



Ulricehamns kommun
BOGESUND 1:40 M.FL., "HANDELSTRÄDGÅRDEN"
Detaljerad stabilitetsutredning för detaljplan

TEKNISK PM, GEOTEKNIK

Göteborg 2016-04-14

ELU Konsult AB
Avd. Geoteknik, Göteborg

Handläggare:	Therese Hedman
Granskare:	Fredrik Olsson
Uppdragsnummer:	60021
Dokumentbeteckning:	PM-G11
Revidering:	

Innehållsförteckning

	Sida nr
1 ORIENTERING	3
2 PLANERADE BYGGNADER.....	3
3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR.....	3
4 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	3
4.1 Topografi.....	3
4.2 Jordlagerföljd	3
4.3 Geohydrologiska förhållanden	5
4.4 Sättningsförhållanden.....	5
4.5 Stabilitetsförhållanden.....	5
4.6 Befintliga byggnader	5
5 DETALJERAD STABILITETSUTREDNING	5
5.1 Allmännt.....	5
5.2 Geometri	5
5.3 Materialegenskaper	6
5.4 Vattenstånd och porttryck	6
5.5 Laster	7
5.6 Beräkningssektioner	7
5.7 Val av erforderliga säkerhetsfaktorer.....	7
5.8 Beräkningar i Slope/W	8
5.8.1 Allmänt	8
5.8.2 Analysmodell	8
5.8.3 Resultat	8
6 SLUTSATSER	9
6.1 Befintliga förhållanden.....	9
6.2 Planerade förhållanden.....	9
7 REKOMMENDATIONER	10
7.1 Grundläggning.....	10

Förteckning över bilagor

- STABILITETSBERÄKNINGAR**
Sektion A och B

1 ORIENTERING

Inom fastigheten Bogesund 1:40 m.fl. i Ulricehamn planeras nybyggnation av friliggande villor.

ELU Konsult AB har på uppdrag av Ulricehamns kommun utfört en komplettering av tidigare utförd stabilitetsutredning inför upprättande av detaljplan för aktuellt område. Kompletterande geotekniska undersökningar har utförts inom uppdraget.

2 PLANERADE BYGGNADER

Ett område som tidigare använts som handelsträdgård planeras att bebyggas med 23 st. friliggande villor. Byggnaderna kommer att uppföras i 1-1,5-plan.

3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

Tidigare relevanta och i uppdraget utförda geotekniska undersökningar inom aktuellt område finns sammanfattade i följande rapport:

- *"Ulricehamns kommun. Bogesund 1:40 m.fl, Handelsträdgården, Kompletterande stabilitetsutredning för detaljplan, Markteknisk undersöknings-rapport (MUR)", Dokumentbeteckning MUR-G11, uppdragsnummer 60021, daterad 2016-04-14. Utförd av ELU Konsult AB på uppdrag av Ulricehamns kommun.*

I den marktekniska undersökningsrapporten redovisas utvärderade, karakteristiska värden för jordegenskaper baserade på resultaten från de geotekniska undersökningarna.

4 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

4.1 Topografi

Aktuellt område är beläget norr om sjön Åsunden och gamla riksväg 40 i stadsdelen Villastaden i Ulricehamns kommun. Området avgränsas i söder av Brunnvägen, i norr och öster av Reflevägen och i väster av Vistabergsvägen. Söder om aktuellt område finns en kyrkogård. Inom planområdet fanns tidigare ett växthus som nu har rivits. Marken har därefter sanerats.

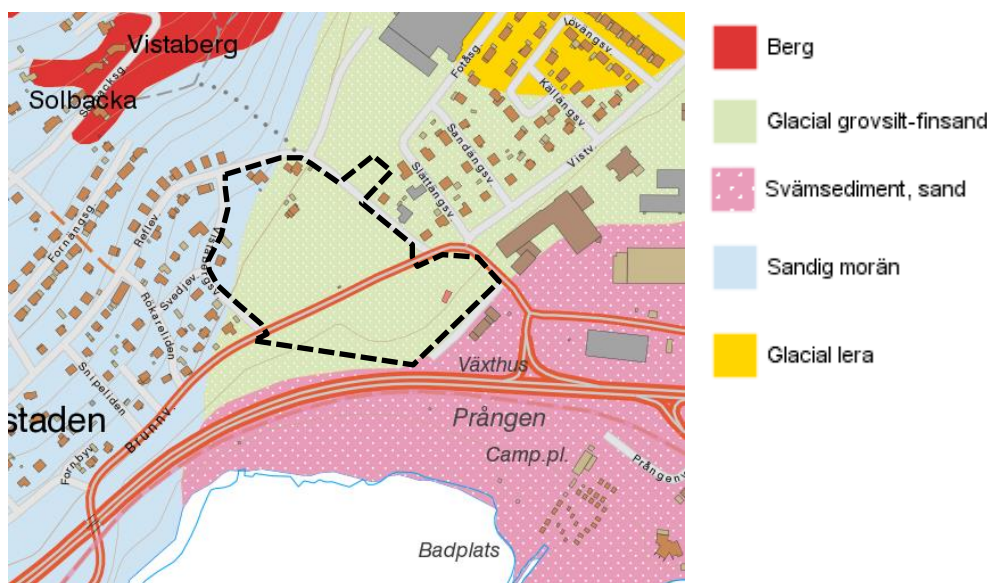
Marken sluttar svagt åt sydost från en marknivå på ca +174 i nordväst till nivå +173 i sydost. I den nordvästra delen av området finns ett höjdparti med nivåer kring +177. Precis norr om gamla riksväg 40 finns en ca 6 m hög, brant slänt med en lutning mellan 1:1 och 1:1,5. Marken nedanför slänten ligger på nivån ca +167 och sluttar därifrån svagt åt söder ned till strandlinjen för sjön Åsunden som ligger på nivå ca +164.

Samtliga nivåer är angivna i höjdsystem RH2000.

4.2 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden i området är mycket komplex med varierande sammansättning av glaciala avlagringar. Inga bergbestämningar har utförts, dock finns berg i dagen i områdets nordvästra del så berget bedöms slutta åt sydost. På samma

sätt ökar djupet till fast botten åt sydost från ca 3,5 m till ca 30 m. Generellt består jorden överst av glacial siltig finsand med en mäktighet på mellan ca 5 och 10 m. Under sanden följer ett mellan ca 3,5 m och 20 m mäktigt lager av varvig glacial silt och lera. I detta jordlager har två lerskikt, med en mäktighet på mellan 2 och 4 m, påträffats. Under lagret med varvig lerig silt och siltig lera följer fast botten som bedöms bestå av en sandig morän. Närmast Åsunden finns enligt SGUs jordartskarta ett lager svämsediment av sand i ytan, se figur 4.1. Mäktigheten av detta sedimentet ökar mot sjön i söder.



Figur 4.1. Ytlig fördelning av jordarter enligt SGUs jordartskarta. Aktuellt detaljplanerområde är markerat.

Den **siltiga finsanden** (siSaf) har en medelhög relativ fasthet de översta ca 5-6 metrarna med en friktionsvinkel på 38°, utvärderad från CPT-sonderingar. Under denna nivå har sanden en låg relativ fasthet och en utvärderad friktionvinkel på 36°.

Den glaciala **leriga silten** och **siltiga leran** har en relativ fasthet som varierar mellan mycket låg och medelhög och en hög odränerad skjuvhållfasthet, varierande mellan ca 70 och 90 kPa. Friktionsvinkeln har utvärderats till 33°.

Det **övre lerskiktet** har en låg odränerad skjuvhållfasthet, utvärderad till 30 kPa. Det **undre lerskiktet** har en medelhög odränerad skjuvhållfasthet på 50 kPa.

Det postglaciala **svämsedimentet av sand** har inte påträffats i några undersökningspunkter. Erfarenhetsvärden för friktionsvinkeln har valts för löst packad sand enligt TK Geo 13.

Den **sandiga moränen** har en hög till mycket hög relativ fasthet. Erfarenhetsvärden för friktionsvinkeln har valts från undersökningar gjorda i anslutande områden.

En sammanställning av utvärderade, karakteristiska värden samt valda erfarenhetsvärden för jordegenskaper redovisas i tabell 5.1.

4.3 Geohydrologiska förhållanden

Den fria grundvattenytan följer marknivån. I den norra delen av området ligger grundvattenytan ca 1-3 m under markytan, motsvarande nivåer mellan ca +170 och +175. Vid sjön Åsunden i söder ligger grundvattenytan nära marknivån.

Vattennivån i sjön Åsunden är reglerad med en lägsta vattennivå på +163 och en högsta nivå på +165,1. Medelvattenståndet motsvarar nivån +163,97. I området närmast sjön, som överst består av svämsediment av sand, bedöms grundvattennivån korrelera med vattenståndet i sjön med en viss fördröjning.

I anslutning till den branta slänten mot gamla riksväg 40 har porttrycksmätare installerats i släntkrön och släntfot. Porttrycksspetsarna är placerade i den leriga silten/siltiga leran. Mätningarna visar att grundvattnets trycknivå i de finkorniga jordarna är artesiskt utmed släntens nedre del. Vid mättillfället (2016-03-16) var trycknivån ca +168,8 resp. +168,4 i mätpunkterna. Markytan i mätpunkterna ligger på nivån ca +172 resp. +167 (släntkrön resp. släntfot).

4.4 Sättningsförhållanden

Då lermäktigheten är liten och CPT-sonderingar visar på att leran är starkt överkonsoliderad är bedömningen att inga pågående sättningar förekommer.

4.5 Stabilitetsförhållanden

Stabiliteten för den branta slänten ned mot gamla riksväg 40 och slänten ned mot sjön Åsunden har inte kontrollerats i tidigare utredningar.

4.6 Befintliga byggnader

Norr om Brunnvägen finns fyra friliggande villor. Resterande del av denna yta utgörs av avbanad mark efter att ett större växthus rivits och marken sanerats. Söder om Brunnvägen utgörs planområdet av en kyrkogård där ett kapell är den enda byggnaden.

5 DETALJERAD STABILITETSUTREDNING

5.1 Allmänt

För tillståndsbedömning av stabiliteten ned mot gamla riksväg 40 och sjön Åsunden har IEG Rapport 4:2010 tillämpats. Stabilitetsberäkningarna har utförts enligt totalsäkerhetsmetoden och tillståndsbedömningen utgår från Skredkommissionens Rapport 3:95. Omfattningen av utredningen motsvarar för slänten ned mot gamla riksväg 40 en detaljerad utredning och för slänten ned mot sjön Åsunden en översiktlig utredning.

5.2 Geometri

Marknivåer i beräknade sektioner är hämtade från grundkartan.

Jordlagergränser i beräkningssektionerna har bedömts utifrån geotekniska undersökningar utförda i tidigare och föreliggande uppdrag.

5.3 Materialegenskaper

Utvärderade, karakteristiska materialparametrar redovisas i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Karakteristiska värden valda utifrån resultaten från de geotekniska undersökningarna inom aktuellt område.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiska värden
Sa (svämsediment)	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 35^\circ$
siSa	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet (ned till 6 m under m.y)	$\phi' = 37,5^\circ$
	Hållfasthet (från 6 m under m.y)	$\phi' = 36^\circ$
Le (skikt)	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_m = 18 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet (mellan ca +162 och +170)	$c_u = 30 \text{ kPa}$ $c'/c_u = 0,10$, $\phi' = 30^\circ$
	Hållfasthet (mellan ca +154 och +157)	$c_u = 50 \text{ kPa}$ $c'/c_u = 0,10$, $\phi' = 30^\circ$
Si/Le	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_m = 18 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet (mellan ca +157 och +162)	$c_u = 70 \text{ kPa}$ $c'/c_u = 0$, $\phi' = 33^\circ$
	Hållfasthet (från ca +154 och nedåt)	$c_u = 90 \text{ kPa}$ $c'/c_u = 0$, $\phi' = 33^\circ$
saMn	Tunghet ¹	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_m = 22 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ²	$\phi' = 40^\circ$

1. Empiriskt värde från TK Geo 13

2. Erfarenhetsvärde från anslutande område

5.4 Vattenstånd och portryck

I stabilitetsberäkningarna har följande vattenstånd använts för sjön Åsunden:

LLW	+163	vid odränerad analys
LLW+0,5 m	+163,5	vid kombinerad analys

Grundvattnets trycknivå har i beräkningarna ansatts utifrån uppmätta geohydrologiska förhållanden. Utmed den nedre delen av slänten mot gamla riksväg 40 har ett artesiskt tryck ansatts i de finkorniga jordar som underlagrar svämsedimentet.

5.5 Laster

För trafiklaster gäller, då IEG Rapport 4:2010 tillämpas, anvisningar enligt Trafikverkets TK Geo 13. Söder om gamla riksväg 40 finns en GC-väg, vilken enligt TK Geo 13 belastas med 5 kPa på hela vägens bredd. Gamla riksväg 40 samt vägar i anslutning till aktuellt område belastas med 20 kPa för korta glidytor (<10 m) och 13 kPa för långa glidytor (>10 m).

Last på befintlig markyta inom den del av planområdet som ska bebyggas med villor har ansatts till 25 kPa, vilket ungefär motsvarar en 1,5-plans villa samt en uppfyllnad av ca 0,5 m med tung fyllning.

5.6 Beräkningssektioner

Valda beräkningssektioner redovisas i bilaga 1.

5.7 Val av erforderliga säkerhetsfaktorer

Erforderliga säkerhetsfaktorer för **detaljerad utredning** ligger enligt Skredkommissionens Rapport 3:95 inom spannen $F_c \geq 1,7$ -1,5 respektive $F_{komb} \geq 1,45$ -1,35. Erforderliga säkerhetsfaktorer inom spannen väljs med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden, se tabell 5.2.

Tabell 5.2. *Bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för slänt ned mot gamla riksväg 40.*

Förutsättning	Gynnsam	Ogynnsam
1. Fältundersökningens innehåll och omfattning	- CPT-sonderingar är utförda	- Gles provtagning
2. Laboratorieundersökningens innehåll och omfattning		- Litet antal undersökta prover - Kompressionsförsök saknas - Direkta skjuvförsök saknas - Triaxialförsök saknas
3. Släntens beständighet	- Inga tecken på rörelser i slänten - Intakt busk- och trädvegetation	- Risk för erosion
4. Släntens geometri		- Brant slänt
5. Grundvatten- och portrycksförhållanden	- Begränsade förväntade tryckvariationer.	- Långtidsobservationer saknas.
7. Jordens egenskaper	- Låg- till mellansensitiv lera	- Skiktad jord
9. Nuvarande och förväntade verksamheter i området		- Nyexploatering med belastningsökning
10. Konsekvens av ett skred	- Begränsad utbredning av skred.	- Risk för människoliv eller stor ekonomisk skada.
11. Analys- och beräkningsarbetets innehåll och omfattning.	- Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. - Tvådimensionell analys. (Resultat i regel på säkra sidan).	

Utifrån bedömningen i tabell 5.2 har erforderliga säkerhetsfaktorer valts till $F_c \geq 1,6$ respektive $F_{\text{komb}} \geq 1,4$. För sand gäller att beräknad säkerhetsfaktor mot dränerat brott ska vara $F_\phi \geq 1,3$.

För längre glidytor som går mot sjön Åsunden bedöms underlaget inte uppfylla kravet på en detaljerad utredning och beräkningsresultaten bedöms därför gentemot erforderliga säkerhetsfaktorer för en översiktlig utredning. För en **översiktlig utredning** är erforderliga säkerhetsfaktorer $F_c \geq 2,0$ respektive $F_{c\phi} \geq 1,5$.

5.8 Beräkningar i Slope/W

5.8.1 Allmänt

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programmet Slope/W, version 7.21. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred med jämviktsteorier i det vertikala planet.

5.8.2 Analysmodell

I de aktuella analyserna har cirkulärcylindriska och optimerade glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Beräkningarna har utförts med odränerad och kombinerad analys.

5.8.3 Resultat

Resultatutskrifter från stabilitetsberäkningarna redovisas i bilaga 1.

Beräkningsresultat redovisas för:

- Glidya med totalt sett lägst säkerhet mot brott
- Glidya med lägst säkerhet mot brott som går ned i lerskikt
- Glidya med lägst säkerhet mot brott som går mot sjön Åsunden.

En sammanställning av beräkningsresultaten redovisas i tabell 5.3.

Tabell 5.3. Sammanställning av resultat från stabilitetsberäkningar

Sektion	Glidyta	Säkerhetsfaktor F_c		Säkerhetsfaktor F_{komb}		Säkerhetsfaktor F_ϕ	
		LLW +163,0		MLW +163,5		LLW +163,0	
		Beräknad	Erforderlig	Beräknad	Erforderlig	Beräknad	Erforderlig
A	Glidyta med lägst säkerhet mot brott	-	-	-	-	1,30	$\geq 1,3$
	Glidyta som går ner i lera	2,36	$\geq 1,6$	2,09	$\geq 1,4$	-	-
	Glidyta ned mot sjön Åsunden	3,20	$\geq 2,0$	3,12	$\geq 1,5$	-	-
B	Glidyta med lägst säkerhet mot brott	-	-	-	-	1,30	$\geq 1,3$
	Glidyta som går ner i lera	2,29	$\geq 1,6$	2,29	$\geq 1,4$	-	-
	Glidyta ned mot sjön Åsunden	2,96	$\geq 2,0$	2,89	$\geq 1,5$	-	-

6 SLUTSATSER

6.1 Befintliga förhållanden

Slänten från Kapellkyrkogården mot gamla riksväg 40 är brant med en genomsnittlig lutning av ca 1:1,7 (30°). Lokalt i slänten kan lutningen uppgå till ca 1:1,3 (37°), vilket motsvarar den naturliga rasvinkeln för jorden. Stabiliteten är tillfredsställande ($F_\phi \geq 1,3$) för glidytor större än de som markerats i beräkningssektionerna i bilaga 1. Glidytor med lägre beräknad säkerhet mot brott är ytliga och har en mycket begränsad utbredning. Stabiliteten för de ytliga delarna är sannolikt högre än den beräknade eftersom ingen hänsyn har tagits till att friktionsvinkeln för jorden är högre vid låga effektivspänningar. Eventuella, ytliga ras och erosion i den branta slänten kommer inte att påverka totalstabiliteten i området eller orsaka skador på befintlig väg eller kyrkogård.

Stabiliteten för glidytor som innefattar en större jordvolym, vilken även involverar finkorniga jordar, uppfyller kraven på erforderlig säkerhet mot brott inom ramen för en detaljerad utredning.

Stabiliteten mot sjön Åsunden uppfyller kraven på erforderlig säkerhet mot brott inom ramen för en översiktlig utredning.

6.2 Planerade förhållanden

Stabiliteten för planerat område för nyexploatering norr om Brunnvägen har kontrollerats genom beräkning av säkerheten mot brott för glidytor som kan påverka det berörda området. Beräkningarna, som har utförts med beaktande av

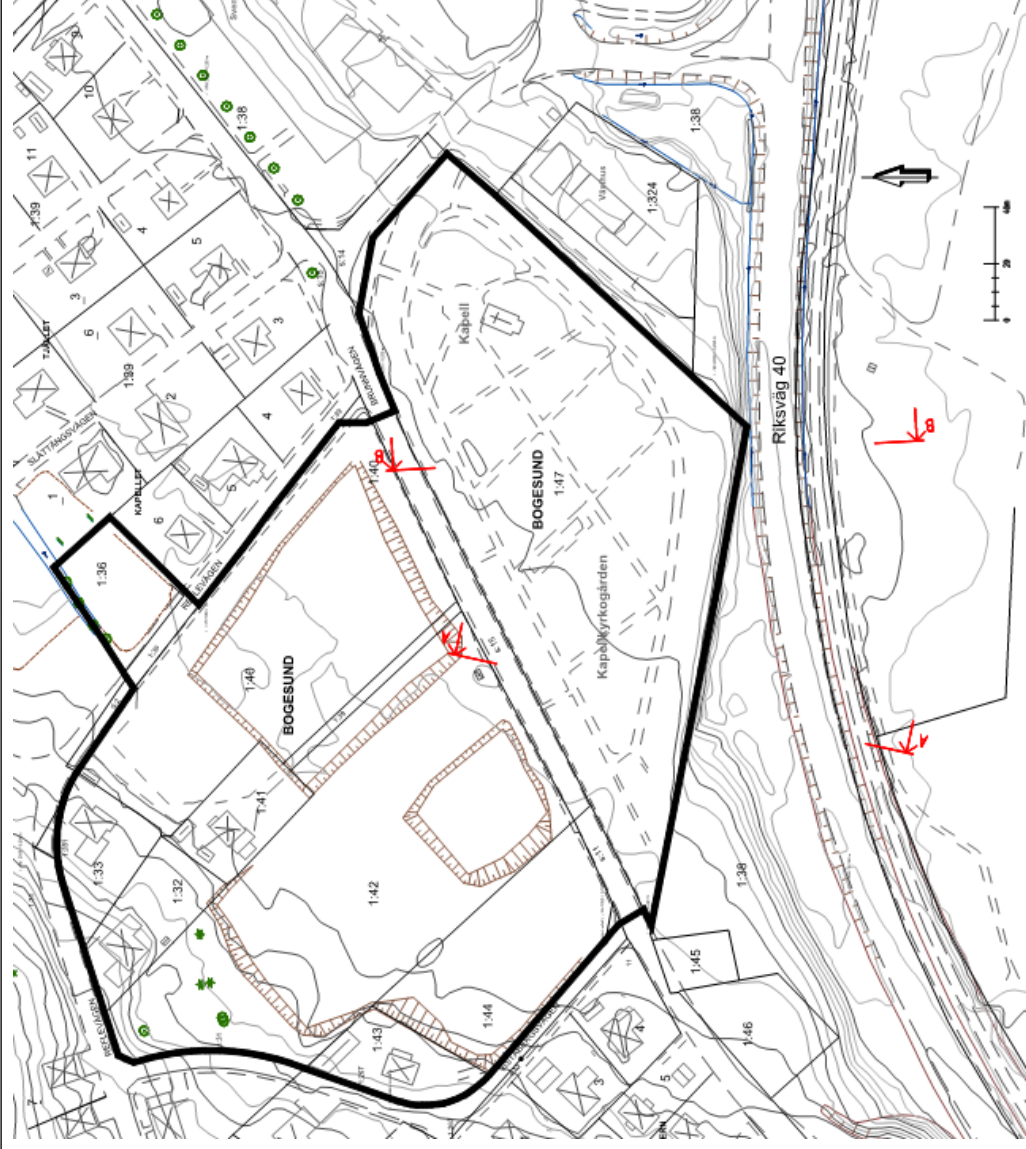
tillkommande laster enligt avsnitt 5.5, visar att stabiliteten uppfyller erforderlig säkerhet mot brott.

7 REKOMMENDATIONER

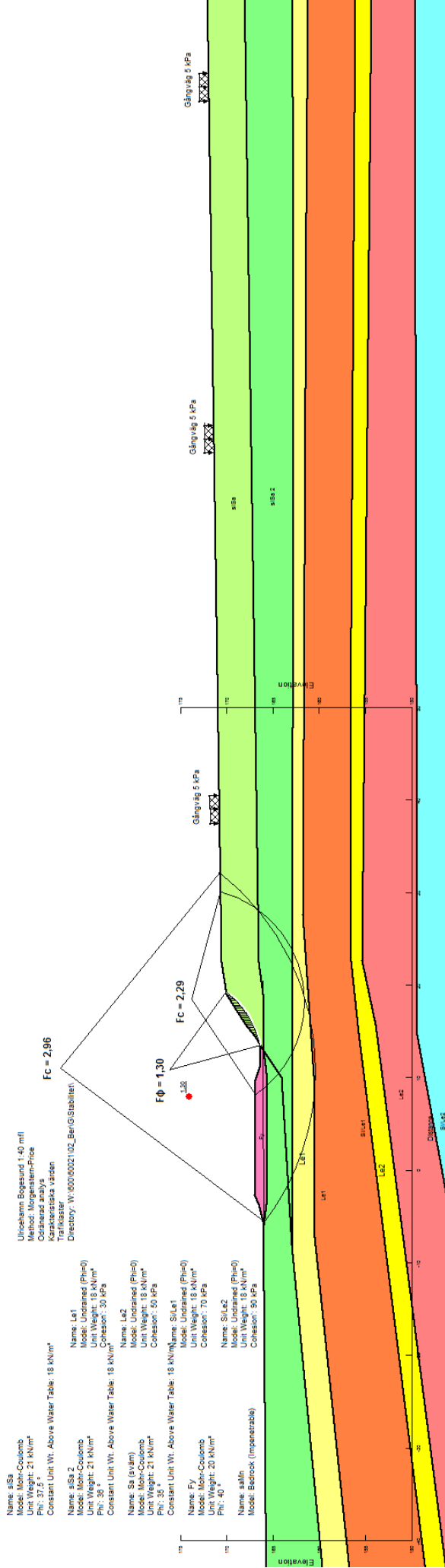
7.1 Grundläggning

Stabiliteten för exploateringsområdet norr om Brunnvägen är tillfredsställande och kräver inga särskilda restriktioner med avseende på grundläggningen av planerade byggnader.

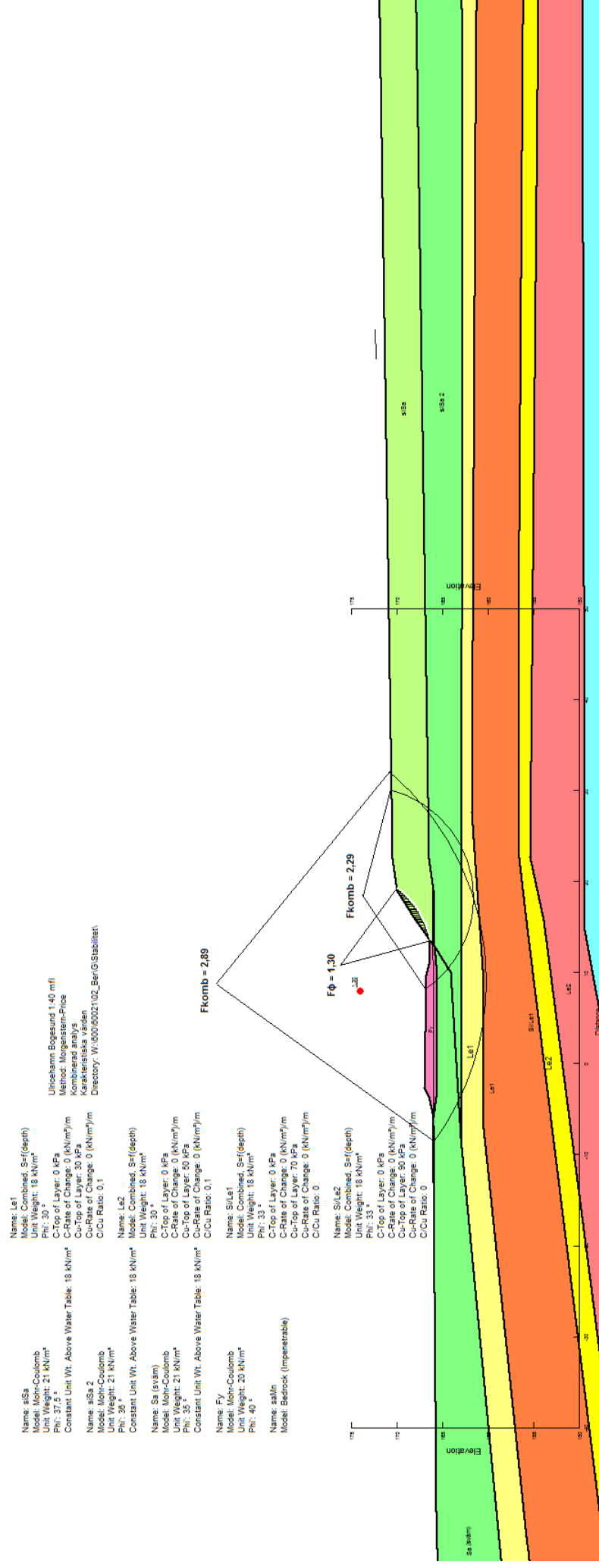
Byggnaderna kan grundläggas med platta på mark. Inför detaljprojekteringen av markarbeten och byggnadernas grundläggning bör dock detaljerade rekommendationer tas fram utifrån utförda undersökningar där fastställda marknivåer och byggnadernas utformning beaktas.



Figur A1.1 Placering av beräkningssektioner i plan.



Figur 1.4 Sektion B. Beräkning med odränerad analys. Beräkning utförd med karakteristiska värden på materialparametrar och laster.



Figur 1.5 Sektion B. Beräkning med kombinerad analys. Beräkning utförd med karakteristiska värden på materialparametrar och laster.