

PM Geoteknik

Lilla Edets Kommun

Västra älvstranden, fördjupad utredning

Södra delområdet

Slutrapport

Göteborg 2013-12-09

Västra älvstranden, fördjupad utredning

Södra delområdet

PM Geoteknik

Datum	2013-12-09
Uppdragsnummer	61461253085-03
Utgåva/Status	Slutrapport

M Dreifaldt
Uppdragsledare

P Klasson, M Dreifaldt
Handläggare

C Modin
Granskare

Ramboll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
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
3.1	Topografi	3
3.2	Geologi	4
3.3	Befintliga konstruktioner och bebyggelse	5
3.4	Geotekniska förhållanden, översiktligt	6
3.5	Hydrogeologiska förhållanden, översiktligt	7
4.	Beräkningsförutsättningar och resultat	8
4.1	Jordparametrar	8
4.2	Laster	8
4.3	Erforderlig säkerhetsfaktor	9
4.4	Beräkningsprogram	9
4.5	Portrycksprognos	9
4.6	Områdesindelning och val av sektioner	10
4.7	Bedömning av omgivningspåverkan av bakåtgripande skred	10
4.8	Sektion 32/255	10
4.9	Sektion 32/350	12
4.10	Sektion 32/440	13
4.11	Sektion 32/560	15
4.12	Sektion 32/660	16
4.13	Sektion 32/760	18
4.14	Resultat	20
5.	Slutsatser och rekommendationer	20

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
Beräkningsrapport, alternativa åtgärder	Bilaga 9

Västra älvstranden, fördjupad utredning PM Geoteknik

1. Objekt och uppdrag

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

Denna handling redovisar stabilitetsutredningen för det södra delområdet. Delområdet sträcker sig längs Göta älvs västra strand i Lilla Edet från Sundöregatan och cirka 800 m söderut och ett bergparti cirka 600 m från strandkanten avgränsar delområdet i väst, se *Figur 1*.



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

Statens geotekniska institut har under 2009-2011 haft ett regeringsuppdrag att utföra en skredriskutredning längs Göta älvdalen. Denna utredning visade att stora delar av älvdalen hade otillfredsställande stabilitetsförhållanden. En fördjupad stabilitetsutredning har därför utförts i det aktuella området då större delen av det aktuella området klassats som ett område med medel till hög skredrisk i Göta älvutredningen.

I uppdraget ingår att utföra geotekniska undersökningar, beräkna släntstabiliteten och översiktligt föreslå åtgärder för de områden som inte uppnår erforderlig säkerhet mot skred.

Innan denna handlings färdigställande har en kompletterande utredning gällande området runt sektion 32/255 och 32/350 beställts av kommunen. Denna utredning redovisad i kompletterande MUR och PM Geoteknik, märkt med samma uppdragsnummer men med senare datum.

2. Denna handling

Denna handling utgör en redovisning av den fördjupade stabilitetsutredning som utförts. 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.

3. Områdesbeskrivning

Området, som sluttar ner mot älven, består av bostäder, åkermark och skogspartier. Marken i området består till stora delar av lös lera som på många platser inom området klassas som kvick. På två platser inom området syns tydliga tecken på markrörelser i form av mindre skred. På en av dessa platser har kraftig erosion dokumenterats innan skredet skedde. På ytterligare en plats har tydlig erosion noterats.

Geologin i området består i huvudsak av lera, på morän, på berg. Även mindre områden av ytlig sand finns i området.

Nedan beskrivs topografin, geologin, översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden för det södra delområdet. Mer detaljerad, geoteknisk, beskrivning för respektive sektion ges i kapitel 4.

I denna rapport hänvisas vid flertalet tillfällen till sektionsnumreringar. Dessa utgår från älvens längdmätning och redovisas tillsammans med resultaten i Bilaga 7.

3.1 Topografi

Området sluttar generellt svagt ner mot älven. Närmast älven övergår den svaga lutningen till en brantare slänt med en eller flera platåer beroende på om tidigare avschaktningar har gjorts.

Inom området finns det två klart utbildade raviner, en längst i söder och en i mitten av området. I den södra ravinen pågår det kraftig erosion och det har skett mindre jordskred under utredningens gång. I ravinen i den mellersta delen av området har det inte noterats någon betydande erosion eller några skred. Ytterligare en plats med tydlig erosion har noterats. Denna ligger i närheten av beräknad sektion 32/440. Erosionen på denna plats beror sannolikt på vågorna från älven då erosionsskyddet ligger för lågt. Stigen ovanför det eroderade området ligger på mellan nivå +2,2 och 2,4. Föreslagna högsta högvattennivå för området är enligt [9] +2,4. Överkant på erosionsskyddet är inte inmätt men bedöms ligga 0,5 till 1 meter under stigen, det vill säga klart under HHW.

Älven är ungefär 130 meter bred och generellt ungefär 8 meter djup. Lokalt är älven upp till 12 meter djup. I norra delen av delområdet separeras älven av en ö. Delen av älven, närmast den västra älvstranden, som leder till slussen är cirka 50 meter bred och 7 meter djup.

Längst i söder är slänten närmast älven, troligtvis, naturlig och cirka 10 meter hög ovan vattenytan (LLW) och har en genomsnittlig lutning på 1:3. Slänten har en mindre platå, ungefär halvvägs mellan vattenytan och släntkrön. Bottenscanningen visar att slänten är betydligt flackare under vattenytan med en lutning på cirka 1:7.

Från ungefär 60 meter söder om Holmenvägen till ravinen i mitten av området har en tydlig avschaktning gjorts som skapat en cirka 60 meter bred plåtå. Slänten från plåtån ner till vattenytan (LLW) är mellan 5 och 6 meter hög och har en ungefärlig lutning på 1:2,5. Under vattenytan är slänten betydligt flackare med en lutning på cirka 1:4 till 1:6.

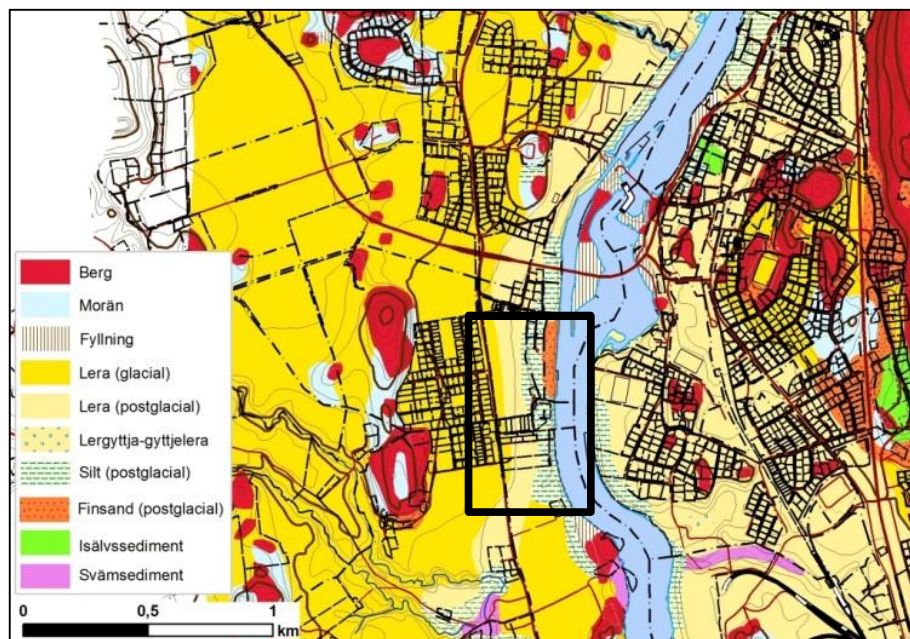
Från ravinen i mitten av området upp till vändzonen på Bankvägen är slänten närmast älven cirka 11 meter hög ovan vattenytan (LLW). Den genomsnittliga lutningen är ungefär 1:3,3. Slänten har två mindre plåtåer. Slänten fortsätter cirka nio meter under vattenytan med ungefär samma lutning.

Från vändzonen norrut till delområdesgränsen är slänten närmast älven cirka 12 meter hög ovan vattenytan (LLW). Den nedre delen är runt sju meter hög med en ungefärlig lutning på 1:2. Den övre delen av slänten är cirka fem meter hög med en lutning på cirka 1:5.

3.2 Geologi

Göta älvdalens geologi, med berghöjder som delvis täcks av tunna moränlager och som övergår i lertäckta lågområden som sluttar i etapper mot älven, har skapats under de sista 14 000 åren i och med att inlandsisen drog sig tillbaka. Under tillbakadragandet bildades de moräner som idag överlagrar bergrunden under leran med varierande mäktighet.

I Figur 2 visas SGUs jordartskarta inom området, den svarta ramen i figuren visar ungefärligt läge för aktuellt utredningsområde.

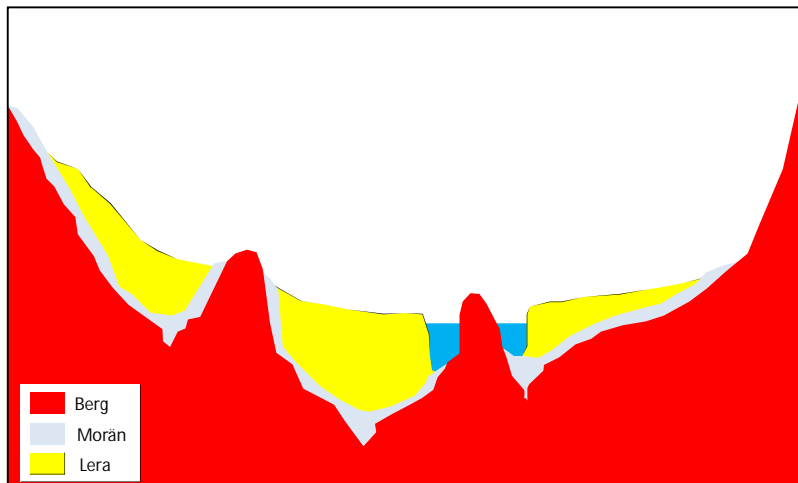


Figur 2 SGUs Jordartskarta över området.

Under perioden då större delar av området täcktes av hav avsattes lera över stora områden. Allteftersom landet höjde sig ur havet eroderades äldre sediment av havet då allt större områden hamnade ovanför havsnivån. Detta märks på de renspolade bergområdena och på förekomsten av svallsediment i form av finsand ovanför lera och morän främst utmed bergsidor öster om älven. Även efter att isen dragit sig längre från området och stora delar av höjdområdena höjt sig ur havet avsattes postglacial lera i de lugnare vattnen i den smala havsvik som fanns kvar.

Under i princip hela perioden då lera avsattes fanns ett språngskikt i havet där det tyngre, salta, havsvattnet låg närmast botten medan det lättare smältvattnet från glaciärerna låg i ytan. Detta skapade förutsättningarna för avsättning av lera med salt inlagrat i strukturen som sedan kunde omvandlas till kvicklera då saltet löstes ut av sött grundvatten.

I Figur 3 visas en konceptuell modell av geologin i området. Höjdområdena öster och väster om dalgången domineras av berg i dagen. På västra älvstranden dyker också berg upp genom leran som öar i ett nord-sydliga stråk. Även ön i älven utgörs av berg. Berget överlagras av morän av begränsad mäktighet. Moränen går i dagen i randområdena där berget går i dagen. Direkt väster om älven i höjd med ön återfinns ett betydligt mäktigare friktionslager av okänt ursprung men som skulle kunna vara någon form av fluvialt sediment.



Figur 3 Konceptuell modell av geologin inom området.

3.3 Befintliga konstruktioner och bebyggelse

Ett fåtal hus finns ungefär 15 meter bakom släntkrön och cirka 60 meter från älvstranden. Övrig bebyggelse är belägen med varierande avstånd till älven.

Förutom flera mindre lokalgator går Kungälvsvägen genom området.

Inom hela området finns det erosionsskydd utlagt i form av sprängsten. Vid visuell besiktning ser skyddet fungerande ut längs hela sträckan, förutom längs en några meter lång sträcka där skyddet är för lågt. Denna plats ligger i närheten av den beräknade sektionen 32/440. Ingen besiktning har gjorts under vattenytan. Erosionsskyddet är inte inmätta och har inte jämförts med det ursprungliga läget.

Ungefär vid sektion 32/530, i anslutning till ravinen som utbildats i mitten av området, finns ett ledningsstråk innehållande en vattenledning (huvudledning) och en spillvattenledning som korsar Göta Älv.

3.4 Geotekniska förhållanden, översiktligt

De naturliga jordlagren i det södra delområdet består huvudsakligen av lera vars mäktighet är störst i söder och minskar i riktning mot norr inom det södra delområdet. Lermäktigheten varierar mellan 20 meter till mer än 40 meter väster om strandlinjen. I norra delen av det södra delområdet har det, utifrån utförda undersökningar, kunnat fastställas att leran underlagras av bottenmorän. Vidare minskar djupet till bottenmoränen även under älven, jämfört med väster om älven. I leran förekommer ställvis även skikt av friktionsmaterial, framförallt mot djupet.

I norra delen av södra delområdet, i sektion 32/255, 32/350 samt 32/440 finns ett sandlager i den översta jordprofilen under markytan med en mäktighet av cirka 1-5 meter. I den tidigare avschaktade ytan i sektion 32/560 samt 32/660 består de översta jordlagren under markytan av gyttja.

En sammanställning av lerans och sandens egenskaper redovisas i MUR [1]. Lerans tunghet varierar mellan cirka 1,6-1,7 t/m³. Den naturliga vattenkvoten för leran inom området har uppmätts mellan 30-85 %. Konflytgränsen i leran är uppmätt mellan 40-80 % inom området och den odränerade skjuvhållfastheten varierar mellan cirka 20-70 kPa. Lerans konsolideringsförhållande varierar inom området från normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad men även överkonsoliderad med ställvis OCR>2. För detaljerad redovisning av utvärderade samt valda jordparametrar, se Bilaga 1 samt Tabell 1-6 där respektive sektionens valda jordparametrar redovisas.

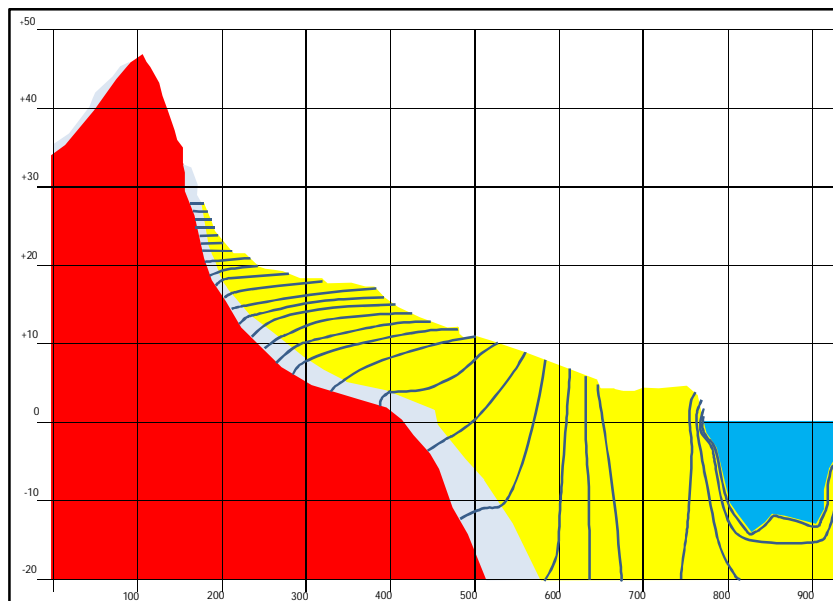
Undersökningar under flera decennier har visat på mycket olika resultat angående lerans sensitivitet. Utifrån dessa undersökningar kan ingen del av området helt friskrivnas från att vara kvickt. Flera av de äldre undersökningarna (80-talet och tidigare) visar på låg- till mellansensitivitet, medan de nyare visar på att det finns kvicklera i större delen av området. Flera av de äldre fallkonsöförsöken visar tecken på att de är störda, till exempel är utvärderad skjuvhållfasthet ofta betydligt lägre för fallkonen än den är för vingförsöket i samma undersökningspunkt samt andra undersökningar i närheten. Långt ifrån alla äldre undersökningar kan dock avskrivas som störda.

Av de undersökningar som är gjorda efter 80- talet, med modernare metoder, visar de flesta på att området är kvickt eller högsensitivt. Flera av de nyare kvicklere-utvärderingarna är dock gjorda med cpt, vilket är en relativt oprövad och inte helt tillförlitlig metod, dessa redovisas i Bilaga 6. Dock visar även de flesta nyare fallkonsförsök på att leran är kvick eller högsensitiv. Härledd sensitivitet från fallkonsförsök redovisas i Bilaga 1.

Trots att det gjorts mycket undersökningar med avseende på sensitivitet i området kan ingen klar bild uttolkas. Då många undersökningar, fördelade över hela området, visar på kvickhet i leran klassas hela området som kvickt. Dock varierar djupen något för vart kvicklera har hittats vilket beaktats vid bedömning av hur långt bakåtgripande skred kan påverka.

3.5 Hydrogeologiska förhållanden, översiktligt

Portrycket i leran styrs av de hydrauliska gränser som omger leran. För västra älvstranden utgörs dessa gränser i princip av trycknivån i det övre magasinet, trycknivån i det undre magasinet samt älvnivån. Portrycket ställer in sig mot det rådande trycket i dessa gränser enligt ett komplext samband där reaktionstider och anisotropi i den hydrauliska konduktiviteten hos leran påverkar.



Figur 4 Konceptuell modell för portrycksfördelning i en sektion i det södra området.

Exakt hur portrycket ser ut och varierar inom ett område är i princip omöjligt att förutsäga i detalj och skulle kräva mycket omfattande mätningar. Det går dock att komma långt genom att bygga upp en konceptuell modell där de olika hydrauliska gränserna identifieras och rimliga värden antas. I Figur 4, visas ett exempel där en enkel konceptuell modell upprättats baserat på verklig topografi och tillgängliga grundvattennivå- och portrycksmätningar samt älvnivån. I beräkningarna har den

konceptuella modellen justerats med uppmätta och prognostiserade värden som beskrivs noggrannare i kapitel 4.

4. Beräkningsförutsättningar och resultat

4.1 Jordparametrar

De utvärderade jordparametrarna som används i beräkningarna är valda utifrån de härledda värden som redovisas i MUR [1]. Utöver de härledda värden som ses i MUR [1] har även empiriska relationer beaktats vid val av jordparametrar, valda jordparametrar ses i Bilaga 1 samt Tabell 1-5. Empiriska relationer för odränerad skjuvhållfasthet vid direkt skjuvning har utvärderats för leran i de undersökningspunkter där CRS-försök utförts, utvärderingen har skett enligt anvisningar i SGI Information 3, sida 13 [8].

Vid val av odränerad skjuvhållfasthet i respektive sektion har 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 borrhull från närliggande sektioner har beaktats.

Vid val av friktionsvinkel för området där de översta jordlagren består av sand har ett värderande medelvärde valts utifrån utvärderingen av de cpt-sonderingar som utförts.

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

Alla valda jordparametrar som använts i beräkningar redovisas i Bilaga 1 samt i Tabell 1-5 under respektive 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. Valda laster för respektive sektion redovisas under respektive sektionsavschnitt.

4.3 Erforderlig säkerhetsfaktor

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: $F_{Komb} \geq 1,3 - 1,2$

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].

Val av erforderliga säkerhetsfaktorer för respektive sektion i denna utredning presenteras och motiveras senare i kapitlet, i separata avsnitt för varje sektion.

4.4 Beräkningsprogram

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programvaran GeoStudio 2007 - Slope/W version 7.21. 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 Områdesindelning och val av sektioner

Södra delområdet har delats in i flera mindre områden som representeras av olika beräkningssektioner. Läget av dessa redovisas, i plan, tillsammans med resultatet i Bilaga 7. Läget av beräkningssektionerna har valts dels beroende på vart släntgeometrin är som mest ogynnsam, och vart primärskred skulle påverka bostäder och anläggningar, men också utifrån att sektionerna ska vara representativa för hela området. De platser som haft mest ogynnsam geometri har valts från den skannade markmodell som beställdes av Lilla Edets kommun under hösten 2011. Då denna markmodell inte uppfyller kraven på noggrannhet i de områden som har kraftig vegetation, har valda sektioner mätts in med hjälp av terrester mätning och fritt etablerade stationer från GPS.

4.7 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.

4.8 Sektion 32/255

4.8.1 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	$F_{Komb} \geq 1,25$

4.8.2 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	20	-	16,5
Lera 2	Ca +3 till +1	$20 + 2,15 \cdot z_1$	-	16,5
Lera 3	Ca +1 till -9	$20 + 2,15 \cdot z_1$	-	16,2
Lera 4	Ca -9 till -10	$20 + 2,15 \cdot z_1$	-	16,7
Lera 5	Ca -10 till fast botten	$48 + 1,33 \cdot z_2$	-	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 -10

4.8.3 Val av laster

Ett bostadshus närmast släntrönet 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 släntrönet och en genomsnittlig last har därför modellerats.

4.8.4 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.

4.8.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning

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

4.9 Sektion 32/350

4.9.1 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 i närområdet. I sektionen är antalet undersökningar få, släntens geometri är väl kartlagd, det är dock ej portrycken. Konsekvenserna av ett skred är medelstora - stora.

Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/350 valts till:

Odränerad analys	$F_c \geq 1,4$
Kombinerad analys	$F_{Komb} \geq 1,3$

4.9.2 Val av geotekniska parametrar

Valda geotekniska parametrar för sektion 32/350 redovisas i Tabell 2 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 2. Valda materialparametrar för sektion 32/350.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Sand	Ök. markyta till +7	-	36	18/20
Lera 1	Ca +7 till -5	$22 + 1,31 \cdot z_1$	-	16,5
Lera 2	Ca -5 till -10	$22 + 1,31 \cdot z_1$	-	16,2
Lera 3	Ca -10 till fast botten	$22 + 1,31 \cdot z_1$	-	16,7
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16
Bottenmorän	Uk. Lera 3 till berg	-	38	20

$z_1 = 0$ vid nivå +7

4.9.3 Val av laster

En vändplats för en lokalgång (Bankvägen) i sektionen har modellerats med en utbredd trafiklast om 13 kPa.

4.9.4 Val av porvattentryck

Det finns inga portrycksmätningar i denna sektion men mätningar i området generellt visar att porvattentrycket är hydrostatiskt i leran samt att bottenmoränen samt skikt i kontakt med bottenmoränen tydligt dränerar av området. I ytan beror portrycket i huvudsak på markytans geometri och jordmaterialet i närheten av ytan. I denna sektion finns gott om möjligheter för ytavrinning, både mot älven och mot ett dike som korsar sektionen. Jorden i de översta 4 till 5 metrarna domineras av ett genomgående sandlager, vilket underlättar dräneringen av området.

Valda portryck för sektionen redovisas i Bilaga 4.

4.9.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning

I området som beräkningssektionen representerar finns det inga härledda värden av sensitiviteten. Det finns en cpt utförd med registrering av totaltryck som inte tyder på att det skulle vara kvickt, det vill säga att sensitiviteten åtminstone är mindre än 50. En interpolation mellan angränsande områden ger en sensitivitet på cirka 100 (kvickt). En sensitivitet på 50 ger $n = 10$ och en sensitivitet på 100 ger $n = 15$. Därför har n valts till mellan 10 och 15 med tyngdpunkt 15 i den norra delen av området som angränsar till ett område med högre sensitivitet, och med tyngdpunkt på 10 i den södra delen av området som angränsar till ett område med lägre sensitivitet.

4.10 Sektion 32/440

4.10.1 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 i närområdet. I

sektionen är antalet undersökningar få, släntens geometri är väl kartlagd, dock ej portrycken. Risken för människoliv är liten då det inte finns några byggnader i området och vore det inte för det stora ledningsstråket som går i älven och på land skulle området kunna klassas som "annan mark".

Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/440 valts till:

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

4.10.2 Val av geotekniska parametrar

Valda geotekniska parametrar för sektion 32/440 redovisas i Tabell 3 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 3. Valda materialparametrar för sektion 32/440.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Sand	Ök. markyta till +7	-	36	18/20
Lera 1	Ca +7 till -5	$21 + 1,33 \cdot z_1$	-	16,6
Lera 2	Ca -5 till fast botten	$21 + 1,33 \cdot z_1$	-	16,2
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16

$z_1 = 0$ vid nivå +8

4.10.3 Val av laster

Inga byggnader eller vägar finns i eller i direkt närhet till denna sektion.

4.10.4 Val av porvattentryck

Det finns inga portrycksmätningar i denna sektion men mätningar i området generellt visar att porvattentrycket är hydrostatiskt i leran samt att bottenmoränen samt skikt i kontakt med bottenmoränen tydligt dränerar av området. I denna sektion har inte bottenmoränen hittats säkert med de soderingar och provtagningar som gjorts. De friktionsjordar som hittats är antingen på mycket stort djup, och avdräneringen blir därmed irrelevant för stabilitetsberäkningarna, eller i direkt kontakt med markytan. I beräkningarna används därför hydrostatiskt portryck från vald grundvattenyta. Dimensionerande grundvattenyta väljs utifrån noteringar av vattenyta gjord av fältingenjör och höjs med 0,3 meter i analogi med skillnaden för prognostiserad vattenyta och medianvärden av de ytligaste mätningar i området generellt.

Valda portryck för sektionen redovisas i Bilaga 4.

4.10.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning
Endast en Kolv är utförd i området. Denna visar på en maximal sensitivitet på 39 vilket ger $n = 8,5$. I angränsande beräkningssektion norrut finns det en cpt som visar på att det inte är kvickt, i angränsande sektion söderut finns det flera undersökningar som alla visar på en sensitivitet som är lägre än 30.

4.11 Sektion 32/560

4.11.1 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 i sektionen, släntens geometri är väl kartlagd, det är dock ej portrycken. Risken för människoliv är liten då skred inte påverkar några byggnader. Dock finns det ett stort ledningsstråk, delvis i älven och delvis på land.

Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/560 valts till:

Odränerad analys $F_c \geq 1,3$
Kombinerad analys $F_{Komb} \geq 1,2$

4.11.2 Val av geotekniska parametrar
Valda geotekniska parametrar för sektion 32/560 redovisas i Tabell 4 nedan. Utvärderad skjuvhållfasthet samt densitet redovisas mer utförligt i diagramform i Bilaga 1, där det även framgår vilka undersökningar som beaktats vid valet.

Tabell 4. Valda materialparametrar för sektion 32/560.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Lera 1	Ök. markyta/Uk. gyttja till -3	30	-	16,7
Gyttja	Ök. markyta till ca +4	10	-	16,0
Lera 2	Ca -3 till -5	$30 + 1,23 \cdot z_1$	-	16,7
Lera 3	Ca -5 till -16	$30 + 1,23 \cdot z_1$	-	16,2
Lera 4	Ca -16 till fast botten	$46 + 1,0 \cdot z_2$	-	16,2
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16

$z_1 = 0$ vid nivå -3

$z_2 = 0$ vid nivå -16

4.11.3 Val av laster
En lokalväg bakom släntkrönet har modellerats med en utbredd trafiklast om 13 kPa.

4.11.4 Val av porvattentryck

Det finns inga portrycksmätningar gjorda i denna sektion sen området schaktades av, men mätningar i området generellt visar att porvattentrycket är hydrostatiskt i leran och att bottenmoränen samt skikt i kontakt med bottenmoränen tydligt dränerar av området. I denna sektion har inte bottenmoränen hittats säkert med de sonderingar och provtagningar som gjorts. De friktionsjordar som påträffats är antingen på mycket stora djup eller i direkt kontakt med markytan. Avdränningen blir därmed irrelevant för stabilitetsberäkningarna. I beräkningarna används därför hydrostatiskt portryck från vald grundvattenyta. Dimensionerande grundvattenyta väljs utifrån noteringar av vattenyta gjord av fältingenjör och höjs med 0,3 meter i analogi med skillnaden för prognostiserad vattenyta och medianvärden av de yttligaste mätningar i området generellt.

Valda portryck för sektionen redovisas i Bilaga 4.

4.11.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning

Den djupaste glidyten når ner till cirka nivå -3. Över nivå -11 är den största sensitiviteten 21 vilket ger $n = 5$. På större djup finns något högre sensitiviteter. Dessutom finns det cpter gjorda i området visar att det är kvickt mot djupet.

4.12 Sektion 32/660

4.12.1 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 i närområdet, släntens geometri är väl kartlagd, likaså portrycken. Bakom den beräknade sektionen finns ett villaområde vilket innebär risk för människoliv vid ett eventuellt skred.

Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/660 valts till:

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

4.12.2 Val av geotekniska parametrar

Valda geotekniska parametrar för sektion 32/660 redovisas i Tabell 5 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 5. Valda materialparametrar för sektion 32/660.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Fyllnadsmaterial	Ök. markyta till ca +9	-	25	16
Sand	Ca +9 till +6	-	36	18/20
Gyttja	Ök. markyta till ca +4	10	-	16
Lera 1	Uk. Sand/Uk. Gyttja till ca +3	20	-	16,5
Lera 2	Ca +3 till -5	$20 + 1,25 \cdot z_1$	-	16,5
Lera 3	Ca -5 till -15	$20 + 1,25 \cdot z_1$	-	16,0
Lera 4	Ca -15 till fast botten	$20 + 1,25 \cdot z_1$	-	16,7
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16

$z_1 = 0$ vid nivå +3

4.12.3 Val av laster

En lokalväg närmast slänkrönet har modellerats med en utbredd trafiklast om 13 kPa. Väster om lokalvägen finns ett bostadshus med 1,5 våningar utan källare som har modellerats med en last om 15 kPa. I området västerut finns flertalet byggnader, dock bedöms dessa befinna sig så långt bakom slänkrönet och en genomsnittlig last har därför modellerats. Den del av området som ligger närmre slänkrön har modellerats med en last om 10 kPa och den del av området längre ifrån slänkrön har modellerats med en last om 5 kPa.

4.12.4 Val av porvattentryck

I punkt R12046 har det satts 3 portrycksmätare som avlästs 6 gånger under cirka 3 månader. Porvattentrycken i punkt R12046 har valts enligt prognostiserade värden.

I punkt R12044 har det satts 3 portrycksmätare som avlästs 6 gånger under cirka 3 månader. Porvattentrycken i punkt R12044 har valts enligt prognostiserade värden.

I området för denna sektion hittades en äldre mätstation (betecknas "Old") med 3 portrycksmätare. 2 av dessa har kunnat avläsas 6 gånger under cirka 3 månader. Då dessa mätningar är gjorda på gamla portrycksmätare har inte kvalitén och funktionsdugligheten på dess kunnat säkerställas. Mätningarna visar avvikande värden jämfört med de mätare som installerats i närheten. Därför bortses från mätvärdena i dessa portrycksmätare.

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 sektionen i Bilaga 4.

4.12.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning
De djupaste glidytorerna som inte uppnår erforderlig säkerhetsfaktor når ner till nivå cirka -3. I detta område finns det inga härledda sensitiviteter, en interpolering mellan närliggande områden ger dock en sensitivitet på 27 ovanför nivå -3, vilket ger $n = 7$. Det finns cpter gjorda i området som visar på att det är kvickt mot större djup.

4.13 Sektion 32/760

4.13.1 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 i närområdet, släntens geometri är väl kartlagd, likaså portrycken. Ravinen i närheten av slänten visar tydliga tecken på rörelse, dessutom samlas vatten från bakomliggande åkermark i ravinen vilket leder till kraftig erosion. Risken för människoliv är dock liten vid primärsked.

Mot bakgrund av Bilaga 3 har erforderliga säkerhetsfaktorer för sektion 32/760 valts till:

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

4.13.2 Val av geotekniska parametrar
Valda geotekniska parametrar för sektion 32/760 redovisas i Tabell 5 nedan. Utvärderad skjuvhållfasthet samt densitet redovisas mer utförligt i diagramform i Bilaga 1, där det även framgår vilka undersökningar som beaktats vid valet.

Tabell 6. Valda materialparametrar för sektion 32/760.

Jordlager	Nivå/Djup (m)	Odränerad skjuvhållfasthet (kPa + kPa/m)	Friktions vinkel (°)	Tunghet (kN/m ³)
Torrskorpelera	Ök. markyta till ca +10	30	-	18
Lera 1	Ca +10 till +2	22	-	16,5
Lera 2	Ca +2 till +0	22	-	16,0
Lera 3	Ca +0 till -15	$22 + 1,38 \cdot z_1$	-	16,0
Lera 4	Ca -15 till fast botten	$22 + 1,38 \cdot z_1$	-	17,0
Lera Älv	Ca 1 m mäktigt från ök älvbotten	5	-	16

$z_1 = 0$ vid nivå +0

4.13.3 Val av laster

Inga byggnader eller vägar finns i eller i direkt närhet till denna sektion.

4.13.4 Val av porvattentryck

I punkt R12040 har det satts 3 portrycksmätare som avlästs 6 gånger under cirka 3 månader. Mätningarna och prognoserna visar ett hydrostatiskt tryck. Därför väljs portrycket som hydrostatiskt från mätningen på djupet 2,37 meter. Djupet där portrycket är noll har extrapolerats linjärt från det prognostiserade värdet i den ytligaste mätningen på cirka 4 meters djup. Detta val är på säkra sidan.

I punkt 1103A44 finns det 4 portrycksmätare som avlästs 6 gånger under 3 månader. Mätningarna i punkten visar generellt på hydrostatiska porvattentryck. Det finns dock mätningar som visar att portrycket är avvikande högt i de översta 2 mätnivåerna. De avvikande mätningarna är gjorda vid det sista mättillfället, därför har detta mättillfälle inte tillgodoräknats vid val av portryck. Detta gör att det inte går att prognostisera portrycket för de översta 2 nivåerna. För att få fram ett dimensionerande värde på porvattentrycket har därför 0,2 meter vattenpelare adderats till det maximalt uppmätta värdena (sista mätningen undantagen). För de 2 understa nivåerna har prognostiserat portryck valts som dimensionerande.

I punkt 1103A41 har det tidigare satts en portrycksmätare på cirka 6 meters djup och 2 grundvattenrör på 10,23 respektive 15,22 meters djup. Endast portrycksmätaren har avlästs tillräckligt många gånger för att prognostiseras. Portrycksmätaren är avläst 6 gånger under 3 månader, det övre grundvattenröret är avläst 4 gånger under 2 månader och det undre grundvattenröret är avläst 2 gånger under drygt 2 veckor. Portrycksmätare visar på ett hydrostatiskt portryck från djupet 0,37 m (prognostiserat värde). Det övre grundvattenröret visar på orimligt låga värden och därför bortses från denna mätserie. Det undre grundvattenröret bedöms sitta i bottenmoränen och visar, som i övriga området, att bottenmoränen kraftigt dränerar av området. Portrycket i det djupaste grundvattenröret har valts till det maximalt uppmätta i grundvattenröret adderat till differensen mellan maximalt uppmätt och prognostiserat värde för portrycksmätaren.

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 i sektioner i Bilaga 4.

4.13.5 Bedömning av bakåtgripande skreds utbredning

Den djupaste glidyta som inte klarar erforderlig säkerhetsfaktor når ner till cirka nivå -18. I området för denna glidyta visar en kolv på en maximal sensitivitet på 34, dock visar utförda cpter på att det är kvickt inom djupet för glidyta. Kolvar längre upp i slänten visar på en sensitivitet på mellan 40 och 131, därför sätts $n = 15$.

4.14 Resultat

Som det går att se i Tabell 7 klarar ingen av de beräknade sektionerna de erforderliga säkerhetsfaktorerna för skred.

Tabell 7. Beräknade och erforderliga säkerhetsfaktorer mot skred.

Sektion	F_c	F_{komb}	Krav F_c	Krav F_{komb}
Sektion 32/255	1,25	1,16	1,35	1,25
Sektion 32/350	1,09	1,02	1,4	1,3
Sektion 32/440	1,06	1,02	1,35	1,25
Sektion 32/560	1,56	1,13	1,3	1,2
Sektion 32/660	1,47	1,15	1,35	1,25
Sektion 32/760	1,05	0,94	1,35	1,25

Beräkningar och bedömningar angående utbredning av bakåtgripande skred visar att den största utbredningen sker i den norra och den södra delen av delområdet. Detta beror till stor del på att de beräknade glidyterna i mittendelen av området inte är lika djupa som i norr och söder. Därmed når de inte ner till de kvicka lerorna i området. Att de beräknade glidyterna utvecklas på en högre nivå, ger tillsammans med en gynnsammare sensitivitet, stort utslag på resultatet. Resultatet från beräkningar och bedömningar om utbredningsområdet för bakåtgripande skred redovisas i Bilaga 7.

5. Slutsatser och rekommendationer

I det aktuella delområdet klarar ingen av de beräknade sektionerna de krav som ställs på säkerhetsfaktorerna. Då framförallt den norra delen av delområdet är i direkt anslutning till farleden genom slussen i Lilla Edet ses inte en utfyllnad i älven som en lösning.

Tidigare stabilitetsutredning av Tyréns [2] nämner bland annat att en lösning med en kalkcementpelarförstärkt slänt bör utredas för sektion 32/255. Beräkningar utförda med K/C- pelare i skivor visar att det är möjligt att förstärka slänten med en kombination av avschaktning närmast älven, och en installation av K/C-pelare närmast fastigheterna, se Bilaga 9. Den mängd K/C-pelare som behövs för en förstärkning som uppnår erforderligt säkerhetsfaktor bedöms kosta cirka 8 miljoner kronor. Vidare ska man beakta att installation av K/C-pelare temporärt höjer porvattentrycket i närheten av den installerade pelaren. Detta leder (temporärt) till en lägre dränerad säkerhet vilket kan orsaka potentiella skred.

För att uppnå erforderliga säkerhetsfaktorer mot skred föreslås avschaktning i varierande grad i hela delområdet. Denna visas i plan i Bilaga 8 och i sektioner i Bilaga 5.

Två fastigheter öster om Bankvägen skulle behöva lösas in och rivas till följd av åtgärden. Alternativt kan beräkningar med anisotropi och 3-dimensionella effekter kunna minimera avschaktningen och då troligtvis rädda byggnaderna. För beräkningar med anisotropi krävs dock att triaxialförsök har utförts. Triaxialförsök har inte utförts då det med utgångspunkt i Tyréns rapport [2], tidigare inte funnits någon anledning att göra det. Därför föreslås att det görs en kompletterande utredning, som ett alternativ till inlösen, för området kring sektion 32/255 och 32/350. I övrigt föreslås en avschaktning enligt bilagorna 5 och 8.

Innan denna handlings färdigställande har en kompletterande utredning gällande området runt sektion 32/255 och 32/350 beställts av kommunen. Denna utredning redovisad i kompletterande MUR och PM Geoteknik, märkt med samma uppdragsnummer men med senare datum.

Tabell 8. Beräknade och erforderliga säkerhetsfaktorer mot skred, efter stabilitetshöjande åtgärder.

Sektion	F_c	F_{komb}	Krav F_c	Krav F_{komb}
Sektion 32/255	1,53	1,25	1,35	1,25
Sektion 32/350	1,46	1,38	1,4	1,3
Sektion 32/440	1,35	1,30	1,35	1,25
Sektion 32/560	1,66	1,36	1,3	1,2
Sektion 32/660	1,46	1,44	1,35	1,25
Sektion 32/760	1,42	1,37	1,35	1,25

Det bör poängteras att i flera av de beräknade sektionerna finns det utrymme att optimera åtgärderna. Ju mer åtgärderna optimeras ju mer begränsas dock framtida bruk av området. Innan en detaljerad projektering och optimering av åtgärdsförslag samt kostnadsberäkningar genomförs bör en uppdatering göras av den markmodell som finns tillgänglig idag. De noggranna inmätningar som gjorts för de enskilda sektionerna visar på att höjdkurvorna är inaktuella, vilket försvårar tolkningen av utbredningen av åtgärdsförslagen i plan.

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/sädd ske utan dröjsmål.

Erosionsskyddet längs älven bör inspekteras då ett bristfälligt erosionsskydd kraftigt kan påverka släntens geometri. Dels bör erosionsskyddets nivåer kontrolleras mot de ursprungliga nivåerna. Detta kan göras med hjälp av de inmätningar som gjorts till detta projekt om de kompletteras med en inmätning av skyddets överkant. Då, oss veterligen, skyddet inte inspekterats under vattenytan

bör detta göras av dykare som noterar eventuella håligheter och avvikelser. Efter grundlig inventering av erosionsskyddet genomförts och bristerna åtgärdats bör erosionsskyddet inspekteras regelbundet. Lämpligt tidsintervall kan vara att skyddet inspekteras visuellt ovan grundvattenytan en gång om året och en mer grundläggande inspektion görs var 5:e år. Bristfälligt erosionsskydd bör åtgärdas 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.

Under utredningens gång har flertalet portrycksmätare installerats, dessa finns kvar i området. Det skulle vara mycket fördelaktigt för eventuella framtida utredningar med långtidsmätningar av portrycket i området. Därför rekommenderas det att de satta mätarna läses av minst en gång i månaden.