



## PM GEOTEKNIK – ETAPP 1

VA-Verket, Samhällsbyggnad, Kungälv kommun

### Aröd etapp 1, Kungälv Geoteknisk undersökning för VA

UPPDRAGSNUMMER 13000131



GÖTEBORG

2018-03-23 REV 2020-05-08

Sweco  
Geoteknik

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>Objekt</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Syfte</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Underlag</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Styrande dokument</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Planerad byggnation</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Geoteknisk översikt</b>	<b>4</b>
6.1	Topografi och områdesbeskrivning	4
6.2	Jordlagerföljd	5
<b>7</b>	<b>Beskrivning av geotekniska förhållanden</b>	<b>6</b>
7.1	Jordlagerbeskrivning	6
7.1.1	Delsträcka mellan bh1701-bh1707 (Södra Arödsvägen), Profil 9	6
7.1.2	Delsträcka mellan bh1708-bh1738, Profil 6	7
7.1.3	Delsträcka mellan bh1710-bh1725 (Längs bäcken), Profil 7 och 8	7
7.1.4	Delsträcka mellan bh1716-bh1739, Profil 11	7
7.1.5	Delsträcka mellan bh1726-bh1730 (Alfredsvägen), Profil 8	7
7.1.6	Delsträcka mellan bh1750-bh1759 (Flögen), Profil 5 och 10	7
7.1.7	Delsträcka mellan bh1760-bh1775 och bh1795-bh1796 (längs norra Arödsvägen), Profil 10	7
7.1.8	Delsträcka mellan bh1776-bh1793 (Hobbyvägen), Profil 3	7
7.1.9	Delsträcka mellan bh1796-bh17197 (Bergliden), Profil 1 och 2	8
7.2	Materialegenskaper	8
7.3	Grundvatten- och portrycksförhållanden	8
<b>8</b>	<b>Sättningsförhållanden</b>	<b>8</b>
8.1	Generellt	8
<b>9</b>	<b>Stabilitet</b>	<b>9</b>
9.1	Allmänt	9
9.2	Styrande dokument	9
9.3	Beräkningsförutsättningar	9
9.4	Säkerhetsklass	10
9.5	Beräkningsprogram	10
9.6	Beräkningsförutsättningar	10
9.7	Resultat sektion A	10
9.8	<u>Resultat sektion 1772</u>	11
9.9	<u>Resultat sektion 1762</u>	12
9.10	<u>Resultat sektion 1757</u>	14
<b>10</b>	<b>Geotekniska åtgärder och rekommendationer för utförandeskede</b>	<b>14</b>

### **Bilaga**

<b>1.</b>	Materialegenskaper (densitet, sensitivitet, vattenkvot, konflytgräns)
<b>2.</b>	Hållfasthetsegenskaper (odränerad skjuvhållfasthet)

2 (15)

PM GEOTEKNIK – ETAPP 1  
2018-03-23 REV 2020-05-08

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING FÖR VA

## 1 Objekt

På uppdrag av Kungälv kommun (VA-verket, samhällsbyggnad), har SWECO utfört geotekniska undersökningar i samband med projekteringen av VA-ledningar. De geotekniska undersökningarna innefattar Aröd, etapp 1.

## 2 Syfte

Syftet med den geotekniska utredningen har varit att bestämma de geotekniska förhållandena för ledningsträckningen och klarlägga de geotekniska förutsättningarna under byggskede och då ledningen är i bruk. Utredningen baseras på utförda undersökningar längs ledningssträckan, SGU:s jordartskarta, jorddjupskarta, brunnsarkivet samt områdets geologiska bildning, okulär besiktning och ortofoto.

## 3 Underlag

Undersökningar som utförts inom ramen för detta uppdrag redovisas i:

- Markteknisk undersökningsrapport (MUR)  
Geoteknisk undersökning, VA-ledning, Aröd  
Sweco Civil AB, daterad 2020-05-08.

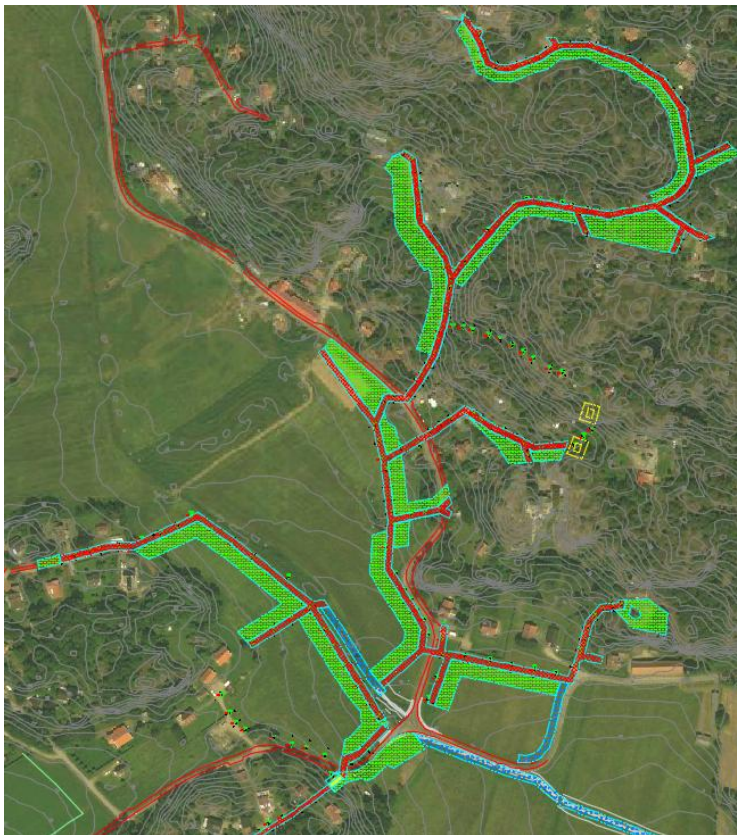
## 4 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1:2005 med tillhörande nationell bilaga.

## 5 Planerad byggnation

Syftet med projektet är att utföra detaljprojektering av VA-ledningar inför en utbyggnad av kommunala VA-ledningar inom Arödområdet i den nordvästra delen av Kungälv kommun.

Aröd VA-projektering är uppdelat i 5 st etapper varav detta PM omfattar den första etappen, Etapp 1. Uppdraget omfattar att ta fram förfrågningsunderlag och bygghandling för vatten- och spillvattenledning för en utförandeentreprenad.



Figur 1 Översiktskarta, skrafferade områden visar ledningsrätten för Aröd Etapp 1.

## 6 Geoteknisk översikt

### 6.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området mellan Aröd och Kode där ledningen skall förläggas består i huvudsak av öppen jordbruksmark i dalen och bergspartier på omgivande höjder.

I dalgången går ledningarna längs ett vattendrag/bäck ute på jordbruksmarken samt längs Norra Arödsvägen. I öster går ledningarna upp på de mindre vägarna Flögen, Hobbyvägen och Bergliden. I väster går ledningarna upp på Alfredsvägen och Södra Arödsvägen.

På höjderna i öster och i väster finns det berg i dagen i nära anslutning till ledningen.

I dalgången faller markytan generellt söderut ned mot havsviken. Marknivåerna längs ledningssträckan varierar här mellan cirka +12 och +20. Längs Bergliden stiger marknivån succesivt från cirka +22 till cirka +51 längst upp i öster. Vid Hobbyvägen stiger marknivån från cirka +23 till +33 och vid Flögen från cirka +14 till +22.

## 6.2 Jordlagerföljd

I dalgången utgörs jordlagerföljden generellt av ett tunt lager mulljord på ca 0,2 m som överlagrar ett lerlager med varierande mäktighet. Lerlagrets översta 1-2 m utgörs av lera med torrskorpekaraktär. Under lerlagret finns generellt ett, inte närmre undersökt, lager med friktionsjord som överlagrar berget.

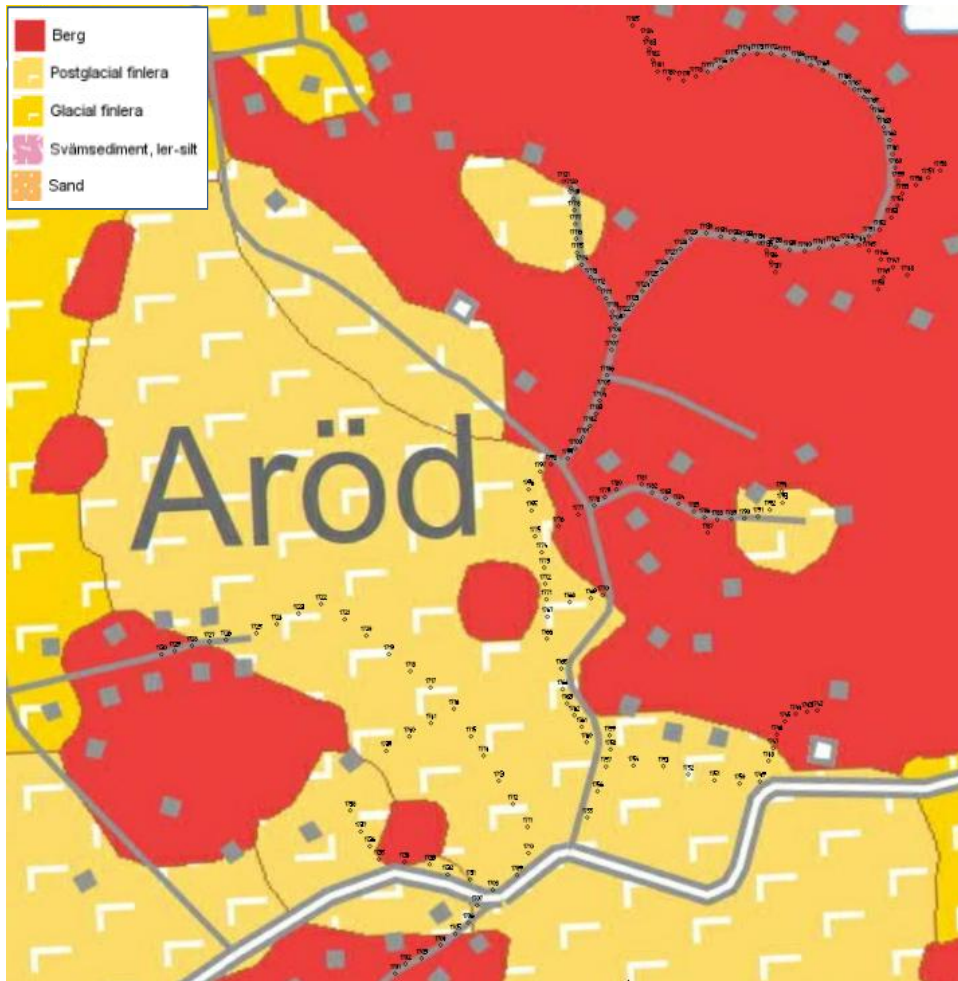
Lerlagret är generellt något siltigt och på enstaka ställen har växtdelar och snäckskal påträffats i leran.

Lerans skjuvhållfasthet är mycket låg med en hållfasthetstillväxt mot djupet.

På höjderna i öster och väster utgörs de naturliga jordlagren av ett tunt friktionsjordlager alternativt berg i dagen. Inom de befintliga vägarna utgörs jordlagren överst av fyllning och vägöverbyggnad.

Djupet till berg varierar mycket inom området. I dalgången har lermäktigheter uppemot 29 m påträffats och uppe på höjderna är det generellt ett tunt jordlager täcke på cirka <2 m.

Figur 2 nedan visar SGU:s jordartskarta över området. Kartan visar översiktligt vilken jordart som råder i eller strax under markytan.



Figur 2 Översiktlig jordartskarta från SGU

## 7 Beskrivning av geotekniska förhållanden

De geotekniska förutsättningarna för ledningsschakten varierar längs sträckan. Förutsättningar beskrivs mer ingående för respektive delsträcka nedan. Delsträckorna är indelade utifrån borrpunkts-ID. I bilaga 1 – 2 återfinns härledda värden för parametrar. För skjuvhållfasthet finns valda värdet inritat i diagrammet.

### 7.1 Jordlagerbeskrivning

#### 7.1.1 Delsträcka mellan bh1701-bh1707 (Södra Arödsvägen), Profil 9

Sonderingarna längs denna sträcka har avbrutits för stopp mot förmodat berg på mellan cirka 0,3-2,5 m djup under markytan. De naturliga jordlagren utgörs av ett lager friktionsjord på berg. Inom Södra Arödsvägen utgörs jordlagren av fast vägöverbyggnad.

6 (15)

PM GEOTEKNIK – ETAPP 1  
2018-03-23 REV 2020-05-08

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING FÖR VA

#### 7.1.2 Delsträcka mellan bh1708-bh1738, Profil 6

Jordlagerföljden utgörs generellt av ett relativt tunt lager torrskorpelera på fast botten. Jordmäktigheten varierar mellan berg i dagen och uppemot 4 m och är som störst i början och slutet av delsträckan. I området kring bh1734 är det endast ett tunt jordlager på berg alternativt berg i dagen.

#### 7.1.3 Delsträcka mellan bh1710-bh1725 (Längs bäcken), Profil 7 och 8

Jordlagren utgörs överst av ca 0,1 – 0,2 m mulljord som underlagras av ett lerlager där underliggande friktionsjord har påträffats på ett djup cirka 12–23 m under markytan. Under friktionsjorden följer berget.

Provtagning i den övre cirka 3 metrarna av leran visar på förekomst av silt och sand skikt/körtlar. Översta cirka 1 - 2 m av lerlagret utgörs av torrskorpelera.

#### 7.1.4 Delsträcka mellan bh1716-bh1739, Profil 11

Jordlagerföljen utgörs överst av lera där det övre cirka 1,5m har torrskorpekaraktär. Lerans mäktighet avtar västerut från cirka 21m vid bh1716 till cirka 6m vid bh1739. Under leran följer ett friktionsjordlager på berg.

#### 7.1.5 Delsträcka mellan bh1726-bh1730 (Alfredsvägen), Profil 8

Sonderingarna längs denna sträcka har avbrutits för stopp mot förmodat berg på mellan cirka 1,2-3,8 m djup under markytan. De naturliga jordlagren utgörs av ett lager friktionsjord på berg. Inom Alfredsvägen utgörs de övre cirka 1,5-2 m av fastare vägöverbyggnad.

#### 7.1.6 Delsträcka mellan bh1750-bh1759 (Flögen), Profil 5 och 10

Jordlagren utgörs överst av cirka 1-1,5m torrskorpelera som underlagras av en homogen lera där djupet till fastbotten ökar söderut från cirka 7-8m vid punkterna bh1750- bh1754 till cirka 29m vid bh1755. Vid bh1759 har leran avtagit helt och förmodat berg påträffats på cirka 0,5m djup under markytan.

#### 7.1.7 Delsträcka mellan bh1760-bh1775 och bh1795-bh1796 (längs norra Arödsvägen), Profil 10

Jordlagerföljen utgörs allmänt av torrskorpelera som underlagras av en lera på friktionsjord ovan berget. Generellt har sonderingarna avbrutits vid 4m djup utan att fast botten har påträffats. Vid punkterna bh1766, bh1767, bh1771 har dock fast botten påträffats vid cirka 2,9-3,5m under markytan. Även vid punkterna bh1769-bh1770 har fast botten påträffats vid mindre mäktigheter, cirka 0,4-1m under markytan.

#### 7.1.8 Delsträcka mellan bh1776-bh1793 (Hobbyvägen), Profil 3

Jordlagren inom delsträckan utgörs av ett tunt lager friktionsjord alternativt fyllning/vägöverbyggnad på berg. Sonderingarna längs sträckan har avbrutits vid stopp

mot förmodat berg på mellan cirka 0,2-1,2 m djup under markytan. Vid punkterna bh1791 och bh1792 har dock lera med torrskorpekaraktär påträffats och fast botten påträffats på cirka 2m under markytan.

#### 7.1.9 Delsträcka mellan bh1796-bh17197 (Bergliden), Profil 1 och 2

Upe längs Bergliden utgörs jordlagren generellt av tunt jordtäckte, alternativt berg dagen. Skruvprovtagningar visar på en grusig sand längs sträckan. Undantaget är vid bh17115-bh17117 och bh17155-bh17157, där jordlagren utgörs av ett cirka 3-4m mäktigt lerlager ovan fast botten.

### 7.2 Materialegenskaper

Lerans vattenkvot är i torrskorpan mellan cirka 30 – 40 % och ökar därunder till mellan cirka 50-70 %. Konflytgränsen varierar mellan cirka 55-70 %. Valt värde för lerans odränerade skjuvhållfasthet, under torrskorpelekan, är 11 kPa ned till 2 m djup under markytan för att därunder öka med 0,5 kPa/m. Inga kolvprover har tagits inom detta projekt men utifrån erfarenhet från intilliggande projekt bedöms lerans tunghet vara ca 15 kN/m<sup>3</sup> och att leran kan benämnas mellan- till högsensitiv.

Friktionsjorden som mestadels utgörs av grusig sand har en vattenkvot mellan cirka 10-20%. Vägöverbyggnader och fyllningar har visat på något lägre vattenkvoter.

### 7.3 Grundvatten- och portrycksförhållanden

Inga portrycksstationer eller grundvattenrör har installerats inom projektet. Fri vattenyta har dock noterats i provtagningshål som en indikation på grundvattenytans läge vid undersökningstillfället. Utifrån dessa noteringar bedöms grundvattenytan fluktuerar mellan markytan och 1,5 m under markytan.

Öster om det aktuella området har en portrycksstation installerats för projektet (Solberga-Aröd) i borrhål 1663. Mätningarna indikerar ett visst porvattenövertryck i den översta delen av jorden. På 3 m djup råder ett porvattenövertryck på ca 5 kPa (jämfört med hydrostatiskt tryck). Mot djupet visar dock portrycksstation på ett hydrostatiskt porvattentryck.

## 8 Sättningsförhållanden

### 8.1 Generellt

Delar av området kännetecknas av betydande lermäktigheter. Överkonsolideringskvoten (OCR) är förhållandet mellan det uppmätta förkonsolideringstrycket och den beräknade effektiva spänningen i jorden.

Inga CRS-försök är utförda inom det aktuella området, men då närliggande projekt tillhör samma geologiska bildning och övriga förutsättningar inte skiljer sig avsevärt bedöms lerans sättningssegenskaper vara liknande. Utifrån erfarenhet av intilliggande projekt bedöms mindre markklaster (<10kPa) ej medföra att betydande sättningar utvecklas.

8 (15)

PM GEOTEKNIK – ETAPP 1  
2018-03-23 REV 2020-05-08

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING FÖR VA



## 9 Stabilitet

### 9.1 Allmänt

Stabilitetsberäkningar har utförts i fyra sektioner, se nedanstående figur.



Figur 3 Läge för de analyserade stabilitetssektionerna

### 9.2 Styrande dokument

Stabilitetsberäkning och dimensionering har utförts enligt:

- TK Geo 13 – TDOK 2013:0667
- IEG Rapport 6:2008, Rev 1, Tillämpningsdokument EN 1997-1 kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar.

### 9.3 Beräkningsförutsättningar

Beräkningarna är utförda enligt partialkoefficientmetoden beskriven i ovan nämnda dokument.

- Dimensioneringsätt: DA3

#### 9.4 Säkerhetsklass

Säkerhetsklasser (Fc, Fkomb ) enligt nedan:

SK1: 0.9      SK2: 1.0      SK3: 1.1

Schakt och fyllningsarbeten som riskerar påverka trafikverkets väg 624, Norra Arödsvägen eller tredje man skall dimensioneras och utföras i säkerhetsklass 2 (SK2).

#### 9.5 Beräkningsprogram

Stabilitetsberäkningar har utförts med med Slope/W (GeoStudio 2016 & 2019) enligt Morgenstern-Price metod för cirkulärcylindriska glidytor.

#### 9.6 Beräkningsförutsättningar

Som underlag till geometrin vid stabilitetsberäkningar har befintligt kartmaterial för området (digital grundkarta med 1 m ekvidistans) samt markavvängningar använts.

Materialegenskaper, grundvattenförhållanden samt jordlagrens mäktighet har utvärderats från utförda undersökningar i området (se kapitel 7 och tillhörande MUR Geoteknik) samt erfarenhetsvärlden från intilliggande projekt (Solberga-Aröd).

#### 9.7 Resultat sektion A

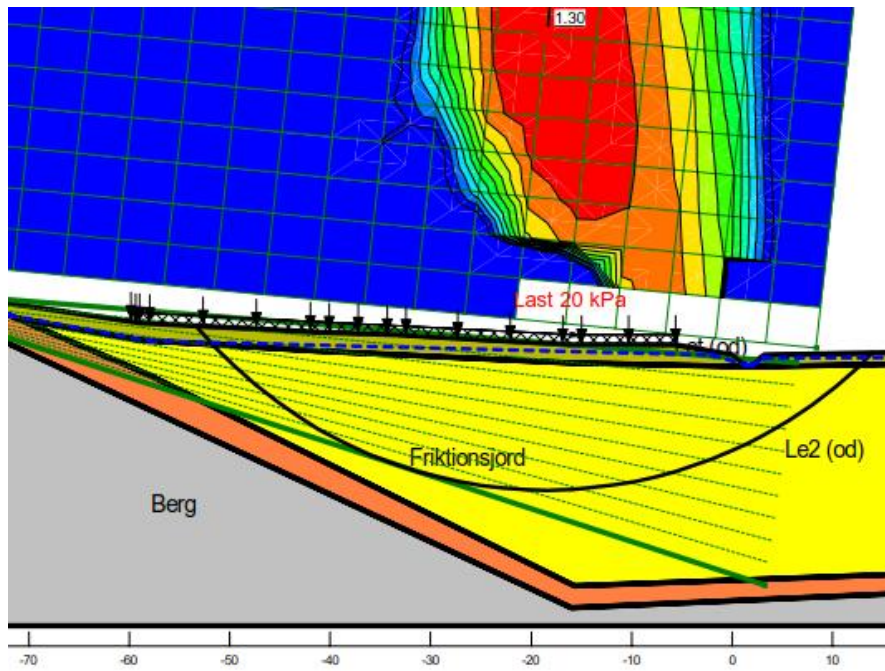
Befintliga stabilitetsförhållanden är tillfredställande i undersökt sektion.

Nedan visas resultat för en känslighetsanalys med hänsyn till markbelastning inom ledningsrätten.

*Tabell 1 Känslighetsanalys med partialkoefficientmetod*

Last (utbredd inom ledningsrätt)	Beräknad säkerhetsfaktor mot brott	
	Odränerad	Kombinerad
0 kPa	1,93	1,76
5 kPa	1,76	1,62
10 kPa	1,58	1,48
15 kPa	1,43	1,35
20 kPa	1,30	1,17
25 kPa	1,19	1,04

Som exempel visas i figuren nedan utförd stabilitetsberäkning med en utbredd last på 20 kPa (odränerad analys).

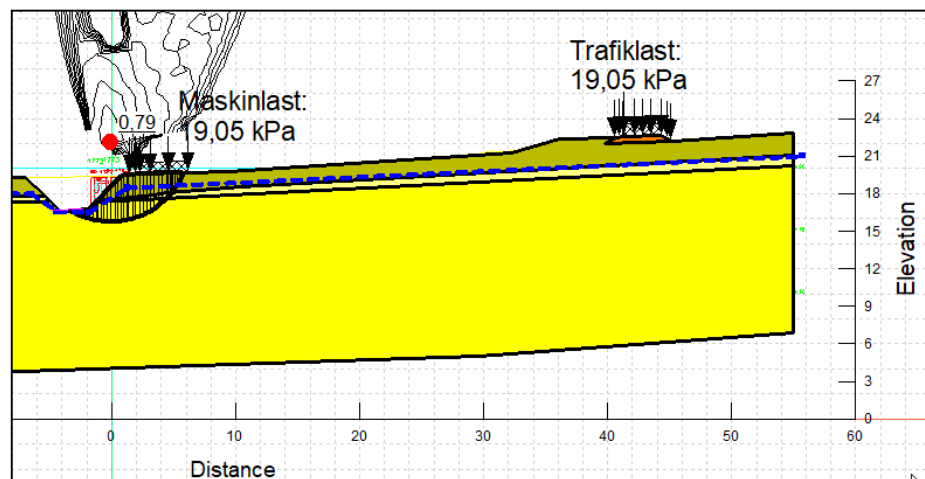


Figur 4 Sektion A. Maskinlast (dim 20 kPa). Odränerad analys

## 9.8 Resultat sektion 1772

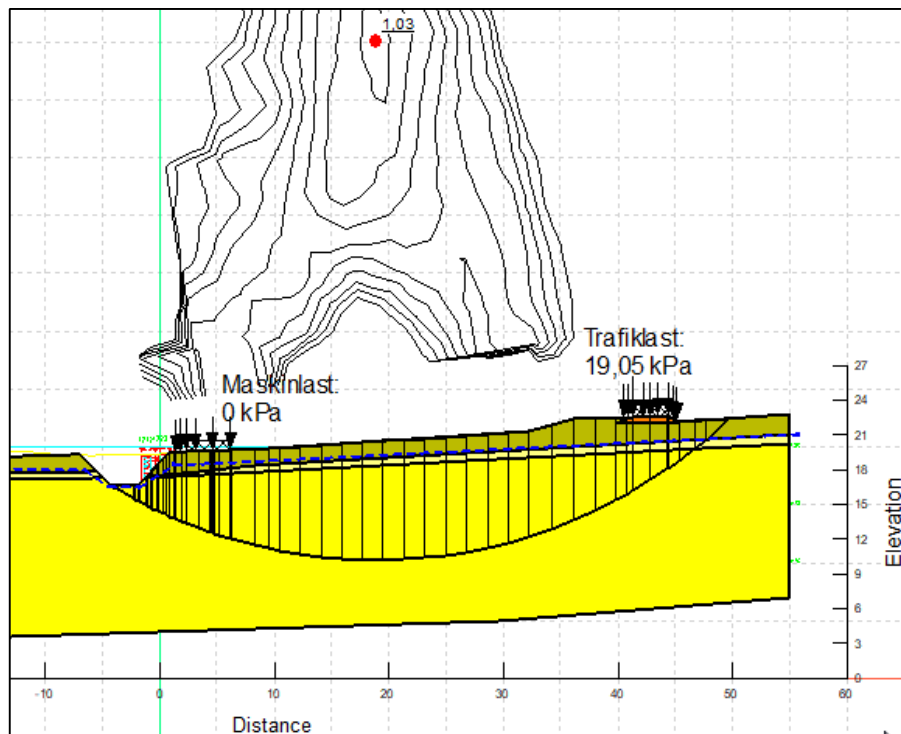
Sektion 1772 representerar området kring brunnarna 105-106 (schaktdjup ca 2,7 m).

Med maskinlast längs schakten har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=0,79$ . Vid beaktande av 3D-effekter med en glidyta utbredning på 10 m blir säkerhetsfaktorn  $F_{c,3D}=0,92$ .



Figur 5 Sektion 1772. Maskinlast (dim 19,05 kPa). Odränerad analys

Med avseende på trafiklast på Norra Arödsvägen har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=1,03$ .

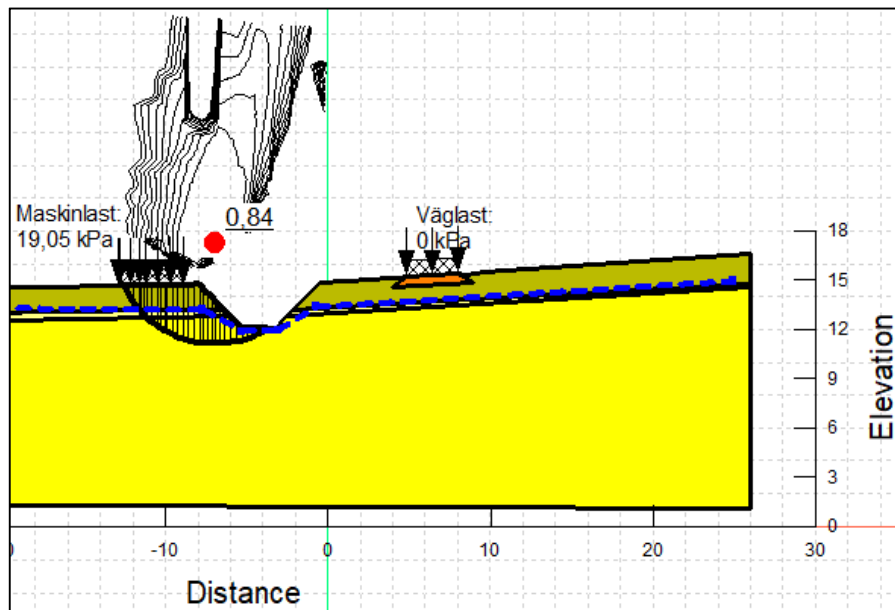


Figur 6 Sektion 1772. Trafiklast (dim 19,05 kPa). Odränerad analys

## 9.9 Resultat sektion 1762

Sektion 1762 representerar området kring brunnarna 103-104 (schaktdjup ca 2,7 m).

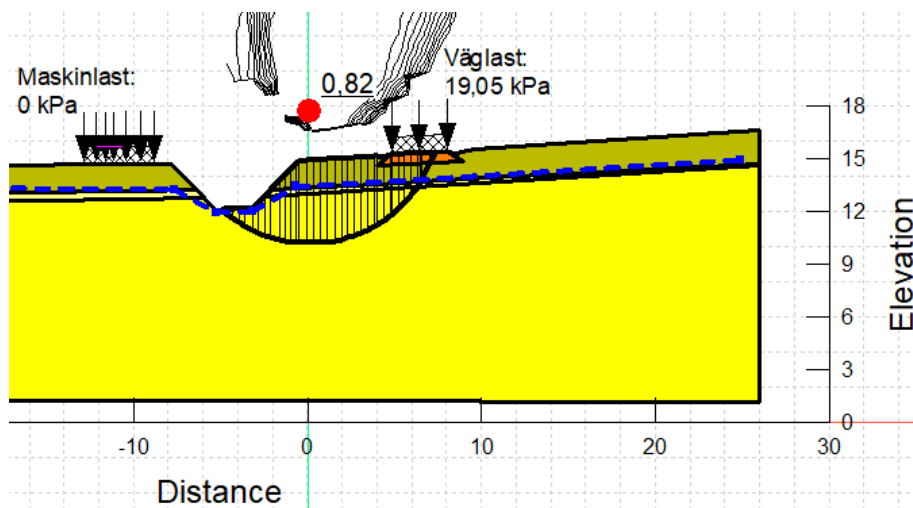
Med maskinlast längs schakten har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=0,84$ . Vid beaktande av 3D-effekter med en glidyta utbredning på 10 m blir säkerhetsfaktorn  $F_{c,3D}=0,97$ .



Figur 7 Sektion 1762. Maskinlast (dim 19,05 kPa). Odränerad analys

Med avseende på trafiklast på Norra Arödsvägen har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=0,82$ .

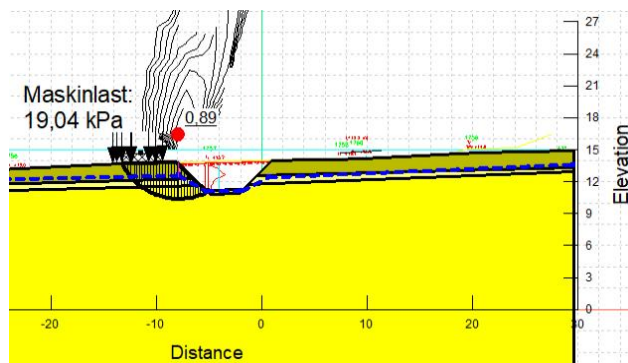
Vid beaktande av 3D-effekter med en glidyta utbredning på 10 m blir säkerhetsfaktorn  $F_{c,3D}=1,01$ .



Figur 8 Sektion 1762. Trafiklast (dim 19,05 kPa). Odränerad analys

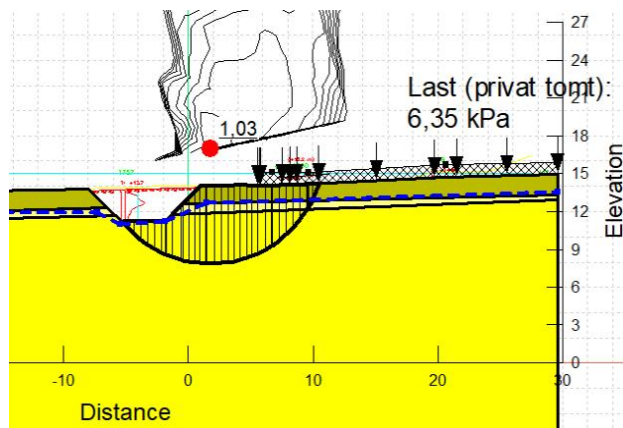
### 9.10 Resultat sektion 1757

Sektion 1757 representerar området kring brunn 101 (schaktdjup ca 2,7 m). Med maskinlast längs schakten har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=0,89$ . Vid beaktande av 3D-effekter med en glidyta utbredning på 10 m blir säkerhetsfaktorn  $F_{c,3D}=1,03$ .



Figur 9 Sektion 1757. Maskinlast (dim 19,05 kPa). Odränerad analys

Med avseende på befintliga tomter norr om ledningsläget har säkerhetsfaktorn för odränerad analys beräknats till  $F_{EN}=1,03$ .



Figur 10 Sektion 1757. Marklast (dim 6,35 kPa). Odränerad analys

## 10 Geotekniska åtgärder och rekommendationer för utförandeskede

### Schakt:

Schakt- och fyllningslänter ska utföras med lutning anpassad efter jordlagrens uppbyggnad och hållfasthet, samt med beaktande av förekommande belastningar och pågående trafik intill schakt.

Entreprenören ansvarar för alla tillfälliga schakters utformning vad avser släntlutningar, behov av spont, stabilitet med hänsyn till belastningar från schaktmassor, arbetsmaskiner och övrig trafik, samt erforderlig länshållning och grundvattensänkning.

Entreprenören ska beakta att schakt kommer att ske till nivåer lägre än befintlig grundvattenyta och att jorden delvis utgörs av jordlager som är flytbenägna. Entreprenören skall utföra erforderliga åtgärder för att förhindra nedsatt bärförmåga i schaktbotten, bottenuppluckring och utflytning av slänter.

Utöver ovanstående ska entreprenören förutsätta följande:

- att schakt kan behöva utföras från gaveln och att massupplag inte kan läggas intill öppna schakter. Entreprenören ska även förutsätta korttidsschakt (mindre än 24h) och att schakter inte kan stå öppna över en helg
- att stabiliteten från befintliga vägar (längs Väg 624 och Norra Arödsvägen) till den temporära VA-schakten inte är tillfredsställande med avseende på oändligt långa schakter. Längs dessa vägar, samt även för övriga schakter i lera, ska det förutsättas etappvis schaktning på 10 meter som ska avslutas och fyllas upp innan nästa etapp påbörjas.
- För maskinlast ska förutsättas att denna inte har en dimensionerande last som överskrider 19,05 kPa. Detta kan åstadkommas genom antingen mindre grävmaskin, alternativt lastspridning med stockmattor.

Ovanstående anvisningar är endast avsedda som vägledning i anbudsskedet och fråntar inte antagen entreprenörs ansvar att vid utförandet presentera entreprenadteknisk specifikation för arbetsberedning som visar att erforderliga stabilitetskrav uppnås för alla skeden.

#### **Sättningar:**

Leran är ej att betrakta som särskilt sättningkänslig. Laster uppemot ca 10 kPa bedöms endast medföra elastiska sättningar i storleksordningen någon cm som utbildas under byggskedet. Det ska dock poängteras att det inte utförts någon kolvprovtagning eller CRS-försök inom projektet. Bedömningen utgår från erfarenhet från intilliggande projekt.

Göteborg  
Sweco

2018-03-23 rev 2020-05-08

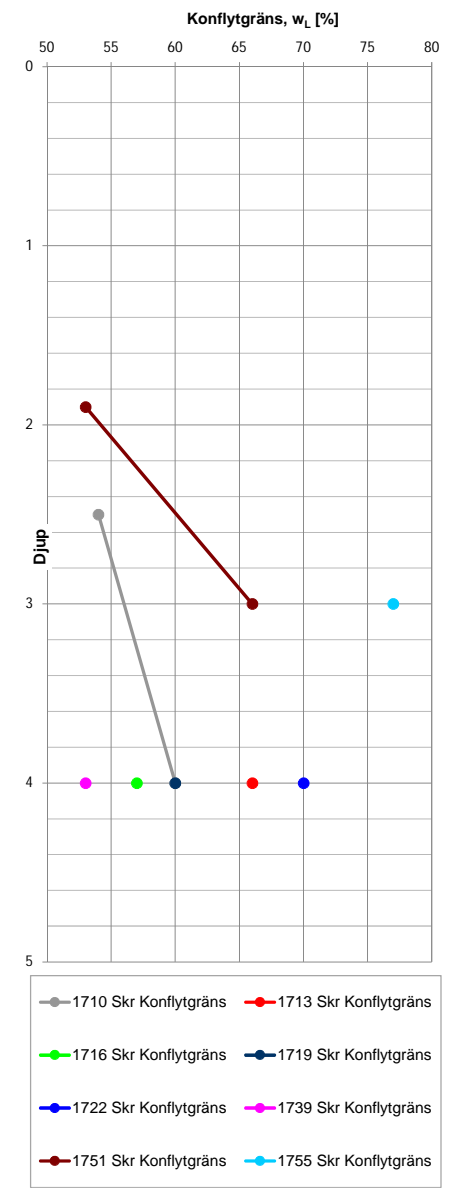
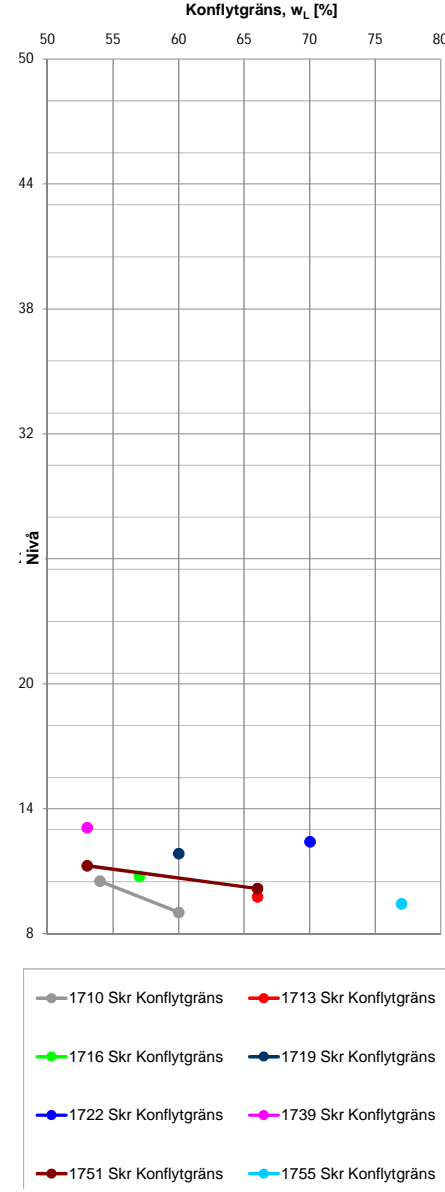
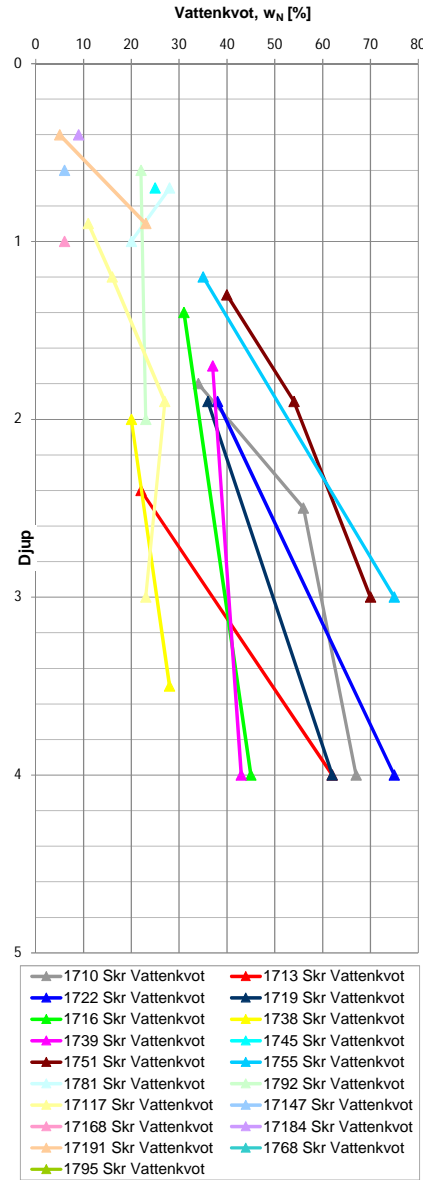
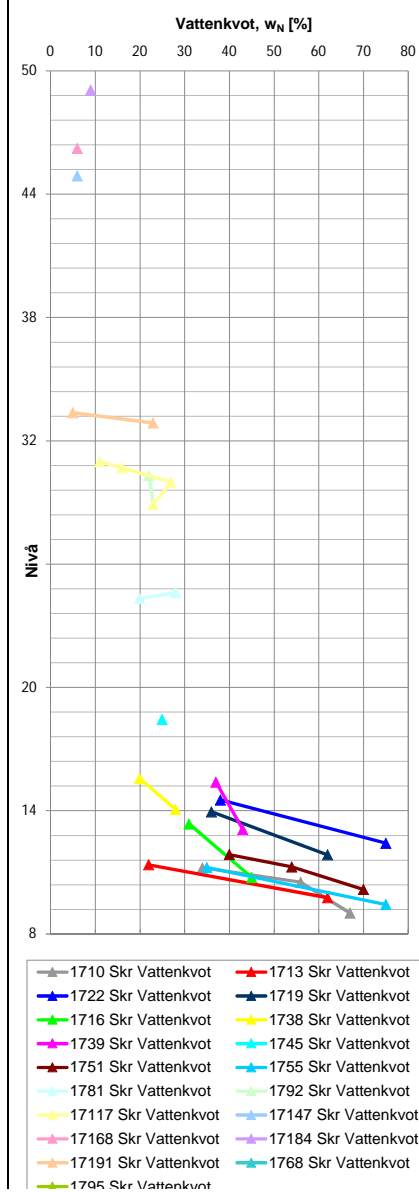
Peter Damgaard  
Handläggare

Peter Jansson  
Granskare

<b>Bilaga 1</b>		
UPPDRAG	Dokument	
Kungälv - Aröd	Projekterings PM- Geoteknik	
Bilaga	Uppdragsnummer	
Sammanställning geotekniska grundparamete	13000131	

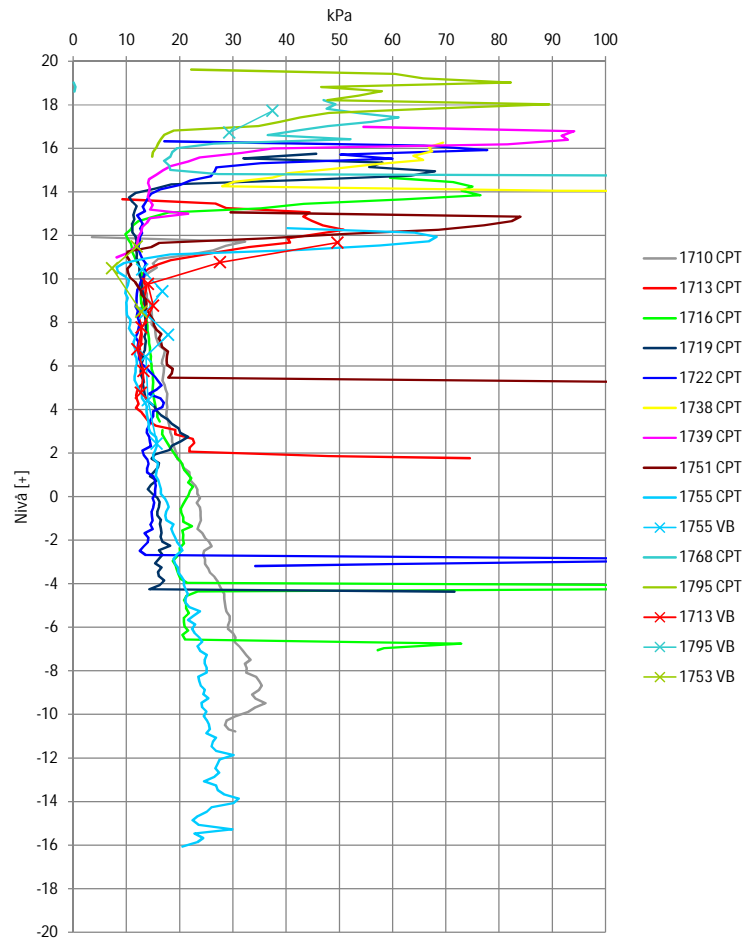


Kungälv - Aröd  
VATTENKVOT, KONFLYTGRÄNS



<b>Bilaga 2</b>		
UPPDRAG Kungälv - Aröd	Dokument Projekterings PM- Geoteknik	
Bilaga Sammanställning odränerad skjuvhållfasthet	Uppdragsnummer 13000131	

Nivå



Djup

