

PM Geoteknik

Lilla Edets Kommun

Västra älvstranden, fördjupad utredning

Komplettering Södra delområdet

Slutrapport

Göteborg 2015-09-01

Västra älvstranden, fördjupad utredning

Komplettering Södra delområdet

PM Geoteknik

Datum	2015-09-01
Uppdragsnummer	61461253085-03
Utgåva/Status	Slutrapport

Britt-Marie Henningsson
Uppdragsledare

Tobias Kristensson
Handläggare

Britt-Marie Henningsson
Granskare

Ramboll Sverige AB
Box 5343, Vädursgatan 6
402 27 Göteborg

Telefon 010-615 60 00
Fax
www.ramboll.se

Unr 61461253085-03 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Objekt och uppdrag	1
2.	Denna handling	2
2.1	Underlag för utredningen	2
3.	Områdesbeskrivning	3
4.	Beräkningsförutsättningar och resultat	3
4.1	Jordparametrar	3
4.2	Laster	3
4.3	Erforderliga säkerhetsfaktorer	4
4.4	Beräkningsprogram	4
4.5	Portrycksprognos	4
4.6	Bedömning av omgivningpåverkan av bakåtgripande skred	4
4.7	Sektion 32/255	5
4.1	Resultat	7
5.	Slutsatser och rekommendationer	7

Bilagor

Valda jordparametrar	Bilaga 1
Valda portryck	Bilaga 2
Gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar	Bilaga 3
Beräkningsrapporter, befintlig situation	Bilaga 4
Beräkningsrapporter, föreslagna åtgärder	Bilaga 5
Kvicklereutvärdering från cpt	Bilaga 6
Bedömd utbredning av skred	Bilaga 7
Åtgärdsförslag	Bilaga 8

Västra älvstranden, fördjupad utredning, Komplettering Södra delområdet PM Geoteknik

1. Objekt och uppdrag

Ramböll Sverige AB har på uppdrag av Lilla Edet kommun utfört en fördjupad stabilitetsutredning längs Göta älv västra älvstrand i Lilla Edet. Det studerade området sträcker sig från Strömsbäcken i norr och ca 2 km söderut, se Figur 1. Stabilitetsutredningen är uppdelad i tre delområden: norra-, mellerst- och södra delområdet.

Denna handling är en komplettering till stabilitetsutredningen för det södra delområdet. Kompletteringen innefattar nya fält- och laboratorieundersökningar samt nya beräkningar. Kompletteringen har utförts i syfte att kunna begränsa utbredningen av den rekommenderade stabilitetshöjande avschaktningen i södra delområdets norra del. Detta för att undvika inlösen av fastigheter nära släntkrön.



Figur 1. Översiktskarta över det studerade området längs västra älvstranden, Lilla Edet, samt röda markeringar som visar ungefärlig indelning av delområdena.

2. Denna handling

Utredningen följer Svensk standard SS-EN 1997-1:2005 (Eurokod 7) och dess nationella tillämpningsdokument; IEG Rapport 4:2010 som är en vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av).

Redovisning av den geotekniska undersökningen och uppmätta värden redovisas i en separat Markteknisk Undersökningsrapport (MUR).

2.1 Underlag för utredningen

- [1] Markteknisk undersökningsrapport (MUR), upprättad av Ramböll Sverige AB, daterad 2013-12-09, internt uppdragsnummer: 61461253085-03
- [2] Västra älvstranden, Lilla Edet, Geotekniskt PM, Stabilitetsutredning, Upprättat av Tyrens, daterat 2012-03-30, internt uppdragsnummer: 230913.
- [3] Göta älvutredningen, GÄU-delrapport 28, Metodbeskrivning sannolikhet för skred: Kvantitativ modell.
- [4] Skredkommissionens rapport 3:95, Anvisningar för släntstabilitetsutredningar.
- [5] IEG Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar.
- [6] Göta älvutredningen, GÄU-delrapport 29, Kartering av kvicklereförekomst för skredanalyser inom Göta älvutredningen.
- [7] Göta älvutredningen, GÄU-delrapport 32, Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv.
- [8] SGI Information 3, Skjuvhållfasthet – Utvärdering i kohesionsjord.
- [9] SGI Varia 624:1, Göta älvutredningen Klimateffekt på vattennivåer, erosion och grundvattenförhållanden i Göta älv.
- [10] Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Västra Älvstranden fördjupad utredning; Komplettering Södra delområdet, GRANSKNINGSHANDLING. Upprättad av Ramböll Sverige AB, daterad 2015-03-20, internt uppdragsnummer: 61461253085-03.
- [11] PM Geoteknik, Västra Älvstranden fördjupad utredning; Södra delområdet. Upprättad av Ramböll Sverige AB, daterad 2013-12-09, internt uppdragsnummer: 61461253085-03.

3. Områdesbeskrivning

För områdesbeskrivning hänvisas till PM Geoteknik[11].

4. Beräkningsförutsättningar och resultat

4.1 Jordparametrar

De utvärderade jordparametrarna som används i beräkningarna är valda utifrån de härledda värden som redovisas i MUR [10]. Utöver de härledda värden som ses i MUR [10] har även empiriska relationer beaktats vid val av jordparametrar, valda jordparametrar ses i Bilaga 1 samt Tabell 1.

Vid val av odränerad skjuvhållfasthet har triaxialförsök och direkta skjuvförsök vägts tyngst och kolvar och vingar har värderats lågt på > 25 meters djup under markytan. Orealistiska mätresultat har bortsetts ifrån. Vidare har även sonderingar och provtagningar från närliggande sektioner beaktats vid valet av värderade medelvärden.

Vid val av konflytgräns samt densitet har ett värderande medelvärde valts utifrån de kolvprovtagningar som utförts och undersökts i laboratorium, även borrhullspunkter från närliggande sektioner har beaktats.

I de kombinerade beräkningarna har den dränerade hållfastheten i kohesionsjord uppskattats empiriskt enligt Skredkommissionens rapport 3:95 [4] där:
 $\Phi' = 30^\circ$ och $c' = 0,1 \cdot \tau_{Ru}$.

Alla valda jordparametrar som använts i beräkningar redovisas i Bilaga 1 samt i Tabell 1 under sektionsavsnitt nedan.

4.2 Laster

En byggnadsinventering har genomförts i området där kontroll av antal våningsplan samt källarplan har skett. Laster har modellerats utifrån anvisningar enligt IEG Rapport 4:2010 [5].

Laster från byggnader har generellt modellerats med en utbredd last om 10 kPa per våningsplan. Laster har även justerats med hänsyn till om byggnaden har en källarvåning, reducering med 10 kPa.

Trafiklast från de lokalvägar som finns inom det undersökta området har modellerats med en utbredd last om 13 kPa, vilket gäller för dimensioneringssituationer där kritisk brottyta är lång.

Alla modellerade laster har valts konservativt för att ta hänsyn till oförutsedda mindre laster i framtiden.

4.3 Erforderliga säkerhetsfaktorer

Riktvärden på erforderliga totalsäkerhetsfaktorer för en fördjupad stabilitetsutredning där aktuellt område klassas som "Befintlig bebyggelse och anläggning" är enligt Skredkommissionens rapport 3:95 [4] samt IEG Rapport 4:2010 [5]:

Odränerad analys: $F_c \geq 1,4 - 1,3$
 Kombinerad analys: $F_{\text{Komb}} \geq 1,3 - 1,2$

För att slänten ska klassas som stabil krävs att både den odränerade- samt kombinerade analysen uppfyller ovanstående krav. Val av säkerhetsfaktor som ska uppfyllas inom spannet bestäms för respektive sektion och baseras på en bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förhållanden. Dessa förhållanden finns uppräknade i Skredkommissionens rapport 3:95 [4] samt IEG Rapport 4:2010 [5].

4.4 Beräkningsprogram

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programvaran GeoStudio 2007 - Slope/W version 7.17. Odränerade och kombinerade analyser har utförts med metoden Morgenstern & Price och sökmetoden som använts för att hitta cirkulär-cylindriska glidytor är "Grid and Radius".

4.5 Portrycksprognos

Portrycksprognos har utförts enligt skredkommissionen [4], för 100-årsvärden. Prognosen var tänkt att göras utifrån två olika av SGUs referensrör, rör 54_9 och 53_11. Prognostiseringarna visade dock att referensrör 54_9 ger helt orimliga värden då de visar på prognostiserade värden på cirka 1,5 till >2 meter över de uppmätta värdena. Därför har prognostiseringar utifrån detta referensrör inte fullföljts eller redovisats.

Referensrör 53_11 sitter i Kungälv, vilket är längre bort än önskvärt för prognoserna. Det kan dock anses att det ändå är ett av de bättre rören för prognoser i området, då fluktuationsmönstret i referensröret och prognosrör följer varandra i stora drag. Röret sitter på 4,4 meters djup i en sluten akvifer med ett litet magasin. Rörspetsen är placerad i morän täckt av lera.

4.6 Bedömning av omgivningspåverkan av bakåtgripande skred

Området består av sensitiva och mot djupet kvicka leror. Det finns därför en betydande risk att ett initialt skred, även ett litet, sprider sig både framåt och bakåt genom sekundärskred. En bedömning av hur långt ett initialt skred kan arbeta sig bakåt har gjorts enligt GÄU delrapport 32 [7], metod 1. De bakåtgripande skredens utsträckning beräknas som en funktion av lerans sensitivitet och släntens geometri.

Sensitiviteter är valda utifrån de värden som redovisas i Bilaga 1. Dessutom har kvicklereutvärderingen från cpt, som redovisas i Bilaga 6, vägts in.

4.7 Sektion 32/255

4.7.1 Erforderliga säkerhetsfaktorer

Inför val av erforderliga säkerhetsfaktorer har släntens gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar studerats och sammanställts i Bilaga 3. Sammanfattningsvis har ett stort antal undersökningar gjorts, släntens geometri är väl kartlagd men konsekvenserna av ett skred är stora.

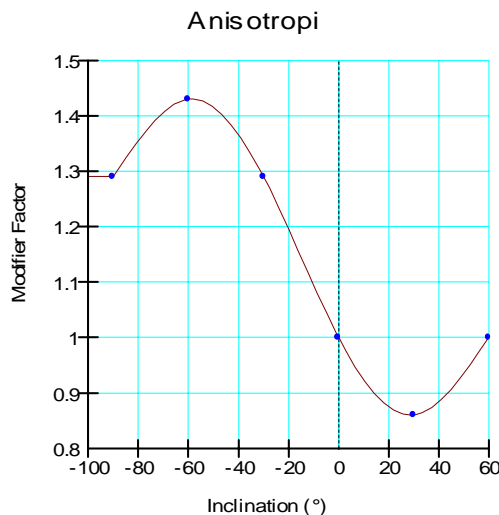
Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/255 valts till:

Odränerad analys	$F_c \geq 1,35$
Kombinerad analys	$F_{Komb} \geq 1,25$

4.7.2 Anisotropi-effekter

Hållfastheten utifrån triaxialförsök och direkt skjuvning har använts för att uppskatta anisotropieffekter. Det innebär att olika värden på lerans skjuvhållfasthet fås utmed det aktuella brottplanet beroende på dess lutning. Hänsyn till anisotropieffekter innebär att ett beräkningsmässigt bättre utnyttjande av lerans hållfasthet, och detta medför i regel en högre säkerhetsfaktor.

Den funktion som approximativt återger anisotropieffekter finns i Skredkommisionens rapport 3:95[4] och har här antagits med en vilojordstryckscoefficient $K_0 = 0,6$, se Figur 2.



Figur 2. Relativ skjuvhållfasthet i olika skjuvplan relativt direkt skjuvning.

4.7.3 Val av geotekniska parametrar

Valda geotekniska parametrar för sektion 32/255 redovisas i Tabell 1 nedan. Utvärderad skjuvhållfasthet, friktionsvinkel samt densitet redovisas mer utförligt i diagramform i Bilaga 1, där det även framgår vilka undersökningar som beaktats vid valet.

Tabell 1. Valda materialparametrar för sektion 32/255.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Torrskorpelera	Ök. Markyta till ca +10	30	-	18
Sand	Ca +10 till +9	-	36	18/20
Lera 1	Ca +9 till +3	21	-	16,5
Lera 2	Ca +3 till +1	$21 + 2,625 \cdot z_1$	-	16,5
Lera 3	Ca +1 till -5	$21 + 2,625 \cdot z_1$	-	16,2
Lera 4	Ca -5 till -9	$42 + 1,40 \cdot z_2$	-	16,2
Lera 5	Ca -9 till -10	$42 + 1,40 \cdot z_2$	-	16,7
Lera 6	Ca -10 till fast botten	$49 + 1,40 \cdot z_3$	-	16,7
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16
Bottenmorän	Uk. lera 5 till berg	-	38	20

$z_1 = 0$ vid nivå +3

$z_2 = 0$ vid nivå -5

$z_3 = 0$ vid nivå -10

4.7.4 Val av laster

Ett bostadshus närmast släntkrönet med 2 våningar utan källare har modellerats med en last om 20 kPa. I området västerut mellan 2-våningshuset och lokalvägen, där bland annat en större garagebyggnad på 1 våning finns, har en last om 10 kPa modellerats. Lokalvägen har modellerats med en utbredd trafiklast om 13 kPa och väster om lokalvägen är ett större område modellerat med en last om 5 kPa. Inom detta område finns flertalet byggnader, dock bedöms dessa befinna sig så långt bakom släntkrönet och en genomsnittlig last har därför modellerats.

4.7.5 Val av porvattentryck

Punkt 1103A36 har 1 grundvattenrör med 8 avläsningar under 4 månader och 4 portrycksmätare med kontinuerliga mätningar (2 gånger om dagen) i cirka 5 månader. På mellan 25,4 och 25,9 meters djup finns ett friktionslager. Portrycksmätaren på 26 meters djup visar att detta lager dränerar jordprofilen kraftigt. Detta avdränerande lager bekräftas också av cpt R12025 som tydligt visar ett friktionslager. Markytan lutar mot älven och inga hinder för avrinning vid markytan har noterats vid platsbesök. Det anses därför mycket orimligt att portrycken skulle kunna överstiga hydrostatiskt tryck, räknat från markytan. Därför baseras valda portryck utifrån prognostiserade portryck men begränsas till ett maximalt värde som inte överstiger hydrostatiskt tryck från markytan. Punkt 1103A33 har 1 grundvattenrör med 6 avläsningar under cirka 2,5 månaders tid och 3 portrycksmätare som har avlästs en gång om dagen under drygt 3 månader. Portrycken i 1103A33 väljs som prognostiserat.

I platsen för punkt 8902A11 har en avschaktning gjorts sedan röret mätts, markytan ligger cirka 1,2 meter lägre idag än då röret installerades. Detta gör att de översta avläsningarna blir irrelevanta för dagens läge. Vidare har bara 3 avläsningar gjorts, vilket är för få för att prognostisera maximalt porvattentryck. För att ändå kunna ha hjälp av mätningarna vid val av portryck har mätningarna jämförts med mätningarna och prognosen i 1103A33, som är placerat i närheten av punkten. I punkt 1103A33, djup 12m, är det prognostiserade värdet 1,7 mvp högre än det maximalt uppmätta värdet. Därför har 1,7 mvp adderats till det maximalt uppmätta värdet i punkt 8902A11, djup 13.

I interpoleringen av portrycken mellan mätpunkterna har markytans geometri och avståndet till eventuella friktionsjordsskikt och bottenmoränen vägts in. Valda portryck redovisas punkt för punkt i Bilaga 2 och för sektioner i Bilaga 4.

4.7.6 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning

De härledda sensitivitetvärdena ligger generellt mellan 20 och 100. Två avvikande värde på ca 260 och 490 har härletts. En grupp sensitivitetvärden har även härletts till mellan 150 och 170, utifrån dessa har n valts till $n = 15$.

4.1 Resultat

Som det går att se i Tabell 2 uppfyller sektionen ej erforderlig säkerhetsfaktor i kombinerad analys.

Tabell 2. Beräknade och erforderliga säkerhetsfaktorer mot skred.

Sektion	F_c	F_{komb}	Krav F_c	Krav F_{komb}
Sektion 32/255	1,39	1,18	1,35	1,25

Resultatet från beräkningar redovisas i Bilaga 4. Bedömning av utbredningsområdet för bakåtgripande skred redovisas i Bilaga 7.

5. Slutsatser och rekommendationer

De undersökningar och beräkningar utförda i denna kompletterande utredning visar att den tidigare bedömda utbredningen för den stabilitetshöjande avschaktningen i sektion 31/255 kan göras mindre. Beräkningarna för åtgärdsförslaget redovisas i Bilaga 5, och resultatet redovisas i *Tabell 3* nedan.

Tabell 3. Beräknade och erforderliga säkerhetsfaktorer mot skred efter stabilitetshöjande åtgärd.

Sektion	F_c	F_{komb}	Krav F_c	Krav F_{komb}
Sektion 32/255	1,49	1,27	1,35	1,25

Två fastigheter öster om Bankvägen skulle enligt tidigare bedömning behöva lösas in på grund av utbredningen av den tidigare föreslagna avschaktningen. Den nya minskade avschaktningsytan medför att fastigheterna ej behöver lösas in då avschaktningen ej når lika lågt upp från älven. Utbredning av åtgärdsförslaget redovisas i Bilaga 8.

Innan avschaktningarna utförs, bör det göras upp en plan för hur dessa ska ske. Eftersom området inte är stabilt bör schakterna utföras i en ordning som inte riskerar att tillfälligt sänka säkerhetsfaktorn mot skred under acceptabla nivåer. Vidare är vegetationen mycket gynnsam för säkerheten mot skred. Därför bör vegetationen avverkas i anslutning till schaktarbetena och när arbetena är klara bör plantering/sådd ske utan dröjsmål.

Lasterna har valts så att det ska finnas ett visst utrymme för mindre tillbyggnader utan att en komplett utredning ska behövas. En bedömning av sakkunnig geotekniker bör dock göras innan ytterligare last, till exempel utfyllnader, påförs i området.