

# PM GEOTEKNIK

TUNGELSTA STABILITETSUTREDNING, BOKLOK HOUSING AB

UPPRÄTTAD: 2017-05-22

Upprättad av

Fredrik Andersson

Granskad av

Fredrik Griwell

Godkänd av

Fredrik Andersson

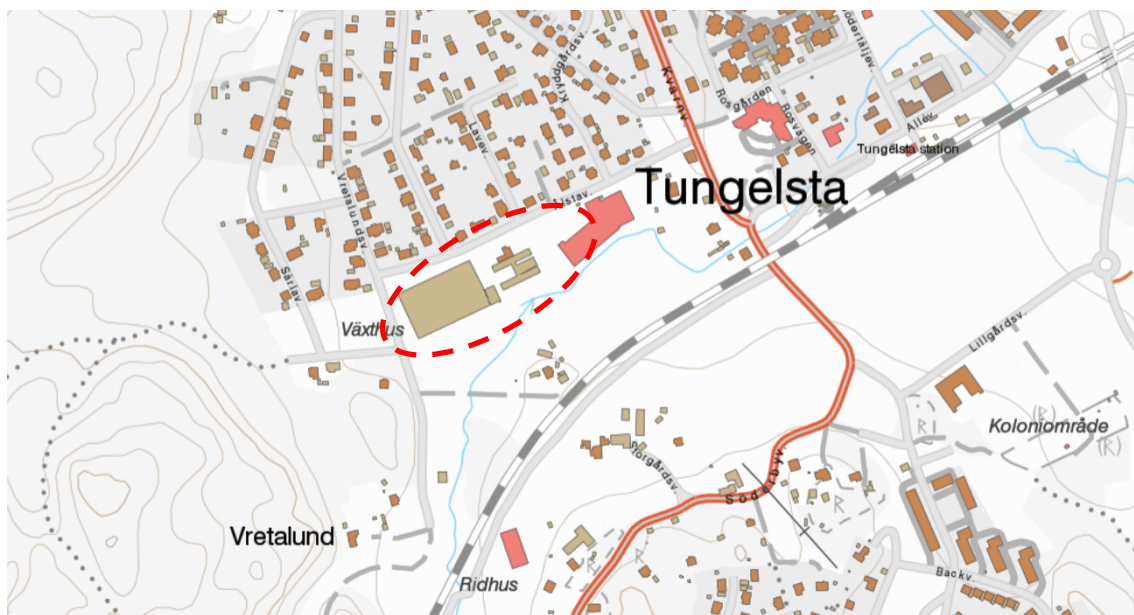
## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>OBJEKT</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SYFTE</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>UNDERLAG FÖR UTREDNINGEN</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MARKFÖRHÅLLANDEN</b> .....	<b>3</b>
4.1	YTBEKÄFFENHET OCH TOPOGRAFI.....	3
4.2	GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.....	4
4.3	HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN.....	4
<b>5</b>	<b>STABILITETFÖRHÅLLANDEN</b> .....	<b>4</b>
5.1	TIDIGARE UTREDNINGAR.....	4
5.2	BERÄKNINGSMETODIK.....	4
5.3	INDATA.....	5
5.4	MATERIALPARAMETRAR.....	5
5.5	LASTER.....	5
<b>6</b>	<b>RESULTAT STABILITETSBERÄKNINGAR</b> .....	<b>6</b>
6.1	BEFINTLIG SLÄNTGEOMETRI.....	6
6.2	KÄNSLIGHETSANALYS.....	6
<b>7</b>	<b>SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER</b> .....	<b>9</b>

## 1 OBJEKT

Sigma Civil AB har på uppdrag av BoKlok Housing AB utfört värdering av stabilitetsförhållanden inför exploatering av fastighet vid Ålstavägen/Vretalundsvägen, Tungelsta.

Denna utredning behandlar slänten ner mot Rocklösaån, söder om tänkt exploatering.



Figur 1: Planritning över området med Rocklösaåns sträckning i blått och aktuellt område i rött.

## 2 SYFTE

Syftet med denna utredning är att genomföra detaljerade stabilitetsberäkningar för den kritiska slänten ned mot Rocklösaån och ge rekommendationer på eventuella förstärkningsåtgärder för att möjliggöra en exploatering med tillfredsställande säkerhet mot brott.

## 3 UNDERLAG FÖR UTREDNINGEN

Följande underlag ligger till underlag för stabilitetsutredningen:

- Markteknisk undersökningsrapport GEO-MUR-001, upprättad av Reinertsen Sverige AB, daterad 2015-09-30
- PM Geoteknik GEO-PM-001, upprättad av Reinertsen Sverige AB, daterad 2015-09-30
- Exploateringsskiss version 141209.
- Inmätning, översänd av Skanska Sverige AB per e-post den 2017-03-01

## 4 MARKFÖRHÅLLANDEN

### 4.1 YTBESKAFFENHET OCH TOPOGRAFI

Topografien i området är flack. Marknivåerna runt fastigheten varierar i undersökta punkter mellan +32 och +33. Fastigheten utgörs främst av grönytor samt mindre områden med hårdgjorda ytor.

I områdets södra del rinner Rocklösaån som enligt inmätning har slänkrönsnivå om ca +32 á +33. Maximalt djup för ån uppgår till ca 1,5-2m. Kontroll utförs dock ner till 3m slänthöjd.

#### 4.2 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

Generellt består jordlagerföljden i området av ett 1,5m tjockt lager torrskorpelera på lera på friktionsjord på berg. Nordöst om området (punkt 15RE07) förekommer ett tunt lager (0,3m) av lera med tegelinblandning på torrskorpelera (1,2m) på lera på friktionsjord på berg.

#### 4.3 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

Grundvattennivån är belägen i nivå med underkant torrskorpelera, dvs på ett djup omkring 1,5-2 under befintlig markyta.

### 5 STABILITETSFÖRHÅLLANDEN

#### 5.1 TIDIGARE UTREDNINGAR

Inga tidigare utredningar har utförts avseende stabilitet.

#### 5.2 BERÄKNINGSMETODIK

Stabilitetsberäkningar har utförts enligt gällande Eurokod EN 1997-1, med ledning av tillämpningsdokument IEG Rapport 4:2010. Beräkningar för släntstabilitet utförs enligt totalsäkerhetsanalogin med karakteristiska värden för såväl laster och material.

För beräkningar i stabilitetsprogram skall en säkerhetsfaktor om minst  $F_c = 1,5$  uppnås vid odränerad analys och minst  $F_{c\varphi} = 1,4$  vid kombinerad analys.

Beräkningar har utförts i stabilitetsprogrammet GeoStudio 2012 (SLOPE/W), med analysmetod Morgenstern – Price.

Vattennivån i Rocklösaån har stor inverkan på stabiliteten hos slänten. Det mest ogynnsamma fallet är om ån är helt torrlagd och därmed inte bidrar med någon mothållande tyngd. Stabilitetsberäkningar utförs därför med Rocklösaån helt torrlagd och är att anse som ett konservativt antagande.

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	Ej tillämpligt för denna rapport	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning	Ej tillämpligt för denna rapport	$F_c \geq 1,5-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4-1,3 +$ $F_{komb} \geq 1,3-1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3-1,2 +$ $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, $F_c$ och $F_{komb}$ enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD "Slänter och bankar" / TK Geo	

Figur 2

### 5.3 INDATA

Indata för stabilitetsberäkningar baseras på värden rapporterade i PM Geoteknik (Reinertsen, 150930)

### 5.4 MATERIALPARAMETRAR

#### 5.4.1 Torrskorpelera

Tunghet	18 kN/m <sup>3</sup>
Odränerad skjuvhållfasthet	30 kPa
Dränerad skjuvhållfasthet	0 kPa
Friktionsvinkel	30°

#### 5.4.2 Lera

Tunghet	17 kN/m <sup>3</sup>
Odränerad skjuvhållfasthet	20 kPa
Dränerad skjuvhållfasthet	2 kPa
Friktionsvinkel	30°

### 5.5 LASTER

För kontroll av stabilitet ansätts en extern last om 1 ton/m<sup>2</sup> (motsvarande 10 kPa) invid släntkrön.

## 6 RESULTAT STABILITETSBERÄKNINGAR

### 6.1 BEFINTLIG SLÄNTGEOMETRI

#### 6.1.1 Odränerad analys

Säkerheten mot brott vid odränerad analys utan släntkrönsbelastning uppgår till  $F_c = 2,452$  vilket uppfyller krav om min  $F_c = 1,5$ .

Vid släntkrönsbelastning 10 kPa uppnås vid odränerad analys en säkerhet mot brott om  $F_c = 1,893$  vilket uppfyller krav om min  $F_c = 1,5$ .

#### 6.1.2 Kombinerad analys

Säkerheten mot brott vid kombinerad analys (för 3m slänt) utan släntkrönsbelastning uppgår till  $F_c\phi = 0,745$  vilket ej uppfyller krav om min  $F_c\phi = 1,4$ . Vid en släntkrönsbelastning uppgår stabiliteten till  $F_c\phi = 0,702$ . Kontroll för övriga slänthöjder redovisas nedan:

1,0m slänt	$F_c\phi = 1,532$
1,5m slänt	$F_c\phi = 1,091$
2,0m slänt	$F_c\phi = 1,009$
3,0m slänt	$F_c\phi = 0,745$

Enligt inmätning är befintliga slänter ca 1,5m höga vilket medför att säkerheten mot brott är ca 1,1 vilket normalt kan förväntas för naturligt bildade slänter.

För de beräkningar som utförts med en släntkrönsbelastning om 10 kPa på ett avstånd om 5m från släntkrön visar på samma säkerhet mot brott som ovan. Planerad GC-bana planeras på ett avstånd om ca 6m från släntkrön vilket medför att tänkt exploatering ej påverkar befintlig stabilitet.

### 6.2 KÄNSLIGHETSANALYS

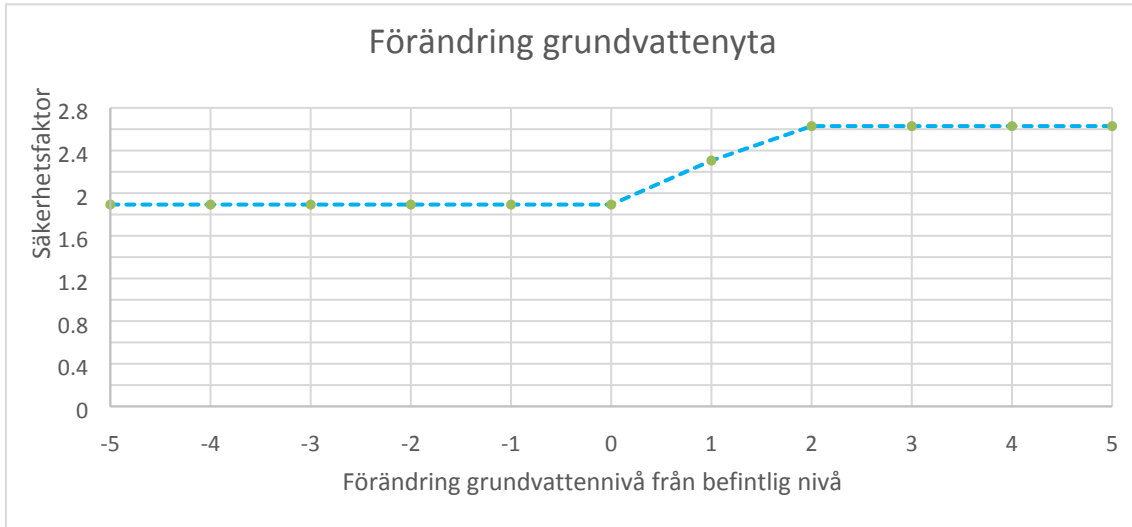
För att få en känsla över det globala systemets känslighet och indataberoende utförs en känslighetsanalys med en släntkrönsbelastning om 10 kPa. Känslighetsanalysen utförs dels

#### 6.2.1 Odränerad analys

Känslighetsanalys vid odränerad analys har utförts med följande parametrar:

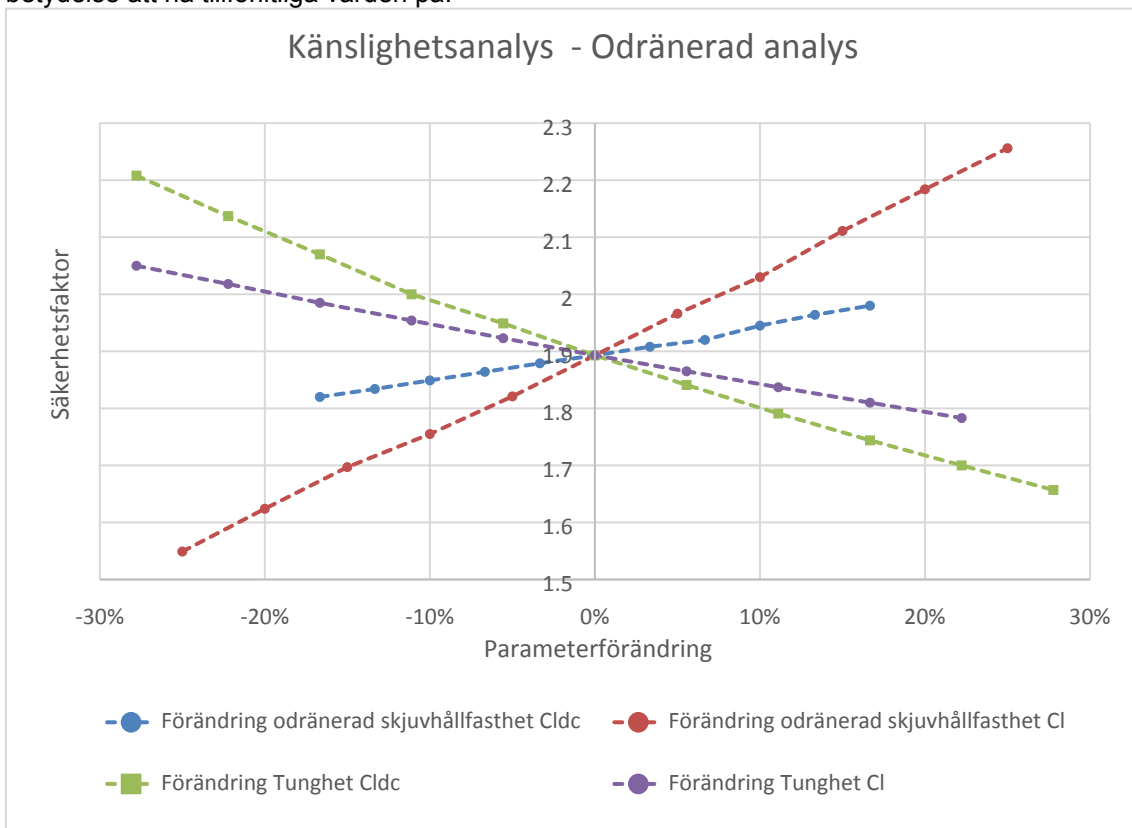
- i) Odränerad skjuvhållfasthet torrskorpelera (inom intervallet  $30\pm 10$  kPa)
- ii) Tunghet torrskorpelera (inom intervallet  $18\pm 5$  kN/m<sup>3</sup>)
- iii) Odränerad skjuvhållfasthet lera (inom intervallet  $20\pm 10$  kPa)
- iv) Tunghet lera (inom intervallet  $18\pm 5$  kN/m<sup>3</sup>)

I Figur 3 kan ses hur en förändring av grundvattenytan påverkar stabiliteten. En höjning av grundvattenytan medför en högre säkerhetsfaktor och beror på att den högre vattennivån ger upphov till en högre mothållande kraft.



Figur 3: Känslighetsanalys för odränerad analys vid variation av grundvattenyta

I Figur 4 kan ses hur en förändring av ingående materialparameter påverkar säkerheten mot brott. En brantare kurva indikerar större påverkan och därmed en parameter som är av större betydelse att ha tillförlitliga värden på.

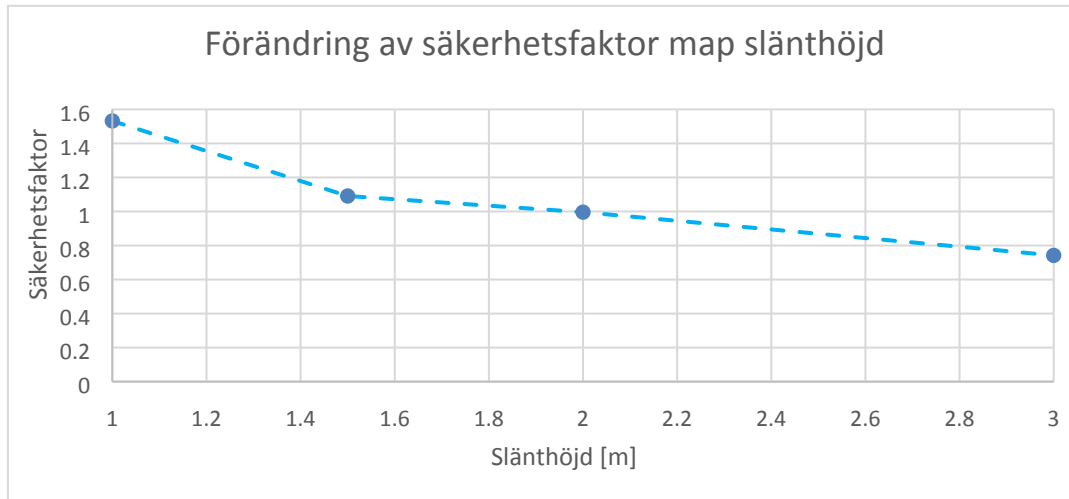


Figur 4: Känslighetsanalys vid odränerad analys vid variation av materialparametrar

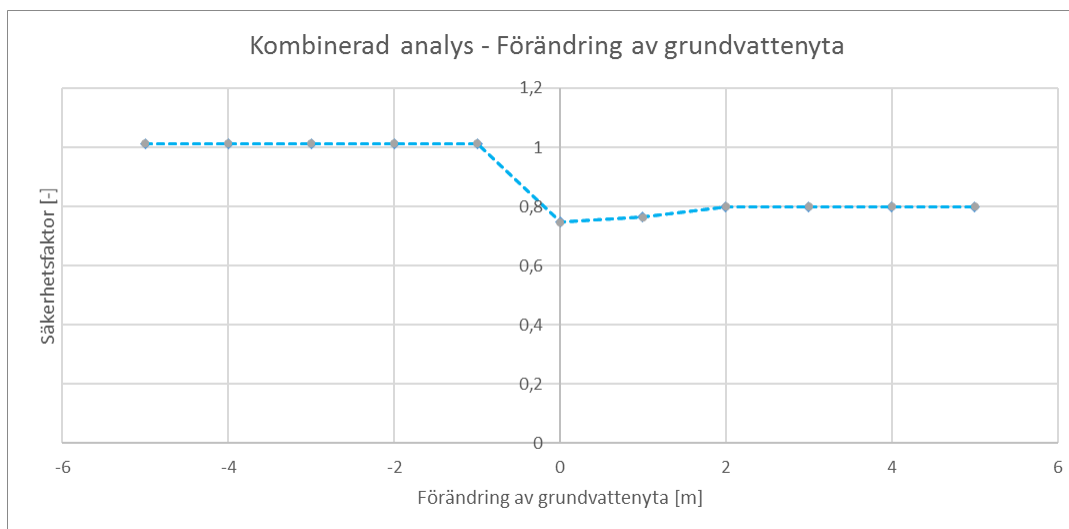
Störst påverkan på släntens säkerhet mot brott har torrskorpelerans tunghet (pådrivande kraft) och leran odränerade skjuvhållfasthet (mothållande kraft).

## 6.2.2 Kombinerad analys

För kombinerad analys har känslighetsanalys utförts med avseende på förändringar i schaktdjup och grundvattennivå.

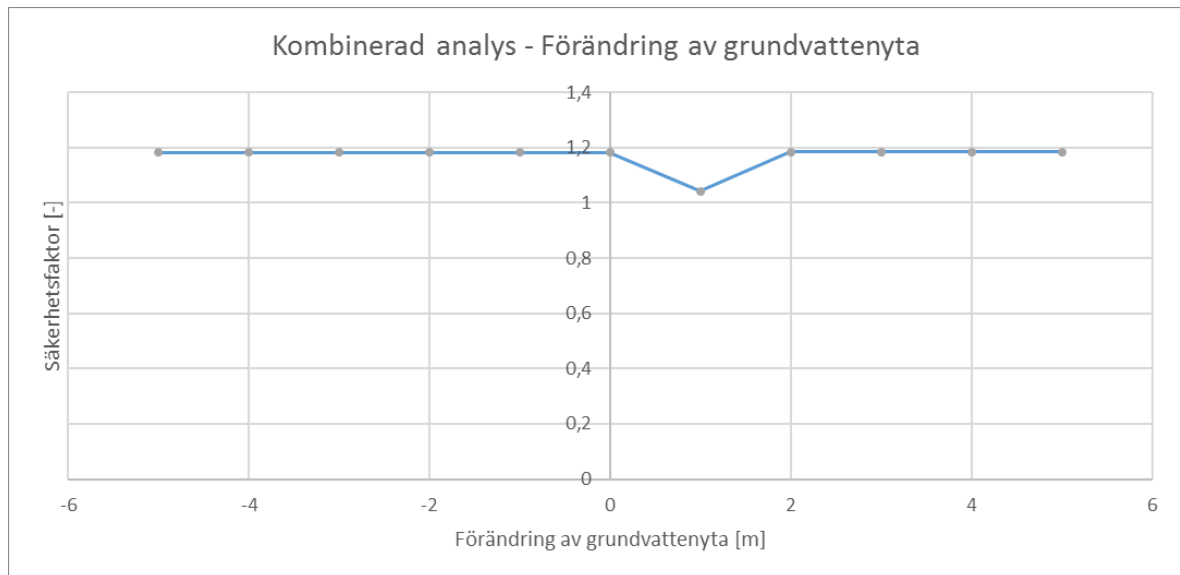


Figur 5: Känslighetsanalys för kombinerad analys vid variation av slänthöjd



Figur 6: Känslighetsanalys för kombinerad analys vid variation av grundvattentyta och 3m slänthöjd.





Figur 6: Känslighetsanalys för kombinerad analys vid variation av grundvattenyta och 1,5m slänthöjd.

## 7 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Befintlig slänt uppfyller ej krav vid kombinerad analys såsom den är idag. Det skall dock noteras att planerad exploatering dock ej påverkar släntens stabilitet utan kan utföras utan stabilitetshöjande åtgärder.

Enligt IEG Rapport 4:2010 skall hänsyn även tas till typ av markanvändning inför den sammantagna bedömningen av behov av förstärkningsåtgärder. Området intill Rocklösaån kan klassificeras som *naturmark* vilket enligt IEG Rapport 4:2010 beskrivs som följande:

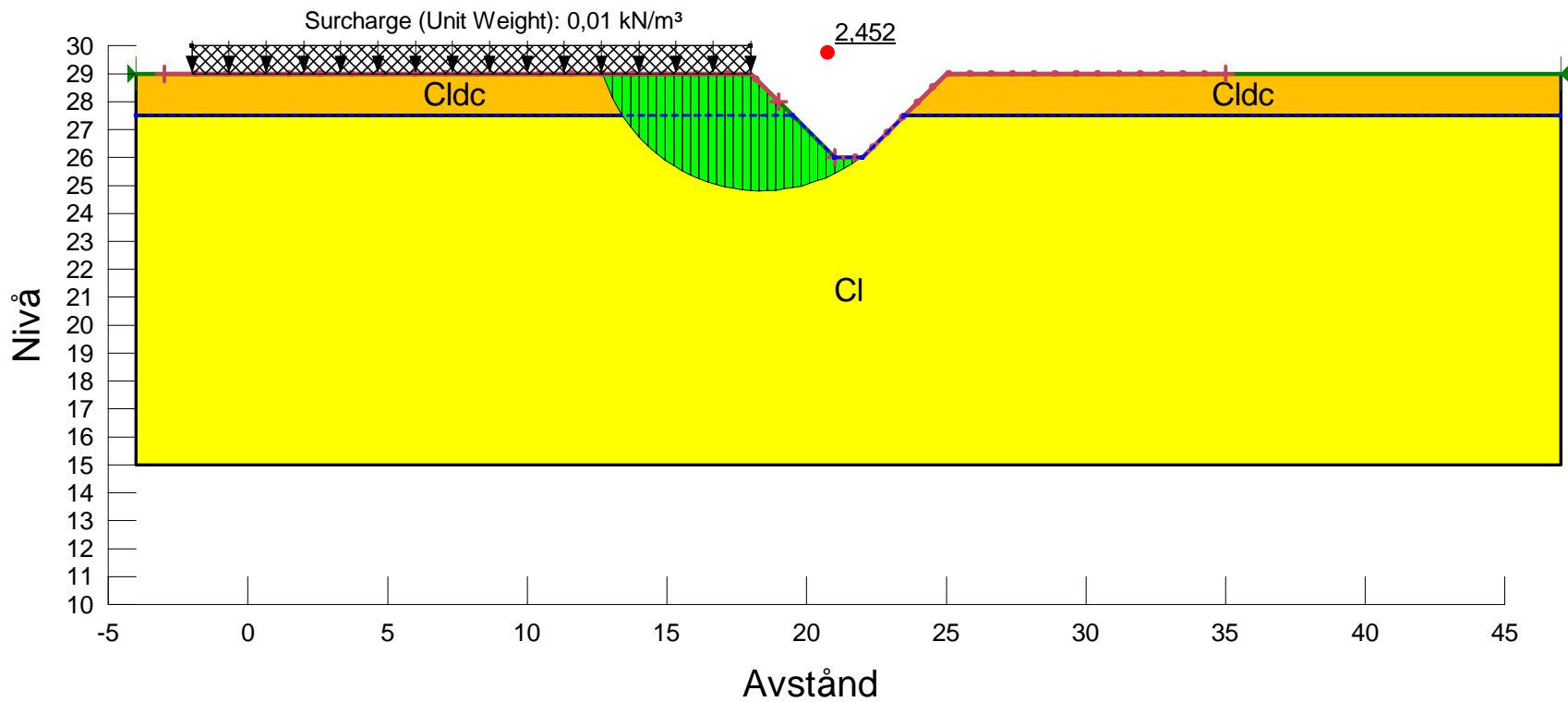
*"Naturmark avser mark som endast utnyttjas för dagvistelse av enstaka personer och som inte inrymmer några anläggningar av betydelse."*

Enligt kapitel 4.5.5.2 kan naturmark tillåtas ha en säkerhet mot brott nära 1,0 förutsatt att skreden är ytliga och ej kan bli framåt eller bakåtgripande. För en slänthöjd om 1,5 meter beräknas stabiliteten till ca 1,1. Samtliga kriterier uppfylls vilket medför att befintliga slänter är att se som tillfredsställande. Vid en förändrad markanvändning erfordras dock stabilitetshöjande åtgärder för att uppfylla krav vid kombinerad analys.

Byggtrafik skall ej förekomma inom ett avstånd av 3 x slänthöjden.

Planerad exploatering påverkar ej Rocklösaån stabilitet och kan således utföras utan stabilitetshöjande åtgärder.

# ODRÄNERAD ANALYS

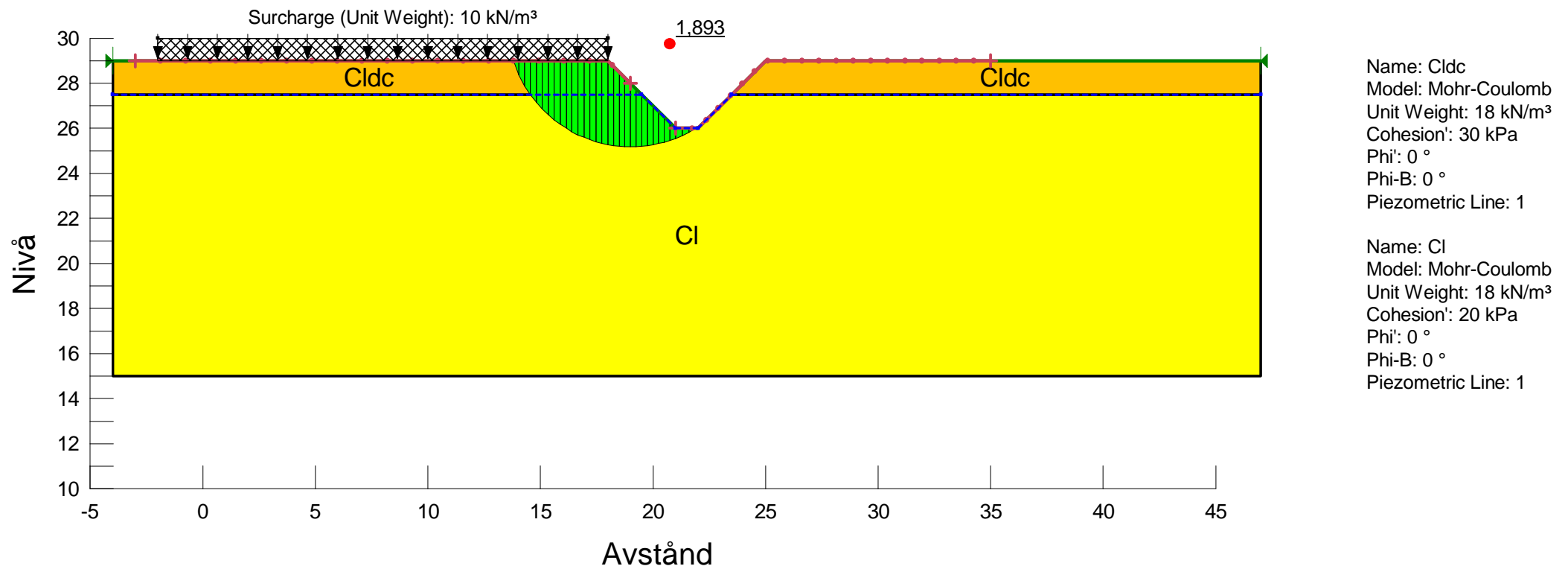


Name: Clc  
Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 30 kPa  
Phi: 0 °  
Phi-B: 0 °  
Piezometric Line: 1

Name: Cl  
Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 20 kPa  
Phi: 0 °  
Phi-B: 0 °  
Piezometric Line: 1

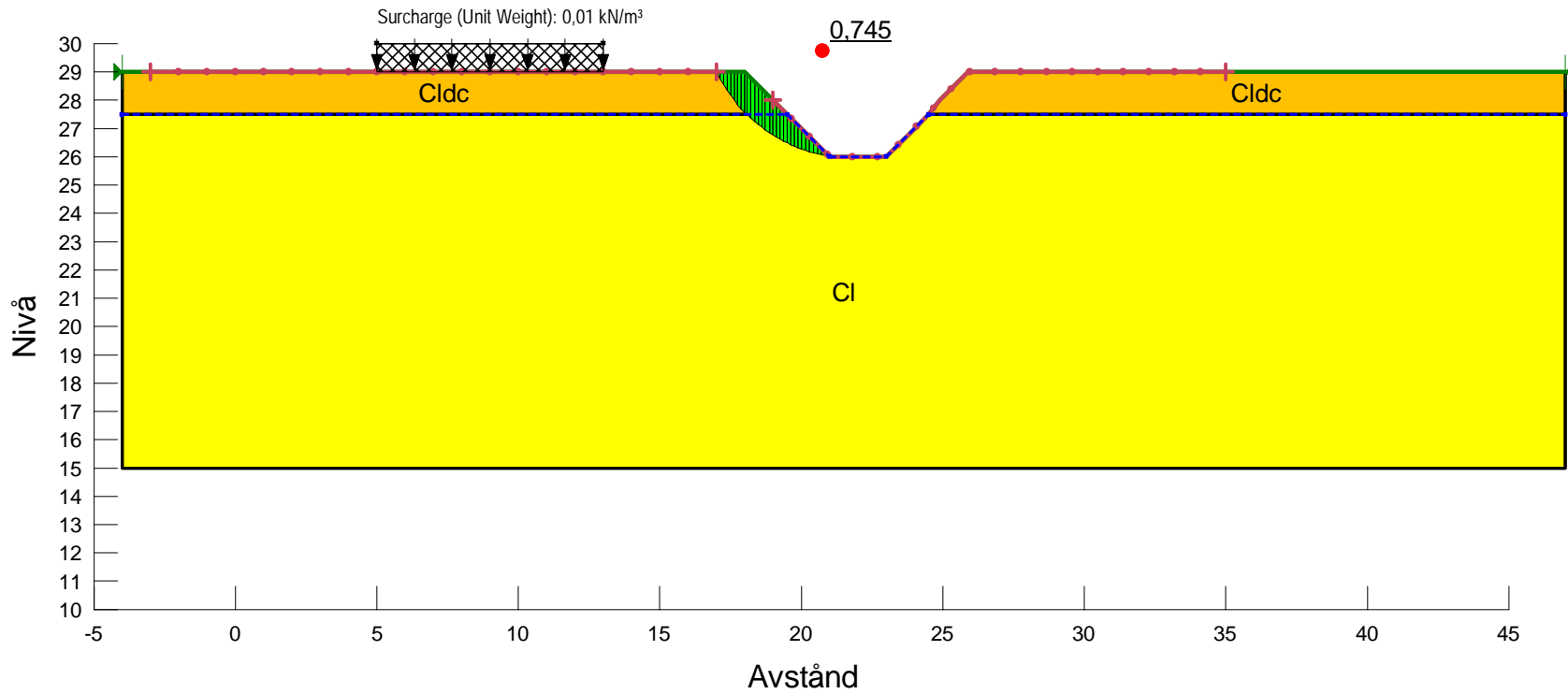
Method: Morgenstern-Price

# ODRÄNERAD ANALYS



Method: Morgenstern-Price

# KOMBINERAD ANALYS

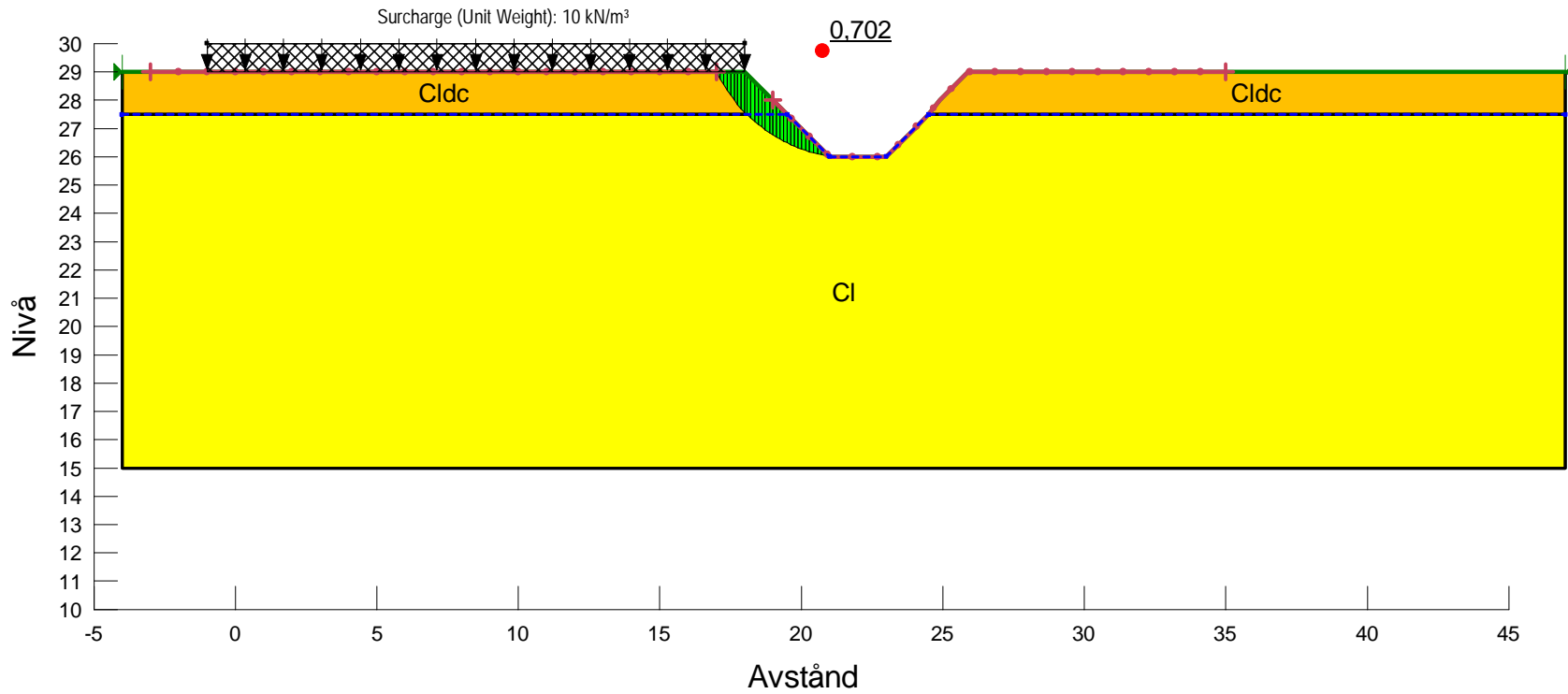


Name: Cldc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: Cl  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price

# KOMBINERAD ANALYS

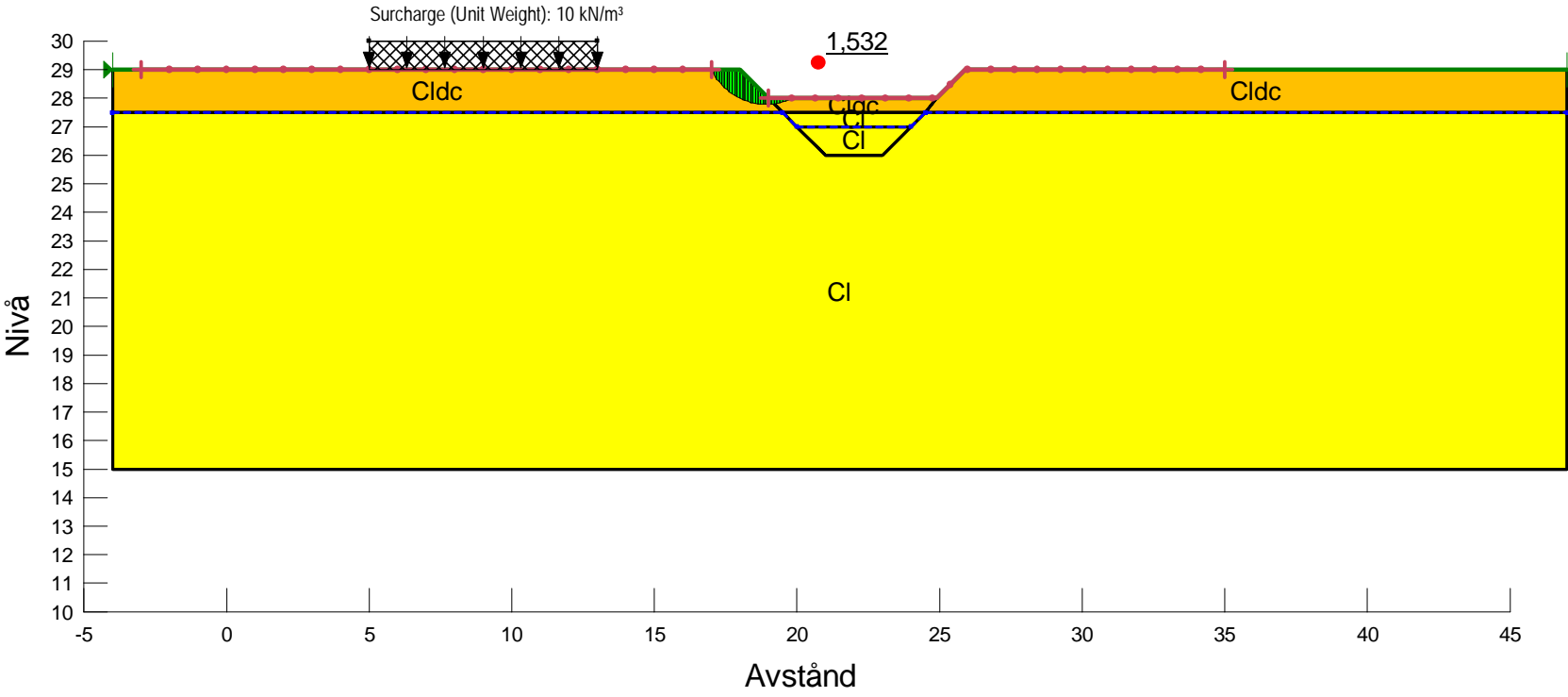


Name: Clc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: Cl  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price

# KOMBINERAD ANALYS

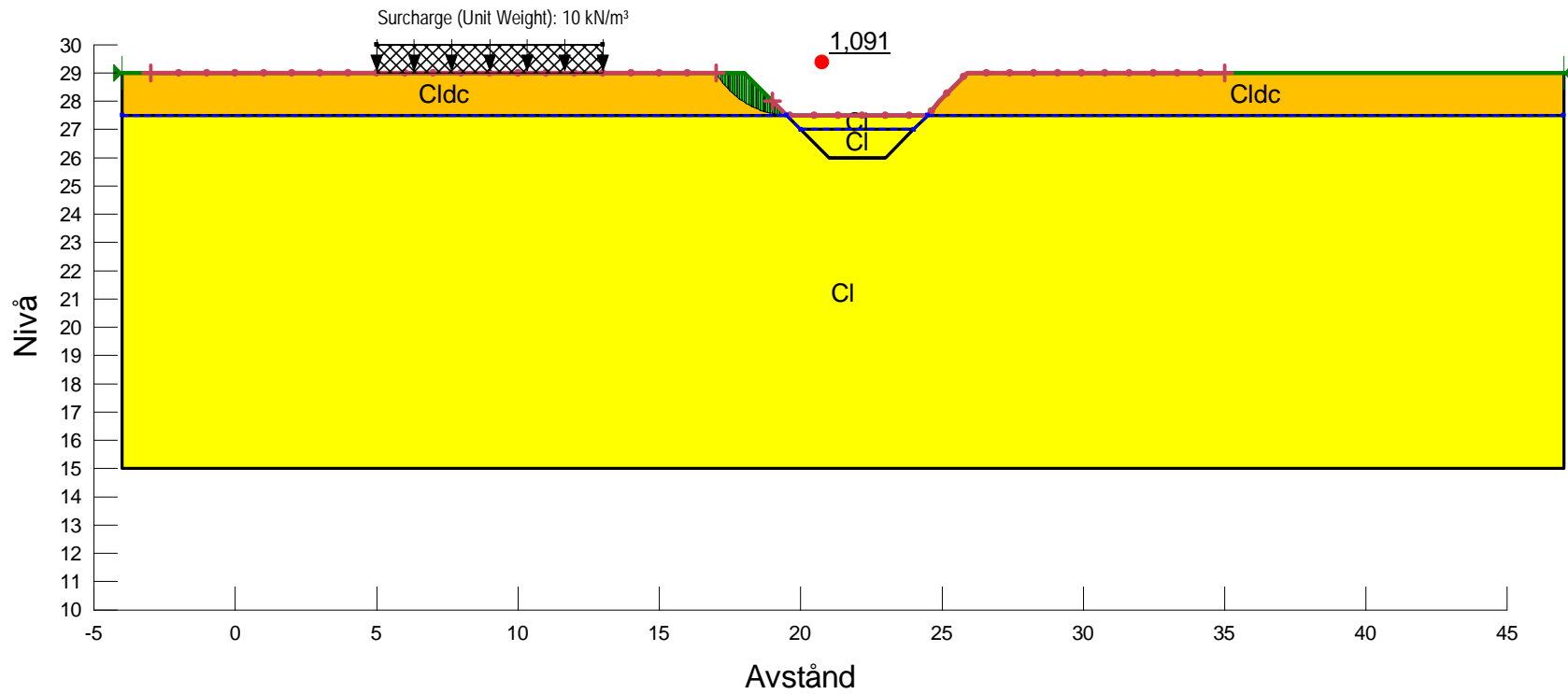


Name: Cldc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: Cl  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price

# KOMBINERAD ANALYS

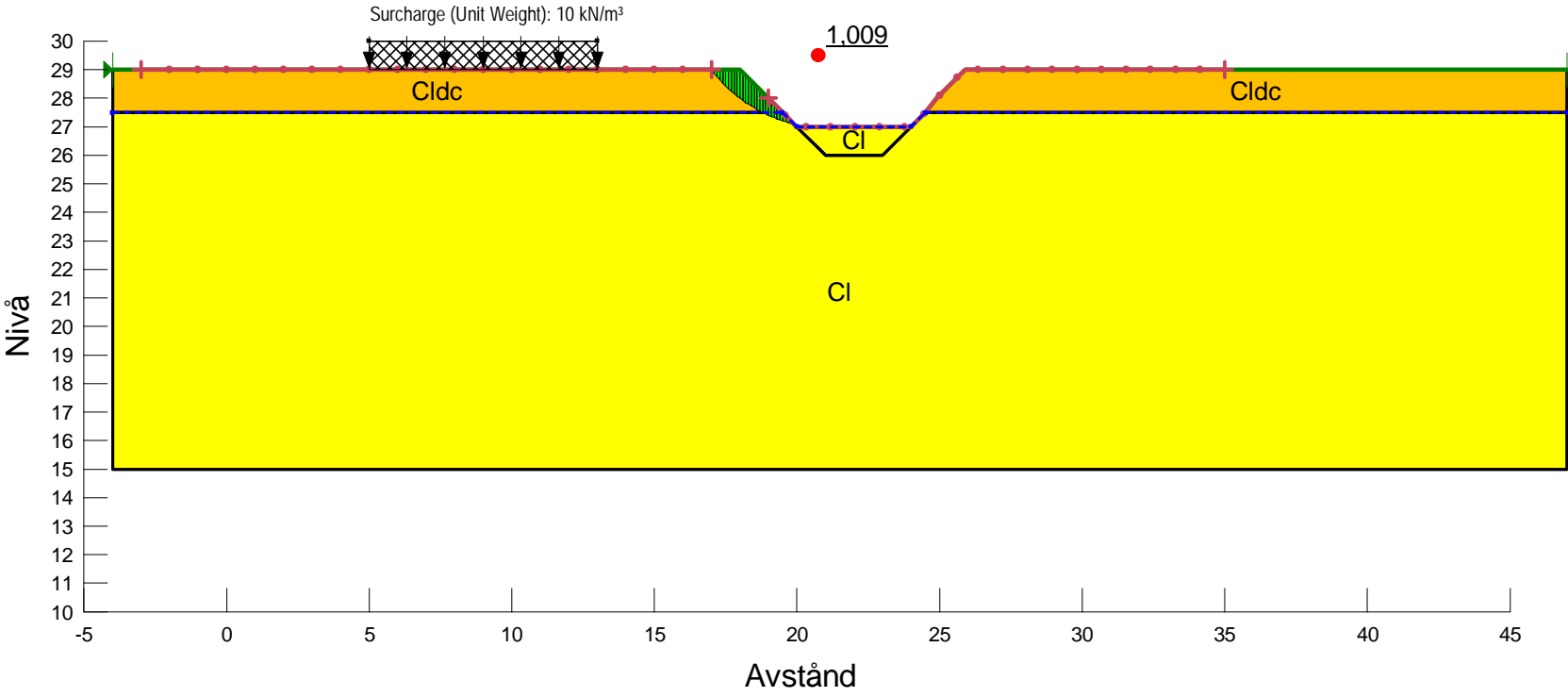


Name: Clc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: Cl  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price

# KOMBINERAD ANALYS



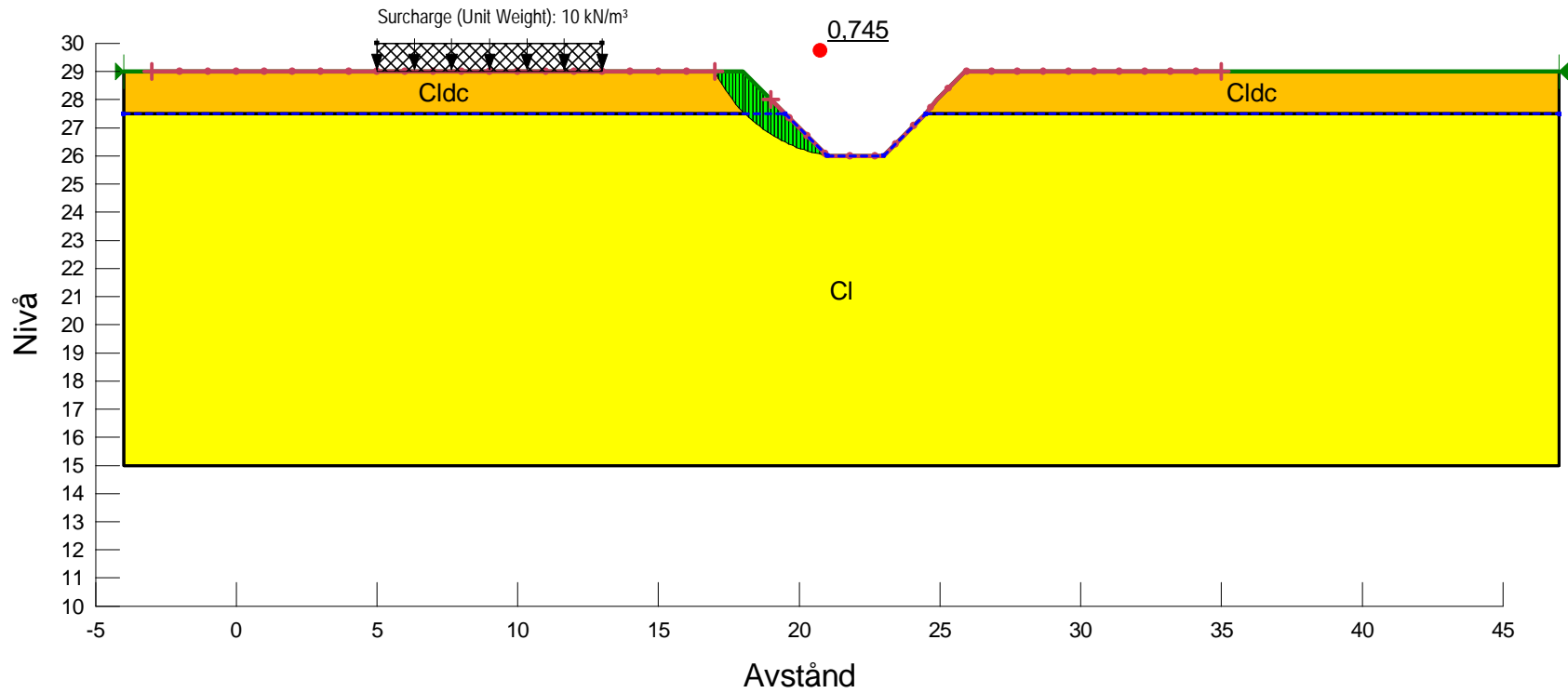
Name: Cldc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: CI  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m³  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price



# KOMBINERAD ANALYS



Name: Cldc  
 Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 0 kPa  
 Phi: 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Piezometric Line: 1

Name: CI  
 Model: Combined, S=f(depth)  
 Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
 Phi: 30 °  
 C-Top of Layer: 2 kPa  
 C-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 Cu-Top of Layer: 20 kPa  
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m<sup>2</sup>)/m  
 C/Cu Ratio: 0,1  
 Piezometric Line: 1

Method: Morgenstern-Price