



Inför detaljplan

2022-02-15

Geoteknisk utredning Vårvik Knorren, Trollhättan

Uppdragsnummer:

7012231

Rapport

Innehållsförteckning

0.	Granskningsinformation och revisionshistorik	3
1.	Uppdrag och syfte	3
2.	Planerade arbeten	4
3.	Styrande dokument	5
4.	Underlag	5
5.	Markförhållanden	5
5.1.	Områdesbeskrivning och topografi	5
5.2.	Geotekniska förhållanden	5
5.3.	Grundvatten	6
5.4.	Bergtekniska förhållanden	7
5.5.	Radon	7
5.6.	Markmiljö förhållanden.	7
6.	Stabilitetsberäkningar	7
6.1.	Säkerhetsklass och partialkoefficienter	7
6.2.	Valda sektioner	7
6.1.	Vattennivån och grundvatten	8
6.1.	Laster	8
6.2.	Valda jordparameterar	9
6.3.	Resultat	9
7.	Rekommendationer	10
7.1.	Grundläggning av byggnader	10
7.2.	Grundvattensänkning/länshållning	10
7.3.	VA-ledningar och dräneringar	10
7.4.	Gator och hårda ytor	11
7.5.	Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)	11
8.	Slutsats	11
8.1.	Sammanfattning	11
8.2.	Fortsatta arbeten	11

Bilagor

Bilaga 1	Utvärdering av jordegenskaper, 2 sidor
Bilaga 2	Stabilitetsberäkningar, 3 sidor

Verksamhetssystem

Dokument -ID: Knorren_PM Geoteknik.docx
 Mall-ID: Rapport.dotx
 Dokumentägare: NCC Teknik

Mall upprättad datum: 2017-01-09
 Mall senast ändrad: 2017-01-09

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

0. Granskningsinformation och revisionshistorik

Denna rapport har upprättats av Saad Jamil (NCC Teknik) och granskats av Anders Stockman (NCC Teknik).

1. Uppdrag och syfte

På uppdrag av Trollhättans Stad har NCC Teknik upprättat denna rapport som geotekniskt underlag inför detaljplan som omfattar exploatering av området Vårvik Knorren i Trollhättan, se röd ellips i Figur 1.

Syftet med denna rapport har varit att beskriva de geotekniska och hydrogeologiska förutsättningarna, kontrollera stabiliteten mot älven samt ge geotekniska rekommendationer inför detaljplanearbetet.



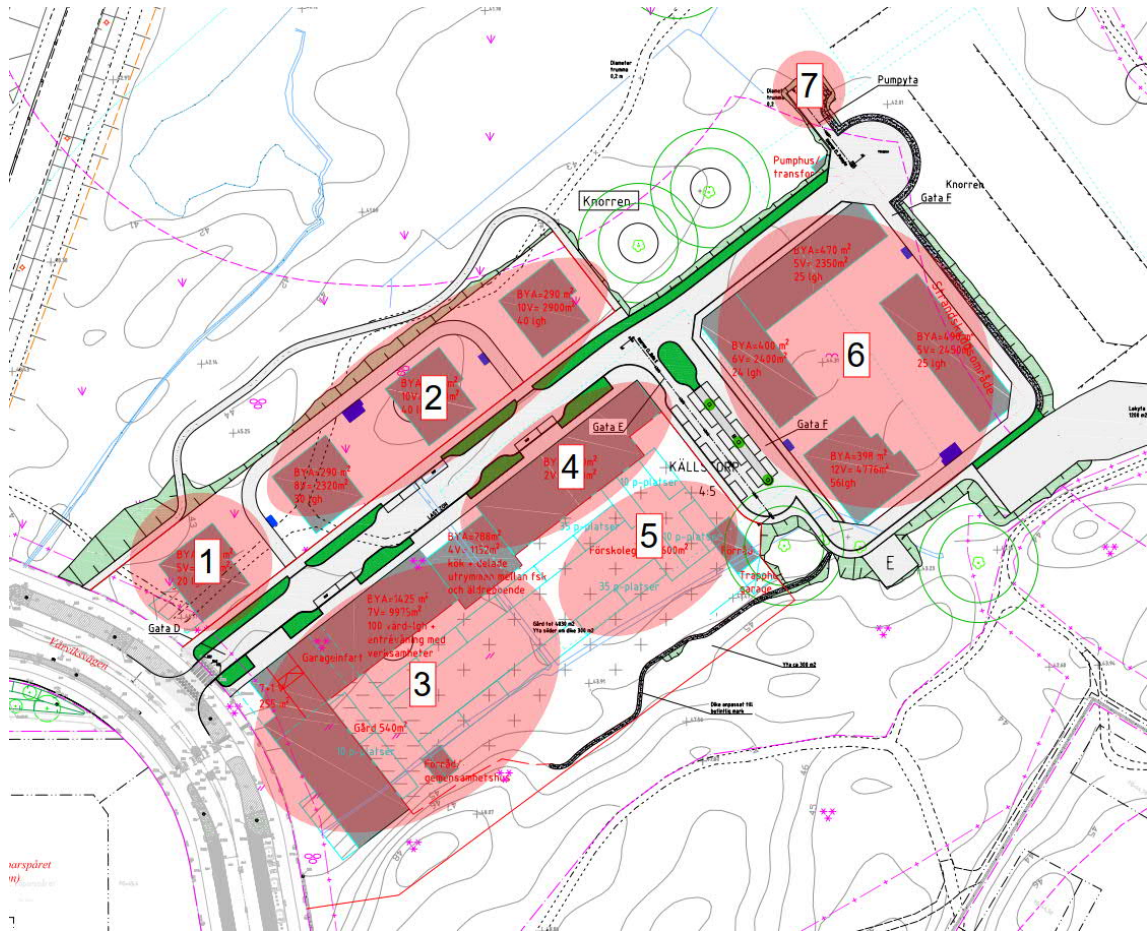
Figur 1. Röd ellips visar ungefärlig utbredning av projektet Vårvik Knorren (Eniro).

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

2. Planerade arbeten

Inom området planerar Trollhättans Stad att uppföra gator och byggnader mellan två och tio våningar ovan mark, se Figur 2. Ett gemensamt underjordiskt parkeringsgarage i ett plan planeras att uppföras i området södra del. En pumpstation med grundläggning ca 4-5 m under marken planeras i områdets norra del. För mer detaljer hänvisas till underlag [2] som framgår i kapitel 4 nedan.

Längs med älven planeras inte att ändra befintliga förhållanden. Avståndet mellan älven och närmaste byggnaden är ca 90 m.



Figur 2. Förprojektering över Knorren. Figuren hämtad från [2]. NCC har numrerat byggnader för att underlätta beskrivningar i kommande kapitel.

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

3. Styrande dokument

Styrande dokument i föreliggande rapport har utgjorts av

- IEG:s rapport 6:2008, Rev 1 (Tillämpningsdokument Slänter och Bankar).

4. Underlag

[1] MUR (Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik), Vårvik Knorren, upprättad av NCC 2022-01-14. Uppdragsnummer 7012231.

[2] Handling M-16-1-001, -002 upprättade av ALP Markteknik AB, daterad 2021-12-20.

5. Markförhållanden

Samtliga nivåer i denna rapport är angivna i höjdsystemet RH 2000.

5.1. Områdesbeskrivning och topografi

Området avgränsas i söder av Vårviksvägen, i väst av Vänersborgsvägen i norr av Göta älv och i öster av skog.

Uppmätta marknivåer varierar mellan ca +40 och +44. En del bergpartier inom området ligger högre än +44. Inom området påträffas bland annat partier med skog, promenadstigar, vilka även finns längs med älven, och två gräsplaner.

Strandlinjen ligger på nivå ca +39,5. Göta älvs fåran ligger ca 20-30 m från områdets östra strand där älvbotten ligger på nivåer mellan ca +33 och +37, se bilaga 2 tillhörande underlag [1]. Älvbotten närmast stranden har en lutning ca 1:10.

Norr om området finns en vik tillhörande Göta älv där botten är relativt grund och flack och ligger på nivå ca +38,5 som djupast.

Ett vattendrag/dike kommer in i området vid cirkulationsplatsen i sydvästra hörnet som sedan mynnar i viken norr om området, se bilaga 1 tillhörande underlag [1]. Bottennivå vid cirkulationsplatsen är ca +41,5. Vid mynningen till viken är marken flack och ligger på nivå ca +40 och består överst av organisk jord enligt SGU:s jordartskarta.

5.2. Geotekniska förhållanden

På land består marken dels av berg i dagen eller ytnära berg och dels av naturliga jordlager. Jordlagerföljden är skiktad och består främst av lera, silt och sand, även grus förekommer ställvis. Jorddjupet under planerade byggnader är som mest 6-7 m under befintliga markytan.

Den odränerad skjuvhållfasthet hos leran, se bilaga 7 tillhörande underlag [1], har uppmätts mellan ca 10 och 70 kPa, vilket bedöms vara en stor spridning. I flera vingförsök har odränerat brott inte erhållits, troligen på grund av förekomst av silt och sand. Leran klassas som högsensitiv med förekomst av kvicklera.

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

Lerans sättningsegenskaper har undersökts i undersökningspunkt NCC13 och NCC22. Enligt undersökningen bedöms leran vara överkonsoliderad. Utförda CRS-försök framgår i bilaga 5 tillhörande underlag [1].

Under utförandet av skruvprovtagningarna har vissa djupa prover runnit av från skruven, troligen på grund av jordens flytbenägenhet vid vattenöverskott.

Friktionsjordens friktionsvinkel har utvärderats med hjälp av Conrad till mellan ca 30-40 grader, se bilaga 7 tillhörande underlag [1]. Lagringstäthet bedöms variera mellan mycket lös och medel fast.

Nedan beskrivs kortfattad jordlagerföljden vid planerade byggnader, se numrering i Figur 2:

- 1- Jorddjupet varierar mellan noll och ca 6 m. Jorden består huvudsakligen av lös siltig lera på berg.
- 2- Jorddjupet varierar mellan noll och ca 4 m. Jorden består huvudsakligen av siltig lera på berg.
- 3- Jorddjupet varierar mellan noll och ca 3 m. Jorden består huvudsakligen av siltig lera på berg.
- 4- Jorddjupet varierar mellan noll och ca 6 m. Jorden består huvudsakligen av lös siltig lera på berg. Leran klassificeras som kvick.
- 5- Jorddjupet varierar mellan ca 6 och 7 m. Jorden består huvudsakligen av lös siltig lera samt siltig sand på berg. Leran klassificeras som kvick.
- 6- Jorddjupet varierar mellan noll och ca 5 m. Jorden består huvudsakligen av siltig sand samt siltig lera på berg.
- 7- Jorddjupet är ca 3-4 m. Jorden består av lera och sand på berg.

I älven nordost om området består jordlagerföljden under ett löst lager i älvbotten av huvudsakligen sand på berg. Uppmätt jorddjup är som mest ca 5 m under älvbotten. Sammanställning av sandens friktionsvinkel redovisas i bilaga 1.

I viken, norr om området, består jordlagerföljden huvudsakligen av ett lerlager ovanpå friktionsjord på berg. Lermäktigheten är som mest ca 15 m djup under vikenbotten. Lerans odränerade skjuvhållfasthet har uppmätts mellan ca 20 och 50 kPa, se bilaga 1. Leran klassas som kvick.

5.3. Grundvatten

Två grundvattenrör har installerats i området, se underlag [1]. Enligt utförda mätningar, som utförts kontinuerligt mellan mars 2020 och november 2021, varierar grundvattennivåer mellan strax över markytan och ca 2,5 m under markytan, vilka motsvarar nivåer mellan +41,4 och +42,8. Samtliga grundvattenmätningar redovisas i ritning G-10-2-08 tillhörande underlag [1].

Under perioder med stora mängder nederbörd har det observerats vattensamlingar inom södra delen av området.

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

Grundvattennivåer närmast älvkanten bedöms följa vattennivåer i Göta älv. Vattennivåer i Göta älv är enligt följande:

- Lägsta lågvattennivån i Göta älv är ca +38,7.
- Högsta högvattennivån i Göta älv är ca +39,9.
- Medelvattennivå i Göta älv är ca +39,5.

5.4. Bergtekniska förhållanden

Baserat på utförda jordbergsonderingar bedöms berget inom undersökningsdjupet vara sprickigt. I övrigt har bergtekniska frågor inte behandlats i denna rapport.

5.5. Radon

Ingen radonundersökning har utförts.

5.6. Markmiljö förhållanden.

Markmiljö frågor har inte behandlats i denna rapport.

6. Stabilitetsberäkningar

Stabiliteten av befintliga slänter mot Göta älv har kontrollerats enligt IEG:s rapport 6:2008 och bedöms uppfylla "Detaljerad utredning" enligt Skredkommissionen rapport 3:95.

Stabilitetsberäkningar har utförts i programmet Slope/w version 9.0.3.

6.1. Säkerhetsklass och partialkoefficienter

Beräkningarna är utförda i säkerhetsklass 3 (SK3) med hänsyn till förekomst av kvicklera, med krav på säkerhetsfaktor $F_{EN} \geq 1,1$.

Beräkningarna har utförts med partialkoefficientsmetoden, i odränerad och dränerad (korttids) och kombinerad (långtids) analys, enligt DA3. Partialkoefficienter enligt nedan:

- Friktionsvinkel: 1,3
- Effektiv kohesion: 1,3
- Odränerad skjuvhållfasthet: 1,5
- Tunghet: 1,0

Med hänsyn till att den undersökning som utförts för stabilitetskontroll mot älven har varit tillräckligt omfattande har omräkningsfaktorerna $\eta_{1-8} = 1,0$ använts.

6.2. Valda sektioner

Två sektioner har valts och bedöms vara representativa för stabilitetskontroll mot Göta älv. Sektionslägen framgår Figur 3 som hämtad från ritning G-10-1-03 tillhörande underlag [1].

- Sektion A som representerar östra delen mot Göta älv.
- Sektion D som representerar norra delen mot viken tillhörande Göta älv.

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

6.1. Vattennivån och grundvatten

Lägsta lägvattensnivå i älven har ansatts vid odränerad- och dränerad analys (korttidsförhållanden). Medelvattennivå i älven har ansatts vid kombinerad analys (långtidsförhållanden).

Portrycksfördelningen i jorden är modellerad som hydrostatisk från grundvattenytan.



Figur 3. Lägen av beräknade sektioner.

6.1. Laster

Inga gator är planerade i närheten av stranden. Endast befintliga gång- och cykelstigar utmed älven finns. Laster har ansatts vid odränerad- och dränerad analys (korttidsförhållanden). I Tabell 1 presenteras karakteristiska och dimensionerande laster enligt säkerhetsklass 3.

Tabell 1. Laster.

Lasttyp	Karakteristisk last	Dimensionerande last
Trafiklast på GC	5 kPa	7 kPa

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

6.2. Valda jordparametrar

Materialparametrar för stabilitetsberäkningarna redovisas i Tabell 2. Utvärdering av friktionsvinkel i sektion A och skjuvhållfasthet i sektion D framgår i bilaga 1.

Tabell 2. Valda jordparametrar för stabilitetsberäkningar.

Material	Tunghet kN/m ³	Karakteristisk hållfasthet	Dimensionerande hållfasthet
Sektion A			
Mulljord	14	$\phi_k = 20^\circ$	$\phi_d = 15,6^\circ$
Sand	20 (18)	$\phi_k = 33^\circ$	$\phi_d = 26,5^\circ$
Älvsediment	12	$\phi_k = 20^\circ$	$\phi_d = 15,6^\circ$
Sektion D			
Torrskorpelera	18	$\phi_k = 30^\circ$ $c_{uk} = 30$ kPa $c'_k = 3$ kPa	$\phi_d = 24,0^\circ$ $c_{ud} = 20$ kPa $c'_d = 2,3$ kPa
Lera	16,5	$\phi_k = 30^\circ$ $c_{uk} = 20$ kPa + 2 kPa/m $c'_k = 2$ kPa + 0,2 kPa/m Ökning från nivå +36	$\phi_d = 24,0^\circ$ $c_{ud} = 13,3$ kPa + 1,3 kPa/m $c'_d = 1,5$ kPa + 0,15 kPa/m Ökning från nivå +36
Älvsediment	12	$\phi_k = 20^\circ$	$\phi_d = 15,6^\circ$

6.3. Resultat

Resultatet av beräkningarna presenteras i Tabell 3 samt i bilaga 2. Beräkningar med befintliga förhållanden visar att tillräcklig stabilitet uppnås.

Tabell 3. Resultat stabilitetsberäkning.

Sektion	Analys	Lägst säkerhetsfaktor	Bilaga 2
Sektion A	Dränerad	1,83	sida 1
Sektion D	Odränerad	2,29	sida 2
	Kombinerad	2,20	sida 3

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

7. Rekommendationer

7.1. Grundläggning av byggnader

Med hänsyn till varierande markförhållanden i form av varierande marknivåer, bergnivåer och jordmaktigheter. Samtidigt med hänsyn till varierande konstruktionslaster och grundläggningsdjup rekommenderas följande grundläggningsmetoder, se numrering i Figur 2:

- 1- Byggnader inom denna del rekommenderas att pågrundläggas till berg eftersom jorddjupet varierar relativt stort.
- 2- Jorddjupet inom denna del är relativt litet, därför rekommenderas att byggnader plattgrundläggas efter avtäckning av berg.
- 3- Jorddjupet inom denna del är relativt litet, därför rekommenderas att byggnader plattgrundläggas efter avtäckning av berg. Garage rekommenderas att förankras i berg för att klara grundvattenupplyftning, samt rekommenderas vara vattentätt.
- 4- Byggnader rekommenderas att pågrundläggas till berg eftersom jorddjupet varierar relativt stort.
- 5- Garage rekommenderas att förankras i berg för att klara grundvattenupplyftning, samt rekommenderas vara vattentätt.
- 6- Byggnader rekommenderas att pågrundläggas till berg eftersom jorddjupet varierar relativt stort.
- 7- Pumpstation rekommenderas att förankras i berg för att klara grundvattenupplyftning.

Vid djupa schakter bedöms följande temporära åtgärder vara aktuella:

- Stödkonstruktion t.ex. spontning för att säkra schaktkanten och/eller minska grundvattensflödet mot schaktområdet.
- Avsänkning och länshållning av grundvattnet.

Kompletterande markundersökningar kan behövas utföra för varje objekt eller delområde i senare skeden inför utredande av grundläggningar.

7.2. Grundvattensänkning/länshållning

Jorden är flytbenäget vid vattenöverskott, därför rekommenderas temporär grundvattensänkning och länshållning om problemet konstaterats.

Risk för hydraulisk bottenuppretryckning kan förekomma där schaktbotten består av tät jord vilket skall beaktas.

7.3. VA-ledningar och dräneringar

Ledningsgravar under grundvattennivån rekommenderas att utföra med strömningsavskärande fyllning för att undvika permanent grundvattensänkning. Även dräneringar kring planerade byggnader rekommenderas att placera så högt som möjlig.

Uppdragsnummer 7012231	Rubrik Geoteknisk utredning	Rubrik Vårvik Knorren, Trollhättan	Status Inför detaljplan
---------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

7.4. Gator och hårda ytor

Om uppfyllnader av planerade gator och hårda ytor över jordmark är mer än 0,5 m skall det beaktas ur sättningsperspektiv. Eftersom jordtäcket är relativt litet i området bedöms förbelastningen vara en bra lösning vid permanenta höga uppfyllnader över jordmark.

7.5. Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)

Jordens vattengenomsläpplighet i område bedöms vara låg vilket gör att möjligheten till att lokalt ta hand om dagvatten genom infiltration i marken bedöms som liten.

8. Slutsats

8.1. Sammanfattning

Den geotekniska undersökningen som utförts för detaljplanen bedöms vara tillräcklig omfattande.

Befintliga slänter mot Göta älv är tillfredsställande och har enligt gällande krav tillräckligt hög säkerhet mot brott.

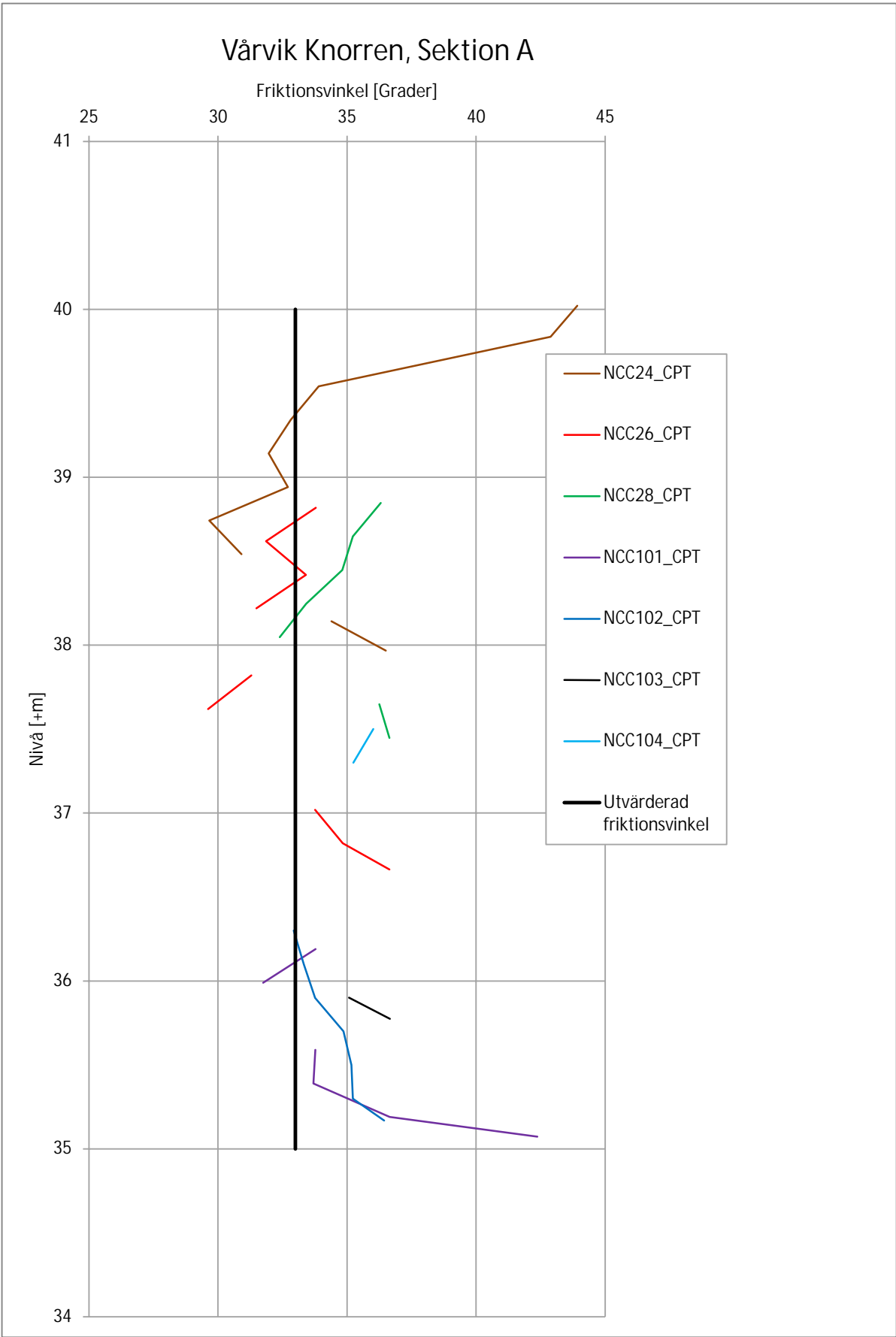
Marken i området vid planerade byggnader och vägar består till stor del av berg i dagen eller ytnära berg. Det största uppmätta jorddjupet är 6,5 m under befintliga markytan. I bilaga 1 tillhörande underlag [1] framgår uppmätta bergnivåer och bergdjup under befintliga marknivåer.

Generellt bedöms markförhållanden vid av planerade byggnader och vägar vara goda ur stabilitets- och sättningsperspektiv båda för befintliga- och utbyggda förhållanden.

8.2. Fortsatta arbeten

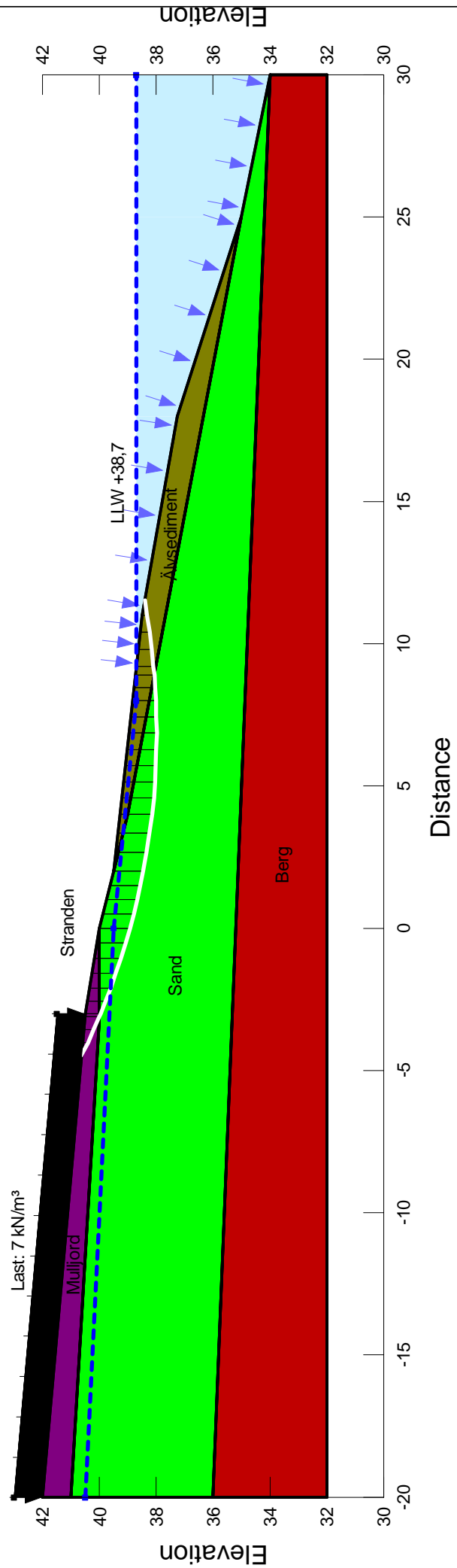
Kompletterande markundersökningar kan behövas utföras vid detaljprojektering av grundläggning av varje objekt/delområde.

Om bergförankring väljs rekommenderas att utföra jordbergsonderingar till eventuellt större djup för att undersöka sprickförekomsten i berget.



Vårvik Knorren
 Stabilitetsberäkning med partialkoefficienter
 Sektion A
 Befintliga förhållanden
 Dränerad analys
 Skala: 1:200 (A4)

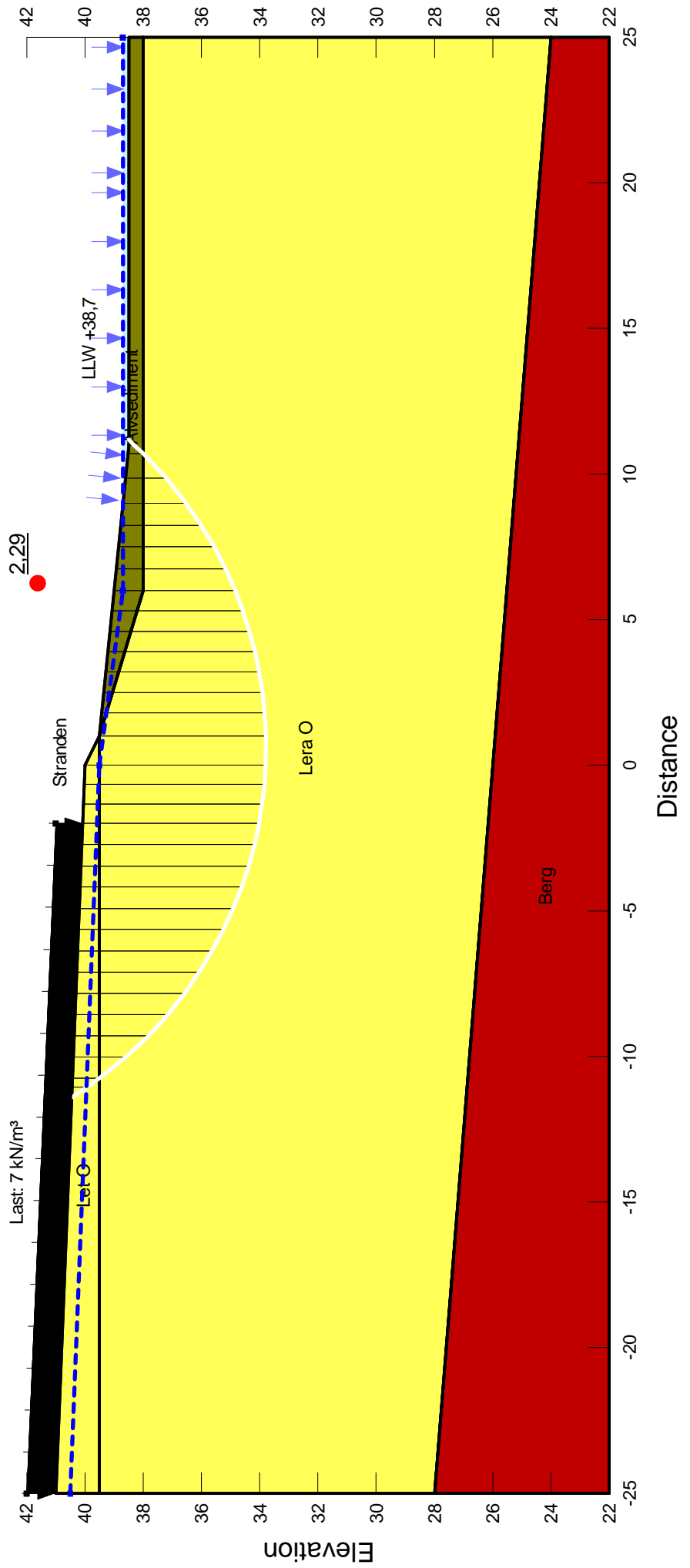
Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m ³)	Piezometric Line
Red	Berg	Bedrock (Impenetrable)						1
Purple	Mulljord	Mohr-Coulomb	14	0	15.6	0		1
Green	Sand	Mohr-Coulomb	20	0	26.5	0	18	1
Olive	Åvsediment	Mohr-Coulomb	12	0	15.6	0		1



Värvik Knorren
Stabilitetsberäkning med partialkoefficienter

Sektion D
Befintliga förhållanden
Odränerad analys
Skala: 1:200 (A4)

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion* (kPa)	Phi* (°)	Phi-B (°)	Cohesion (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ² /m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Piezometric Line
Red	Berg	Bedrock (Impenetrable)										1
Yellow	Lera O	S=f(datum)	16,5				13,3	1,3	0		36	1
Light Yellow	Let O	Undrained (Phi=0)	18			20						1
Dark Green	Åvsediment	Mohr-Coulomb	12	0	15,6	0						1



Vårvik Knorren
Stabilitetsberäkning med partialkoefficienter
Sektion D

Befintliga förhållanden
Kombinerad analys
Skala: 1:200 (A4)

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ² /m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Piezometric Line
Red	Berg	Bedrock (Impenetrable)													1
Light Yellow	Lera K	Combined, S=f(datum)	16,5		24		1,5	13,3	0,15			1,3	0	36	1
Yellow	Let K	Combined, S=f(depth)	18		24		2,3		0	20		0	0		1
Dark Green	Åvsediment	Mohr-Coulomb	12	0	15,6	0									1

