

Notat 1

Oppdrag:	Forbelastning Slettebakken	Dato:	22. mars 2007
Emne:	Vurdering av fyllingshøyde og setninger	Oppdr.nr.:	611440
Til:	Bergen kommune - Grønn etat	Fritz Hafner	
Kopi:			
Utarbeidet av:	Arne D. Stordal	Sign.:	
Kontrollert av:	Runar Tyssebotn	Sign.:	
Godkjent av:	Arne D. Stordal	Sign.:	
Sammendrag:	<i>I forbindelse med bygging av Bybanen i Bergen ønsker Bergen kommune, Grønn etat, å bruke tunnelmasser til forbelastning av idrettsbanene på Slettebakken. Skråningshelling 1:1 setter krav til fyllingshøyde på maksimalt 4 m, mens med skråningshelling 1:1,5 kan fyllingshøyden økes til maksimalt 6 m. Innenfor en forbelastningsperiode på 1-2 år og fyllingshøyder i området 2-6 m er setningene beregnet i området 0,5 -1,0 m.</i>		

Innledning

I forbindelse med bygging av Bybanen i Bergen ønsker Bergen kommune, Grønn etat, å bruke tunnelmasser til forbelastning av idrettsbanene på Slettebakken. I tillegg ønsker Grønn etat å benytte et mindre volum av moderat forurensede gravemasser i fyllingen.

Store deler av banene på Slettebakken ligger på et tidligere fyllingsområde for avfall (søppelfylling), og det har derfor oppstått setninger på området som er delvis justert med etterfylling. Hensikten med forbelastningen er å framskynde ytterligere setninger slik at setningspotensialet for området blir vesentlig redusert etter avlastning.

Foreliggende notat presenterer resultater fra beregninger av bæreevne og setningsutvikling ved en forbelastning. Erfaringsparametre er benyttet innenfor et variasjonsområde som avspeiler usikkerheten i beregningene.

Asplan Viak er rådgivere for miljøkonsekvenser, og vi har derfor valgt ikke å kommentere dette emnet i foreliggende notat.

Grunnforhold

Grunnforholdene for søndre del av området er presentert i NOTEBY-rapport nr. 52155-1 datert 28. mai 1998 og revidert 1. desember 1998, /1/. Undersøkelsene omfatter søndre deler av området til og med søndre bane. I tillegg foreligger grunnundersøkelser for Bybanen samt fra miljøundersøkelser utført i regi av Asplan Viak /2/. Våre vurderinger og beregninger er basert på disse rapportene.

Banene ligger i dag på ca. kote 70. Grunnforholdene består av et topplag på ca. 0,5-1,0 m grus over antatt 2-6 m fyllmasser og torv. Under disse lagene er det antatt 2-3 m fast grus eller morene på berg.

Grunnvannstanden er målt til kote 68,6, ca. 0,7 m under terreng, men noe lavere fra målingene til Asplan Viak. Vi gjør oppmerksom på at grunnvannstanden kan variere med årstider og nedbørsintensitet, men i dette tilfellet kan grunnvannstanden regnes som rimelig stabil da den er regulert av et overvannssystem i området.

Geotekniske parametre

Fra /3/ har vi vurdert styrkeparametre for avfallsfyllinger. Konsistens og sammensetning av ulike avfallsfyllinger kan variere svært mye, så de oppgitte verdiene kan nødvendigvis ikke overføres til andre avfallsfyllinger, og dette har vi tatt hensyn til. I referansen er det angitt følgende karakteristiske parametre målt fra storskala forsøk:

- Friksjonsvinkel, $\phi = 33,8^\circ$ (Friksjon, $\text{tg}\phi = 0,67$)
- Kohesjon, $c = 12,0 \text{ kN/m}^2$ (Attraksjon, $a = 18 \text{ kN/m}^2$)

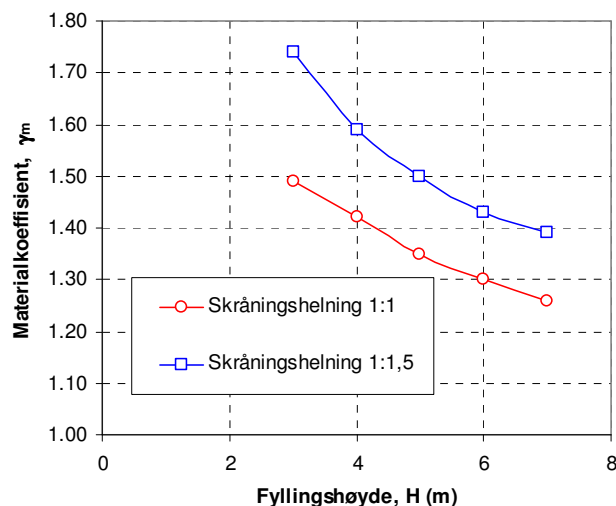
Som nevnt over kan slike styrkeparametre varierer mye og vi har valgt å benytte den målte verdien for friksjon, men har konservativt antatt at avfallsfyllingen er attraksjonsfri, $a = 0 \text{ kN/m}^2$ i videre beregninger. Grunnen til denne vurderingen er at en tilsynelatende attraksjon kan måles i yngre avfallsfyllinger på grunn av stort plastinnhold som har en viss armeringseffekt. Avfallsfyllingen på Slettebakken er fra etter andre verdenskrig og fram til ca. 1960-åra, dvs. før plastposer ble tatt i bruk i vesentlig omfang.

Bæreevne

Bæreevnen for en fylling er kritisk under fyllingsskråningen fordi det i dette området virker horisontalt jordtrykk fra full fyllingshøyde samtidig som vertikallasten gradvis avtar mot null i fyllingsfot. Grunnen under en bratt skråningsavslutning har derfor lavere bæreevne enn under en slak.

Vi har valgt å føre lasten av fyllingen ned til underkant gruslag direkte på avfallsfyllingen. Et brudd i grunnen under forbelastningen vil kunne skade overvannssystemet, men ikke føre til fare for liv og helse. Vi vurderer derfor bruddkonsekvensen som alvorlig. Bruddutviklingen i avfallsfyllinger antas å være nøytral, og basert på disse betraktningene setter vi kravet til materialkoeffisient mot brudd i grunnen til $\gamma_m \geq 1,4$ (kfr. NBRs Sikkerhetsprinsipper i Geoteknikk).

Vi har utført beregninger for fyllingshøyder på hhv. 5 m og 10 m kombinert med skråningshelninger på 1:1 og 1:1,5. Resultatene er vist i figur 1.



Figur 1: Materialkoeffisienter mot brudd i grunnen

Av figuren over ser vi at skråningshelling 1:1 stiller krav til fyllingshøyde på maksimalt 4 m, mens med skråningshelling 1:1,5 kan fyllingshøyden økes til maksimalt 6 m.

Setninger

Siden det er usikkerhet omkring de fleste grunnlagsdata har vi valgt å utføre setningsberegninger med grenseverdier for de ulike inngangsdata for en konstant fyllingshøyde, $H = 3$ m. Deretter har vi valgt de mest sannsynlige verdier for inngangsdata men variert fyllingshøyden.

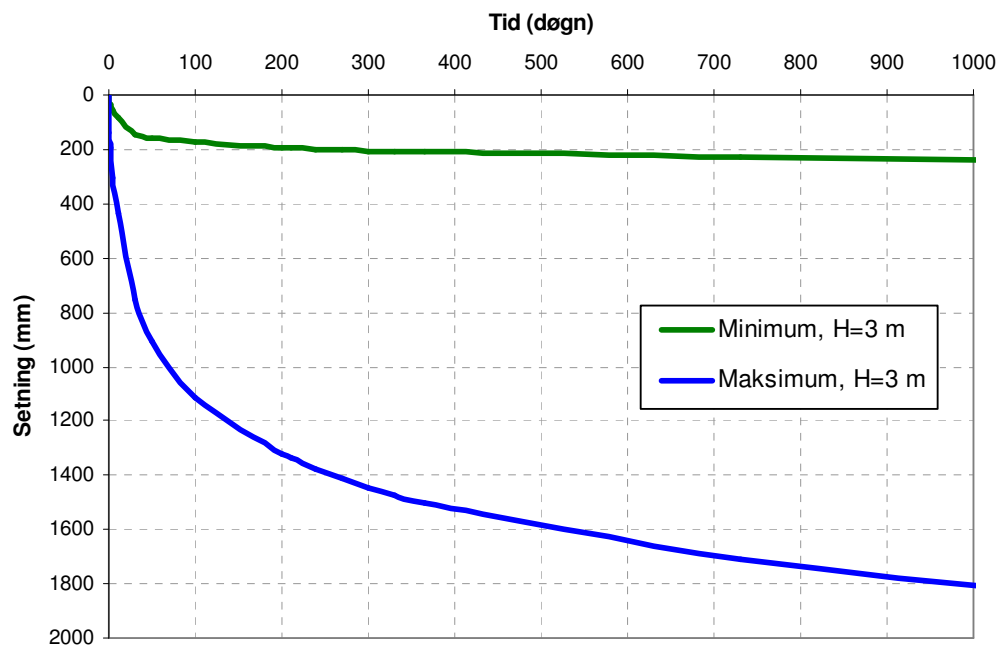
Verdiene i tabell 1 er hovedsakelig basert på /2/ og viser inngangsdata både med høye og lave verdier samt beste estimat.

Tabell 1: Inngangsdata for setningsberegninger

Parameter	Lav verdi	Beste estimat	Høy verdi
Tyngdetetthet avfall, γ (kN/m ³)	2,0	3,5	5,0
Modultall, m	10	14	18
Kryptall, r_s	20	50	75
Tykkelse søppelfylling, h(m)	2	4	6

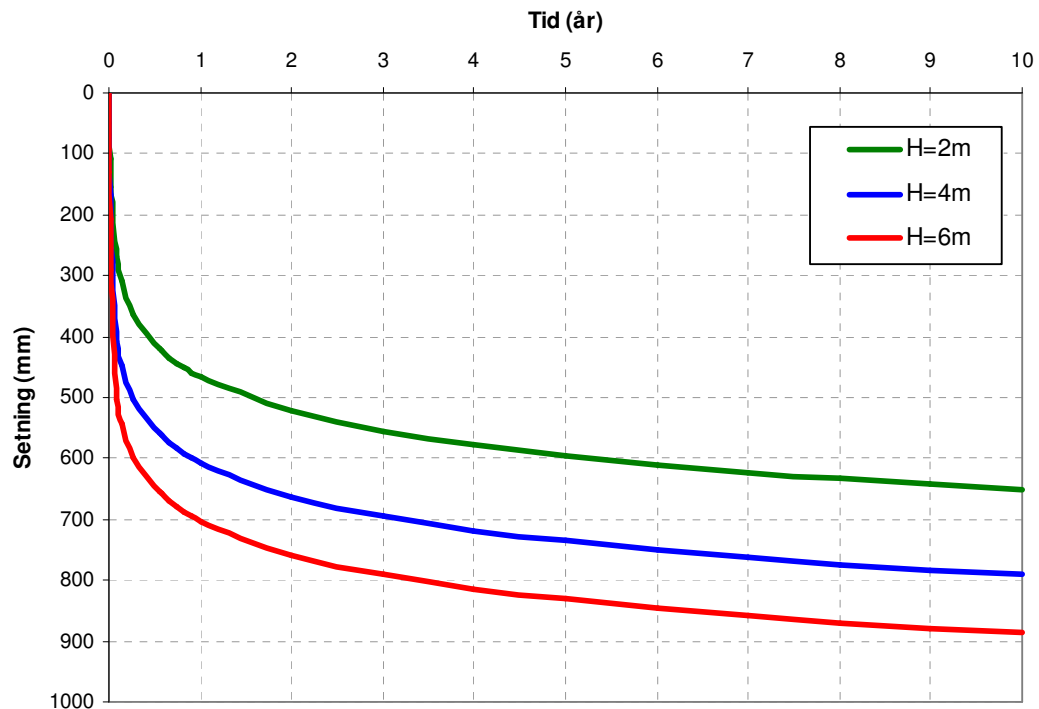
Vi har antatt at primærkonsolidering er over i løpet av en måned og at krypdeformasjonene overtar fra dette tidspunktet.

Figur 2 viser tidsutvikling for grenseverdiene ved en fyllingshøyde på $H = 3$ m. Som vi ser av figuren fører parametervariasjonene til store forskjeller i minimums og maksimumsverdier.



Figur 2: Setningsutvikling med fyllingshøyde 3 m

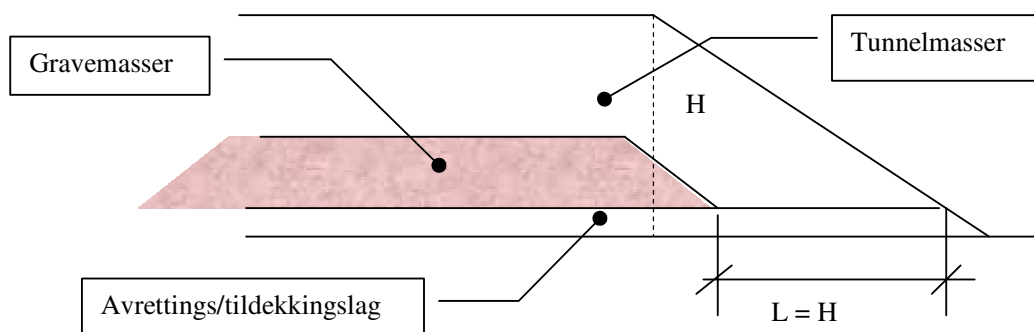
Ved å bruke verdier for beste estimat og variere fyllingshøyden har vi beregnet setningsutvikling som presentert på figur 3. Variasjonene i fyllingshøyde gir mindre setningsforskjeller enn variasjoner i parametre.



Figur 3: Setningsutvikling med ulike fyllingshøyder

Bruk av gravemasser

Det er opplyst av Asplan Viak at toppen av forbelastningen skal avrettes, gruses og benyttes som ballbaner også i under forbelastningsperioden. I tillegg skal massene ha en viss tyngdetetthet for å ha tilstrekkelig effekt. Dette setter visse krav til hvilke gravemasser som kan legges i fyllingen både med hensyn til setninger og bæreevne. Vi anbefaler at slike masser blir lagt sentralt i fyllingen over det lagt som er krevd for ekstra tildekking av avfallsfyllingen og så langt fra skråninger at de ikke reduserer skråningsstabiliteten i tunnelmassene. Vi anbefaler en konstant avstand fra skråning til gravemasser som er lik den totale fyllingshøyden, se figur 4. Massene skal ikke inneholde mer enn 5% organisk innhold og være av fraksjonene stein, grus og sand.



Figur 4: Plassering av gravemasser

I møte hos Asplan Viak 15. mars 2007 ble det opplyst at noe av forbelastningsmassene skal ligge igjen permanent slik at avfallsmassene er dekket med minst 1 m masser. I tillegg skal grunnvannstanden senkes noe. Begge disse tiltakene er negative med hensyn til framtidig setning, men effekten av en stor forbelastning over lang tid vil dempe disse effektene.

Toleransekrav for ballbaner

Dersom det skal bygges kunstgressbaner i området legges disse normalt med takfall 1:100. Kravet til overflate jevnhet for slike baner er i hht. /4/ 8 mm på en 4 m lang rettholt, og avviket fra teoretisk profil er ± 10 mm. Det skal små setninger til i ettertid dersom toleransekravene skal opprettholdes. Reparasjoner av setningsskader vil bli omfattende, og vi anbefaler derfor at området kontrolleres for setninger, og at det gjøres vurderinger av framtidige lastsituasjoner før banene bygges.

Utførelse av forbelastning

Av setningsutviklingen presentert på figur 3 anbefaler vi minst 2 år med forbelastning. For å få en viss kontroll med at setningsutviklingen er i samsvar med beregninger anbefales et måleprogram for setningsutvikling. Dette programmet må forberedes og initialiseres før fyllingsarbeidene tar til.

Referanser

1. NOTEBY (1998): "Bergen kommune. Storhall Slettebakken. Grunnundersøkelser og miljøtekniske grunnundersøkelser." Rapport nr. 52155-1, 28. mai 1998, rev. 1. desember 1998.
2. Asplan Viak (2006): "Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken".
3. Institutt for geoteknikk og fundamenteringslære, NTH (1979): "Utvalg for fast avfall – NTNF. Avfallsfyllinger som byggegrunn." Rapport O.78.07. desember 1979.
4. Salomo, K. P., Krüger, D. & Fisher, D. (2001): "Grossrahmenscherversuche auf der Deponie Wernsdorf." Erich Schidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
5. Kultur og kirke departementet i samarbeid med Norges Fotballforbund (2003): "Kunstgresshåndboka. Bygging, drift og vedlikehold av kunstgressbaner."