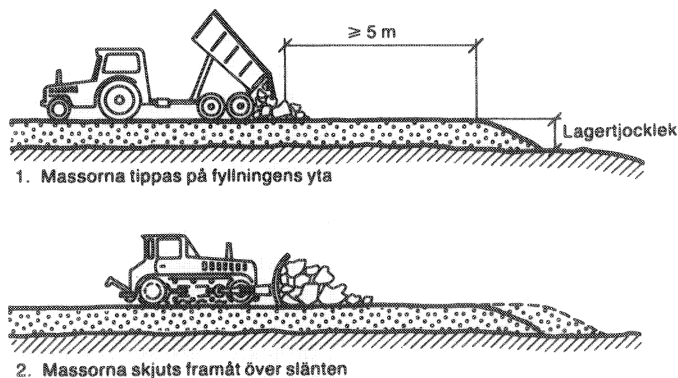
*Ensgraderad, jämnkornig sand* är svår att packa, med fullgott resultat, mha vibrerande packningsredskap. Erfarenheter har visat att det effektivaste sättet att packa denna jordtyp är genom riklig vattenbegjutning. En tung statisk vält kan ge ytterligare packning.

Vid packning med tung vibrerande vält kommer ytskiktet att bli dåligt packat. Genom att avsluta packningen med ett antal överfarter med avstängd vibrator kommer även de ytliga delarna att bli tillräckligt packade.

## 5.44 Utförande av fyllning av sprängsten

Sprängstensfyllning för grundläggning bör normalt byggas upp genom skiktvis utbredning och packning. Traktorutbredning av sprängsten med packning, enligt figur 5.7, ger bra resultat. Genom att massorna utsätts för en roterande rörelse framför schaktbladet slås skarpa kanter av samtidigt som separation motverkas. Kamförsedda larvband på traktorn bidrar till att packa fyllningen.

Traktorutbredning av sprängsten utförs lämpligen med 10 till 30 tons bandtraktor. Lagertjockleken bör ligga i intervallet 0,5 till 2,0 m. Packning av sprängsten, speciellt härrörande från mjuka bergarter såsom kalksten eller vid fyllning till större höjd än 2 m, bör ske under riklig vattenbegjutning. Det är viktigt att massorna är riktigt genomvattnade varför vattenbegjutningen bör påbörjas minst 10 min före packningens genomförande. Packning med vibrationsvält har bäst effekt om ytan hålls fri från finkornigt toppskikt.



Figur 5.7 Traktorutbredning av sprängsten enligt Mark-AMA 83

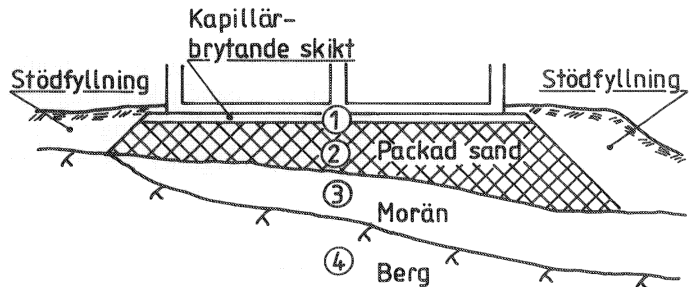
## 5.45 Utförande av packad sprängbotten

Sedan sprängbotten avschaktats till 0,1 m under grundläggningsnivån samt grovjusterats med skärv eller krossmaterial bör packning utföras med minst 10 överfarter med traktordragen vibrationsvält om minst 3 ton. Vid vattenbegjutning är 7 överfarter tillräckligt. Vattenbegjutning får ej utföras vid risk för isbildning. Efter packning finjusteras ytan med skärv eller krossmaterial till sådan tjocklek att ytan efter ytterligare packning med 6 överfarter kommer att ligga i grundläggningsnivån.

## 5.5 Material och jordmodell vid packad fyllning

### 5.51 Allmänt

Jordmodellen vid packad fyllning sammansätts av underliggande eventuellt kvarvarande jordlager och berg samt den packade fyllningens olika lager, figur 5.8.



Figur 5.8. Exempel på olika lager i jordmodell med packad fyllning

Egenskaperna hos den packade fyllningen kan bestämmas på samma sätt som för naturlig jord eller med erfarenhetsvärden. Jfr *kapitel 1* samt nedan föreslagna värden. De karakteristiska egenskaperna i fyllningen kan också bestämmas genom plattförsök eller fallviktsförsök.

Man bör beakta att om höga karakteristiska värden väljs vid projektering ställer detta högre krav på kontrollens omfattning i utförandeskedet.

I projekteringskedet kan man också välja ett försiktigt värde på de karakteristiska egenskaperna samt ett relativt högt värde på partialtialkoefficienten  $\gamma_m$ . Den slutliga dimensioneringen görs sedan arbetet påbörjats och man har grepp om hela kedjan från utförande till kontroll för bestämning av t ex  $\phi_k$  och  $E_k$ .

Vid packad fyllning uppstår ofta problem med att bestämma egenskaperna hos ett flerskiktssystem. Härvid kan t ex den s k ekvivalenta E-modulen beräknas enligt *kapitel 4.2*.

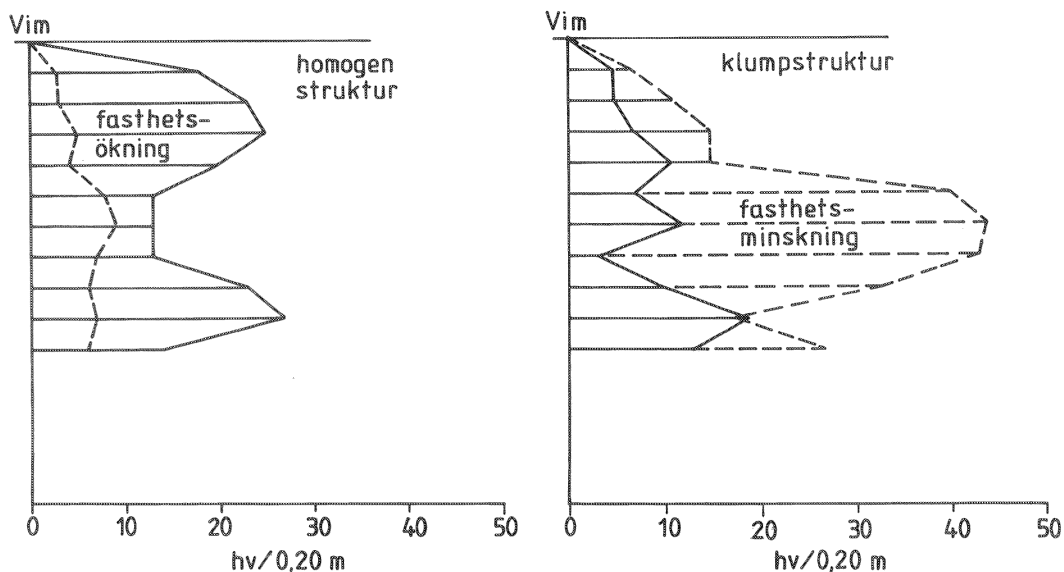
### 5.52 Egenskaper hos packad ler- och siltjord

Karakteristiska parametrar kan för denna typ av fyllning bestämmas med fält- och laboratoriemetoder som i naturlig jord. Dock måste fyllningens ålder vid provningstillfället beaktas.

I en väl packad fyllning utan klumpstruktur har vid packningen genererats betydande porvatten- och porgasövertryck. Omedelbart efter packningen kommer därför en sådan fyllning att uppvisa relativt låg fasthet. Fastheten tillväxer dock i takt med att genererade porövertryck avklingar, jfr *figur 5.9*. I unga fyllningar (mindre än ett år) bör därför valet av karakteristiska värden baseras på nyligen utförda fasthetsbestämningar.

I en otillräckligt packad fyllning med klumpstruktur erhålls till en början, under inverkan av nederbörd och tjäle – en fasthetsreduktion, *figur 5.9*. Orsaken är att klumparna, under inverkan av höga kontaktryck mellan klumparna som erhålls vid packning, kommer att deformeras alternativt brista vid klimatpåverkan. Efter att denna process avslutats kommer fastheten åter att tillväxa. Det är dock svårt att ange hur lång tid den nedbrytande processen pågår.

I välpackade *lermoräner* kan dimensionering också baseras på sk karakteristiska grundtrycksvärden  $q_k$  som erfarenhetsmässigt relaterats till krypgränstrycket från plattförsök. Enligt Malmberg (1983) kan  $q_k$  bestämmas enligt:



Figur 5.9. Viktsönderingsmotstånd uppmätt i väl packad (tv) respektive otillräckligt packad fyllning (th). Streckad kurva avser fyllning omedelbart efter färdigställande och heldragen kurva resultat efter två cykler med tjälning-tining.

$$q_k = 0,2 q_{ck} \text{ eller} \quad (5.2a)$$

$$q_k = 2,5 c_{uk} \quad (5.2b)$$

där

$q_{ck}$  = karakteristiskt spetstryckssonderingsmotstånd

$c_{uk}$  = karakteristiskt värde på fyllningens odränerade skjuvhållfasthet, enligt vingmetoden (oreducerat).

### 5.53 Egenskaper hos packad friktionsjord

Karakteristiska parametrar bestäms som för naturligt lagrad friktionsjord. De cementeringseffekter som ofta finns i naturligt lagrad jord saknas av lättförståeliga skäl. I fyllningar erhålls ofta, som ett resultat av packningen, betydande horisontella jordspänningar. Höga horisontella jordspänningar ökar sonderingsmotståndet. I fyllningar med fria ränder kommer genom krypeffekter de höga horisontalspänningarna med tiden att försvinna, möjligen fyllningens centrala delar undantagna. Detta bör beaktas vid utvärderingen av jordparametrar ur sonderingsvärden.

Effekten av fyllningens ålder har visat att  $E$ -modulen i nyligen utlagd fyllning är 50% lägre än i naturlig jord vid samma spetstryckssonderingsmotstånd, Canadian geot. soc. (1985).

Saknas undersökningsresultat kan den karakteristiska friktionsvinkeln  $\phi_k$  hos fyllningen sättas till 33 à 34°. Härvid förutsätts dock att materialkrav enligt *kapitel 5.33* uppfyllts samt att packningsgraden  $R_D > 90\%$  uppnåtts.

### 5.54 Egenskaper hos packad sprängstensfyllning

Karakteristiska värden för materialegenskaper i sprängstensfyllningar kan endast bestämmas utifrån belastningsförsök, exvis fallvikt- eller plattbelastningsförsök. Dock kan viss vägledning erhållas genom olika typer av dynamiska mätningar. Bland dessa kan nämnas vältmonterad packmätare och Steady-Stateförsök. För en sprängstensfyllning som packats i överensstämmelse med Tabell C/5 i Mark AMA kan följande karakteristiska värden på friktionsvinkeln användas



$\phi_k = 42^\circ$  för sprängsten av granit och glimmerfattig gnejs

$\phi_k = 40^\circ$  för sprängsten av sandsten

$\phi_k = 38^\circ$  för sprängsten av kalksten och glimmerrik gnejs

Sättningsegenskaperna i en packad sprängstensfyllning beror av utläggning, skiktjocklek, styckefall, vattning och packning. Enligt Cadling et al (1965) kan sättningarna i en sprängstensfyllning uppdelas i en momentan och en tidsbunden del. Egen-sättningarna kan vara av betydande storlek om fyllningen lagts ut utan vattning och packning. En analys av de ekvivalenta  $E$ -moduler som svarar mot momentana sättningar  $E_1$  och tidsbundna sättningar  $E_2$  gav i *tabell 5:4* redovisade värden för olika utföranden. I *tabell 5:4* anges också värden på en ekvivalent modul  $E_3$  som motsvarar den totala sättningen efter 50 år.

Av tabellen framgår att  $E_3$ -värdet för en väl utförd fyllning enligt ovan kan vara ca 10 gånger högre än för en icke packad och vattnad fyllning. Det är därför av stor vikt att en packad sprängstensfyllning blir homogent utfylld och likformigt packad eftersom man kan få förhållandevis stora vinkeländringar i konstruktionen även om totalsättningarna är små.

**Tabell 5:4** Ungefärliga ekvivalenta  $E$ -moduler  $E_1$  och  $E_2$  för momentana respektive tidsbundna sättningar i sprängstensfyllning utförd på olika sätt samt ekvivalent  $E$ -modul  $E_3$  avseende totalsättning vid ca 50 år enligt Cadling et al (1965).

Fyllningsutförande	$E_1$ MPa	$E_2$ MPa	$E_3$ MPa
Tjocka skikt utan vattning, utan packning	10	10	5
Tjocka skikt med vattning, utan packning	20	40	13
Tunna skikt med vattning och packning	50	400	45

Andra källor anger att  $E$ -modulen  $E_k$  för en väl utförd och packad sprängstensfyllning enligt ovan kan sättas till 60 MPa.

### 5.55 Egenskaper hos packad sprängbotten

Eftersom man vid packad sprängbotten arbetar med ett relativt tunt lager på underlag av berg kan egenskaperna anses vara mer homogena i en packad sprängbotten än i en packad sprängstensfyllning. Sålunda kan de i *kapitel 5.54* angivna friktionsvinklarna  $\phi_k$  höjas med  $3^\circ$  medan den ekvivalenta  $E$ -modulen  $E_3$  kan väljas mellan 50 och 150 MPa.

Vid packad sprängbotten bör skiktet med stenmaterial anses nå ned till gränsen för maximalt använt borrhjup vid sprängning.

### 5.6 Last- och spänningsmodell vid packad fyllning

Vid grundläggning på packad fyllning beräknas last- och spänningsmodellen som vid separata plattor enligt *kapitel 3.3* eller hel bottenplatta enligt *kapitel 4.3*.

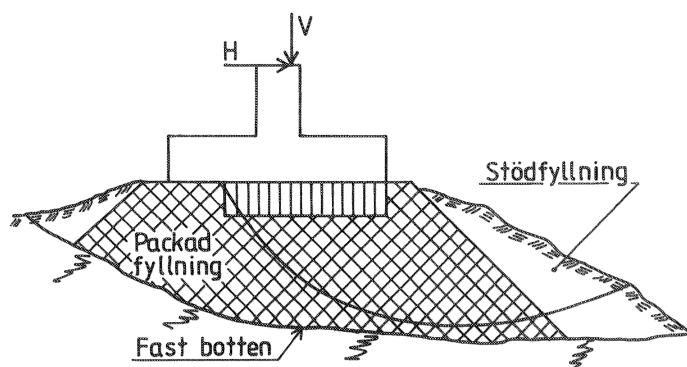
Observera att om fyllning skall utföras på kohesionsjord är det av största vikt att sättningsegenskaperna hos denna utreds innan beslut om utförande med packad fyllning fattas.

Vid högre fyllningar av sprängsten skall också de tidsbundna sättningarna av egenspanningarna i fyllningen beaktas.

### 5.7 Dimensionering i brottgränstillstånd för platta på packad fyllning

Dimensionering av grundläggning på packad fyllning tillgår som dimensionering av grundläggning på naturlig jord, *kapitel 3.4* och *4.4*.

Eftersom man vill begränsa utbredningen av den packade fyllningen kommer plattorna längs byggnadens ytterväggar ofta att stå invid en slänt, åtminstone temporärt. Närheten till slänt reducerar bärförmågan hos grundplattan väsentligt, jfr *kapitel 2.42* *ekvation 2.57 a–d*. Vid brantare släntlutning än  $\phi_k/2$  erfordras särskild stabilitetsberäkning (jfr *figur 5.10*). Beräkningar baserade på logaritmiska spiraler eller sammansatta pla-



Figur 5.10 Vid grundläggning av platta på fyllning invid slänt måste stabiliteten också i utförandeskedet beaktats vid brottgränsdimensioneringen.

na glidytor kan användas. Vid okontrollerad stödfyllning kan knappast någon skjuvhållfasthet medräknas i denna men den stabiliserande effekten av fyllningens egentygnd kan tillgodoräknas.

Om bärförmågan ej visar sig vara större än lasteffekten bör plattdimensionen ökas eller ökad stödfyllning utläggas. Det bör anges på ritning att stödfyllning skall utföras till en viss nivå intill ett minsta avstånd från plattkant innan fundamentet belastas.

Om dimensionering utförs med hjälp av det karakteristiska grundtrycket  $q_k$  för packad ler- och siltjord enligt *kapitel 5.52* beräknas dimensionerande grundtryck enligt:

$$q_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{q_k}{\gamma_n \gamma_m} \quad (5.3)$$

Partialkoefficienten  $\gamma_m$  bestäms som för skjuvhållfasthetsvärde enligt *tabell 1:6a* och *b*. Värdet på  $\gamma_{Rd}$  sätts förslagsvis till ca 1,5.

## 5.8 Dimensionering i bruksgränstillstånd för platta på packad fyllning

Dimensionering i bruksgränstillstånd på packad fyllning utförs som vid grundläggning på naturlig jord (jfr *kapitel 3.5* och *4.5*)

varvid beaktas den packade jordens speciella egenskaper, se *kapitel 5.5*. Kompressionen i såväl fyllning som i underliggande jordlager beräknas där tilläggsspänningarna är större än ca 10% av den ursprungliga spänningen i fyllning och jord. Långtidssättningar i fyllning av kohesionsjord och sprängsten utreds särskilt.

### **5.9 Kontroll av packad fyllning**

Metoder för kontroll av packad fyllning redovisas i *kapitel 7.12* och *7.16*.

### **5.10 Dimensionerande kontaktryck på grundplattan**

Vid dimensionering av grundplattan beräknas dimensionerande moment enligt *kapitel 3.6*. Särskilt beaktas risken för höga kontaktryck under plattans kanter vid stor styvhet hos fyllning vid t ex en väl packad sprängstensfyllning.