

PM Geoteknik

Datum	2017-02-19	
Rev	2018-12-06	Komplettering efter mer fältundersökningar.
Rev	2019-05-10	Ändringar efter granskning: Bakgrund Kompletterande fältundersökning av lerans egenskaper Behov av spont mot järnväg
Rev	2019-07-01	Utvärdering av CRS-försök i punkt 19MX05

Innehåll

Bakgrund	3
Beskrivning av saneringsområdet	3
Utredning utförd 2016	4
Utförda undersökningar	4
Ny och befintlig fyllning.....	4
Geotekniska förhållanden för undersökta områden.....	5
Geohydrologiska förhållanden	6
Sättningar om fyllning utförs.....	6
Totalstabilitet om fyllning utförs på lera.....	7
Jordparametrar för dimensionering.....	7
Jämförelse med tidigare geoteknisk undersökning för breddning av banvallen	8
Grundläggning	8
Fyllning	8
Byggnader.....	9
Övriga rekommendationer	9
Utredning utförd 2018	10
Utförda undersökningar	10
Jordlagerföljd.....	10
Geohydrologiska förhållanden	10
Stabilitet när renade massor återförs	10
Grundläggning på återförd fyllning	10
Utredning utförd 2019	11
Utförda undersökningar	11
Utvärdering av CRS-försök i punkt 19MX05	11
Schaktdjup för saneringsarbeten	12
Utredning av behov av spont mot järnväg	12
Hänvisning	12
Referenser	13

Bakgrund

Ett nytt bostadsområde planeras uppföras dels på tidigare uppfylld mark dels på jungfrulig mark. Den orörda marken planeras även den att få en uppfyllnad.

Inom området skall först en relativt omfattande sanering utföras vilket innebär att alla fyllningsmassor (och eventuellt lerlager därunder) kommer avlägsnas och rena massor återförs. Kompletterande undersökning av jordmaterial under den volym som skall avlägsnas utförs i samband med saneringen.

Beskrivning av saneringsområdet

Det aktuella saneringsområdet, Österhagen, ligger i Länna, del av Huddinge Kommun på den nordvästra sidan av järnvägen och ca 1 km söder om Skogås Station och Centrum, och ca 200 m från sjön Drevviken, med Nynäsbanan mestadels i bergskärning mellan Drevviken och Österhagen. Saneringsområdet omfattar ca 8 hektar.

Området har under 1980- och 1990-talet använts för hantering, omhändertagande och deponering av schakt-, rivnings- och byggnadsmassor och även avfall. Några återställningsarbeten har inte genomförts vid deponin och området har därefter fått växa igen.

Det deponerade avfallet och schaktmassornas samlade vikt och volym är okänd, men mäktigheten varierar mellan 0,8 m i den södra delen av området och upp till 12,5 m inom den nordöstra delen av området. Området är inte försett med något system för hantering av lakvatten och övriga skyddssystem kopplade till en anlagd deponi.

De deponerade massorna kommer från bl a arbeten kring Nynäsbanan, d v s industriområdet i anslutning till Globen och även själva bygget av arenan Globen, Blekholmstorget och andra områden i Stockholm. Huvudsakligen består avfallet av schakt- och rivningsmassor (både rena och förorenade), grov sprängsten blandat med avfall i form av, maskindelar, skrot, rivningsavfall, bilar m.m. Deponeringen saknar systematik och också all form av dokumentation varför man inte kan peka ut delområden som rena respektive förorenade.

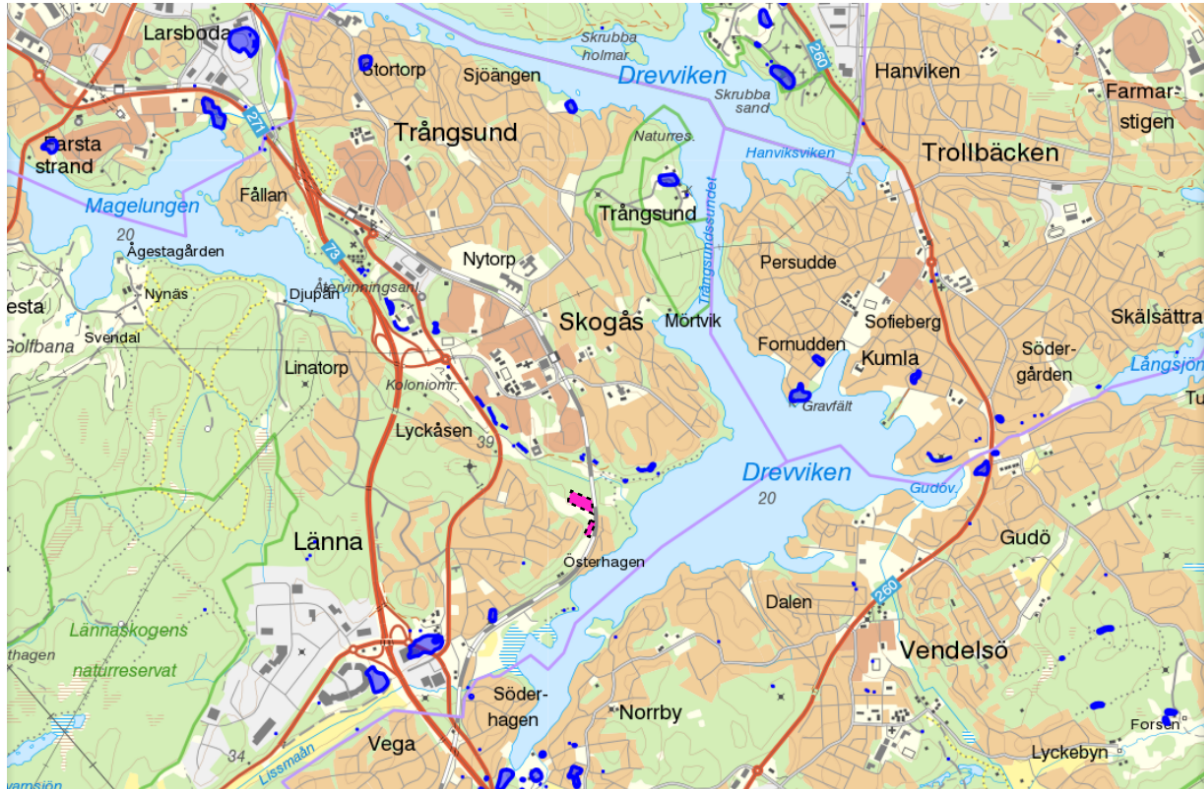
Området har sedan slutet av 1980-talet använts som strövområde. Provtagningar har visat att det förekommer förorenade massor kontaminerade av PAH:er, alifater, metaller och svavel.

De konstaterade halterna är inte så höga att de utgör någon hälsorisk för människor som vistas inom området.

Ett planarbete har inletts under 2015 vars syfte är att nå en sanering av Österhagsdeponin och en ny detaljplan som medger blandad bostadsbebyggelse, LSS-boende och äldreboende.

Utredning utförd 2016

Denna undersökning har utförts för att undersöka om uppfyllnad på den orörda marken är möjlig. Det två (nord och syd) undersökta områdenas placering visas i Figur 1.



Figur 1. Lokalisering av undersökningsområde. Markerat med streckad linje och magenta.

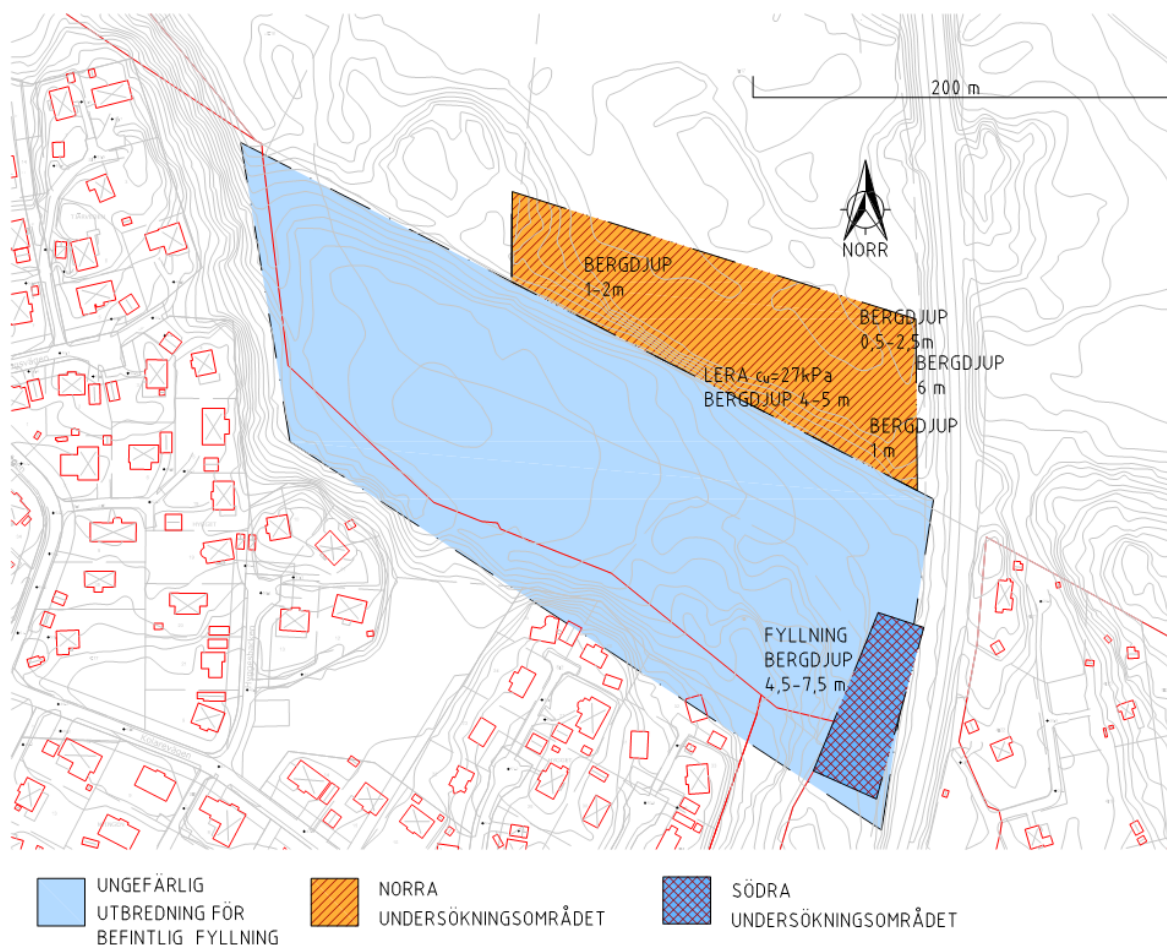
Utförda undersökningar

Fältarbeten har utförts av

- Geo Norr och DMG i december 2016. Laboratorieundersökningar utförda på Sweco Geolab.

Ny och befintlig fyllning

Den befintliga fyllningen markeras i Figur 2 tillsammans med det område som delvis planeras att fyllas upp (norra undersökningsområdet).



Figur 2. Befintlig uppfyllnad och undersökningsområden.

Geotekniska förhållanden för undersökta områden

Norra området

Ytligt berg i väster, norr och öster. Som djupast 5 m till berg längs släntfoten. I en av undersökningspunkterna har lösare lera påträffats. Karakteristiskt värde på skjuvhållfastheten har som lägst uppmäts till 23 kPa. Korrigering m.h.t. flytgräns visas i Figur 4. Mot järnvägen i öster ligger berget ytligt och överlagras av silt med enstaka tunna lerskikt. I punkt 5 har lerans sättningsegenskaper kunnat utvärderas på 2.5 m's djup enligt Figur 3. På djupet 2.5 m kan rådande effektivspänning uppskattas till någonstans mellan $9 \text{ kN/m}^3 \times 2.5 \text{ m}$ och $19 \text{ kN/m}^3 \times 2.5 \text{ m}$. Dvs 23 kPa till 48 kPa. Detta är betydligt lägre än det utvärderade förkonsolideringstrycket på den nivån, $\text{OCR} > 2$. Enligt provresultat uppkommer krypsättningar när effektivspänningen överstiger 176 kPa.

Försöket är utfört och utvärderat enligt Svensk Standard SS 027126. Vid utvärdering av c_v och k har korrektion utförts så att värdena motsvarar en temperatur av 7°C . Utrustningens egendeformation är beaktad. För utvärdering se bilagda diagram sid 2 - 4.

σ'_c , kPa	M_L , kPa	σ'_L , kPa	M'	$c_{v, \text{min}}$, m^2/s	k_i , m/s	β_k
109	5976	176	34,4	1,2E-6	3,3E-9	5,9

Figur 3. Lerans sättningsegenskaper.

Södra området

För södra området utgörs jordlagerföljden av flera meter fyllning på ett tunnare lager silt på berg. Lera förekommer i fyllningen.

$$w_L := 24\% \quad \tau_u := 23 \text{ kPa}$$

$$\mu := \begin{cases} X \leftarrow \left(\frac{0.43}{w_L} \right)^{0.45} & = 1.2 \\ X \leftarrow 1.2 & \text{if } X > 1.2 \\ X \leftarrow 0.5 & \text{if } X < 0.5 \\ X & \end{cases} \quad c_u := \mu \tau_u = 27.6 \text{ kPa}$$

Figur 4. Korrigering av odränerad skjuvhållfasthet enligt SGI Information 1.

Geohydrologiska förhållanden

Uppmätt grundvattenyta för det södra området var +30.6 och i det norra området förmodas grundvattnet ligga ytligt. Enligt uppgift översvämmas delar av det nordliga undersökningsområdet regelbundet. Se separat rapport om geohydrologi.

Sättningar om fyllning utförs

Nedan visas uppskattad sättning i leran för varierande fyllningshöjder om fyllningen antas vara vidsträckt, Tabell 1. För beräkning av rådande effektivspänning antas på säkra sidan att GVV ligger på djupet 2.5 m vilket innebär att gränstrycken för lerans sättningsmoduler passeras vid lägre fyllningsmaktigheter. Fyllning antas ha tunghet 18 kN/m^3 . Hela lerlagret antas i detta överslag erhålla samma töjning. Lerlagrets maktighet tas som djup till silten, dvs ca 3.5m. Beräkning enligt Figur 5.

$$\sigma'_0 := 47 \text{ kPa} \quad c_{uk} := 27 \text{ kPa} \quad T := 3.5 \text{ m} \quad M_0 := 500 \quad c_{uk} = 13500 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_c := 109 \text{ kPa} \quad M_L := 6000 \text{ kPa} \quad \sigma'_L := 176 \text{ kPa} \quad M' := 34$$

$$\varepsilon(\sigma'_v) := \begin{cases} \text{return } \varepsilon \leftarrow \frac{\sigma'_v - \sigma'_0}{M_0} & \text{if } 0 \leq \sigma'_v < \sigma'_c \\ \text{return } \varepsilon \leftarrow \frac{\sigma'_c - \sigma'_0}{M_0} + \frac{\sigma'_v - \sigma'_c}{M_L} & \text{if } \sigma'_c \leq \sigma'_v < \sigma'_L \\ \text{if } \sigma'_L \leq \sigma'_v & \\ \quad \left| \begin{aligned} \varepsilon' &\leftarrow \frac{1}{M'} \ln \left[\frac{(\sigma'_v - \sigma'_L) M'}{M_L} + 1 \right] \\ \varepsilon &\leftarrow \frac{\sigma'_c - \sigma'_0}{M_0} + \frac{\sigma'_L - \sigma'_c}{M_L} + \varepsilon' \end{aligned} \right. & \end{cases}$$

Figur 5. Indata till sättningssuppskattning.

Tabell 1. Uppskattning av sättning.

Fyllningshöjd	Ny effektivspänning	Töjning	Sättning
(m)	(kPa)	(‰)	(cm)
1	65	1	0
2	83	3	1
4	119	6	2
8	191	18	6
10	227	23	8

Kommentarer

När ny effektivspänning överstiger σ'_c motsvarande fyllningshöjd ca 4 m ökar sättningarna. Linjär interpolation kan användas mellan sättningsvärden ovan. Ovan beräknade sättningar avser slutlig sättning efter lång tid.

Totalstabilitet om fyllning utförs på lera

Om inga åtgärder vidtas innan pålastning med ny fyllning kan högsta bankhöjd uppskattas med direktmetoden enligt Skredkommissionen där säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott här anats behöva vara minst 1.5.

$$SF(c_{uk}, \gamma, H, q) := \frac{5.5 c_{uk}}{\gamma H + q}$$

$$\gamma := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad c_{uk} := 27 \text{ kPa} \quad q := 15 \text{ kPa} \quad H := 4.5 \text{ m}$$

$$SF(c_{uk}, \gamma, H, q) = 1.547$$

Figur 6. Överslagsberäkning för stabilitet.

Kommentarer

Fyllning på upp till 4.5 m's höjd kan utföras utan att säkerheten mot stabilitetsbrott blir för låg. Skall mäktigare lager fyllning utföras bör grundförstärkning utföras genom tex massutskiftning. Där det inte förekommer lera kan mäktigare fyllning utföras utan åtgärder.

Jordparametrar för dimensionering

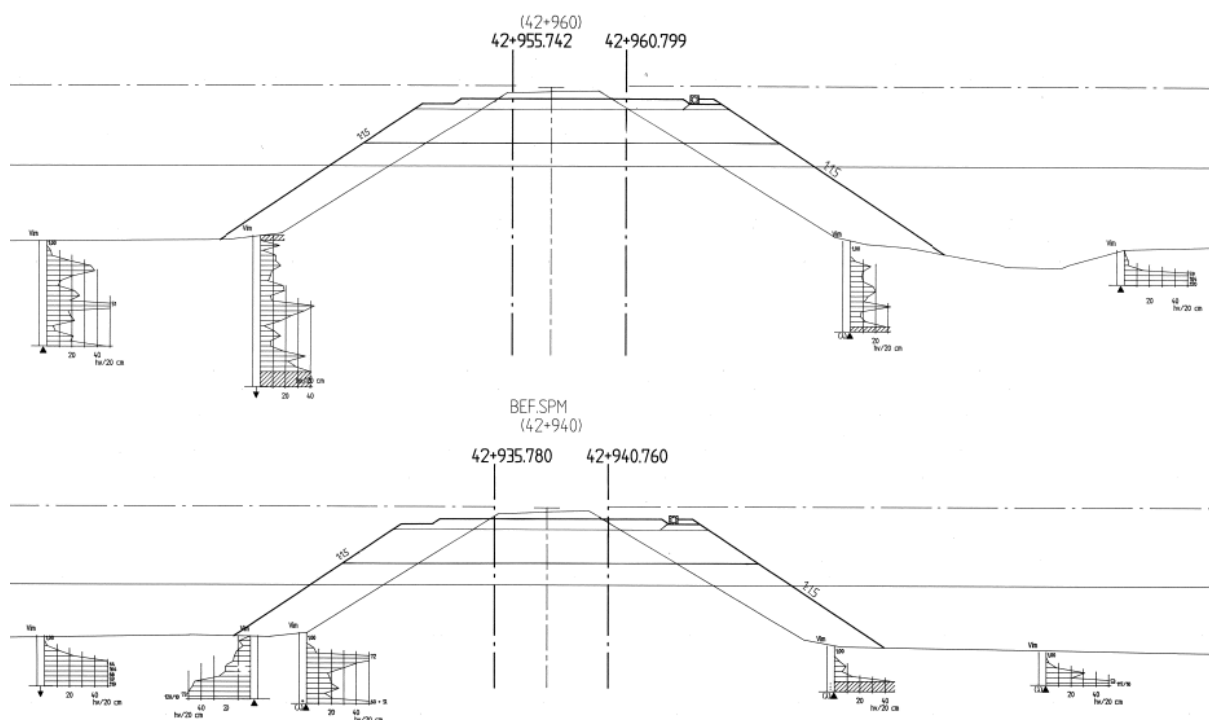
För dimensionering av sponter eller pålar kan följande karakteristiska värden användas om inte annat kan påvisas:

Jordart	Hållf.	Tunghet (fuktig/mättad) [kN/m ³]
Torrskorpa	35 kPa	19/19
Lera	25 kPa	19/19
Silt	28°	18/21
Morän	37°	19/22

Jämförelse med tidigare geoteknisk undersökning för breddning av banvallen

Den tidigare geotekniska undersökningen (Banverket) har tolkat lera inom norra undersökningsområdet. Detta stämmer delvis med nu erhållna resultat. Det finns lera längs släntfoten mot bef. fyllning. Leran tunnas ut mot öster, väster och norr. Se geotekniska ritningar.

Mot banvallen synes berget stiga och materialet övergå till silt med lerskikt. Detta bekräftas av de tidigare undersökningarna. I en punkt har de äldre undersökningarna stoppat på djupare nivå än de nya vilket tyder på att bergytan är kuperad. Det kan alltså förekomma lokalt djupare partier.



Figur 7. Sektioner genom banvallen intill norra undersökningsområdet. Viktsonderingarna tyder inte på lera med låg hållfasthet bortsett från ytliga jordlager. Jämför med Vim-resultat i punkt 16MX05, 07 där lera med relativt låg hållfasthet påträffats. Översatt till hållfasthet för friktionsmaterial ger de äldre Vim-punkterna ovan en friktionsvinkel på omkring 30°.

Grundläggning

Utökning av det idag uppfyllda området utreds. För att få en liknande nivå som befintlig fyllning antas att markytan behöver höjas upp till 8 m. Nedan nämns något om det geotekniska aspekterna med denna åtgärd.

Fyllning

Fyllning med mäktighet enligt ovan leder till stabilitetsproblem med den hållfasthet på leran som nu är känd. För att råda bot på detta kan marken förstärkas. Ett sätt att utföra denna förstärkning är att gräva ur lera och ersätta med friktionsmaterial. Detta kan utföras enligt princip i Figur 8. I området där det finns lera (enligt fältgeoteknikerns tolkning) innebär det ett schakt-/fyllnings-djup på ca 4 m. Preliminärt behöver detta utföras på 2000 m² där medeldjupet av utskiftningen kan antas bli 2 m. Om utskiftning skall ske med nuvarande fyllning på plats behöver stabiliteten under utskiftningen utredas eftersom stabiliteten vid släntfoten i så fall försämras.

Den nya fyllningens slänter mot lägre belägen befintlig mark bör utföras i högst 1:2 och erosionsskyddas.



Figur 8. Ur Trafikverkets publikation 2005:4 "Massutskiftning".

Byggnader

En fyllning som utförs enligt AMA anläggning 13 med friktionsmaterial bör på lång sikt få försumbara sättningar i sig själv. Sättningar sker momentant (inom några dygn) vid pålastning av nästa fyllningslager. Är undergrunden utförd så att den är stabil och inte sättningsbenägen kommer fyllningen även kunna bära nya byggnader som relativt fyllningens vikt är låga.

Vertikalspänningen av 8 m fyllning blir ca $18 \times 8 = 144 \text{ kPa}$. En lätt 2 våningsbyggnad kan approximativt antas belasta marken med $10 \text{ kN/m}^2 \times 2 = 20 \text{ kPa}$. En tung 4 vånings byggnad kommer belasta fyllningen med omkring $14 \text{ kPa} \times 5 = 70 \text{ kPa}$. Man bör kunna skilja på grundläggning av lätta och tunga byggnader.

Det bedöms att lätta byggnader (med bjälklag och väggar i trä) upp till 2 våningar kan grundläggas med platta på mark på ny fyllning. Högre byggnader bör pålgrundläggas. Beroende på den nya fyllningens sammansättning kan det utföras med slagna eller borrade pålar. I detta skede bör borrade pålar förutsättas. Med pålgrundläggning erhålls en sättningsfri grundläggning som är oberoende av lokalt svaga zoner i den nya fyllningen.

Övriga rekommendationer

Fyllning kan utföras med mäktighet upp till 4.5 m utan stabiliserande åtgärder (förutom att ytlig organisk jord behöver avlägsnas). För den fyllningshöjden kommer sättningar på några få centimeter uppkomma ($< 5 \text{ cm}$). Utan stabiliserande åtgärder skall samtliga byggnader inom de områden där lera hittas (se geoteknisk planritning) grundläggas med borrade stålrörspålar.

Fyllning bör inte utföras så att den direkt belastar järnvägsbanken. Dvs ny fyllnings släntfot bör inte överlappa järnvägsbankens släntfot om inte förstärkningsåtgärder vidtas som tex permanent spont.

AMA Anläggning 13 skall följas för schakt och fyllning.

Banvallens grundläggningsätt kan undersökas i syfte att ta reda på om grundförstärkning har utförts.

Utredning utförd 2018

Avser kompletterande fältundersökning av befintlig fyllning 2018.

Utförda undersökningar

Fältarbeten har utförts av

- Geo Norr i november 2018. Laboratorieundersökningar utförda på Sweco Geolab.

Jordlagerföljd

Fyllningen utgörs av bandade fraktioner med inslag av stora block. Dess mäktighet är uppmätt till som mest ca 11m. Fyllningen underlagras av lera, silt och friktionsjord. Bergdjupet är i sonderingspunkterna som mest ca 14m.

Geohydrologiska förhållanden

Se separat rapport om geohydrologi.

Stabilitet när renade massor återförs

Leran under fyllningen bör i första hand ersättas med ny fyllning. Det ger en stabil grund för återförande av nya massor. I andra hand skall leran undersökas mer i samband med att befintlig fyllning avlägsnas.

Grundläggning på återförd fyllning

Leran under fyllningen kommer att ge sättningar och bör avlägsnas. Lera och silt under fyllningen bör ersättas med krossmaterial innan fyllningen återförs.

Det återförda fyllningens sammansättning skall vara känd och av sådan typ att dess deformationsegenskaper kan förutsägas via definitioner i AMA och texter från tex handböcker avseende väg och brobyggnad. Viktig egenskap för återfört material är tex kornstorleksfördelning. Lera får inte förekomma i ny fyllning.

Krypsättning i fyllningen kan förväntas. Denna sättning kan uppgå till flera centimeter. Krypsättningens hastighet är störst direkt efter påförande av ny fyllning och avtar logaritmiskt. En undersökning från Norge [1] på en mäktig sprängstensfyllning (max 17m) påvisar krypsättning på upp till 16cm efter 11 år.

Av detta kan man dra slutsatsen att sättning på upp till ca 1% kan efter 10 år. Cirka hälften av detta utbildas under första året.

Fyllningens sättning bör därför övervakas under minst 1 år efter att full höjd uppnåtts.

Lätta byggnader kan därefter grundläggas direkt på ny fyllning.

Tyngre byggnader ska grundläggas på pålar eftersom de är mer känsliga för variationer i fyllningens sättningsegenskaper. Dessa kommer då inte att följa med i fyllningens krypsättningar. Detta behöver tas hänsyn till i projekteringen.

Släntlutning i ny fyllning begränsas till 1:1,5.

Uttredning utförd 2019

Omfattar Kompletterande provtagning av leran norr om fyllningsområdet. Omfattning av spont och förväntat schaktdjup vid sanering.

Utförda undersökningar

Fältarbeten har utförts av

- Geo Norr i november 2018. Laboratorieundersökningar utförda på Sweco Geolab.

Utvärdering av CRS-försök i punkt 19MX05

För att förbättra säkerheten i den sättningsuppskattning som tidigare baserats på ett CRS-försök har ett nytt prov tagits upp och utvärderats.

Projekt: Länna		
Uppdragsnummer:	Uppdragsgivare: Momentux & Co AB, Saltsjö Duvnäs	Datum/Sign: 2019-05-08 Löp-nr/Gransk.: 33871
Sektion/borrhål: 19MX05	Djup: 2,2 m	Ödometer nr: 5
Densitet: 1,94 t/m ³	Vattenkvot: 32 %	Provdiameter: 50 mm
Benämning: LERA med tjocka siltskikt samt roströr	Provningstemp.: 20 °C	Provhöjd: 20 mm
		Def.hastighet: 0,72 %/h

σ'_c , kPa	M_L , kPa	σ'_L , kPa	M'	$c_{v, min}$, m ² /s	k_i , m/s	β_k
128	2109	192	17,3	8,7E-8	8,5E-10	3,4

Konförsöket visar på hög skjuvhållfasthet pga den höga inblandningen av silt:

Sektion		Borrhål		Skrymsindex		Konspro		Skjuvhållfasthet		Sätt-		Kon-		v-vät		Vatten		Förta		Jordartsklassificering	
		19M205																			
Djup	Ödömrådet jordartsklassificering ¹⁾	Dia-	Vikt	ρ^2	Ödömrådet	Medel	Ödömrådet	Skjuvhållfasthet	Sätt-	Kon-	v-vät	Vatten	Förta	Jordartsklassificering							
[m]		meter	[kg/cm ³]	[t/m ³]	[mm]	[mm]	[mm]	[kPa] ²⁾	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]							
2.2	Brunt LERA med tjocka siltskikt samt roströr (material delvis stört)	6.00	647.0 / 17.0	1.94	7.3 7.2 8.0 9.8	8.3 / 400	15.7 / 60	(98)	0.60	(97)	26	66.2	32	CH 100							
							9.2 / 60					66.2									
												66.2									

För sättningsuppskattning beräknas M_0 för $c_{uk}=30$ kPa, i övrigt lika parameter som tidigare beräkning:

$$\sigma'_0 := 47 \text{ kPa} \quad \gamma_{\text{Fyll}} := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad c_{uk} := 30 \text{ kPa} \quad T_{Le} := 3.5 \text{ m} \quad M_0 := \frac{150}{0.75} c_{uk} = 6000 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_c := 128 \text{ kPa} \quad M_L := 2109 \text{ kPa} \quad \sigma'_L := 192 \text{ kPa} \quad M' := 17.3$$

Fyllningshöjd	Ny effektivspänning	Töjning	Sättning
(m)	(kPa)	(%)	(cm)
1	65	3	1
2	83	6	2
4	119	12	4
8	191	43	15
10	227	58	20

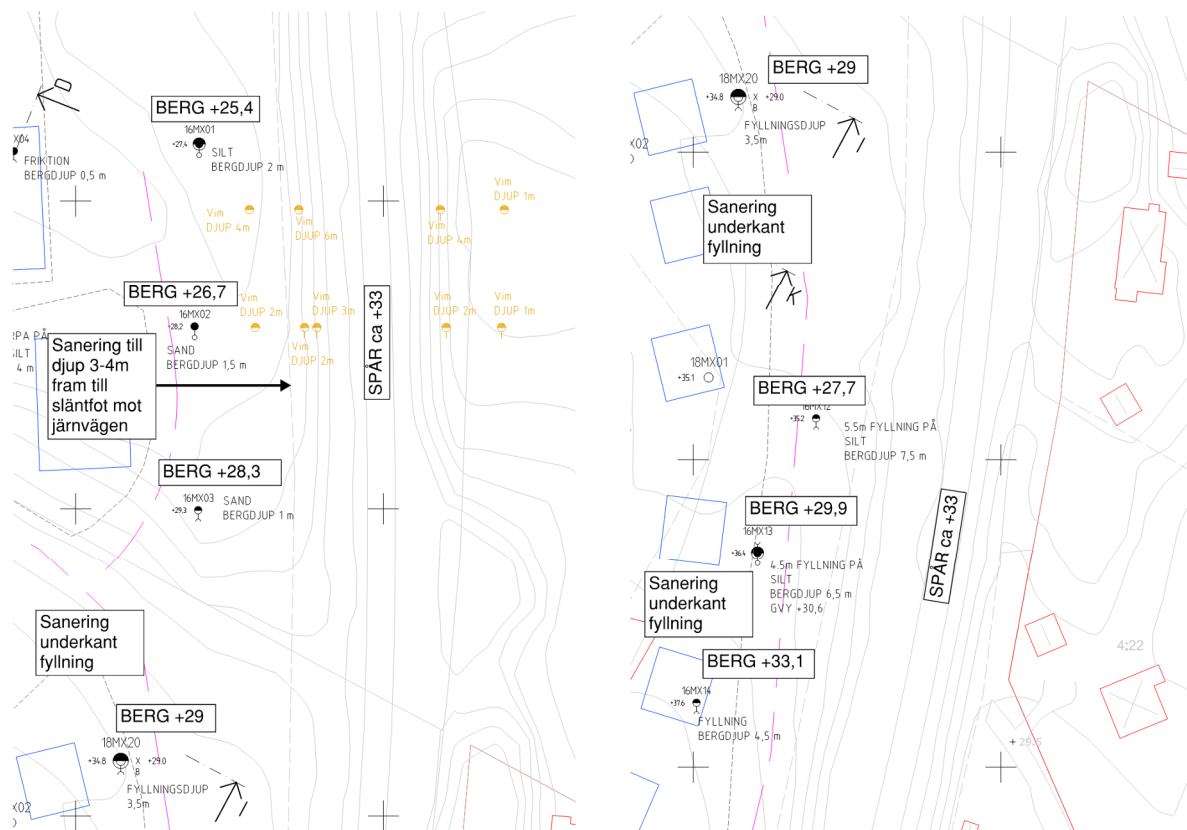
Relativt stor skillnad för de stora fyllningshöjderna mot tidigare sättningsutvärdering. Fler CRS-försök på leran bör tas när fyllningen är borttagen.

Schaktdjup för saneringsarbeten

Schaktdjupet avgörs i första hand av underkant fyllning. I norr nedanför slänten har föroreningar påträffats i den naturligt lagrade jorden vilket innebär sanering även där. Uppskattning av schaktdjup och utbredning visas på ritning G20.

Utredning av behov av spont mot järnväg

Enligt miljöprovtagning finns oljeföroreningar till djup 3-4m i området kring punkterna 16MX01-03, Figur 9. Spont kommer behövas upp i slänten och söderut i erforderlig omfattning där sanering ska bedöms behöva utföras till underkant fyllning, Figur 9.



Figur 9. Spontbehov i saneringsområdets norra del. Norra delen till vänster, södra delen till höger, borrhål 18MX20 som referens i båda bilderna.

Spontens utbredning utreds i samband med dess projektering.

Preliminär utbredning anges på ritning G20.

Hänvisning

Se MUR Österhagen, Momentux, för sammanställning

Se geotekniska ritningar

- | | |
|---------------|---|
| • G 01 – G 05 | Redovisning av geotekniska undersökningar 2016 |
| • G 11 – G 14 | Redovisning av geotekniska undersökningar 2016, 2018 och 2019 |
| • G 20 | Bedömt schaktdjup för sanering, zonindelning |
| • G 21 | Redovisning av GV-Rör |

Referenser

[1] "*Elastic and creep settlements of rock fills*". Corneliu Athanasiu , Arne Schram Simonsen, Ole Kristian Soereide & Joar Tistel. Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering © 2005–2006 Millpress Science Publishers/IOS Press.