

STABILITETSUTREDNING  
**SKEPPSHOLMSVIKEN 6**



2019-09-02

**UPPDRAG** 272690, MKB ny detaljplan Skeppsholmsviken 6

Titel på rapport: Stabilitetsutredning, Skeppsholmsviken 6

Status:

Datum: 2019-09-02

**MEDVERKANDE**

Beställare: Tillsammans Studio AB

Kontaktperson: Jonas Sjöberg

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Åsa Norman

Handläggare: Angelica Alamaa/Markus Holmgren

Kvalitetsgranskare: Stephan Hellgren/Sofia Wister

## SAMMANFATTNING

### MARKFÖRHÅLLANDEN

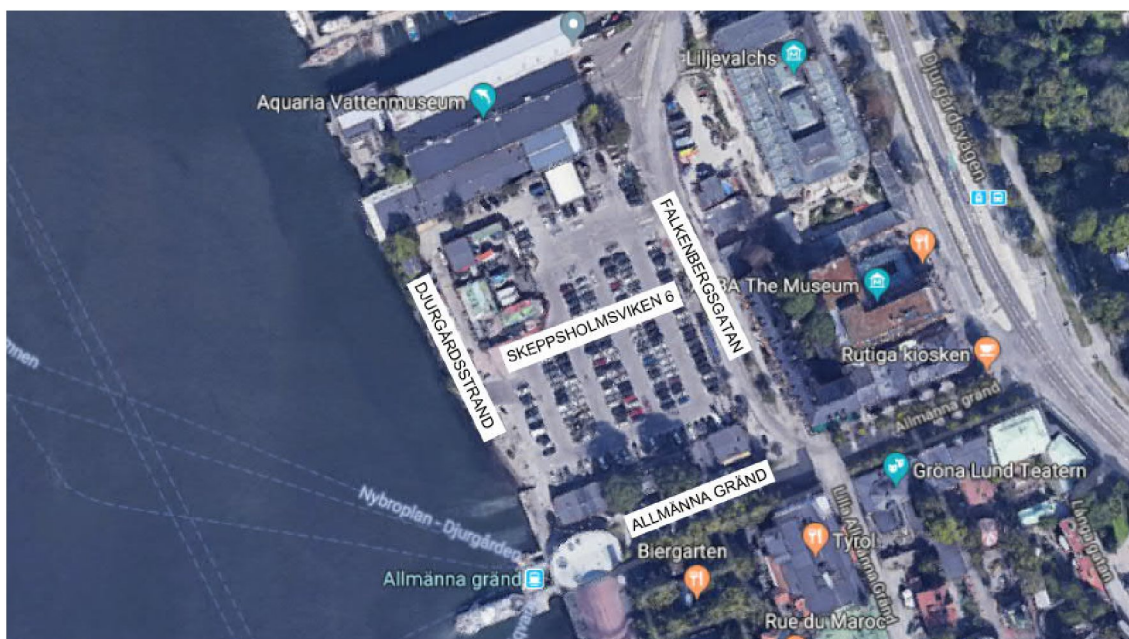
Fastigheten Skeppsholmsviken 6 och 7 består av en hårdgjord yta i form av en parkeringsplats. Denna yta är plan och varierar enligt inventerade punkter mellan nivån +3,5 vid Falkenbergsgatan och sluttar ned mot +1,7 i riktning mot Saltsjön. Se Figur 1 för lokalisering.

Området på land består av utfylld mark, bestående av sten, sand, grus och tegel, mäktigheten är som minst i den östra delen av undersökningsområdet och ökar från ca 0,5 m till 5,5 m i riktning mot Saltsjön. Fyllningsjorden underlagras av kohesionsjord, vars största mäktigheter återfinns i den sydvästra delen av undersökningsområdet och är som störst 5,4 m. Under kohesionsjorden finns friktionsjord som vilar på berg.

Längs med Djurgårdsstrand finns det en slänt som sluttar ned mot Saltsjön. Lutningen varierar över sträckan, men är brantast i norr och flackar av söderut.

Jordlagerföljden i Saltsjön består av kohesionsjord, vars största mäktigheter finns i mitten av undersökningsområdet upp till 8 m. Kohesionsjorden underlagras av friktionsjord eller silt. Friktingsjordens mäktighet är som störst 2,7 m och siltens mäktighet är som störst 5,5 m. Under friktionsjorden/siltan återfinns berg.

I undersökta punkter på land sluttar berget från Falkenbergsgatan mot Saltsjön och från Aquaria till Allmänna Gränd. I undersökta punkter i Saltsjön sluttar berget i motsatt riktning, från Allmänna Gränd mot Aquaria. Detta ger sammantaget att bergöverytan i läget för strandzonen lutar mest längst i norr mot Aquaria och minst längst i söder mot Allmänna Gränd.



Figur 1. Lokalisering över området

### STABILITETSHÖJANDE ÅTGÄRDER

Utförda stabilitetsanalyser visar att säkerheten mot skred med befintlig utformning är otillräcklig, därför är det nödvändigt att stabilitetshöjande åtgärder vidtas. Följande åtgärder anses vara möjliga:

- Pålkaj. Detta alternativ innebär att pålar installeras ner mot berg eller borrar in i berg och en konstruktion anläggs sedan på pålarna. Lösningen innebär att pålarna tar den vertikala lasten från trafik och markbelastning. Slänten under pålkajen flackas ut så att säkerheten mot skred är tillräcklig.

- Spontkaj. Spont slås ned till erforderligt djup och bakåtförankras. Bakom spanten fylls marken upp till önskad nivå och kajen anläggs på friktionsjorden. Markens bärighet och sättningsegenskaper bakom spanten måste beaktas.
- Avlastning av strandzonen. I de norra delarna av undersökningsområdet består marken av friktionsjord. I dessa delar kan det vara möjligt att flacka ut slänten så att säkerheten mot skred blir tillräcklig.

En kombination av ovanstående åtgärder är också tänkbar och lösningen kan variera utmed strandzonen.

Åtgärden/Åtgärderna som väljs dimensioneras för de laster som är aktuella inom zonen mellan byggnader och vatten.

Byggnader inom detaljplaneområdet föreslås pålas eller grundläggas på berg. Detta är inte en åtgärd som direkt hänförs till stabilitetssituationen utan pga. att grundläggningen behöver vara stum och liknande för hela byggnaden. Att byggnader pålas eller grundläggs på berg medför dock att byggnader inte påverkas eller påverkas av stabilitetsförhållanden inom området förutsatt att marken mellan byggnader och vatten är stabil och har tillräcklig säkerhet mot skred.

#### **ÅTGÄRDER MOT EROSION**

Den stabilitetshöjande åtgärden utformas så att risken för fortsatt vågerosion undviks. Beroende på val av åtgärd kan det innebära att en strandskoning/erosionsskydd utförs både i strandzonen och/eller på botten.

Då en brygga anläggs utanför strandpromenaden bedöms risken för påverkan av erosion pga. vattenströmningar som uppstår vid framdrift fartyg/båtar i direkt anslutning till vald stabilitetshöjande åtgärd vara liten.

Eventuellt erosionsskydd bedöms kunna anläggas inom den zon som idag utgörs av fyllnadsslant och kommer därför inte påverka naturlig botten.

#### **SLUTSATS**

Efter att stabilitetshöjande åtgärder och eventuella åtgärder mot erosion har vidtagits enligt ovan anses marken som lämplig för ändamålet.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>UPPDRAG</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ÄNDAMÅL</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>UNDERLAG FÖR STABILITETSUTREDNINGEN</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>STYRANDE DOKUMENT</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>PLANERADE KONSTRUKTIONER</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>MARKFÖRHÅLLANDEN</b> .....	<b>7</b>
	6.1.1 JORDLAGERFÖLJD LAND .....	7
	6.1.2 JORDLAGERFÖLJD SALTSJÖN .....	7
<b>7</b>	<b>STABILITET</b> .....	<b>8</b>
	7.1 ALLMÄNT.....	8
	7.2 INGÅENDE JORDMATERIAL.....	8
	7.3 RESULTAT .....	11
<b>8</b>	<b>EROSION</b> .....	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>MÖJLIGA ÅTGÄRDER</b> .....	<b>12</b>

### Bilagor

<i>Beteckning</i>	<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>
Bilaga 1. Stabilitetsberäkningar sektion D-D	2019-08-28	

## 1 UPPDRAG

På uppdrag av Tillsammans Studio AB har Tyréns AB utfört en stabilitetsutredning inför upprättandet av detaljplan för fastigheten Skeppsholmsviken 6.

## 2 ÄNDAMÅL

Orsaken till dessa undersökningar och utredning i detta skede är att det inför upprättande detaljplan är nödvändigt att dels fastslå markens lämplighet för byggnation samt att kartlägga risker för ras, skred och erosion samt att det är nödvändigt att sätta restriktioner för markanvändning i detaljplanen.

Behovet av att göra undersökningarna belyses även i SGI's yttrande gällande Detaljplan för Skeppsholmsviken 6 m fl vid Gröna Lund i stadsdelen Djurgården, Stockholms Stad, daterat 2019-01-29.

I denna kravställs att en undersökning och utredning som uppfyller minst detaljerad utredningsnivå enligt IEG rapport 4:2010 eller 6:2008 Rev 1 ska utföras om det inte klart och entydigt kan uteslutas att risker för att detaljplanens område kan beröras av ras eller skred.

*Denna handling ska endast gälla som underlag till detaljplan.*

## 3 UNDERLAG FÖR STABILITETSUTREDNINGEN

Underlag för denna PM utgörs av:

- Samrådshandling, detaljplan för Skeppsholmsviken 6 m.fl med diarienummer 2016-06685-54
- Markteknisk undersökningsrapport (MUR), upprättad av Tyréns AB daterad 2019-09-02.
- Rapport *Översiktlig geoteknisk undersökning* upprättad av Swedpower AB, daterad 1999-08-02

## 4 STYRANDE DOKUMENT

Tabell 1. Styrande dokument

Dokument	Datum
Tillämpningsdokument IEG rapport 4:2010	

## 5 PLANERADE KONSTRUKTIONER

Syftet med detaljplanen är att utvidga Gröna Lunds nöjesfält. Ny strandpromenad planeras längs med Djurgårdsstrand. Utanför strandpromenaden anläggs en brygga. Båtar kommer ej att angöra direkt mot strandpromenaden.

## 6 MARKFÖRHÅLLANDEN

### 6.1.1 JORDLAGERFÖLJD LAND

Området består av utfylld mark, med varierande innehåll och mäktighet. Fyllningsjorden underlagras kohesionsjord ovan friktionsjord på berg.

#### Fyllning

Fyllningsjordens mäktighet varierar inom området och ökar från Falkenbergsgatan i riktning mot Saltsjön, från 0,5 till 5,5 m och är som störst i den sydvästra delen av undersökningsområdet. Fyllningsjorden består av sten, sand, grus och tegel.

Närmare strandlinjen har virke och järn påträffats i ett flertal punkter.

#### Kohesionsjord

Lerans mäktighet varierar inom området och ökar från Falkenbergsgatan i riktning mot Saltsjön och från Aquaria mot Allmänna Gränd. De största mäktigheterna återfinns i den sydvästra delen av undersökningsområdet och är som störst 5,4 m.

I undersökta prover varierar lerans skjuvhållfasthet mellan mycket låg till låg och bedöms som mellansensitiv.

#### Friktionsjord

Friktionsjordens mäktighet varierar mellan 0,5 till 4,2 m och består enligt undersökta punkter av sand, grus och åsmaterial.

#### Berg

Bergets nivå sluttar från Falkenbergsgatan mot Saltsjön och från Aquaria till Allmänna Gränd.

### 6.1.2 JORDLAGERFÖLJD SALTSJÖN

Jordlagerföljden består av kohesionsjord som underlagras friktionsjord eller mellanjord som vilar på berg.

#### Kohesionsjord

Lerans mäktighet varierar mellan 4,5 till 8 m och är som störst i mitten av undersökningsområdet.

I undersökta prover varierar lerans skjuvhållfasthet mellan extremt låg till mycket låg och bedöms som mellansensitiv.

#### Friktionsjord

Friktionsjordens mäktighet varierar mellan 0,6 till 2,7 m och består enligt undersökta punkter av sand, sten, grus och åsmaterial.

#### Mellanjord

Siltens mäktighet varierar inom området och är som störst i den norra delen av undersökningsområdet, som mest 5,5 m.

#### Berg

Bergets nivå sluttar från Allmänna Gränd i riktning mot Aquaria.

## 7 STABILITET

### 7.1 ALLMÄNT

Släntstabiliteten har beräknats i sektion D-D, se planritning G11-01-01 till *Markteknisk undersökningsrapport/MUR Skeppsholmsviken 6*, upprättad av Tyréns AB 2019-09-02 för lokalisering. Stabilitetsförhållandena har bestämts i enlighet med IEG rapport 4:2010 med detaljerad utredningsnivå.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med totalsäkerhetsmetoden i programmet SLOPE/W version 9.1.1 enligt Morgenstein-Price. Beräkningarna har utförts med odränerad analys samt kombinerad analys och redovisas i Bilaga 1.

Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG rapport 4:2010 presenteras i Tabell 2 nedan.

Analyserna har utförts i GK2.

Tabell 2. Erforderliga säkerhetsfaktor

Analys	Erforderlig säkerhetsfaktor för planläggning
Odränerad analys	$F_c > 1,7-1,5$
Kombinerad analys	$F_{komb} > 1,5-1,4$

### 7.2 INGÅENDE JORDMATERIAL

Ingående jordmaterial kan ses i Tabell 3, Figur 2 och Figur 3.

Tabell 3. Ingående jordmaterial

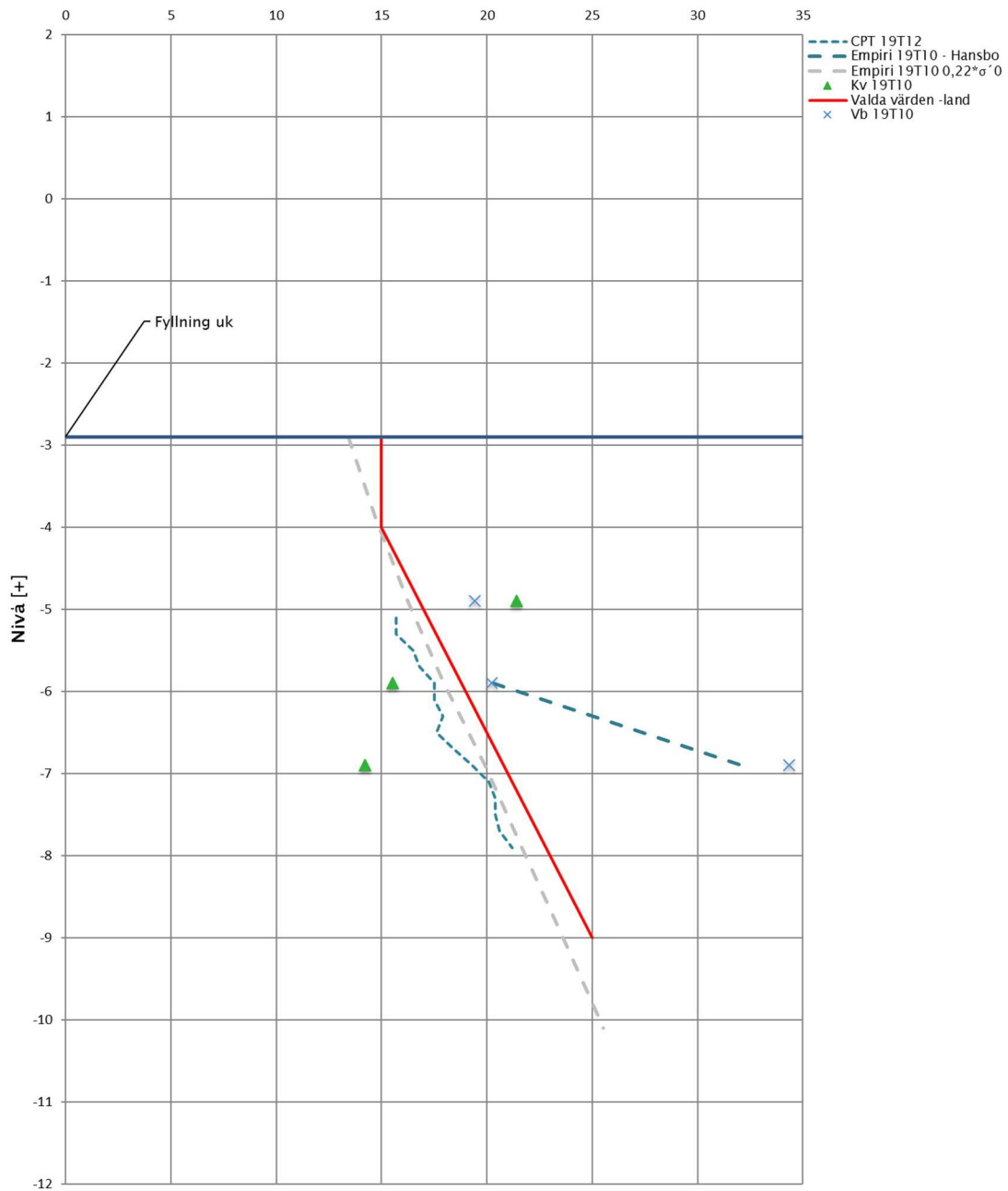
Material	Tunghet, $\rho$ ( $\rho'$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	Hållfasthetsegenskaper
Fyllning	18 (8)	$\phi'_k = 34^\circ$
Lera land	Nivå 0 till -3: 18 (8) Nivå -3 till -9,4: 18,7 (8,7)	Se Figur 2
Lera sjö	Nivå -4,4 till -6,8: 15 (5) Nivå -6,8 till -9,8: 15,8 (5,8) Nivå -9,8 till -12,5: 16,6 (6,6)	Se Figur 3
Friktionsjord	18 (8)	$\phi'_k = 34^\circ$

I den kombinerade analysen har lerans dränerade skjuvhållfasthet ansatts till  $0,1 \cdot C_u$  med friktionsvinkeln  $30^\circ$ .

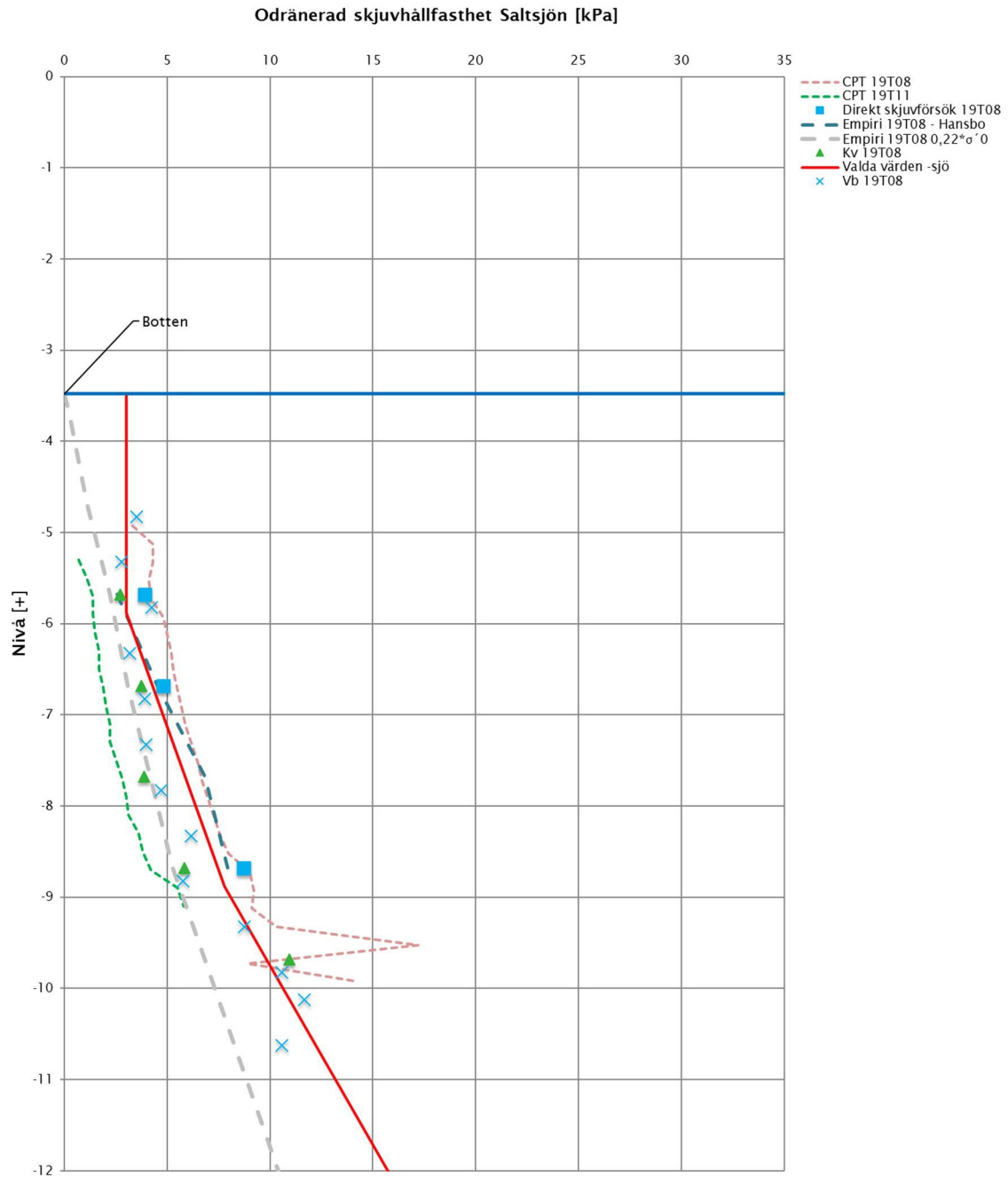
Omräkningsfaktorn  $\eta$ -tot är vald till 1,0.



Odränerad skjuvhållfasthet land [kPa]



Figur 2. Valt värde på lerans odränerade skjuvhållfasthet land



Figur 3. Valt värde på lerans odränerade skjuvhållfasthet i Saltsjön

### 7.3 RESULTAT

I Tabell 4 nedan visas erhållen säkerhetsfaktor för stabilitetsberäkning utförd i sektion D-D för befintlig geometri och utan markbelastning. Vattenstånd i Saltsjön har ansatts till -0,57 (LLW) i beräkningen.

Tabell 4. Säkerhetsfaktor, befintliga förhållanden utan last

Analys	Erhållen säkerhetsfaktor Entry and exit	Erhållen säkerhetsfaktor Grid and radius	Erforderlig säkerhetsfaktor	Ok/Ej ok
Odränerad analys	0,959	0,959	1,7-1,5	Ej ok
Kombinerad analys	0,958	0,959	1,5-1,4	Ej ok

Då erhållen säkerhetsfaktor mot skred med befintlig geometri och utan last inte är godkänd utförs ingen beräkning för andra lastförhållanden. Om säkerhetsfaktorn hade varit godkänd utan belastning på marken hade det varit motiverat med fler beräkningar för att kunna fastställa restriktioner gällande last som skulle kunna ha använts som restriktioner i detaljplanen.

Stabilitetsproblemen inom fastigheten är begränsade i plan. Den zon som kräver åtgärder har en utbredning som sträcker sig från planerad strandlinje till ca 20 m öster om planerad strandlinje.

Se även kapitel 9, Möjliga åtgärder.

## 8 EROSION

Strandzonen och särskilt då närmast Allmänna Gränd visar tydliga tecken på erosion, som sannolikt till största delen beror på vågerosion. Se Figur 4 nedan.



Figur 4. Foto längs strandlinjen taget från Allmänna Gränd

## 9 MÖJLIGA ÅTGÄRDER

Utförda stabilitetsanalyser visar att säkerheten mot skred med befintlig utformning är otillräcklig, därför är det nödvändigt att stabilitetshöjande åtgärder vidtas. Följande åtgärder anses vara möjliga:

- En avlastning av strandzonen utförs så att säkerheten mot skred blir tillräcklig.
- En konstruktion som skär av och säkrar upp glidytor utförs. Ett exempel på en sådan lösning är en spontkaj.
- En konstruktion som tar hand om vertikala laster på zonen mellan vatten och byggnader utförs samtidigt slänter inom zonen flackas ut så att säkerheten mot skred blir tillräcklig. Ett exempel på en sådan lösning är en pålad kaj.

En kombination av ovanstående principer är också tänkbar.

Åtgärden som väljs dimensioneras för de laster som är aktuella inom zonen mellan byggnader och vatten.

Den stabilitetshöjande åtgärden utformas så att risken för fortsatt vågerosion undviks. Beroende på val av åtgärd kan det innebära att en strandskoning/erosionsskydd utförs både i strandzonen och/eller på botten.

Då en brygga anläggs utanför strandpromenaden bedöms risken för påverkan av erosion pga vattenströmningar som uppstår vid framdrift fartyg/båtar i direkt anslutning till vald stabilitetshöjande åtgärd vara liten.

Eventuellt erosionsskydd bedöms kunna anläggas inom den zon som idag utgörs av fyllnadsslänt och kommer därför inte påverka naturlig botten.

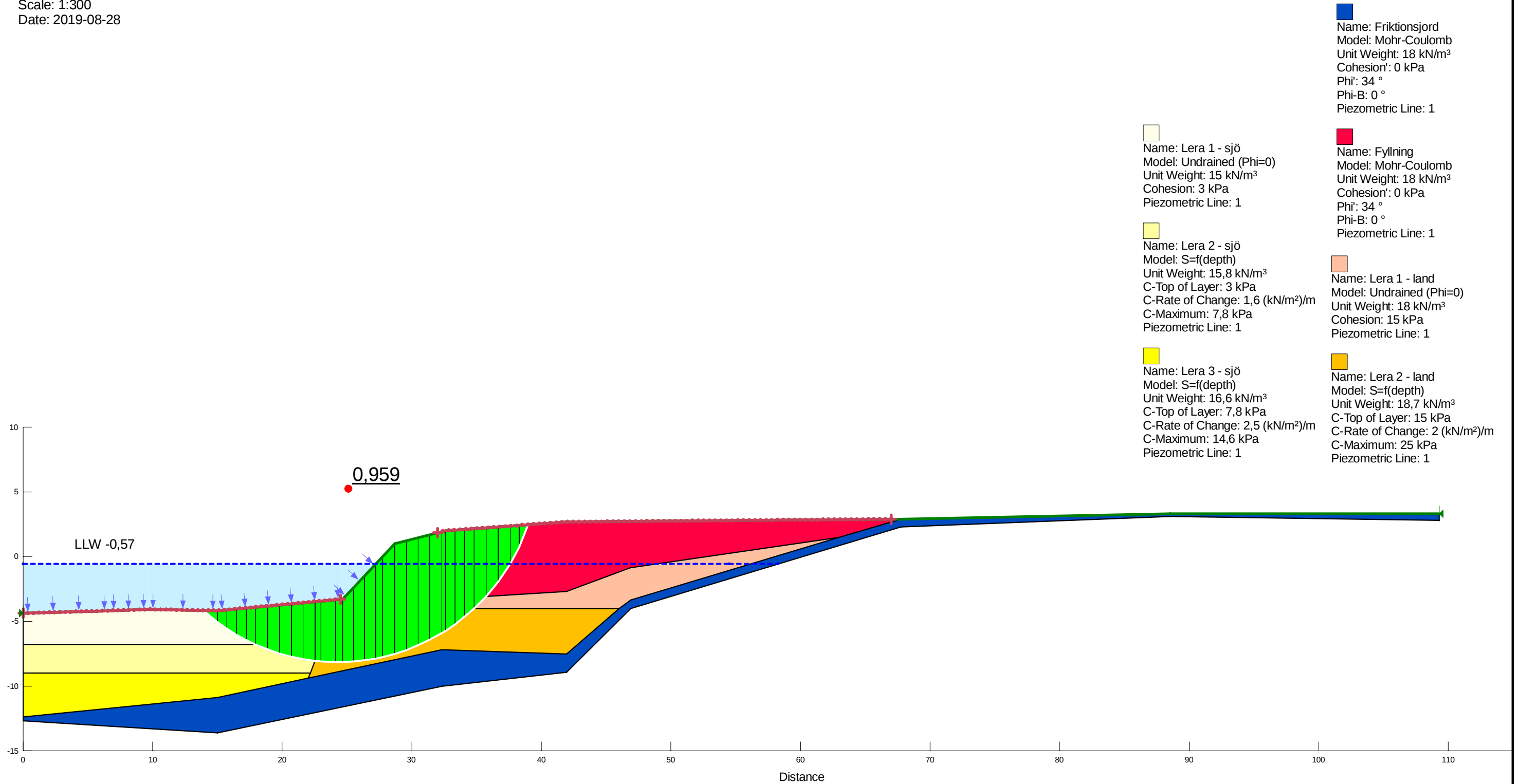
Byggnader inom detaljplaneområdet föreslås pålas eller grundläggas på berg. Detta är inte en åtgärd som direkt hänförs till stabilitetssituationen utan pga. att grundläggningen behöver vara stum och liknande för hela byggnaden. Att byggnader pålas eller grundläggs på berg medför dock att byggnader inte påverkas eller påverkas av stabilitetsförhållanden inom området förutsatt att marken mellan byggnader och vatten är stabil och har tillräcklig säkerhet mot skred.

Efter att stabilitetshöjande åtgärder har vidtagits enligt ovan anses marken som lämplig för ändamålet.



Kv. Skeppsholmsviken 6  
Sektion D-D  
Odränerad analys

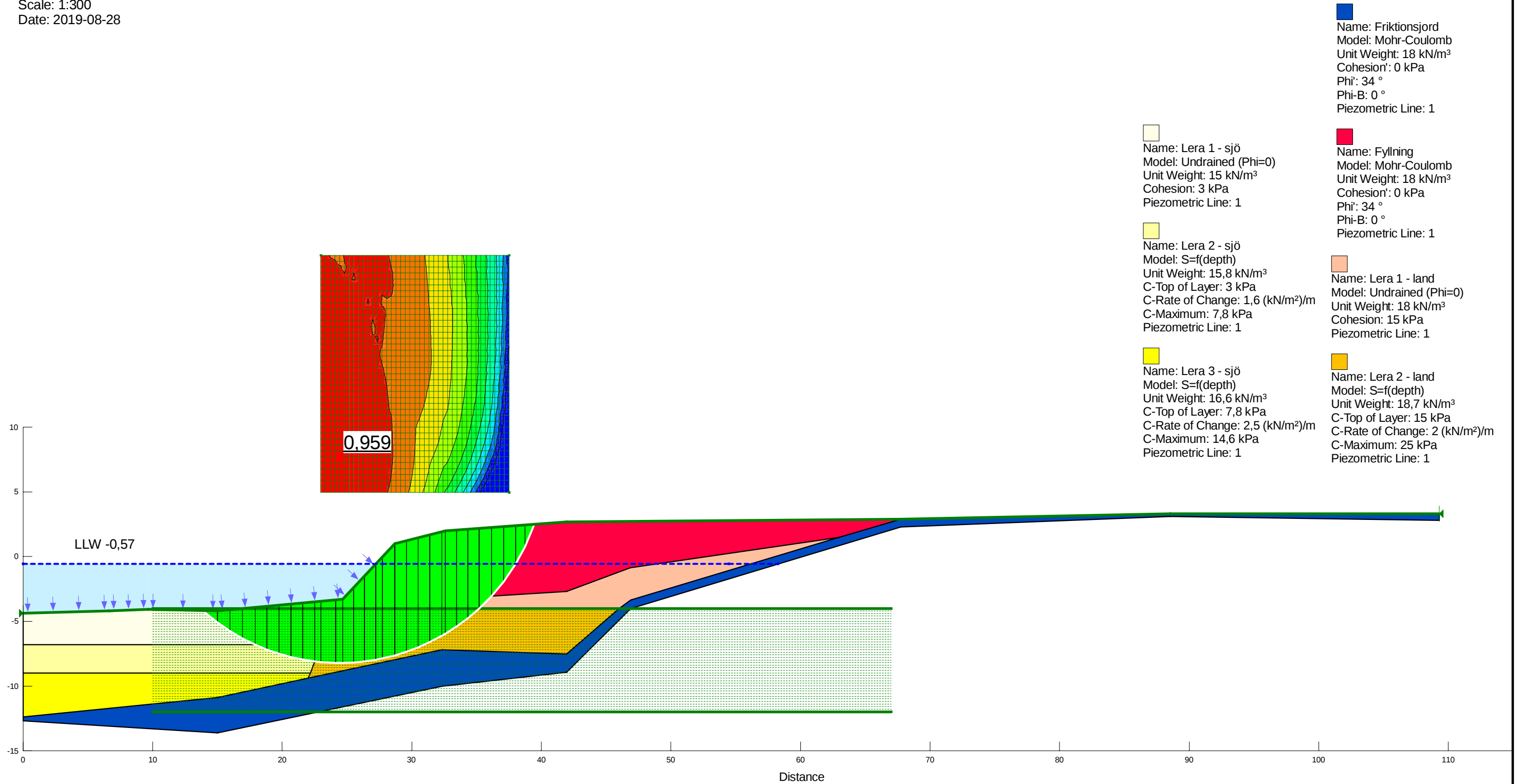
Method: Morgenstern-Price  
Name: Entry and exit  
File Name: Sektion D-D Odränerad analys.gsz  
Scale: 1:300  
Date: 2019-08-28





Kv. Skeppsholmsviken 6  
Sektion D-D  
Odränerad analys

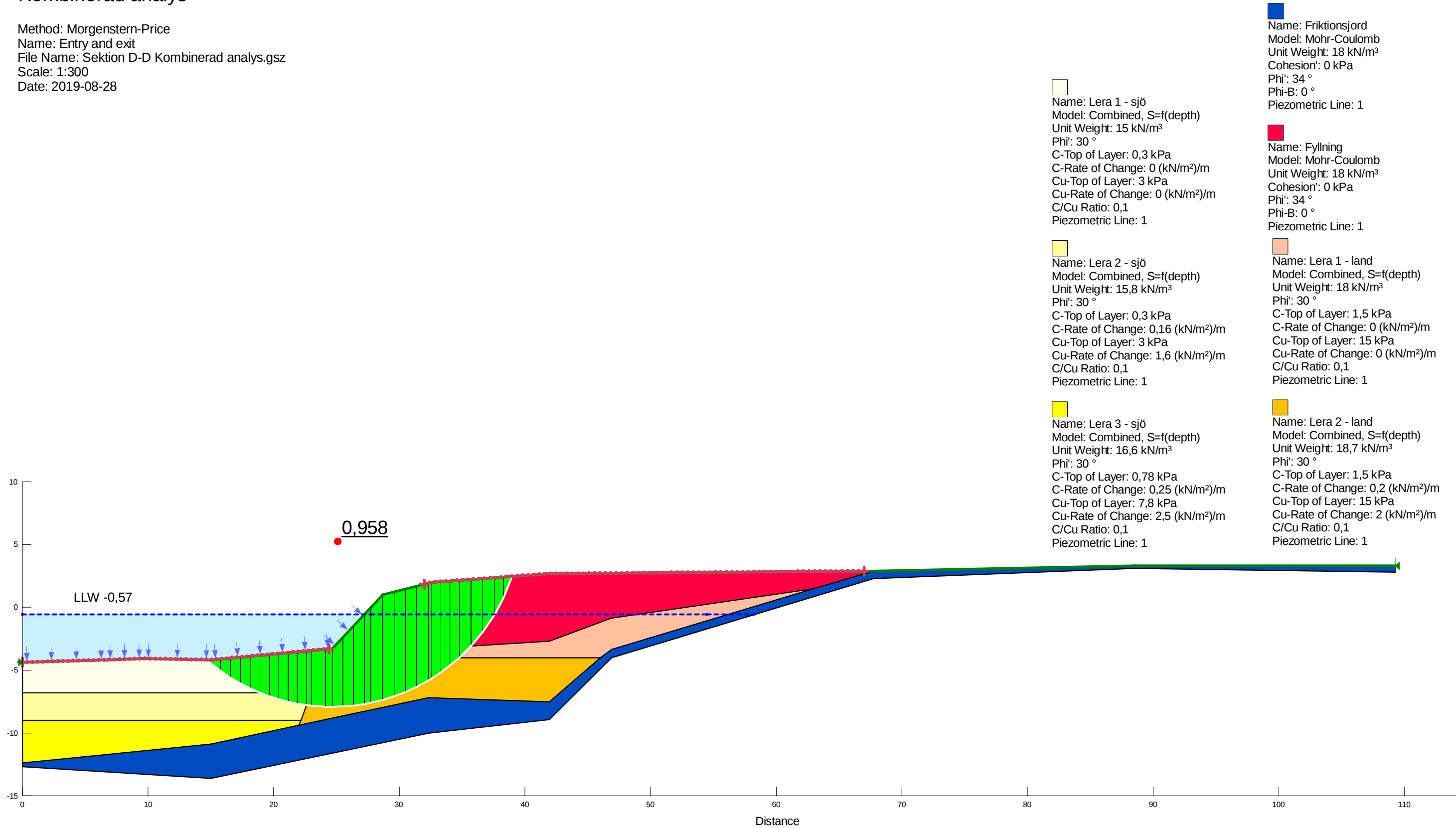
Method: Morgenstern-Price  
Name: Grid and radius  
File Name: Sektion D-D Odränerad analys.gsz  
Scale: 1:300  
Date: 2019-08-28





Kv. Skeppsholmsviken 6  
Sektion D-D  
Kombinerad analys

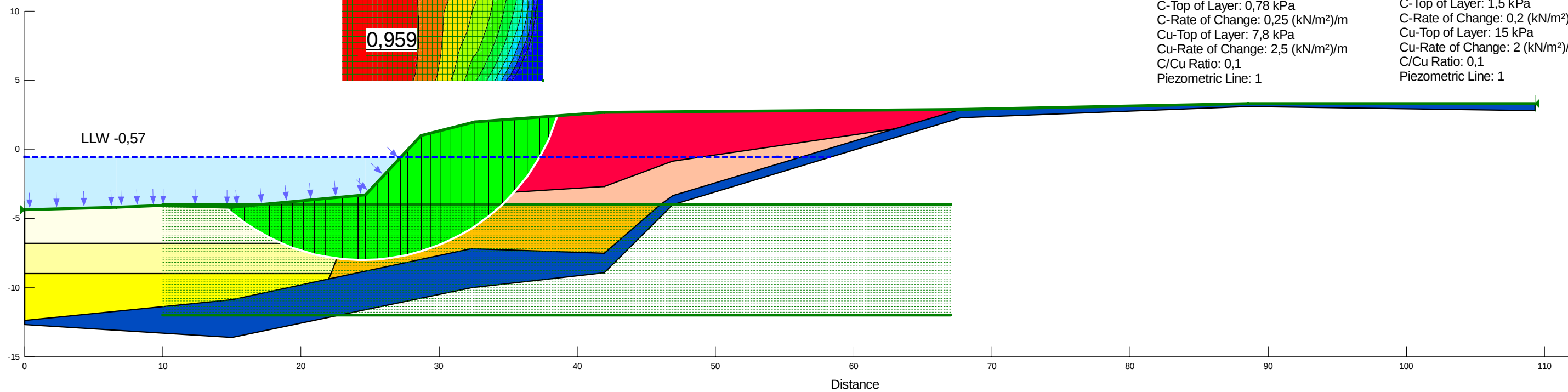
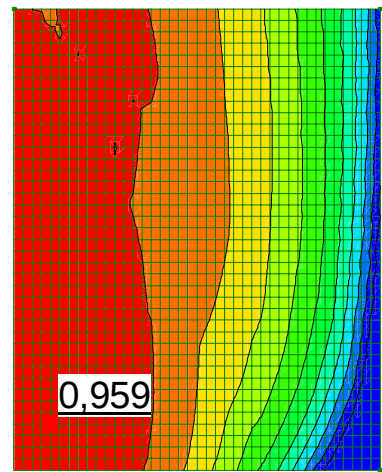
Method: Morgenstern-Price  
Name: Entry and exit  
File Name: Sektion D-D Kombinerad analys.gsz  
Scale: 1:300  
Date: 2019-08-28












Kv. Skeppsholmsviken 6  
Sektion D-D  
Kombinerad analys

Method: Morgenstern-Price  
Name: Grid and radius  
File Name: Sektion D-D Kombinerad analys.gsz  
Scale: 1:300  
Date: 2019-08-28



- 
 Name: Lera 1 - sjö  
 Model: Combined,  $S=f(\text{depth})$   
 Unit Weight: 15 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 0,3 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 3 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1
- 
 Name: Lera 2 - sjö  
 Model: Combined,  $S=f(\text{depth})$   
 Unit Weight: 15,8 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 0,3 kPa  
 C-Rate of Change: 0,16 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 3 kPa  
 Cu-Rate of Change: 1,6 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1
- 
 Name: Lera 3 - sjö  
 Model: Combined,  $S=f(\text{depth})$   
 Unit Weight: 16,6 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 0,78 kPa  
 C-Rate of Change: 0,25 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 7,8 kPa  
 Cu-Rate of Change: 2,5 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

- 
 Name: Friktionsjord  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 34 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1
- 
 Name: Fyllning  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 34 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1
- 
 Name: Lera 1 - land  
 Model: Combined,  $S=f(\text{depth})$   
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 1,5 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 15 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1
- 
 Name: Lera 2 - land  
 Model: Combined,  $S=f(\text{depth})$   
 Unit Weight: 18,7 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 1,5 kPa  
 C-Rate of Change: 0,2 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 15 kPa  
 Cu-Rate of Change: 2 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1