

Massutskiftning



Dokumentets datum
2005-11

Dokumentbeteckning
Publikation 2005:4

Upphovsman (författare, utgivare)
Enheten för Samhälle och trafik
Teknikavdelningen
Vägtekniksektionen
Kontaktperson: Lovisa Moritz
Dokumentets titel
Massutskiftning

Huvudinnehåll

Massutskiftning är en teknisk beskrivning som ersätter publikationerna Urgrävning för vägbank nr 1991:06 och Nedpressning av vägbank TU 139, omfattar dimensioneringsförutsättningar, utförande och kontroll av massutskiftning för vägbank.

ISSN
1401 - 9612

ISBN

Nyckelord

Utskiftning, Dimensionering, Utförande, Kontroll

Distributör (namn, postadress, telefon, telefax, e-postadress)

Vägverket, Butiken, 781 87 Borlänge

telefon: 0243-755 00, fax: 0243-755 50, e-post: vagverket.butiken@vv.se

Förord

Massutskiftning (VV publ. nr 2005:4) är en teknisk beskrivning (TB), som utgör ett tillägg till ATB VÄG.

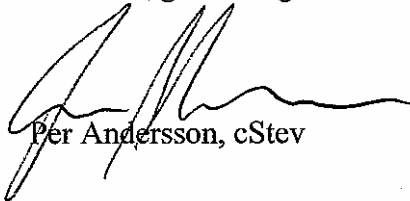
Publikationen omfattar såväl massutskiftning genom grävning som massutskiftning genom nedpressning och behandlar följande delar:

1. Allmänt
2. Projektering
3. Utförande
4. Omgivningspåverkan
5. Kontroll och verifiering av resultat
6. Hänvisningar

Massutskiftning skall användas vid Vägverkets upphandlingar av projekteringar och utföranden av vägobjekt som påbörjas fr o m 2005-11-01.

Publikation TU 139 Nedpressning av vägbank, samt publ 1991:06 Urgravning för vägbank upphör att gälla samma datum, men skall övergångsvis tillämpas för upphandlingar inom vägobjekt som påbörjats före 2005-11-01.

Med vänlig hälsning



Per Andersson, cStev

Läsanvisning till Massutskiftning

Kravtext är vänsterställd rak.

Exempel från kapitel 2:

Vid partiell utskiftning, då måttliga jordlager kvarlämnas ovan fasta lager, skall återfyllning i första hand ske med sprängsten, där blocken är större än 0,6 m, för att åstadkomma viss nedpressning i den kvarlämnade lösa jorden.

Rådtext är kursiv och indragen. Rådtext beskriver rekommenderat utförande.

Exempel från kapitel 3 :

Av säkerhetsskäl bör fyllnadsmassorna till att börja med tippas från transportfordonen ett stycke in på banken och därifrån föras ut över tippfronten. Efterhand som utfyllning sker och mer erfarenhet fås om fyllnadsbankens rörelser, kan tippning eventuellt ske direkt vid tippfronten. Det är dock mycket viktigt att ha kontinuerlig kontroll på variationer hos undergrunden.

Informationstext är rak text inom en gråmarkerad ruta. Informationstexten utgör förtydliganden till kravtexter eller rådtexter. Informationstexterna kan innehålla förslag till tänkbara lösningar.

Exempel från kapitel 1:

Risken för problem med sättningsskador på grund av urspolning och masstransport är stor när fyllning utförs med avsänkt vattenyta och/eller när vattennivån i bruksskedet står högre än eller fluktuerar omkring gränsytan mellan ett finkornigare och ett grövre material.

Innehållsförteckning

Definitioner	2
1. Funktion och funktionskrav	4
1.1 Allmänt.....	4
1.2 Projektering	4
1.2.1 Geometri.....	5
1.2.2 Återfyllnadsmassor.....	5
1.3 Kontroll och verifiering av resultat	6
1.4 Redovisning.....	6
2. Massutskiftning genom grävning och återfyllning.....	8
2.1 Allmänt.....	8
2.2 Projektering	8
2.2.1 Geotekniska undersökningar	8
2.2.2 Återfyllnadsmassor.....	9
2.3 Utförande.....	10
2.3.1 Schaktning.....	10
2.3.2 Återfyllning och packning.....	11
2.4 Omgivningspåverkan	11
2.5 Kontroll och verifiering av resultat	12
3. Massutskiftning genom undanpressning	13
3.1 Allmänt.....	13
3.2 Projektering	14
3.2.1 Geotekniska undersökningar	14
3.2.2 Återfyllnadsmassor.....	14
3.3 Utförande.....	15
3.3.1 Förberedande åtgärder.....	15
3.3.2 Utfyllning	15
3.3.3 Åtgärder vid ”upphängning”	18
3.3.4 Anslutningar och övergångar	18
3.3.5 Anläggningar inom undanpressningsområdet.....	18
3.4 Omgivningspåverkan	19
3.5 Kontroll och verifiering av resultat	19
4. Hänvisningar	21

Bilagor:

- 1 Bedömning av massåtgång vid undanpressning

Definitioner

Begrepp	Beteckning	Enhet	Förklaring
ATB VÄG			Allmän teknisk beskrivning (ATB) innehållande Vägverkets krav vid upphandling av vägobjekt.
Blandkornig jord			Jord med finjordshalt mellan 15 och 40 viktprocent av material ≤ 60 mm, samt en halt av block och sten mindre än 40 viktprocent av totala jordmängden, dvs siltiga eller leriga grus- och sandjordar.
Finkornig jord			Jord där den dominerande kornfraktionen är mindre än 0,063 mm, dvs silt och lera.
Fullständig utskiftning			Utskiftning där all lös jord, ned till fast jord eller berg utskiftas.
Grovkornig jord			Jord där den dominerande kornfraktionen är mindre än 63 mm och större än 0,063 mm, dvs sand och grus.
Massutskiftning, (utskiftning)			Förfarande där befintlig icke bärförande jord ersätts med annan mer bärförande jord (vanligen friktionsjord eller sprängsten).
Mycket grovkornig jord			Jord där den dominerande kornfraktionen är större än 63 mm, dvs block och sten.
Partiell utskiftning			Utskiftning där en del av den lösa jorden medvetet lämnas kvar, (utskiftning i s.k. ”stödben” är att betrakta som partiell utskiftning).
Samtidig undanpressning			Variant av undanpressning där banken först fylls ut längs en längre sträcka, och där undanpressningen sedan åstadkommes momentant, vanligen genom sprängning.
Skjuvhållfasthet	c_u	kPa	I denna skrift avses odränerad skjuvhållfasthet i kohesionsjord.
Skjuvkrypning		1/s	Tidsbunden skjuvdeformation, (uppstår exempelvis i branta slänter utan sidostöd).
Successiv undanpressning			Den vanligaste varianten av undanpressning, där fyllning och tippfront utformas så att undanpressning sker mer eller mindre kontinuerligt i takt med fyllningens fortskridande.
Tippfront			Fyllningens främsta del.

Upphängning	Gemensam benämning av de fall då en tippfront av någon orsak ej tränger ned till avsett djup (i samband med undanperssning).
Utskiftning	se Massutskiftning.
Återfyllnadsmassor	Material vilket ersätter den jord som skiftats ut.
Överlast	Överhöjning av vägbank över projekterad nivå, (används vid massutskiftning för verifiering av stabilitet och sättningar).

1. Funktion och funktionskrav

1.1 Allmänt

Massutskiftning är en av de vanligaste metoderna för grundläggning av vägbankar i områden med lös lera, torv eller gytta med begränsad mäktighet. Metoden innebär att den icke bärkraftiga jorden ersätts med friktionsjord eller sprängsten. Att skifta ut sättningsbenägen jord och jord med låg hållfasthet är ofta ekonomiskt fördelaktigt, men beror på den lokala tillgången på ersättningsmassor och sidotippar.

En massutskiftning innebär således att man med hjälp av återfyllnadsmassor överför vertikallasten från vägbanken till underliggande bärkraftiga jordlager eller berg. Vanligast är att man utskiftar all lös jord, vilket benämns *fullständig utskiftning*. I vissa fall kan även s.k. *partiell utskiftning* utnyttjas, d.v.s. en del av den lösare jorden lämnas kvar, (även utskiftning i s.k. ”stödben” är att betrakta som partiell utskiftning).

Den horisontella stabiliteten säkerställs antingen genom utnyttjande av jordtrycket från omgivande jordlager, eller genom att utskiftningen ges sådan omfattning att ersättningsmassorna är stabila i sig.

För vägkonstruktioner med massutskiftning gäller samma krav som för övriga vägkonstruktioner, dvs vägbanken skall ha acceptabel säkerhet mot brott, och körbanan skall uppfylla jämnhetskraven enligt ATB VÄG, kapitel A och C.

Funktionskravet avseende överytans jämnhet, särskilt risken för deformationer vid vägkanterna, äventyras ofta genom en alltför begränsad bredd på det utskiftade materialet (för brant ”släntlutning”), undermåligt återfyllnadsmaterial och/eller bristfällig packning.

Då aktuellt utskiftningsområde innehåller jord med högt sulfidinnehåll (exempelvis s.k. ”svartmocka”), kan ibland utskiftning vara olämplig, eftersom denna kan ge icke önskad miljöpåverkan. Inte sällan måste t.ex. sådan sulfidjord deponeras för att bl.a. undvika försurningsrisk till följd av den oxidering som sker då sulfidjorden exponeras för syre. I dessa fall bör alternativa åtgärder övervägas, exempelvis stabilisering.

1.2 Projektering

Massutskiftning skall utformas med hänsyn till:

- Topografi
- Det naturliga jordlagrets hållfasthet och sättningsegenskaper
- Det naturliga jordlagrets mäktighet
- Grundvattenförhållanden
- Vägbankens höjd och släntlutning
- Återfyllnadsmaterialets egenskaper
- Omgivningspåverkan

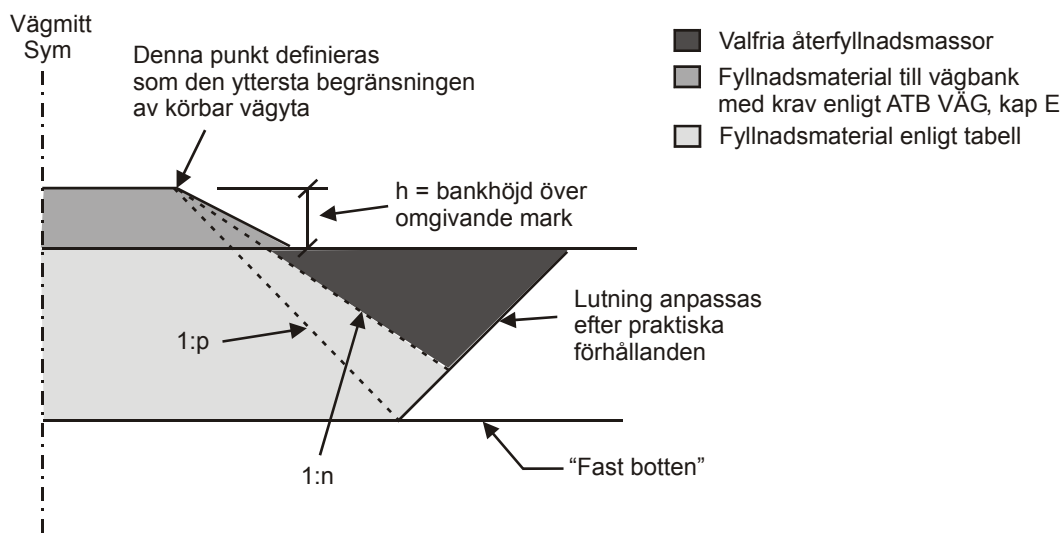
1.2.1 Geometri

Vid dimensionering av tvärsektion skall stabiliteten säkerställas. Härvid skall bl.a. hänsyn tas till deformationer i sidled pga krypning i jorden utanför schaktväggen.

Dimensionering skall även beakta rörelser till följd av eftersättning i det återfyllda materialet, sättningar i eventuellt kvarvarande kompressibel jord under urgrävningen, samt eventuella skjuvrörelser i fyllningsslänterna.

Skjuvkrypning kan antas försumbar om den beräknade säkerheten hos fyllnadsslänterna är $\geq 1,3$, utan hänsyn till stödfyllning (kravet för totalstabilitet för konstruktionen skall dock alltid vara uppfyllt). Skjuvkrypning kan dock försummas om fyllningens släntlutning ej görs brantare än de i figur 1.1 angivna värdena.

Vid höga bankar ($h > 4$ meter över omgivande mark) bör dock stabiliteten hos den del av vägbanken som ligger utanför linjen 1:n (se figur 1.1) särskilt studeras.



Fyllnadsmaterial	lutning, p	lutning, n
Krossad sprängsten	1,0	1,3
Mycket grovkorniga och grovkorniga jordarter	1,2	1,5
Blandkorniga jordarter	1,3	1,7
Finkorniga jordarter (lerhalt < 40%)	Särskild utredning	

Figur 1.1 Utformning av fyllnadsslänt vid olika fyllnadsmaterial för att skjuvkrypning skall anses försumbar

1.2.2 Återfyllnadsmassor

Återfyllnadsmassor skall minst ha sådan kvalitet att det uppfyller kraven på material för vägunderbyggnad enligt ATB VÄG, kapitel E.

Vid fyllning under vatten, eller vid undanpressning är kraven högre. I dessa fall skall återfyllningsmassor väljas så att dels erforderlig packning av massorna kan åstadkommas, dels så att separation ej sker under utfyllningen i sådan omfattning att övriga krav ej kan uppfyllas, se vidare avsnitt 2.2.2 och 3.2.2.

Vid val av återfyllnadsmassor skall aktuell grundvattennivå beaktas. Utskiftningen skall dimensioneras så att eventuella restriktioner avseende grundvattenpåverkan (nivå och miljö) följs.

Risken för problem med sättningsskador på grund av urspolning och masstransport är stor när fyllning utförs med avsänkt vattenyta och/eller när vattennivån i bruksskedet står högre än eller fluktuerar omkring gränsytan mellan ett finkornigare och ett grövre material.

1.3 Kontroll och verifiering av resultat

Utskiftning skall verifieras avseende stabilitet och jämnhet. Detta görs antingen genom beräkning, eller med hjälp av provning, se vidare avsnitt 2.5 och 3.5. Vid utskiftning genom nedpressning skall deformationer/sättningar under byggtiden kontrolleras. Vid partiell utskiftning skall sättningar bestämmas antingen genom beräkning (jfr ATB VÄG), eller genom uppföljningsmätning under byggtiden.

1.4 Redovisning

Den geotekniska utredningen utförs i två steg, i arbetet för arbetsplan respektive bygghandling.

Arbetsplan

För projekteringskedet upprättas i arbetsplan, en objektspecifik teknisk beskrivning i vilken skall anges;

- Kortfattad beskrivning av utskiftningsområdena och ungefärlig volym för återfyllnadsmassor
- Utskiftningens behov av vägområde
- Kvalitetskrav på återfyllnadsmassor
- Restriktioner med hänsyn till påverkan på omgivningen inklusive grundvatten
- Faktorer som påverkar markbehov, kostnader eller arbetsteknik (t.ex. transportvägar, sidotipp)
- Förväntad kvalitet på vägen med föreslagen utskiftning (eventuella framtida sättningar)

Bygghandling

För byggskedet upprättas en objektspecifik teknisk beskrivning, vilken skall innehålla erforderliga uppgifter för planering, kostnadsberäkning, genomförande och kontroll av arbetet.

I beskrivningen anges/redovisas för respektive utskiftningsavsnitt;

- Geotekniska undersökningsresultat (RGeo)
- Utskiftningens omfattning i djup- och i längs- respektive tvärled (preciserade nivåer eller definierade jordarts-/jordlagergränser redovisas på ritningar eller möjligen i text)
- Förutsättningar för bedömning av schaktstabilitet
- Behov av särskilda arbetsutföranden med avseende på stabiliteten
- Krav på maximalt tillåten tjocklek av kvarvarande lös jord
- Eventuella restriktioner avseende uppschaktade massor (miljöpåverkan etc.)
- Krav på återfyllningsmaterialets kvalitet (t.ex. ”sprängsten”, ”grusig morän” etc. Alternativt kan egenskaper i form av friktionvinkel och modul anges. Enbart generell materialtyp i form av exempelvis ”friktionsjord” är ej till fyllest)
- Eventuella behov av materialskiljande lager
- Speciella krav på vägbanken (packning, överhöjning etc.)
- Egenskaper hos utskiftade massor
- Möjlighet till eventuell sidotipp
- Eventuella restriktioner med hänsyn till omgivningen
- Utformning av anslutningar/övergångar mot andra geokonstruktioner
- Kontrollåtgärder

Arbetsbeskrivning

För utskiftning skall innan arbetets påbörjande upprättas en arbetsbeskrivning, av vilken skall framgå en detaljerad beskrivning av arbetsgången.

2. Massutskiftning genom grävning och återfyllning

2.1 Allmänt

Utskiftning genom grävning utförs i första hand när djupet till fasta jordlager inte överstiger 8 meter. Schakt under vatten kan dock möjliggöra att schakt till större djup kan utföras.

I det enskilda fallet påverkas urgrävningsdjup av tekniska förutsättningar (t ex schaktens stabilitet och tillgänglig utrustning) och av ekonomiska förhållanden (kostnad för återfyllnadsmassor, kostnad för alternativa åtgärder etc).

Stabilitet vid schakt

Stabiliteten för schakten är beroende av en rad faktorer av vilka kan nämnas;

- *Schaktens djup och släntlutningar, (tillgängligt utrymme)*
- *Schaktens längd och bredd*
- *Egenskaperna hos den jord som schaktning sker i (densitet, hållfasthet, skikt)*
- *Egenskaperna hos jorden under schaktbotten*
- *Grundvattenförhållanden*
- *Schakt under vatten eller i torrhet*
- *Tiden under vilken schakten står öppen*
- *Eventuellt andra pågående aktiviteter (pålning, sprängning)*
- *Belastning vid schaktkrön (maskiner, upplag)*

De vanligaste åtgärderna för att öka stabiliteten vid schakt är att begränsa schaktens utbredning eller att schakta under vatten. I vissa fall krävs dock andra åtgärder, exempelvis i form av kalk/cement-pelare eller spontning.

2.2 Projektering

2.2.1 Geotekniska undersökningar

För dimensionering av utskiftning genom grävning och upprättande av arbetsbeskrivningar krävs geotekniska undersökningar för bedömning av:

- Schaktvolym och massåtgång för återfyllning
- Schaktslänternas stabilitet
- Schaktmassornas beskaffenhet (tekniska, miljömässiga)
- Eventuell deformation i jorden under utskiftad sektion
- Eventuell påverkan på eller från omgivande terräng och närliggande anläggningar
- Bärighet och framkomlighet för arbetsmaskiner
- Tillåten/möjlig grundvattensänkning

Vid mängdberäkning bör beaktas de regler avseende schaktslänt som anges i MER 2002, avsnitt CBB. Om annan modell önskas för ersättning måste således objektsspecifik mätregel etableras.

2.2.2 Återfyllnadsmassor

Kraven på återfyllnadsmassor beror dels på kraven på tillåtna deformationer och hur stor del av deformationen som kan tas ut under byggtiden, dels på möjligheterna att packa materialet. Faktorer som kan påverka packningsresultatet negativt är till exempel om fyllningen sker under vatten eller om packningsredskapen har begränsad åtkomlighet.

Vid utfyllning i torrhet skall användas:

- Bergtyp 1 och 2
- Bergtyp 3 får användas efter särskild utredning
- Mycket grovkorniga jordarter
- Grovkorniga jordarter
- Blandkorniga jordarter
- Finkorniga jordarter får användas efter särskild utredning

Vid utfyllning i vatten skall användas:

- Bergtyp 1 och 2
- Mycket grovkorniga jordarter
- Grovkorniga jordarter som har en finjordshalt < 30 %
- Blandkorniga jordarter får användas efter särskild utredning

Vid partiell utskiftning, då måttliga jordlager kvarlämnas ovan fasta lager, skall återfyllning i första hand ske med sprängsten med blockstorlek > 0,6 m, för att åstadkomma viss nedpressning i den kvarlämnade lösa jorden. Detta kan i sin tur komma att innebära krav på materialskiljande lager högre upp i fyllningen.

Vid utfyllning i vatten bör storleken på blocken ej överstiga 1 m. Inom de översta 1,5 m bör blockstorlek över 0,3 m undvikas.

Då grundvattenytan fluktuerar skall material för utfyllning i vatten användas.

Materialskiljande lager

Behov av materialskiljande lager kan föreligga då:

- Återfyllningsmaterial utgörs av sten och block
- Återfyllnadsmaterial utgörs av olika kornstorlekar vilka utläggs skiktvis
- Fyllningen kan utsättas för grundvattenströmning

Se vidare i ATB VÄG, kap C och E.

2.3 Utförande

Vid planering av utförandet bör beaktas:

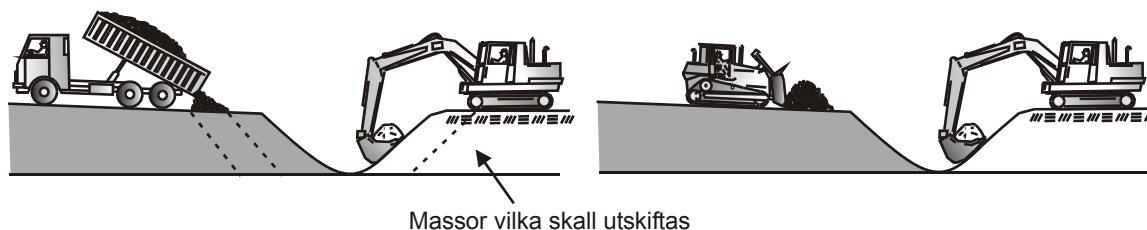
- Stabilitetsförhållandena för grävmaskin uppställd på ursprunglig eller avschaktad markyta
- Grävmaskinens skopvolym och räckvidd med hänsyn till maximalt schaktdjup
- ”Torr” eller ”vattenfylld” grop (torr grop möjliggör skiktvis packning av hela återfyllningen)
- Att schaktmassor ej tillåts blandas med återfyllningsmassor (t.ex. då schaktmaskin står på utfylld jord).
- Schaktmassornas placering (sidoupplag eller borttransport)
- Återfyllningsmassornas kvalitet och egenskaper, vilka i många fall är väderberoende
- Transportbehov/transportvägar
- Eventuella restriktioner för arbetet

2.3.1 Schaktning

Schakt kan utföras antingen från markytan eller från fyllningen. Vid utskiftning genom grävning kan arbetsmetod och maskiner variera.

Vid schaktning från ursprunglig eller avschaktad markyta arbetar grävmaskinen från markytan (eller en lägre pallnivå) och gropen återfylls kontinuerligt från ”andra hållet” i takt med schaktningen, se figur 2.1. I vissa fall krävs, av stabilitetsskäl, att schakt och återfyllning sker etappvis.

Generellt sett är schaktning från markytan den effektivaste metoden, och denna ger också det säkraste resultatet, oavsett om schaktgropen är torr eller vattenfylld

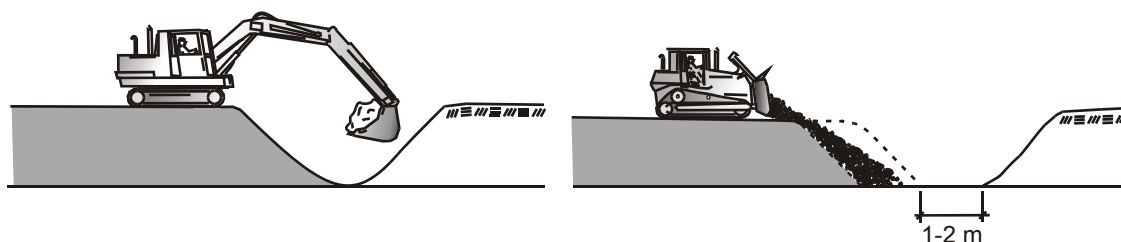


Figur 2.1 Schaktning från ursprunglig (eller avschaktad) markyta

Vid schaktning från fyllningsytan arbetar grävmaskinen från den utlagda återfyllningen omväxlande med schakt och med att fyllning läggs ut inom det utschaktade partiet, se figur 2.2.

Metoden kan möjliggöra arbete från lägre nivå än naturlig markyta, men kan innebära betydande risker i kvalitetshänseende, då risken är stor för ofullständig schaktning och materialblandning (förorening av utlagda massor). Fyllnadsfront bör därför ej läggas för nära schaktfront, se figur 2.2.

Vid djupare utskiftning kan också maskinens räckvidd bli ett problem.



Figur 2.2 Schaktning från fyllningsytan

2.3.2 Återfyllning och packning

Återfyllning och packning (inkl. lagertjocklekar) skall utföras i enlighet med kraven för underbyggnad, se ATB VÄG kap E, i avsikt att säkerställa fyllningens hållfasthets- och deformationsegenskaper.

Särskilda krav kan dock behöva föreskrivas:

- vid utfyllning i vatten
- då åtkomligheten för packningsredskap är begränsad
- då omgivande naturliga jordlager tillgodoses vid stabilitetsberäkningar, (d v s då återfyllningen är beroende av sidostöd för att uppnå stabilitet)

Då packning av något skäl ej kan utföras enligt ATB VÄG skall verifiering av stabilitet och sättningar utföras i enlighet med avsnitt 3.5.

Packning längs fyllningens ytterkanter skall anpassas efter tillgängligt sidomotstånd, i syfte att packa ihop den vanligtvis mycket lösa övergångszonen längs schaktgropens sidor.

Vid partiell utskiftning skall överlast användas för att ta ut sättningar, se vidare avsnitt 3.5.

2.4 Omgivningspåverkan

I utförandestadiet skall tillses att rörelser till följd av schakten ej skadar omgivningen.

Då länshållning sker vid schaktningen skall inverkan av denna grundvattensänkning beaktas.

Vidare skall beaktas att den utskiftade banken kan komma att fungera som ett ”dräneringsdike”.

2.5 Kontroll och verifiering av resultat

Kontroll av fyllningen skall utföras i enlighet med vad som anges i ATB VÄG avseende underbyggnad.

När det är oklart om det finns slam och lös jord i schaktgropen, t ex vid schakt under vatten, bör en kombination av sondering och lodning/pejling utföras.

Kontrollen under schaktning/grävning skall omfatta:

- Att de uppschaktade massorna överensstämmer med vad som anges i förutsättningarna
- Att föreskriven schaktsektion utförs (bottenbredd, schaktnivåer eller motsvarande djupkriterier och ”stabil” släntlutning)
- Att eventuella slamlager är bortschaktade före återfyllningsmomentet
- Att eventuella föreskrifter om vattennivå i schaktgropen följs
- Eventuell kontroll avseende omgivningspåverkan

Kontrollen under återfyllning skall omfatta:

- Att fyllningsmaterialet uppfyller ställda kvalitetskrav
- Att föreskriven packning erhålles, jämför ATB VÄG

All kontroll skall dokumenteras.

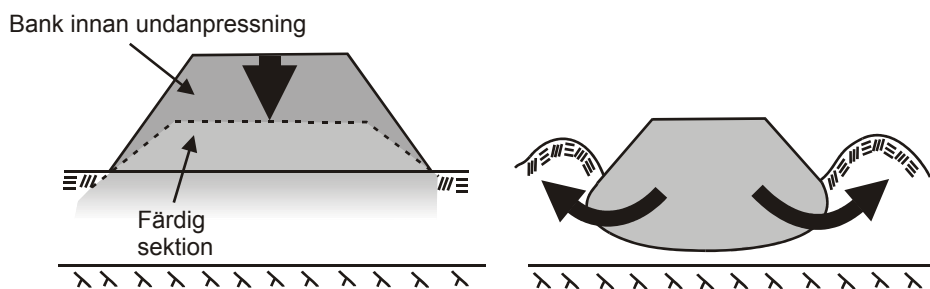
3. Massutskiftning genom undanpressning

3.1 Allmänt

Undanpressning innebär att en vägbank fylls ut med så stor överhöjning att befintliga underliggande lösa jordlager pressas undan ("skredar") och att jorden under banken härigenom ersätts med fyllningsmassor. De lösa massorna pressas således nedåt/utåt för att sedan åstadkomma en hävning av kringliggande mark, se figur 3.1. En sådan undanpressning skall således ske successivt i takt med bankens utfyllnad, och benämns därför *successiv undanpressning*.

Vid *samtidig undanpressning* fylls banken först ut till sin fulla längd utan att markgenombrott inträffar, varefter undanpressningen sker genom sprängning, vilken "momentant" reducerar jordens skjuvhållfasthet.

Vid undanpressning kan det dock inte garanteras att fyllningen blir homogen ända ned till fast botten, utan man får ofta skikt med kompressibel jord kvar under fyllningen. Även om detta skikt vanligen får relativt begränsad tjocklek kan det dröja lång tid innan bankens rörelser avstannat. Av detta skäl kräver således metoden att det finns tid för dessa sättningar att utbildas. Bland annat med hänsyn till detta bör utskiftningsdjup större än 15 meter undvikas.



Figur 3.1. Utskiftning genom undanpressning - principskiss

Hur stor last som krävs för att generera det "skred" som undanpressningen kräver, beror på en rad faktorer:

- *Den naturliga jordens hållfasthet*
- *Den naturliga jordens mäktighet (inkl. topografin hos det underliggande fasta lagret)*
- *Grundvattenförhållanden*
- *Fyllningens höjd och släntlutning*
- *Fyllningens geometri i plan*
- *Den utfyllda jordens hållfasthet och densitet*

Om den befintliga jordens hållfasthet är relativt hög kan det således krävas en väsentlig överhöjning av banken, vilket dels kan vara kostsamt, dels praktiskt svårt att hantera. I dessa fall kan andra åtgärder vidtas för att underlätta undanpressningen:

- *Jordens hållfasthet kan reduceras, exempelvis genom sprängning (eller mekanisk omrörning)*
- *Jorden framför fyllningsfronten kan schaktas av en del för att på detta sätt öka slänthöjden*

I fall där högsensitiv lera förekommer och där brottet därför sker sprött, kan okontrollerbara skred uppkomma, och uppluckringssprängning kan i dessa fall vara en lämplig lösning. I torv bör sprängning undvikas, då det ofta har dålig effekt.

3.2 Projektering

3.2.1 Geotekniska undersökningar

Då massutskiftning genom undanpressning skall utföras, erfordras geotekniska undersökningar bl.a. för bedömning av:

- Styrning av undanpressningen (fyllnadshöjd, geometri, eventuella hjälpåtgärder)
- Massåtgång
- Typ av fyllnadsmassor
- De undanpressade massornas volym och egenskaper (tekniska, miljömässiga)
- Säkerhet
- Omgivningspåverkan (inte minst "skredens" utbredning)

3.2.2 Återfyllnadsmassor

Återfyllnadsmassor för undanpressning bör vara så grovkorniga som möjligt (hög inre friktion) för att fyllningen skall få en god sammanhållning under själva pressningen.

Vid *successiv undanpressning* skall massorna bestå av sprängsten eller mycket grovkornig jord.

Block större än 0,6 m i botten kan forma ett bärkraftigt "skelett", även i fall med lera och gytta i "porerna".

Vid *samtidig undanpressning* av en befintlig vägbank kan krav på fyllningsmassor mildras jämfört med *successiv undanpressning*, eftersom påförda massor vanligtvis ej i samma utsträckning riskerar att blandas med underliggande naturliga jordlager. Massorna får dock ej bestå av flytbenäget jordmaterial.

3.3 Utförande

3.3.1 Förberedande åtgärder

Undanpressningsförfarandet kan ibland underlättas genom förberedande åtgärder, ofta syftande till att minska motståndet från de jordar som skall pressas undan.

I början och i slutet av en undanpressningssträcka kan förberedande schaktning tillämpas. Schaktdjupet, vilket skall framgå av arbetsbeskrivningen, begränsas som regel till 3 á 4 meter. Schaktmassorna transporteras bort eller läggs upp utanför upptryckningsområdet, (d.v.s. där de ej påverkar undanpressningen).

Utförs förberedande schaktning som ett mittdike, utformas detta vanligtvis med maximalt 5-10 meters bredd till sådant djup att de fasta ytlagren genombryts.

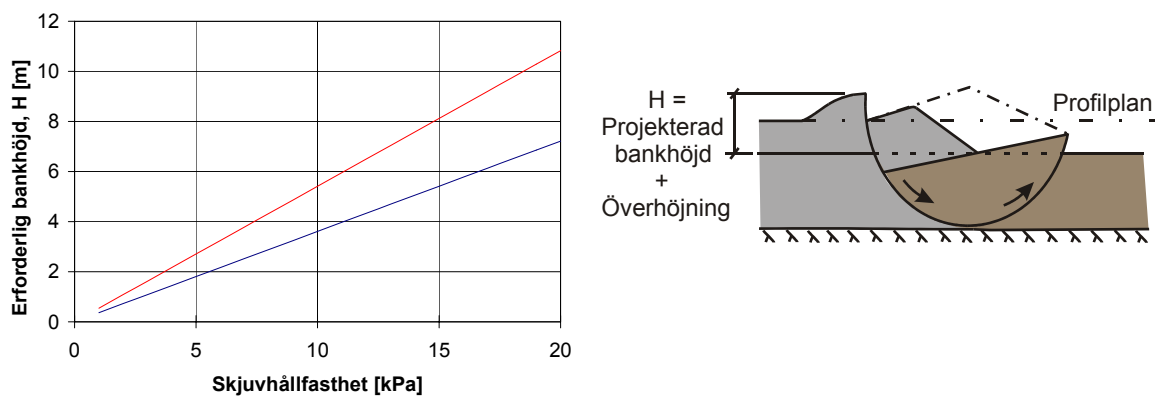
Då mycket rötter förekommer i ytlagret bör detta avschaktas innan pressning.

Vid fast ytlager eller vegetationstäckte över mycket lös jord kan söndersprängning av ytlagret ersätta förberedande schaktning, (för mer information angående sprängning, se handbok i sprängteknik, VV Publikation 2003:2).

3.3.2 Utfyllning

Utfyllning skall utformas så att ett ”kontrollerat skred” genereras. Att i förväg beräkna när och hur ett skred kommer att ske är dock behäftat med en rad osäkerheter. Detta gör att det krävs en noggrann planering av en undanpressning.

En grov uppskattning av erforderlig bankhöjd, H , ges i figur 3.2.



Figur 3.2. Grov uppskattning av erforderlig bankhöjd för att generera skred vid undanpressning (med skjuvhållfasthet avses här karakteristiskt värde)

Nedpressningsförfarandet förutsätter således att markgenombrott framkallas genom "rullande" överhöjning av banken. Det är därför viktigt att styra detta "skred".

Styrning av undanpressningen kan göras genom:

- *Schaktning framför fyllningsfronten*
- *Rätt utformning av fyllningsfronten, se figur 3.3*
- *Sprängning framför/under fyllningsfronten*

Om avschaktning eller sprängning används framför fyllningsfronten kan dessutom erforderlig överhöjning minskas.

Skjuvhållfastheten i kohesionsjord kan reduceras genom sprängning. Reduktionens storlek bedöms från fall till fall, men kan överslagsmässigt antas vara ca 20 %.

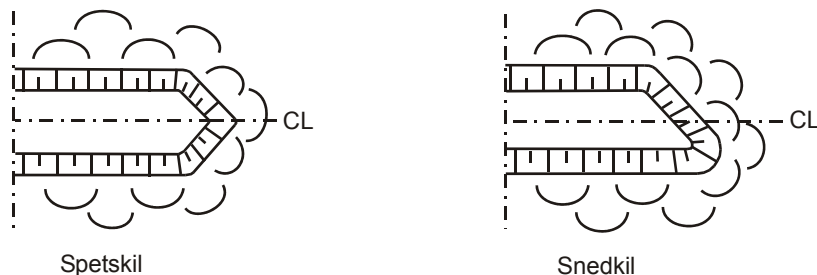
Om kohesionsjord innehåller lager av friktionsjord, riskerar fyllningen att stanna mot dessa, vilket skall beaktas.

Av säkerhetsskäl bör fyllnadsmassorna till att börja med tippas från transportfordonen ett stycke in på banken och därifrån föras ut över tippfronten. Efterhand som utfyllning sker och mer erfarenhet fås om fyllnadsbankens rörelser, kan tippning eventuellt ske direkt vid tippfronten. Det är dock mycket viktigt att ha kontinuerlig kontroll på variationer hos undergrunden.

Då risk för "oplanerat skred" föreligger, exempelvis i jord med hög sensitivitet ($S_t \geq 30$) och där uppluckringsprängning ej utförs, skall fyllnadsmassorna av säkerhetsskäl tippas bakom fyllningsfronten och därifrån föras framåt. Överhöjningens storlek, vilken skall framgå av arbetsbeskrivningen, anpassas från fall till fall beroende på främst projekterad bankhöjd och jordens skjuvhållfasthet.

Tippfrontens utformning

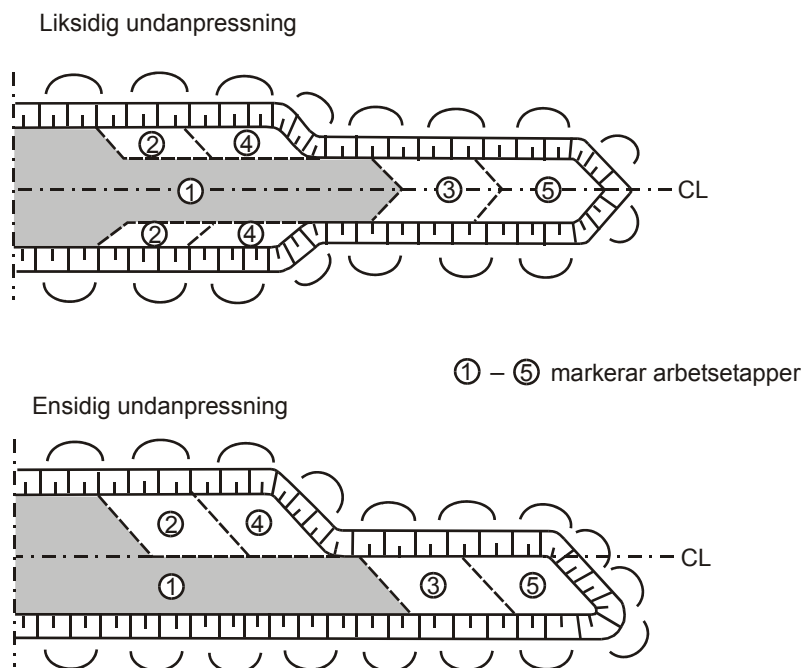
I de fall jordlagren är likformiga inom vägområdet utformas fyllningen i plan sett ofta som en "spetskil", dvs en symmetrisk kil med spetsen i bankens mittlinje, se figur 3.3. I andra fall, där man av något skäl vill styra pressningen åt ena eller andra sidan (tex när vägbanken fylls ut längs kanten av ett kärr eller över ett område där fast botten lutar brant tvärs vägen), kan man styra undanpressningen, genom utformning av tippfronten som en "snedkil", se figur 3.3. Tippfrontsutförning skall framgå av arbetsbeskrivningen.



Figur 3.3. Olika utformning av tippfront

Då bankbredden är stor krävs en större glidyta vid pressningen, vilket kan innebära att dessa också blir djupare. Sammantaget kan detta innebära en större osäkerhet om huruvida och när skred sker.

Nedpressning av breda bankar till stora djup underlättas därför i många fall genom utfyllning av en smal ”förbank”, se figur 3.4. Utformningen av förbanken, vilken kan ske på olika sätt beroende på de geotekniska förhållandena skall anges i arbetsbeskrivningen.



Figur 3.4. Exempel på utformning av förbank vid nedpressning av breda bankar till stora djup.

Överhöjning och liggtid

Överhöjningens storlek skall framgå av arbetsbeskrivningen.

Under nedpressningskedet bör överhöjningen ej understiga 2 meter. Överlast utnyttjas normalt också för verifisering av stabilitet och sättningar, se avsnitt 3.5.

3.3.3 Åtgärder vid "upphängning"

I de fall då ingen pressning inträffar, eller då bankens sjunkning avstannar innan rätt nivå erhålles (enligt bedömd massåtgång, se bilaga 1), skall åtgärder vidtas.

Någon av följande åtgärder kan då vara tillämpliga:

- *Öka överhöjningen tillfälligt, (t.ex. med 1 å 2 meter på en sträcka av minst 10 meter). Av säkerhetsskäl skall massorna föras ut på sådant sätt att fordon och maskiner snabbt kan backas bort från riskområdet, om skred skulle uppstå.*
- *Schaktning framför tippfronten med grävmaskin med stor räckvidd. Schaktning utförs i sådan omfattning att fyllningen på nytt börjar sjunka, vilket medför att schaktbotten höjer sig. Schaktningen bör ske intermittent med successiv utfyllning av nya massor och skall fortsätta till dess att banken nått avsett djup och rörelserna avstannat. Med hänsyn till risken för skred bör schaktmaskinen, som vanligtvis måste arbeta från utfylld bank, om möjligt placeras bakom tippfronten. Om maskinen pga liten räckvidd måste placeras omedelbart intill fronten, bör överhöjningsmassorna närmast fronten schaktas bort (minst 10 meter bakåt från fronten, om inte beräkningar visar annat avstånd).*
- *Mekanisk omrörning av jorden framför fyllningsfronten, exempelvis med grävmaskin med stor räckvidd.*
- *Sprängning i undre delen av jordlagret som frontsprängning kan vara lämplig åtgärd. Laddningarna placeras lämpligen i en eller två rader, (för utförligare information hänvisas till handbok i sprängteknik, VV Publikation 2003:2, kap 6.6).*

Vilken åtgärd som bör användas bedöms från fall till fall och skall beslutas i samråd med ansvarig geotekniker.

3.3.4 Anslutningar och övergångar

Anslutning mot fastmarksområde där kraftig torrskorpa förekommer eller då jordens skjuvhållfasthet är hög, utförs vanligtvis som förberedande åtgärd enligt avsnitt 3.3.1.

Undanpressning bör om möjligt drivas i enbart en riktning eftersom man sällan erhåller en god anslutning mellan mötande bankar.

I de fall anslutning mot mötande undanpressningsbank trots allt ej kan undvikas, kan anslutningen underlättas med hjälp av förshaktning eller sprängning. Bankmötet bör lokaliseras till parti där djupet till fast botten är så litet som möjligt. I vissa fall kan urgrävning ske från en lägre nivå.

3.3.5 Anläggningar inom undanpressningsområdet

Trummor, ledningar, diken och andra eventuella anläggningar skall planeras och utföras med hänsyn till de jordförskjutningar som uppstår i anslutning till undanpressning. Härvid skall beaktas dels rörelser under själva pressningen, dels sättningar hos banken efter det att utskiftningen slutförts.

Om trummor eller ledningar skall kunna läggas i läge med nedpressad fyllning måste sättningarna ha avstannat, vilket ofta innebär att trummor/ledningar läggs i efterhand och att banken då måste schaktas ur, (vilket i sin tur kan medföra krav på temporära trummor).

3.4 Omgivningspåverkan

Gyttja och lera som pressas undan är ofta att betrakta som inkompressibla under själva pressningsfasen, och volymen av hävningen kommer därför att motsvara de massor som pressats ner under ursprunglig markyta. Torv bör däremot betraktas som ett kompressibelt material.

Osäkerheter beträffande geometrin på det skred som uppkommer vid undanpressningen gör också att utbredningen av hävning och sidorörelser blir osäker. I anslutning till ett nedpressningsområde kan därför skador uppstå på befintliga byggnader, ledningar, trummor, broar m m. Upptryckta massor medför också förändrade marknivåer och därmed ändrade avrinningsförhållanden. Vattenansamlingar kan då bildas i uppkomna lågpunkter. se figur 3.5. Utskiftning genom undanpressning bör därför ej utföras intill befintliga konstruktioner eller anläggningar.



Figur 3.5. Påverkat område vid undanpressning inom område med horisontell botten

Grovt kan antas att undanpressningen påverkar omkringliggande område till ett avstånd motsvarande $5 \times d$ djupet, D . Vid lutande botten kan det påverkade området dock bli avsevärt större.

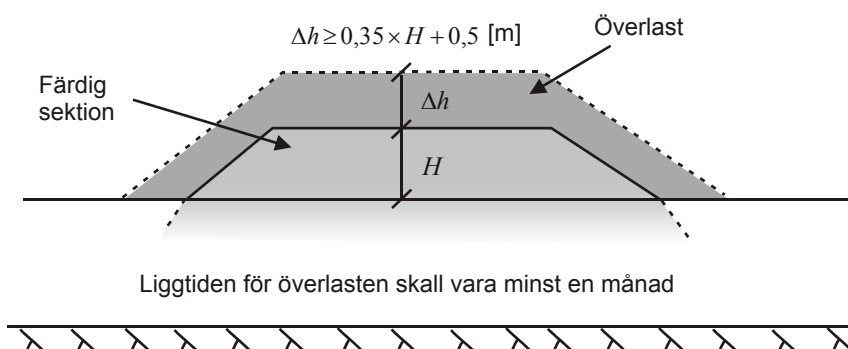
3.5 Kontroll och verifiering av resultat

Efter avslutad undanpressning skall dels stabiliteten verifieras, dels skall verifieras att framtida sättningar inte blir större än vad som är acceptabelt.

All kontroll skall dokumenteras.

Verifiering av stabilitet

Området där undanpressning skett kan anses ha erforderlig stabilitet om det provbelastas med en överlast motsvarande en säkerhetsfaktor 1,3. Detta kan anses uppfyllt om överlast läggs ut i enlighet med figur 3.6, (utan att skred inträffar).



Figur 3.6. Verifiering av stabilitet genom överlast.

Verifiering av sättningar

Sättningar skall kontrolleras genom analys av sättningsförlopp under liggtid.

Hur lång liggtid som härvid krävs beror på en rad faktorer, bl a:

- *Tillåtna sättningar*
- *Mäktigheten hos det sättningsgivande skiktet*
- *Egenskaperna hos det sättningsgivande skiktet*
- *Dräneringsförhållanden*
- *Belastningen på det sättningsgivande skiktet*

Kravet är att de prognostiserade sättningarna, (inkl. differenssättningar), inom dimensioneringsperioden skall vara acceptabla.

Sättningsmätningar skall ske på sådant sätt att erforderlig noggrannhet av förloppet erhålles (kräver oftast pegrar, slangsettningsmätning etc.)

Analysen av sättningarna under liggtiden kan exempelvis göras genom matematisk kurvanpassning, varvid något av följande samband kan vara tillämpliga:

- $s = a \log t$ (1)
- $s = a\sqrt{t}$ (2)
- $s = \frac{t}{(a + (b \times t))}$ (3)

där: s är sättning [m]

t är tid [dygn]

a, b är konstanter som erhålles med hjälp av uppmätta sättningar

Det kan noteras att i de två första fallen, ekv. (1) och (2), erhålles ingen slutsättning, utan endast sättning efter viss tid (t.ex. dimensioneringstid). I det tredje fallet, ekv. (3), kan dock även slutsättningen, s_{∞} erhållas som, $s_{\infty} = 1/b$.

Verifiering av massåtgång

Den verkliga volymen bankmassor skall kontinuerligt jämföras med prognostiserade, se bilaga 1. Avvikelse skall analyseras.

4. Hänvisningar

ATB VÄG Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion, Vägverkets publ nr 2005:111

Handbok i sprängteknik, kap 1-8, Vägverkets publ nr 2003:2

Bilaga 1 Bedömning av massåtgång vid undanpressning

Prognostisering och uppföljning av massåtgång

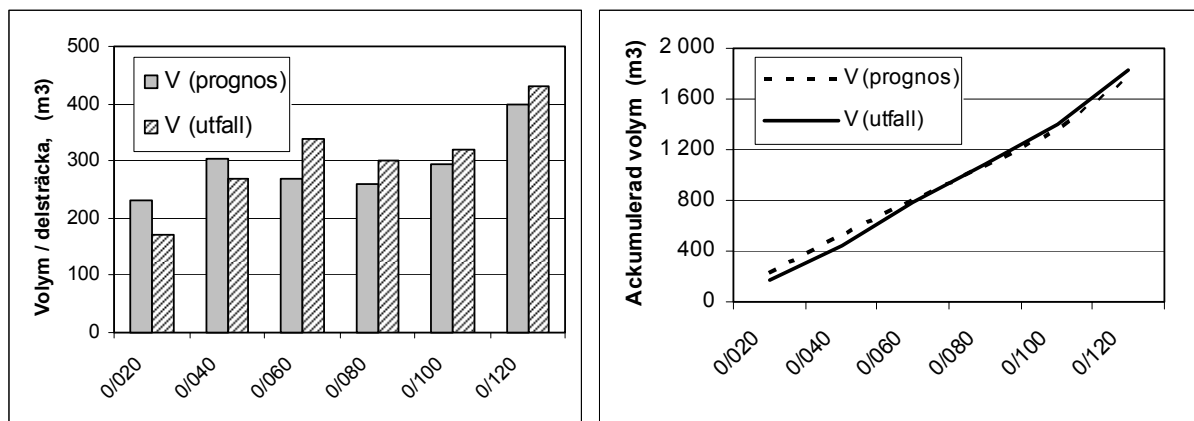
Teoretiskt bedömd massåtgång skall beräknas.

Redovisning utförs ”sektionsvis” och helst också som ackumulerad volym, då lämpligen grafiskt enligt figur nedan.

(Antalet ”lass” kan användas för översiktlig kontroll, vägning av lass ger dock högre noggrannhet).

Den prognostiserade massåtgången används i utförandeskedet som jämförelse vid uppföljning av verklig massåtgång, (som även denna lämpligen då förs in i diagram).

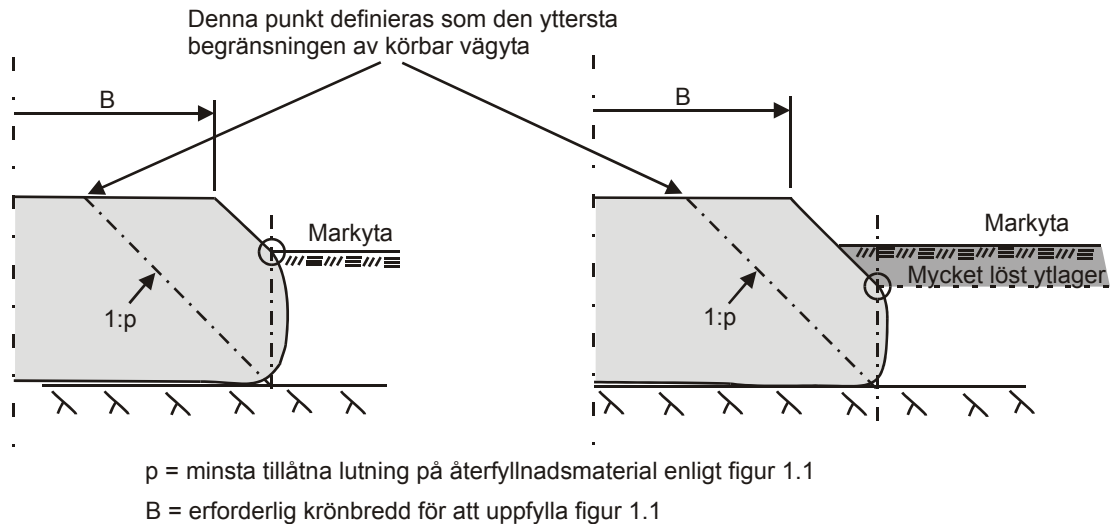
I lera/gyttja bör dessutom hävningen (efter varje ”skred”) dokumenteras som kontroll.



Figur B1. Exempel på redovisning av prognostiserad och uppmätt volym

Jordvolym under markytan

Utbredningen av återfyllnadsmassorna vid undanpressning kan ofta vara svår att bedöma. Under markytan kan dock antas att fyllningens begränsningslinje går vertikalt genom släntfoten om inte ytlagret består av mycket lös jord (< 10 kPa). I fall med mycket lös jord förskjuts den vertikala begränsningslinjen utåt, se figur nedan.



Figur B2. Uppskattning av massåtgång och erforderlig bredd vid undanpressning