

Tingberget 4:147

Lödöse, Lilla Edets kommun
Fördjupad släntstabilitetsutredning

Projekterings-PM/Geoteknik



Uppdragsansvarig: Henrik Lundström

Handläggare: David Palmquist, Frida Lundin

Granskning: Henrik Lundström

Uppdragsnr. 20041

Datum 2021-07-02

Revision

Innehåll

1	Uppdrag	3
2	Syfte.....	3
3	Underlag	3
4	Styrande dokument.....	3
5	Befintliga förhållanden.....	4
5.1	Mark, vegetation och topografi	4
5.2	Geotekniska förhållanden.....	4
5.3	Geohydrologiska förhållanden.....	7
6	Släntstabilitet.....	7
6.1	Allmänt.....	7
6.2	Valda parametrar	8
6.3	Beräkningar, befintliga förhållanden	9
6.4	Resultat, befintliga förhållanden	10
6.5	Primär- och sekundärskred	10
6.6	Beräkningar, stabilitetsförbättrande åtgärder.....	10
6.7	Schakt/fyllningsmassor	11
6.8	Resultat, stabilitetsförbättrande åtgärder.....	12
7	Erosion.....	12
8	Kompletterande undersökningar	12

Bilagor

Bilaga 1:1	Undersökningsområde och beräkningssektioner
Bilaga 2:1-2:5	Jordlagerparametrar
Bilaga 3:1	Områdesindelning, skjuvhållfasthet
Bilaga 4:1-4:6	Skjuvhållfasthetssammanställningar
Bilaga 5:1-5:4	Konsolideringsdiagram
Bilaga 6:1	Resistivitet
Bilaga 7:1-7:4	Portrycksprofiler
Bilaga 8:1-8:19	Släntstabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden
Bilaga 9:1-9:9	Släntstabilitetsberäkningar, åtgärdsförslag
Bilaga 10:1-10:4	Erosionskartering, foton

Ritningar

G-50-1-001	Primär- och sekundärskred	2021-07-02
G-50-1-002	Åtgärdsplan	2021-07-02

1 Uppdrag

På uppdrag av Lilla Edets kommun, med SGI som medfinansiärer, har Bohusgeo AB utfört en geoteknisk undersökning och släntstabilitetsutredning för en delsträcka av Gårdaån i Lödöse, Lilla Edets kommun.

2 Syfte

Syftet med undersökningen och utredningen är att uppnå fördjupad utredningsnivå enligt IEG Rapport 4:2010 och att redovisa befintlig släntstabilitet och översiktligt ge förslag till möjliga stabilitetsförbättrande åtgärder för slänter mot Gårdaån.

3 Underlag

Underlaget för de i denna PM redovisade utvärderingarna utgörs av:

- fält- och laboratoriearbeten utförda av oss för projektet, samt äldre relevanta undersökningar. Resultaten finns redovisade i en MUR 2021-05-24 (uppdragsnr. 20041).
- utvalda delar ur följande handlingar:
 - Delegationen för Göta älv 2020, DGA00XST01 Riktlinjer för tekniskt arbete, Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2020-09-10.
 - Delegationen för Göta Älv 2019, DGA00XST02 Riktlinjer för dokumenthantering, Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2019-11-05.
 - Helen Åhnberg m.fl. GÄU delrapport 32, Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv, Statens geotekniska institut, Linköping, 2011

4 Styrande dokument

Utredningen har utförts i enlighet med tillämpliga delar i dokument förtecknade i Tabell 1.

Tabell 1, Styrdokument

Typ av utredning	Styrande dokument
Alla utredningar	SS-EN 1997-1, SS-EN 1997-2 IEG Rapport 2:2008, rev 3 IEG Rapport 4:2008, rev 1
Släntstabilitet	Skredkommissionens rapport 3:95 IEG Rapport 4:2010 TKGeo
Slänter och bankar	IEG Rapport 6:2008, rev 1

5 Befintliga förhållanden

5.1 Mark, vegetation och topografi

Det undersökta området utgörs av en delsträcka av Gårdaån i Lödöse, se undersökningsområde på plan i bilaga 1. Gårdaån är ett biflöde till Göta Älv och mynnar ut i älven ungefär vid längdmätning 44/600.

Undersökningsområdet avgränsas av Göteborgsvägen i väster och bergspartier i öster. Inom området finns befintlig bebyggelse och befintliga verksamheter med bland annat skolbyggnader på åns södra sida och villabebyggelse samt Sankt Peders kyrka med tillhörande kyrkogård på norra sidan av ån.

Topografi, mark- och jordlagerförhållanden varierar stort inom undersökningsområdet och förhållandena beskrivs därför separat för områdets östra och västra del, där S:t Peders väg utgör gränsen mellan delområdena.

5.1.1 Västra delområdet

Marken inom området är relativt plan, förutom vid slänterna mot ån. Markytan varierar mellan ca +1.5 och ca +4.5 och bottenivån i ån ligger som djupast på ca -0.5. De södra slänterna mot Gårdaån har en lutning på mellan ca 1:2 och ca 1:4 och på den norra sidan varierar slänternas lutning mellan ca 1:2 och ca 1:10.

5.1.2 Östra delområdet

Slänterna mot ån är bitvis branta med lutningar mellan ca 1:2 och ca 1:3. Lokalt förekommer brantare partier med lutning ca 1:1. Markytan varierar i huvudsak mellan ca +2 och ca +10 och åns bottenivå ligger som djupast på ca +1.

Berg i dagen förekommer på båda sidor om ån i områdets östra del, se markering på ritning G-10-1-001 i MUR 2021-05-24.

5.2 Geotekniska förhållanden

5.2.1 Västra delområdet

Det totala sonderingsdjupet varierar mellan ca 13 och ca 31 m. Jordlagren bedöms, från markytan räknat, i huvudsak utgöras av:

- fast ytlager
- lera
- friktionsjord vilande på berg

Det fasta ytlagret utgörs i huvudsak av fyllningar av humushaltig **silt**, men även **sand** och **torrskorpelera** förekommer. Silten är delvis humushaltig och har delvis torrskorpekaraktär och sanden är bitvis grusig. Tegelrester förekommer i fyllningen. Tjockleken på ytlagret varierar mellan ca 1.5 och ca 2.5 m. Vattenkvoten varierar kraftigt mellan ca 5 och ca 35 %. Silten är mycket tjällyftande och starkt flytbenägen.

Leran är delvis siltig och påträffas till mellan ca 12 och ca 26 m djup under markytan. Mäktigheten är störst inom områdets centrala del. I flertalet sonderingar påträffas ett friktionsjordslager mitt i lerlagret.

Friktionsjordslagret saknas runt Göteborgsvägen, men bedöms i övrigt vara ca 1 m tjockt och påträffas på djup mellan ca 7 och ca 11 m. Vattenkvoten i leran har i huvudsak uppmätts till mellan ca 40 och ca 90 %. Konflytgränsen har uppmätts till mellan ca 45 och ca 80 %.

Skjuvhållfastheten har i fält bestämts genom vingförsök och CPT-sonderingar och på laboratorium genom konförsök och direkta skjuvförsök. Dessutom har en empirisk utvärdering med ledning av utförda CRS-försök utförts. Sammanställningar av härledda skjuvhållfastheter redovisas i bilaga 4. Sammanställningarna är uppdelade i totalt 4 olika områden på grund av kraftig spridning i erhållna värden, se områdesindelning i bilaga 3. För det västra delområdet redovisas två olika sammanställningar och val.

Skjuvhållfastheten är korrigerad för konflytgräns och överkonsolideringsgrad (OCR). Den korrigerade skjuvhållfastheten uppgår till mellan ca 10 och 15 kPa närmast under det fasta ytlagret och ökar till mellan ca 30 och ca 40 kPa i lerans nedre del.

Sensitiviteten har uppmätts i laboratorium på tagna ostörda prover, se sammanställning i bilaga 2. Dessutom har resistivitetmätningar utförts vid Cpt-sonderingarna. Sensitiviteten varierar i huvudsak mellan ca 10 och ca 40. I enstaka prover har högre värden upp mot 60 erhållits. Leran bedöms vara mellan- till högsensitiv och i enstaka prover kvick.

Resistivitetmätningarna redovisas för hela undersökningsområdet, se avsnitt 5.2.3 nedan.

För att undersöka lerans sättningsegenskaper har kompressionsförsök typ CRS utförts. I bilaga 5 redovisas lerans konsolideringsförhållanden i punkt 20BH04 och 20BH19. Leran bedöms i huvudsak vara normalkonsoliderad. I punkt 20BH19 indikerar försök och empiri att leran är något överkonsoliderad i den undre delen.

Friktionsjorden under leran har inte undersökts närmare. Sonderingarna har generellt trängt ner ca 5 m och stoppat i den fast lagrade friktionsjorden utan att stopp mot sten, block eller berg erhållits. Skillnad mellan största och minsta nedträngning är dock stor; ca 7 m respektive ca 0.5 m.

5.2.2 Östra delområdet

Det totala sonderingsdjupet varierar mellan ca 0.5 och ca 21 m. Jorddjupet är som störst i den västra delen mot S:t Peders väg och minskar mot öst.

Jordlagren bedöms, från markytan räknat, i huvudsak utgöras av:

- fast ytlager
- lera (saknas delvis)
- friktionsjord vilande på berg

Det fasta ytlagret utgörs i huvudsak av fyllningar av **sand** och av **silt**, men även grus, humusjord och tegelrester har påträffats. Sanden är i regel grusig och siltig. Tjockleken varierar mellan ca 2.5 och ca 3 m. Vattenkvoten varierar kraftigt mellan ca 5 och ca 165 %, där de högre värdena är

uppmätta i prov med organiskt innehåll. Observera att silten är mycket tjällyftande och starkt flytbenägen.

Leran är delvis siltig och påträffas till mellan ca 5 och ca 21 m djup under markytan. Mäktigheten är som störst inom områdets västra del och minskar mot områdets östra del där leran saknas i ett flertal undersökningspunkter. Friktionsjordlager förekommer inne i lerlagret i flera sonderingar och bedöms ha en tjocklek på mellan ca 0.5 och ca 2.5 m och påträffas på djup mellan ca 4 och ca 8 m. Vattenkvoten i leran har i huvudsak uppmätts till mellan ca 30 och ca 80 %. Konflytgränsen har uppmätts till mellan ca 35 och ca 70 %.

Skjuvhållfastheten har i fält bestämts genom vingförsök och CPT-sonderingar och på laboratorium genom konförsök och direkta skjuvförsök. Dessutom har en empirisk utvärdering med ledning av utförda CRS-försök utförts. Sammanställningar av härledda skjuvhållfastheter redovisas i bilaga 4. För det östra delområdet redovisas två olika sammanställningar och val, se områdesindelning i bilaga 3. Skjuvhållfastheten är korrigerad för konflytgräns och överkonsolideringsgrad (OCR). Den korrigerade skjuvhållfastheten uppgår till mellan ca 15 och 25 kPa närmast under det fasta ytlagret och ökar till mellan ca 30 och ca 35 kPa i lerans nedre del.

Sensitiviteten har uppmätts i laboratorium på tagna ostörda prover, se sammanställning i bilaga 2. Dessutom har resistivitetsmätningar utförts vid Cpt-sonderingarna. Sensitiviteten varierar mellan ca 25 och ca 200. Leran bedöms vara mellan- till högsensitiv och i undersökningspunkt 20BH22 är leran kvick på nivåer under ca -2. Resistivitetsmätningarna redovisas för hela undersökningsområdet, se avsnitt 5.2.3 nedan.

För att undersöka lerans sättningsegenskaper har kompressionsförsök typ CRS utförts. I bilaga 5 redovisas lerans konsolideringsförhållanden i punkt 20BH05 och 20BH22. Leran bedöms i huvudsak vara normalkonsoliderad. I punkt 20BH05 indikerar försök och empiri att leran är något överkonsoliderad i den centrala och undre delen av lerprofilen.

Friktionsjorden under leran har inte undersökts närmare. Sonderingarna har trängt ner mellan ca 0.5 och ca 3 m och i regel stoppat i den fast lagrade friktionsjorden utan att stopp mot sten, block eller berg erhållits.

5.2.3 Resistivitet

En sammanställning av samtliga resistivitetsmätningar, redovisas i bilaga 6. Mätningarna är utförda med CPTu-R. Erhållen resistivitet varierar mellan ca 0.7 och ca 550 Ω m. De högsta erhållna värdena bedöms vara registrerade i friktionsjord utan saltinnehåll. Tumregler från tidigare studier gör gällande att förutsättningar för kvicklera kan finnas när resistiviteten överstiger ca 5 Ω m. Jämförelser mellan bedömd kvicklera i rutinundersökningen och motsvarande resistivitetsmätning i detta projekt visar att kvicklera förekommer för resistiviteter över ca 6 Ω m. Resistivitetssammanställningen visar att risken för kvicklereförekomst ökar för minskande lermäktigheter och att resistiviteten är som högst i den övre och undre delen av jordprofilen

samt runt friktionsjordslagret, vilket bedöms överensstämma med gängse teorier om urlakning av marin lera vid bildning av kvicklera.

5.3 Geohydrologiska förhållanden

Portrycksnivån i lerprofilen har uppmätts i 4 punkter (2-3 spetsar/punkt). Mätningar påbörjades i augusti 2020 och pågår fortfarande vid upprättandet av detta PM. Avläsning utförs med logger var fjärde timme. De uppmätta trycknivåerna redovisas i MUR 2021-05-24. Portrycksprofiler för mätningarna i respektive punkt redovisas i bilaga 7. Variationsbredden i mätserierna ligger på mellan ca 0.5 och ca 1 m.

Den övre grundvattennivån (0-portrycksnivån) bedöms i områdets lägre belägna delar variera mellan att vara belägen i markytan och ca 1 m under markytan. I de mer höglänta delarna bedöms den vara belägen mellan ca 1.5 och ca 3.5 m under markytan. Grundvattenytan ligger djupast i de mätningar som är utförda i den östra delen av området.

I slänten mot kyrkan i områdets nordöstra del (område 3 i bilaga 3) är portrycksfördelningen i stort sett hydrostatisk från den övre grundvattenytan mot djupet, vilket innebär en ökning med ca 10 kPa/m. I övriga delar av området uppvisar mätningarna en ökning mot djupet som är större än en hydrostatisk fördelning och trycknivån i lerans underkant motsvarar en grundvattenyta som ligger ca 2 m över den övre grundvattenytan. Detta innebär att trycket i lerans underkant är artesiskt inom större delen av det västra delområdet. Även i det beskrivna friktionsjordslagret i leran visar mätningarna att trycket motsvarar en grundvattenyta som ligger högre än den övre grundvattenytan. Jämfört med en hydrostatisk fördelning ger det ett övertryck på ca 7-10 kPa i friktionsjordslagret.

Trycknivån i lerans underkant varierar mellan ca +3 och ca +4 vid kyrkan och i övriga delar varierar den mellan ca +4 och ca +5.

6 Släntstabilitet

6.1 Allmänt

Släntstabiliteten har beräknats i 6 sektioner, se placering i bilaga 1. I fyra av sektionerna har beräkningar utförts på båda sidor om ån. Vid val av beräkningssektioner har samtliga undersökningssektioners geometrier och jordlagerförhållanden beaktats. Sektionerna är även valda så att beräkningarna ska ge en god bild av släntstabiliteten inom hela undersökningsområdet.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med datorprogrammet Geo Studio 2018. Beräkningarna har utförts med cirkulär-cylindriska glidytor med odränerad (c) och kombinerad analys (komb). Beräkningarna är utförda med totalsäkerhetsmetoden, dels för befintliga förhållanden och dels för stabilitetsförbättrande åtgärder.

Den utförda undersökningen bedöms motsvara fördjupad nivå enligt IEG R4:2010.

Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010 framgår av Tabell 2.

Tabell 2, Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010

Utredningsnivå	F_c	F_{komb}	F_ϕ
Fördjupad utredning, befintlig bebyggelse	$\geq 1.4-1.3$	$\geq 1.3-1.2$	≥ 1.3
Fördjupad utredning, nyexploatering	$\geq 1.5-1.4$	$\geq 1.4-1.3$	≥ 1.3

Valda erforderliga säkerhetsfaktorer redovisas i Tabell 3. Eftersom leran delvis är kvick väljs erforderliga säkerhetsfaktorer i den övre delen av intervallet.

Tabell 3, Valda erforderliga säkerhetsfaktorer

Utredningsnivå	F_c	F_{komb}	F_ϕ
Fördjupad utredning, befintlig bebyggelse	≥ 1.35	≥ 1.25	≥ 1.3
Fördjupad utredning, nyexploatering	≥ 1.45	≥ 1.35	≥ 1.3

6.2 Valda parametrar

6.2.1 Tunghet

Val av tunghet redovisas tillsammans med sammanställningar av jordlagerparametrar i bilaga 2. Två olika val av tungheten har gjorts: ett för östra och ett för västra delområdet.

6.2.2 Skjuvhållfasthet och friktionsvinkel

Sammanställningar med valda skjuvhållfastheter redovisas i bilaga 4. Då tydliga variationer i skjuvhållfastheten har iakttagits inom olika delar av det undersökta området, har en uppdelning gjorts i fyra olika delområden, där erhållna skjuvhållfastheter inom respektive delområde bedöms vara likartade. Områdesindelningen redovisas i bilaga 3.

Det fasta ytlager som överlagrar leran består i huvudsak av sand och silt. Med stöd av sammanställningen av friktionsvinklar i bilaga 4 tillsammans med erfarenhetsvärden för silt och sand har en friktionsvinkel på 32° valts för beräkningarna. För friktionsjordslagret i leran och för friktionslagret under leran har en friktionsvinkel på 34° valts.

6.2.3 Portryck

Vid beräkningarna för befintliga förhållanden har högsta uppmätta portryck valts, se portrycksprofiler i bilaga 7. Åtgärdsförslag är dimensionerade för ett förhöjt dimensionerande portryck. För valet av dimensionerande portryck har halva den uppmätta variationsbredden adderats till högsta uppmätta portryck. Val av dimensionerande portryck för beräkningarna av släntstabilitetsförbättrande åtgärder redovisas i portrycksprofilerna.

6.2.4 Ytvattenstånd

Gårdaåns vattennivåer bedöms delvis påverkas av vattennivåerna i Göta Älv, särskilt i undersökningsområdets västra del. Dimensionerande vattenstånd för Göta älv har erhållits från dokument DGA00XST01, se kapitel 3. En interpolation mellan sänkningshöjden vid slussen i Lilla Edet och lägsta lågvatten i Älvängen har gjorts enligt riktlinjerna i dokumentet, vilket ger ett lägsta lågvatten i Göta Älv vid Lödöse på ca -0.3.

Vid lägsta lågvatten i Göta Älv bedöms enbart sektion A påverkas av älvens vattennivå eftersom det är den enda av beräkningssektionerna som har en bottennivå under -0.3. I övriga sektioner har ån bedömts kunna bli torrlagd.

6.2.5 Laster

Vid beräkningarna har en trafiklast på 20 kPa valts för vägarna längs ån, i enlighet med Trafikverkets föreskrifter. Vid beräkningar med kombinerad analys betraktas trafiklasten på vägarna som kortvarig och har satts till 0 kPa. På parkeringsytor, GC-vägar och på kyrkogården har utbredda laster på 5 kPa använts.

Vilka grundläggningsmetoder som använts för byggnaderna inom området är inte känt. Samtliga byggnader som medräknats i beräkningssektionerna är enplanshus och en generell byggnadslast på 10 kPa har därför valts i beräkningarna.

6.3 Beräkningar, befintliga förhållanden

Beräknade säkerhetsfaktorer för befintliga förhållanden och högsta uppmätta portryck redovisas i Tabell 4. Tillhörande beräkningssektioner redovisas i bilaga 8.

Tabell 4. Beräknade säkerhetsfaktorer, befintliga förhållanden

Sektion\Analys	F _c	F _{komb}	F _φ
Sektion A, södra sidan	1.14	1.07	
Sektion A, norra sidan	1.40	1.00	
Sektion B, södra sidan	1.42	1.15	
Sektion B, norra sidan	1.10	0.86	
Sektion D, södra sidan	1.02	0.98	
Sektion D, norra sidan	1.95	1.15	
Sektion F, södra sidan	1.13	1.24	
Sektion G, södra sidan	-	-	1.19

Sektion G, norra sidan	1.16	1.18	
Sektion H, norra sidan	-	-	0.93

6.4 Resultat, befintliga förhållanden

Släntstabiliteten bedöms vara otillfredsställande för befintliga förhållanden i samtliga beräknade sektioner. Lägst säkerhetsfaktorer har erhållits i sektion A, B och D, där flera beräkningar ger säkerhetsfaktorer under 1.0. På norra sidan i sektion A och D är det enbart kombinerad analys som ger otillfredsställande säkerhetsfaktorer.

För att släntstabiliteten ska bli tillfredsställande mot ån krävs att släntstabilitetsförbättrande åtgärder utförs. Beräkningar har därför utförts i 5 sektioner för att utreda lämpliga åtgärder. Åtgärdsutredningen redovisas nedan.

I områdets östra del i anslutning till områden med berg i dagen bedöms släntstabiliteten vara tillfredsställande eftersom påträffat jordlager är tunt och består av friktionsjord. Detta gäller områden runt undersökningspunkter 20BH25-20BH27 samt 20BH09-20BH12.

6.5 Primär- och sekundärskred

Det område som bedöms kunna påverkas av eventuella skred under befintliga förhållanden redovisas med hjälp av primär- och sekundärskredslinjer på ritning G50-1-001. Linjerna för primärskred redovisar gränsen för påverkansområdet av beräknade kritiska glidytor, dvs gränsen för de glidytor som har lägst beräknad säkerhet. Sekundärskredslinjen visar påverkansområdet för glidytor med otillfredsställande stabilitet. Inom området där släntstabiliteten är otillfredsställande förekommer bland annat gatumark, byggnader, kyrkogård och infrastruktur som VA-ledningar mm.

Risken för bakåtgripande skred har analyserats med hänsyn till förekommande jordarter samt uppmätt sensitivitet. Påverkansområdet för bakåtgripande skred bedöms innefattas inom området för sekundärskredslinjen.

6.6 Beräkningar, stabilitetsförbättrande åtgärder

För att förstärka slänterna så att tillfredsställande stabilitet uppnås för befintlig bebyggelse redovisas förslag på möjliga åtgärder i form av avschaktningar, tryckbankar och lättfyllningar. Åtgärderna har översiktligt beräknats i fyra utvalda sektioner, se beräkningssektioner i bilaga 9.

Mot Göteborgsvägen i västra delen och vid området vid kyrkan bedöms ytterligare undersökningar krävas för att åtgärder ska kunna utredas på ett tillfredsställande sätt. Motivet till detta beskrivs nedan.

I sektion A visar beräkningarna att glidytor med otillfredsställande stabilitet påverkar Göteborgsvägens hela vägbanan. Släntstabiliteten kan sannolikt förbättras med hjälp av avschaktningar och lättfyllningar inom vägområdet, men då inga hållfasthetsbestämningar utförts i vägen föreslår vi att

undersökningarna kompletteras innan åtgärder utreds. För att försöka minimera åtgärdernas påverkan på vägområdet föreslås även att lerans anisotropa egenskaper utreds med kompletterande provtagningar och triaxial-försök. En utredning av anisotropin skulle även kunna gynna övriga delar av området.

Vid slänterna mot kyrkan i undersökningsområdets nordöstra del visar beräkningarna att glidytor med otillfredsställande stabilitet påverkar ett relativt stort område som både innefattar delar av kyrkogården och kyrkbyggnaden. Undersökningar har dock inte utförts inom kyrkogården; nuvarande undersökningar är utförda längs den lokala vägen mellan ån och kyrkan. Möjligheterna att utföra åtgärder mellan ån och kyrkogården bedöms vara kraftigt begränsade, särskilt runt sektion H och vi förslår därför att kompletterande undersökningar utförs för att utreda lerans utbredning och mäktighet inom kyrkans område. Vi föreslår också att lerans anisotropa egenskaper utreds även inom denna del av undersökningsområdet.

Eftersom underlaget bedöms som för litet för att kunna göra en översiktlig bedömning av möjliga förstärkningsåtgärder vid Göteborgsvägen och kyrkan har inte åtgärder beräknats och redovisats inom dessa delar i detta skede. I Tabell 5 redovisas beräknade säkerhetsfaktorer för stabilitetsförbättrande åtgärder dimensionerade för förhöjda portryck inom övriga delar av området.

Tabell 5. Beräknade säkerhetsfaktorer för åtgärder

Sektion\Analys	F_c	F_{komb}	F_ϕ
Sektion A, norra sidan	1.59	1.26	
Sektion B, södra sidan	1.39	1.27	
Sektion D, norra sidan	1.93	1.26	
Sektion F, södra sidan	1.35	1.38	1.32
Sektion G, södra sidan	-	-	1.32

En schematisk redovisning av utbredningen i plan för de olika åtgärderna visas på ritning G-50-1-002. En uppskattning av mängderna för de olika åtgärderna redovisas i kapitel 6.7 nedan. Angivna mängder är exklusive eventuella åtgärder vid kyrkan och vid Göteborgsvägen.

6.7 Schakt/fyllningsmassor

Tabell 6, Översiktlig uppskattning av mängder för redovisade åtgärder

Sektion\Analys	Mängd* [m ³]
Schakt	2050
Fyllning	125
Lättfyllning	1300

* Mängden är bedömd från de översiktligt beräknade sektionerna. Mängden kan skilja sig från mängdberäkningar vid detaljerad projektering av åtgärderna.

6.8 Resultat, stabilitetsförbättrande åtgärder

Beräknade kritiska glidytor uppfyller kraven för erforderlig säkerhetsfaktor för befintlig bebyggelse om föreslagna åtgärder utförs. I flera av de beräknade sektionerna kan möjlighet finnas till alternativa åtgärder om särskild hänsyn behöver tas, t.ex. för känslig natur eller liknande. Utbredningen av åtgärderna har bedömts översiktligt och ytterligare beräkningar för att detaljstudera åtgärderna bör utföras inför detaljprojektering.

7 Erosion

Erosionen i Gårdaån bedöms vara måttlig. Längs delar av sträckan förekommer sten i strandlinjen och utöver det verkar den kraftiga växtligheten längs vattendraget som ett naturligt erosionskydd, se foton i bilaga 10. Sammantaget bedömer vi att ytterligare erosionskyddande åtgärder inte behöver utföras inom undersökningsområdet under befintliga förhållanden.

Utförs stabilitetsförbättrande åtgärder i direkt anslutning till ån kan erosionskydd av åtgärden komma att krävas.

8 Kompletterande undersökningar

Mot kyrkan och mot Göteborgsvägen bedöms ytterligare undersökningar krävas för att stabilitetsförbättrande åtgärder ska kunna utredas. Dessutom rekommenderar vi att ytterligare undersökningar utförs så att lerans anisotropa egenskaper kan bestämmas för att minimera åtgärderna.

Vi rekommenderar även att utredningsområdet utökas till att innefatta området mellan Göteborgsvägen och Göta Älv eftersom det med nuvarande underlag inte kan påvisas att släntstabiliteten är tillfredsställande där. Inom det utökade området finns infrastruktur i form av väg, järnväg och VA-anläggningar. Dessutom planeras ytterligare VA-arbeten både i det utökade området och inom områden där nuvarande utredning redovisar otillfredsställande släntstabilitet. Innan dessa arbeten utförs bör förhållanden och eventuella åtgärder klarläggas ytterligare.