

Backaplan sättningsutredning

PROJEKTERINGS PM GEOTEKNIK

ÅF-Infrastructure AB, Grafiska vägen 2A, SE-412 63 Göteborg, Registered office: Stockholm, Sweden
Tel +46 10 505 00 00, www.afconsult.com, Org nr 556185-2103

Projekterings PM Geoteknik_Backaplan sättningsutredning Rev2.docx
Page 0 (32)

INNOVATION
BY EXPERIENCE





PM GEOTEKNIK

DOKUMENTINFORMATION

Uppdrag	Backaplan sättningsutredning	
Uppdragsnummer	755602	
GNR	18171	
Datum	2018-10-01	
Revidering 1	2018-10-26	
Revidering 2	2019-02-26	
Beställare	Göteborg Stad	
Beställarens referens	Andris Vilumson	
Uppdragsledare	Anna Maria Janson	
	Tfn. 010-505 32 45	
	mail. anna-maria.janson@afconsult.com	
Upprättad av	Natalia Ortiz	2019-03-10
Granskad av	Axel Josefson	2019-03-10



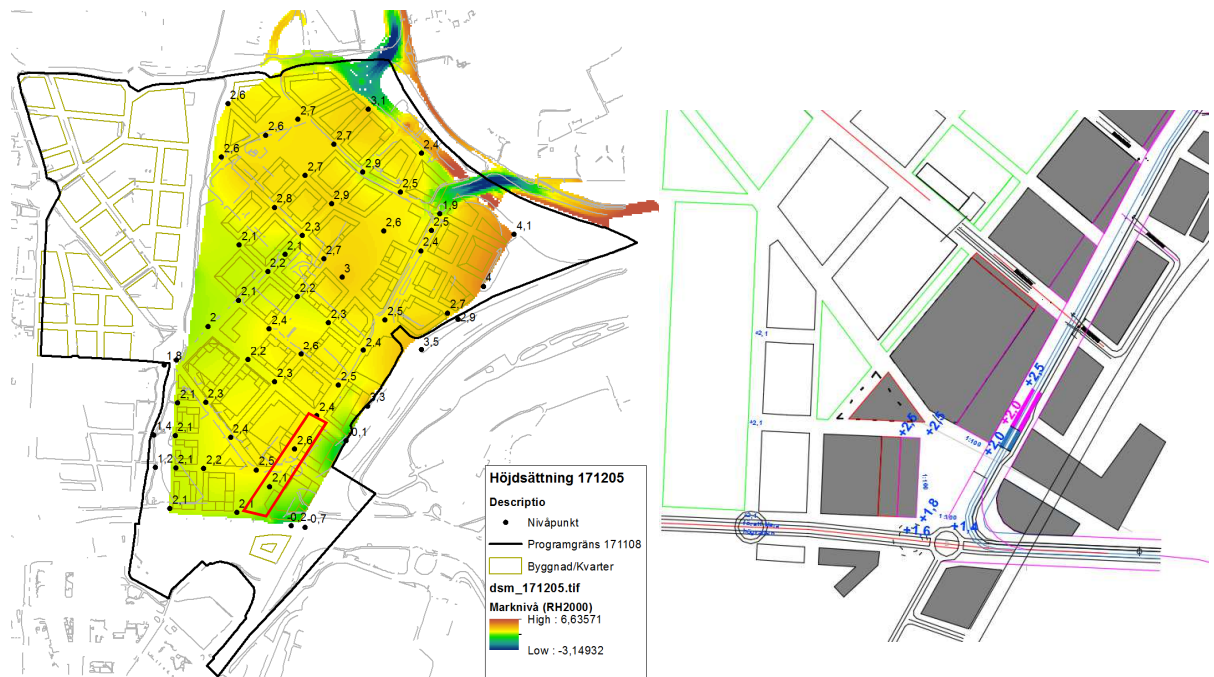
PM GEOTEKNIK

Innehållsförteckning

1 Objekt.....	4
2 Syfte.....	4
3 Styrande dokument.....	4
4 Underlag för projektering.....	4
4.1 Planerad konstruktion	4
4.2 Geotekniska undersökningar	5
4.2.1 Utförda undersökningar.....	5
5 Befintliga förhållanden.....	5
5.1 Befintliga byggnader och anläggningar	6
5.2 Topografiska förhållanden.....	6
5.3 Ytbeskaffenhet	6
5.4 Geotekniska förhållanden	6
5.4.1 Jorddjup och jordlagerföljd	6
5.4.2 Jordegenskaper.....	6
5.5 Hydrogeologiska förhållanden.....	8
5.6 Sättningsförhållanden	8
5.7 Stabilitetsförhållanden.....	8
6 Sättningsberäkningar	8
6.1 Beräkningsförutsättningar.....	8
6.1.1 Jordlagerföljd.....	8
6.2 Beräkningssektioner.....	8
6.3 Materialegenskaper.....	9
6.3.1 Jordparametrar	9
6.3.2 Deformationsegenskaper	10
6.4 Vattenstånd och portryck.....	10
6.5 Laster	10
6.6 Beräkningar	10
6.6.1 Sektion 1.....	10
6.6.2 Sektion 2.....	11
6.6.3 Sektion 3.....	12
6.6.4 Sektion 4.....	13
6.6.5 Portryck	14
7 Stabilitetsberäkningar	14
7.1 Beräkningsförutsättningar.....	14
7.2 Beräkningssektioner.....	15
7.3 Dimensionerande värde.....	16



PM GEOTEKNIK



Figur 4.1. (a-vänster) Föreslagen höjdsättning för Backaplanområdet alternativ 1. (b-höger) Föreslagen höjdsättning för Backaplanområdet alternativ 2.

4.2 Geotekniska undersökningar

4.2.1 Utförda undersökningar

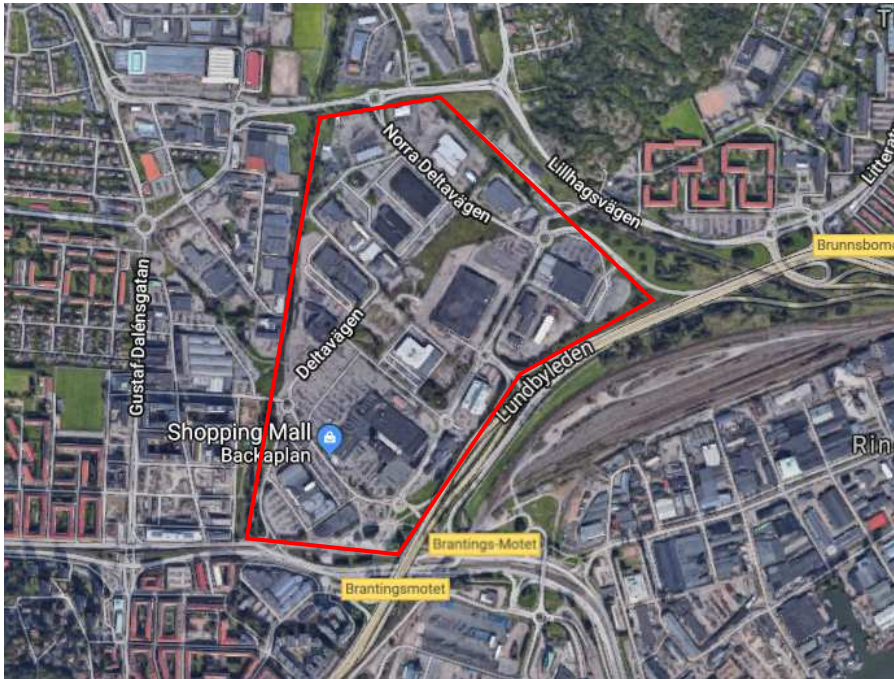
Tidigare samt utförda geotekniska undersökningar redovisas i separat handling Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik (MUR/Geo), daterad 2019-03-10.

5 Befintliga förhållanden

Det undersökta området ligger på Backaplan, Hisingen. Aktuellt område begränsas av Lillhagsvägen samt Minelundsvägen i norr, av Lundbyleden i öster, av Hjalmar Brantingsgatan i söder och av Postergårdsvägen samt Kvällebacken i väster, se Figur 5.1.



PM GEOTEKNIK



Figur 5.1. Aktuellt undersökningsområde markerat i rött (omarbetad från googlemaps.se).

5.1 Befintliga byggnader och anläggningar

Inom undersökningsområdet finns befintlig bebyggelse som utgörs av kontors-, fabrikslokaler och varuhus. Norr, söder och väster om området ligger bebyggelse i form av bostadshus. Öster om området finns Ringö spårvagndepå.

Inom undersökningsområdet finns el-, VA-, tele-, opto-, gas- samt fjärrvärmeledningar.

5.2 Topografiska förhållanden

Området är relativt plant med nivåer omkring +2 och +3.

5.3 Ytbeskaffenhet

Marken utgörs av hårdgjorda ytor och några gräsbevuxna ytor. De hårdgjorda ytorna är asfaltsbelagda väg- och parkeringsytor.

5.4 Geotekniska förhållanden

5.4.1 Jorddjup och jordlagerföljd

Generellt består jordlagren inom området överst av fyllning. Fyllningen underlagras av mäktiga lerlager som via friktionsjord vilar på berg. Lerlagrets mäktighet uppgår till ca 40 – 60 m. Tidigare utförda sonderingar öster om området visar på en lermäktighet över 75 m.

5.4.2 Jordegenskaper

Fyllnadsjordens mäktighet varierar mellan ca 1 och 4 m. Fyllningen består huvudsakligen av lera, sand, grus men innehåller även växtdelar och byggnadsrester.

Uppmätta värden för fyllnadens naturliga vattenkvot varierar mellan ca 20 % och 30 %



PM GEOTEKNIK

Lera återfinns generellt från ca 1- 4 m djup. Lermäktighet varierar mellan ca 40 och 60 m och bedöms öka mot Göta Älv.

Lerans uppmätta densitet varierar mellan ca 1,45 t/m³ och 1,70 t/m³. Trenden ökar mot djupet ner till ungefär nivå -10. Därunder är trenden relativt konstant med djupet.

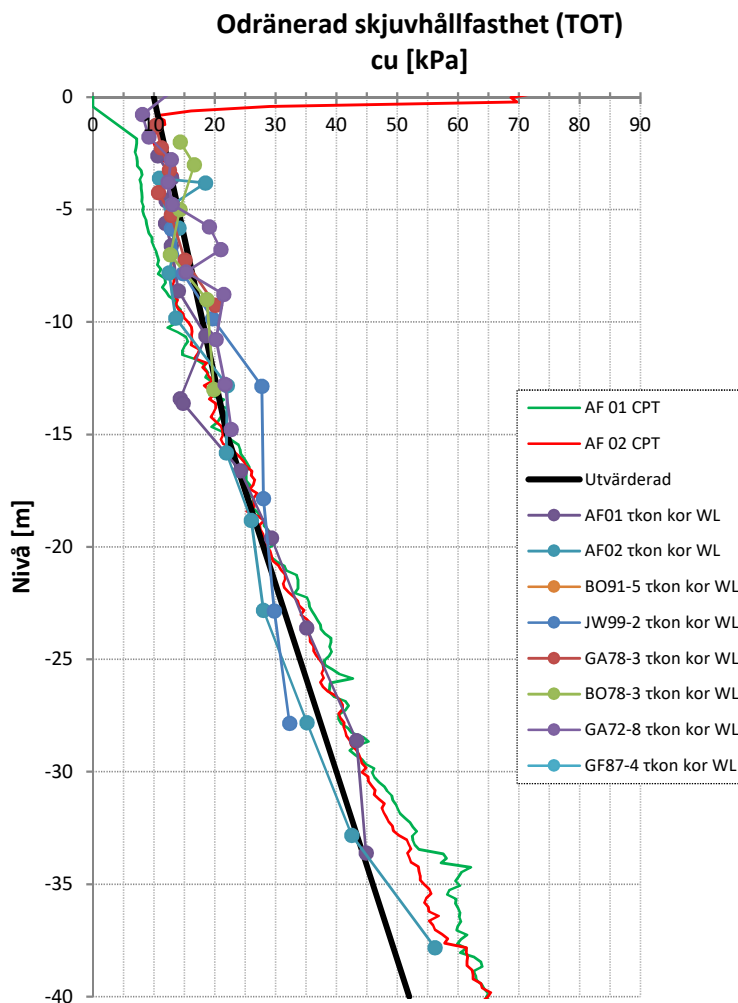
Uppmätta värden för lerans naturliga vattenkvot varierar mellan ca 60 % och 105 %. Trenden avtar mot djupet.

Uppmätta värden för lerans konflytgräns varierar mellan ca 55 % och 90 %. Lerans klassas som hög- till mycket högplastisk.

Lerans klassas generellt som mellansensitiv med uppmätta värden för sensitivitet mellan ca 10 och 40. Kvikklera förekommer i närområdet.

Utförda kompressionsförsök visar att leran är normal till svagt överkonsoliderad med OCR mellan ca 1,0 och 1,5.

Lerans korrigerade skjuvhållfasthet utvärderas till ett värde av 10 kPa på nivå 0. Därunder ökar skjuvhållfastheten mot djupet med 0,8 kPa/m ner till nivå -15. Därunder ökar skjuvhållfastheten mot djupet med 1,2 kPa/m, se Figur 5.2.



Figur 5.2. Utvärderad korrigerad odränerad skjuvhållfasthet.



PM GEOTEKNIK

5.5 Hydrogeologiska förhållanden

Portrycket i leran har uppmätts i tidigare undersökningar öster om det undersökta området längs Lundbyleden. Dessa mätningar visar på en hydrostatisk tryckfördelning motsvarande en trycknivå på ca 0,5 m under markytan.

5.6 Sättningsförhållanden

Till följd av utfyllnaderna som har utförts inom området bedöms att konsolideringssättningar pågår i lerlagret. Fyllnadsmassornas mäktighet varierar mellan 1 och 4 m idag. Sättningsarnas storlek bedöms variera till följd av varierande fyllnadsmäktighet, dock saknas sättningsmätningar för att säkerställa detta.

De geotekniska förhållandena innebär att tillkommande lastbelastning inom området bedöms medföra stora långvariga sättningar.

5.7 Stabilitetsförhållanden

Stabilitet för befintliga förhållanden har kontrollerats i tidigare utredning utförd av Sweco 2011. Utifrån utredningen bedöms stabilitet ej vara tillfredställande längs Kvillebäcken för befintliga förhållanden.

6 Sättningsberäkningar

6.1 Beräkningsförutsättningar

Området är uppfyllt med mellan ca 1 och 4 m. Vid samtliga beräkningar har antagits en befintlig fyllnadsmäktighet på 2 m över hela området. Fyllningsmaterialet utgör en last som har gett upphov till konsolideringssättningar hos det underliggande lerlagret. Det bedöms att konsolideringssättningar pågår i området.

Effektivspänning och förkonsolideringstryck har utvärderats från CRS samt CPT-sonderingar. Markundersökningar redovisas i MUR daterad 2019-03-10.

Beräkningar av dimensionerande sättningar har utförts med programvaran GeoSuite Settlement version 15.1.4.0. Jordmodell som har använts för leran är Chalmers with creep och Chalmers without creep, modellen Janbu har använts för befintlig fyllning.

6.1.1 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden som har använts i sättningsberäkningar utgörs av 2 m befintligt fyllnadsmaterial som underlagras av lera med varierande jordegenskaper till 60 m djup.

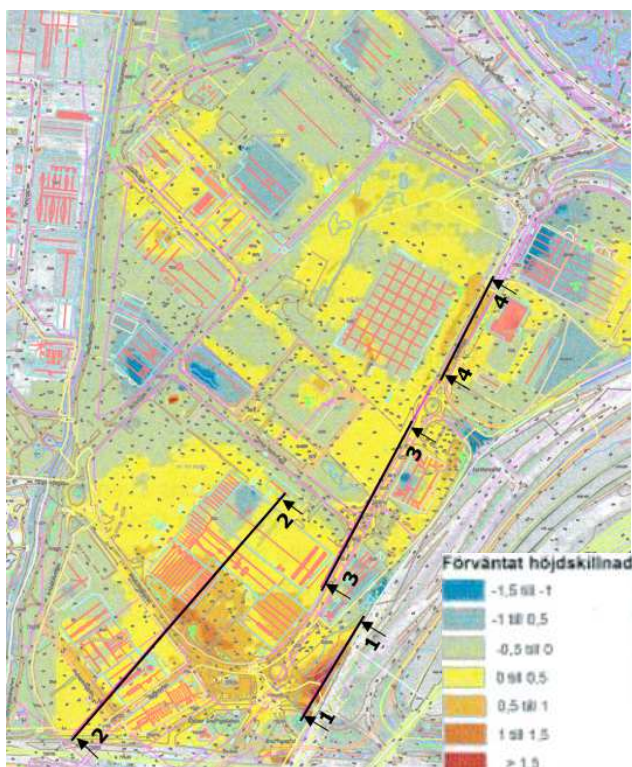
6.2 Beräkningssektioner

Spänningsanalys har utförts för område som ska höjas. Beräkningar utfördes i fyra sektioner som representerar varierande förväntad höjdskillnad, se Figur 6.1.

I sektionerna 1 och 2 varierar blivande fyllnadsmäktigheten mellan ca 0,5 och 2 m. I sektionerna 3 och 4 sätts fyllnadsmäktigheten konstant till 0,5 m respektive 1 m.



PM GEOTEKNIK



Figur 6.1. Beräkningssektioner

6.3 Materialegenskaper

I följande delkapitel presenteras de valda värden som har använts i sättningsberäkningarna. I sättningsmodell har leran delats upp med varierande materialparametrar (se Tabell 6.1).

Tabell 6.1. Jordlagerföljd som används i sättningsmodell.

Material	Nivå
Befintlig fyllning	2 till 0
Lera 1	0 till (-2)
Lera 2	(-2) till (-10)
Lera 3	(-10) till (-20)
Lera 4	(-20) till (-58)

6.3.1 Jordparametrar

Vattenkvot och tunghet har utvärderats utifrån en sammanställning av utförda undersökningar. Valda värden sammanställs i Tabell 6.2. Utvärdering redovisas i Bilaga 1.

Tabell 6.2. Sammanställning av valda jordegenskaper.

Material	Vattenkvot	Tunghet (kN/m ³)	Permeabilitet (m/år)
Befintlig fyllning	25	18,0	1000



PM GEOTEKNIK

Lera 1, 2	$100 - 2*z$ (z utgår från fyllningsunderkant)	14,5	0,0284
Lera 3	70	16,0	0,0158
Lera 4	70	16,0	0,0079

6.3.2 Deformationsegenskaper

Härledda värden från CRS-försök på den naturligt avsatta lerans förkonsolideringstryck (σ'_c), gränstryck (σ'_L) och kompressionsmodulens olika värden (M_0 , M_L , M') redovisas i Tabell 6.3. och presenteras i Bilaga 2.

Tabell 6.3. Sammanställning deformationsegenskaper.

Material	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'
Lera 1	40	$60 + 7,83*z$ (z utgår från nivå 0)	$1000 + 275*z$ (z utgår från nivå 0)	250	10,5
Lera 2	$40 + 7,3*z$ (z utgår från nivå -2)			250	10,5
Lera 3				550	14,5
Lera 4				800	15,5

6.4 Vattenstånd och portryck

Grundvattenytan i beräkningarna är antagen på 0,5 m under markytan. Potryckprofilen är antagen som hydrostatisk från grundvattennivån.

6.5 Laster

Stora ytor inom området planeras att höjas. Sättningsberäkningar har utförts med olika fyllnadshöjd som varierar mellan 0 och 2 m.

Projekterad höjning har dimensionerats som överlast i modellen med varierande värden beroende av fyllnadsmäktighet. Fyllningen har antagits som förstärkningsmaterial med 22 kN/m³ tunghet.

Lastspridning har beräknats i sättningsprogrammet mot djupet enligt Boussinesq elasticitetsteori.

6.6 Beräkningar

6.6.1 Sektion 1

Sektion 1 ligger på den sydöstra delen av området och representerar den största ytan där uppfyllnadsmäktighet är större än 1,5 m. Längs sektionen har fyra olika punkter beräknats för att redovisa sättningar med varierande fyllnadsmäktighet. Beräknade sättningar i sektion 1 redovisas i Tabell 6.4.

Tabell 6.4. Beräknad sättning för olika uppfyllnadsmäktigheter i sektion 1.

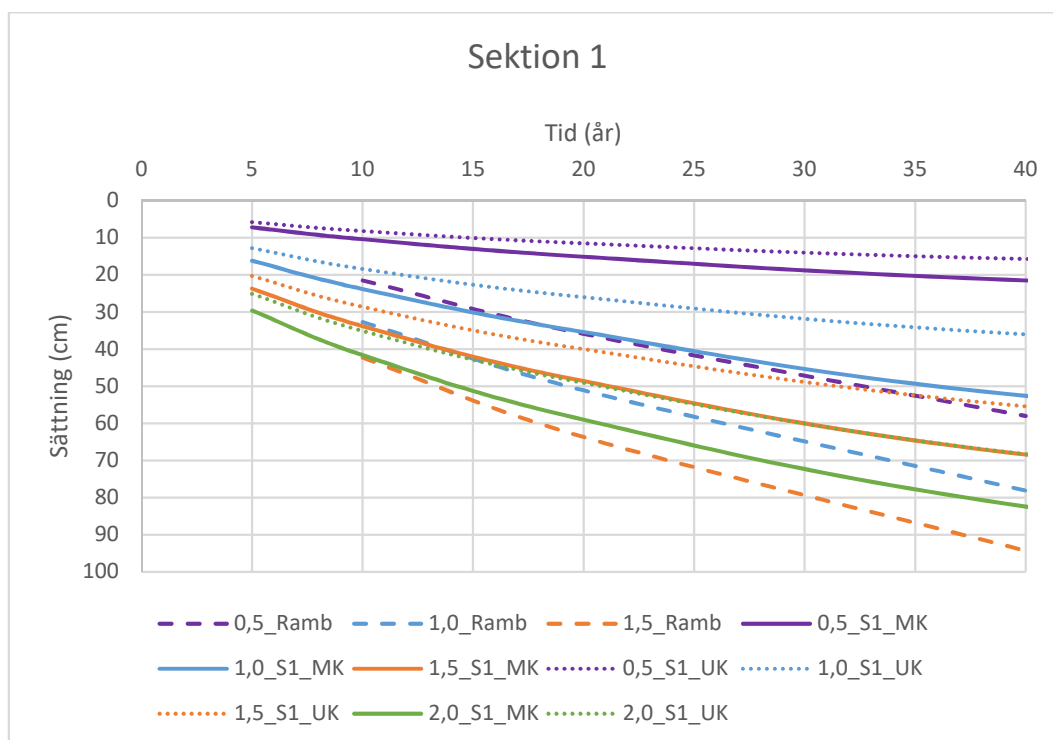
Sättning med kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	7	10	15	21
1,0	16	24	35	52
1,5	24	34	49	68
2,0	30	42	59	82
Sättning utan kryp (cm)				



PM GEOTEKNIK

Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	6	8	12	16
1,0	13	18	26	36
1,5	20	29	40	55
2,0	25	35	49	68

Sättningsresultat för sektion 1 redovisas i Figur 6.2. Sättningar beräknade av Ramböll inkluderas för jämföring med en streckad linje. Sättningar med kryp redovisas med heldragen linje och sättningar utan kryp med en prickad linje.



Figur 6.2. Sättningsresultat sektion 1.

6.6.2 Sektion 2

Sektion 2 ligger inom den södra delen av området. Höjdskillnad längs sektionen varierar mellan 0,5 m och 1,5 m. Tre punkter har beräknats längs sektionen för att redovisa sättningar med varierande uppfyllnadsmäktighet. Beräknade sättningar i sektion 2 redovisas i Tabell 6.5.

Tabell 6.5. Beräknad sättning för olika uppfyllnadsmäktigheter i sektion 2.

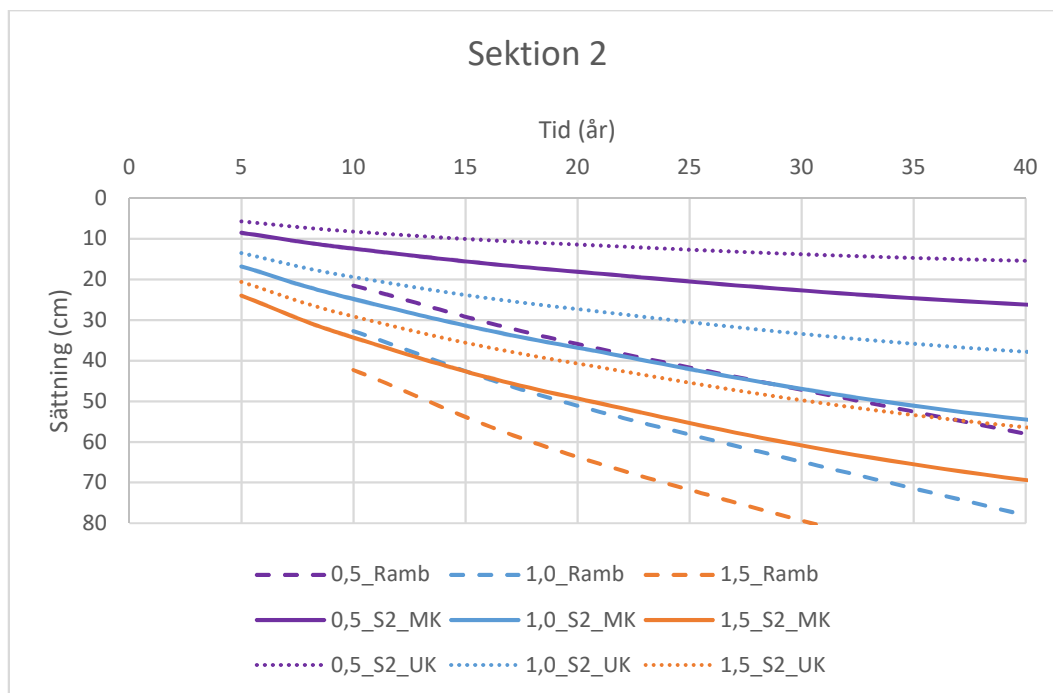
Sättning med kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	9	12	18	26
1,0	17	25	37	54
1,5	24	34	49	69
Sättning utan kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	6	8	11	15



PM GEOTEKNIK

1,0	14	19	27	38
1,5	21	29	41	56

Sättningsresultat för sektion 2 redovisas i Figur 6.3. Sättningar beräknade av Ramböll inkluderas för jämförelse med en streckad linje. Sättningar med kryp redovisas med heldragen linje och sättningar utan kryp med en prickad linje.



Figur 6.3. Sättningsresultat sektion 2.

6.6.3 Sektion 3

Sektion 3 ligger inom den västra delen av området norr om sektion 1. Höjdskillnaden längs sektionen är konstant på ca 0,5 m. Beräknade sättningar i sektion 3 redovisas i Tabell 6.6.

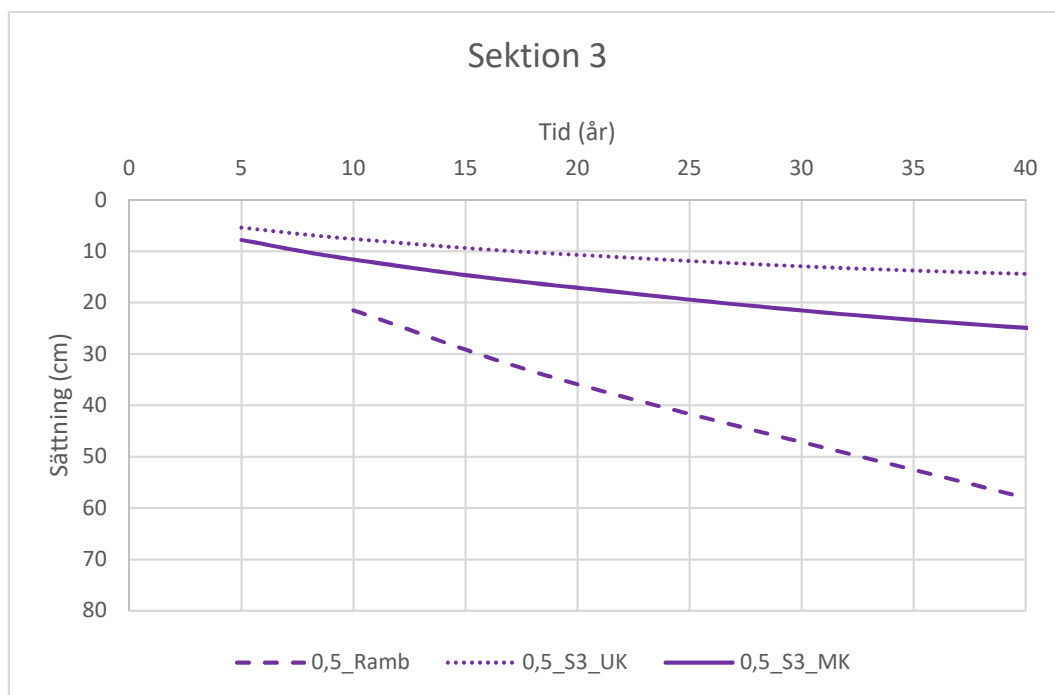
Tabell 6.6. Beräknad sättning i sektion 3.

Sättning med kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	8	12	17	25
Sättning utan kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
0,5	5	8	11	14

Sättningsresultat för sektion 3 redovisas i Figur 6.4. Sättningar beräknade av Ramböll inkluderas för jämförelse med en streckad linje. Sättningar med kryp redovisas med heldragen linje och sättningar utan kryp med en prickad linje.



PM GEOTEKNIK



Figur 6.4. Sättningsresultat sektion 3.

6.6.4 Sektion 4

Sektion 4 ligger inom den västra delen av området norr om sektion 3. Höjdskillnad längs sektionen är konstant på ca 1,0 m. Beräknade sättningar i sektion 4 redovisas i Tabell 6.7.

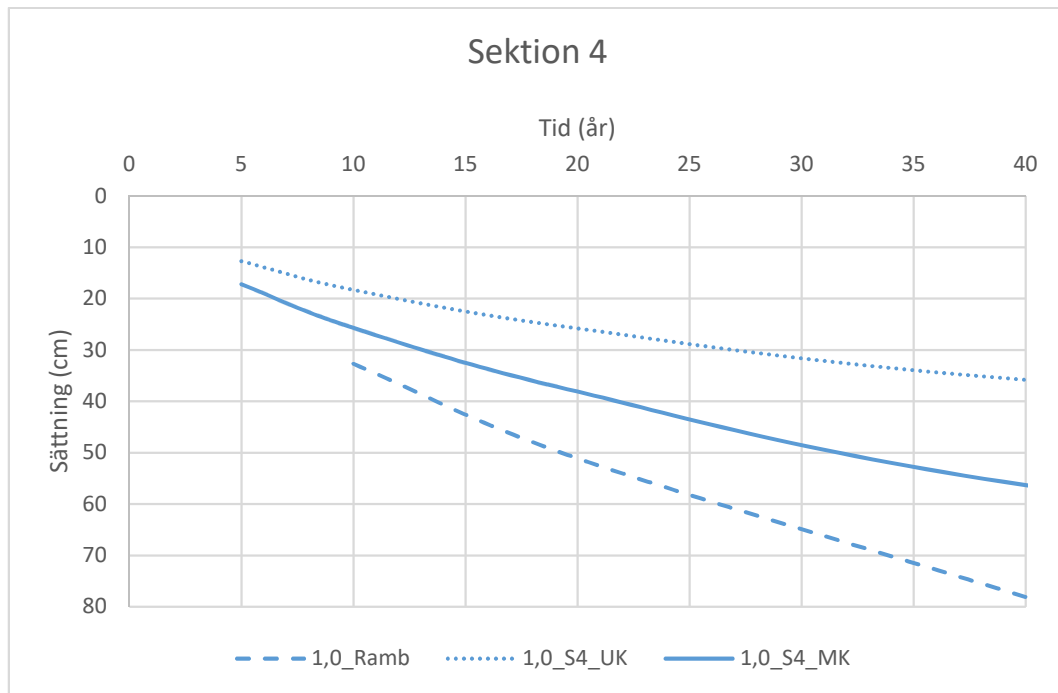
Tabell 6.7. Beräknad sättning i sektion 4.

Sättning med kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
1,0	17	26	38	56
Sättning utan kryp (cm)				
Fyllnadsmäktighet(m) /Tid (år)	5	10	20	40
1,0	13	18	26	36

Sättningsresultat för sektion 4 redovisas i Figur 6.5. Sättningar beräknade av Ramböll inkluderas för jämförelse med en streckad linje. Sättningar med kryp redovisas med heldragen linje och sättningar utan kryp med en prickad linje.



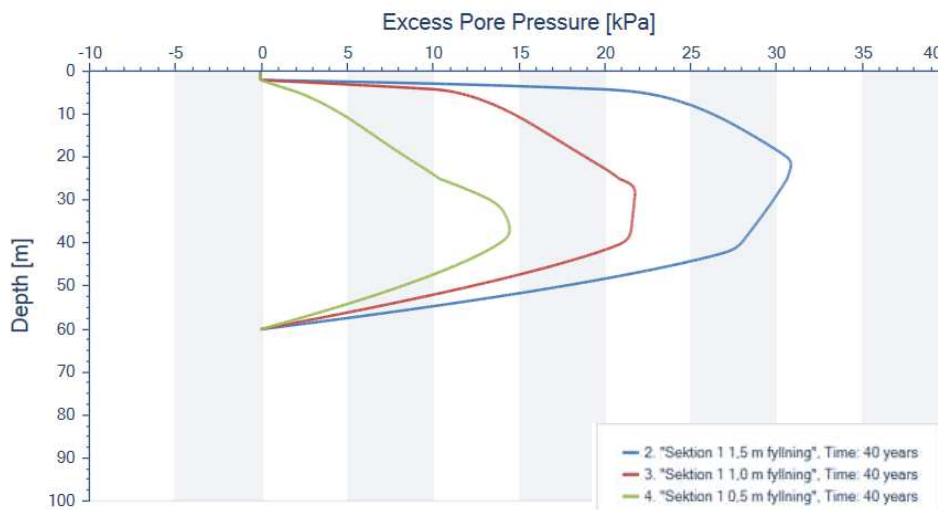
PM GEOTEKNIK



Figur 6.5. Sättningsresultat sektion 4.

6.6.5 Portryck

Utförda beräkningar visar att efter 40 år finns en stor del porvatten som inte har tryckts ur jorden, se Figur 6.6. På grund av detta kommer konsolideringssättningar att fortsätta även efter 40 år.



Figur 6.6. Porvattentryck efter 40 år i sektion 1 för fyllnadsmäktighet 1,5 m, 1 m samt 0,5 m.

7 Stabilitetsberäkningar

7.1 Beräkningsförutsättningar

Beräkningar är utförda med Geostudio Slope version 8.16 med beräkningsmetoden Morgenstern-Price. Analys är utförd med avseende på cirkulärcylindriska glidytor med dimensionerande värden enligt IEG rapport 6:2008 "Slänter och bankar".



PM GEOTEKNIK

Beräkningarna hänförs till geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2)-Beräknad säkerhetsfaktor i odränerad analys (F_c) och kombinerad analys (F_{komb}) ska överskriva F_{EN} enligt IEG rapport 6:2008 "Slänter och bankar". Gränsvärden för respektive säkerhetsklass framgår av Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Krav för säkerhetsfaktor för respektive säkerhetsklass enligt IEG rapport 6:2008.

Säkerhetsklass	F_{EN}
SK1	0,9
SK2	1,0
SK3	1,1

Beräkningar har utförts med avseende på stabilitet i samband med ny höjdsättning i Backaplan. Totalstabiliteten kontrolleras för två sektioner längs Kvillebäcken där stabiliteten bedöms sämst på grund av närheten till körytor.

7.2 Beräkningssektioner

Beräkningar har utförts på två representativa sektioner mot Kvillebäcken. Sektionerna ligger närmast till projekterade körytor samt representerar branta slänter som bedöms vara mest kritiska för området ur stabilitetssynpunkt. Geometrin har baserats utifrån grundkartas höjdkurvor samt karta för ny höjdsättning. Sektionernas läge i plan visas i Figur 7.1.



Figur 7.1. Placering av beräkningssektioner i plan



PM GEOTEKNIK

7.3 Dimensionerande värde

Beräkningar är utförda med dimensionerande värden framtagna enligt rapport IEG 6:2008 "Slänter och bankar". I ekvationerna nedan redovisas hur det dimensionerande värdet beräknas utifrån ett vält värde baserat på härledda värden från nu utförda undersökningar. Partialkoefficienter redovisas i Tabell 7.2.

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot \bar{X} \quad \text{Odränerade skjuvhållfasthet}$$

$$X_d = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot \bar{X} \right) \quad \text{Friktionsvinkel}$$

där: X_d Dimensionerande värde på aktuell materialparameter
 \bar{X} Värdet värde baserat på härledda värden
 γ_M Partialkoefficient
 η Omräkningsfaktor, baseras på den geotekniska undersökningen

Tabell 7.2. Partialkoefficienter för olika materialparametrar för stabilitetsberäkningar.

Jordparameter	Symbol	Värde
Friktionsvinkel	γ_{ϕ}'	1,3
Effektiv kohesion	γ_c'	1,3
Odränerad skjuvhållfasthet	γ_{cu}'	1,5
Densitet	γ_V'	1,0

7.3.1 Dimensionerande jordparametrar stabilitetsberäkning

Nedan följer en redovisning över hur faktorerna är valda.

Odränerade parametrar

- $\eta_{1,2} = 1,0$ normalsvensk lera
- $\eta_3 = 1,0$ två till tre metoder har använts, lite spridning i resultat
- $\eta_{4,5,6,7} = 1,0$ stor brottyta, medelvärde

Dränerade parametrar

Dränerade parametrar har antagits utifrån tabellvärden i TK Geo 13 vilket medför att samtliga η -faktorer är 1,0.

Valda värden för jordens tunghet samt friktionsvinkel har antagits utifrån Tabell 5.2-1 respektive Tabell 5.2-3 i TK Geo 13. Vald odränerad skjuvhållfasthet samt tunghet för leran baseras på uppmätta värden av omkringliggande borrhål, se kapitel 5.4.

7.3.2 Dimensionerande jordparametrar stabilitetsberäkning

Jordmodellen i beräkningarna har utvärderats från utförda geotekniska undersökningar, se MUR/Geo, daterad 2018-10-26. Materialparametrarna som användas i stabilitetsberäkningarna redovisas i Tabell 7.3



PM GEOTEKNIK

Tabell 7.3. Dimensionerande värden för materialparameter för stabilitetsberäkningar.

Material	Valt värde	Dimensionerande värde	Densitet
Lera 1	<u>Odränerad</u> $C_u = 10 \text{ kPa} + 0,8 * z$, från nivå 0 till -15 <u>Kombinerad</u> $\Phi'_k = 30^\circ$ $C' = 0,11 * C_u$	<u>Odränerad</u> $C_u = 6,7 \text{ kPa} + 0,53 * z$, från nivå 0 till -15 <u>Kombinerad</u> $\Phi'_k = 23,9^\circ$ $C' = 0,11 * C_u$	15,2 kN/m ³
Lera 2	<u>Odränerad</u> $C_u = 22 \text{ kPa} + 1,2 * z$, från nivå -15 <u>Kombinerad</u> $\Phi'_k = 30^\circ$ $C' = 0,11 * C_u$	<u>Odränerad</u> $C_u = 14,7 \text{ kPa} + 0,8 * z$, från nivå -15 <u>Kombinerad</u> $\Phi'_k = 23,9^\circ$ $C' = 0,11 * C_u$	16 kN/m ³
Fyllning	$\Phi'_k = 32^\circ$	$\Phi'_d = 25,7^\circ$	18 kN/m ³
Vägöverbyggnad	$\Phi'_k = 45^\circ$	$\Phi'_d = 37,6^\circ$	22 kN/m ³
Lättyfyllning	$\Phi'_k = 45^\circ$	$\Phi'_d = 37,6^\circ$	4,5 kN/m ³

7.4 Vattenstånd och portryck

Grundvattennivån har antagits vara på nivå +2, med en hydrostatisk fördelning i beräkningarna. Bäckens har antagits vara torrlagd.

7.5 Resultat av stabilitetsberäkningar

I Tabell 7.4 nedan presenteras resultaten från de utförda stabilitetsberäkningarna för föreslagna höjdsättningen utan förstärkningsåtgärder. Beräkningarna redovisas i sin helhet i Bilaga 3.

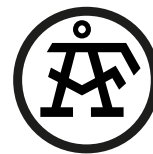
Tabell 7.4. Stabilitetsberäkningar resultat utan förstärkningsåtgärder.

Beräkning	Beräknad säkerhetsfaktor	Kontroll	Bilaga
Sektion 1	$F_c = 0,91$	EJ OK < 1,0	3:1
	$F_{komb} = 0,82$	EJ OK < 1,0	3:2
Sektion 2	$F_c = 0,99$	EJ OK < 1,0	3:3
	$F_{komb} = 0,93$	EJ OK < 1,0	3:4

8 Förstärkningsåtgärder

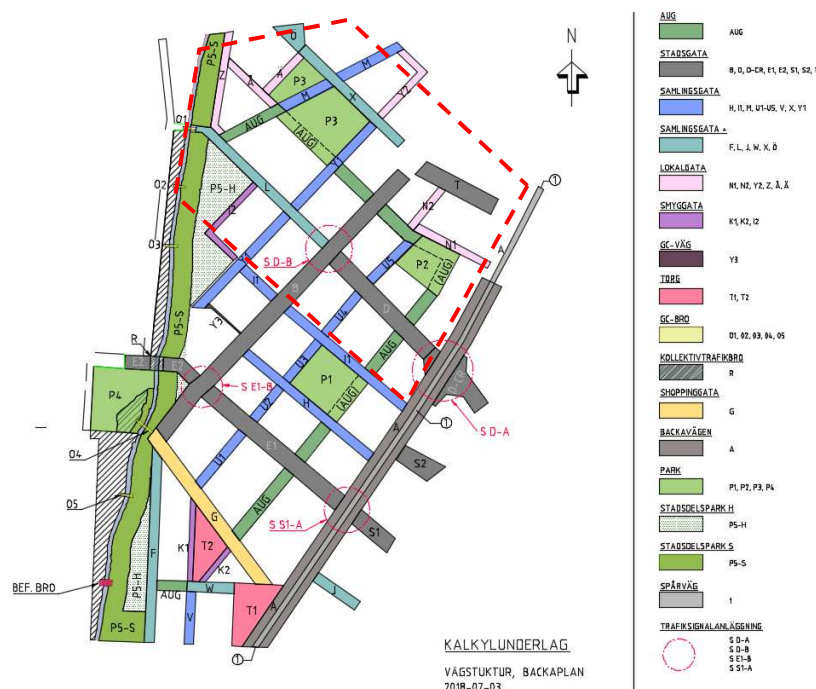
8.1 Beräkningsförutsättningar

Resultat från Kapitel 6,6 visar att uppfyllnader på Backaplan medför mycket stora sättningar och förstärkningsåtgärder krävs för att minimera sättningar. För detta skede har all lastökning valts att kompenseras med lättyfyllning där det så fungerar med avseende på upplyft. Där det inte går har bankpålning valts.



PM GEOTEKNIK

Förstärkningsåtgärder samt kostnadsberäkning för planerade åtgärder redovisas enligt vägstruktur för Backaplan, se Figur 8.1.



Figur 8.1. Vägstruktur, Backaplan.

Rekommendationer gällande förstärkningsåtgärds har delats upp i hårdgjorda ytor och parkområde.

Hårdgjorda ytorna innefattar körytor, GC-vägar, spårvägar samt byggnadsområden. Byggnaderna i området bedöms grundläggas med pålar. Ingen förstärkningsåtgärd har dimensionerats för det i den här analysen.

I grönområden (innefattar parker) bedöms pågående sättningar vara acceptabelt. Dock har en meter lättfyllning tagits med i kostnadsberäkning för alla parkområden enligt kundens önskemål.

Enligt typsektioner från teknisk handboken för Göteborg Stad är överbyggnadsmåttighet för spårväg och väg ungefär 0,9 m, respektive 0,8 m. Överbyggnadsmåttigheten är antagen till 0,85 för samtliga ytor.

Förstärkningsåtgärder har dimensionerats beroende av nivåskillnad, se Figur 6.1. Åtgärder har dimensionerats för varierande höjdskillnad varje halv meter.

Upplyftning i området har beräknats med antagandet om att grundvattennivå ligger på nivå +2 och HHW på nivå +2,3.

En stor del av området utgörs av en gammal deponi (ungefärlig utbredning för deponin visas i Figur 8.1 med en rödsträckt linje). Antagna miljökrav för deponiområdet är att den översta 2,5 m massor, räknat från befintlig markyta, behöver saneras. I resten av området är det räknat med sanering till 2 meter djup. Detta gäller för både hård- och grönjorda ytor. Kostnadsberäkning för schaktarbetet ingår i budget för geoteknik. Ingen kostnad relaterad med kvittblivning av befintliga massor samt återfyllning av nya massor utom lättfyllning har beräknats då kostnad ingår i miljökostnadsberäkning.



PM GEOTEKNIK

8.2 Indata till förstärkningsåtgärder

8.2.1 Lättfyllning

Mäktigheten av lättfyllningen har beräknats för att kompensera hela lasten från överbyggnaden. Skumglas har valts som lättfyllnadsmaterialet. Tunghet för överbyggnad har bestämts till 22 kN/m³. Beräknad mäktighet för olika uppfyllnadshöjd redovisas i Tabell 8.1

Tabell 8.1. Lättfyllnadsmäktighet för olika uppfyllnadshöjd.

Uppfyllnadshöjd (m)	Skumglasmäktighet under överbyggnad (m)
0	0,5
0,5	1,8
1,0	3,0
1,5	3,8

Vid område där blivande marknivå är halv meter lägre än nuvarande bedöms ej lättfyllning behövas för att kompensera lasten från överbyggnad.

8.2.2 Upplyftning

Verifiering av risk av upplyftning har beräknats enligt ekvationen nedan:

$$G_{dst} \leq 0,9 \cdot G_{stb}$$

där

G_{dst} är last på den pådrivande sidan

G_{stb} är last på den mothållande sidan

Kontroll av risk för upplyftning har utförts för varierande uppfyllnadshöjd med lättfyllningsmäktighet beräknade i kapitel 8.2.1. Enligt beräkningar finns risk för upplyftning där uppfyllnadshöjd är högre än 1 m och slutnivå på marken är lägre än +2,7. Lättfyllning kan inte användas som sättningsreducerande åtgärd i dessa område.

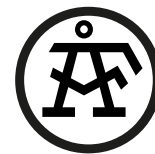
8.2.3 Bankpålning

Översiktlig dimensionering av bankpålning har utförts för uppfyllnadshöjd av 1 m och 1,5 m.

Pållängden har bestämts utifrån beräkning av lasteffekt i pålar och pålars bärförmåga. Beskrivning av bankpålning redovisas i Tabell 8.2 för varje analyserat fall.

Tabell 8.2. Bankpålning förhållanden.

Parametrar	Uppfyllnadshöjd 1 m	Uppfyllnadshöjd 1,5 m
Påltyp	SP2	SP2
Sidomått påle	0,275 m	0,275 m
Höjd platta	0,5 m	0,5 m
Bredd plattor (a)	1,6 m	1,6 m



PM GEOTEKNIK

Antagit avstånd mellan pålar (c)	2,4 m	2,4 m
Höjd lastfördelande lager	1,0 m	1,0 m
Överbyggnad	0,6 m	1,1 m

Enligt utförda beräkningar krävs 40 m pålar för området med 1 m uppfyllnadshöjd och 45 m pålar för området med 1,5 m uppfyllnadshöjd.

Sättningsberäkning har utförts för bankpållning med 40 m långa pålar samt 45 m pålar. Resultatet redovisas i Tabell 8.3.

Tabell 8.3. Sättningsresultat för bankpållning.

Sättning med kryp (cm)				
	5	10	20	40
40 m pålar	3	6	12	21
45 m pålar	4	6	12	21
Sättning utan kryp (cm)				
	5	10	20	40
40 m pålar	2	4	7	13
45 m pålar	2	4	7	13

Om bankpållning med betongpållar inte kan användas på grund av korsande ledningar kan påldäck med slagna borrade stålörspållar installeras istället. En bedömning på däckstjocklek samt spannet mellan pållar utfördes utifrån Bro 94 beroende på bankens höjd. Beskrivning av påldäck redovisas i Tabell 8.4.

Tabell 8.4. Påldäck indata.

Parametrar	Uppfyllnadshöjd 1 m	Uppfyllnadshöjd 1,5 m
Pålldiameter	RD 170	RD 170
Däckstjocklek	0,4 m	0,4 m
Antagit avstånd mellan pållar (c)	4 m	3,5 m
Bankenshöjd	0,6 m	1,1 m

8.2.4 Stabilitet med förstärkningsåtgärder

Stabilitetsberäkningar utfördes på de två sektioner som redovisas i kapitel 7.2 efter utläggning av lättfyllning som förstärkningsåtgärd under överbyggnaden. Enligt föreslagna höjdsättningen är höjdskillnad i området längs med Kvillebäcken mellan -0,5 m och 0 m, se Figur 6.1. På grund av detta bestämts lättfyllnadsmäktighet till 0,5 m för att kompensera lasten från överbyggnaden (se kapitel 8.2.1). Beräkningsresultat redovisas i Tabell 8.5 och i sin helhet i Bilaga 5.

Tabell 8.5. Stabilitetsberäkning resultat efter förstärkningsåtgärder.

Beräkning	Beräknad säkerhetsfaktor	Kontroll	Bilaga
Sektion 1	$F_c = 1,32$ $F_{komb} = 1,60$	OK > 1,0 OK > 1,0	5:1 5:2
Sektion 2	$F_c = 1,14$ $F_{komb} = 1,0$	OK > 1,0 OK > 1,0	5:3 5:4



PM GEOTEKNIK

8.3 Omfattning av förstärkningsåtgärder

Förstärkningsåtgärder fördelas beroende av höjdsättning för varje vägtyp inom Backaplan, se Figur 8.1. Sammanställning av geoteknisk åtgärd per vägtyp samt beräknade area per åtgärd för Alternativ 1 (se Figur 4.1 (a).) redovisas i Tabell 8.6. Planritning med förstärkningsåtgärder för olika yttyper för Alternativ 1 redovisas i Bilaga 7.1.

Tabell 8.6. Förstärkningsåtgärderarea per vägtyp för Alternativ 1. (* Skg är Skumglas; ** BP är Bankpålning; *** PD är Påldäck)

Benämning	Total area (m ²)	Åtgärd area (m ²)								
		Ingen åtgärd	Skg* 0,5m	Gytor Skg 0,5 0ns	Gytor Skg 0,5m (0,5m ns)	Gytor Skg 1m	Skg 1,8m	Skg 3,0 m	BP** 40m/PD***	BP 45m/PD
1	6880	352	340				4604		1584	
A	16560						11808		4752	
AUG	9522		3114				5364	1044		
AUG-P	5819			2186	3633					
B	13110	4393	4577				4140			
C1	725		725							
C2	315		315							
C3	234						234			
C4	207		207							
C5	1392		1392							
C6	1212	1212								
D	4070		1591				2479			
D-CR	3015	3015								
E1	6060	2020	2020				2020			
E2	3080	3080								
F1	5070		1031				4039			
F2	705		705							
G	4765		900				1155		2710	
H1	1290		645				645			
H2	1095	510	585							
HP	4									
I1	1065		1065							
I2	1065		1065							
I3	975		975							
I4	1530		635				896			
J	540								240	300
K1	1001		691				310			
K2	660		433				227			
L	4448		4448							
M	1665		765				900			
N1	810		810							
N2	732		732							

W:\Geoteknik -13955-VANBUD OCH UPPDRAG\2018\18171 Backaplan sättningsutredning\Projektdokument\Projekt\Projekterings PM Geoteknik_Backaplan sättningsutredning Rev2.docx



PM GEOTEKNIK

N3	924		924							
N4	476		476							
O1	80									
O2	80									
O3	80									
O4	80									
O5	80									
P LEK	1									
P1	10740			5370	5370					
P2	4780				4780					
P3	13605			13605						
P4	7870			7870						
P5 H	15952			15952						
P5 LEK	1									
P5 S	29336					29336				
R	880									
S1	940	470	470							
S2	1200		1200							
T	2200		1100				1100			
T1	5235						4470	765		
T2	6045						6045			
U1	1744		872				872			
U2	792		792							
U3	3549		3549							
U4	1350		1350							
U5	695		696							
V	1245						1245			
W	920						920			
X	3270		1125				2145			
Y1	1647		1647							
Y2	3370		3370							
Z1	2064		2064							
Z2	511		511							
Å	1280	912	368							
Ä	700	700								
Ö	1135		1135							
Totalt	224 478	16 664	51 414	44 983	13 783	29 336	55 618	1 044	10 051	300

Ingen geoteknisk åtgärd behövs för områden där höjdskillnad för blivande förhållanden är negativ. I kostnadsberäkningen ingår dock schaktning för sanering och fyllning upp till uk förstärkningslager.

I alternativ 2 (se Figur 4.1 (b)) är förstärkningsåtgärdfördelning samma som alternativ 1 utom i Backavägen (Benämning 1 och A för spårväg respektive väg).



PM GEOTEKNIK

Sammanställning av åtgärd per vägtyp för alternativ 2 i Backavägen redovisas i Tabell 8.7. Planritning med förstärkningsåtgärder för olika yttyper för Alternativ 2 redovisas i Bilaga 7.2.

Tabell 8.7. Förstärkningsåtgärderarea per vägtyp för alternativ 2 (* Skg hänvisar Skumglas; ** BP hänvisar Bankpålning; *** PD hänvisar Påldäck)

Benämning	Total area (m ²)	Åtgärd area (m ²)								
		Ingen åtgärd	Skg* 0,5m	Gytor Skg 0,5 Ons	Gytor Skg 0,5m (0,5m ns)	Gytor Skg 1m	Skg 1,8m	Skg 3,0 m	BP** 40m/PD**	BP 45m/PD
1	6 880		692				5 140		1 048	
A	18 630						13 416		3 144	
Totalt	224 478	16 664	51 414	44 983	13 783	29 336	57 762	1 044	7 907	300

9 Kostnadsberäkning

9.1 Allmänt

Kostnadsberäkning innefattar kostnader för geotekniska åtgärder för utbyggnaden av allmän plats i Backaplan. Kostnadsberäkning avser bara entreprenadkostnader för geotekniska åtgärder.

9.2 Kostnadsantaganden för geotekniska åtgärder

9.2.1 Kostnadsberäkning bankpålning

Beräkningsindata för bankpålning presenteras i Tabell 9.1.

Tabell 9.1. Kostnadsantaganden för bankpålning.

Aktivitet	Kostnad	Enhet	Övrig
Pålning med betongpållar SP2	800	kr/m	
Betongplattor	1000	kr/platta	
c-c avstånd			2,4 m

Kostnad pållar 40 m / m² = ((800 kr * 40m) + 1000) / (2,4m*2,4m) = 5 729 kr/m²

Kostnad pållar 45 m / m² = ((800 kr * 45m) + 1000) / (2,4m*2,4m) = 6 424 kr/m²

9.2.2 Kostnadsberäkning påldäck

Beräkningsindata för påldäck presenteras i Tabell 9.2.

Tabell 9.2. Kostnadsantaganden för påldäck.

Aktivitet	Kostnad	Enhet	Övrig
Stålrörspållar RD 170	2000	kr/m	
Däck	2500	kr/m ²	
c-c avstånd uppfyllnadshöjd			3,5 m
Area uppfyllnadshöjd 1m alternativ 1			10 085 m ²
Area uppfyllnadshöjd 1m alternativ 2			7 740 m ²
Area uppfyllnadshöjd 1,5m			860 m ²



PM GEOTEKNIK

Kostnad pådäck $40 \text{ m/m}^2 = 2000 \text{ kr} * 40\text{m} / 3,5\text{m}*3,5\text{m} + 2500 \text{ kr/m}^2 = 9\ 031 \text{ kr/m}^2$
Kostnad pådäck $45 \text{ m/m}^2 = 2000 \text{ kr} * 45\text{m} / 3,5\text{m}*3,5\text{m} + 2500 \text{ kr/m}^2 = 9\ 847 \text{ kr/m}^2$

9.2.3 Samtliga kostnadsantaganden per aktivitet

Spontkonstruktion bedöms krävas för schaktarbete djupare än 3 m.
Kostnadsberäkning har utförts för en temporär spont.

Sammanställning av kostnadsantaganden redovisas i Tabell 9.3.

Tabell 9.3. Samtliga kostnadsantaganden.

Aktivitet	Kostnad	Enhet	Kommentarer
Bankpålning 40 m SP2 (alt 1 och 2)	5729	kr/m ²	
Bankpålning 45 m SP2	6424	kr/m ²	
Påldäck uppfyllnadshöjd 1 m	9031	kr/m ²	
Påldäck uppfyllnadshöjd 1,5 m	9847	kr/m ²	
Schakt	100	kr/m ³	Transport ingår ej
Bankmaterial	350	kr/m ³	Inkl. utläggning
Skumglas	1000	kr/m ³	Inkl. utläggning
Spont	4000	kr/m	Temporär spont

9.3 Samtliga kostnadsantaganden per höjdintervall

Redovisning av samtliga kostnad per höjdintervall utförs i det här snittet.

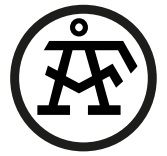
9.3.1 Hårdgjorda ytor

Tabell 9.4 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för ytorna där höjdskillnad är 0. För detta område krävs lastkompensering med 4 kPa efter utläggning av överbyggnad. För att komma ner till schaktbotten för överbyggnad av spårväg och väg behöver man ta bort 0,85 meter av befintlig markyta. Utöver det schaktas ytterligare 0,5 m för utläggning av lättfyllning. Utöver det schaktas ytterligare 1,15 m respektive 0,65 m för miljökrav i deponiområdet respektive i resten av området.

Tabell 9.4. Kostnadsantaganden för höjdskillnad 0 meter.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt till schaktbotten (m)	0,85		0,85	
Schakt för lättfyllning (m)	0,5		0,5	
Schakt för miljökrav (m)	1,15		0,65	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Lättfyllning (m)	0,5	500	0,5	500
Total kostnad kr/m²	I deponi	750	I resten av området	700

Tabell 9.5 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för ytorna där höjdskillnad är +0,5 m. För detta område behöver lastkompensering av 12,6 kPa efter utläggning av överbyggnad. För att komma ner till schaktbotten för överbyggnad av spårväg och väg behöver man ta bort 0,35 meter av befintlig markyta. Utöver det schaktas ytterligare 1,8 m för utläggning av lättfyllning. Ytterligare schaktning för miljökrav behövs inte då överbyggnads- samt lättfyllningsmaktigheten uppfylls kraven.



PM GEOTEKNIK

Tabell 9.5. Kostnadsantaganden för höjdskillnad 0,5 meter.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt till schaktbotten (m)	0,35		0,35	
Schakt för lättfyllning (m)	1,8		1,8	
Schakt för miljökrav	0,35		-	
Total schakt (m)	2,5	250	2,15	215
Lättfyllning (m)	1,8	1800	1,8	1800
Total kostnad kr/m²	I deponi	2 050	I resten av området	1 915

Tabell 9.6 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för hårdgjorda ytor där höjdskillnad är +1,0 m och blivande marknivå är större än +2,7. Det här förhållandet finns inte på spårväg eller GC-bana utan redovisas bara för vägar. För detta område behöver lastkompensering av 22 kPa efter utläggning av överbyggnad för väg. För att komma ner till schaktbotten för utläggning av lättfyllning behöver man ta bort 3,0 meter av befintlig markyta. Ingen ytterligare schakt behövs för miljökrav i deponi eller i resten av området. Spontkonstruktion har medtagits i kostnadsberäkning som stabilitetsåtgärd för schakt djupare än 3 m.

Tabell 9.6. Kostnadsantaganden för höjdskillnad 1,0 meter med blivande marknivå > +2,7.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt till schaktbotten (m)	0,0		0,0	
Schakt för lättfyllning (m)	3,0		3,0	
Schakt för miljökrav (m)	-		-	
Total schakt (m)	3,0	300	3,0	300
Lättfyllning (m)	3,0	3000	3,0	3000
Spont (m)	3,0	4000	3,0	4000
Total kostnad kr/m²	I deponi	7 300	I resten av området	7 300

Tabell 9.7 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för hårdgjorda ytor där höjdskillnad är +1,0 m och blivande marknivå är mindre än +2,7. Lättfyllning kan inte användas i det här området på grund av upplyftning. Bankpålning med 40 m lång pålar alternativ påldäck med stålpålar har dimensionerats som åtgärd mot sättningar.

Tabell 9.7. Kostnadsantaganden för höjdskillnad 1,0 m med blivande marknivå < +2,7.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Total schakt för bankpålning (m)	0,6		0,6	
Totalschakt för miljökrav (m)	1,9		1,4	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Bankpålning 40 m lång (m ²)	10 903	5729	1 584	5729
Bankmaterial (m)	0,15	52,5	0,15	52,5
Total kostnad bankpålning kr/m²	I deponi	6 031,5	I resten av området	5 981,5
Påldäck	10 903	9031	1 584	9031



PM GEOTEKNIK

Total schakt för påldäck (m)	0,6		0,6	
Totalschakt för miljökrav (m)	1,9		1,4	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Bankmaterial (m)	0,15	52,5	0,15	52,5
Total kostnad påldäck kr/m²	I deponi	9 333,5	I resten av området	9 238,5

Tabell 9.8 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för hårdgjorda ytor där höjdskillnad är +1,5 m. Lättfyllning kan inte användas i det här området på grund av upplyftning. Bankpålning med 45 m lång pålar alternativ påldäck med stålplålar har dimensionerats som åtgärd mot sättningar.

Tabell 9.8. Kostnadsantaganden för höjdskillnad 1,5 m.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Total schakt för bankpålning (m)	-			
Totalschakt för miljökrav (m)	2,5		2,0	
Totalschakt (m)	2,5	250	2,0	200
Bankpålning 45 m lång (m ²)	688	6424	688	6424
Bankmaterial (m)	0,65	227,5	0,65	227,5
Total kostnad bankpålning kr/m²	I deponi	6 901,5	I resten av området	6 851,5
Påldäck (m ²)	688	9847	688	9847
Total schakt för påldäck (m)	-	-	-	-
Totalschakt för miljökrav (m)	2,5		2,0	
Totalschakt (m)	2,5	250	2,0	200
Bankmaterial (m)	0,65	227,5	0,65	227,5
Total kostnad påldäck kr/m²	I deponi	10 324,5	I resten av området	10 274,5

Tabell 9.9 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för hårdgjorda ytor där höjdskillnad är -0,5 m. Lastkompensering behöver inte med negativ höjdskillnad. Kostnadsberäkningar tar hänsyn till schakt. För att komma ner till slutnivå man ta bort 0,5 meter av befintlig markyta. Utöver det schaktar ytterligare 0,85 m för utläggning av överbyggnad. Utöver det schaktar ytterligare 1,15 m respektive 0,65 m i deponi området respektive i resten av området för miljökrav.

Tabell 9.9. Kostnadsantaganden för höjdskillnad - 0,5 m.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt till schaktbotten (m)	0,5		0,5	
Schakt för överbyggnad (m)	0,85		0,85	
Schakt för miljökrav (m)	1,15		0,65	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Total kostnad kr/m²	I deponi	250	I resten av området	200

Tabell 9.10 visar kostnadsantaganden per kvadratmeter för hårdgjorda ytor där höjdskillnad är -1,0 m. Lastkompensering behöver inte med negativ höjdskillnad. Kostnadsberäkningar tar hänsyn till schakt. För att komma ner till slutnivå man ta bort



PM GEOTEKNIK

1,0 meter av befintlig markyta. Utöver det schaktar ytterligare 0,85 m för utläggning av överbyggnad. Utöver det schaktar ytterligare 0,65 m respektive 0,15 m i deponi området respektive resten av området för miljökrav.

Tabell 9.10. Kostnadsantaganden för höjdskillnad - 1,0m.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt till schaktbotten (m)	1,0		1,0	
Schakt för överbyggnad (m)	0,85		0,85	
Schakt för miljökrav (m)	0,65		0,15	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Total kostnad kr/m²	I deponi	250	I resten av området	200

9.3.2 Grönytor

Huvudparten av grönyterna ligger i områden där höjdskillnad är 0 - +0,5 m. Då ingen överbyggnad finns i området behöver ingen lastkompensation pga detta dock har en halv meter lättfyllning medtagits i kostnadsberäkning enligt beställarens önskemål.

För att klara stabilitet mot Kvillebäcken medtagits en meter lättfyllning i hela arean för grönytor P5-S.

Tabell 9.11 visar kostnadsantaganden för grönytor där höjdskillnad är 0 m.

Tabell 9.11. Kostnadsantaganden för grönområden med höjdskillnad 0 m.

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt för lättfyllning (m)	1		1	
Schakt för miljökrav (m)	1,5		1,0	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Lätfyllning	0,5	500	0,5	500
Total kostnad kr/m²		750		700

Tabell 9.12 visar kostnadsantaganden för grönområde mot Kvillebäcken som motsvarar med yttyp P5-S.

Tabell 9.12. Kostnadsantaganden för grönområde mot Kvillebäcken P5-S

Aktivitet	Antal - deponi	Kostnad (kr/m ²)	Antal - resten av området	Kostnad (kr/m ²)
Schakt för lättfyllning (m)	0,5		0,5	
Schakt för miljökrav (m)	2,0		1,5	
Total schakt (m)	2,5	250	2,0	200
Lätfyllning	1,0	1000	1,0	1000
Total kostnad kr/m²		1 250		1 200

Tabell 9.13 visar kostnadsantaganden för grönytor där höjdskillnad är 0,5 m.



PM GEOTEKNIK

10.2 Stabilitet

Stabilitet mot Kvillebäcken med ny höjdsättning är inte tillfredställande om konventionella fyllnadsmassor används. Om utläggning av lättfyllning utgörs enligt rekommendationer i kapitel 7 bedöms stabiliteten vara tillfredställande mot Kvillebäcken.

10.3 Fortsatt arbete

Vidare undersökningar och utredningar rekommenderas för att säkerställa sättningsstorleken samt sättningsstrenden.

Portrycksmätningar inom området rekommenderas för att säkerställa portrycksprofilen. På grund av storlek av undersökningsområdet rekommenderas att mellan 3 och 4 portrycksstationer installeras inom området.

Sättningsmätning föreslås för att beräkna pågående sättningsstrenden och justera resultaten från utförda beräkningar med riktiga jordförhållanden. Mätningar bör utföras i minst ett år i olika punkter inom området. Nivå data från brunnar inom området kan också användas för att säkerställa sättningsstrenden.

Förstärkningsåtgärder har dimensionerats med antagande av fyllnadsegenskaper. Fyllnadsmassornas djup samt densitet bör undersökas närmare inom området för att säkerställa omfattningen av projekterade geotekniska åtgärder.

10.4 Kostnads kalkylen

Totalkostnad för geotekniska åtgärder kan variera från vad som presenteras i dokumentet på grund av osäkerheter i projektunderlag. Osäkerheten som bedöms påverka kostnads kalkylen mest redovisas i snitt 9.5.1.

Andra parametrar som bedöms påverka kostnadsberäkningar är:

- Osäkerhet i entreprenadkostnad.
- Projektering, vilken inte ingår i kalkylen.

I kalkylen har all påförd last kompenseras med lättfyllning alternativ pålning. Om framtida projektering kan ske efter ett visst valt värde på godtagbar sättning kan eventuellt de geotekniska förstärkningsåtgärderna reduceras.

Total kostnad som ska gå vidare i kalkylen för geotekniska åtgärder för höjdsättning av Backaplan är 395 594 110 kr vilket motsvarar kalkyl för alternativ 2 med påldäck.

I detta skede beräknades 1 m lättfyllning på hela arean för yttyp P5-S för att säkerställa stabilitet mot Kvillebäcken. I nästa skede kan mängder förminska i samband med projektering. Vidare minskning i total kostnad om ca 10 % kan uppnås om lättfyllning medtar inte i resten av grönytorerna.

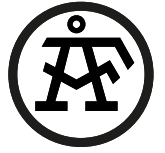
10.5 Övriga rekommendationer

- Då djupa schakter ev. kan bli nödvändiga rekommenderas att planera utbyggnaden och påbörja byggnation där schakterna är som djupast för att eventuellt kunna klara stabiliteten via avschaktningar och slippa spont.
- Planera garage i område med djupare schakter.



PM GEOTEKNIK

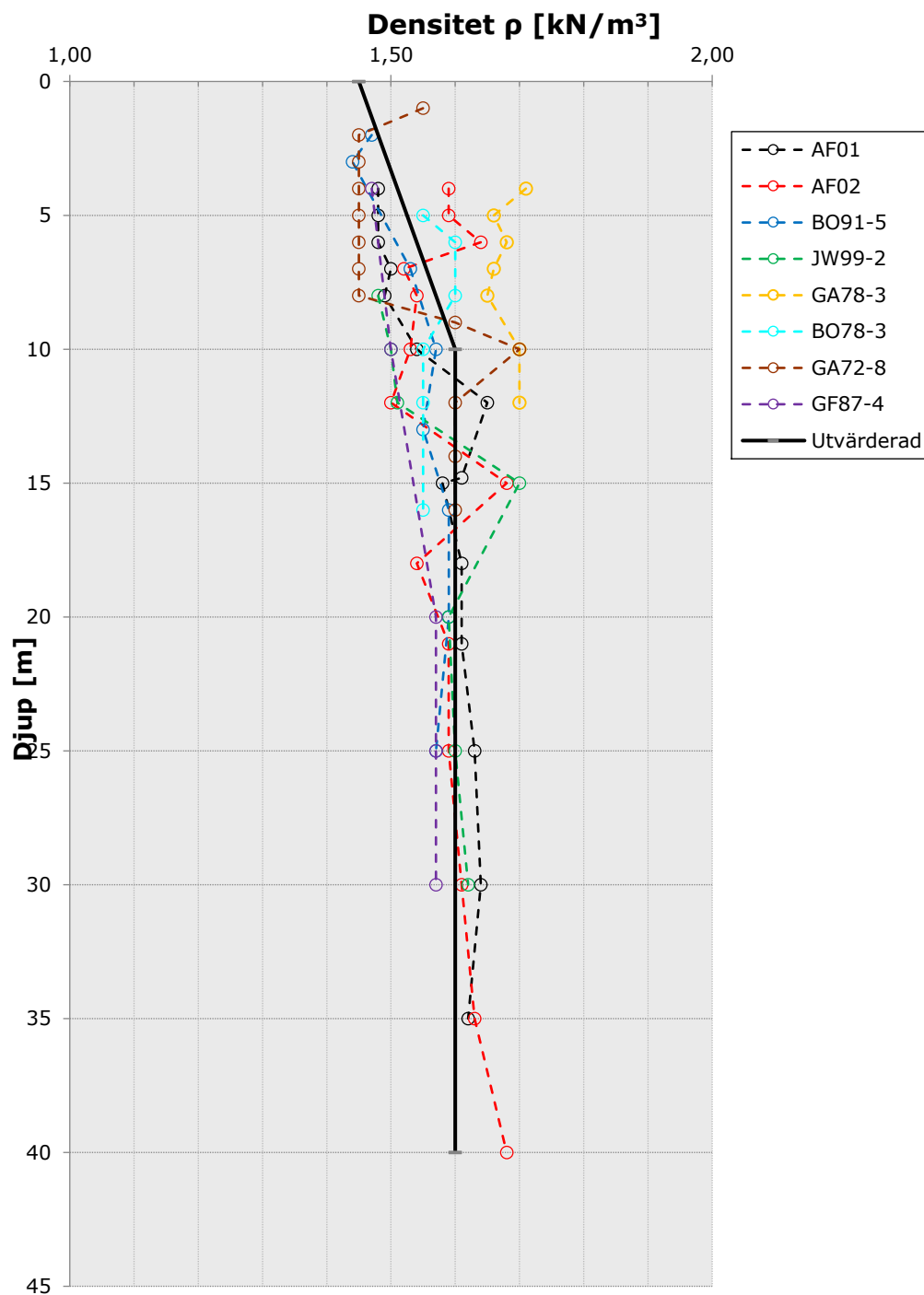
- Planera så att fastighetsägarna har mark utanför fasaden så att framtida åtgärder för sättningar närmast husen hamnar på fastighetsägaren och inte kommunen.
- Om det går att justera höjderna inom området genom att exempelvis göra åtgärder utanför området där sättningar kan accepteras minskar kostnaden för de geotekniska förstärkningsåtgärderna.



BILAGA 1, *Utvärderad jordegenskaper*

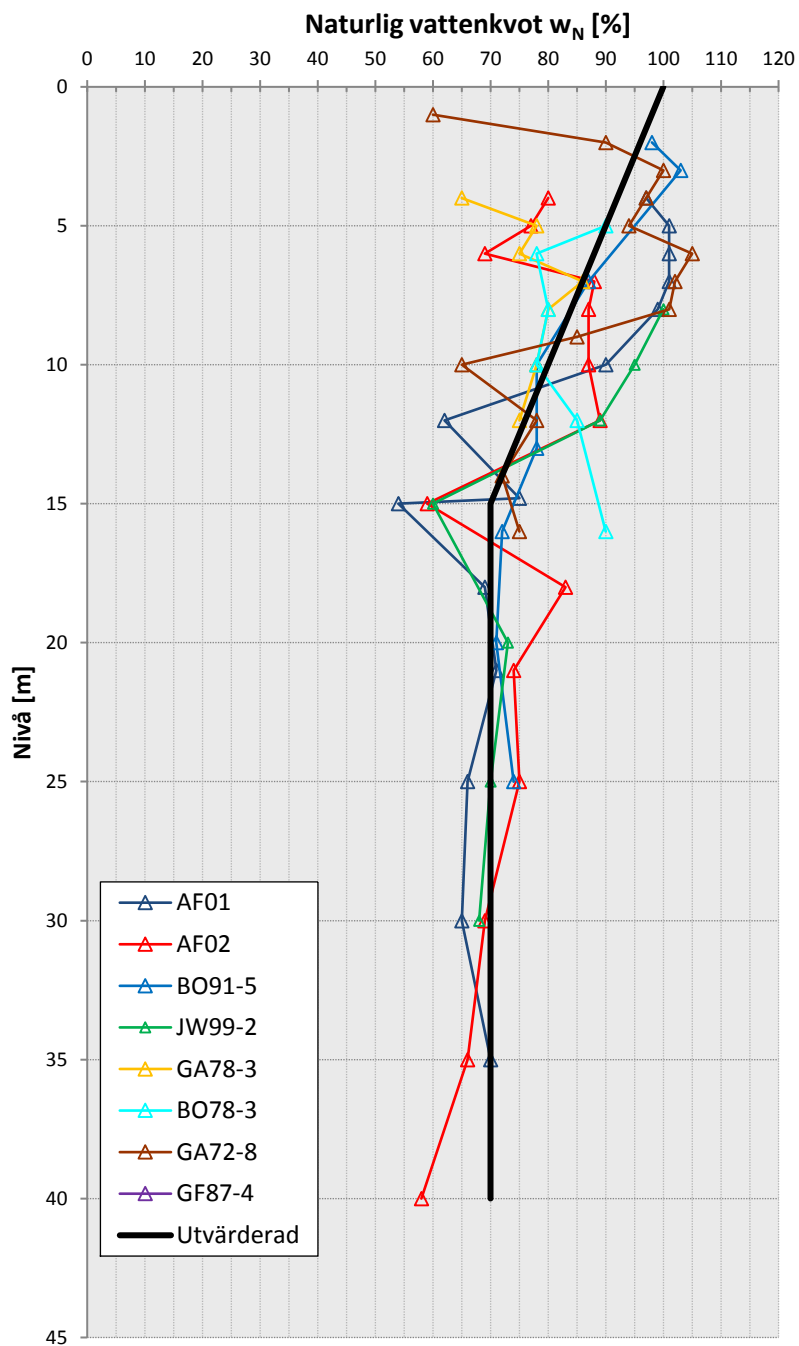


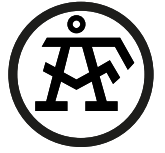
Projekt: Backaplan sättningsutredning
 Projektnummer: 18171
 Uppdragsledare: Anna Maria Janson





Projekt: Backaplan sättningsutredning
 Projektnummer: 18171
 Uppdragsledare: Anna Maria Janson





*BILAGA 2, Utvärderad
deformationsegenskaper*

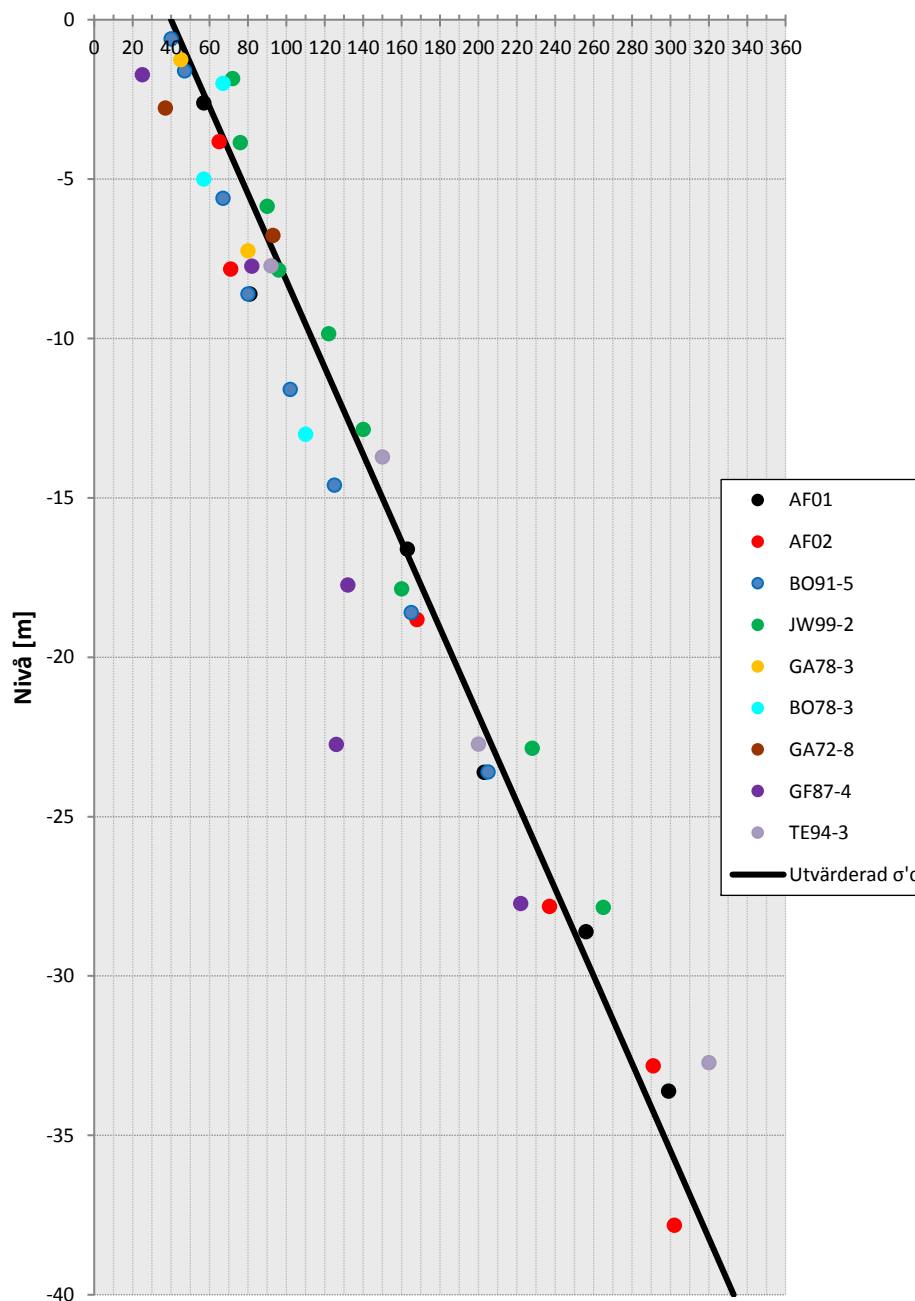


Projekt: Backaplan sättningsutredning

Projektnummer: 18171

Uppdragsledare: Anna Maria Janson

Förkonsolideringstryck σ'_c [kPa]



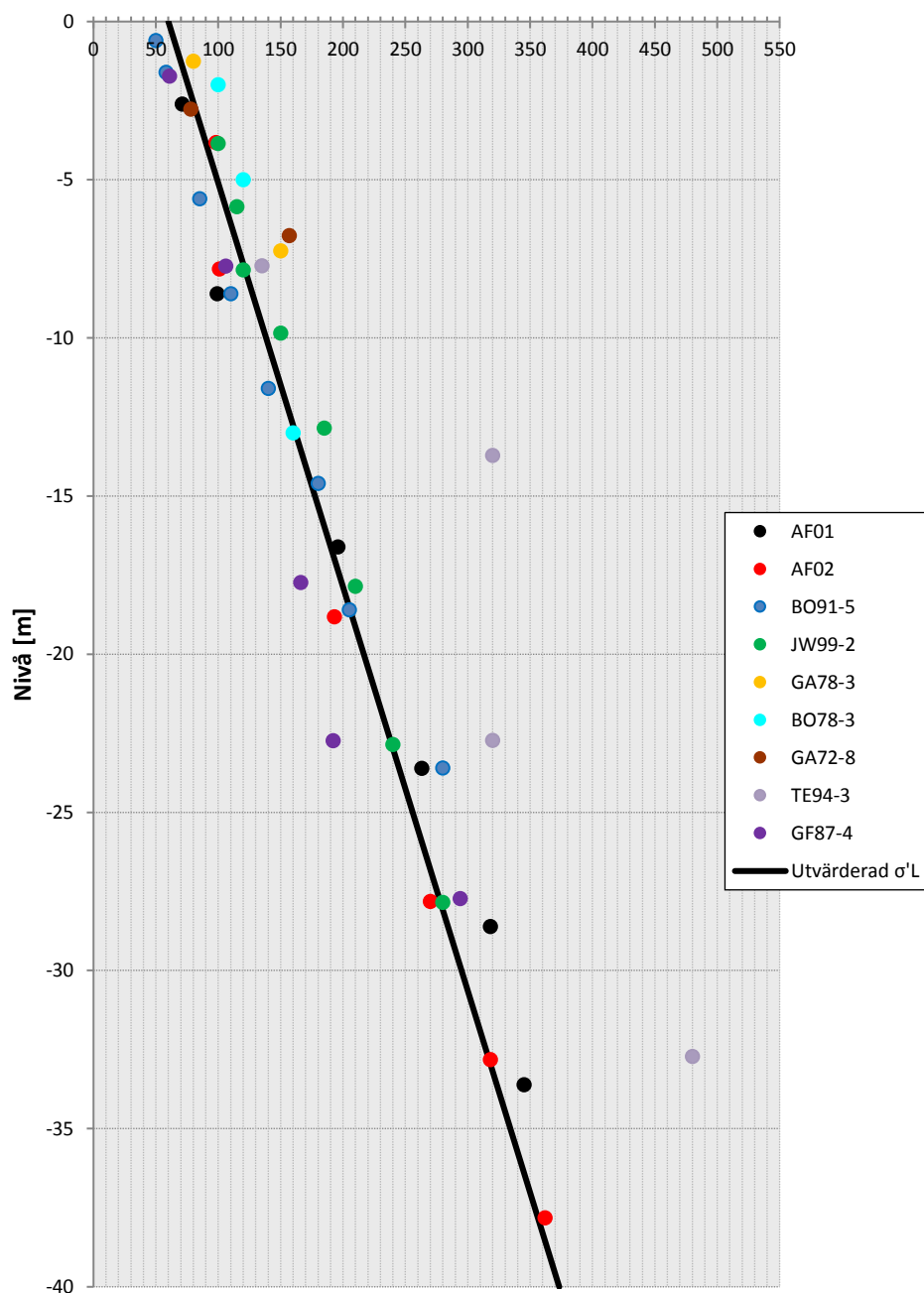


Projekt: Backaplan sättningsutredning

Projektnummer: 18171

Uppdragsledare: Anna Maria Janson

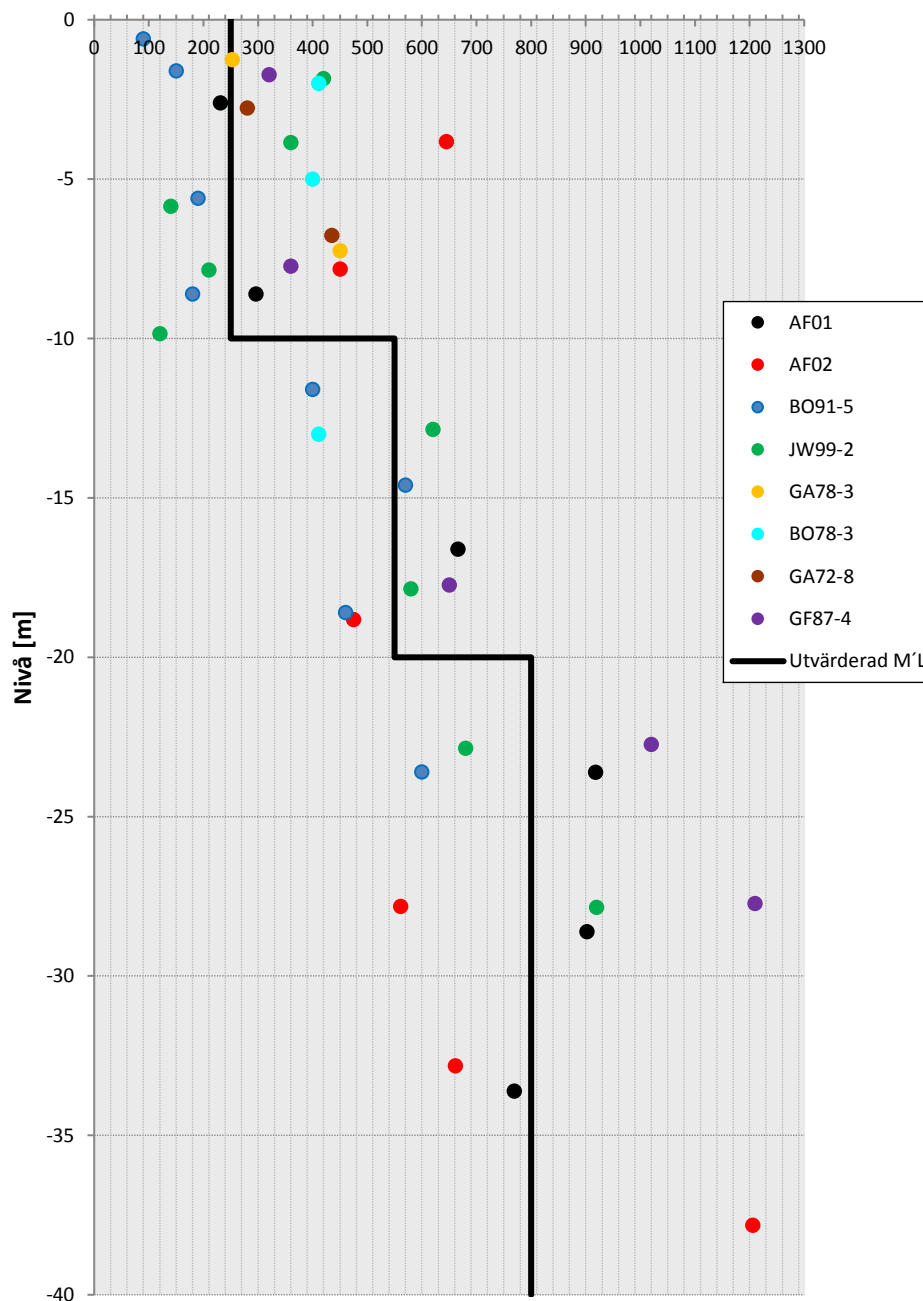
$\sigma'L$ [kPa]





Projekt: Backaplan sättningsutredning
 Projektnummer: 18171
 Uppdragsledare: Anna Maria Janson

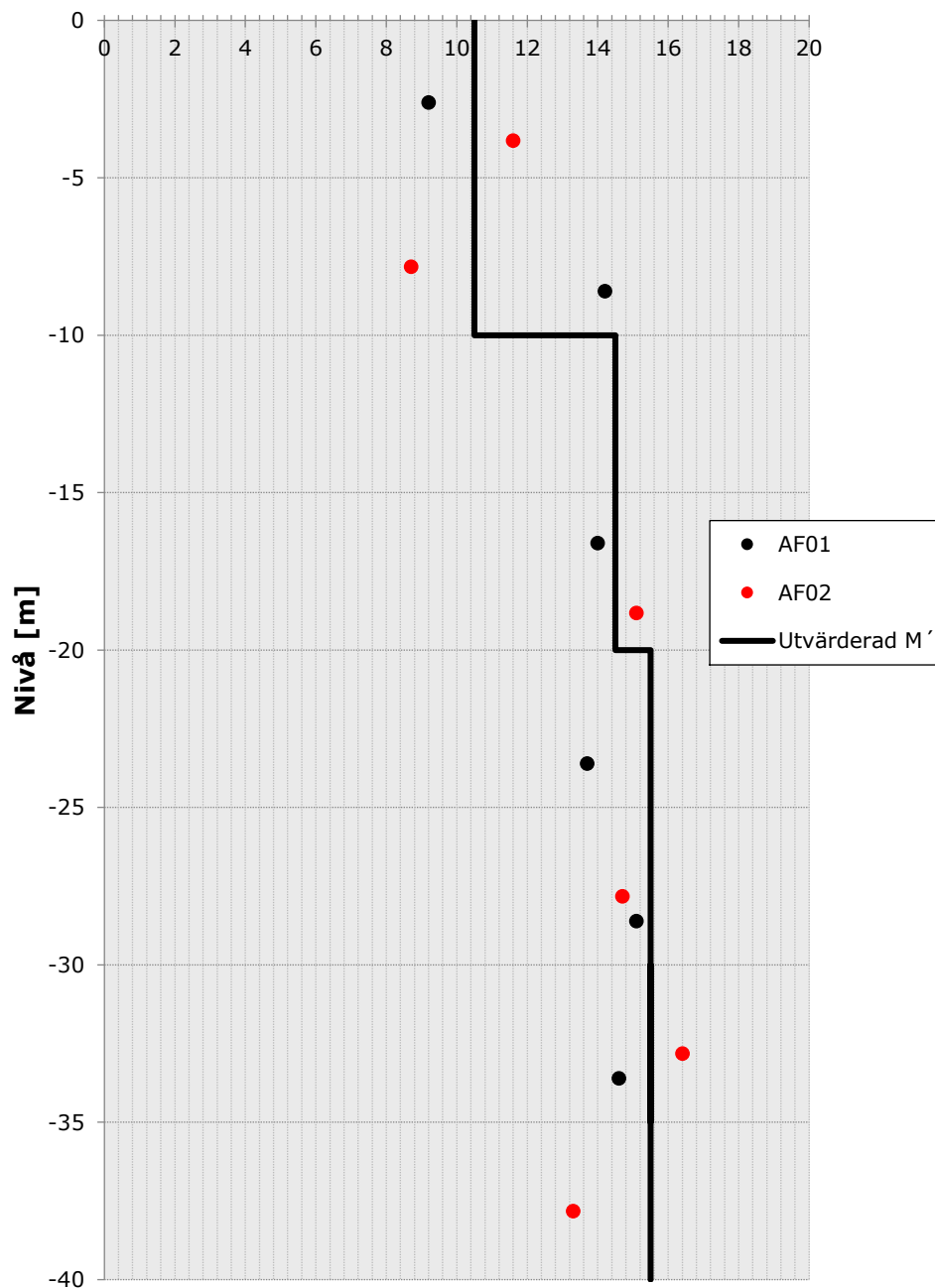
M'L [kPa]





Projekt: Backaplan sättningsutredning
Projektnummer: 18171
Uppdragsledare: Anna Maria Janson

M' [kPa]



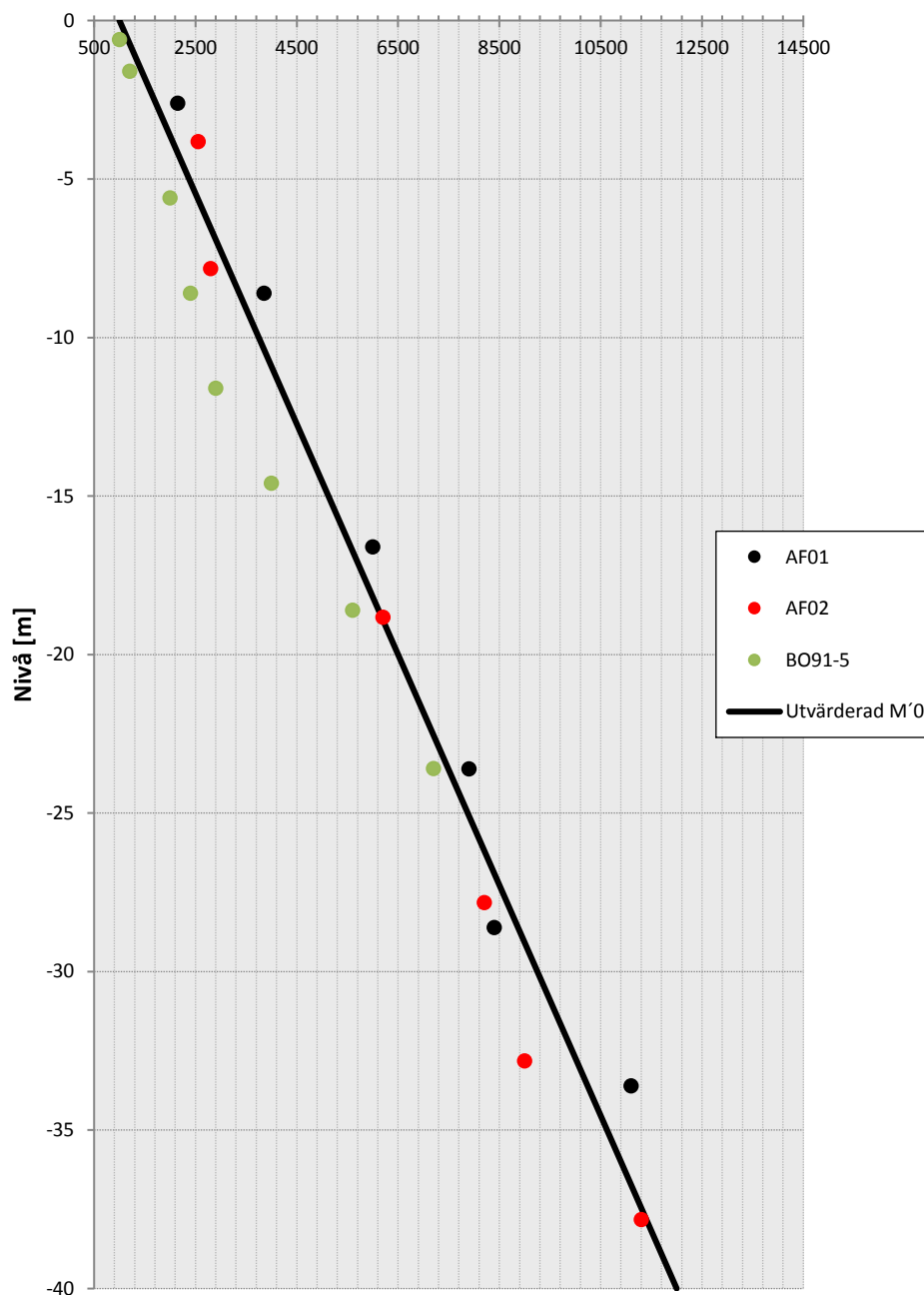


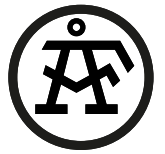
Projekt: Backaplan sättningsutredning

Projektnummer: 18171

Uppdragsledare: Anna Maria Janson

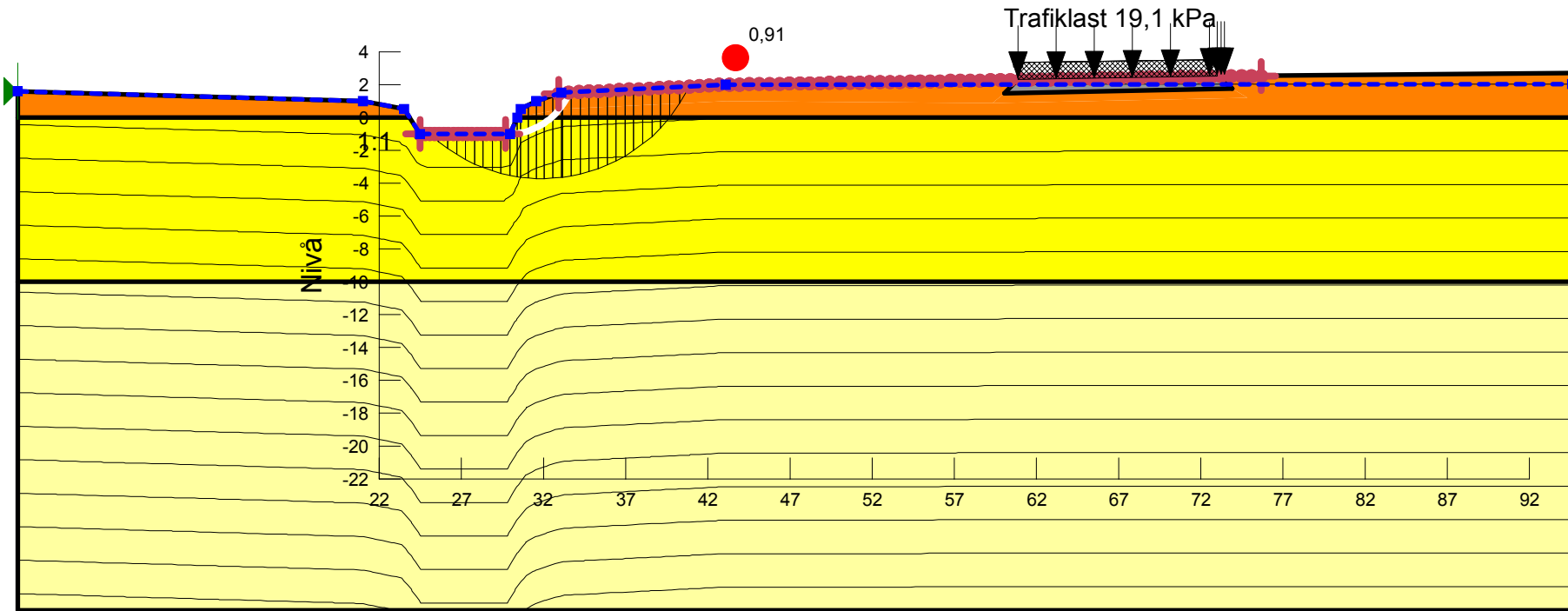
M'0 [kPa]





*BILAGA 3, Stabilitetsberäkningar blivande
förhållanden*

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7		
Yellow	Lera 1	S=f(depth)	15,2			6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2	S=f(depth)	16			14,7	0,8
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6		



Sektion 1 Odränerad utan förstärk.

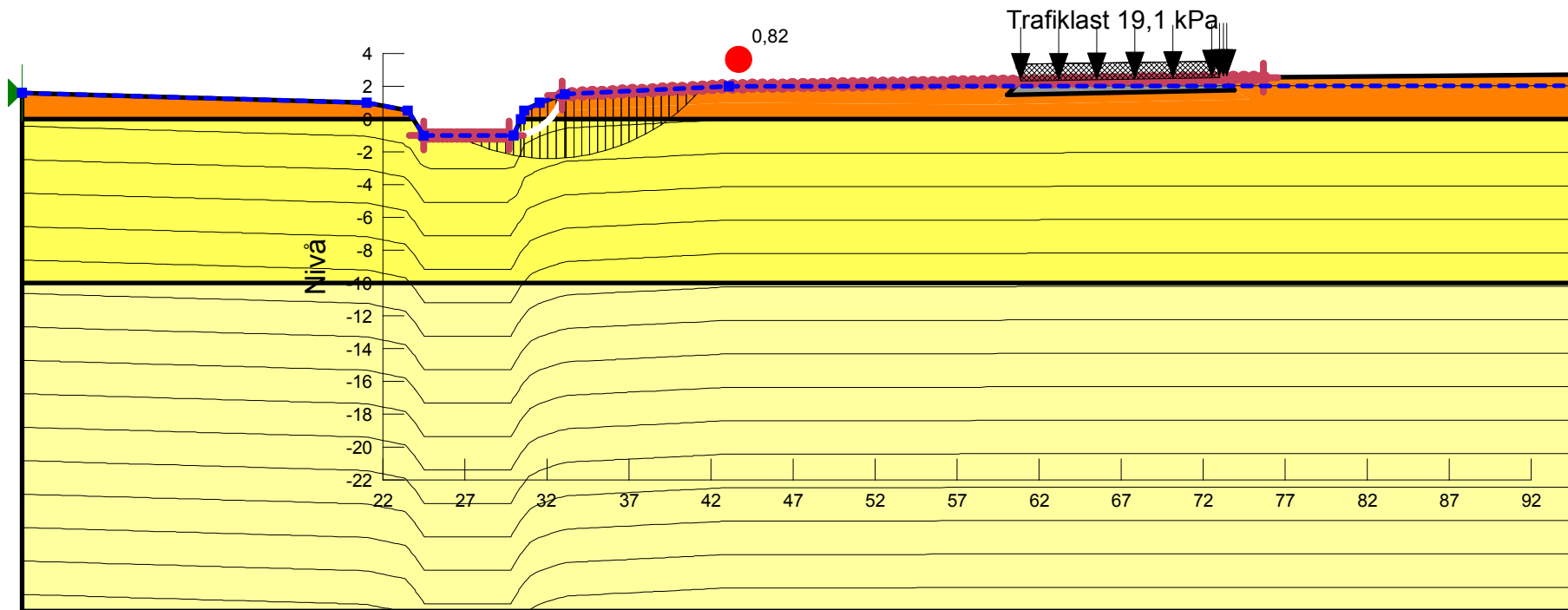
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7				
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6				
Yellow	Lera 1 Komb	Combined, S=f(depth)	15,2		23,9	0,77	0	6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2 komb	Combined, S=f(depth)	16		23,9	2,04	0	14,7	0,8



Sektion 1 Kombinerad utan förstärk.

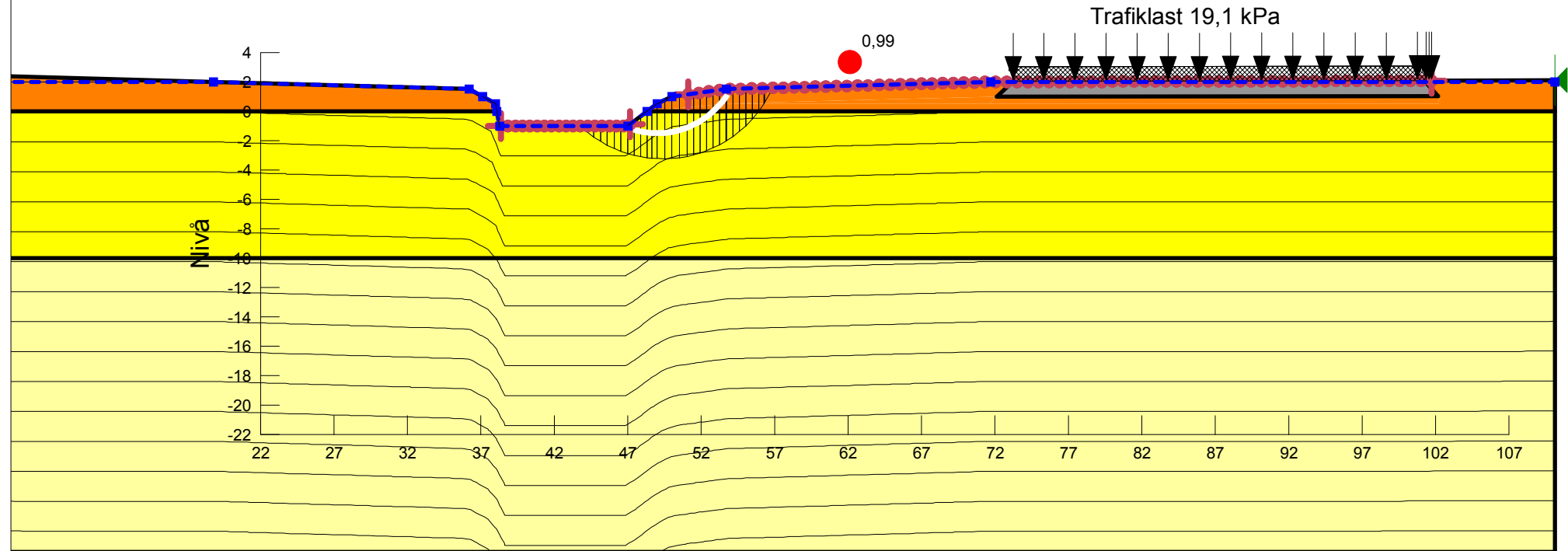
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7		
Yellow	Lera 1	S=f(depth)	15,2			6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2	S=f(depth)	16			14,7	0,8
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6		



Sektion 2 Odränerad utan förstärk.

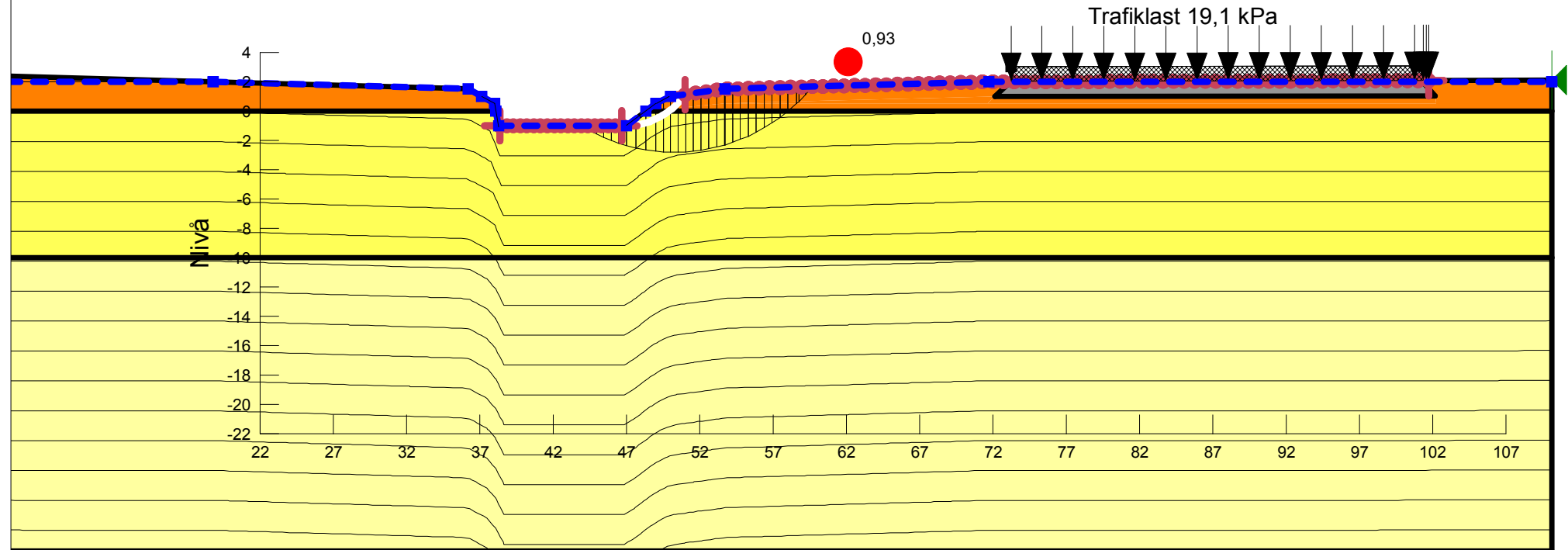
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7				
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6				
Yellow	Lera 1 Komb	Combined, S=f(depth)	15,2		23,9	0,77	0	6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2 komb	Combined, S=f(depth)	16		23,9	2,04	0	14,7	0,8



Sektion 2 Kombinerad utan förstärk.

2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line



BILAGA 4, *Bankpålning beräkning*

2 - Indata

=Aktivt val

Denna filen ska fungera som stöd vid dimensionering.

TD-grunder, TD-pålgrundläggning, Pålkommisionens rapport 100 samt TK Geo ska även användas för att få "all" teori.

Geoteknisk kategori GK2 TD Grunder Rap 2:2008, Rev 2, s 4

Säkerhetsklass SK2 TD Grunder Rap 2:2008, Rev 2, s 4

SK1	γd=	0,83	
SK2	γd=	0,91	0,91
SK3	γd=	1	

Miljöklass XC2/XF1

Typ av påle	SP2	
Pålsida	0,27	m
Pålens omkrets	θ= 1,08	m
Mantelarea	1,08	m ²

Antagna värden

Centrumavstånd mellan bankpålar c= 2,4 m

Kantlängd på pålplatta a= 1,6 m

Platttäckningsgrad $(a/c)^2 = 0,44$ Ska vara > 0,4

Fritt avstånd c-a = 0,8

Bankpålning 1 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

Lastfördelande lager

$t \geq 1,5 * (c - a)$	t = 1,20 m	Med krossmaterial.	
	t = 2,4 m	Med grusmaterial.	

Trafiklast, Vägar

Dimensionering med partialkoefficienter

För dim.situationer där de kritiska brottytorna är korta

För dim.situationer där de kritiska brottytorna är långa

Anm: För vägbankar lägre än 3 m ska trafiklast för korta kritiska brottytor användas.

	10		TK Geo 13
	15	Karakteristisk ytlast, kN/m ²	
	10	Karakteristisk ytlast, kN/m ²	
			TK Geo 13

Egenvikt bankmaterial över gwy, kN/m³**Egenvikt bankmaterial under gwy, kN/m³**φ_k**γ_m friktionsvinkel**φ_d**Egenvikt betong, kN/m³**

	20	krossad sprängsten	TK Geo 13
	13	krossad sprängsten	TK Geo 13
	45	kar. friktions vinkel - bankmaterial, s 44	TK Geo 13
	1,3		
	34,6		
	24		

Medelbank

Profilnivå:	2,6		
ök-pålplatta	1,6		
uk-pålplatta:	1,1	Marknivå	2,6

Påhängslast beräknas ned till nivå

Pålavskärningsplan

C_{u,med}

	-5	Enl spänningsdiagram mellan nivå 2 och -5
	1,1	
	12	

24

Längd på pålen

n_p

	40	m
	0	lutning på pålar under slänten, n:1

Bank geometrih₁h₂

n

	1,5	Höjd på bank i släntrön	
	1	Höjd på bank vid yttersta pålplattan	Se skiss
	1	släntlutning	

Bankpåning 1 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

3 - Lasteffekt**0****Koefficienter**

γ_d	0,91
$\psi_{0,1}$	1

Laster

Karaktäristisk trafiklast	15	Spårvägslast	
G_{kj} , permanentlast	47,4	Permanent last, t.ex. egentyngd	((=bankhöjd*tunghet)+ ev. pålplatta)
G_{kj} , påhängslast	55,3	Permanent last, t.ex. påhängslast	(=0,7* $c_{u,med}$ * θ *L)
Q_{kj} variabel	15	Variabel last, t.ex. trafiklast	

Dim. Lasteffekt 6.10a =	58,2 kN/m ²	Permanent last
Dim. Lasteffekt 6.10b =	51,8 kN/m ²	Permanent last
Dim. Lasteffekt 6.10a =	78,7 kN/m ²	Permanent last + trafiklast
Dim. Lasteffekt 6.10b =	72,3 kN/m ²	Permanent last + trafiklast
Dim. Lasteffekt 6.10a =	68,0 kN	Påhängslast
Dim. Lasteffekt 6.10b =	60,5 kN	Påhängslast

Ed för dimensionerande lastfall

	Dim lasteffekt, Ed	Dimlasteffekt, Ed / påle	(=Ed*(c+0,1) ²)
Permanent last	58,2 kN/m ²	363,9 kN	
Permanent last + trafiklast	78,7 kN/m ²	491,9 kN	Lastfall 1
Permanent last + påhängslast		431,9 kN	Lastfall 2
Påhängslast	68,0 kN	68,0 kN	3,2 kN/m

Bankpålning 1 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

Ek för dimensionerande lastfallKar lasteffekt, Ek / påle $(=Ek*(c+0,1)^2)$

Permanent last	296,3 kN	
Permanent last + trafiklast	390,0 kN	Lastfall 1
Permanent last + påhängslast	351,6 kN	Lastfall 2
Påhängslast	55,3 kN	15,9 kN/m

4 - Bärförmåga kort tid (Lastfall 1)**Koefficienter**

γ_{Rd}	1,1
γ_S	1,2

ξ_3	1,27
ξ_4	1,12

n= 7

n= 7

Bestämning av vidhäftningsfaktorn, α

$$\alpha = \alpha_{okorr} \cdot \kappa_{\Phi} \cdot \kappa_f \cdot \kappa_{OCR} \cdot \kappa_T$$

α_{okorr}	1	TD på grundläggning, Rap 8:2008, Rev 2, s 28-29
κ_{Φ}	0,9	Ekv (A.3) sätt normalt 1,0 vid "full" vidhäftning
κ_f	1	är normalt 0,9 vid en påldiameter på 0,2-0,35 m
κ_{OCR}	1	1,0 vid konstant tvärsnitt, 1,2 vid nedåt avtagande tvärsnitt på pålen
κ_T - Tidsfaktor	1	för normalkonsoliderad eller något överkonsoliderad svensk lera används faktorn 1,0. För kraftigt överkonsoliderad ($\sigma'_c/\sigma'_v > 2,5$) så används 0,4
α	0,9	1 innebär vid btgpåle full vidhäftning efter 4 månader.

θ	1,08
Tidsfaktorn κ_t	

1	vid mycket kort varaktighet, ex passerande fordon
0,9	vid kort varaktighet, ex korttidsuppställning av material
0,8	vid längre varaktighet, ex högvatten
0,7	vid lång varaktighet, ex egenvikt

κ_t	1
------------	---

L_p	40
-------	----

4 - Bärförmåga kort tid $R_{s,k}$ **0** $R_{s,k}$ är minsta värdet av $(R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$ och $(R_{s,cal})_{min}/\xi_4$

$$R_{s,cal} = (c_{uk}) \cdot (K) \cdot (\alpha) \cdot (\theta) \cdot L_p$$

Mean

Modellpåle 1	Nivå	Djup	$C_{uk, medel}$	K	α	θ	L_p	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3		-0,4	1,5	0	1	0,9	1,08	3 0,0
3 till 6		-6,9	8	13	1	0,9	1,08	3 37,3
6 till 21		-15,9	17	20	1	0,9	1,08	15 297,1
21 till 30		-24,4	25,5	35	1	0,9	1,08	9 302,7
30 till 35		-31,4	32,5	43	1	0,9	1,08	5 209,0
35 till 40		-36,4	37,5	49	1	0,9	1,08	5 238,1
$R_{s,cal}$ Total								1084,2

40

Min

Modellpåle 2	Nivå	Djup	$C_{uk, min}$	K	α	θ	L_p	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3		-0,4	1,5	0	1	0,9	1,08	3 0,0
3 till 6		-6,9	8	13	1	0,9	1,08	3 37,3
6 till 21		-15,9	17	20	1	0,9	1,08	15 297,1
21 till 30		-24,4	25,5	35	1	0,9	1,08	9 302,7
30 till 35		-31,4	32,5	43	1	0,9	1,08	5 209,0
35 till 40		-36,4	37,5	49	1	0,9	1,08	5 238,1
$R_{s,cal}$ Total								1084,2

40

$$\begin{aligned} (R_{s,cal})_{mean} &= 1084,2 \\ (R_{s,cal})_{min} &= 1084,2 \end{aligned}$$

$$R_{s,k} = 853,7$$

$$(R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$$

$$R_{s,k} = 968,0$$

$$(R_{s,cal})_{min}/\xi_4$$

$$R_{s,d} = 646,7$$

$$R_{s,d} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}$$

5 - Bärförmåga lång tid $R_{s,k}$ **0** $R_{s,k}$ är minsta värdet av $(R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$ och $(R_{s,cal})_{min}/\xi_4$ **Mean**

Modellpåle 1	Nivå	Djup från PA	$C_{uk, medel}$	K	α	θ	Lp	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3	-0,4	1,5	0	0,7	0,9	1,08	3	0,0
3 till 6	-6,9	8	13	0,7	0,9	1,08	3	0,0
6 till 21	-15,9	17	20	0,7	0,9	1,08	15	207,9
21 till 30	-24,4	25,5	35	0,7	0,9	1,08	9	211,9
30 till 35	-31,4	32,5	43	0,7	0,9	1,08	5	146,3
35 till 40	-36,4	37,5	49	0,7	0,9	1,08	5	166,7
$R_{s,cal}$ Total								732,8

40

Min

Modellpåle 2	Nivå	Djup	$C_{uk, min}$	K	α	θ	Lp	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3	-0,4	1,5	0	0,7	0,9	1,08	3	0,0
3 till 6	-6,9	8	13	0,7	0,9	1,08	3	0,0
6 till 21	-15,9	17	20	0,7	0,9	1,08	15	207,9
21 till 30	-24,4	25,5	35	0,7	0,9	1,08	9	211,9
30 till 35	-31,4	32,5	43	0,7	0,9	1,08	5	146,3
35 till 40	-36,4	37,5	49	0,7	0,9	1,08	5	166,7
$R_{s,cal}$ Total								732,8

40

$$\begin{aligned} (R_{s,cal})_{mean} &= 732,8 \\ (R_{s,cal})_{min} &= 732,8 \end{aligned}$$

$$R_{s,k} = 577,0 \quad (R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$$

$$R_{s,k} = 654,3 \quad (R_{s,cal})_{min}/\xi_4$$

$$R_{s,d} = 437,1 \quad R_{s,d} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}$$

6 - Utdata**0**

<i>Lastfall 1</i>	Permanent last + trafiklast / korttid			Kvot	c= (beräknat)	c= (antaget)
	Ed	<	Rd			
	491,9	<	646,7	1,31	4,64	2,4
	Ek	<	Rk			
	390,0	<	968,0	2,48	5,68	2,4
<i>Lastfall 2 a</i>	Permanent last + påhängslast / långtid					
	Ed	=	Rd	Ingen bärförmåga ner till -5 men påhängskraft		
	431,9	=	437,1	1,01	3,82	2,4
	Ek	<	Rk	Ingen bärförmåga ner till -5 men påhängskraft		
mean	351,6	<	577,0	1,64	4,39	2,4
min	351,6	<	654,3	1,86	4,67	2,4
b	Permanent last / långtid					
	Ed	<	Rd	Ingen bärförmåga ner till -5 och ingen påhängslast		
	363,9	<	437,1	1,20	3,82	2,4
	Ek	<	Rk	Ingen bärförmåga ner till -10 och ingen påhängslast		
mean	296,3	<	577,0	1,95	4,39	2,4
min	296,3	<	654,3	2,21	4,67	2,4

Bankpålning 1,5 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

2 - Indata

=Aktivt val

Denna filen ska fungera som stöd vid dimensionering.

TD-grunder, TD-pålgrundläggning, Pålkommisionens rapport 100 samt TK Geo ska även användas för att få "all" teori.

Geoteknisk kategori				GK2		TD Grunder Rap 2:2008, Rev 2, s 4
Säkerhetsklass				SK2		TD Grunder Rap 2:2008, Rev 2, s 4
	SK1	γd=	0,83			
	SK2	γd=	0,91	0,91		
	SK3	γd=	1			
Miljöklass				XC2/XF1		
Typ av påle				SP2		
Pålsida			0,27	m		
Pålens omkrets	θ=		1,08	m		
Mantelarea			1,08	m ²		Antagna värden
Centrumavstånd mellan bankpålar		c=	2,4	m		
Kantlängd på pålplatta		a=	1,6	m		
Platttäckningsgrad		(a/c) ² =	0,44		Ska vara > 0,4	
Fritt avstånd		c-a =	0,8			

Bankpålning 1,5 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

Lastfördelande lager

$$t \geq 1,5 * (c - a)$$

t = 1,20 m
t = 2,4 mMed krossmaterial.
Med grusmaterial.**Trafiklast, Vägar***Dimensionering med partialkoefficienter*

För dim.situationer där de kritiska brottytorna är korta

10

15

Karakteristisk ytlast, kN/m²

För dim.situationer där de kritiska brottytorna är långa

10

Karakteristisk ytlast, kN/m²*Anm: För vägbankar lägre än 3 m ska trafiklast för korta kritiska brottytor användas.*

TK Geo 13

Egenvikt bankmaterial över gwy, kN/m³

20

krossad sprängsten

TK Geo 13

Egenvikt bankmaterial under gwy, kN/m³

13

krossad sprängsten

TK Geo 13

φ_k

45

kar. friktions vinkel - bankmaterial, TK Geo 13

γ_m friktionsvinkel

1,3

φ_d

34,6

Egenvikt betong, kN/m³

24

Medelbank

Profilnivå: 2,6

ök-pålplatta 1

uk-pålplatta: 0,5

Marknivå 2,6

Påhängslast beräknas ned till nivå

Pålavskärningsplan

-5

Enl spänningsdiagram mellan nivå 2 och -5

C_{u,med}

0,5

12

24

Längd på pålen

30 m

n_p

0

lutning på pålar under slänten, n:1

Bank geometrih₁

2,1

Höjd på bank i släntrön

h₂

1

Höjd på bank vid yttersta pålplattan | Se skiss

n

1

släntlutning

Bankpåning 1,5 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

3 - Lasteffekt**0****Koefficienter**

γ_d	0,91
$\psi_{0,1}$	1

Laster

Karaktäristisk trafiklast	15	Spårvägslast	
G_{kj} , permanentlast	54	Permanent last, t.ex. egentyngd	((=bankhöjd*tunghet)+ ev. pålplatta)
G_{kj} , påhängslast	49,9	Permanent last, t.ex. påhängslast	(=0,7* $c_{u_{med}}$ * θ *L)
Q_{kj} variabel	15	Variabel last, t.ex. trafiklast	

Dim. Lasteffekt 6.10a =	66,3 kN/m ²	Permanent last
Dim. Lasteffekt 6.10b =	59,0 kN/m ²	Permanent last
Dim. Lasteffekt 6.10a =	86,8 kN/m ²	Permanent last + trafiklast
Dim. Lasteffekt 6.10b =	79,5 kN/m ²	Permanent last + trafiklast
Dim. Lasteffekt 6.10a =	61,3 kN	Påhängslast
Dim. Lasteffekt 6.10b =	54,6 kN	Påhängslast

Ed för dimensionerande lastfall

	Dim lasteffekt, Ed	Dimlasteffekt, Ed / påle	(=Ed*(c+0,1) ²)
Permanent last	66,3 kN/m ²	414,6 kN	
Permanent last + trafiklast	86,8 kN/m ²	542,6 kN	Lastfall 1
Permanent last + påhängslast		475,9 kN	Lastfall 2
Påhängslast	61,3 kN	61,3 kN	2,9 kN/m

Bankpålning 1,5 m uppfyllnadshöjd

Backaplan - bankpåleberäkningar
Uppdragsnummer 755602

2018-09-20

Ek för dimensionerande lastfallKar lasteffekt, Ek / påle $(=Ek*(c+0,1)^2)$

Permanent last	337,5 kN	
Permanent last + trafiklast	431,3 kN	Lastfall 1
Permanent last + påhängslast	387,4 kN	Lastfall 2
Påhängslast	49,9 kN	15,9 kN/m

4 - Bärförmåga kort tid (Lastfall 1)**Koefficienter**

γ_{Rd}	1,1
γ_S	1,2

ξ_3	1,27
ξ_4	1,12

n= 7

n= 7

Bestämning av vidhäftningsfaktorn, α

$$\alpha = \alpha_{okorr} \cdot \kappa_{\Phi} \cdot \kappa_f \cdot \kappa_{OCR} \cdot \kappa_T$$

α_{okorr}	1	TD pålgrundläggning, Rap 8:2008, Rev 2, s 28-29
κ_{Φ}	0,9	Ekv (A.3) sätt normalt 1,0 vid "full" vidhäftning
κ_f	1	är normalt 0,9 vid en påldiameter på 0,2-0,35 m
κ_{OCR}	1	1,0 vid konstant tvärsnitt, 1,2 vid nedåt avtagande tvärsnitt på pålen
κ_T - Tidsfaktor	1	för normalkonsoliderad eller något överkonsoliderad svensk lera används faktorn 1,0. För kraftigt överkonsoliderad ($\sigma'_c/\sigma'_v > 2,5$) så används 0,4
α	0,9	1 innebär vid btgpåle full vidhäftning efter 4 månader.

θ	1,08
Tidsfaktorn κ_t	

1	vid mycket kort varaktighet, ex passerande fordon
0,9	vid kort varaktighet, ex korttidsuppställning av material
0,8	vid längre varaktighet, ex högvatten
0,7	vid lång varaktighet, ex egenvikt

κ_t	1
------------	---

L_p	30
-------	----

4 - Bärförmåga kort tid $R_{s,k}$ **0** $R_{s,k}$ är minsta värdet av $(R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$ och $(R_{s,cal})_{min}/\xi_4$

$$R_{s,cal} = (c_{uk}) \cdot (K) \cdot (\alpha) \cdot (\theta) \cdot L_p$$

Mean

Modellpåle 1	Nivå	Djup	$C_{uk, medel}$	K	α	θ	Lp	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3		-1	1,5	0	1	0,9	1,08	3 0,0
3 till 6		-7,5	8	13	1	0,9	1,08	3 37,3
6 till 21		-16,5	17	20	1	0,9	1,08	15 297,1
21 till 30		-25	25,5	35	1	0,9	1,08	9 302,7
30 till 35		-32	32,5	43	1	0,9	1,08	5 209,0
35 till 45		-39,5	40	51	1	0,9	1,08	10 499,6
$R_{s,cal}$ Total								1345,7

45

Min

Modellpåle 2	Nivå	Djup	$C_{uk, min}$	K	α	θ	Lp	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3		-1	1,5	0	1	0,9	1,08	3 0,0
3 till 6		-7,5	8	13	1	0,9	1,08	3 37,3
6 till 21		-16,5	17	20	1	0,9	1,08	15 297,1
21 till 30		-25	25,5	35	1	0,9	1,08	9 302,7
30 till 35		-32	32,5	43	1	0,9	1,08	5 209,0
35 till 45		-39,5	40	51	1	0,9	1,08	10 499,6
$R_{s,cal}$ Total								1345,7

45

$$\begin{aligned}
 & K=1,0 \\
 (R_{s,cal})_{mean} &= 1345,7 \\
 (R_{s,cal})_{min} &= 1345,7 \\
 R_{s,k} &= 1059,6 & (R_{s,cal})_{mean}/\xi_3 \\
 R_{s,k} &= 1201,5 & (R_{s,cal})_{min}/\xi_4 \\
 R_{s,d} &= \mathbf{802,7} & R_{s,d} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}
 \end{aligned}$$

5 - Bärförmåga lång tid $R_{s,k}$ **0** $R_{s,k}$ är minsta värdet av $(R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$ och $(R_{s,cal})_{min}/\xi_4$

$$R_{s,cal} = (c_{uk}) \cdot (K) \cdot (\alpha) \cdot (\theta) \cdot L_p$$

Mean

Modellpåle 1	Nivå	Djup från PA	$C_{uk, medel}$	K	α	θ	L_p	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3	-1	1,5	0	0,7	0,9	1,08	3	0,0
3 till 6	-7,5	8	13	0,7	0,9	1,08	3	0,0
6 till 21	-16,5	17	20	0,7	0,9	1,08	15	207,9
21 till 30	-25	25,5	35	0,7	0,9	1,08	9	211,9
30 till 35	-32	32,5	43	0,7	0,9	1,08	5	146,3
35 till 45	-39,5	40	51	0,7	0,9	1,08	10	349,7
$R_{s,cal}$ Total								915,8

45

Min

Modellpåle 2	Nivå	Djup	$C_{uk, min}$	K	α	θ	L_p	$R_{s,cal}$
Påldjup								
0 till 3	-1	1,5	0	0,7	0,9	1,08	3	0,0
3 till 6	-7,5	8	13	0,7	0,9	1,08	3	0,0
6 till 21	-16,5	17	20	0,7	0,9	1,08	15	207,9
21 till 30	-25	25,5	35	0,7	0,9	1,08	9	211,9
30 till 35	-32	32,5	43	0,7	0,9	1,08	5	146,3
35 till 45	-39,5	40	51	0,7	0,9	1,08	10	349,7
$R_{s,cal}$ Total								915,8

45

$$\begin{aligned} (R_{s,cal})_{mean} &= & K=0,7 & & 915,8 \\ (R_{s,cal})_{min} &= & & & 915,8 \end{aligned}$$

$$R_{s,k} = 721,1 \quad (R_{s,cal})_{mean}/\xi_3$$

$$R_{s,k} = 817,7 \quad (R_{s,cal})_{min}/\xi_4$$

$$R_{s,d} = 546,3 \quad R_{s,d} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}$$

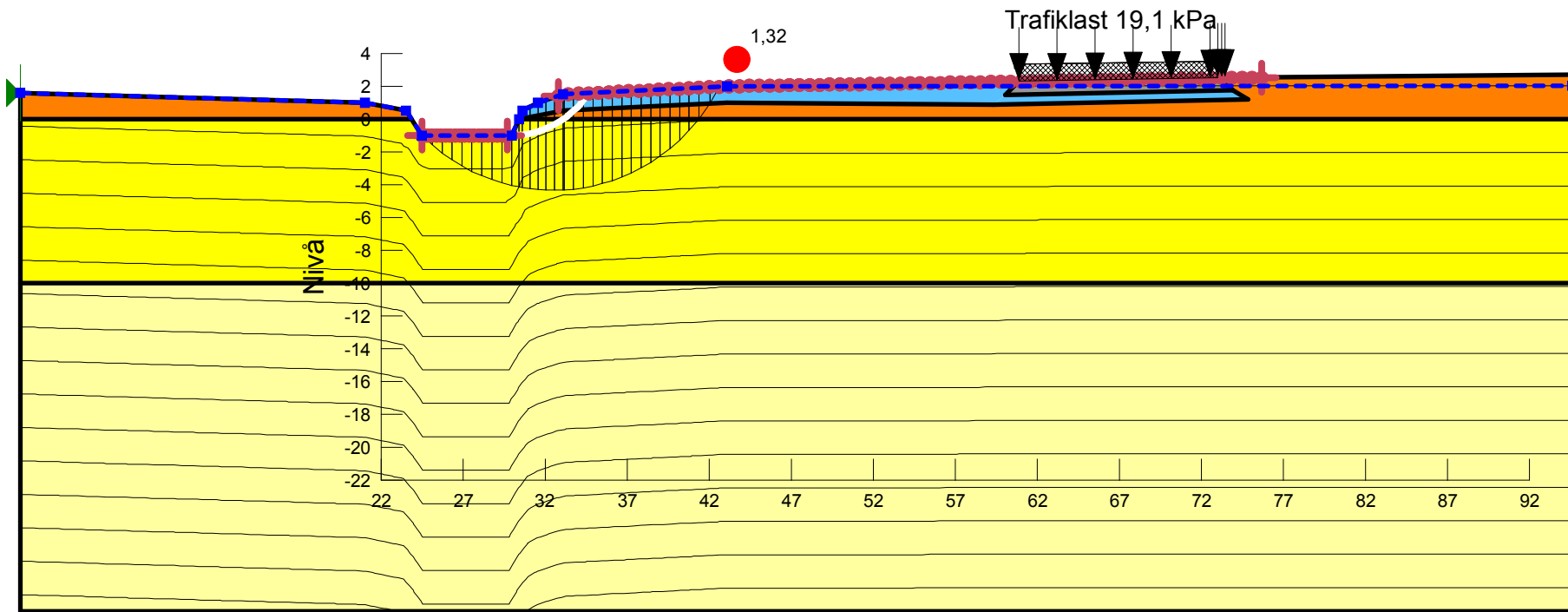
6 - Utdata**0**

<i>Lastfall 1</i>	Permanent last + trafiklast / korttid		Kvot	c= (beräknat)	c= (antaget)
	Ed	<	Rd		
	542,6	<	802,7	1,48	4,37
	Ek	<	Rk		
	431,3	<	1201,5	2,79	5,35
<i>Lastfall 2 a</i>	Permanent last + påhängslast / långtid				
	Ed	=	Rd	Ingen bärförmåga ner till -5 men påhängskraft	
	475,9	=	546,3	1,15	3,61
	Ek	<	Rk	Ingen bärförmåga ner till -5 men påhängskraft	
mean	387,4	<	721,1	1,86	4,14
min	387,4	<	817,7	2,11	4,41
b	Permanent last / långtid				
	Ed	<	Rd	Ingen bärförmåga ner till -5 och ingen påhängslast	
	414,6	<	546,3	1,32	3,61
	Ek	<	Rk	Ingen bärförmåga ner till -10 och ingen påhängslast	
mean	337,5	<	721,1	2,14	4,14
min	337,5	<	817,7	2,42	4,41



*BILAGA 5, Stabilitetsberäkningar med
förstärkningsåtgärder*

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7		
Yellow	Lera 1	S=f(depth)	15,2			6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2	S=f(depth)	16			14,7	0,8
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6		
Blue	Lättyllning	Mohr-Coulomb	4,5	0	37,6		



Sektion 1 Odränerad med förstärk.

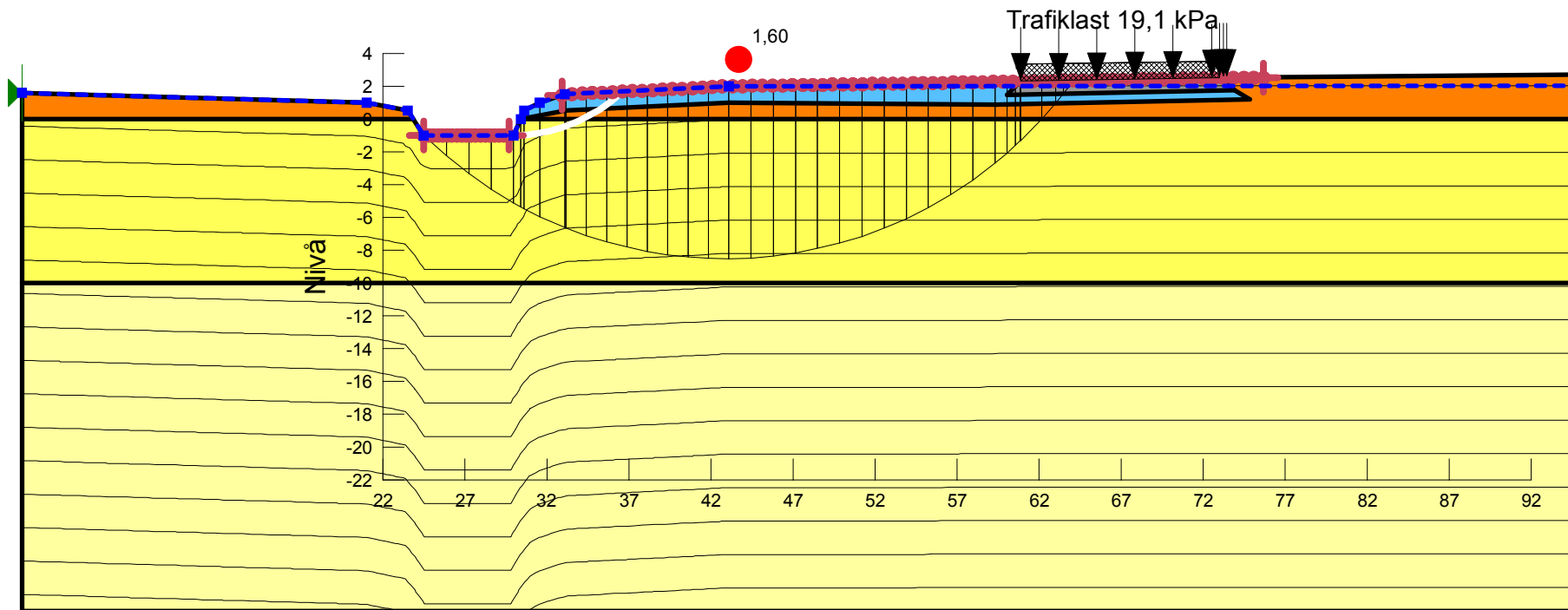
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7				
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6				
Yellow	Lera 1 Komb	Combined, S=f(depth)	15,2		23,9	0,77	0	6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2 komb	Combined, S=f(depth)	16		23,9	2,04	0	14,7	0,8
Blue	Lättyllning	Mohr-Coulomb	4,5	0	37,6				



Sektion 1 Kombinerad med förstärk.

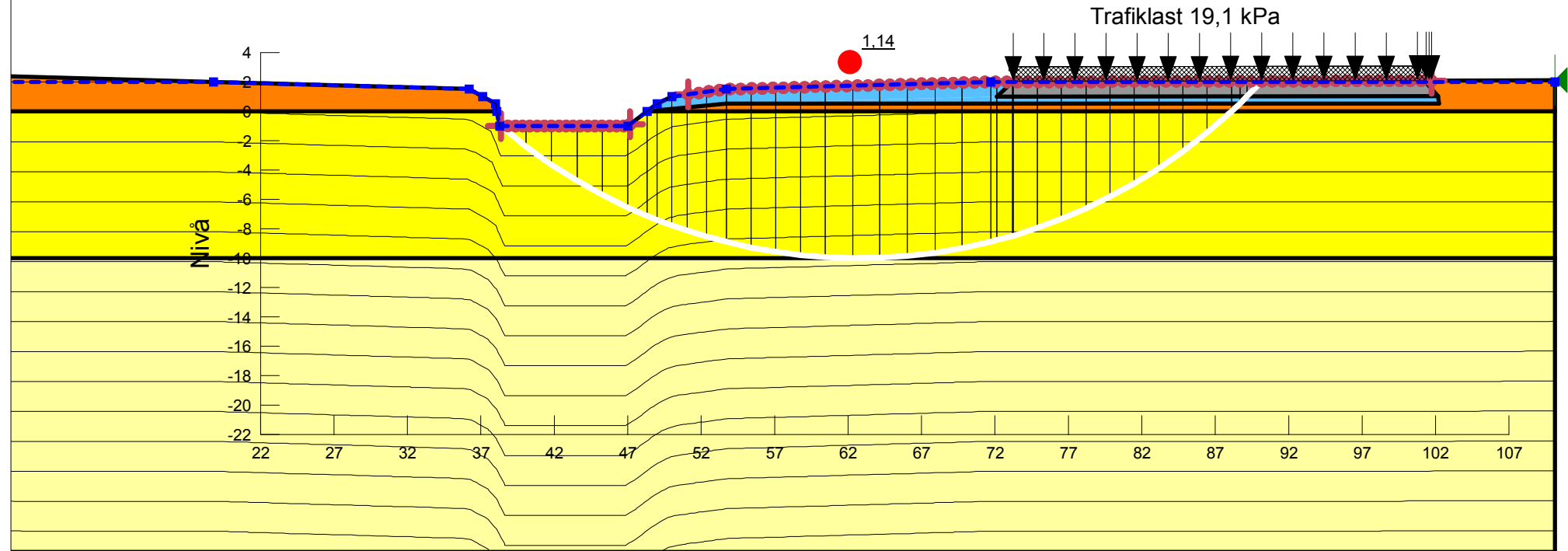
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7		
Light Blue	Lättfyllning	Mohr-Coulomb	4,5	0	37,6		
Yellow	Lera 1	S=f(depth)	15,2			6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2	S=f(depth)	16			14,7	0,8
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6		



Sektion 2 Odränerad med förstärk.

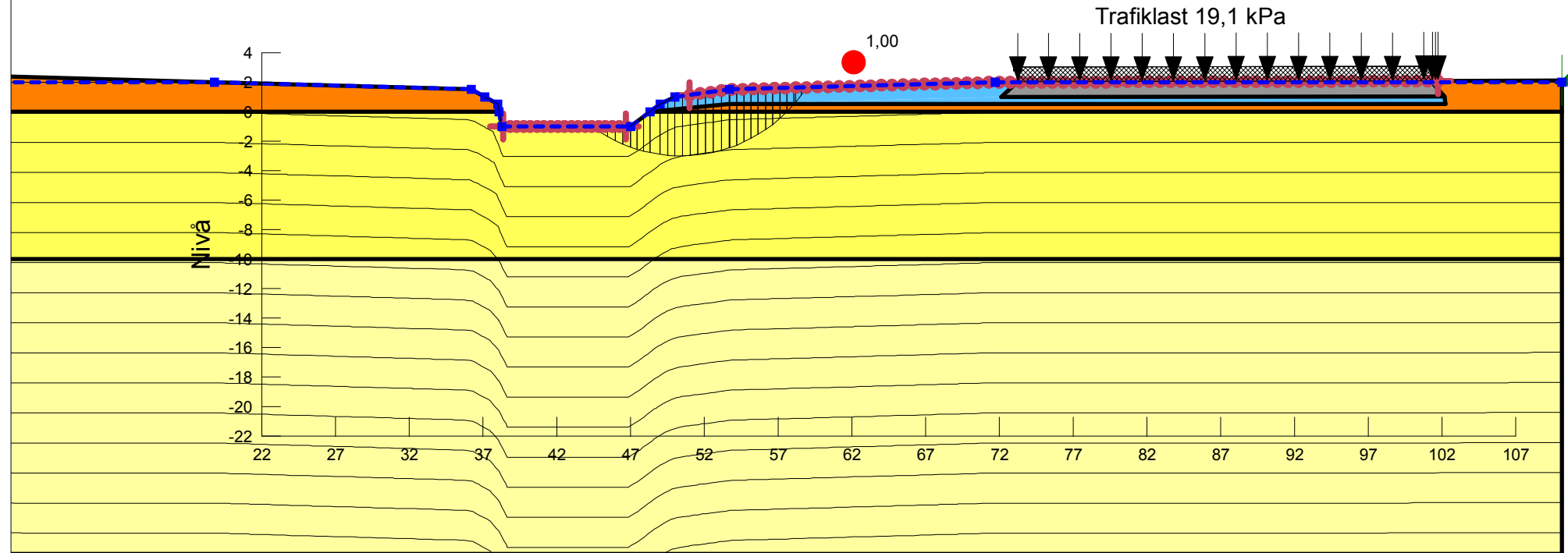
2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
Orange	Fyllning	Mohr-Coulomb	18	0	25,7				
Light Blue	Lättfyllning	Mohr-Coulomb	4,5	0	37,6				
Grey	Överbyggnad väg	Mohr-Coulomb	22	0	37,6				
Yellow	Lera 1 Komb	Combined, S=f(depth)	15,2		23,9	0,77	0	6,7	0,53
Light Yellow	Lera 2 komb	Combined, S=f(depth)	16		23,9	2,04	0	14,7	0,8



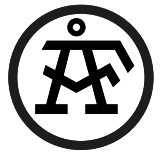
Sektion 2 Kombinerad förstärk.

2018-09-20

1:400, A4

Method: Morgenstern-Price

PWP Conditions Source: Piezometric Line



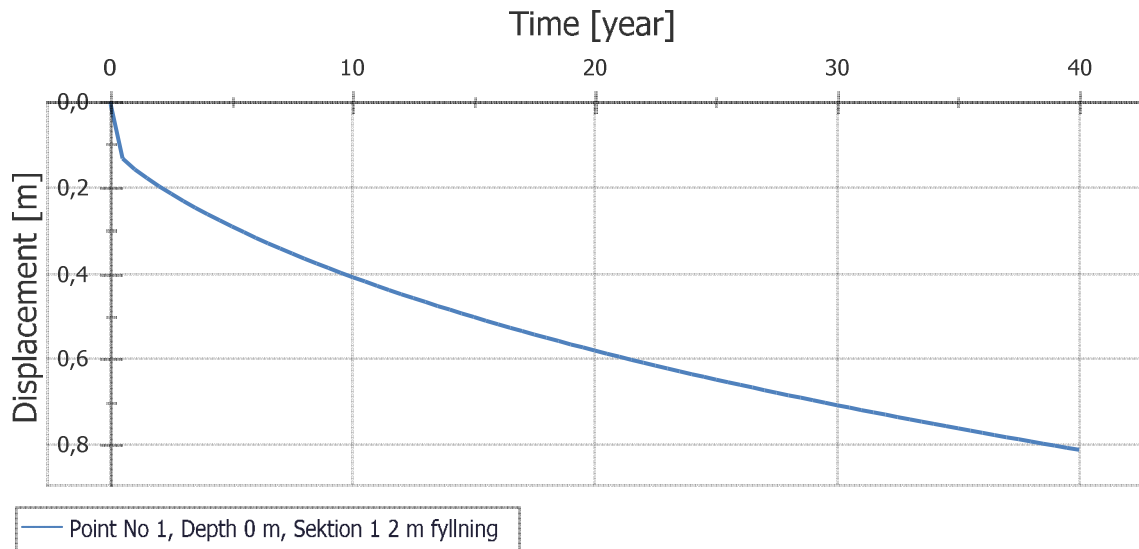
BILAGA 6, *Sättningsberäkning rapport* *Geosuite*

Innehåll	Sida
Sektion 1	1
Sektion 2	9
Sektion 3	15
Sektion 4	17
Bankpålning 40 m pålar	19
Bankpålning 45 m pålar	21

GeoSuite Settlement Report

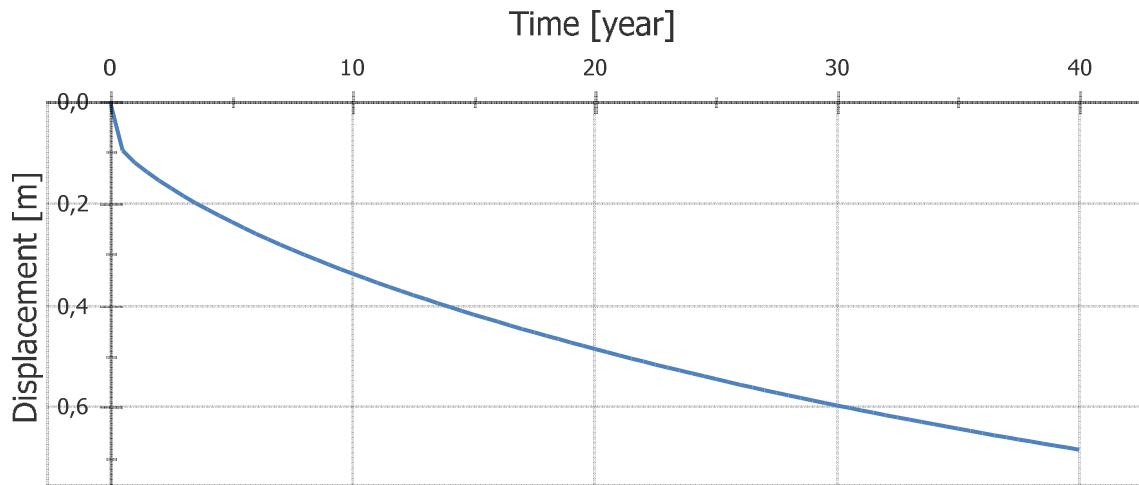
Summary

Point No 1, Sektion 1 2 m fyllning



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,812	40,000

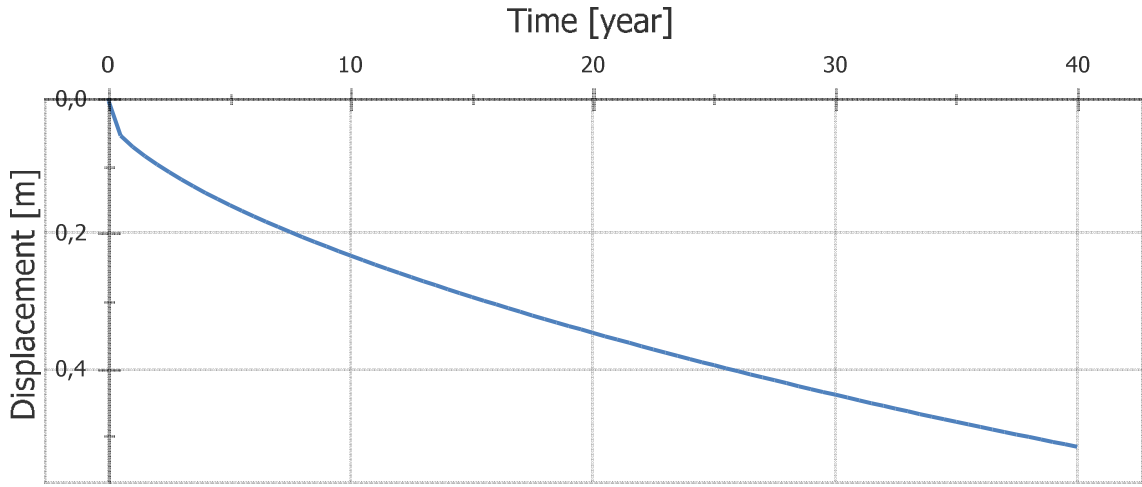
Point No 2, Sektion 1 1,5 m fyllning



— Point No 2, Depth 0 m, Sektion 1 1,5 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,684	40,000

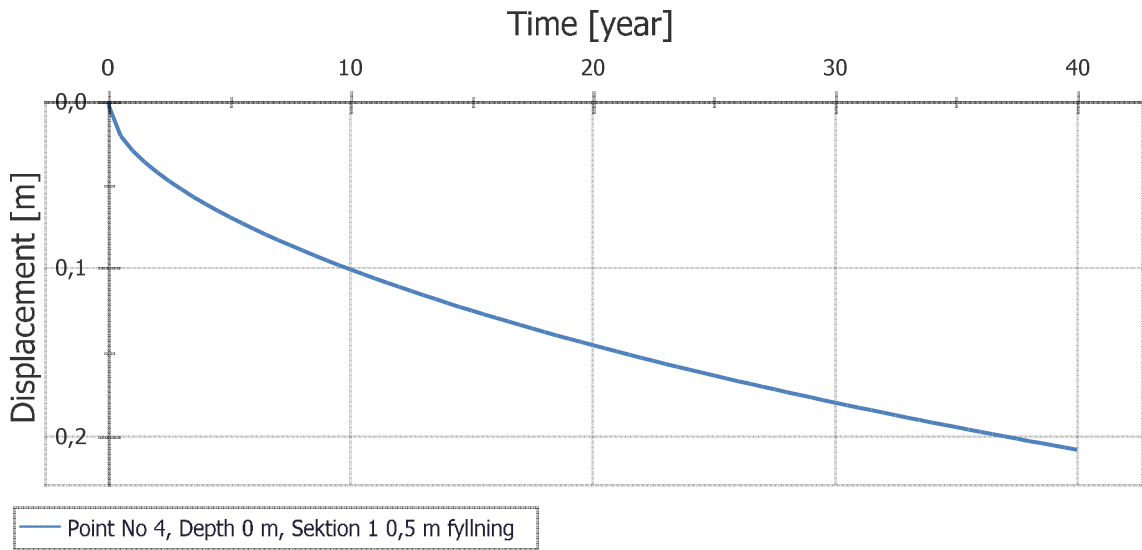
Point No 3, Sektion 1 1,0 m fyllning



— Point No 3, Depth 0 m, Sektion 1 1,0 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,516	40,000

Point No 4, Sektion 1 0,5 m fyllning

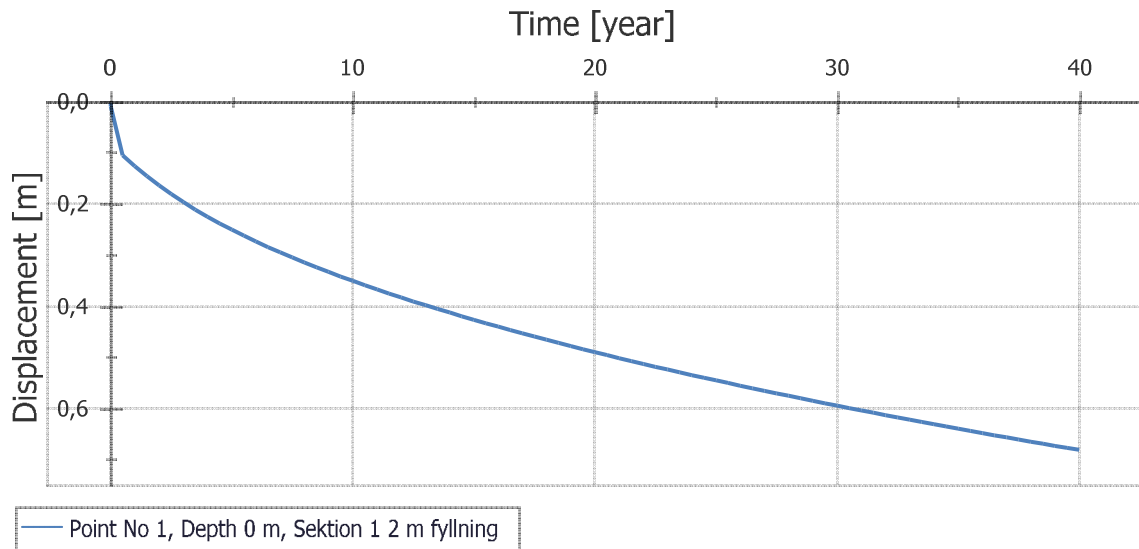


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,208	40,000

GeoSuite Settlement Report

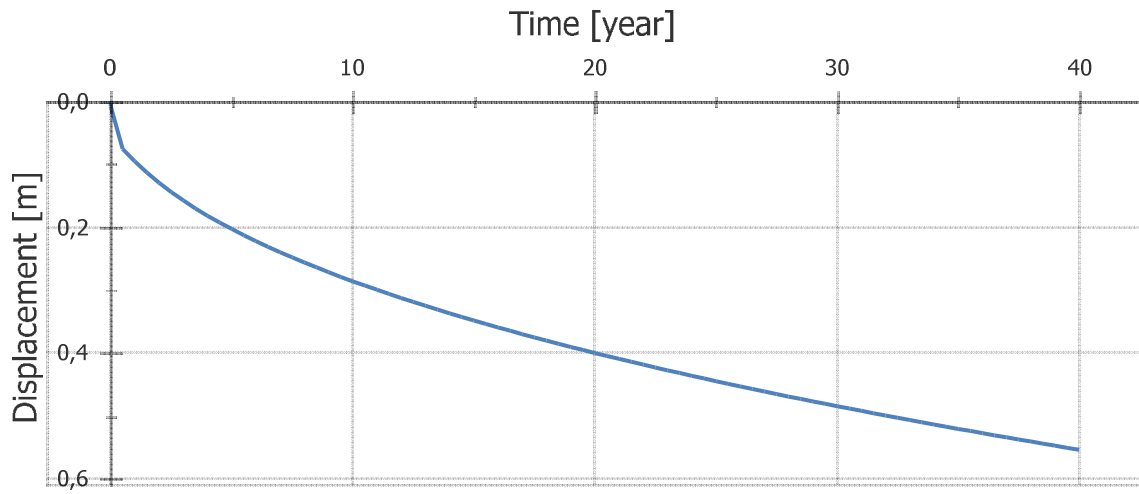
Summary

Point No 1, Sektion 1 2 m fyllning



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,683	40,000

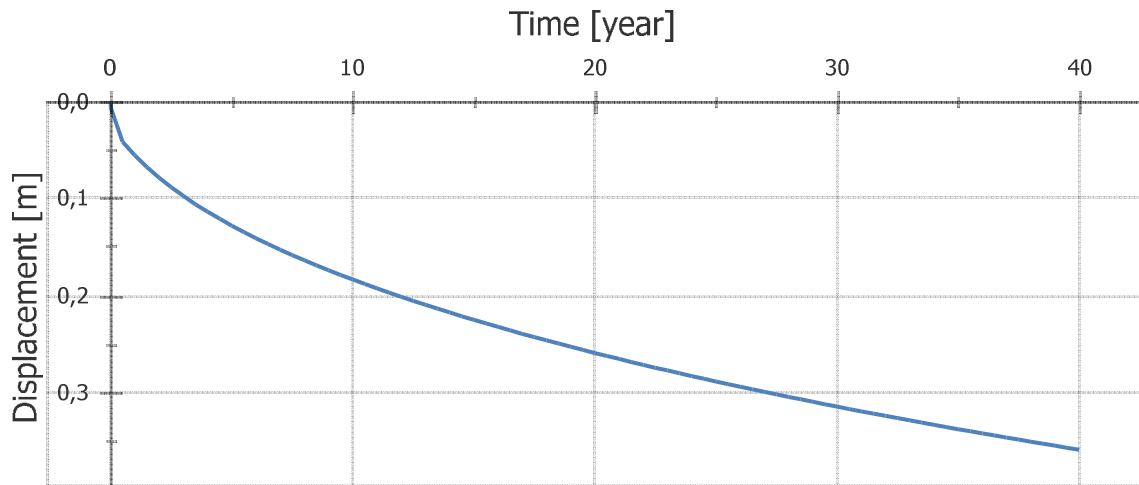
Point No 2, Sektion 1 1,5 m fyllning



— Point No 2, Depth 0 m, Sektion 1 1,5 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,554	40,000

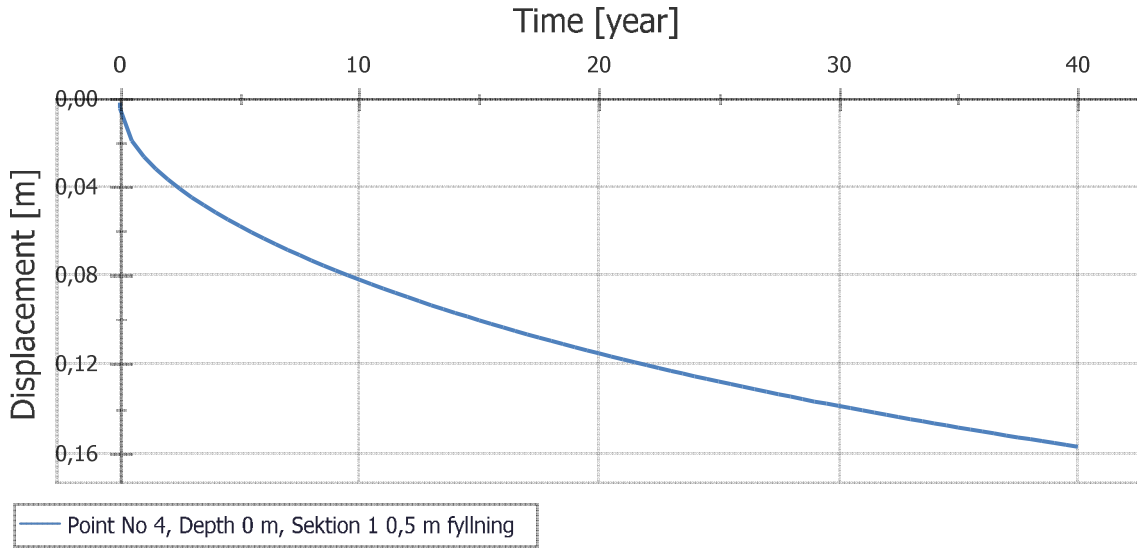
Point No 3, Sektion 1 1,0 m fyllning



— Point No 3, Depth 0 m, Sektion 1 1,0 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,360	40,000

Point No 4, Sektion 1 0,5 m fyllning

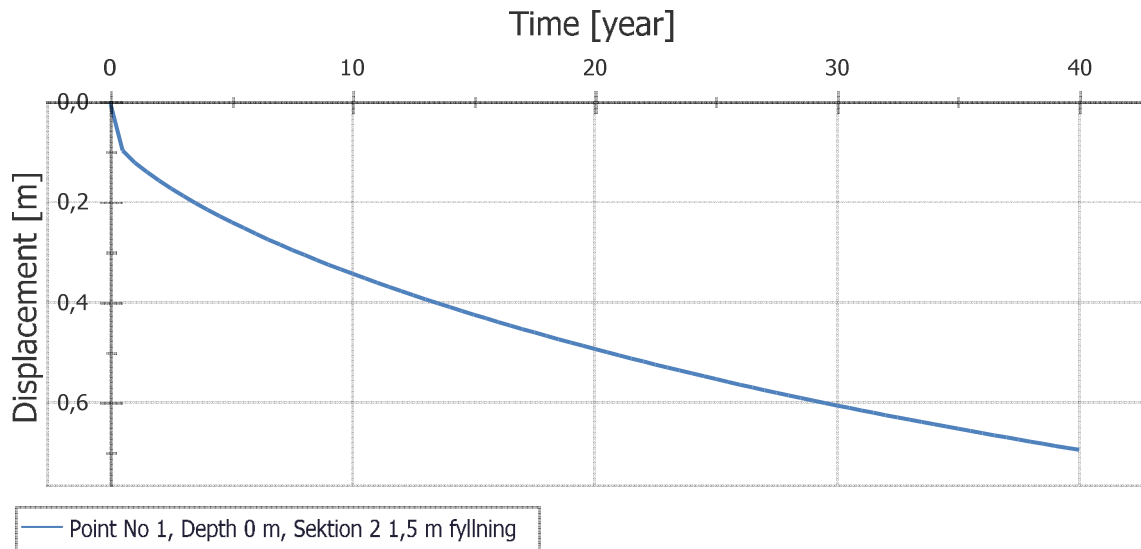


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,157	40,000

GeoSuite Settlement Report

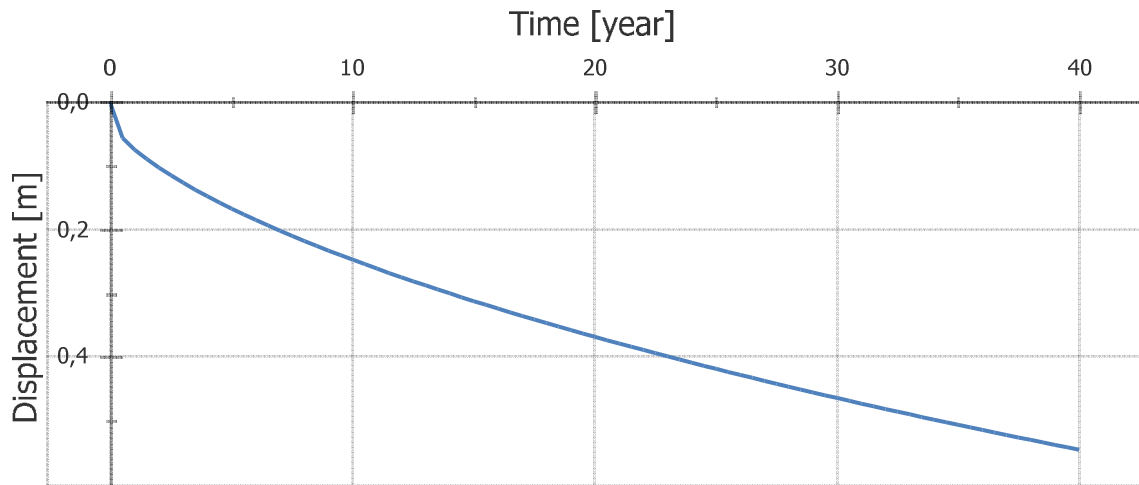
Summary

Point No 1, Sektion 2 1,5 m fyllning



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,694	40,000

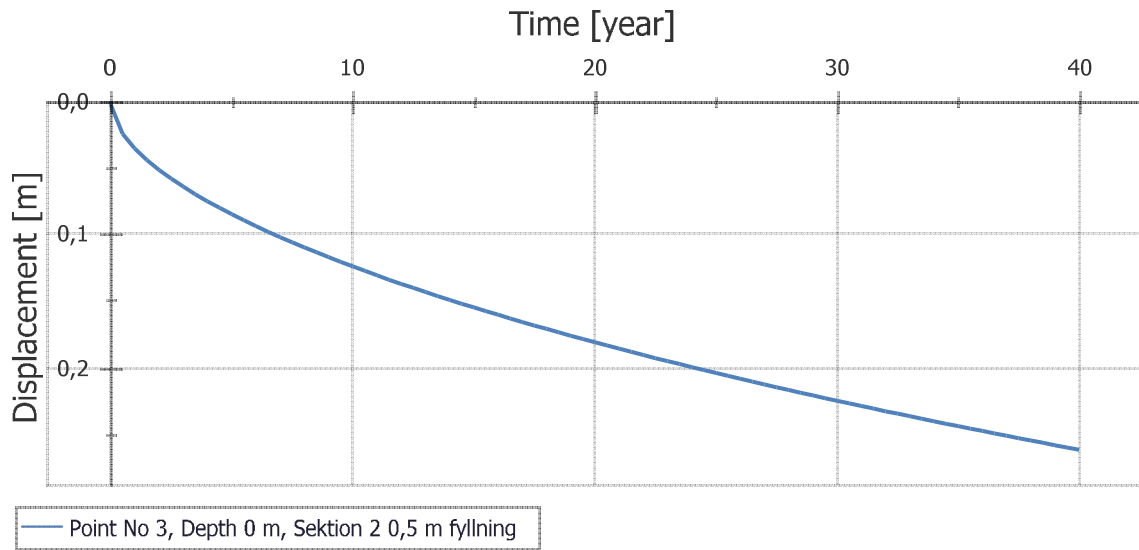
Point No 2, Sektion 2 1,0 m fyllning



— Point No 2, Depth 0 m, Sektion 2 1,0 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,545	40,000

Point No 3, Sektion 2 0,5 m fyllning

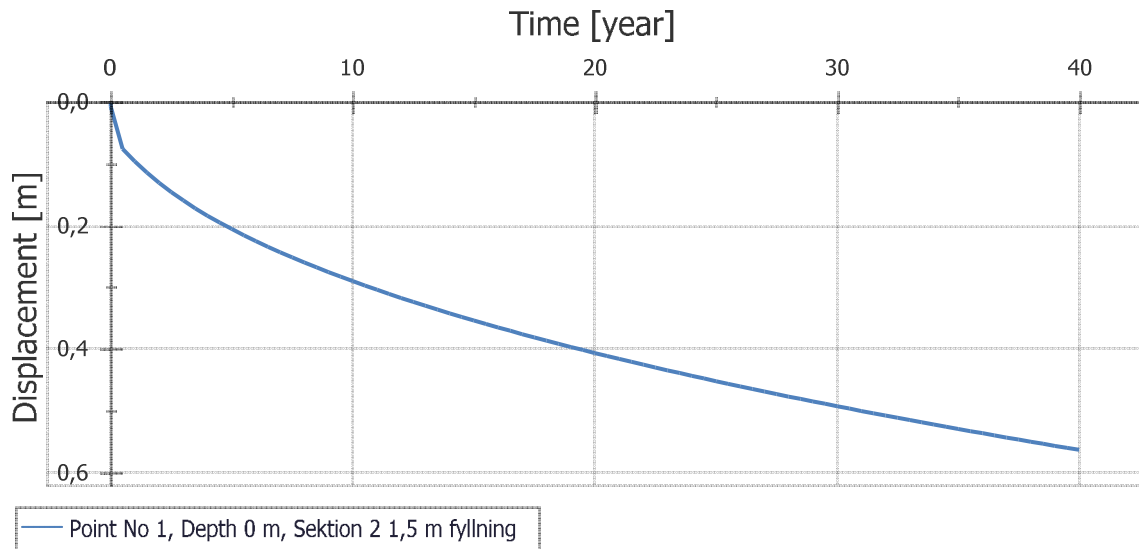


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,262	40,000

GeoSuite Settlement Report

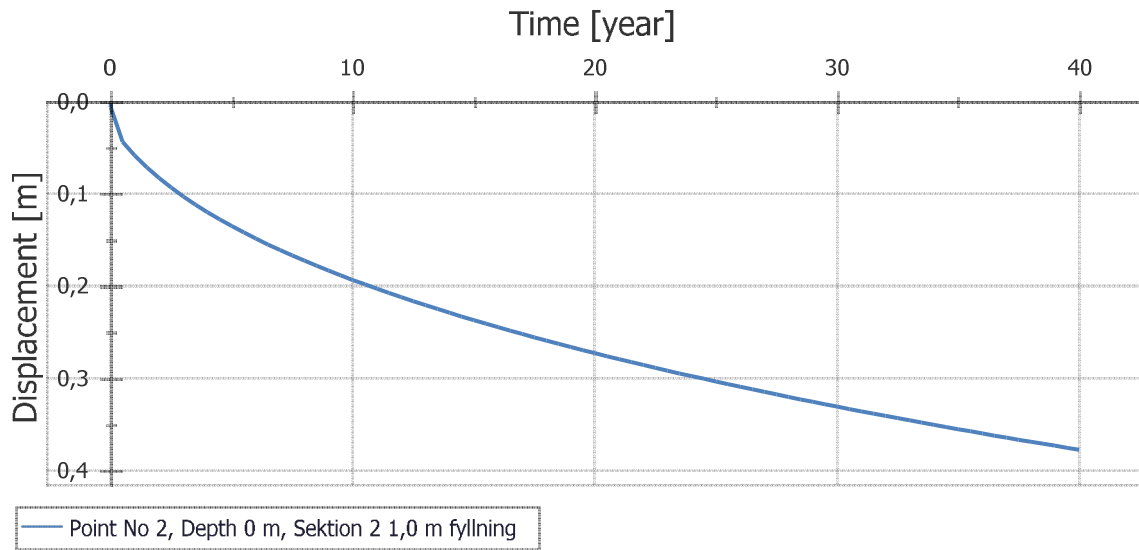
Summary

Point No 1, Sektion 2 1,5 m fyllning



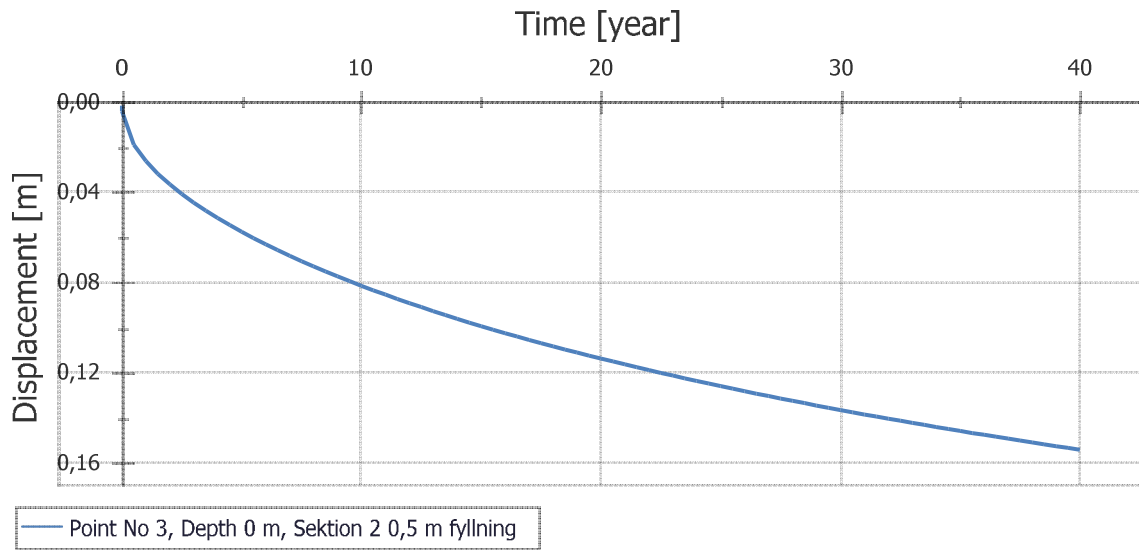
Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,564	40,000

Point No 2, Sektion 2 1,0 m fyllning



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,378	40,000

Point No 3, Sektion 2 0,5 m fyllning

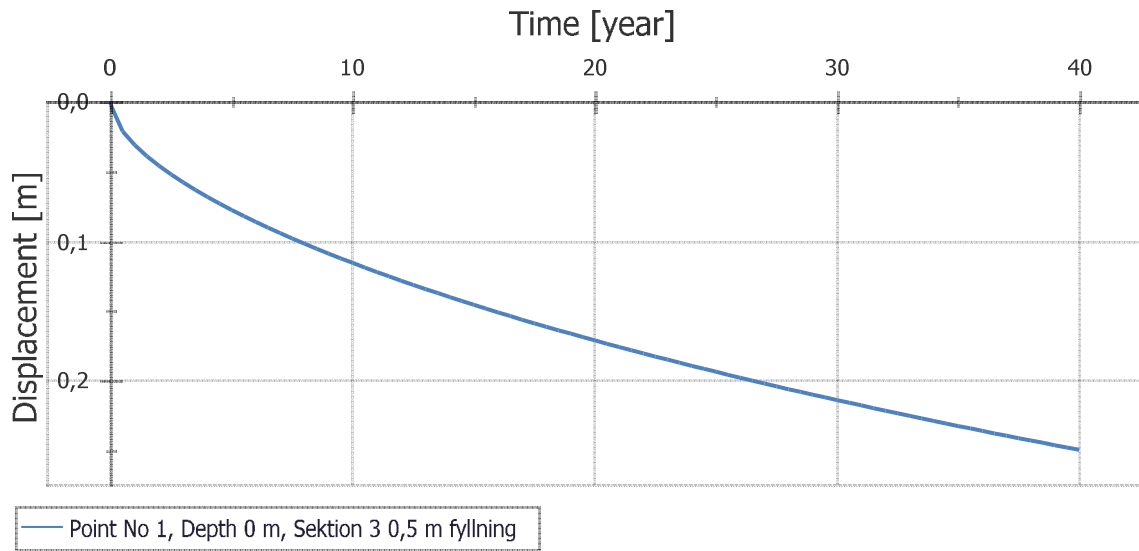


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,154	40,000

GeoSuite Settlement Report

Summary

Point No 1, Sektion 3 0,5 m fyllning

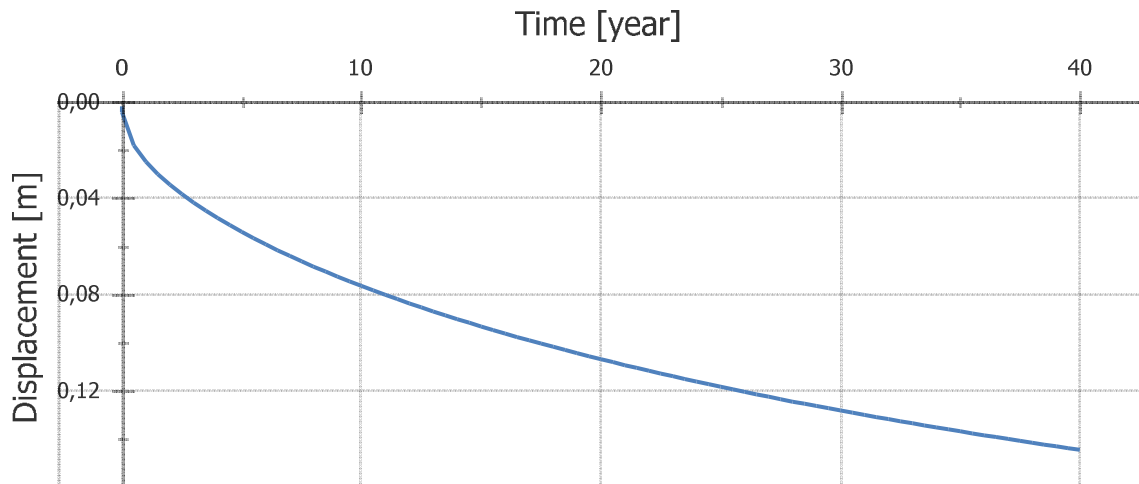


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,250	40,000

GeoSuite Settlement Report

Summary

Point No 1, Sektion 3 0,5 m fyllning



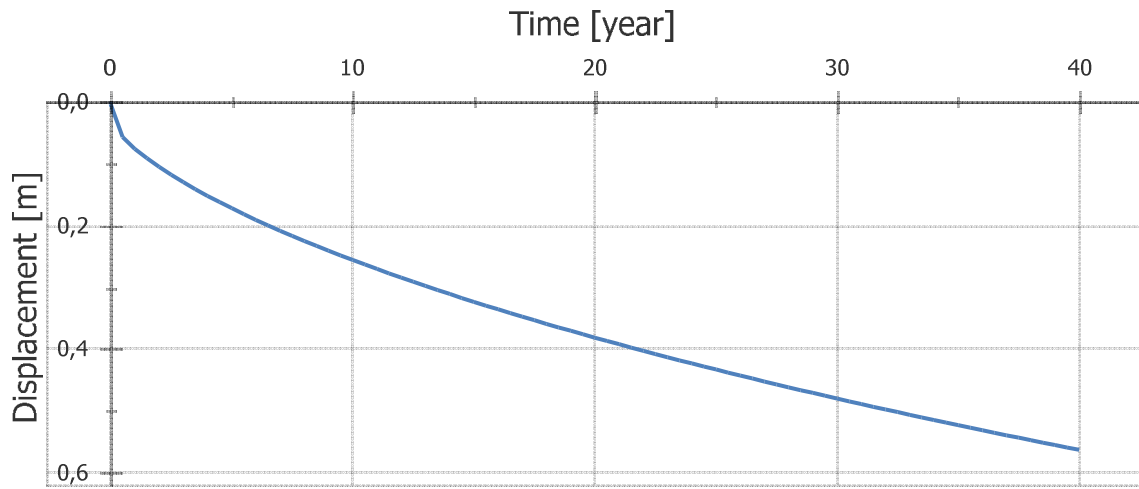
— Point No 1, Depth 0 m, Sektion 3 0,5 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,144	40,000

GeoSuite Settlement Report

Summary

Point No 1, Sektion 4 1 m fyllning



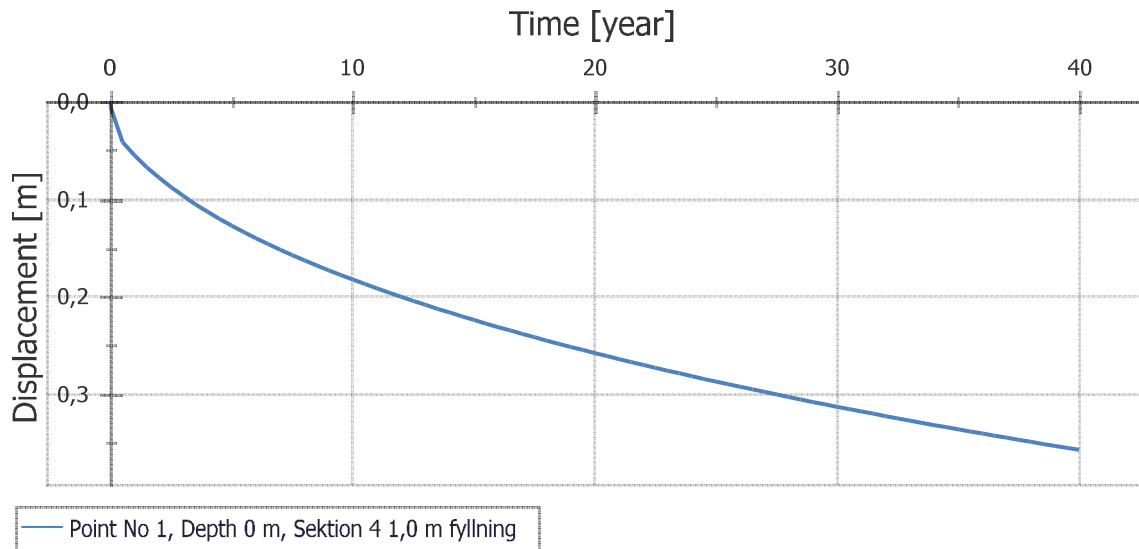
— Point No 1, Depth 0 m, Sektion 4 1 m fyllning

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,563	40,000

GeoSuite Settlement Report

Summary

Point No 1, Sektion 4 1,0 m fyllning

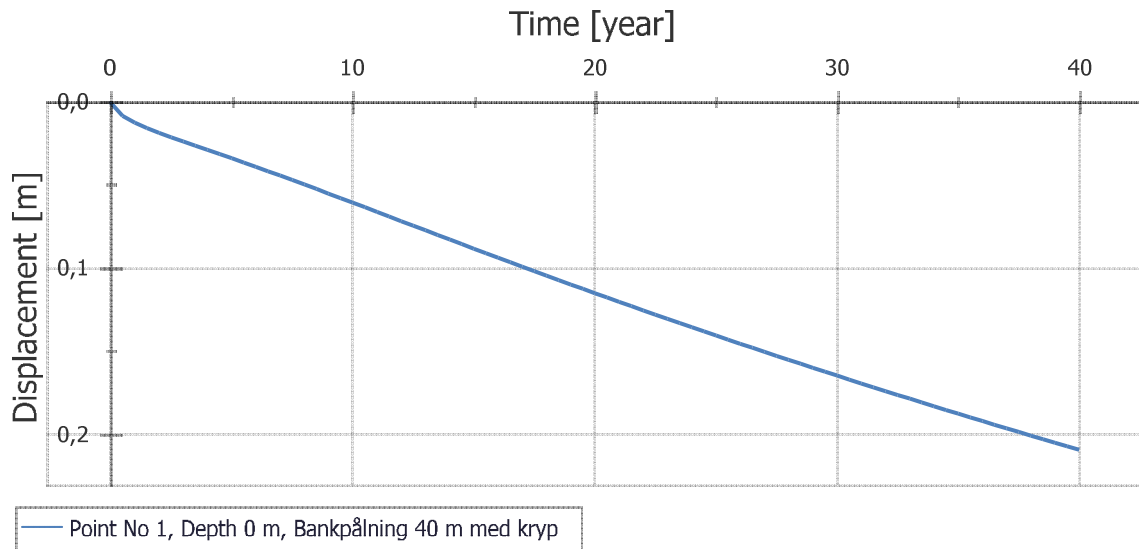


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,358	40,000

GeoSuite Settlement Report

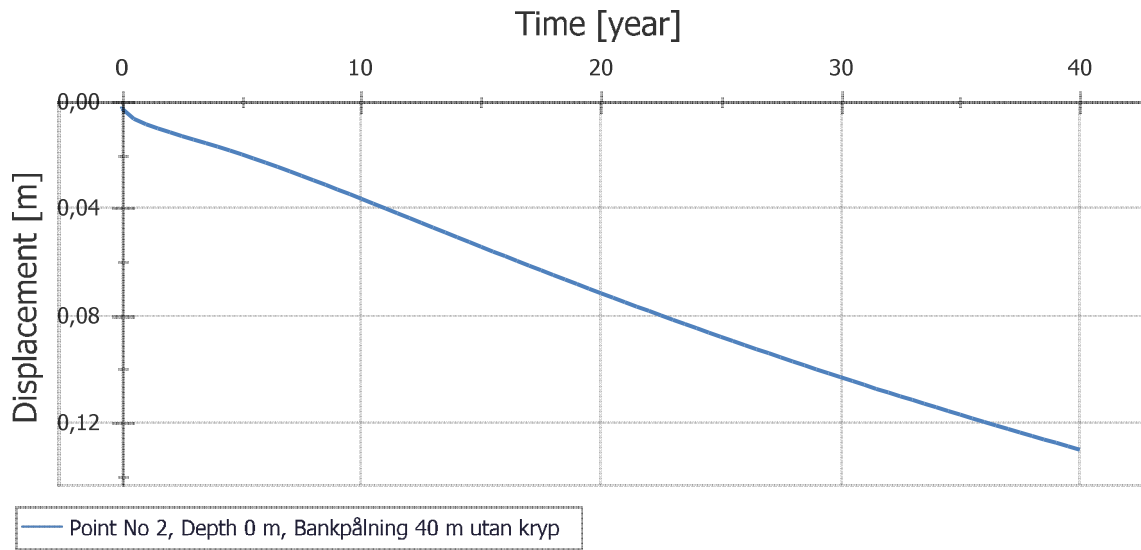
Summary

Point No 1, Bankpålning 40 m med kryp



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,209	40,000

Point No 2, Bankpålning 40 m utan kryp

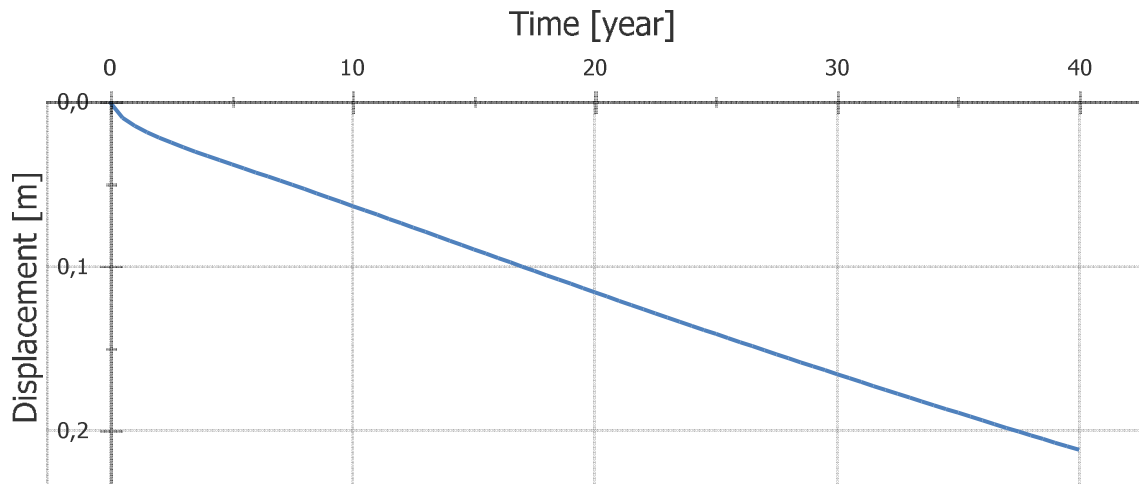


Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,130	40,000

GeoSuite Settlement Report

Summary

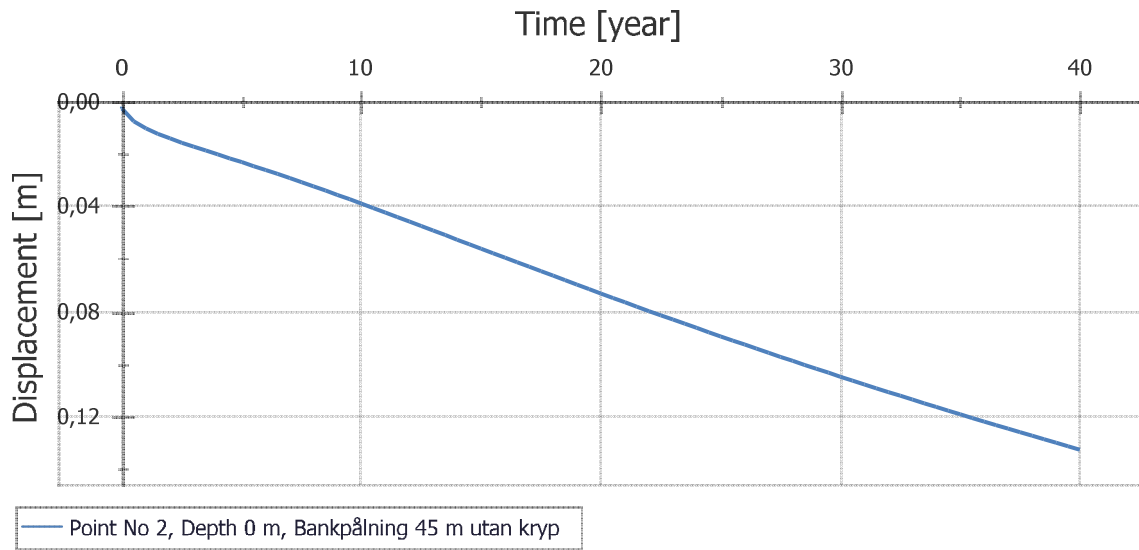
Point No 1, Bankpålning 45 m med kryp



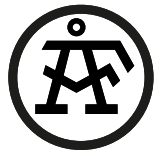
— Point No 1, Depth 0 m, Bankpålning 45 m med kryp

Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,212	40,000

Point No 2, Bankpålning 45 m utan kryp



Depth [m]	Displacement [m]	Time [years]
0,00	0,133	40,000



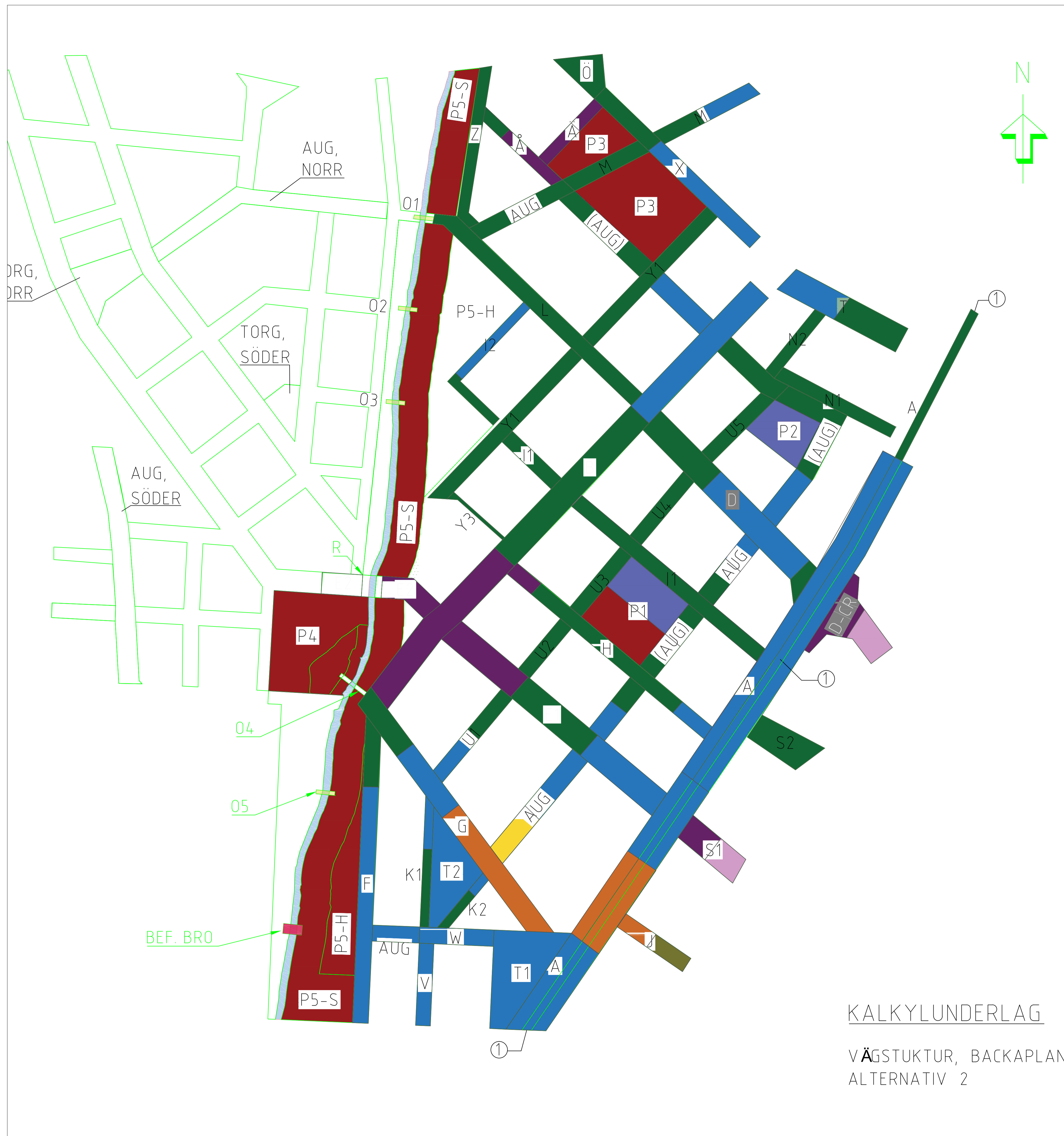
*BILAGA 7, Planritningar med
förstärkningsåtgärder*



Åtgärd och nivåskillnad	Area (m ²)
Ingen geotekniska åtgärd Nivåskillnad -0,5m	13 610
Ingen geotekniska åtgärd Nivåskillnad -1,0m	1 628
Skumglass 0,5 m Nivåskillnad 0m	53 863
Skumglass 1 m Grönytor nivåskillnad 0m	76 942
Skumglass 1 m Grönytor nivåskillnad +0,5 m	12 580
Skumglass 1,8 m Nivåskillnad +0,5 m	53 358
Skumglass 3 m Nivåskillnad +1 m Slutmarknivå > +2,7	1 044
Bankpålning 40 m Nivåskillnad + 1m Slutmarknivå < +2,7	10 085
Bankpålning 45 m Nivåskillnad +1,5m	860

KALKYLUNDERLAG

VÄGSTUKTUR, BACKAPLAN
ALTERNATIV 1



Åtgärd och nivåskillnad	Area (m2)
Ingen geotekniska åtgärd Nivåskillnad -0,5m	13 610
Ingen geotekniska åtgärd Nivåskillnad -1,0m	1 628
Skumglass 0,5 m Nivåskillnad 0m	53 863
Skumglass 1 m Grönytor nivåskillnad 0m	76 942
Skumglass 1 m Grönytor nivåskillnad +0,5 m	12 580
Skumglass 1,8 m Nivåskillnad +0,5 m	55 703
Skumglass 3 m Nivåskillnad +1 m Slutmarknivå >,+2,7	1 044
Bankpålning 40 m Nivåskillnad + 1m Slutmarknivå < +2,7	7 740
Bankpålning 45 m Nivåskillnad +1,5m	860

KALKYLUNDERLAG

VÄGSTUKTUR, BACKAPLAN
ALTERNATIV 2