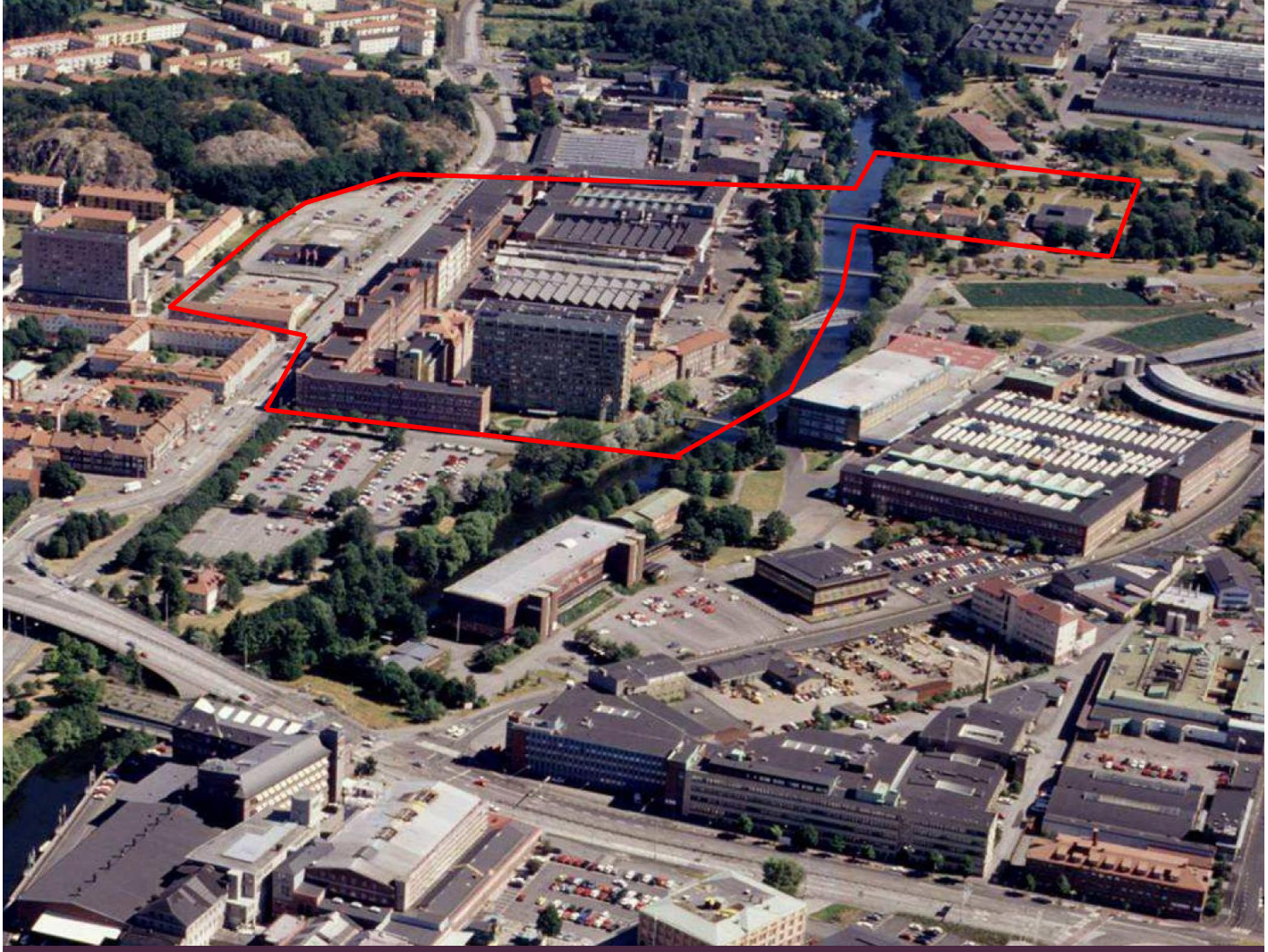


TK PROJEKT AB / JM AB

DETALJPLAN NYA KULAN

Fördjupad stabilitetsutredning

TEKNISK PM, GEOTEKNIK

Göteborg 2011-04-21, Rev A 2011-06-29, Rev B 2011-09-20, Rev C 2016-03-18, Rev D 2016-05-27

WSP Samhällsbyggnad
Avd. Geoteknik, Göteborg

Lars Hall

Lars Hall

Uppdragsansvarig:	Lars Hall (LHL)
Handläggare, geoteknik:	Lars Hall och Johan Bengtsson (JBN)
Handläggare, bergteknik	Magnus Lundgren (ML)
Redovisning:	Anita Arfvidson (AA)
Granskning:	Bo Andréasson
Uppdragsnummer:	10138615
Dokumentbeteckning:	PM-001
Revidering:	D

WSP Samhällsbyggnad
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Rullagergatan 4
Tel: +46 31 727 25 00
Fax: +46 31 727 25 01
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida nr

1 TILLHÖRANDE PM GEOTEKNIK 4
2 ORIENTERING 4
3 PLANERAD BEBYGGELSE OCH VERKSAMHET 4
4 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR 5
5 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN 5
5.1 Topografi 5
5.2 Jordlagerföljd 6
5.3 Lerans egenskaper 7
5.4 Bergförhållanden 10
5.5 Geohydrologiska förhållanden 10
5.6 Stabilitetsförhållanden 11
5.7 Sättningsförhållanden 14
5.8 Grundläggning av befintliga anläggningar 15
5.9 Markmiljöförhållanden 16
6 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER 17
6.1 Allmänt 17
6.2 Mark 17
6.3 Grundläggning av byggnader 19
6.4 Grundläggning av ny bro över Säveån 19
6.5 Grundläggning av vägar 20
6.6 Schaktningsarbeten 20
6.7 Pålningsarbeten 21
6.8 Omgivningspåverkan 21
6.9 Arbetsordning 22
7 PRELIMINÄRT UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING 22
7.1 Allmänt 22
7.2 Dimensionerade jordmodell 22
8 REFERENSER 23

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

Bilaga

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter.....A1
Fotografier från utredningsområdet.....B1
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)....B2:1
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E).....B2:2
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G).....B2:3
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H).....B2:4
Valda egenskaper för övrig jord.....B2:5
Prognostisering av grundvattentryck.....B3
Befintliga förstärkningsåtgärder och anläggningars grundläggning.....B4
Stabilitetsutredning.....C1
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden.....C2:1
Stabilitetsberäkningar, framtida förhållanden.....C2:2
Riskområde m.h.t. totalstabiliteten: plan.....C3
Förstärkningsåtgärder, plan.....C4:1
Förstärkningsåtgärder, sektioner.....C4:2

FÖRTECKNING ÖVER TILLHÖRANDE PM

PM-002 Geoteknik, Detaljplan Nya Kulan, Göteborg Stad. WSP, Uppdragsnummer 10215305 Rev A daterad 2016-05-27.

PM-003 Teknisk PM geoteknik, Fördjupad stabilitetsutredning, Framtida förhållanden. WSP, uppdragsnr 10215305, rev A daterad 2016-05-27.

PM-004 Teknisk PM geoteknik, Detaljplan Ryttmästaregatan söder om Säveån. WSP, Uppdragsnr 10215305, Rev A daterad 2016-05-27.

1 TILLHÖRANDE PM GEOTEKNIK

Sedan denna PM senast reviderades har fortsatt arbete med detaljplanen medfört förändringar av bland annat detaljplanegräns, bostädernas utformning, gällande högsta högvatten nivå m.m. Denna PM bör fortsättningsvis betraktas som en utredning av befintliga förhållanden för detaljplaneområde norr om Säveån samt för ny bro över Säveån vid Ryttmästaregatan. Denna PM utgör tillsammans med följande PM den kompletta utredningen av detaljplaneområdet:

PM-002 Förtydliganden till SGI:s "Yttrande över samrådshandling" daterad augusti 2012. WSP, uppdragsnr 10215305.

PM-003 Teknisk PM geoteknik, Fördjupad stabilitetsutredning, Framtida förhållanden. WSP, uppdragsnr 10215305.

PM-004 Teknisk PM geoteknik, Detaljplan Ryttmästaregatan söder om Säveån. WSP, uppdragsnr 10215305.

2 ORIENTERING

TK Projekt AB och JM AB planerar utveckling av SKF:s fabriksområde "Nya Kulan" i stadsdelen Gamlestaden i Göteborg. Planerarna omfattar den östra delen av kvarteret Gösen i vilket ett handelscentrum planeras i SKF:s gamla fabrikslokaler och nya flerbostadshus planeras längs Säveån. Planerad exploatering innebär en förändring av den idag fastställda detaljplanen.

På uppdrag av TK Projekt AB och JM AB har WSP Samhällsbyggnad, inför detaljplanearbete, utfört en geoteknisk utredning för att bedöma förutsättningarna för en förändrad verksamhet och anläggning av ny bebyggelse i området. Utredningen omfattar en fördjupad släntstabilitetsutredning med kontroll av, i skrivande stund, kända framtida förhållanden, och en sammanställning av det geotekniska underlaget i området inför den fortsatta projekteringen. Föreliggande PM redovisar resultatet av utförd geoteknisk utredning.

3 PLANERAD BEBYGGELSE OCH VERKSAMHET

Detaljplanen omfattar hela kvarteret Gösen och även kvarteret Makrillen på norra sidan av Artillerigatan. En bro över Säveån planeras även i förlängningen av Ryttmästaregatan i planområdets östra del. Av denna anledning ingår även del av SKF industriområde på södra sidan av Säveån i detaljplaneområdet. Denna del av området kallas allmänt för Herrgården.

Innehåll av detaljplanen är idag endast känt för den östra delen av kvarteret Gösen. Här planeras flerbostadshus längs Säveåns norra sida mellan Järnvägsbron och Ryttmästarebron. Vidare planeras ett handelscentrum i de gamla industribyggnaderna bakom (norr om) planerade bostäder i området mellan Arvid Palmgrens gata (gatan norr om järnvägsbron), Artillerigatan och Ryttmästaregatan. Under större delen av planerade byggnader för bostäder och handelscentrum avses ett större garage att byggas. En ny vägbro över Säveån planeras också, som nämnts, i förlängningen av Ryttmästaregatan för att kunna leda in trafik från E20 genom Munkebäcksmotet.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

Aktuellt detaljplaneområde och kända förutsättningar inom området redovisas i *Bilaga A1*.

4 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

I området tidigare och i uppdraget utförda geotekniska undersökningar redovisas i rapport:

- ”*Rapport över geotekniska undersökningar* (R/Geo), Fördjupad stabilitetsutredning, Detaljplan Nya Kulan”, Dokumentbeteckning RAP-001, Uppdragsnummer 10138615, Datum 2010-12-13. Utförd av WSP Samhällsbyggnad på uppdrag av TK Projekt AB och JM AB.

I rapporten redovisas samtliga geotekniska undersökningar använda i utredning i plan och fullständig redovisning av undersökningar utförda i uppdraget. Resultaten från undersökningar för bestämning av lerans egenskaper använda i föreliggande utredning finns sammanställd i *Bilaga B2*.

Bergspartier strax utanför detaljplaneområde har besiktigas av erfaren bergtekniker. Resultaten från besiktning har inarbetats i föreliggande dokument.

5 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

5.1 Topografi

Området utgör en del av Säveåns dalgång och ligger i stadsdelen Gamlestaden i östra Göteborg. Dalgången sträcker sig i öst-västlig riktning och omgärdas av bergsområden både i norr och söder. Däremellan finns låglänt mark som sluttar svagt ned mot åravinen för Säveån. Åravinen har relativt branta erosionsslänter.

Marknivån längs Artellerigatan ligger kring +15 i väst vid korsningen med Hornsgatan och stiger till ca +20 i öst vid korsningen med Ryttmästaregatan. Från Artellerigatan sluttar marken med svag lutning ned mot Säveån och ligger kring nivån +14 i Hornsgatans södra ända respektive nivån ca +16 vid Ryttmästaregatans södra ända. Markytan ned till åbrinken är på många ställen uppfylld för transportvägar, parkeringar och dylikt med marknivåer som varierar mellan +12 och +17. Marken är i dessa delar av områden i huvudsak hårdgjord av asfalt.

Från åbrinken, vars krön ligger på nivåer mellan +12 och +17, sluttar markytan ned med sluttlutning ca 1:3 till åbottnen. Åbotten ligger vid en nivå kring +7 à +8 på sträckan, vilket motsvarar ca 4 – 10 m under omgivande mark. Medelvattenytan (MW) i Säveån ligger på nivån +10,2. Åbrinken är bevuxen med gräs, buskar och stora lövträd och är längs större delen av sträckan försedd med erosionsskydd.

Inom kvarteret Makrillen (norr om Artellerigatan) består marken generellt av hårdgjorda parkeringsytor och marknivån stiger från ca +16 i väst till ca +20 i öst. I områdets nordöstra del stiger marken mycket brant mot nordöst och övergår i fastmark med berg i dagen. Berg i dagen finns även på södra sidan av Säveån.

För utförligare redovisning av befintliga marknivåer se planritning i R/Geo. I *Bilaga B1* redovisas fotografier tagna i området.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

5.2 Jordlagerföljd

5.2.1 Allmänt

Jordlagren längs Säveån utgörs huvudsakligen av lera följt av friktionsjord på berg. Berget går i dagen dels i områdets nordöstra hörn och dels ca 200 m sydöst om Ryttmästarebron. Inom exploaterade markområden överlagras leran av fyllning. Inom grönytor, så som åbrinken, saknas dock fyllningen och jorden består istället överst av ett tunt lager vegetationsjord.

Området har delats in i delområden vars utbredning framgår av Figur A.1.1 i Bilaga A1. Nedan beskrivs jordlagerföljden översiktligt för respektive delområde.

5.2.2 Norra sidan av Säveån, väster om Järnvägsbron (Delområde A och B)

Fyllningen är i allmänhet 0,5 à 1,0 m tjock men uppgår lokalt vid korsningen Hornsgatan och Kullagergatan till ca 3 m. Sammansättningen är varierande och består av lera, sand och grus, samt av mulljordsinnehåll och växtrester.

Leran benämns som brun till brungrå lera med enstaka siltskikt och klassificeras som, utifrån den odränerade skjuvhållfastheten, mycket lös (< 12,5 kPa) ned till nivå +8,5 för att därunder vara lös. Lerans övre del har ställvis en utbildad torrskorpa. Lerlagrets mäktighet är i allmänhet 10 - 20 m.

Friktionsjorden har en mäktighet som kan uppgå till mellan 50 och 100 m. Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fastare lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar svagt nedåt mot norr från ca 10-15 m djup närmast Säveån (nivå ca -2 till +3) till ca 20 m djup (nivå ca -5) vid Rullagergatan.

Någon bestämning av **djup till berggrunden** finns inte inom dessa delområden. Erfarenheter från pålningen av hus HK3 (byggt 1963), är att de flesta pålarna slogs till 40-60 m djup, men att pålar upp 100 m förekommer

5.2.3 Norra sidan av Säveån, öster om Järnvägsbron (Delområde C, D och E)

Fyllningen uppgår i allmänhet 1,0 à 2,0 m men är lokalt något tunnare. Sammansättningen är varierande och består av lera, sand och grus, samt med mulljordsinnehåll och växtrester. Ställvis förekommer byggnadsavfall i fyllningen, såsom tegelrester och dylikt.

Leran benämns som grå lera och är mycket homogen. Leran klassificeras, utifrån den odränerade skjuvhållfastheten, som mycket lös ned till nivå ca +10,0 för att därunder vara lös. Lerans övre del har ställvis en utbildad torrskorpa. Lerlagrets mäktighet är i allmänhet 30 à 45 m.

Friktionsjorden har en mäktighet varierande mellan 10 och 20 m ökande mot söder. Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fast lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar ned mot syd från att ligga på ca 30 m djup (nivå ca -10) i vid Rullagergatan till ca 45 m djup (nivå ca -30) vid Säveån.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

Djup till berggrunden har endast bestämts i två punkter inom de aktuella delområdena. Bergytan ligger enligt dessa på ca 40 m djup (nivå ca -20) vid korsning Rullagergatan och Ryttmästaregatan och på 65 m djup (nivå -50) vid Stallmästarebron

5.2.4 Södra sidan av Säveån, öster om Stallmästarebron (Delområde F och G)

Vegetationsjorden består av sandig mulljord och kan lokalt uppgå till ca 1,0 m.

Torrskorpeleran uppgår i allmänhet till 1 m och benämns som grå med enstaka sandkörtlar.

Leran benämns som grå lera och innehåller både växt- och skalrester. Leran klassificeras, utifrån den odränerade skjuvhållfastheten, som lös. Lerlagrets mäktighet uppgår till som mest, närmast Säveån, ca 45 m.

Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fast lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar upp mot sydöst från att ligga på som mest 45 m djup (nivå ca -25) i förlängningen av Ryttmästaregatan. Längre österut vid åkant nordost om byggnad 506 ligger friktionsjordens överkant på endast 10 m djup.

Djupet till berg har inte bestämts inom dessa delområden. Ungefär 50 m syd om byggnad 507 går berget i dagen i form av en mindre bergsknalle.

5.2.5 Delområde kv. Makrillen (Delområde H)

Inom hårdgjorda ytor utgörs **fyllningen** av ett överbyggnadsmaterial bestående av grusig sand. Inom grönytor består fyllningen av ett tunt skikt mulljord, uppskattningsvis 0,2 till 0,5 m.

Leran består överst av torrskorpelera ned till ca 2,5 m djup under markytan. Därunder är leran lös. Lermäktighet är i allmänhet begränsad till 10 -15 m.

Friktionsjordens översta 2 – 3 m består av mycket fast lagrad stenig sand. Därunder är sanden ställvis grusig och ställvis siltig och något lerig. Lagertjockleken uppgår till 50 à 60 m. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar svagt upp mot nordöst.

Djupet till berg ligger, åtminstone i delområdets nordvästra del, på ca 70 m djup (nivå ca -55). I övergången till bergspartiet i det nordöstra hörnet av delområdet bedöms lutningen på bergytan vara mycket brant (> 1:1).

5.3 Lerans egenskaper

5.3.1 Allmänt

Ett stort antal mätdata från tidigare och i uppdraget utförda fält- och laboratorieundersökningar av lerans jordegenskaper har utvärderats områdesvis och sammanställts i *Bilaga B2*. Den enskilt viktigaste jordegenskapen vid beräkning av stabilitet är lerans odränerade skjuvhållfasthet. Flertalet av de tidigare undersökningarna för bestämningen av odränerade skjuvhållfastheten bestod av vingförsök och fallkonsförsök. I föreliggande utredning har, utöver vingförsök och fallkonsförsök, avancerade laboratorieundersökningar i form av direkta skjuvförsök och aktiva triaxialförsök utförts för att få en noggrannare bestämning av lerans odränerade skjuvhållfasthet. Re-

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

sultaten från de direkta skjuvförsöken bekräftade att värdena för odränerad skjuvhållfasthet bestämda från vingförsök och fallkonsförsök, med korrigering mot konflytgräns enligt Skredkommissionens riktlinjer, var riktig. De aktiva triaxialförsök utfördes för att kunna tillgodoräkna sig att leran har bättre skjuvhållfasthet i den aktiva skjuvplanet än jämfört med i det direkta och passiva skjuvplanet.

Dessutom har ödometerförsök, typ CRS, utförts för bland annat bestämning av lerans förkonsolideringsspänning och sättningsegenskaper. Förkonsolideringsspänningen har stark empirisk förankring med många andra av lerans egenskaper. Även lerans vattenkvot, konflytgräns och densitet har mätts och sammanställts.

Nedan sammanfattas lerans egenskaper för respektive delområde. För detaljer, se *Bilaga B2*.

5.3.2 Norra sidan av Säveån, väster om Sjukstugebron (Delområde A)

Den mycket lösa till lösa leran har en vattenkvot som ligger kring ca 105 % i lerans överkant och minskar därunder med djupet för att ligga kring 80 % på nivån -6. Konflytgränsen ligger i stort kring 80 % genom hela lerprofilen. Densiteten ligger kring 1,7 t/m^3 genom hela profilen. Leran är högsensitiv genom i stort hela jordprofilen och klassificeras som kvicklera under nivån +6 (sensitivitetskvoter upp till 65).

Den odränerade skjuvhållfastheten har utvärderats från utförda vingförsök och direkta skjuvförsök och ligger relativt konstant kring 11 kPa ned till nivån +10,5. Därunder ökar hållfastheten med djupet med ca 0,7 kPa/m för att vid nivån +6 ha en odränerad skjuvhållfasthet kring 20 kPa. Skjuvhållfastheten ökar därunder med ca 1 kPa/m ned till lerlagrets underkant. Den odränerade skjuvhållfastheten i aktiv skjuvning är, enligt triaxialförsök, 40 % högre än för motsvarande värde i direkt skjuvning.

Förkonsolideringsspänningen, utvärderad från ödometerförsök och aktiva triaxialförsök, ökar med djupet från ca 50 kPa vid nivån +10 och upp till ca 120 kPa vid nivå ±0. För vidare detaljer, se *Bilaga B2:1*.

5.3.3 Norra sidan av Säveån, mellan Sjukstugebron och Stallmästarebron (Delområde B och C)

Den mycket lösa till lösa leran har en vattenkvot som ligger kring ca 70 % i lerans överkant och minskar därunder med djupet för att ligga kring 40 % vid nivå -6. Konflytgränsen ligger kring 80 % ned till nivån +6 för att därunder ligga kring 40 % genom resterande del av lerprofilen. Densiteten ligger relativt konstant kring 1,5 t/m^3 genom hela profilen. Leran är högsensitiv genom i stort hela jordprofilen och klassificeras som kvicklera med sensitivitetskvoter upp till 160.

Den odränerade skjuvhållfastheten har utvärderats från utförda vingförsök och direkta skjuvförsök och ligger relativt konstant kring 11 kPa ned till nivån +10,5. Därunder ökar hållfastheten mot djupet med ca 0,7 kPa/m för att vid nivån +6 ligga kring 20 kPa. Skjuvhållfastheten ökar därunder med ca 1 kPa/m ned till lerlagrets underkant. Den odränerade skjuvhållfastheten i aktiv skjuvning är, enligt triaxialförsök, en faktor ca 1,6 större än jämfört med i direkt skjuvning.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

Förkonsolideringsspänningen, utvärderad från ödometerförsök och aktiva triaxialförsök, visar på liten spridning och ökar med djupet från ca 60 kPa vid nivån +10,5 och upp till ca 130 kPa vid nivå ±0. För vidare detaljer, se *Bilaga B2:*1.

5.3.4 Norra sidan av Säveån, öster om Stallmästarebron (Delområde D och E)

Den mycket lösa leran har en vattenkvot och konflytgräns som båda ligger mellan 60 och 70 % genom hela lerprofilen. Densiteten är relativt konstant 1,6 t/m^3. Leran klassificeras som mellansensitiv (S_t upp till 30).

Den odränerade skjuvhållfastheten har utvärderats från utförda vingförsök och direkta skjuvförsök och ligger relativt konstant kring 15 kPa ned till nivån +12. Därunder ökar hållfastheten med djupet med ca 1,7 kPa/m genom resterande delen av lerprofilen. Närmare Säveån (<20 m) avtar dock ökningen vid nivån +9. Skjuvhållfastheten vid nivån +9 ligger kring 20 kPa. Därunder ökar hållfastheten mot djupet med ca 1,0 kPa/m ned till lerlagrets underkant.

Förkonsolideringsspänningen, utvärderad från ödometerförsök och aktiva triaxialförsök, ökar med djupet från ca 60 kPa vid nivån +10,5 och upp till ca 235 kPa vid nivå -10. För vidare detaljer, se *Bilaga B2:2*.

5.3.5 Södra sidan av Säveån, öster om Stallmästarebron (Delområde F och G)

Den lösa leran har en vattenkvot som ligger kring 90 % i lerans överkant och ned till nivå +12. Därunder minskar vattenkvoten med djupet för att ligga kring 60 % vid nivå -2. Konflytgränsen ligger kring 70 % genom hela lerprofilen. Densiteten ligger kring 1,5 t/m^3 ned till nivå +12 och därunder kring 1,6 t/m^3. Leran klassificeras som mellansensitiv (S_t upp till 30). Längre österut, vid åkanten (nordost om byggnad 506), där lerdjupen är mindre, är leran högsensitiv och klassificeras som kvicklera med sensitivitet upp till ca 65.

Den odränerade skjuvhållfastheten har utvärderats från utförda vingförsök och direkta skjuvförsök och ligger relativt konstant kring 13 kPa ned till nivån +12. Därunder ökar hållfastheten mot djupet med ca 1,0 kPa/m ned till nivån +6 där den är ca 19 kPa. Därunder ligger de odränerade skjuvhållfastheten kring 23 kPa och ökar mot djupet med ca 1,5 kPa/m genom resterande delen av lerprofilen.

Förkonsolideringsspänningen, utvärderad från ödometerförsök och aktiva triaxialförsök, visar på liten spridning och ökar med djupet från ca 55 kPa vid nivån +15 och upp till ca 150 kPa vid nivå +0. För vidare detaljer, se *Bilaga B2:3*.

5.3.6 Delområde kv. Makrillen (Delområde H)

Den lösa leran har här en vattenkvot och konflytgräns som ligger kring 65 %, respektive kring 70 % i hela dess profil. Densiteten är relativt konstant kring 1,6 t/m^3 genom hela lerprofilen. Leran klassificeras som mellansensitiv (S_t upp till 25).

Den odränerade skjuvhållfastheten har utvärderats från utförda vingförsök och fallkonsförsök och har en hållfastheten som ökar med djupet med ca 0,5 kPa/m från ca 15 kPa vid nivå +17 till ca 25 kPa vid nivå +3. För vidare detaljer, se *Bilaga B2:4*.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

5.4 Bergförhållanden

Bergspartiet strax nordost om detaljplaneområdet, alldeles vid Kv. Makrillen, är upp till 30 m (nivå ca +50) högre än omgivande mark. Bergpartiet är uppbyggt av gnejs som stryker i N20°Ö30°V och lutar ca 30° mot väst. Bergpartiet är storblockigt uppsprucket längs gnejsplanen, N-S 90° och Ö-V 90°. Bergslänten ner mot detaljplaneområdet stryker i princip i Ö-V och lutar ca 2:1. Se bild Figur B1.25 i *Bilaga B1*.

Det mindre bergspartiet ca 30 m sydost om detaljplaneområde, vid Herrgården, är ca 8 m högre (nivå ca +28) än omgivande mark. Bergspartiet har liknande egenskaper som för det större bergspartiet i norr. Den är dock av betydligt mindre storlek och upptar endast en yta på ca 20x40 m^2.

5.5 Geohydrologiska förhållanden

Den övre grundvattenytan – fria vattenytan i fyllningen och torrskorpeleran – ligger i allmänhet i överkant av den lösa lera, dvs. i allmänhet på mellan 1 och 2 m djup under markytan. Från den fria vattenytan är portrycksfördelningen i leran mestadels hydrostatisk ned till 3 à 6 m djup. Därifrån bedöms portrycksökningen öka konstant med djupet ned till rådande grundvattentryck i friktionsjorden undre leran (dvs. den undre akvifären). Grundvattentrycken i denna akvifär varierar över tid och styrs bl.a. av nederbörd och tillrinning från omgivande bergspartier.

Uppmätta grundvattentrycksnivåer i friktionsjorden under leran inom detaljplaneområdet varierade, under mätperioden juni t.o.m. september, mellan +11 och +16. Grundvattentrycket är i stort sett hydrostatiskt, men artesiskt vid de lägre marknivåerna närmare Säveån.

För att få fram högsta grundvattentryck för grundvattnet i den undre akvifären har prognostisering utförts genom jämförelse av långtidsobservationer i närliggande referensrör med mätserier från 1980-talet och med korttidsmätningar för de i uppdraget installerade grundvattenrören (observationsrör). De två närmaste referensrören ligger ungefär 200 m öster om Ryttmästaregatan. En sammanställning av grundvattentrycksmätningar i området tillsammans med prognostiserade högsta grundvattentryck använda i stabilitetsberäkningar redovisas i *Bilaga B3*. I Tabell 4.4.1 sammanfattas resultaten från prognostiseringen.

Tabell 4.4.1 Högsta uppmätta grundvattentryck i grundvattenrör och prognostisering av högsta grundvattentryck (50-årsvärden).

Del av slänt (grundvattenrör)	Markyta, nivå	Högsta uppmätta grundvattentryck	Högsta prognostiserade grundvattentryck
Ånära <40 m åkant (W10-G103)	+12,7	+13,6	+14,3
Släntkrön, norra sidan >40 m åkant (W10-G106)	+19,3	+14,3	+15,3
Släntkrön, södra sidan >40 m åkant (W10-G105)	+17,1	+16,0	+16,9

Genom området rinner Säveån i östvästlig riktning. Säveån är reglerad uppström i Jonsered vid sjön Aspens utlopp och de karakteristiska vattenstånden (50-årsvärden) varierar mellan nivåerna +9,1 och +11,90, se Tabell 4.4.2. De flesta högflöden inträffar under januari – februari och de flesta lågflöden under augusti – september. Söder om ån finns ett nu torrlagt biflöde.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

Tabell 4.4.2 Karakteristiska vattenståndsnivåer för Säveån enligt tidigare utredning (WSP, 2005a för Partihallsförbindelsen ca 1 km nedströms). Nivåer är angivna i Göteborgs höjdsystem och var framräknade av SMHI.

Vattenyta	Nivå (m)	Kommentar
Högsta högvattenyta (HHW_{120})	+12,50	Överskrids statistiskt 5 ggr per 120 år
Högsta högvattenyta (HHW_{50})	+11,90	Överskrids statistiskt 5 ggr per 50 år
Medelhögvattenyta (MHW)	+11,35	Överskrids statistiskt vartannat år
Medelvattenyta (MW)	+10,20	Statistisk medelnivå för vattenyta
Medellågvattenyta (MLW)	+9,60	Underskrids statistiskt vartannat år
Lägsta lågvattenyta (LLW)	+9,10	Underskrids statistiskt 5 ggr per 50 år

I marken närmast Säveån finns idag flera VA-ledningar, brunnar och kulvertar. Flertalet av dessa har tagits ur bruk men dränerar sannolikt området lokalt.

5.6 Stabilitetsförhållanden

5.6.1 Tidigare stabilitetsutredningar

Stabiliteten i området kring Säveån har utretts tidigare och förstärkningsåtgärder har utförts. Flertalet av dessa utredningar avser dock den södra åbrinken till Säveån med förstärkningsåtgärder såsom avschaktning och lättfyllningar utförda mellan åren 1996 och 2001. Detta gäller även områdena **öster om Stallmästarebron (Delområde F och G)** som ingår i aktuell detaljplan.

För norra sidan av Säveån härrör de flesta stabilitetsutredningar från 1970-talet och **områdena öster om Järnvägsbron (Delområde C och D).** År 1969 inträffade ett mindre skred i området mellan Järnvägsbron och Stallmästarebron. Avschaktning och erosionsskydd utfördes därför här (SIB, 1969) under år 1970 varvid stabiliteten därefter bedömdes som tillfredställande. Öster om Stallmästarebron och fram till Ryttmästaregatan lades erosionsskydd ut år 1973 och belastningsbegränsningar finns här, enligt Hedar AB (1977) med hänsyn till stabiliteten. I Ryttmästaregatans förlängning har även avlastning av släntkrön utförts (Herdar AB, 1980) för att förbättra stabiliteten i området. Det bör noteras att samtliga dessa stabilitetsutredningar och dimensionering av förstärkningsåtgärder har utförts mot medellågvattenyta (nivå +9,6) i Säveån. Utförda förstärkningsåtgärder sammanfattas mer i detalj i avsnitt 4.6.3.

Öster om detaljplaneområdet (Delområde E) har en nyare stabilitetsutredning från år 2009 (Sweco, 2009) utförts varvid stabiliteten befanns otillfredsställande med beräknade lägsta säkerhetsfaktorer mellan 1,1 och 1,3. Lägst stabilitet (1,1-faldig säkerhet mot brott) erhölls för två sektioner vid Ryttmästaregatan och vid Furirsgatan längre österut. Däremellan beräknades stabiliteten till att vara bättre (1,3-faldig säkerhet mot brott). Stabiliteten vid Ryttmästaregatan har utretts ånyo i föreliggande utredning. Stabilitetsutredning från 2009 utfördes för ett vattenstånd i Säveån vid nivån +9,0.

För norra sidan av Säveån mellan **Sjuktugebron och Järnvägsbron (Delområden A och B)** saknas tidigare stabilitetsutredningar, men dessa delområden har enligt Hedar AB (1977) inte bedömts vara skredfarliga.

5.6.2 Fördjupad stabilitetsutredning

I föreliggande uppdrag har en, enligt Skredkommissionens anvisningar, fördjupad stabilitetsutredning utförts. Stabiliteten med befintliga förhållanden har kontrollerats i sammanlagt 8 beräkningssektioner ned mot Säveån. Beräkningssektionerna har i huvudsak valts utifrån ogynnsam topografi och där Säveåns bottengeometri är ofördelaktigast. Stabiliteten för befintliga förhållanden ned mot Säveån för dess **norra sida** bedöms, utifrån Skredkommissionens anvisningar, ha otillfredsställande stabilitet i den **östra delen av detaljplaneområdet (delområden B, C, D och E)** med beräknade lägsta säkerhetsfaktorer mot skred mellan 1,1 och 1,3 i odränerade analyser. Lägst stabilitet erhölls i delområde C mellan Järnvägsbron och Stallmästarebron med beräknad säkerhetsfaktor kring 1,1 i både odränerad och kombinerad analys. Området alldeles öster om delområde E, bedömdes i en tidigare stabilitetsutredning (Sweco, 2009) att ha tillfredställande stabilitet. I den **västra delen av detaljplaneområde (delområde A)** med bankpålning och stödmur beräknades stabiliteten till att vara tillfredställande. Även området **väster om detaljplaneområdet (delområde Ö)** beräknades ha tillfredställande stabilitet för nuvarande verksamhet.

För detaljplaneområdet på **södra sidan (Delområden F och G**) om Säveån har tillfredställande stabilitet erhållits, enligt bedömning utifrån Skredkommissionens anvisningar, med beräknade säkerhetsfaktorer på drygt 1,4 i odränerade analyser.

Samtliga beräkningar har utförts med lägsta lågvattenstånd i odränerade analyser (nivå +9,1) och medellågvattenstånd och högsta grundvattentryck i kombinerade analyser. Hänsyn till trafiklaster har endast tagits i odränerade analyser. Det motiveras av att odränerade analyser motsvarar analyser av korttidslaster och kombinerade (dränerade) analyser motsvarar analyser av långtidslaster. Odränerade analyser har i samtliga beräknade sektioner varit dimensionerade. I delområde mellan Sjukstugebron och Järnvägsbron (delområde B) med lägst lerdjup har dock en känslighetsanalys, för att se om förhöjda grundvattentryck i friktionsjorden under leran kan påverka stabiliteten negativt, utförts. Analysen visar att det krävs ett 10 000-årsvärde för att grundvattentrycket i friktionsjorden under leran skall kunna påverka stabiliteten negativt, d.v.s. en mycket låg sannolikhet.

Riskområdet för ev. **sekundära skred** har analyserats med en konservativ metod för sektioner där befintliga stabilitet har beräknats vara lägre än en säkerhetsfaktor på 1,3, d.v.s. sektionerna inom delområdena B, C, D och E. Analysen visar att riskområdet för skred inom dessa delområden sträcker sig upp till 35 m från åbrink.

För utförligare beskrivning och resultat av utförd fördjupad stabilitetsutredning, se *Bilaga C*. I *Bilaga C3* sammanfattas resultaten i plan för totalstabiliteten i området under befintliga förhållanden. Bland annat redovisas områden där stabiliteten har beräknats vara lägre eller lika med en säkerhetsfaktor på 1,3, samt bedömt riskområde för påverkan av sekundära skred.

5.6.3 Befintliga förstärkningsåtgärder och besiktning av erosionsskydd

Förstärkningsåtgärder längs och närmast Säveån har, som nämnts tidigare, utförts i omgångar för att säkra upp området med hänsyn till stabiliteten. Flertalet av dessa åtgärder har utförts på södra sidan av ån och ett fåtal på norra sidan. Åtgärderna beskrivs för delsträckor längs Säveån nedan och redovisas i plan i *Bilaga B4*.

Norra sidan av Säveån, väster om Sjukstugebron (Delområde A)

Ett **äldre erosionsskydd av samkrossmaterial** skall, enligt Hedar AB (1977) finnas utlagt längs ån för denna delsträcka. Erosionsskyddet bedöms, enligt besiktning, vara i dåligt skick. Sten och grus kan observeras på sjöbotten, men erosionsskyddet verkar inte ligga högre än medelvattenstånd. Se fotografier i *Bilaga B1*.

Längs Kullagergatan västra del finns en stödmur från 1966 för att ta upp en höjdskillnad på 1 - 3 m mot åkanten. **Stödmuren är stödpålad** från nivå +10,5 och den bakomliggande **fyllningen är grundlagd med bankpålar** från nivå +12,4 (SKF, 1966).

Norra sidan av Säveån, mellan Sjukstugebron och Järnvägsbron (Delområde B)

Även för denna delsträcka skall, enligt Hedar AB (1977), ett **äldre erosionsskydd av samkrossmaterial** finnas utlagt längs ån. Erosionsskyddet har besiktigas och bedöms vara, likt föregående sträcka, i dålig kondition. Se fotografier i *Bilaga B1*.

Innanför erosionsskyddet vid åkant har en **äldre träskoning** observerats. Träskoningen ovan mark/åbotten bedöms vara i dåligt skick, men den är troligen av bättre kvalité under marken/sjöbotten. När och till vilket djup träskoningen har installerats till är okänt. Ungefär 1 m innanför träskoningen finns en **mindre stödmur** som tar en höjdskillnad på ca 0,5 m ned mot åkant.

Norra sidan av Säveån, mellan Järnvägsbron och Stallmästarebron (Delområde C)

Efter att ett skred inträffade här år 1969 (SIB, 1970) i området närmast Stallmästarebron utfördes under 1970 en **avschaktning** för att komma tillrätta med stabiliteten. Vidare lades erosionsskydd ut här under 1970. **Erosionsskyddet av samkrossmaterial** bedöms enligt besiktning, se fotografier i *Bilaga B1*, vara i god kondition. Erosionsskyddet har, enligt SIB, 1970, en krönnivå +12,0 och sluttar därefter med en lutning på 1:2 ned till medellågvattennivån. Därefter har erosionsskyddet en lutning på 1:3 ned till där den når åbotten (nivå ca +8,6). Enligt SIB (1970) har erosionsskyddet en tjocklek på minst 0,4 m och består av samkrossmaterial med kornfördelning 0-200 mm och d_{50}=100.

Att stabiliteten här beräkningsmässigt är mycket låg ($F_c \sim F_{komb} \sim 1,1$) i föreliggande stabilitetskontroll, trots tidigare utförda förstärkningsåtgärder, beror delvis på att erosionsskyddet inte var optimalt dimensionerat med hänsyn till stabilitet och förgicks av en muddring. Vidare var åtgärderna dimensionerade för medellågvattenstånd och endast i odränerad analys.

Norra sidan av Säveån, mellan Stallmästarebron – Ryttmästarebron (Delområde D)

På denna delsträcka lades erosionsskydd ut under år 1973. **Erosionsskyddet av samkrossmaterial** har, enligt SIB, 1972, samma dimensioner och material som på föregående delsträcka. Erosionsskyddet bedöms enligt besiktning, se fotografier i *Bilaga B1*, vara i god kondition.

Under den asfalterade 20x140 m^2 stora industriplanen i området går 4 st kulvertar. Kulvertarna verkar avlastande för den annars höga marknivån. Enligt Hedar AB

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

(1977) finns dock här **belastningsrestriktioner** med hänsyn till stabiliteten. Dessa belastningsrestriktioner har inte hittats i arkivsökningen.

Norra sidan av Säveån, öster om Ryttmästarebron (Delområde E)

Ett nyare **erosionsskydd av samkrossmaterial** finns utlagt här och bedöms, enligt besiktning (se fotografier i *Bilaga B1*) i mycket god kondition. Enligt Sweco (2009) utgörs erosionsskyddet av sprängsten i fraktionen 32 -100 mm.

Vid släntkrön, i Ryttmästaregatans förlängning har en yta 20x20 m^2 år 1980 (Hedar AB) avlastats genom utskiftning av fyllning mot **lättklinkerfyllning** med en tjocklek på 1 m.

Södra sidan av Säveån, mellan Stallmästarebron – Ryttmästarebron (Delområde F)

Längs med denna delsträcka lades **erosionsskydd av samkrossmaterial** ut under år 1973 (SIB, 1972) samtidigt och av motsvarande material som på norra sidan av Säveån. Erosionsskyddet bedöms, enligt besiktning, vara i god kondition. Under 1999 (J&W, 1998) och 2001 (Sweco, 2001) utfördes, med hänsyn till stabiliteten, **avschaktningar av släntkrön** med ca 1,5 m.

Södra sidan av Säveån, öster om Ryttmästarebron (Delområde E)

I åkanten har en **äldre träskoning** observerats. Träskoningen ovan mark/åbotten är i mycket dåligt skick, men den är troligen av bättre kvalitét under marken/sjöbotten. **Släntkrön avschaktades,** med hänsyn till stabiliteten, ca 1 m under 1999 (J&W, 1998).

5.6.4 Risk för bergras och blocknedfall

Risken för bergras in i detaljplaneområdet bedöms inte föreligga för bergpartiet sydost om detaljplaneområdet, såtillvida att avståndet mellan detaljplaneområdet och bergspartiet är för stort.

Risken för stennedfall eller bergras i bergpartiet nordost om detaljplaneområdet in i detaljplaneområdet är mycket liten. Detta då bergslänten mot detaljplaneområdet är storblockigt uppsprucken och har en gynnsam sprickstruktur, som gör att det inte finns några glidytor där blockutfall skulle kunna ske in mot detaljplaneområdet.

5.7 Sättningsförhållanden

5.7.1 Norra sidan av Säveån, väster om Sjukstugebron (Delområde A)

För en markyta kring +12,7 och rådande grundvattentryck i friktionsjorden under leran, beräknas leran i området vara svagt överkonsoliderad med en överkonsolideringskvot mellan 1,2 och 1,4. Sättningar i leran bedöms kunna pågå i områden där marknivå är högre än +13.

5.7.2 Norra sidan av Säveån, mellan Sjukstugebron – Stallmästarebron (Delområde B och C)

Leran inom dessa delområden beräknas, för en markyta kring +12,7 och rådande grundvattentryck i friktionsjorden under leran, vara överkonsoliderad med en över-

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

konsolideringskvot mellan 1,6 och 2,0. Risk finns för att sättningar pågår i leran vid större fyllnadsmäktigheter och främst i områden där marknivå är högre än +14,5. Större sättningsskillnader har också observerats i de centrala delarna inom delområdena vid entréer och dylikt intill pålade byggnader och kulvertar.

5.7.3 Norra sidan av Säveån, öster om Stallmästarebron (Delområde D och E)

Lerans har för dessa delområden utvärderats att vara överkonsoliderad för en marknivå kring +15 med en överkonsolideringskvot mellan 1,5 och 3 ned till en nivå kring -5. Därunder bedöms leran vara ”normalt konsoliderad” med en överkonsolideringskvot kring 1,25. Inga sättningar i leran bedöms pågå närmast Säveån. Risk för pågående sättningar leran bedöms föreligga vid större fyllnadsmäktigheter och främst i områden med marknivåer högre än +16. Mindre sättningsskillnader har också observerats vid större uppfyllningar i närheten av kulvertar.

5.7.4 Södra sidan av Säveån, öster om Stallmästarebron(Delområde F och G)

Lerans har här utvärderats vara överkonsoliderad för en marknivå kring +17 med en överkonsolideringskvot mellan 1,5 och 2 längs hela dess lerprofil. Inga sättningar i leran bedöms pågå i området närmast Säveån. Risk för pågående sättningar i leran bedöms finnas vid större fyllnadsmäktigheter och främst i områden med marknivåer högre än +19.

5.8 Grundläggning av befintliga anläggningar

5.8.1 Anläggningar inom fastighet Kv. Gösen (Delområde A, B, C och D)

Byggnaderna inom Kv. Gösen är uppförda mellan 1912 och 1974 och därför byggda på olika sätt. Samtliga byggnader har byggts av SKF Sverige AB för olika ändamål. Byggnaderna har därefter kontinuerligt anpassats till förändringar i SKF:s produktion, vilket inneburit både större och mindre ombyggnader under årens lopp. En del byggnader har rivits och det har i vissa fall funnits byggnader innan de som står där idag. Byggnader inom den östra delen används fortfarande av SKF som verkstäder, medan byggnader i den västra delen ändvänds främst för kontorsverksamhet.

Flertalet av byggnaderna inom Kv. Gösen är pålgrundlagda antingen med stödpålar eller kohesionspålar. Några enstaka byggnader är grundlagda med djupa grundsulor och s.k. frankipålar (betong som trycks ned genom ett foderrör för att skapa en betongpåle med fot). Det finns även några mindre byggnader som är kompensationsgrundlagda med platta på mark. Under hus HK finns ett garage med golvnivå +12 och infart från Kullagergatan vid Säveån.

Av broarna över Säveån är Sjukstugebron stödpålad, medan övriga är grundlagda med kohesionspålar.

Grundläggning av samtliga befintliga byggnader och anläggningar inom Kv. Gösen redovisas i *Bilaga B4*. Vidare detaljer om grundläggningen finns sammanfattade i ett tidigare PM upprättad av WSP (2005b).

Inom detaljplaneområdet finns också en mängd olika ledningar och kablar i marken. Redovisning av dessa sker i en separat utredning under ledning av Göteborgs stad.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

5.8.2 Anläggningar på södra sidan av Säveån; öster om Stallmästarebron (Delområde F och G)

På södra sidan av Säveån, i närheten av planerat läge för södra landfästet till ny vägbro över Säveån, finns tre äldre byggnader. Dessa byggnader är från år 1690 och kallas allmänt för Herrgården. Byggnaderna är troligen grundlagda på en rustbädd direkt på mark.

I närheten av Herrgårdsbyggnaderna finns en kylaranläggning och stödpålad transformatorstation. Längre öster ut finns en större förrådsbyggnad benämnd som byggnad 506. Denna byggnad är sannolikt grundlagd med platta på mark.

5.8.3 Anläggningar inom fastighet Kv. Makrillen (Delområde H)

Inom Kv. Makrillen finns idag en större parkeringsyta i öst, en nedlagd bensinstation och en livsmedelsbutik i väst. Grundläggning för dessa byggnader är inte känd, men de är troligen grundlagda med platta på mark.

5.9 Markmiljöförhållanden

Miljötekniska utredningar har tidigare utförs inom aktuellt område och slutsatserna och rekommendationerna från dessa utredningar kommer att sammanställas i ett separat PM.

6 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER

6.1 Allmänt

I detta avsnitt ges generella geotekniska rekommendationer och krav för markplanering och grundläggning av byggnader. Rekommendationerna avser främst de generella frågeställningar som hanteras i detaljplaneskedet. I det fortsatta arbetet med detaljutformning av grundläggning, tillfälliga schakter, nivåsättning av mark, dräneringssystem, etc., krävs detaljerad projektering till minst systemhandlingsnivå.

6.2 Mark

6.2.1 Sättningar

Sättningar pågår inom detaljplaneområdet och ytterligare markbelastningar utan förstärkningsåtgärder bör därför undvikas i möjligaste mån. Bland annat bör nuvarande höjdsättning av mark bibehållas. Vid entréer och dylikt bör länkplattor läggas för att undvika sättningsskillnader mellan pålgrundlagda byggnader och oförstärkt mark. Dock bör marknivåer, med hänsyn till risk för översvämningar p.g.a. framtida klimatförändringar, inte anläggas till nivåer är lägre än +12,8. Någon större risk för att tillfälliga schakter och att planerade permanenta källarvåningar kommer att orsaka grundvattensänkningar, som i sin tur orsakar ytterligare sättningar i området, bedöms dock som mycket liten m.h.t. jordprofilen i området med ett relativt tunt lager permeabla massor (< 2 m) ovan en tät lera.

6.2.2 Stabilitet

Stabiliteten har, för nuvarande förhållanden, befunnits vara otillfredsställande lokalt närmast Säveån för dess norra sida och förstärkningsåtgärder krävs här för att beräkningsmässigt uppfylla kraven för tillfredställande stabilitet enligt gällande regelverk. För östra delen på norra sidan om Säveån ger dock planerade byggnader och konstruktioner en positiv effekt på stabiliteten. Under samtliga byggnaderna närmast åkant planeras ett stort garage, vilket avlastar slänten och därmed förbättrar stabiliteten i området (se Figurer A.1.5 och A.1.6 i *Bilaga A1*). Även planerad bro över Säveån i Ryttmästaregatans förlängning med pålgrundlagda landfästen ger avlastande och stabiliserande effekter på slänten. På södra sidan av Säveån är stabiliteten bättre under nuvarande förhållanden och den förändras inte heller p.g.a. planerad bro.

Några hinder för nybyggnation med hänsyn till stabiliteten ses inte då planerad bebyggelse kommer att verka positiv på totalstabiliteten i området. Dock bör lokalstabiliteten närmast ån (<10 m från åbrink) åtgärdas för vissa delområden. Några ånära (<10 m från åbrink) områden får därmed marknivåer, som är mycket nära nivån för högsta högvattenstånd (50-årsvärdet) och kan därför vid enstaka tillfällen att komma översvämmas. Byggteknisk bör stabilitetshöjande åtgärder utföras innan övriga byggnadsarbeten påbörjas, se avsnitt 5.8.

Översiktlig dimensionering av förstärkningsåtgärder har utförts för att beräkningsmässig uppfylla stabilitetskraven enligt gällande regelverk. Resultaten från denna dimensionering redovisas i plan och sektioner i *Bilaga C4*. Förstärkningsåtgärderna består främst av avschaktning och anordning av befintliga erosionsskydd. De fram-

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

räknade högsta tillåtna marknivåerna för att uppfylla stabilitetskraven enligt gällande riktlinjer, bör dock ses som teoretiska marknivåer utifrån vilka laster och lokala marknivåer kan regleras. T.ex. så innebär större avlastningar genom lägre marknivåer att större laster kan tillåtas, samt att lokalt, med hänsyn till tredimensionalitet, högre marknivåer kan tillåts utan försämrad totalstabilitet. Avlastningar kan även utföras med andra förstärkningsåtgärder, t.ex. genom lättfyllning och bankpålning, varvid högre marknivåer kan tillåtas. Slutlig utformning av förstärkningsåtgärder bör lösas i detaljprojekteringen när utformning av byggnader, garage, broar etc., är mer kända.

För nedan rubricerade delsträckor längs Säveån sammanfattas resultaten från den översiktliga dimensioneringen av förstärkningsåtgärder för att säkra upp området ur stabilitetshänseende

Norra sidan av Säveån, väster om Sjukstugebron (Delområde A och Ö)

Befintligt **erosionsskyddet av samkrossmaterial** bör göras i ordning och utformas så att det läggs upp till en nivå som lägst motsvarar högsta högvattenyta (+12) och ned till nivå minst 1 m under lägsta lågvattenyta (+8). Vidare bör erosionsskyddet ha en tjocklek på minst 0,5 m. För att inte vatten skall komma in i garaget under hus HK3 vid högvattenstånd bör det övervägas om en **tät barriär** (slits eller spont) bör anläggas längs ån upp till nivå +12,8.

Översiktlig dimensionering av föreslagen förstärkning redovisas som typsektion i Figur C3.1 i *Bilaga C3*.

Norra sidan av Säveån, mellan Sjukstugebron och Järnvägsbron(Delområde B)

För att klara stabiliteten närmast ån för befintlig marknivå kring +12,7 krävs att en ca 5 m bred remsa schaktas av ned till nivån +12,0. Vidare bör befintligt **erosionsskydd av samkrossmaterial** här göras i ordning på motsvarande sätt som beskrivet tidigare. Vägen som går här, Kullageragatan, ligger kring nivå +13 och behöver inte åtgärdas om ovanstående åtgärder utförs.

Översiktlig dimensionering av föreslagen förstärkning redovisas som typsektion i Figur C3.2 i *Bilaga C3*.

Norra sidan av Säveån, mellan Järnvägsbron och Stallmästarebron (Delområde C)

För detta delområde krävs en **avschaktning**, så att marknivå närmast Säveån (inom 8 m från åbrink) inte överstiger +12,0. Resterande mark närmast planerat **garage under bostadshusen** får inte överstiga nivån +13 närmare än 25 m från åbrink. Därefter får marknivå inte överstiga +15 närmare än 50 m från åbrink. Större delen av området inom 30 m från åbrink kommer dock, enligt principskiss i Figur A.1.5 i *Bilaga A*, utgöras av garagevåningar med betydlig lägre grundläggningsnivåer än +15.

Översiktlig dimensionering av föreslagen förstärkning redovisas som typsektion i Figur C3.3 i *Bilaga C3*.

Norra sidan av Säveån, mellan Stallmästarebron och Ryttmästarebron (Delområde D och E)

Stabiliteten bedöms här som tillfredställande under förutsättning att **marknivån** närmast Säveån (ca 15 m) inte belastas ytterligare och att nuvarande marknivå be-

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

hålls. Vidare får marknivån inom ca 50 m från åbrink inte överstiga +15,5. Även här kommer dock området, enligt principskiss i Figur A.1.5 i *Bilaga A*, utföras av garagevåningar med betydlig lägre grundläggningsnivåer än +15.

Översiktlig dimensionering av föreslagen förstärkning redovisas som typsektion i Figur C3.4 och C3.5 i *Bilaga C3*.

Södra sidan av Säveån, öster om Ryttmästarebron (Delområde F och G)

Öster om Stallmästarebron så utgörs befintligt erosionsskydd av träskoning i dåligt skick. **Erosionsskyddet bör anordnas av samkrossmaterial** för att förhindra att framtida erosion kan påverka stabiliteten i området negativt. Erosionsskyddet bör utföras som beskrivet tidigare.

Föreslagna förstärkningsåtgärder redovisas översiktligt i plan i Figur C3.6 i *Bilaga C3*.

6.3 Grundläggning av byggnader

Byggnader bör med hänsyn till sin storlek och pågående sättningar i området pålgrundläggas. Huruvida **pålgrundläggning** utförs med stödpålar eller kohesionspålar/friktionspålar får lösas för respektive byggnad utifrån djup fast botten och lasters storlek. Speciellt i västra delen av Kv. Gösen (hus HK) har pålstopp för enstaka pålar erhållits först vid mycket stora djup (upp till 100 m).

Uppfyllning under bör uppfylla kravet på lägst materialtyp 2 i AMA Anläggning. Vid samtliga fyllnings- och packningsarbeten bör skikttjocklek och packningsredskap väljas så att terrassen inte blir uppluckrad och lös på grund av vibrationer vid packningen

Kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas för en noggrannare bedömning av pålstoppsnivåer och eventuella påhängslaster. Även den positiva effekt som en avlastning av jorden får genom källare i byggnaderna, med resulterande minskade sättningar och därmed mindre påhängslaster, bör studeras i den vidare projekteringen.

Inga undersökningar för bestämning av **markgasförhållanden** har utförts på befintliga fyllnadsmassor och övrig friktionsjord. Undersökningar för bestämning av markradon bör utföras detaljprojekteringen för bestämning om radonsäker, radonskyddande eller traditionell grundläggning krävs för bostadshusen. Tills resultatet från dessa undersökningar medger annat gäller att planerad bebyggelse, där människor stadigvarande kommer att vistas, skall utföras med radonsäker grundläggning.

Källarkonstruktioner behöver, m.h.t. **risken för översvämningar**, göras tät upp till en nivå ej lägre än +12,8.

6.4 Grundläggning av ny bro över Säveån

Bron kommer troligen att grundläggas med stödpålar. Om djupen till fast botten är stort kan dock kohesionspålar bli aktuellt

Kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas för en noggrannare bedömning av pålstoppsnivåer och eventuella påhängslaster.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

6.5 Grundläggning av vägar

Kullagergatan som går längs Säveån kommer inom delområdena A och B behöver inte åtgärdas m.h.t. stabiliteten om befintlig erosionsskydd anordnas och en mindre avschaktning utförs närmast ån inom delområde B (se avsnitt 5.2). Inom delområdena C och D så kommer Kullageragatan, enligt skissförslag i Figur A.1.5 i *Bilaga A1*, att anläggas ovan garaget tillhörande byggnaden för köpcentrumet (se avsnitt 5.2). Skulle detta inte vara fallet, så måste vägen förstärkas m.h.t. stabiliteten. Detta kan antingen ske genom avlastning med lättfyllning motsvarande marknivåer enligt Bilaga C1 eller genom bankpålning.

För **Ryttmästaregatans** anslutning till den planerad pålgrundlagda bro kommer troligen bankpålning krävas närmast bron (< 10 m) för att dels att få en mjuk övergång mellan pålgrundlagd bro och oförstärkt vägbank och dels för att klara stabiliteten. Även för brons landfästet på andra sidan ån kommer bankpålning troligen krävas för att få en mjuk övergång mellan pålgrundlagd bro och oförstärkt vägbank.

För **överbyggnadsdimensionering** av vägar kan materialtyp 2 (AMA Anläggning) förutsättas för undergrunden av fyllning av friktionsjord mäktigare än 0,5 m, samt material 4B (AMA Anläggning) för undergrund med lera.

6.6 Schaktningsarbeten

Organisk jord bör schaktas bort under såväl byggnader som hårdgjorda ytor. I den befintliga fyllningen ovan leran kan schakt utföras med släntlutning 1:1,5.

Mindre temporära schakter i lera (<3 m) kan utföras med släntlutning 1:1 med obelastat släntkrön och plan markyta. För djupare temporära schakter (>3 m) krävs dock i regel särskilda åtgärder så som spont, avlastningsschakt eller dylikt. Hänsyn till befintlig grundläggning bör tas vid schaktarbetena.

I östra delen av detaljplaneområdet (delområde B) där lerdjupen är mindre (<10 m) finns risk för **hydraulisk bottenupptryckning** vid schakter djupare än 2 m. För sådana schakter krävs ett kontrollprogram för mätning av grundvattentryck i friktionsjorden under leran och eventuellt även åtgärder (t.ex. en längre spont och wellpoints) för att hålla nere grundvattentrycket. Inför schaktarbeten rekommenderas det att **kompletterande geotekniska undersökningar** utförs för lokalisering av ev. vattenförande silt- och sandskikt i leran, samt noggrannare bestämning av djup till friktionsjord i områden där lerdjupen är mindre.

Inför schaktningsarbetena rekommenderas det att **markmiljöundersökning** utförs för att klassificera befintliga fyllnadsmassor och ge rekommendationer för hur eventuella **förorenade fyllnadsmassor** skall hanteras. På grund av ev. förorenade fyllnadsmassorna kan **länsvattnet i schakterna** komma att vara kontaminerat. Länsvattnet kräver därför provtagning och ev. rening innan det kan infiltreras i omgivande mark eller släppas ut i Säveån.

6.7 Pålningsarbeten

Det rekommenderas att förstärkningsåtgärder, för de delsträckor där stabiliteten befunnits otillfredsställande utförs, innan **pålningsarbeten** påbörjas. I annat fall bör man tillse att dessa arbeten bara utförs vid vattenstånd överstigande medellågvattenstånd. Där pålningsarbeten utförs närmare Säveån än 50 m rekommenderas att pålningsarbetena bedrivs i riktning från ån. Här bör även ett kontrollprogram upprättas och med mätning av markrörelser och vattennivåer för kontroll att inte ett skred initieras pga pålningsarbetena.

Där pålningsarbeten, med standardpålar av betong, utförs i närheten (<15 m) av befintlig grundläggning bör pålningsarbete bedrivas med start från befintliga byggnader och utåt. Vidare bör **lerproppar** tas ned till ca 8 m djup för pålar närmare än 5 m från befintliga byggnader.

6.8 Omgivningspåverkan

Geotekniska omgivningspåverkan för nybyggnationen bedöms endast finnas under byggskedet. För att minimera påverkan på omgivning och minimera riskerna för skred under byggskedet bör dels en riskanalys upprättas för att identifiera känsliga objekt och dels kontrollprogram upprättas vid främst pålningsarbeten närmare ån än 50 m. Under driftskede bedöms dock nybyggnationen inte ge någon geoteknisk omgivningspåverkan.

Vid samtliga pålnings-, packnings- och schaktningsarbeten finns risk för skador p.g.a. markvibrationer och markrörelse för närbelägna byggnader, samt risk för störning av känsliga utrustningar och verksamheter. En **riskanalys** med tillhörande föreskrifter **angående tillåtna markvibrationer och rörelser** vid markarbeten bör därför tas fram. Det bör noteras att en del av de befintliga byggnaderna i områdets närhet kan ha mindre sättningsskador. Noggranna besiktningar och, i vissa fall, vibrationsmätningar bör utföras inför och under pålnings- och schaktningsarbetena.

Vid pålnings-, packnings- och schaktarbeten inom 50 m från ån, bör **kontrollprogram** upprättas för att dels ha kontroll på de markrörelser som uppstår och dels ha kontroll på de yttre förhållanden (t.ex. vattenstånd och grundvattentryck) som kan ge påverkan på sluntstabiliteten. I kontrollprogrammen bör det finnas dels ett rapporteringsgränsvärde och produktionsgränsvärde. Vid överstigande av ett rapporteringsgränsvärde skall beställarens geotekniker omedelbart kontaktas för konsultation. Motsvarande skall vid överstigande av ett produktionsgränsvärde, samtliga markarbeten inom riskområdet för ev. skred omedelbart stoppas och ej återupptas förrän förändrat arbetsförfarande eller felaktig mätresultat utretts och förankrats hos beställaren.

Riskanalysen kan vara övergripande för hela planområdet, medan kontrollprogram kan tas fram i projekteringen för respektive objekt.

Efter klar byggnation, inklusive åtgärder för stabilitet, erosion och översvämning, bedöms yttre förhållanden (t.ex. vattenstånd) ha mycket liten negativ påverkan för planområdet.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

6.9 Arbetsordning

Utifrån att totalstabilitet ej helt är tillfredställande inom detaljplaneområdet krävs att stabilitetshöjandeåtgärder vid åbrinken utförs innan övriga byggnadsarbeten påbörjas. Om Kullagergatan inte anläggs ovan garaget till köpcentrumet, måste även förstärkningsåtgärder för vägen utförs innan övriga byggnadsarbeten sätts igång. Detta även för att tillse att man får en transportväg till och från planområdet som är oberoende av stabiliteten och rådande vattenstånd i ån.

Efter att stabilitetshöjande åtgärder vid åbrinken och ev. förstärkningsarbeten för Kullagergatan, är schaktarbete för köpcentrumet det första större byggnadsarbete som är planerat. Här kan spont komma att krävas för att klara ev. större nivåskillnader mot Kullagergatan. Efter det att källaren för köpcentrumet har byggts, planeras grundläggningsarbeten för bostadshusen längs ån. Samtliga pålnings- och schaktarbeten för dessa hus bör utföras enligt rekommendationer angivna under avsnitt 5.7 och 5.8. Detta gäller även byggnadsarbetena för bron över Säveån.

7 PRELIMINÄRT UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING

7.1 Allmänt

Dimensionering, utförande och kontroll av permanenta och temporära grundkonstruktioner skall utföras i som lägst geoteknisk kategori GK 2. Grundkonstruktioner hänförs till säkerhetsklass SK 2.

Total- och lokalstabilitet för schakter och eventuella permanenta slänter skall utformas och utföras med en säkerhetsfaktor mot brott som är som lägst 1,5-faldig i odränerad analys och 1,3-faldig enligt dränerad analys. Säkerheten mot brott pga. hydraulisk bottenupptryckning ska vara lägst 1,1-faldig.

Gällande föreskrifter vid dimensionering av grundkonstruktioner tillhörande både byggnader och vägar är SS-EN-1997-1 med IEG:s tillämpningsdokument, samt Trafikverkets och Boverkets författningssamlingar VVFS 2009:19, respektive BFS 2009:16.

7.2 Dimensionerade jordmodell

Jordlagerföljder utvärderas ur det geotekniska underlaget. Vid dimensionering av grundläggningen för byggnaden kan de geotekniska materialegenskaperna angivna i Bilaga B2 användas.

L:\5250\HSB Göteborg\102153053_Dokument\36_PM_Rapport\PM-001\PM-001D.doc

8 REFERENSER

J&W, 1998 ”*Förstärkningsarbeten längs Säveån utmed SKF:s industriområde,* Bygghandling”. Uppdragsnummer 82500014. Datum 1998-05-08. Utförd av AB Jacobson & Widmark på uppdrag av SKF Sverige AB.

Hedar AB, 1977 ”*Besiktning av SKF:s industriområde med hänsyn till eventuell akut skredrisk*”. Uppdragsnummer 501.20. Datum 1977. Utförd av PA på uppdrag av SKF Sverige AB.

Hedar AB, 1980 ”*Stabilitetsförhållanden för planerad keramikverkstad vid S-fabriken i Ryttmästaregatans förlängning vid Stallmästaregatan*”. Uppdragsnummer 501.24. Datum 1980. Utförd av PA på uppdrag av SKF Sverige AB

SIB, 1970 ”*Erosionsskydd utefter Säveåns norra strand (etapp I) mellan Stallmästarebron och Järnvägsbron,* Anbudshandlingar”. Uppdragsnummer 594.6. Datum 1970-02-20. Utförd av Sydsvenska Ingenjörsbyrån AB på uppdrag av SKF Sverige AB.

SIB, 1972 ”*Erosionsskydd utefter Säveåns norra strand (etapp III) mellan Verkstadsklubben och Stallmästarebron,* Anbudshandlingar”. Uppdragsnummer 594.9. Datum 1972-08-29. Utförd av Sydsvenska Ingenjörsbyrån AB på uppdrag av SKF Sverige AB.

SKF, 1966 ”*Stödmur längs Säveån, Hus HK3,* Bygghandlingar”. Datum 1966-06-09. Utförd av SKF Sverige AB.

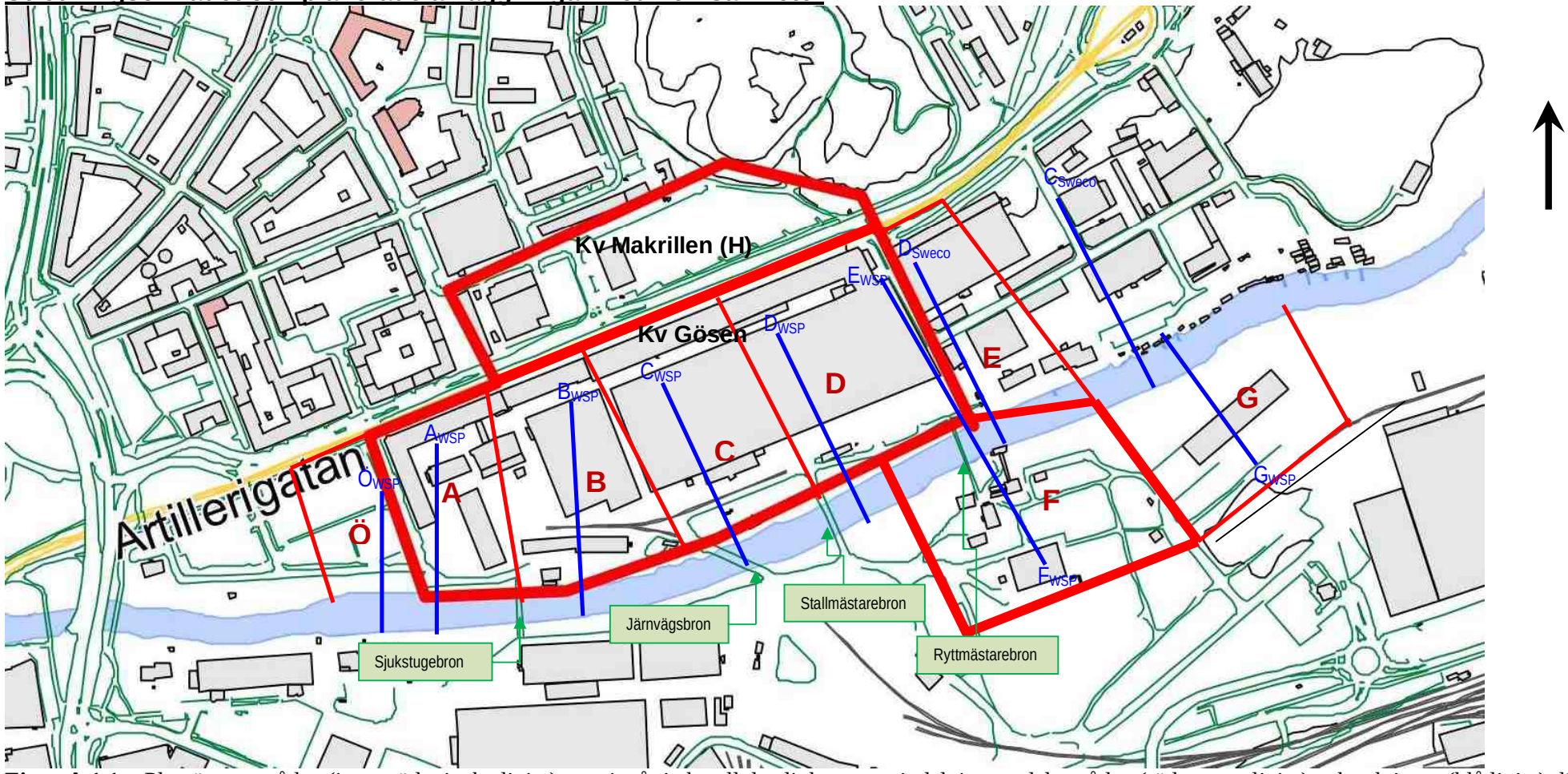
Sweco, 2001 ”*Förstärkningsarbeten vid Herrgården*, Förfrågningsunderlag”. Uppdragsnummer 1310380. Datum 2001-07-06. Utförd av Sweco AB på uppdrag av SKF Sverige AB.

Sweco, 2009 ”*PM Geoteknik*, Fördjupad stabilitetsutredning, Bellevue industriområde”. Uppdragsnummer 2305-356. Datum 2009-07-06. Utförd av Sweco AB på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad.

WSP, 2005a ”*Teknisk beskrivning av vattenverksamhet och arbete inom Natura 2000-område*, Väg 45/E20, Partihallsförbindelsen,”, Uppdragsnummer 10054333. Datum 2005-12-22. Utförd av WSP Samhällsbyggnad på uppdrag av Vägverket – Region Väst.

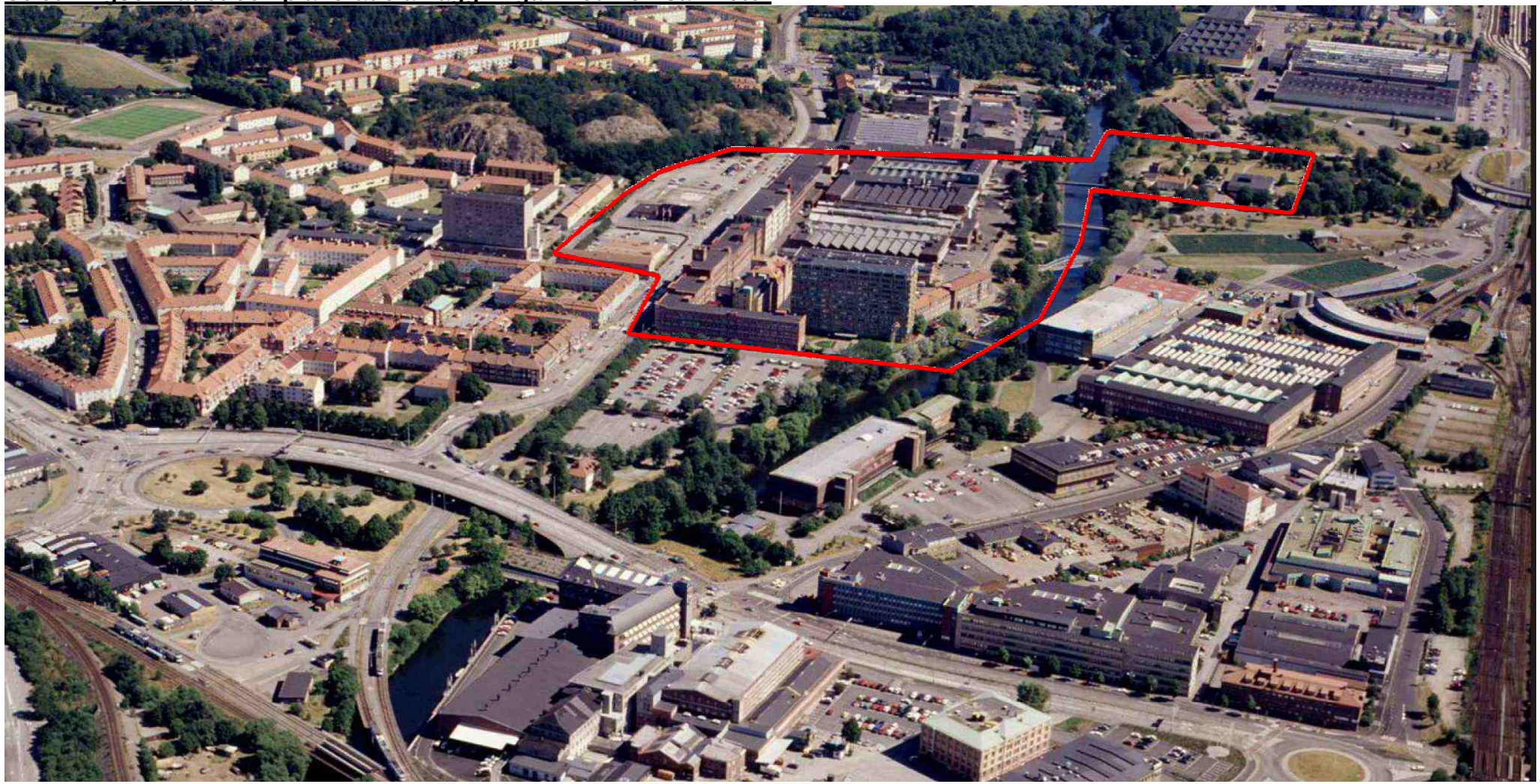
WSP, 2005b ”*En översiktlig sammanfattning av byggnaders grundläggning och konstruktioner,* Fastigheter norr om Säveån, Gamlestaden 2:9”. Uppdragsnummer 10067555, Datum 2005-11-30. Utförd av WSP Byggprojektering på uppdrag av SKF Sverige AB.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



Figur A.1.1 Plan över områden (inom röda tjocka linjer) som ingår i aktuell detaljplan, samt indelning av delområden (röda tunna linjer) och sektioner (blå linjer) där släntstabilitet har beräknats.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter

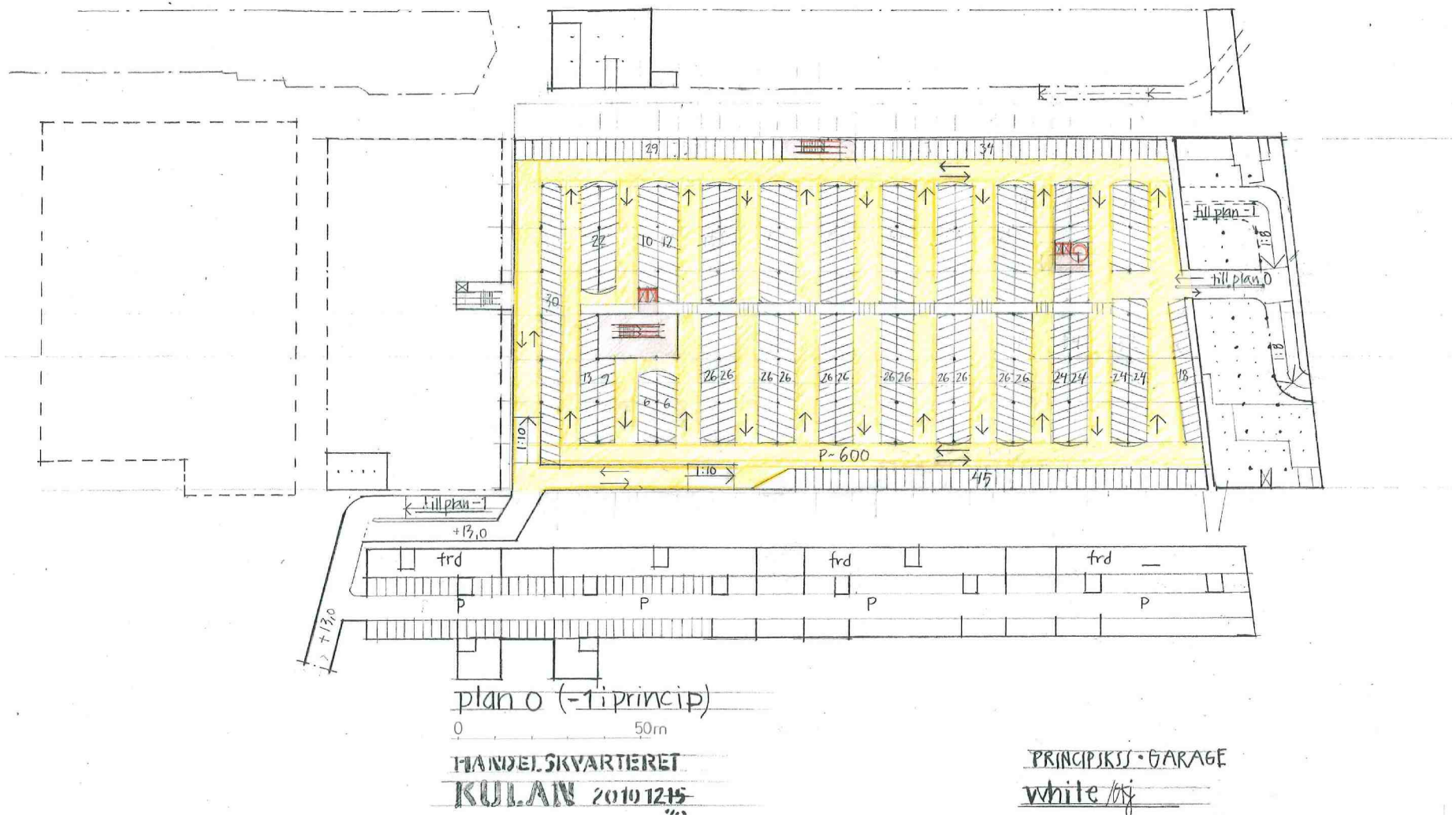


Figur A.1.2 Flygbild över Gamlestaden där området inom röda tjocka linjer ingår i aktuell detaljplan.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter

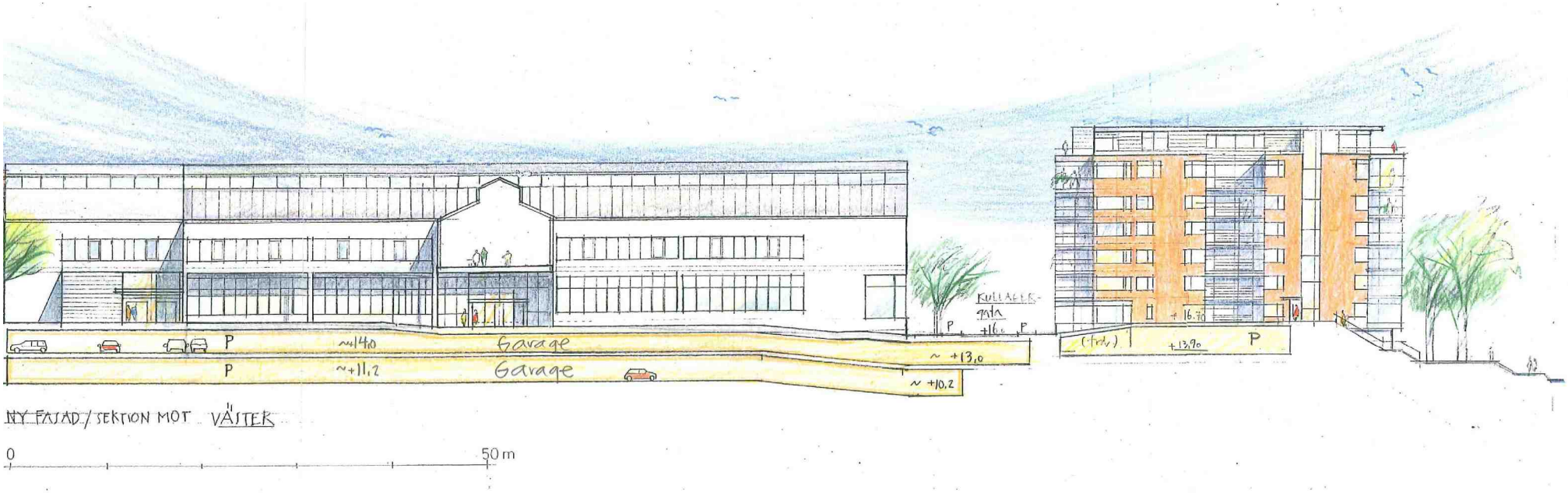
Figur A.1.3 Kända detaljplaneförutsättningar för den östra delen av fastigheten Kv. Gösen.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



Figur A.1.4 Principskiss i plan för garage under byggnader inom fastigheten Kv. Gösen.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



Figur A.1.5 Principskiss i sektion för garage under byggnader inom fastigheten Kv. Gösen.

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.1 Fotografi tagen vid Hornsgatan i sydlig riktning över parkeringsplats vid stödmur (Delområde A).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.2 Fotografi tagen vid Kullagergata i västlig riktning längs stödmur vid Säveåns norra sida (Delområde A).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.3 Fotografi tagen vid Kullagergatan i sydlig riktning över erosionsskydd längs Säveåns norra sida (Delområde A).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.4 Fotografi tagen från Sjukstugebron i västlig riktning över åkanten vid Säveåns norra sida (Delområde A).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.5 Fotografi tagen från Sjukstugebron i västlig riktning över erosionsskyddet vid Säveåns norra sida (Delområde A).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.6 Fotografi tagen från Sjukstugebron i östlig riktning över erosionsskyddet vid Säveåns norra sida (Delområde B).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.7 Fotografi tagen från Sjukstugebron i östlig riktning över åkant längs Säveåns norra sida (Delområde B).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.8 Fotografi tagen vid Järnvägsbron västlig riktning över stödmur vid Säveåns norra sida (Delområde B).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.9 Fotografi tagen vid Järnvägsbron sydlig riktning över träskoning vid Säveåns norra sida (Delområde B).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.10 Fotografi tagen vid Järnvägsbron sydlig riktning över träskoning vid Säveåns norra sida (Delområde B).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.11 Fotografi tagen från Järnvägsbron västlig riktning över åkant längs Säveåns norra sida (Delområde B)

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.12 Fotografi tagen från Järnvägsbron nordöstlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde C).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.13 Fotografi tagen från Järnvägsbron östlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde C).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.14 Fotografi tagen från Stallmästarebron östlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde D).

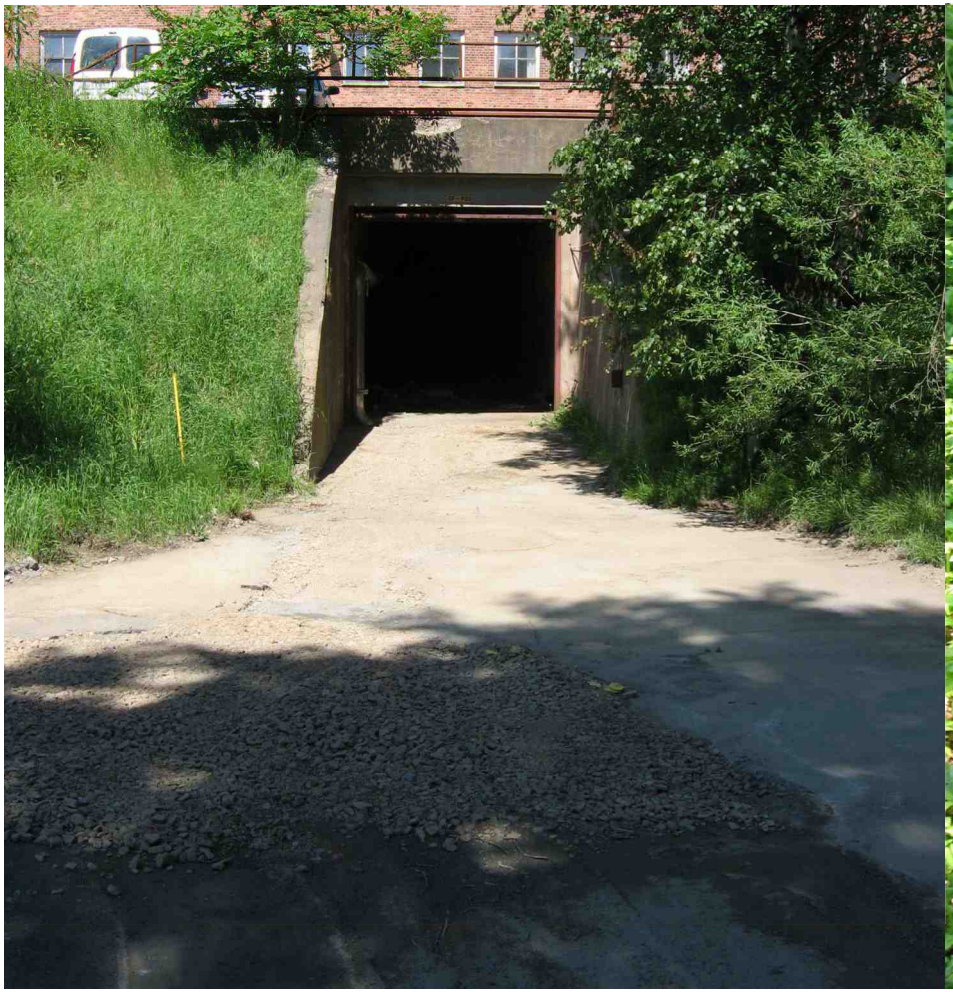
Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.15 Fotografi tagen från Ryttmästarebron västlig riktning med befintlig erosionsskydd vid Säveåns norra sida på höger sida (Delområde D).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.16 Fotografi tagen från Ryttmästarebron västlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde D).

Fotografier från utredningsområdet



Figur B.1.17 Fotografi tagen vid Ryttmästarebron nordlig riktning över kulvertar nedan stor industriplan (Delområde D).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.18 Fotografi tagen från Ryttmästarebron östlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde E).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.19 Fotografi tagen från Ryttmästarebron östlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns norra sida (Delområde E).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.20 Fotografi tagen vid Ryttmästarebron sydlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns södra sida (Delområde F).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.21 Fotografi tagen från Ryttmästarebron västlig riktning över erosionsskydd vid Säveåns södra sida (Delområde F).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.22 Fotografi tagen från Ryttmästarebron östlig riktning över åkant vid Säveåns södra sida (Delområde G).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.23 Fotografi tagen vid Ryttmästarebron sydlig riktning över träskoning vid Säveåns södra sida (Delområde G).

Fotografier från utredningsområdet

Figur B.1.24 Fotografi tagen vid Ryttmästarebron nordlig riktning över träskoning vid Säveåns södra sida (Delområde G).

Fotografier från utredningsområdet

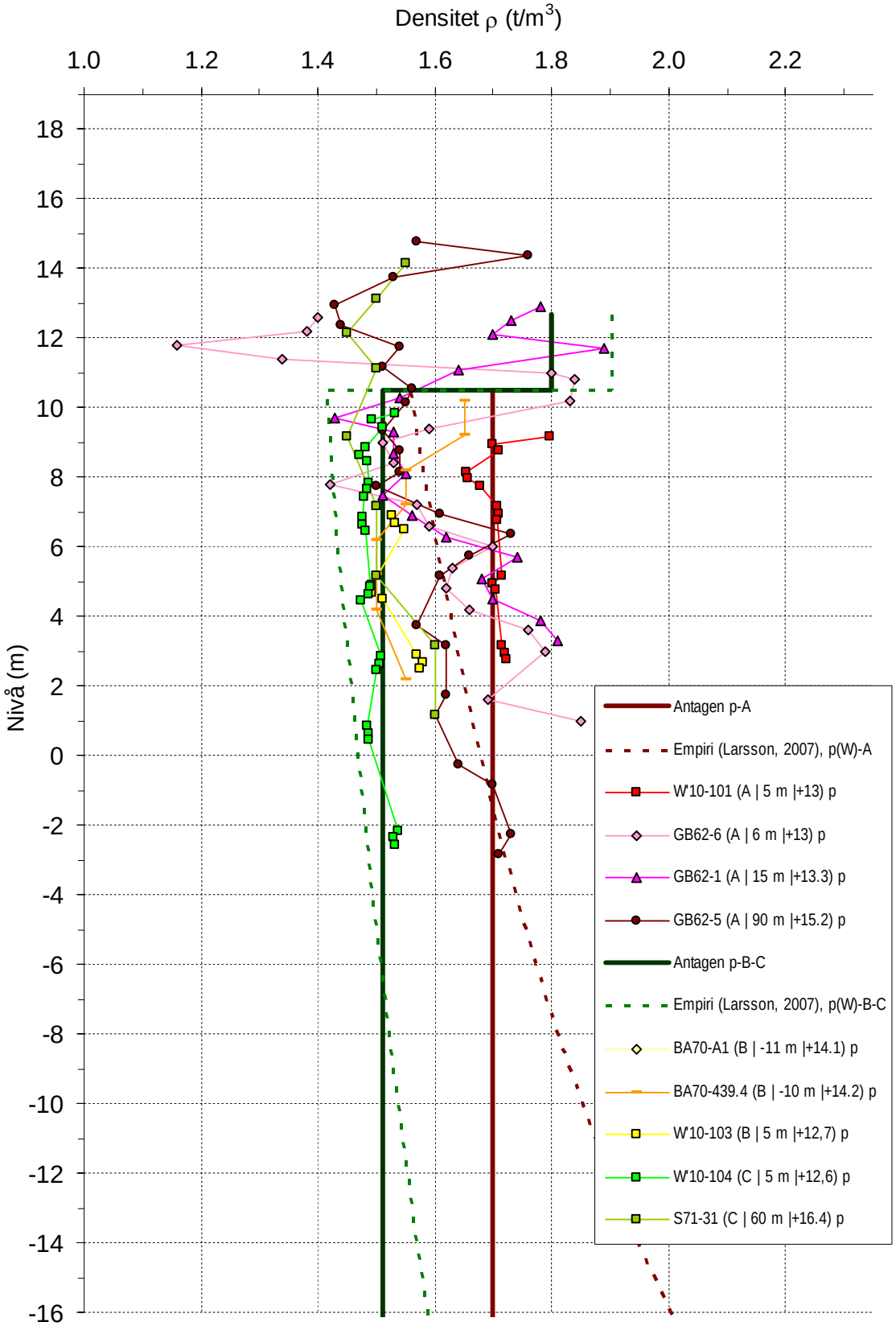
Figur B.1.25 Fotografi tagen av bergspartiet strax nordost om detaljplaneområde vid Kv. Makrillen (Delområde H)

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)

Tabell B2.1.1 Valda materialegenskaper för leran använda i beräkningarna

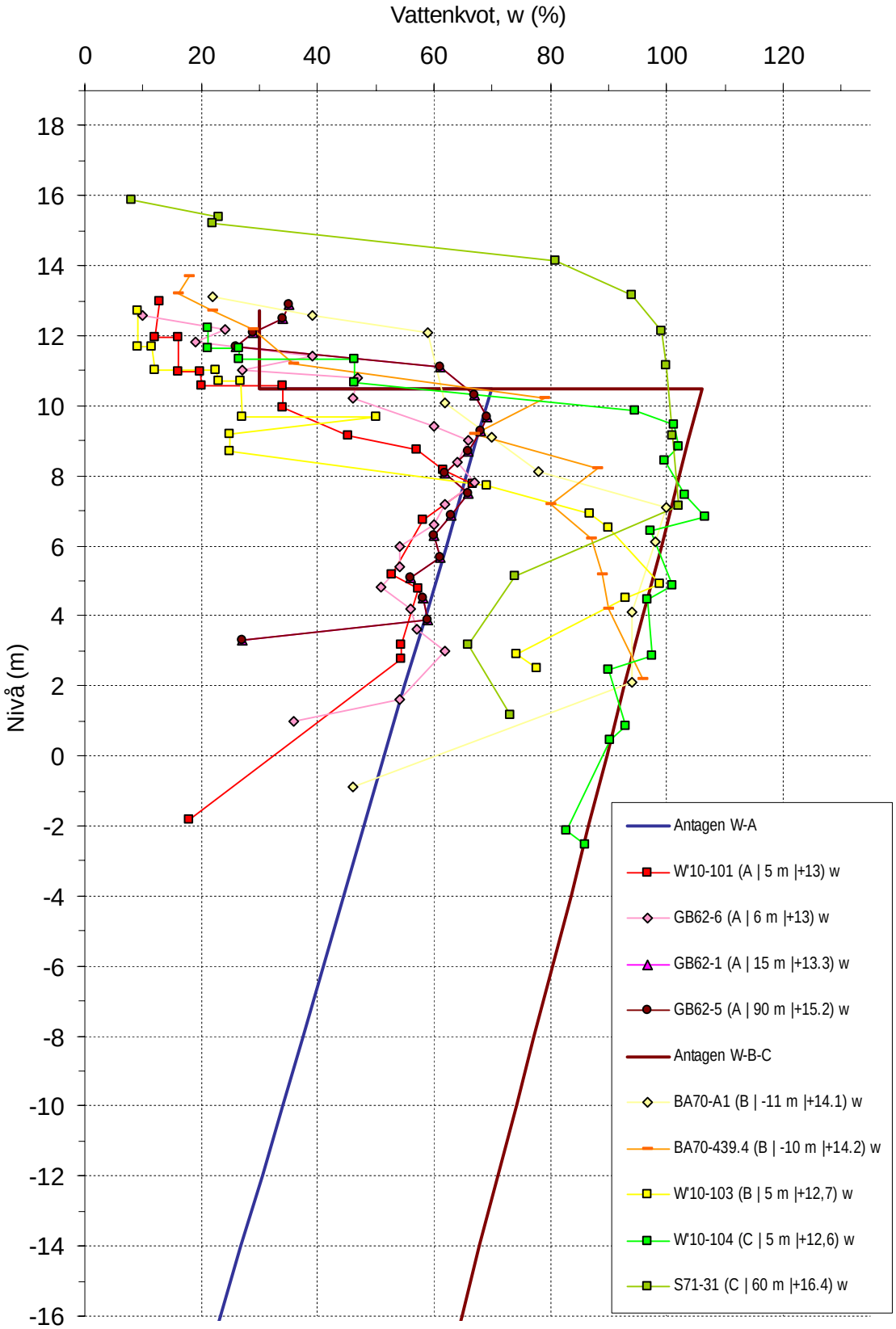
Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-A-1 (Ned till nivå +10.5)	Tunghet	γ_k = 17.0 kN/m³ γ_{mk} = 17.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +10.5	c_{uk} = 11.1 + 0.7·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.4
Le–A-2 (Från nivå +6)	Tunghet	γ_k = 17.0 kN/m³ γ_{mk} = 17.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +6	c_{uk} = 19.0 + 1.0·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.4
Le-B-C-1 (Ned nivå +10.5)	Tunghet	γ_k = 15.1 kN/m³ γ_{mk} = 15.1 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +10.5	c_{uk} = 11.1 + 0.7·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.6
Le–B-C-2 (Från nivå +6)	Tunghet	γ_k = 15.1 kN/m³ γ_{mk} = 15.1 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +6	c_{uk} = 19.0 + 1.0·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.6

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



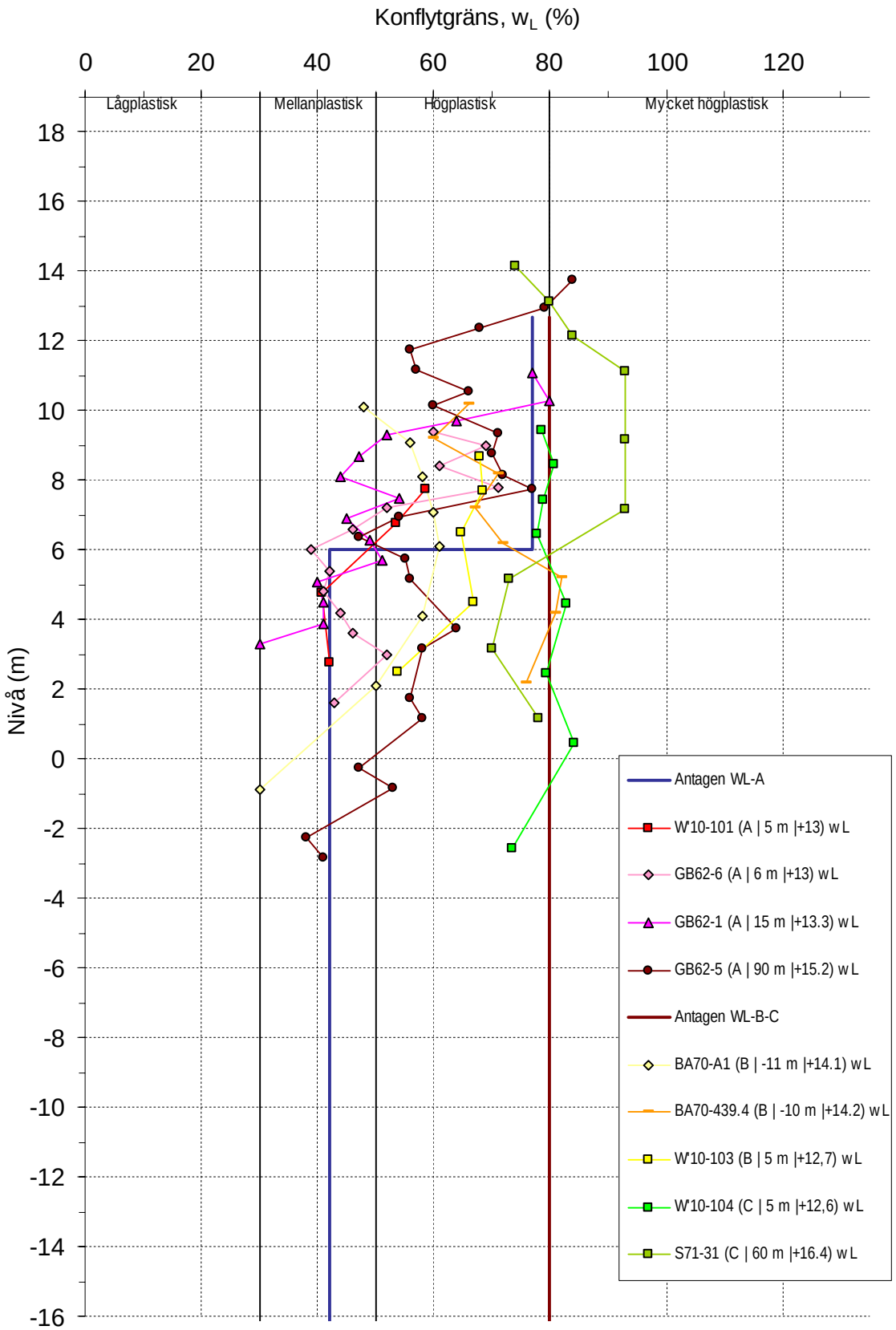
Figur B2.1.1 Resultat från densitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



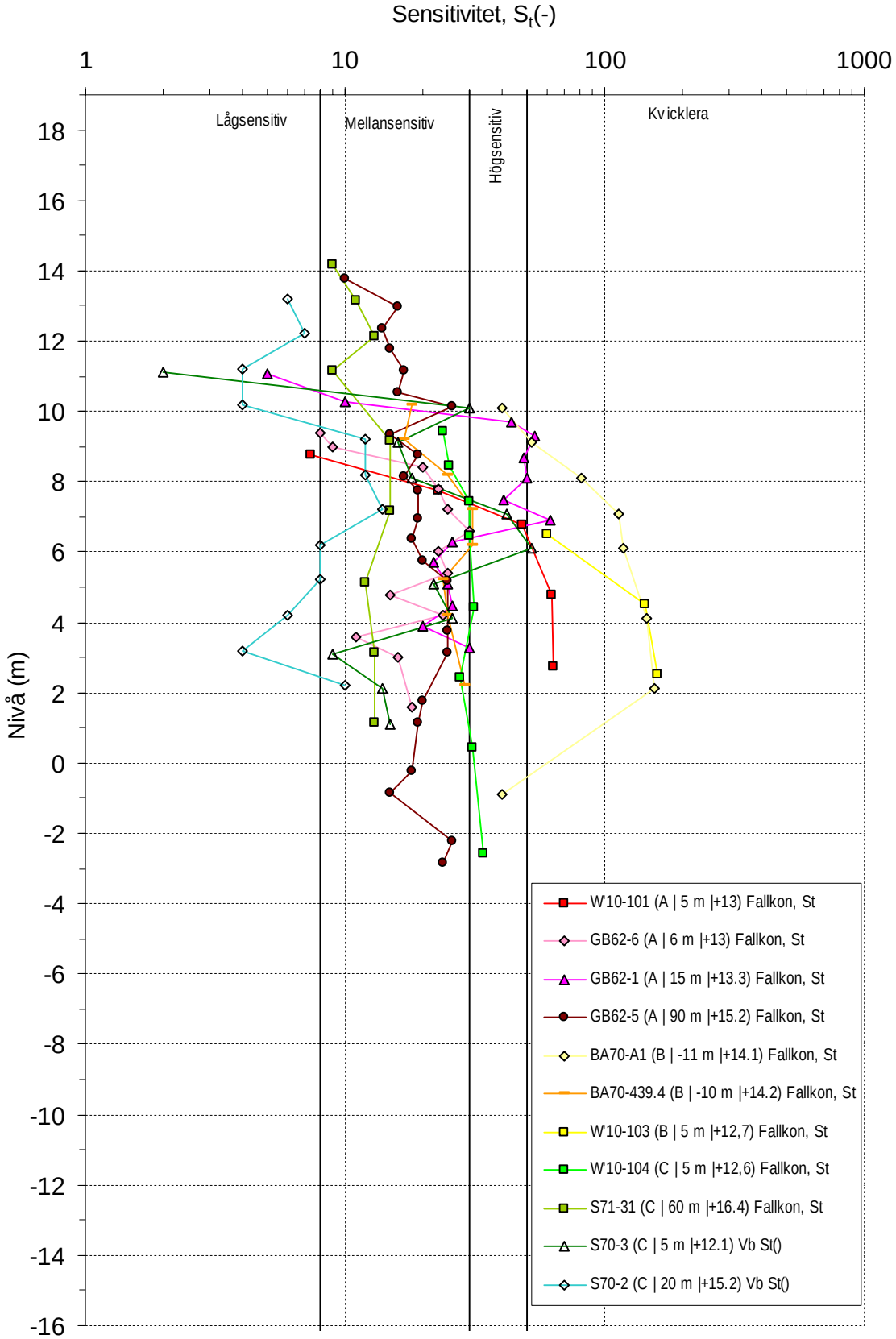
Figur B2.1.2 Resultat från vattenkvotsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



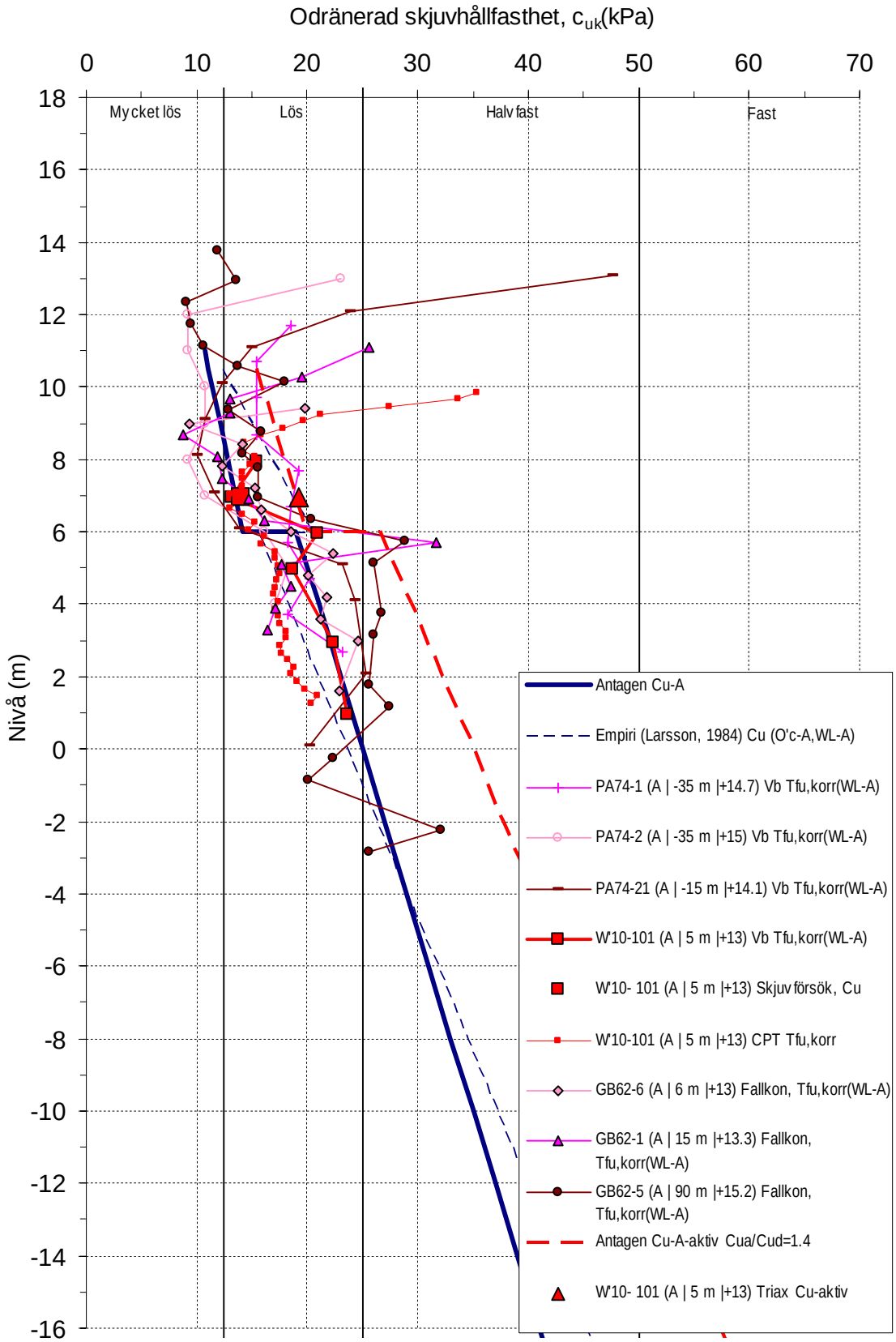
Figur B2.1.3 Resultat från konflytgränsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



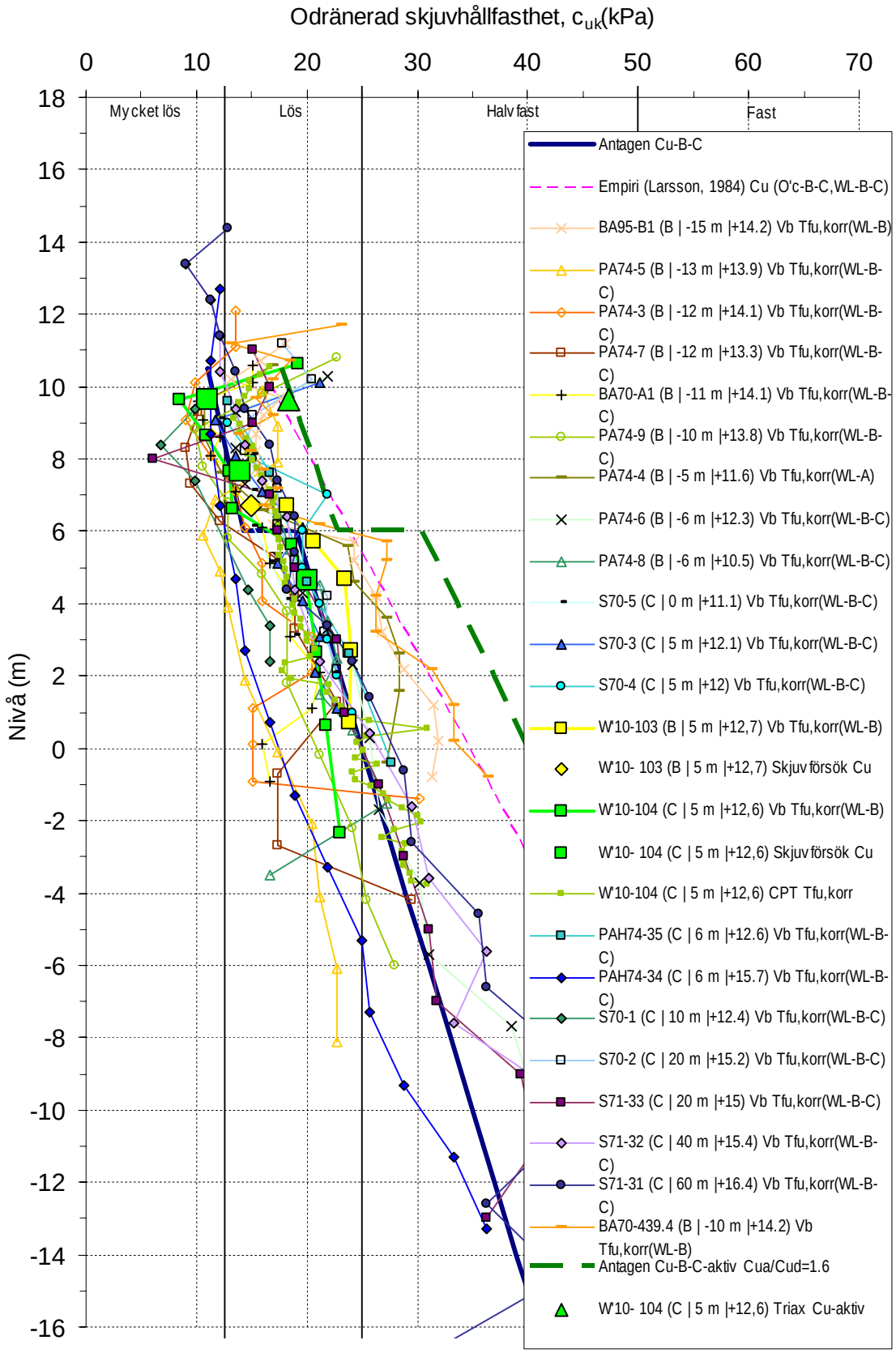
Figur B2.1.4 Resultat från sensitivitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



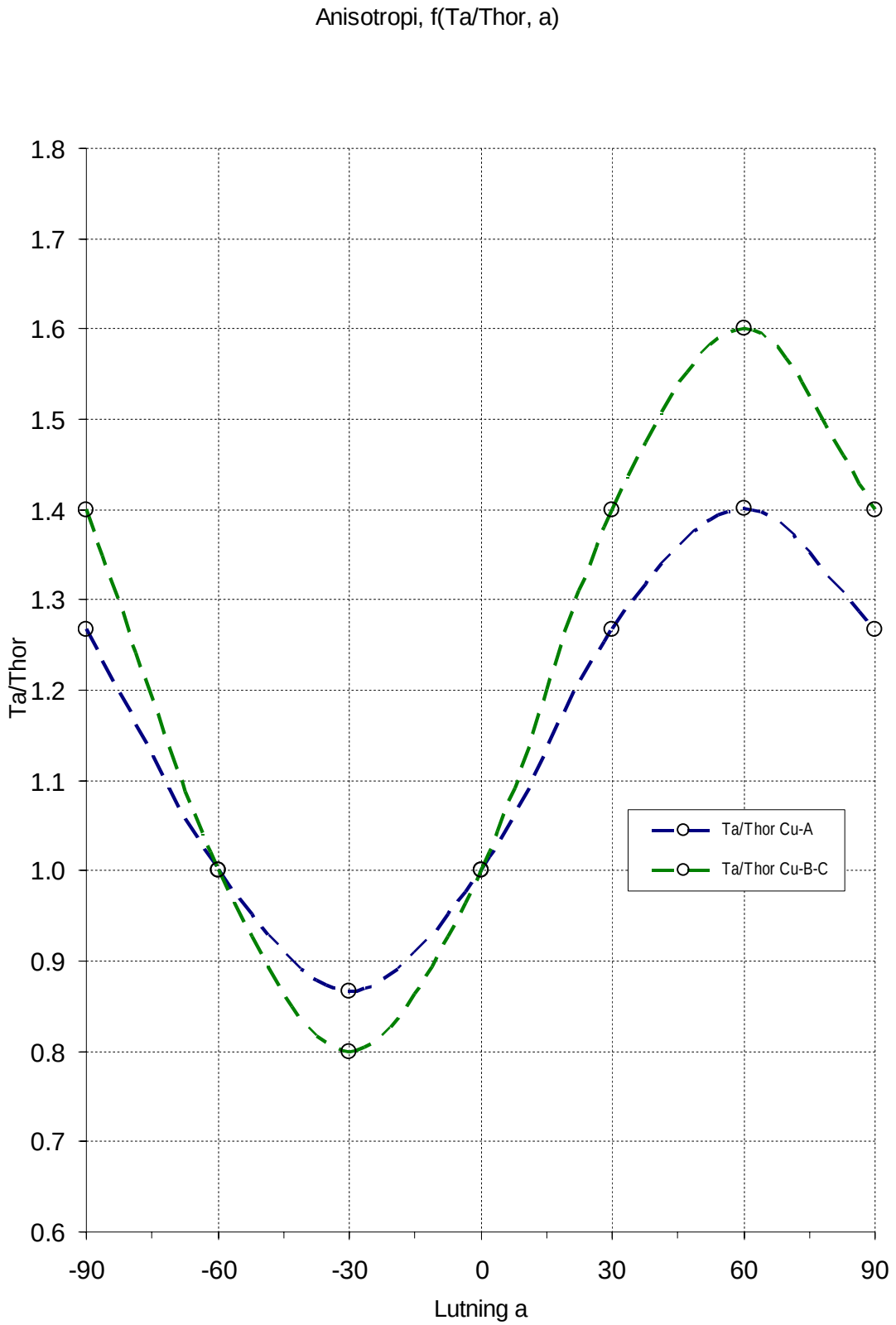
Figur B2.1.5 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet i delområde A

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



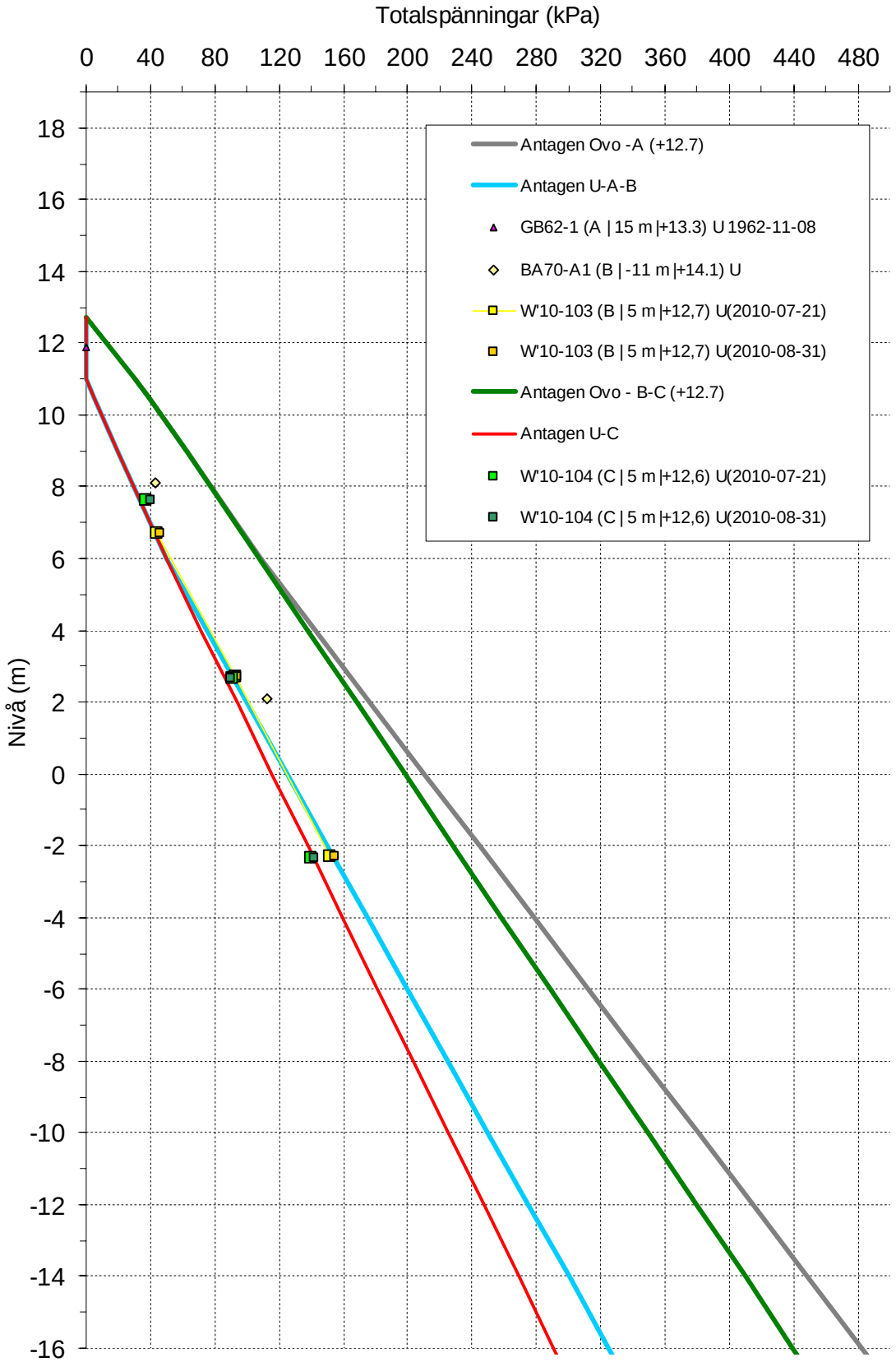
Figur B2.1.6 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet i delområde B och C

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



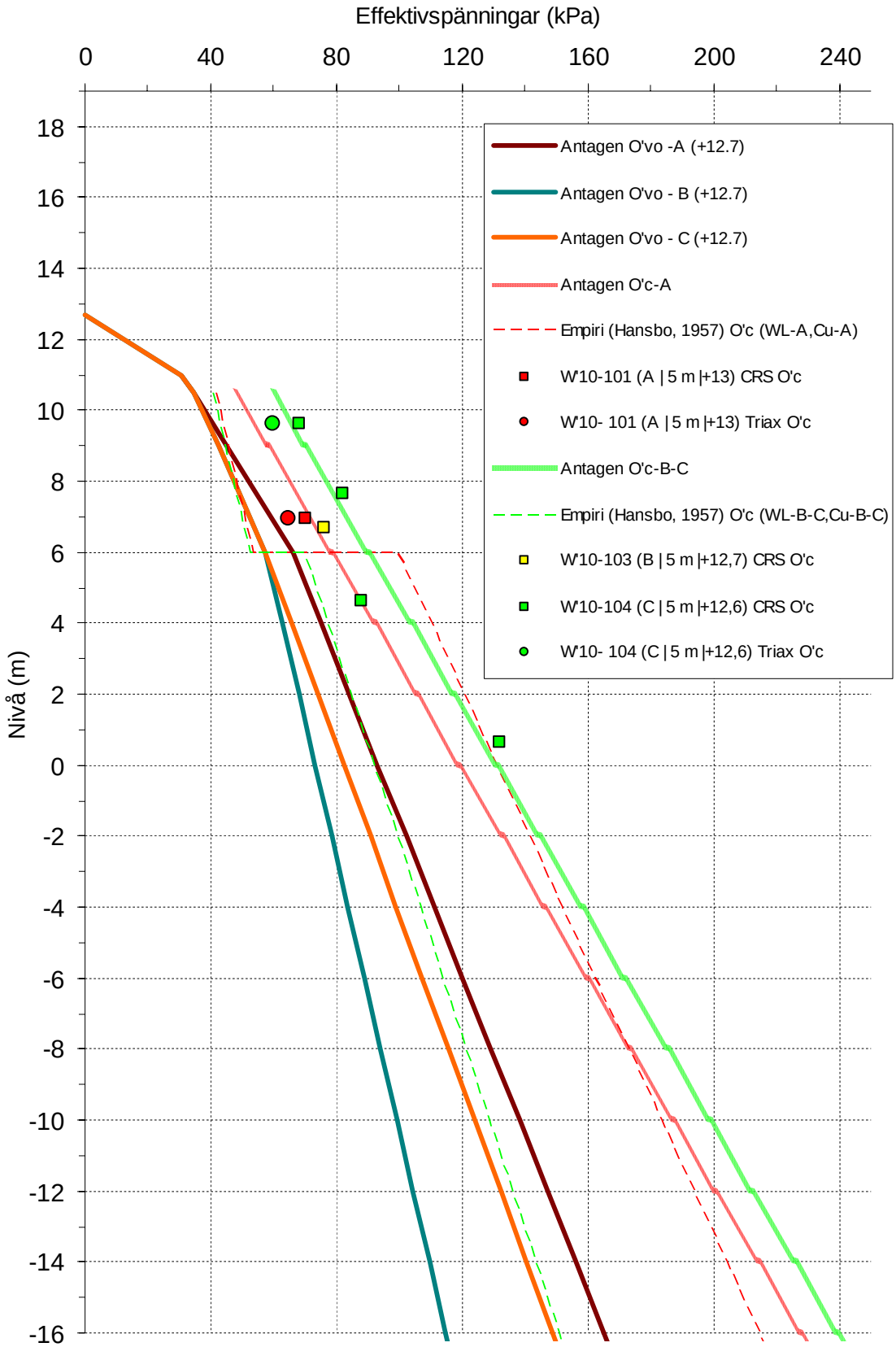
Figur B2.1.7 Anisotropifunktion för odränerad skjuvhållfasthet för aktuella leror beroende på lutningen av skjuvplanet.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



Figur B2.1.8 Jordens vertikala totalspänningar och uppmätta porvattentryck.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)



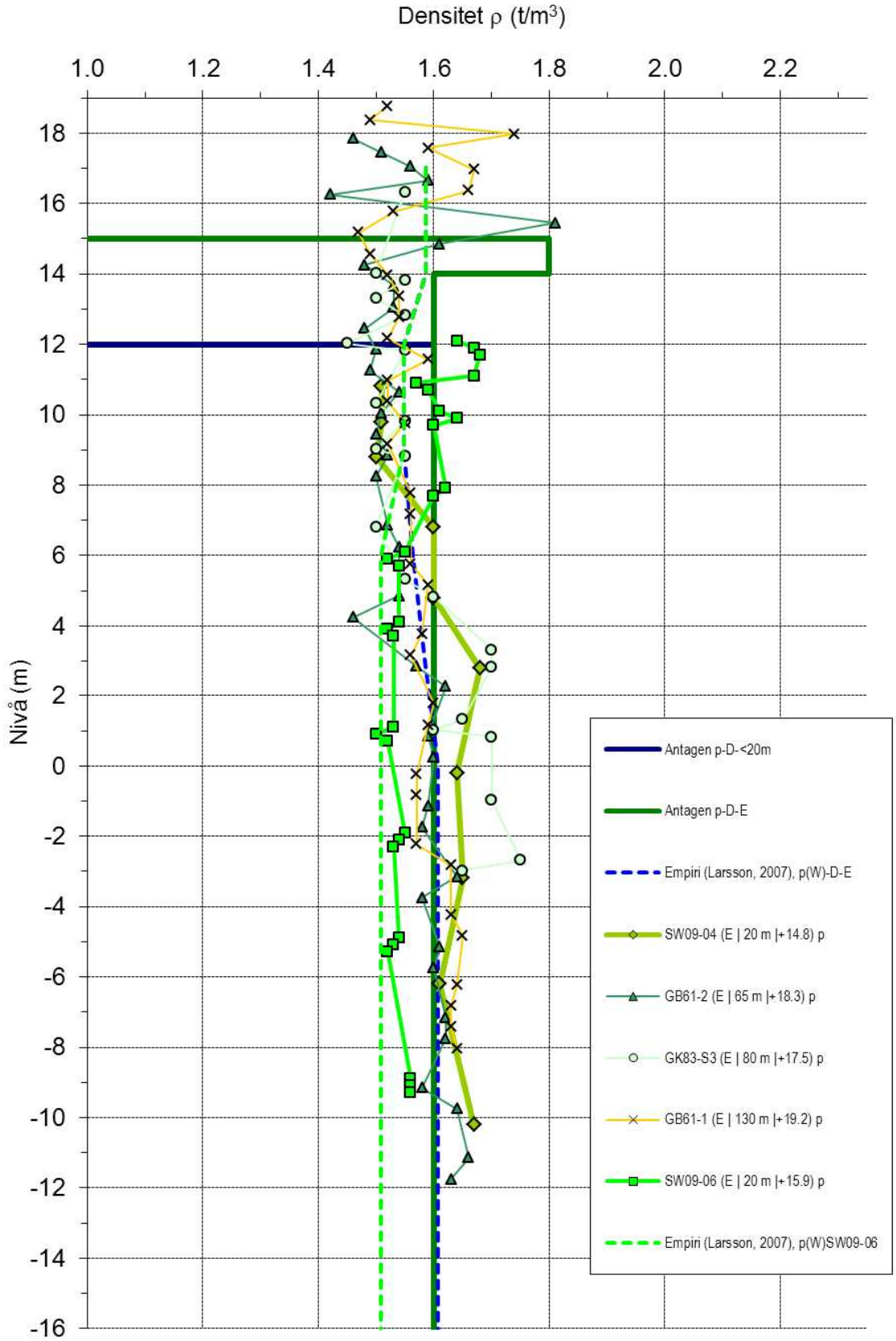
Figur B2.3.9 Jordens vertikala effektivspänningar och resultat från bestämningar av förkonsolideringsspänningar

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)

Tabell B2.2.1 Valda materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering

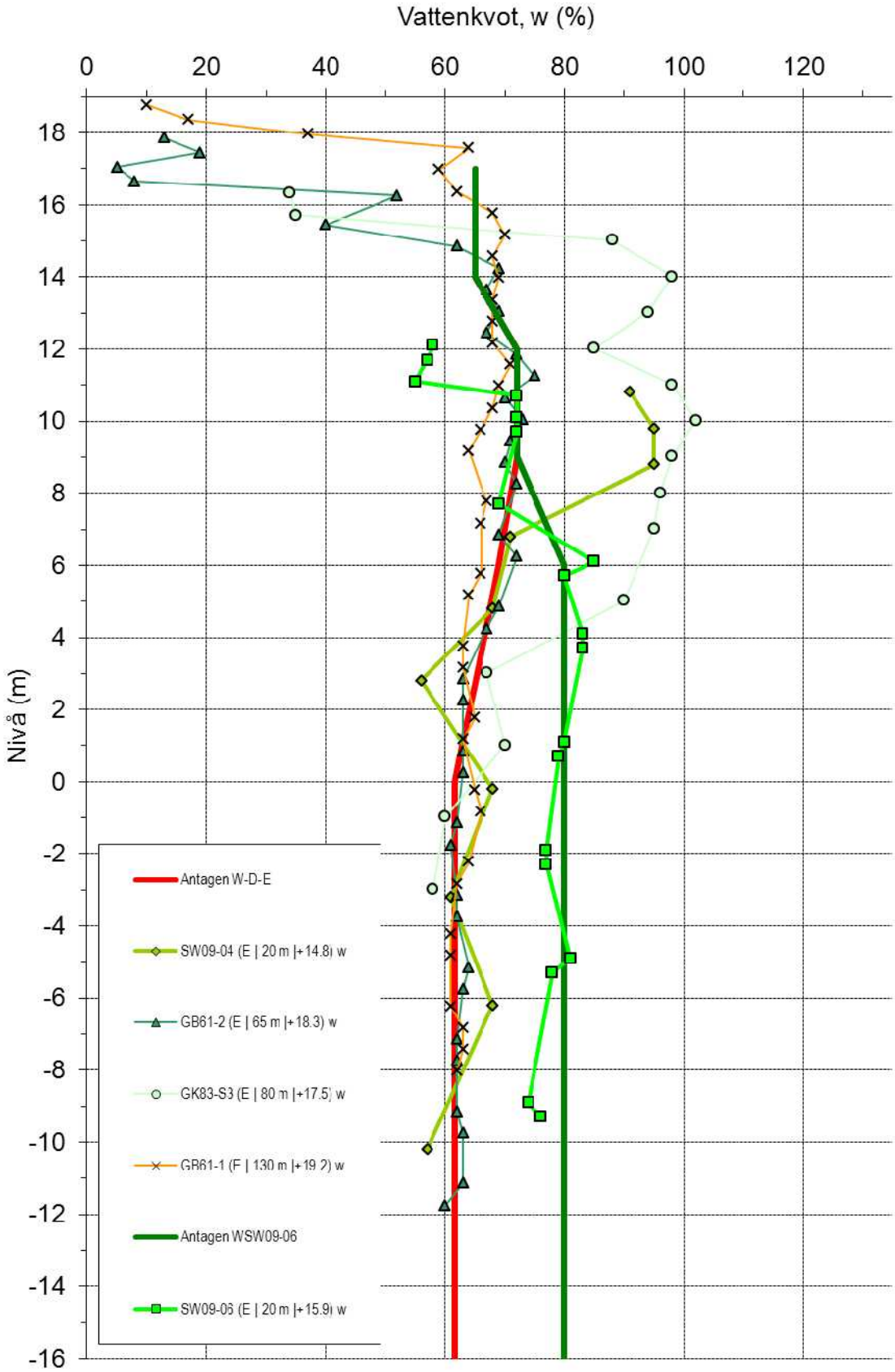
Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-D-E-1 (Längre från åbrink > 20 m) (Ned till nivå +12)	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet	c_{uk} = 14.5 kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.45
Le-D-E-2 (Längre från åbrink > 20 m) (Från nivå +12)	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +12	c_{uk} = 14.5 + 1.7·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.45
Le-D-E-3 (Ånära, åbrink < 20 m	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +9	c_{uk} = 19.5 + 1.0·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.45

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



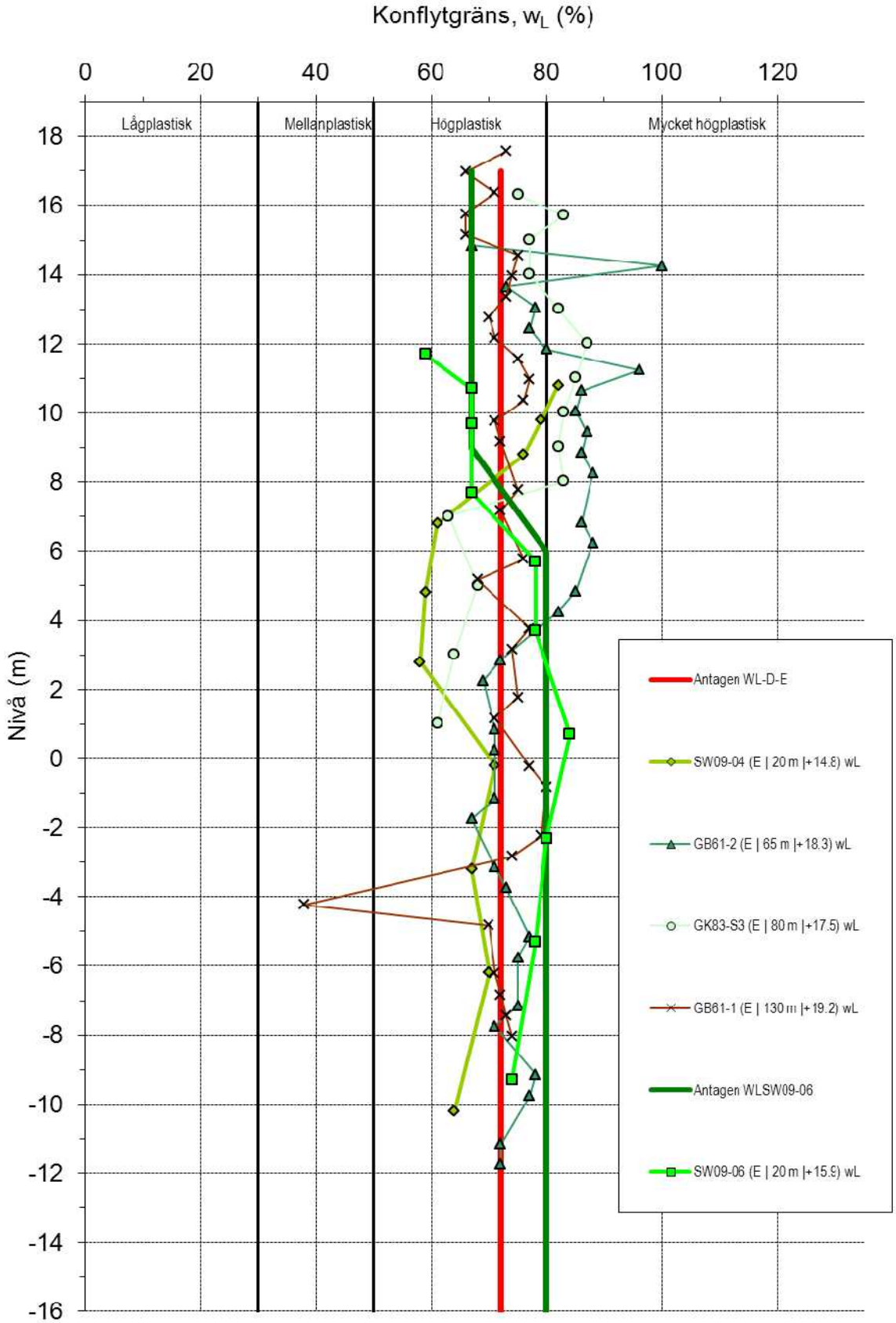
Figur B2.2.1 Resultat från densitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



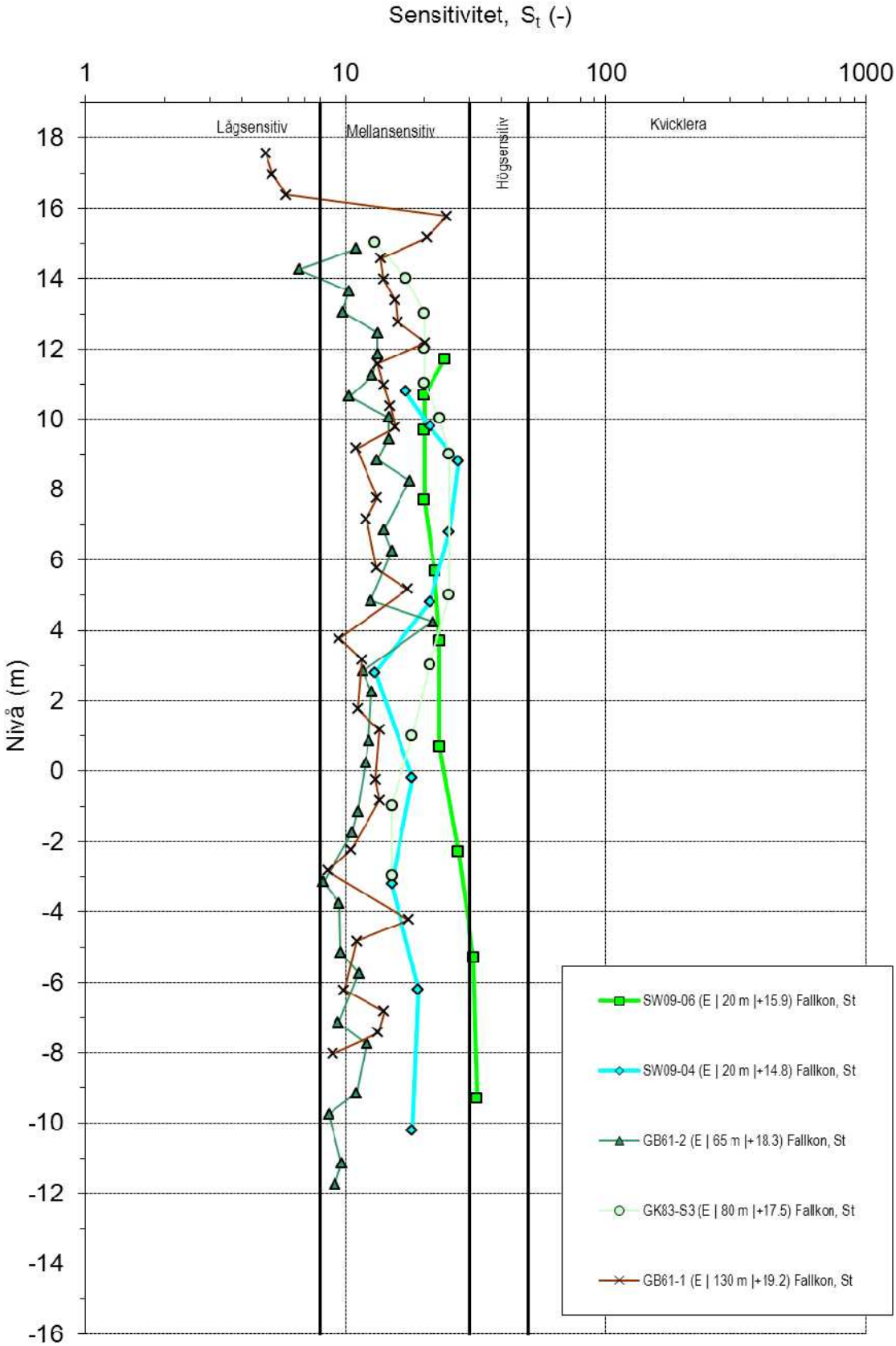
Figur B2.2.2 Resultat från vattenkvotsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



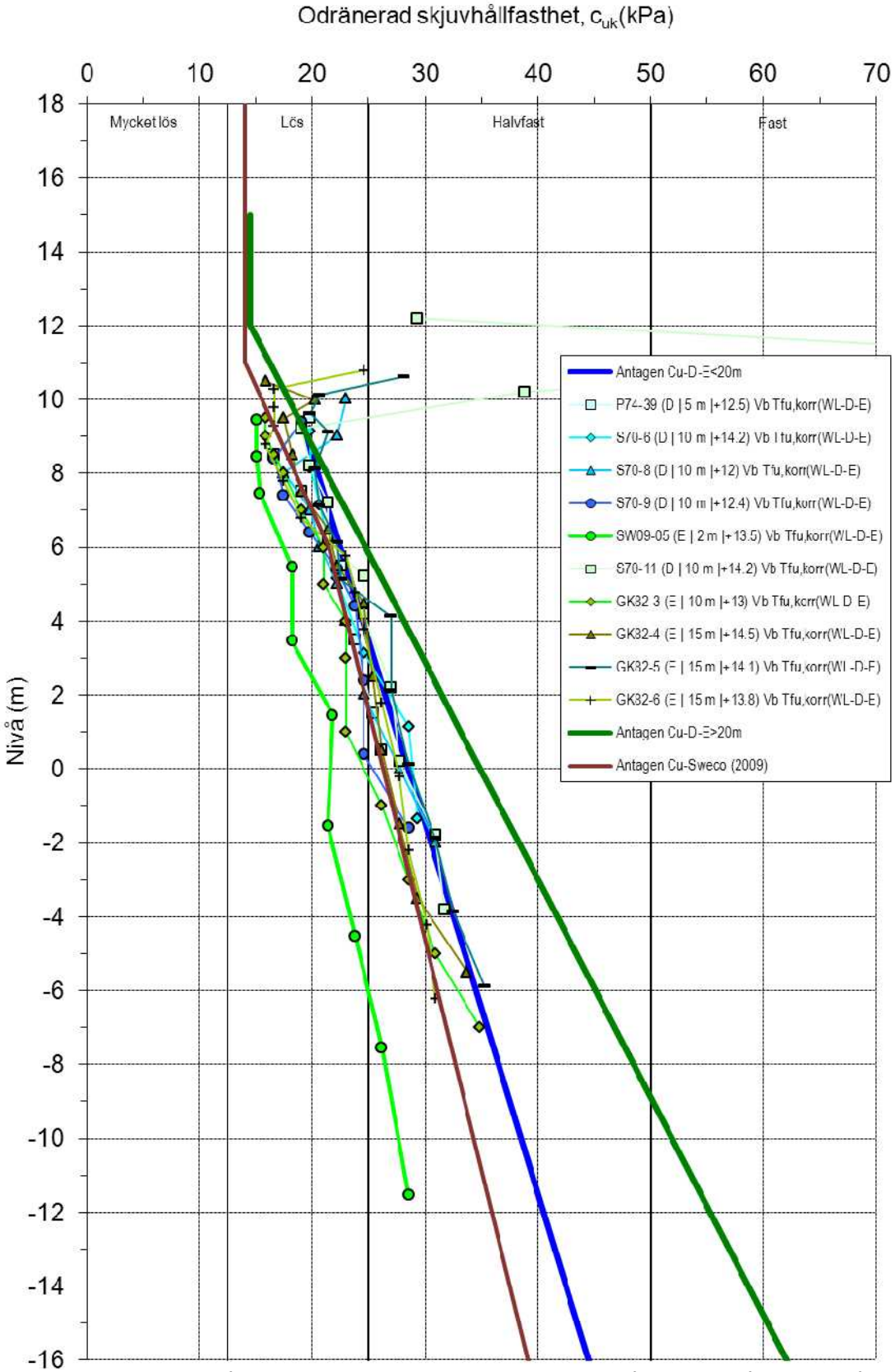
Figur B2.2.3 Resultat från konflytgränsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



Figur B2.2.4 Resultat från sensitivitetsbestämningar i området

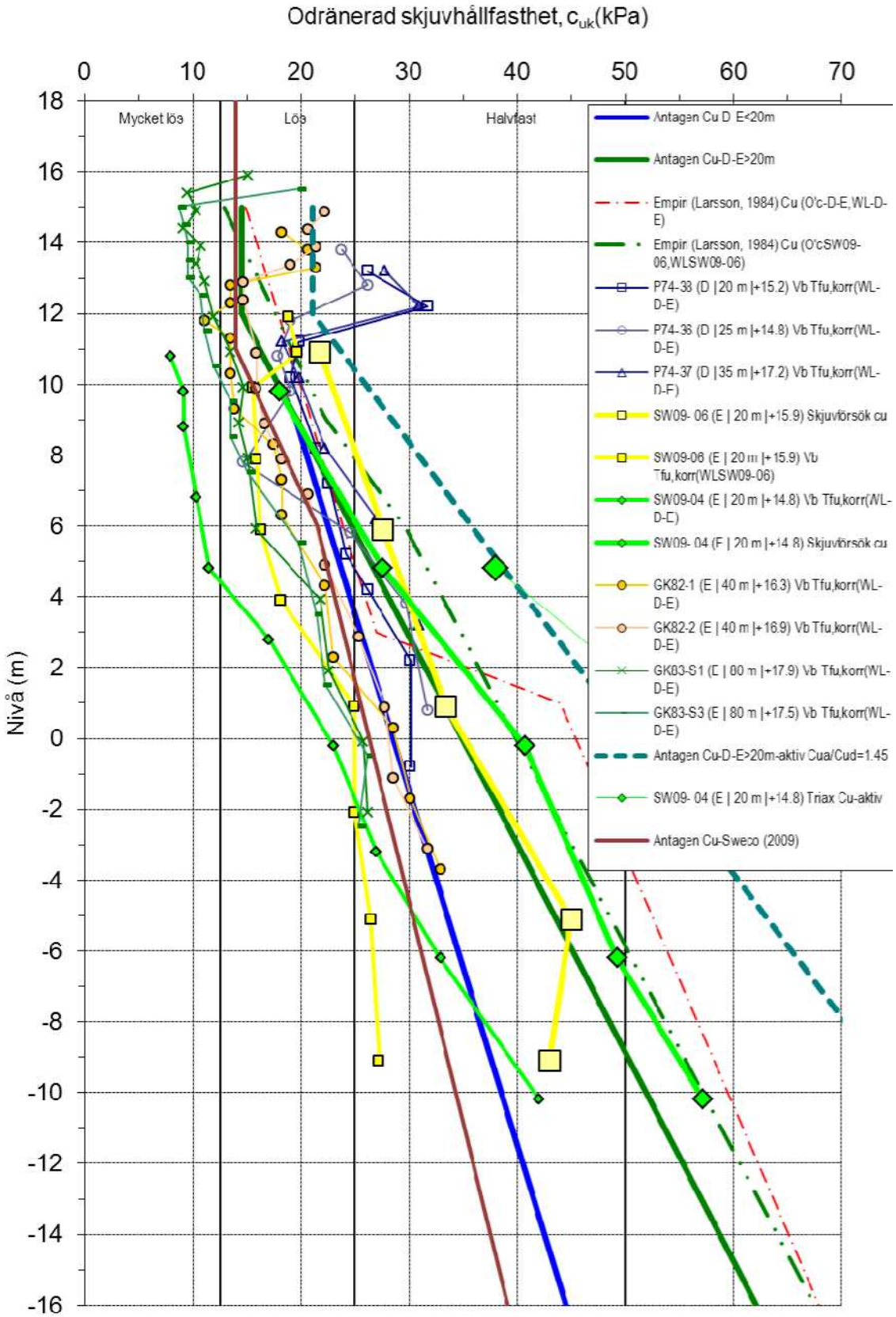
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



Figur B2.2.5 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet i ånära området (<20 m).

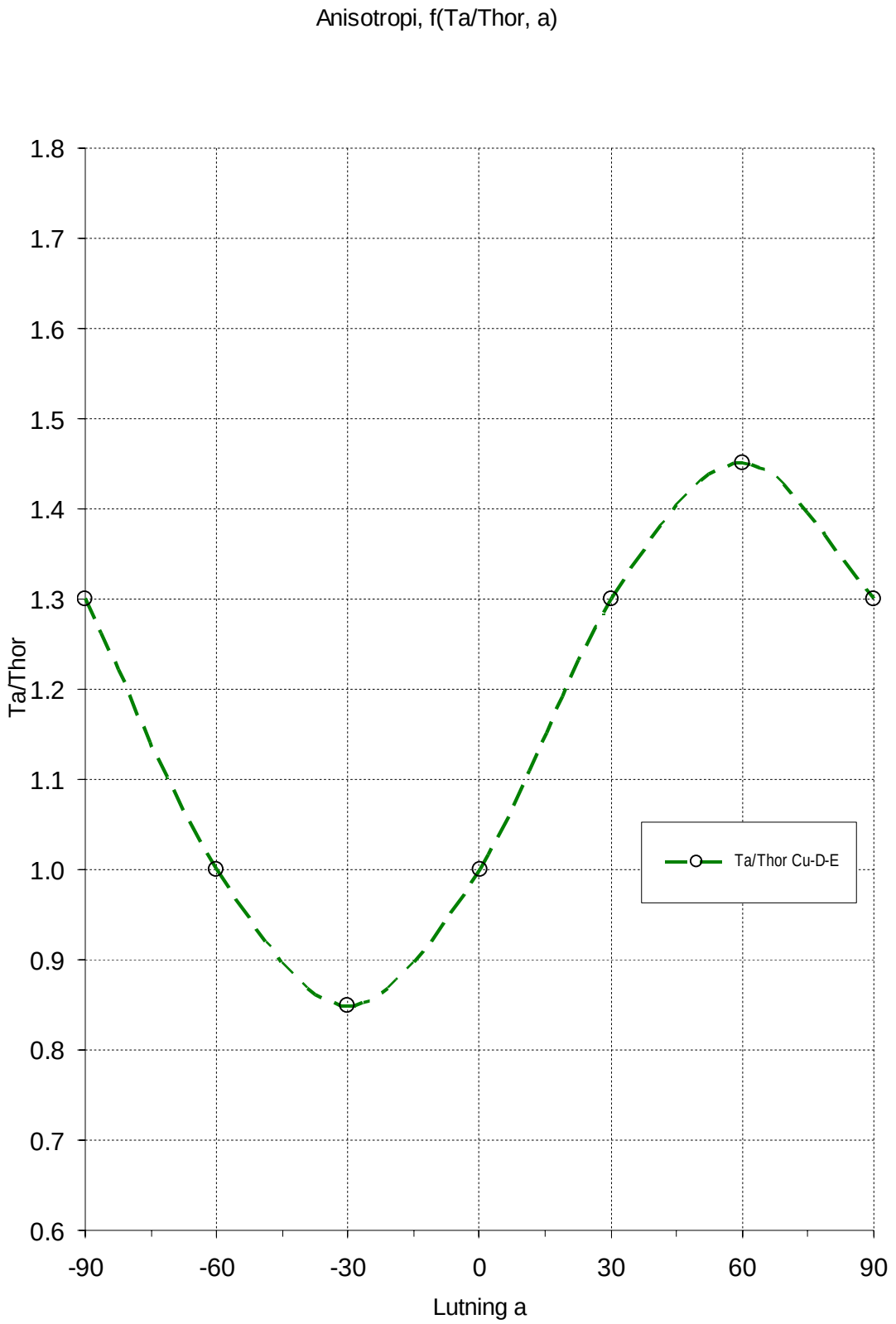
L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001-BILAGA-B2_2 (Lerans egenskaper-D-E).doc

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



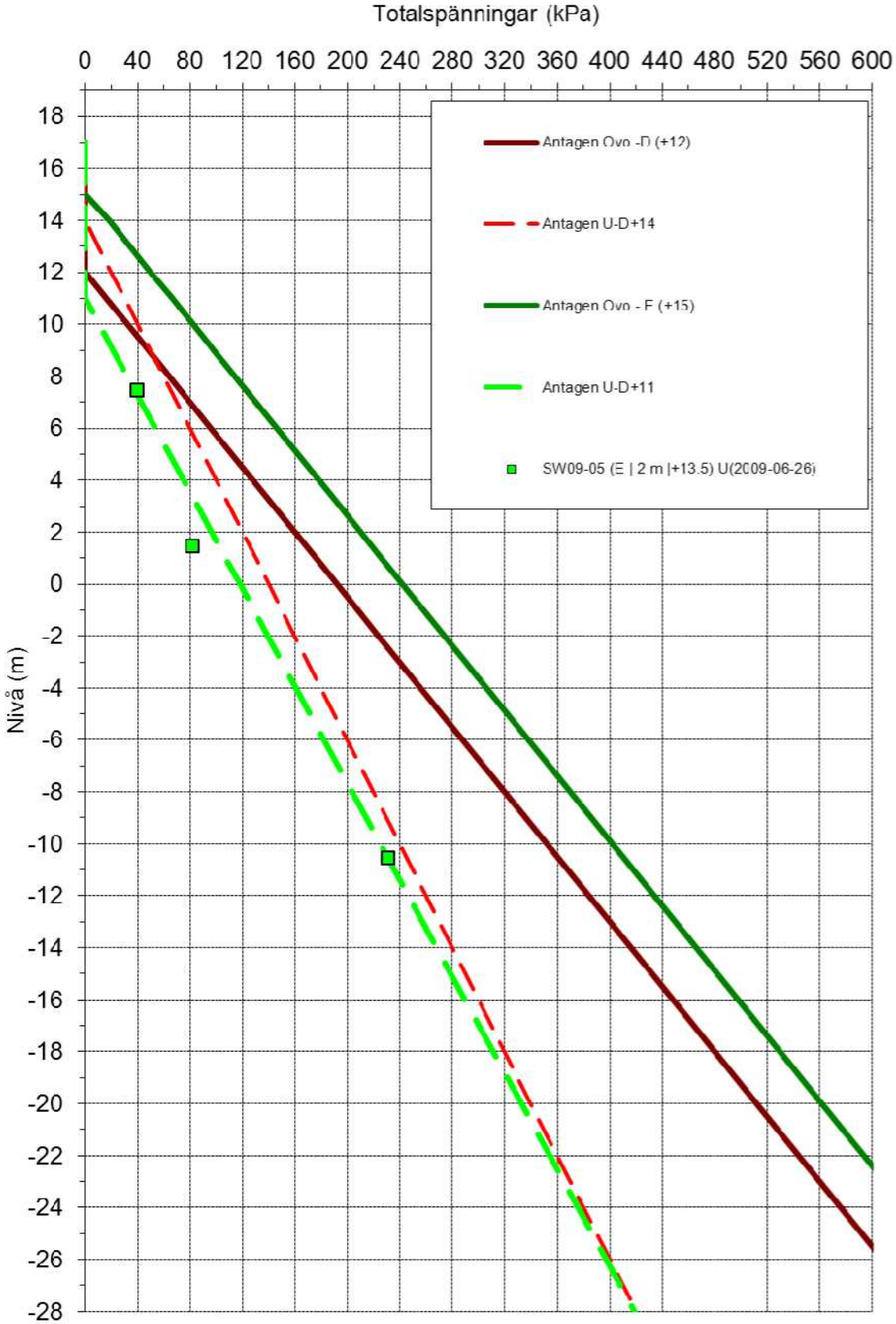
Figur B2.2.6 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet i området längre ifrån ån (>20 m).

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



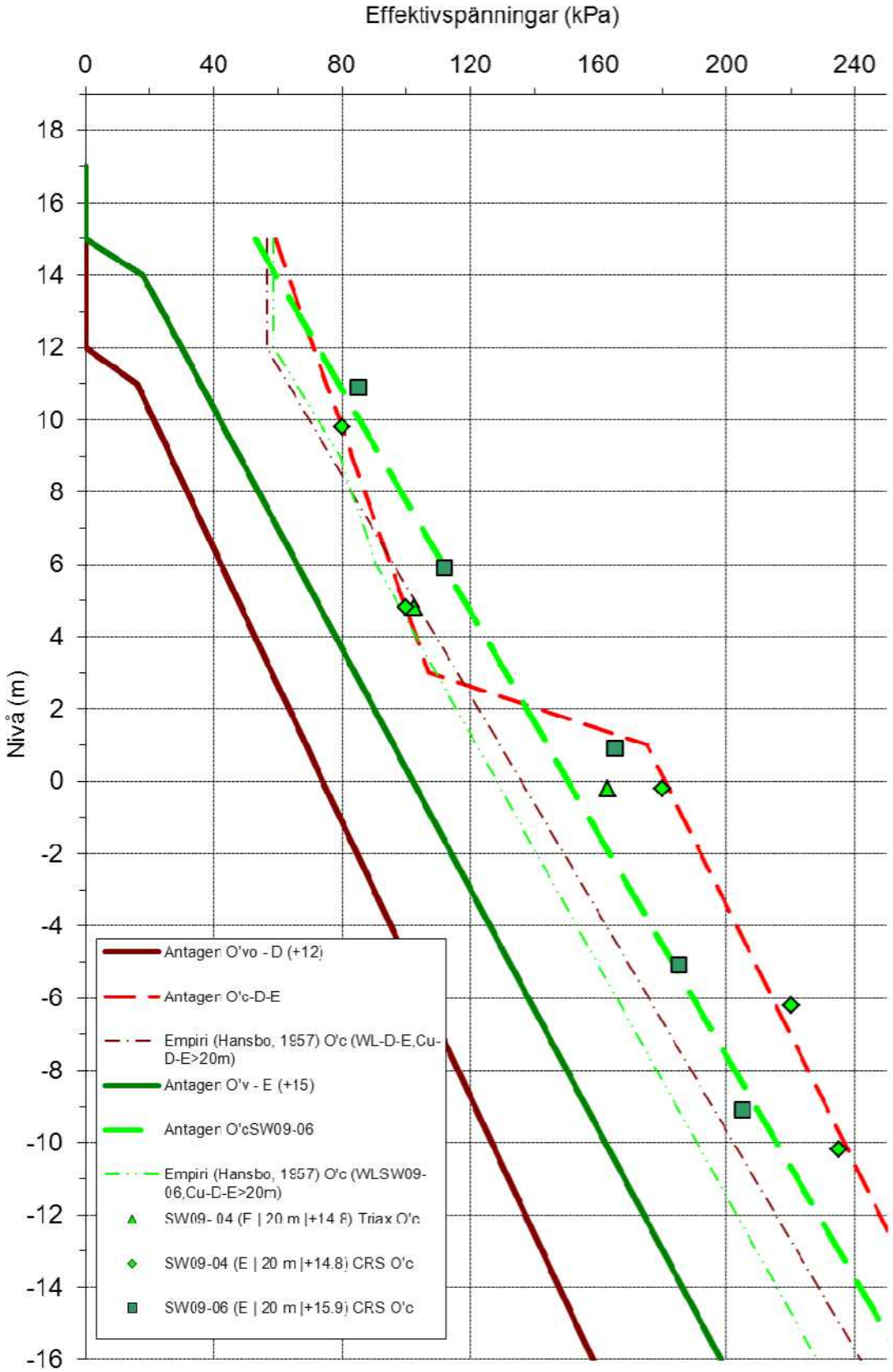
Figur B2.2.7 Anisotropifunktion för odränerad skjuvhållfasthet för aktuell lera beroende på lutningen av skjuvplanet.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



Figur B2.2.8 Jordens vertikala totalspänningar och uppmätta porvattentryck.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)



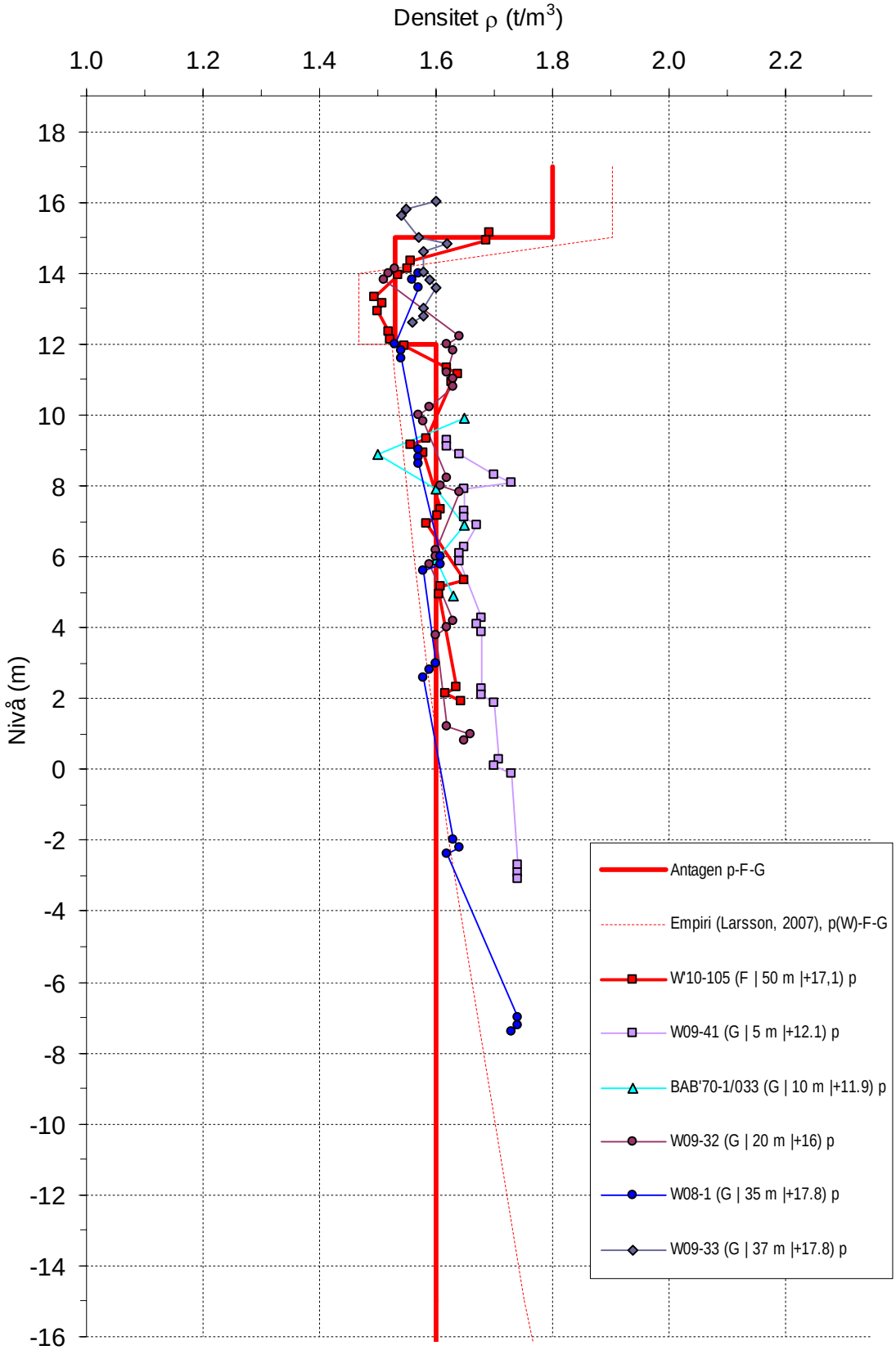
Figur B2.3.9 Jordens vertikala effektivspänningar och resultat från bestämningar av förkonsolideringsspänningar

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)

Tabell B2.3.1 Valda materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering

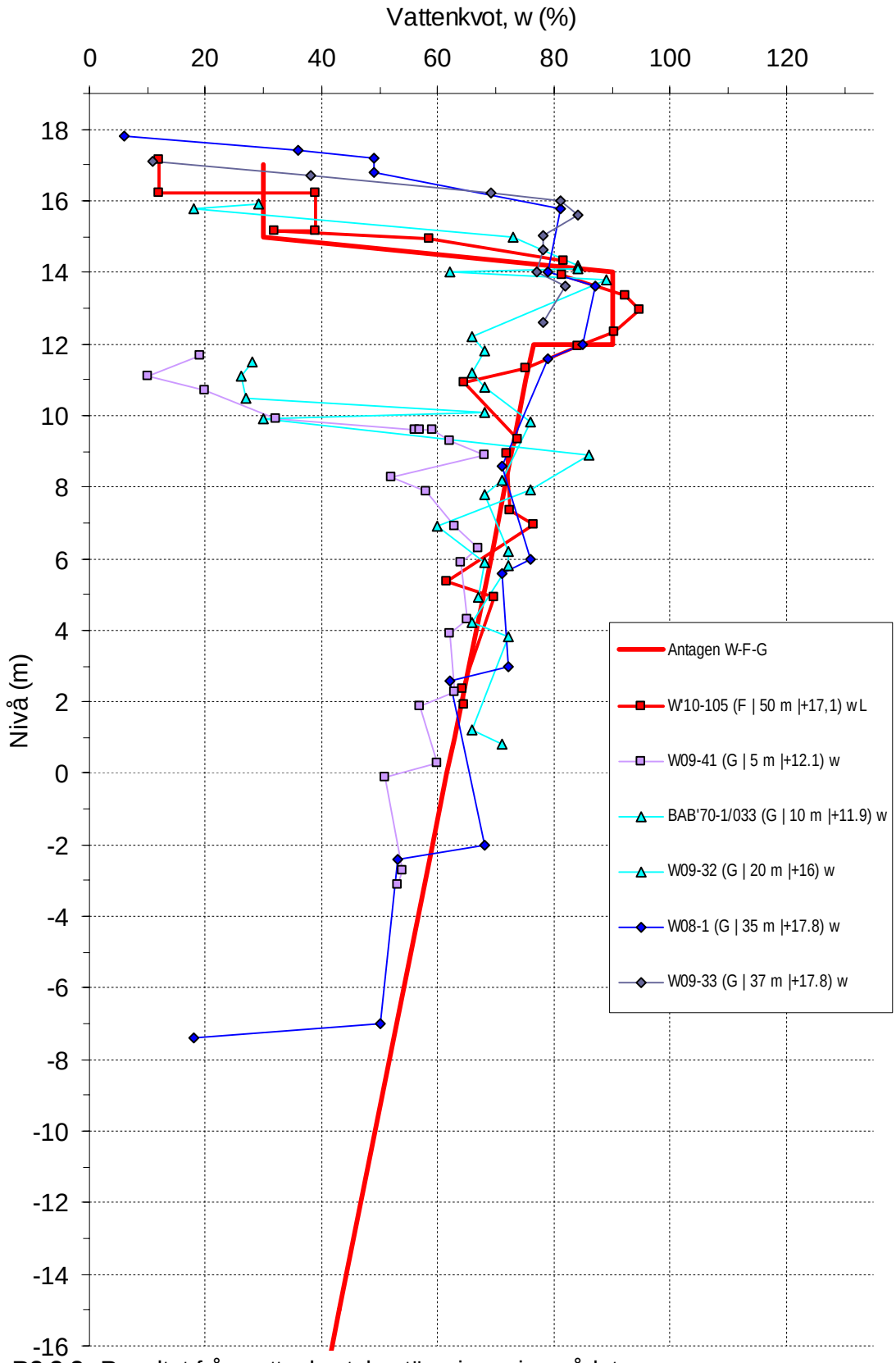
Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-F-G-1	Tunghet	γ_k = 15.3 kN/m³ γ_{mk} = 15.3 kN/m³
(Ned till nivå +12)	Odränerad skjuvhållfasthet	c_{uk} = 13 kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.8
Le-F-G-2 (Mellan nivå +12 och +6)	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +12	c_{uk} = 13.0 + 1.0·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.8
Le-F-G-3 (Från nivå +6)	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +6	c_{uk} = 23.0 + 1.5·d kPa Anisotropi, max (C_α/C_{ud})=1.45

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



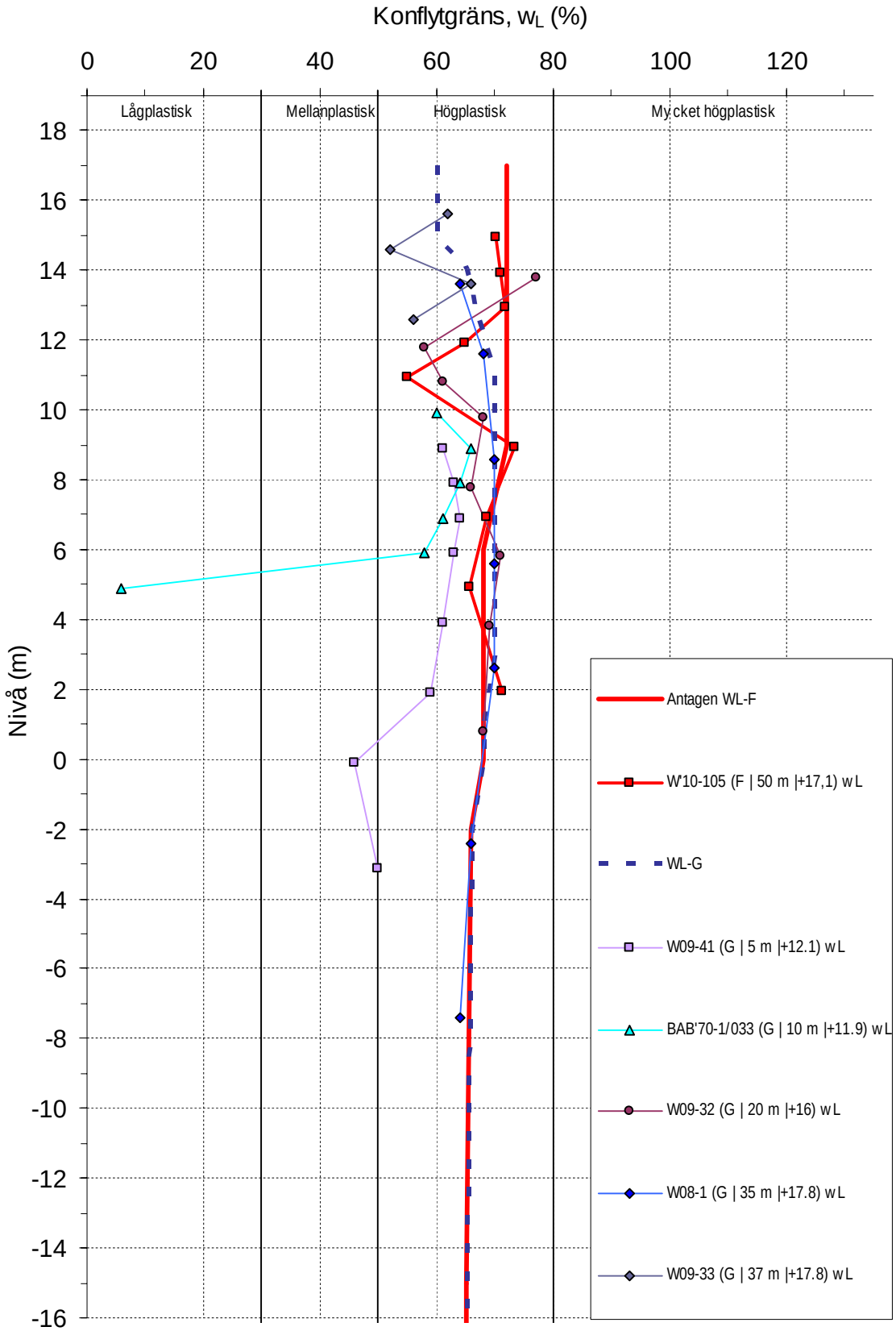
Figur B2.3.1 Resultat från densitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



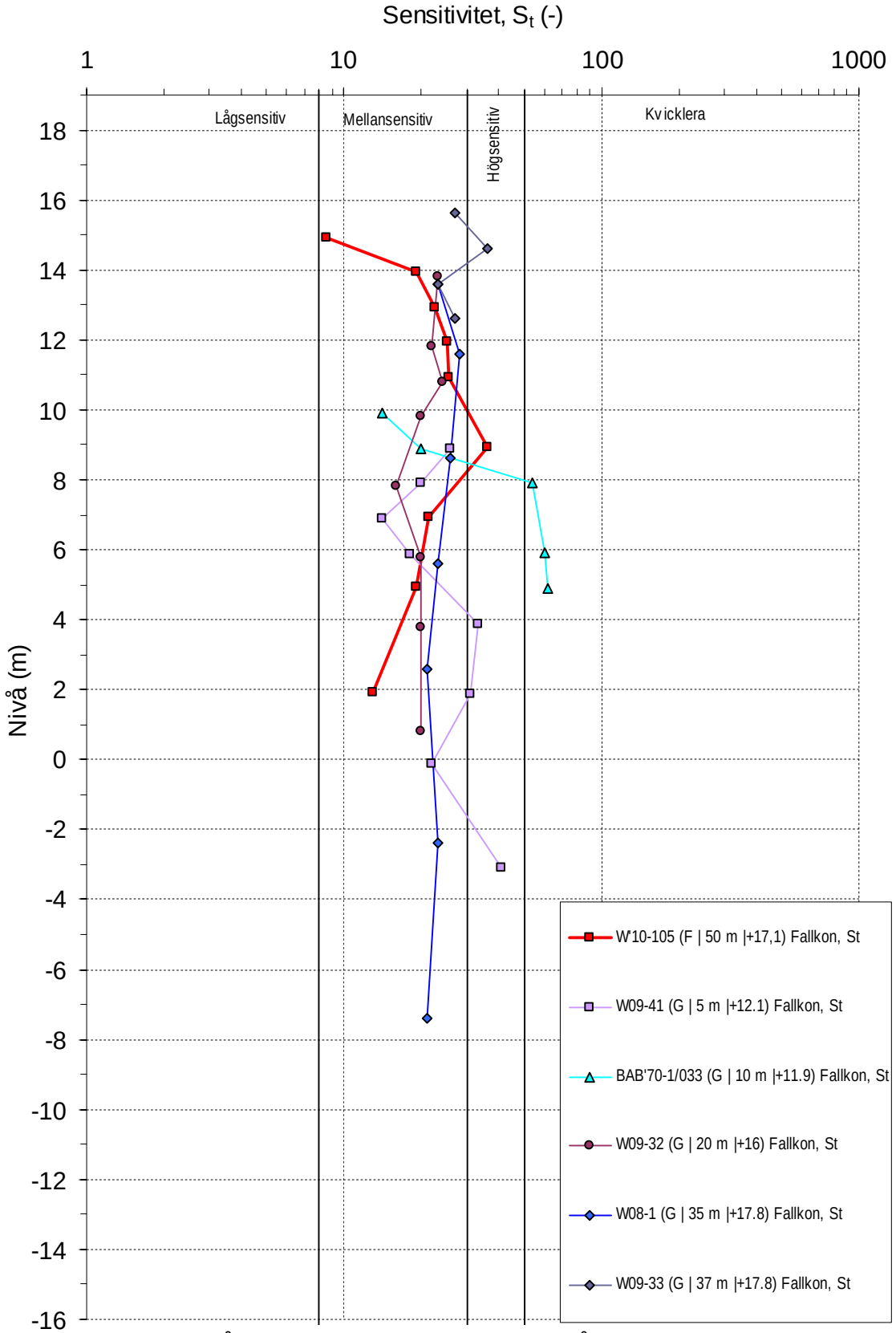
Figur B2.3.2 Resultat från vattenkvotsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



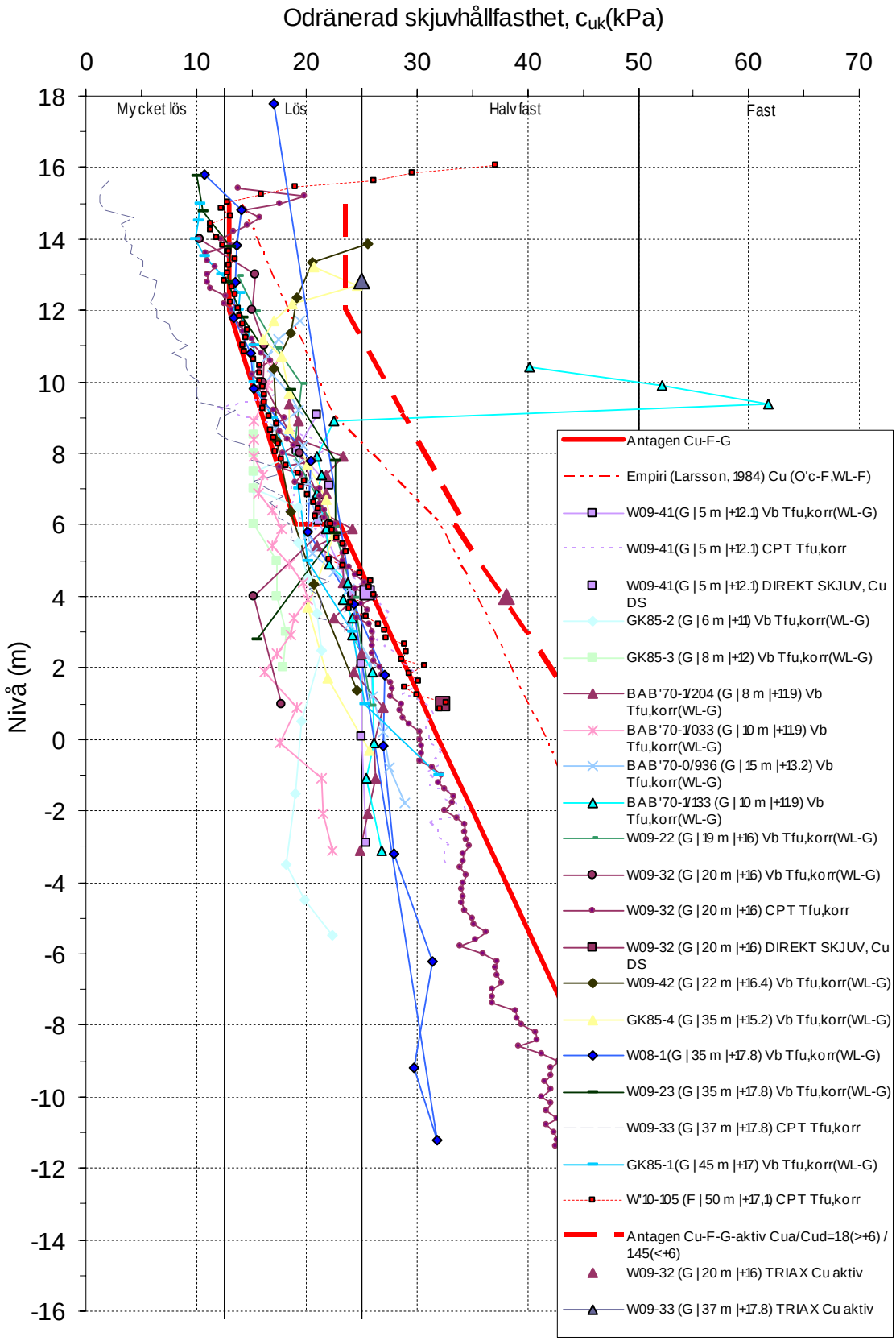
Figur B2.3.3 Resultat från konflytgränsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



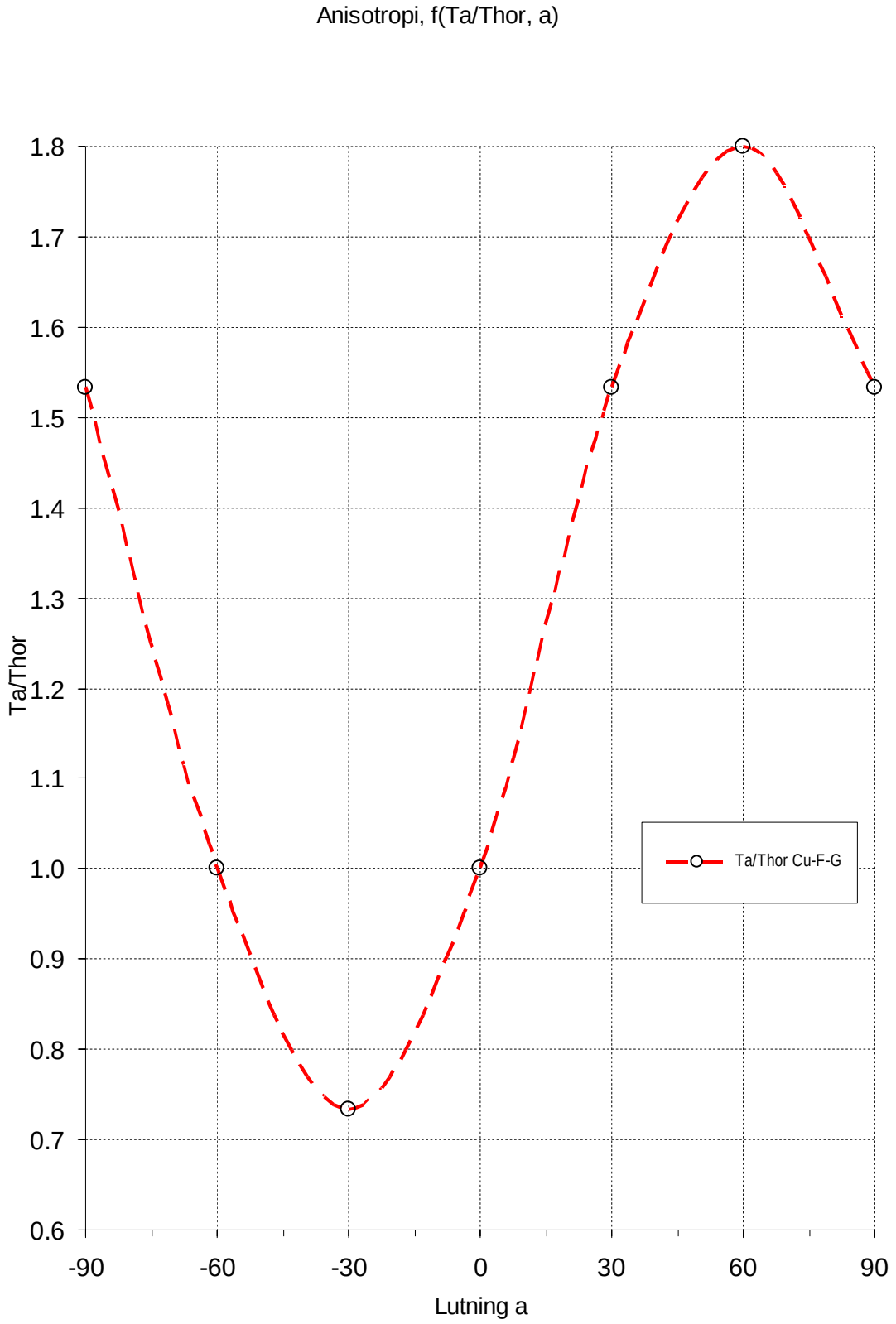
Figur B2.3.4 Resultat från sensitivitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



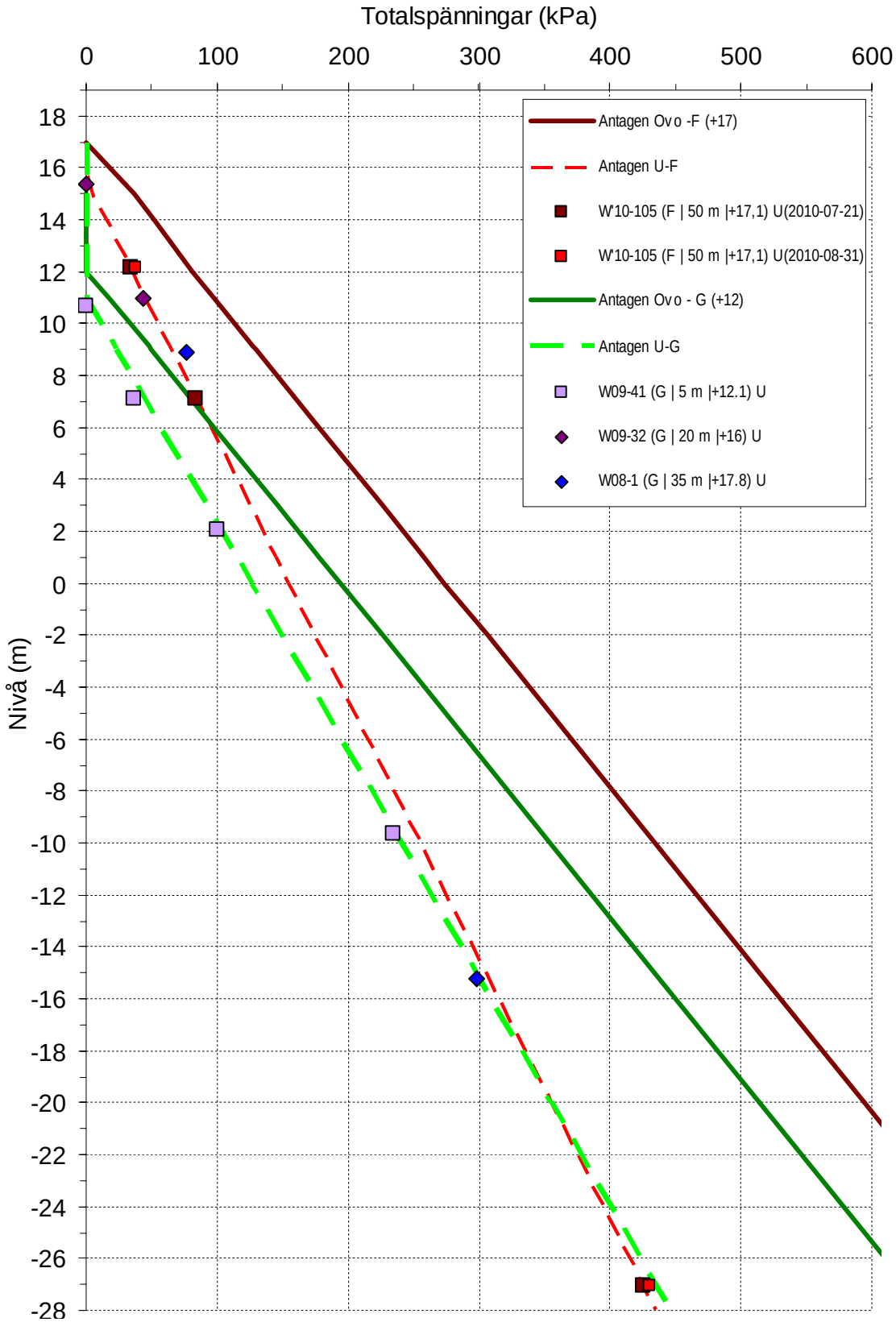
Figur B2.3.5 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



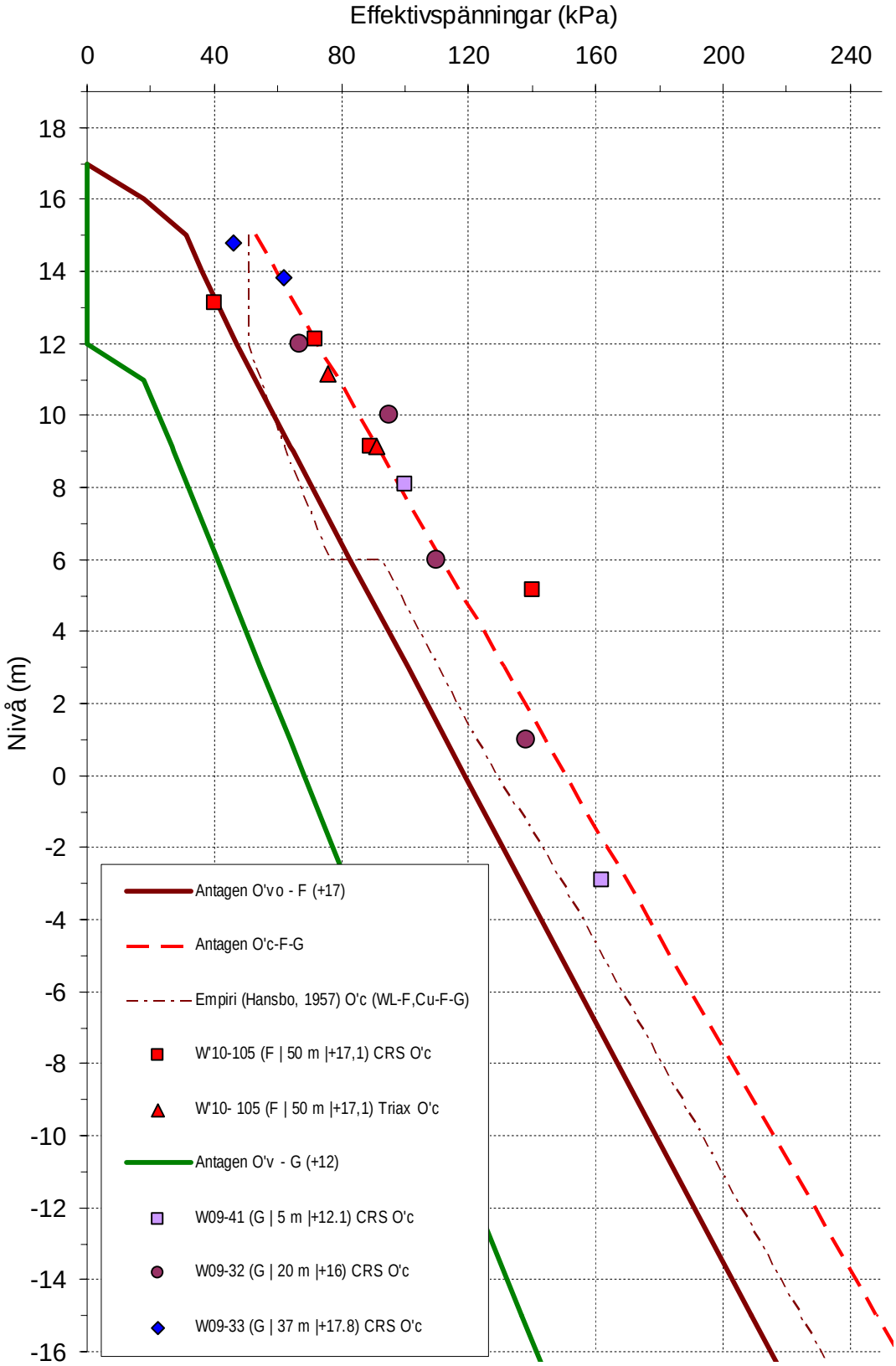
Figur B2.3.6 Anisotropifunktion för odränerad skjuvhållfasthet för aktuell lera beroende på lutningen av skjuvplanet.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



Figur B2.3.7 Jordens vertikala totalspänningar och uppmätta porvattentryck.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)



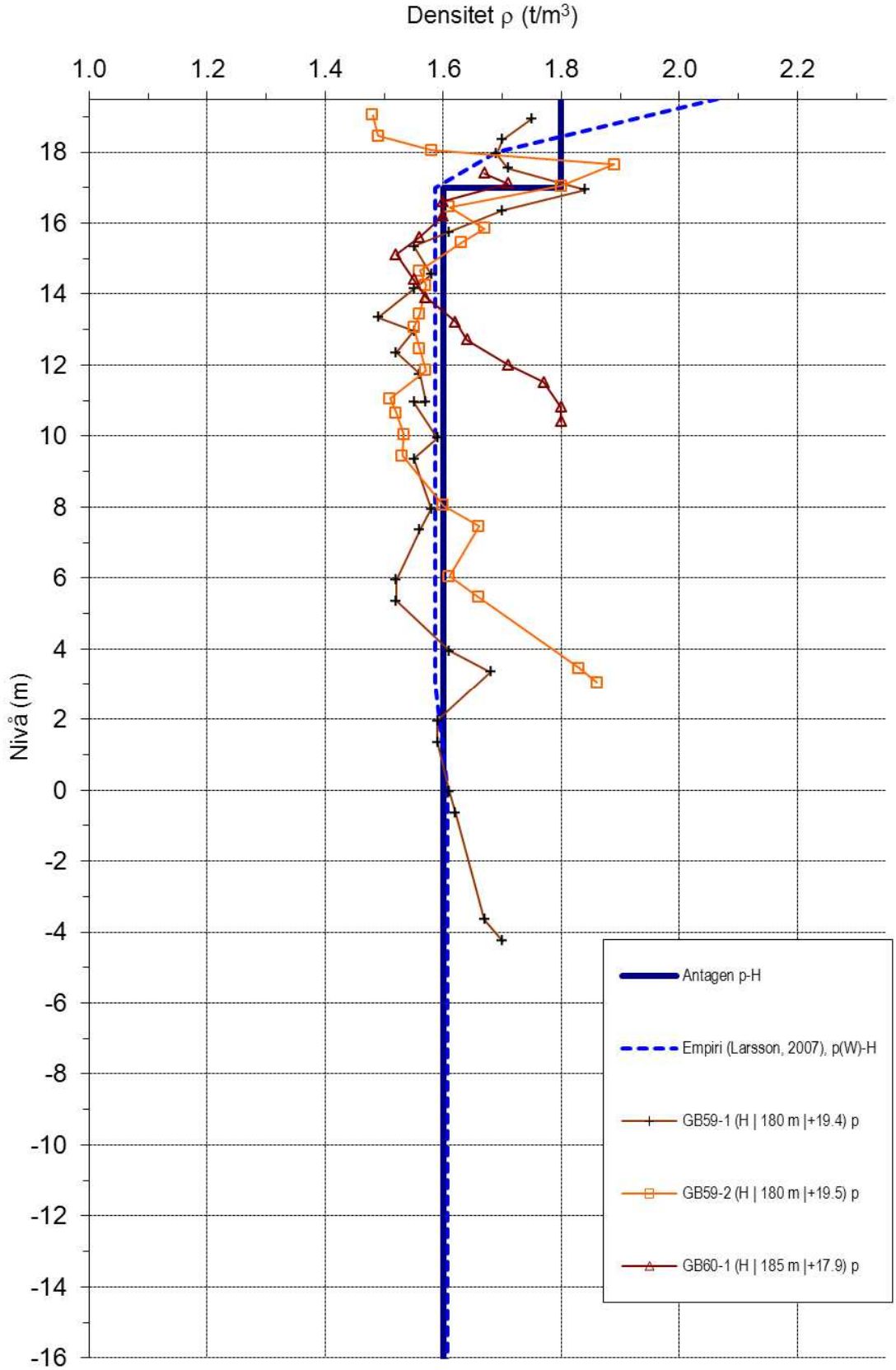
Figur B2.3.8 Jordens vertikala effektivspänningar och resultat från bestämningar av förkonsolideringsspänningar

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)

Tabell B2.4.1 Valda materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering

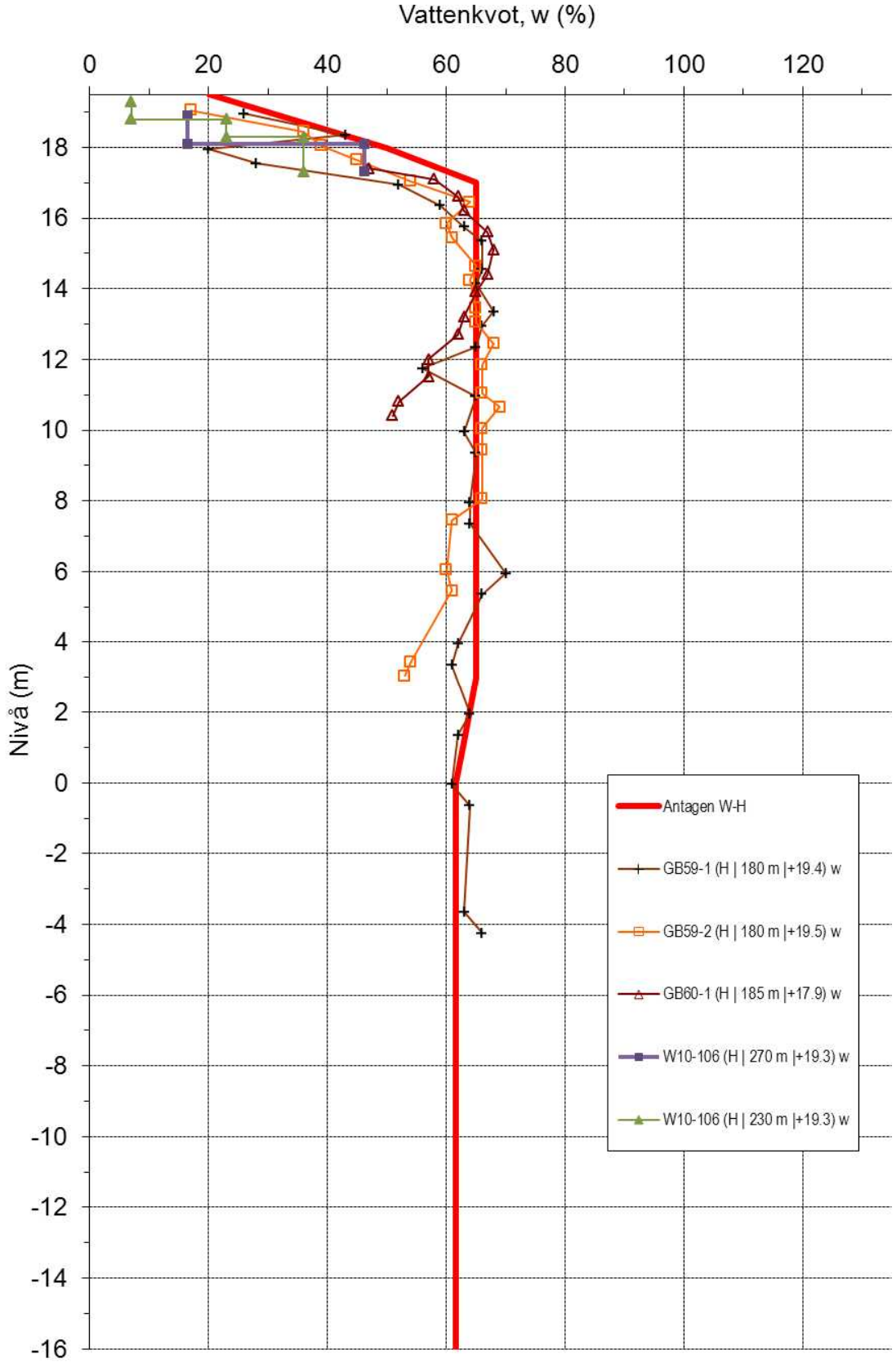
Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-H-1	Tunghet	γ_k = 16.0 kN/m³ γ_{mk} = 16.0 kN/m³
	Odränerad skjuvhållfasthet Där d=0 vid nivå +17	c_{uk} = 15 + 0.7·d kPa

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)



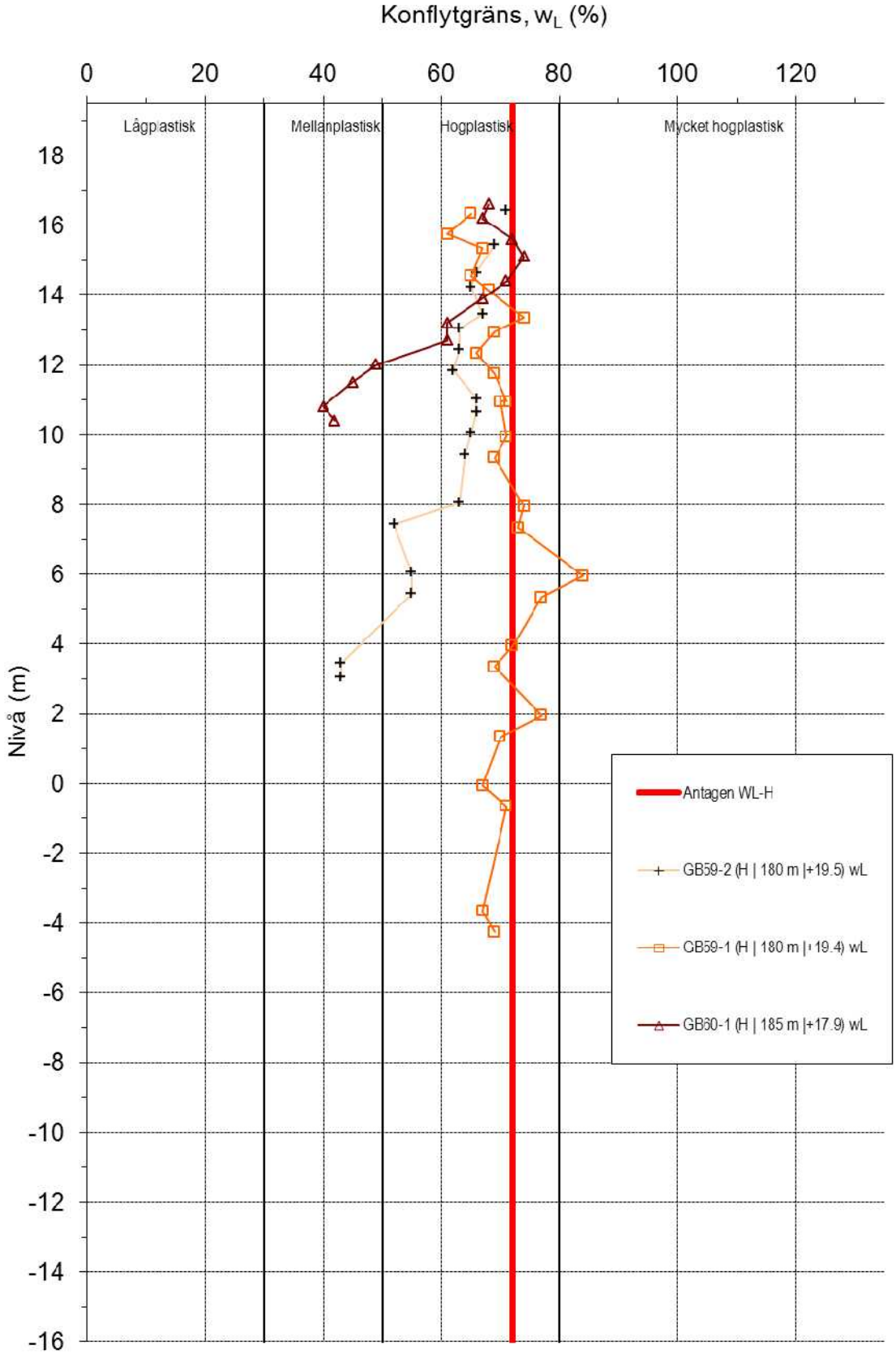
Figur B2.4.1 Resultat från densitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)



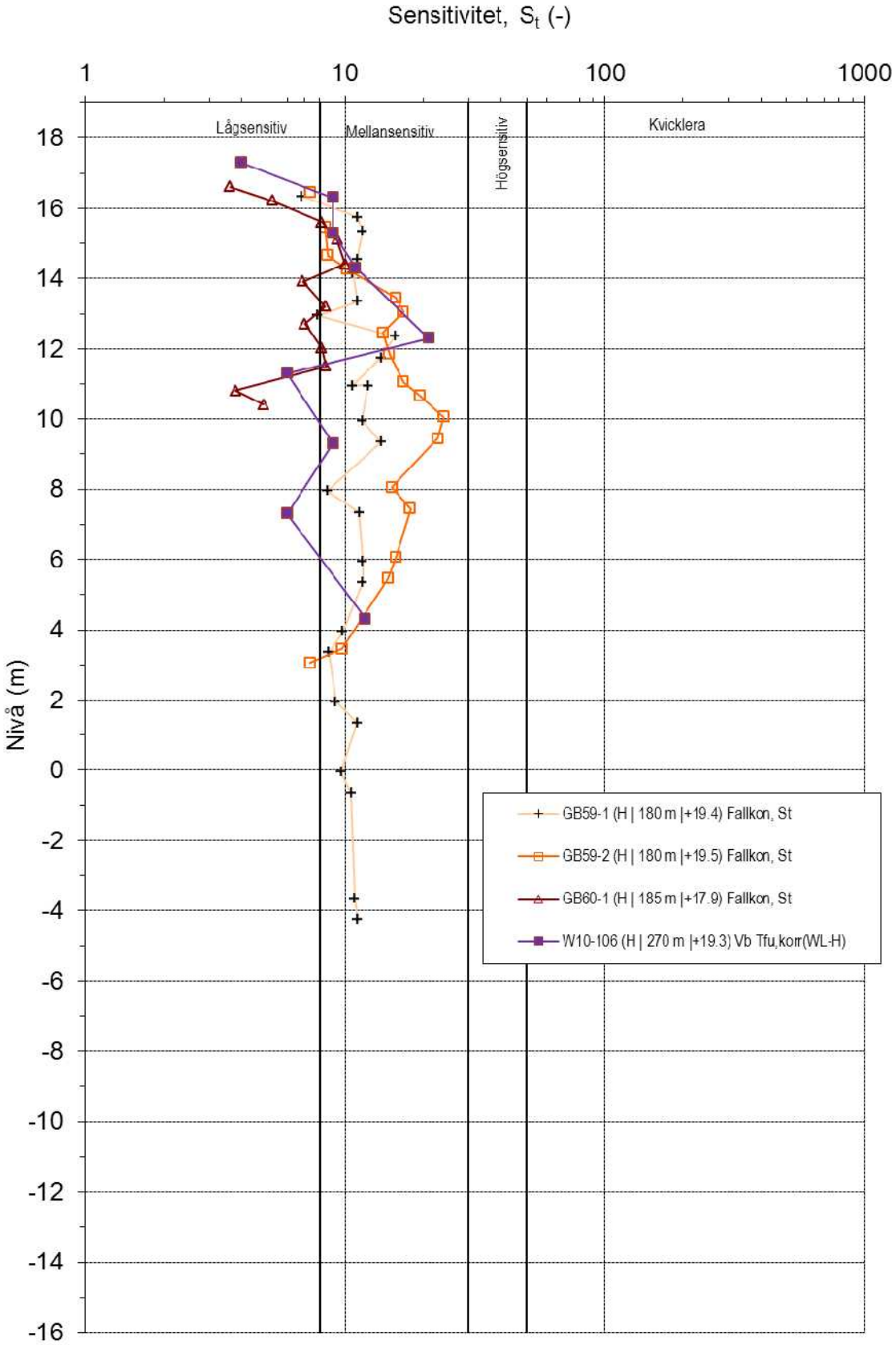
Figur B2.4.2 Resultat från vattenkvotsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)



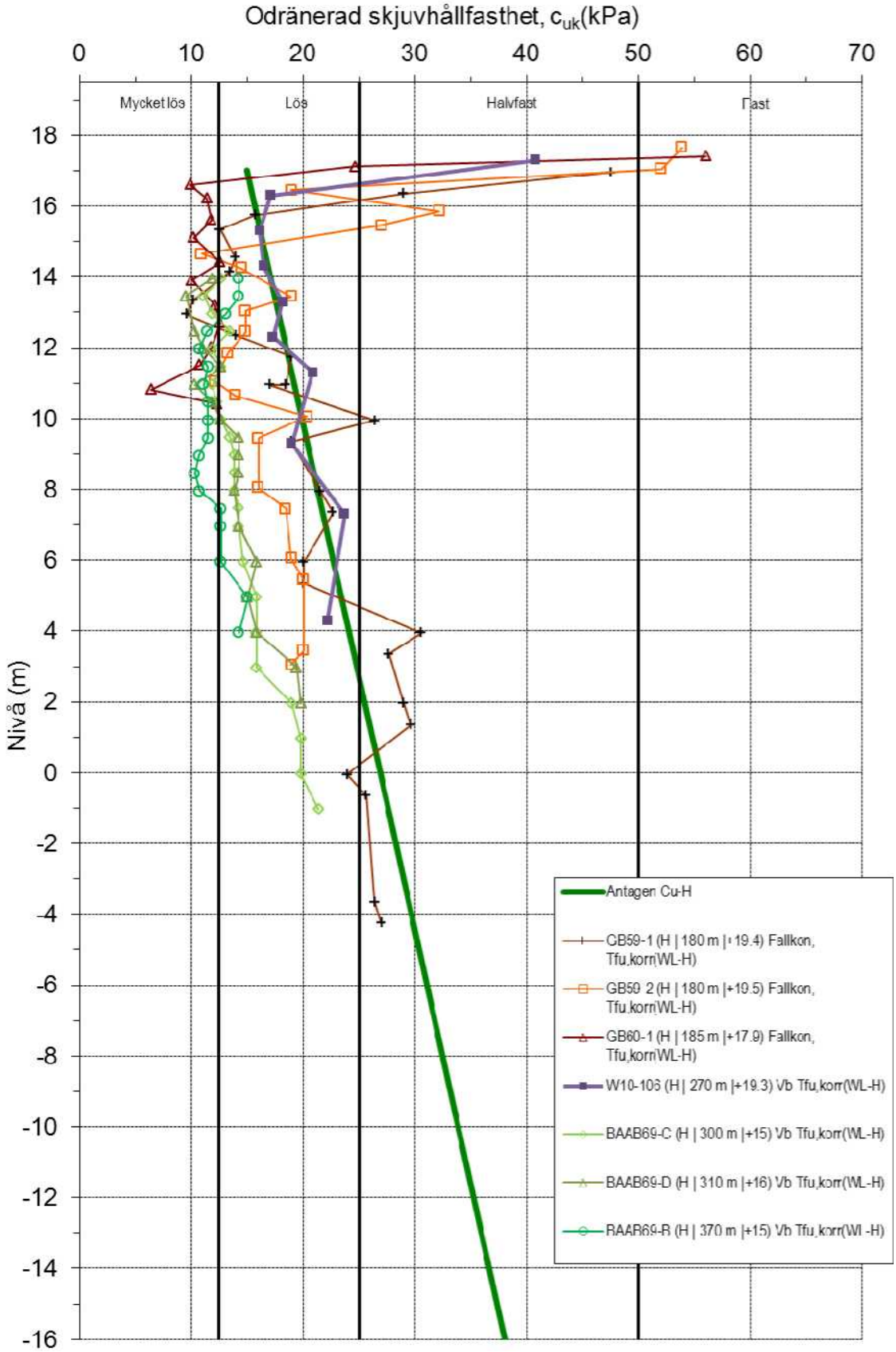
Figur B2.4.3 Resultat från konflytgränsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)



Figur B2.4.4 Resultat från sensitivitetsbestämningar i området

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)



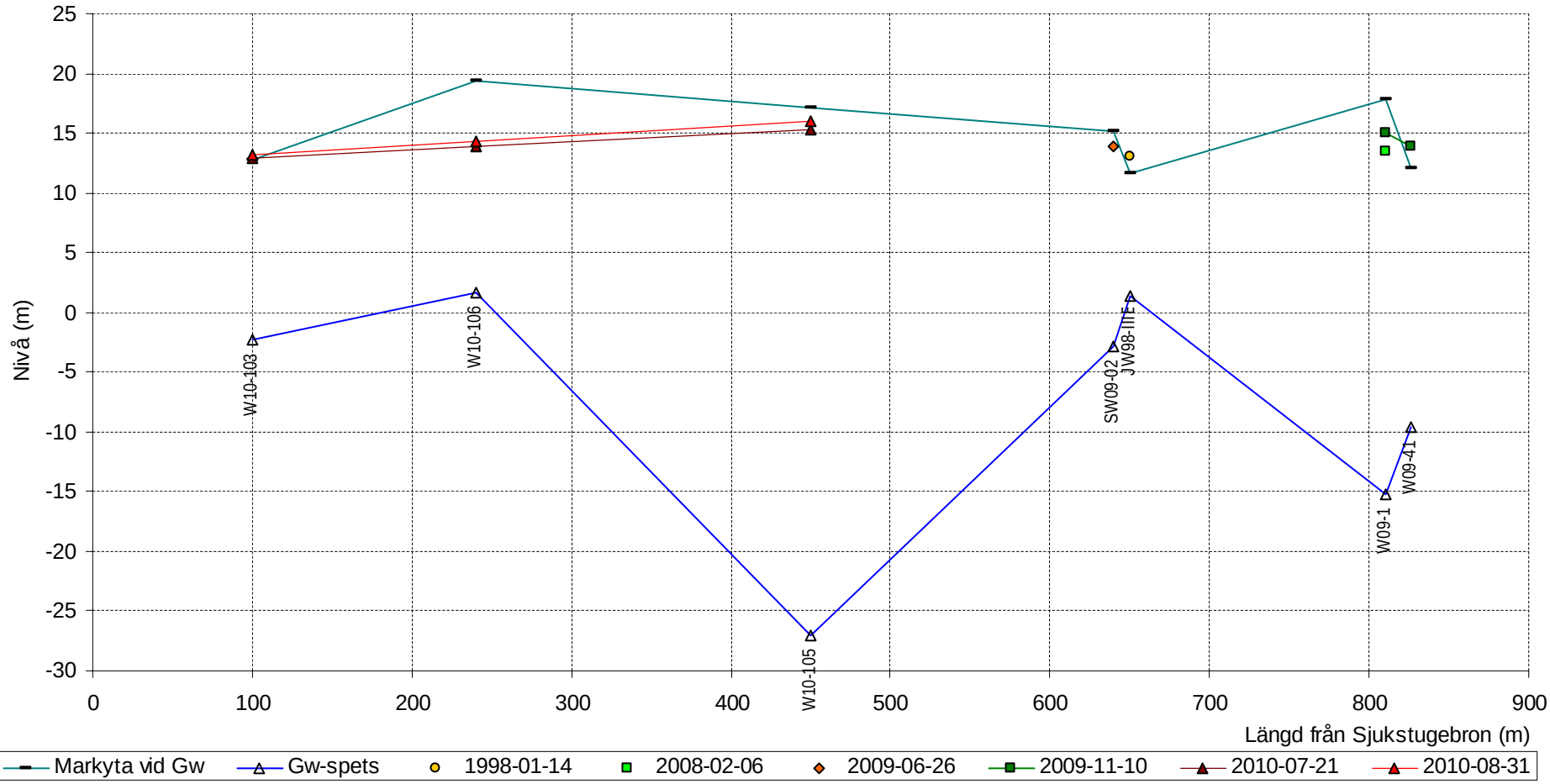
Figur B2.4.5 Resultat från bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet.

Valda materialegenskaper för friktionsjord och torrskorpelera

Tabell B2.5.1 Valda materialegenskaper för friktionsjord och torrskorpelera använda i beräkningarna utifrån erfarenhet och praxis.

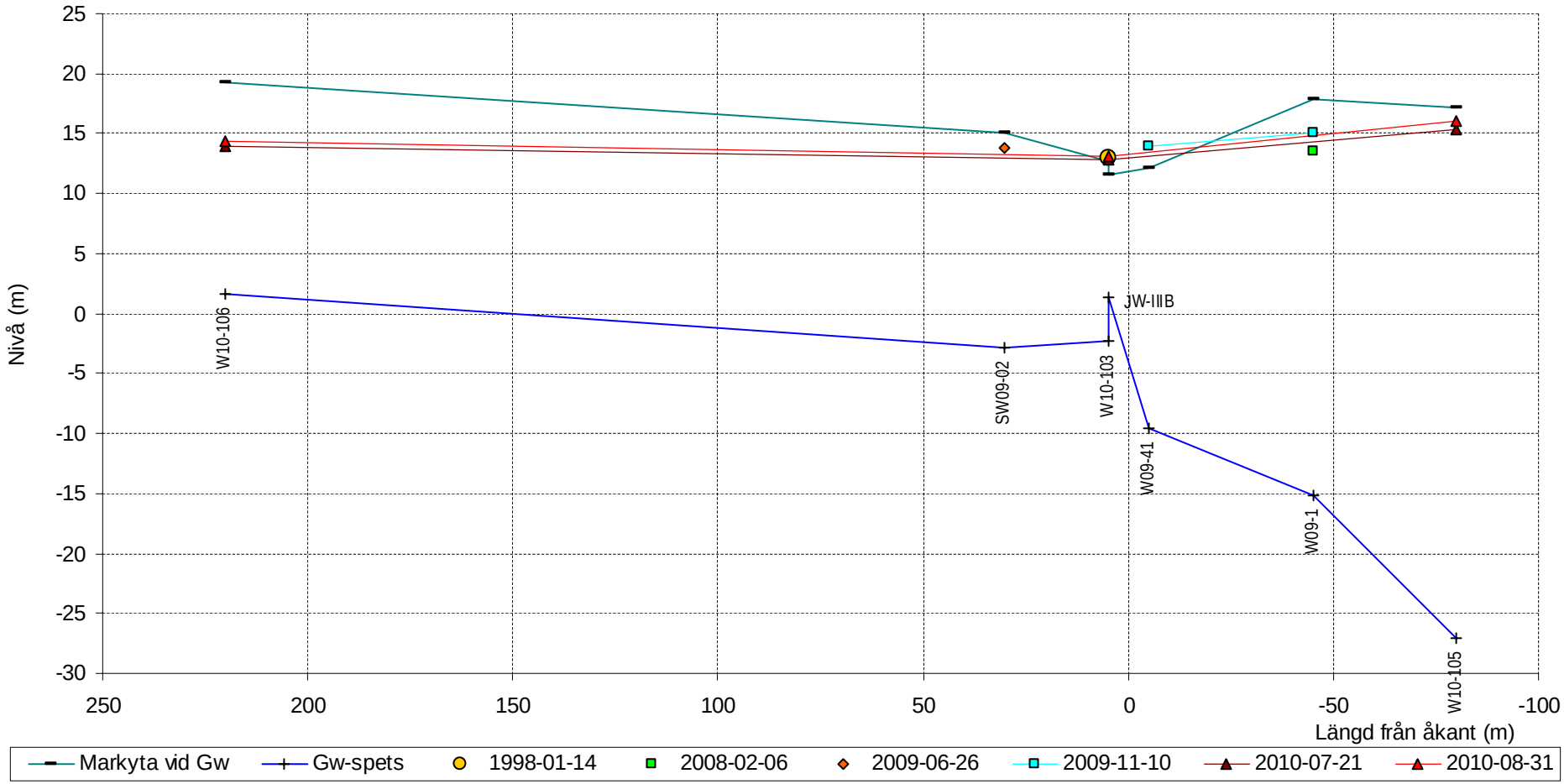
Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Torrskorpelera	Tunghet	γ_k = 18.0 kN/m³ γ_{mk} = 18.0 kN/m³
	Hållfasthet	c' = 3.0 kPa , ϕ_k' = 30°, $\tau_{f,max}$ = 30 kPa
Bef. fyllning /gr Sa/	Tunghet	γ_k = 18.0 kN/m³ γ_{mk} = 21.0 kN/m³
	Friktionsvinkel	ϕ_k' = 32°
Samkross	Tunghet	γ_k = 18.0 kN/m³ γ_{mk} = 21.0 kN/m³
	Friktionsvinkel	ϕ_k' = 41°

Prognostisering av grundvattentryck



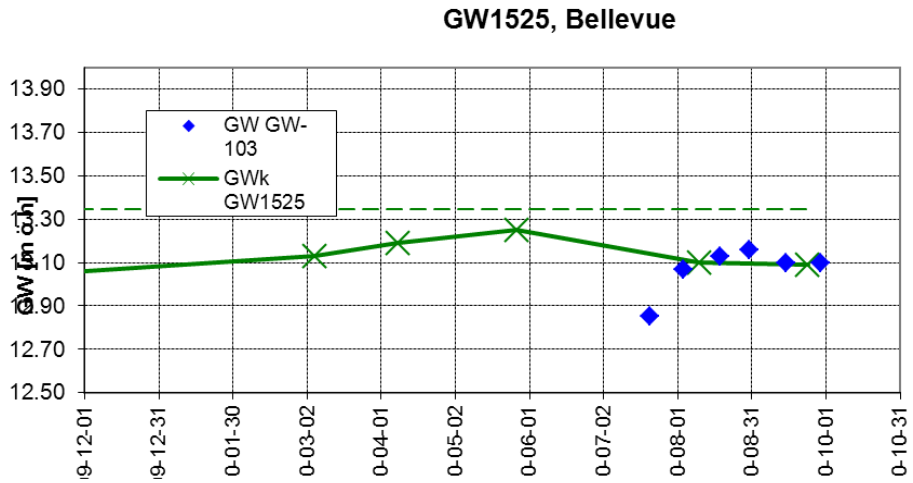
Figur B3.1 Redovisning av uppmätta grundvattentryck i väst-östlig riktning

Prognostisering av grundvattentryck

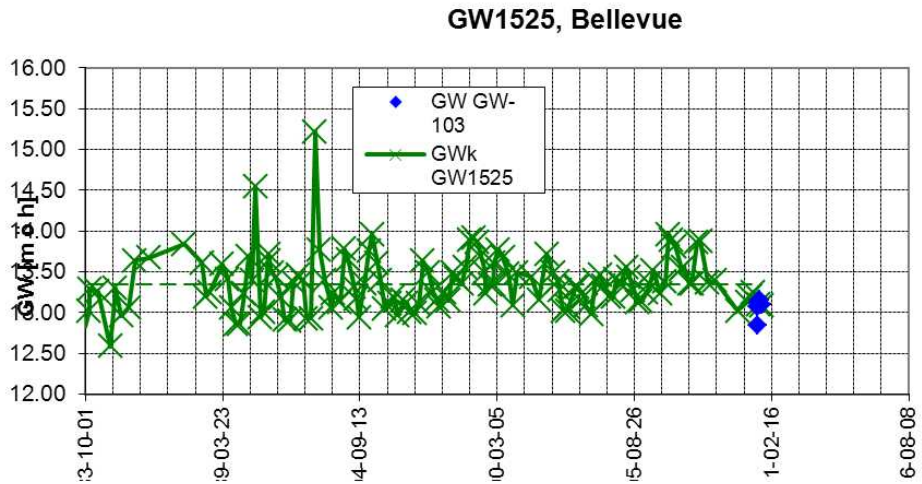


Figur B3.2 Redovisning av uppmätta grundvattentryck i nord-sydlig riktning

Prognostisering av grundvattentryck

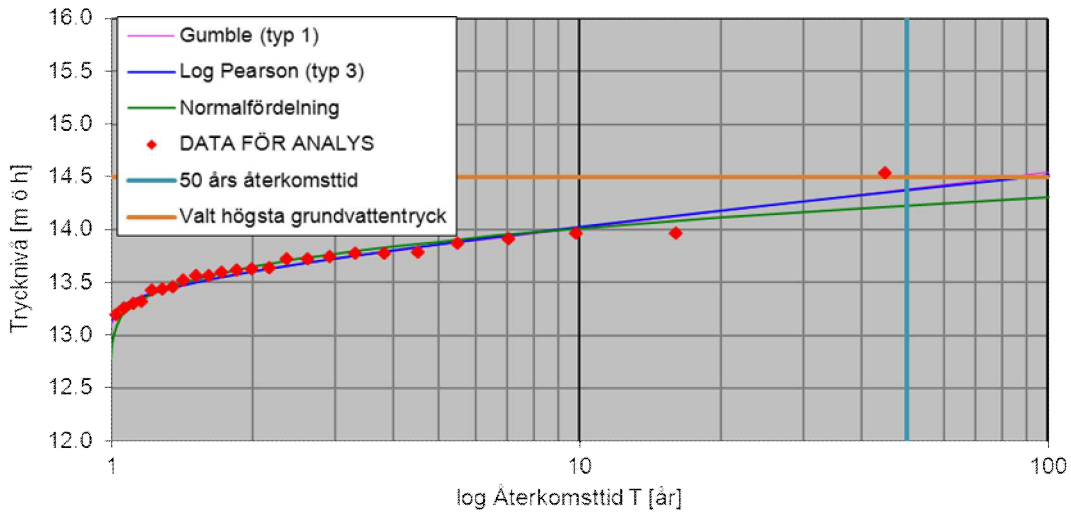


Figur B3.3 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-103 (ca 1 år)



Figur B3.4 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-103 (hela mätserien)

Prognostisering av grundvattentryck



Figur B3.5 Den mot rör GW-103 anpassade mätseriens extremvärden jämförda med statistiska fördelningsfunktioner för bestämning av högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid. (orealistiska extremvärden har negligerats)

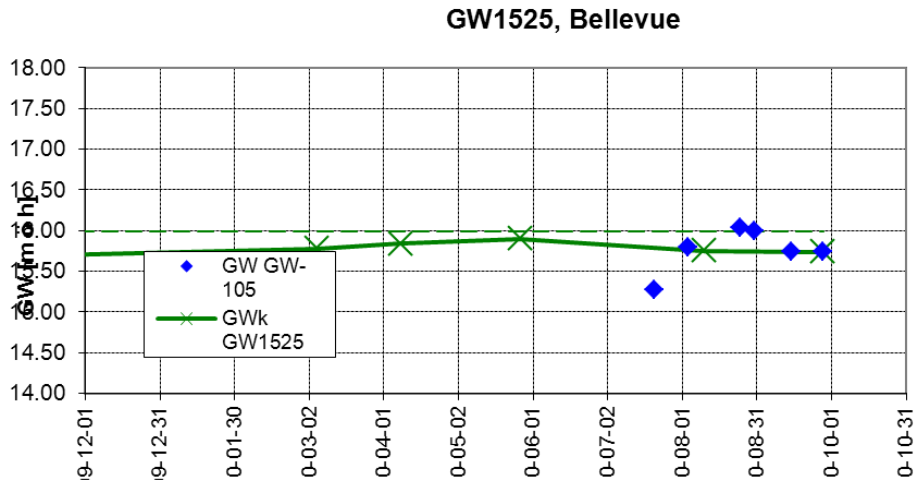
Tabell B3.1 Prognostiserade (normalfördelning) grundvattentryck och valt högsta grundvattentryck i rör GW-103

	GW-103			
	GW1525	GW1525*	GW1655	Uppmätt maxvärde i observationsrör
H 50	+14.56	+14.23	+13.90	+13.16
H 100	+14.68	+14.31	+13.96	

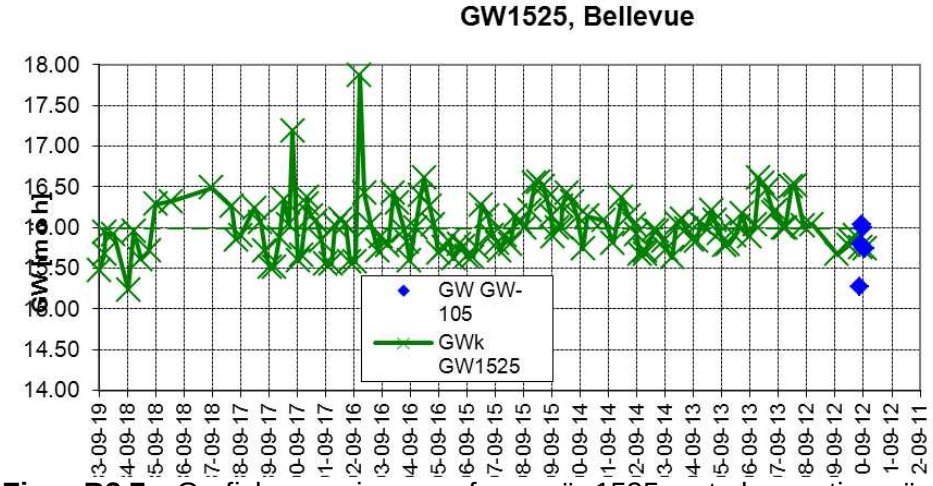
* Ett extremvärde har tagits bort ur mätserien

Valt högsta grundvattentryck, 50 år	**+14.50**

Prognostisering av grundvattentryck

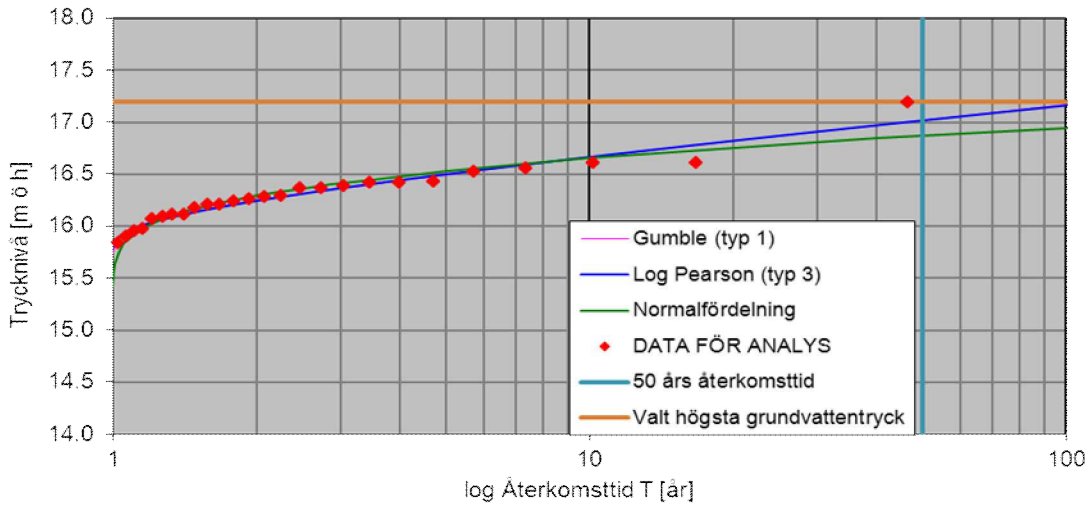


Figur B3.6 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-105 (ca 1 år)



Figur B3.7 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-105 (hela mätserien)

Prognostisering av grundvattentryck



Figur B3.8 Den mot rör GW-105 anpassade mätseriens extremvärden jämförda med statistiska fördelningsfunktioner för bestämning av högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid. (orealistiska extremvärden har negligerats)

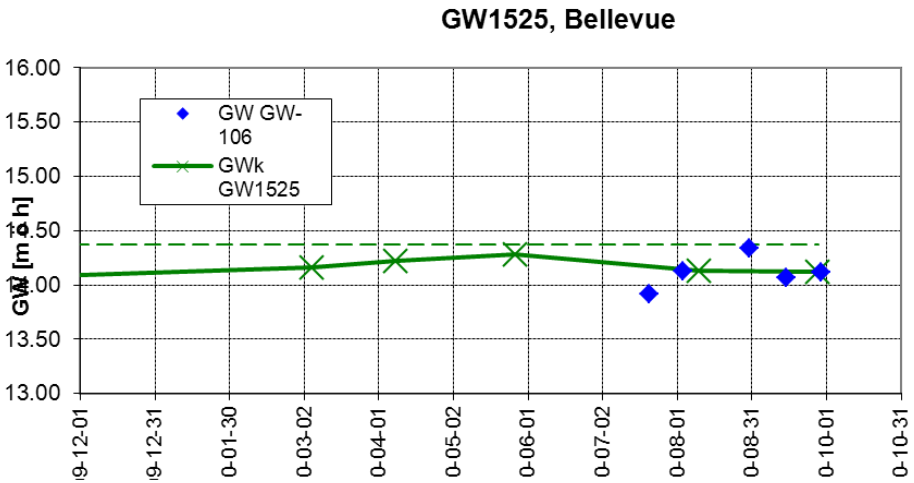
Tabell B3.2 Prognostiserade (normalfördelning) grundvattentryck och valt högsta grundvattentryck i rör GW-105

	GW-105			
	GW1525	GW1525*	GW1655	Uppmätt maxvärde i observationsrör
H 50	+17.21	+16.87	+17.03	+16.04
H 100	+17.33	+16.95	+17.12	

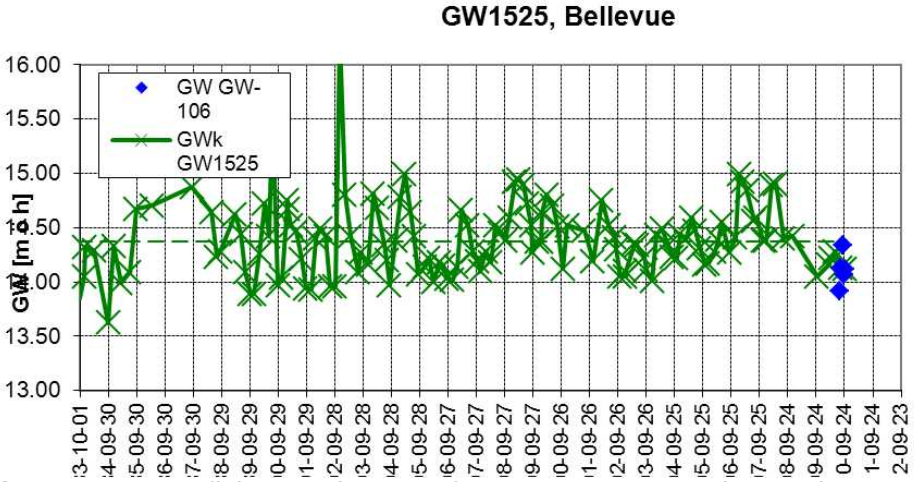
* Ett extremvärde har tagits bort ur mätserien

Valt högsta grundvattentryck, 50 år	**+17.20**

Prognostisering av grundvattentryck

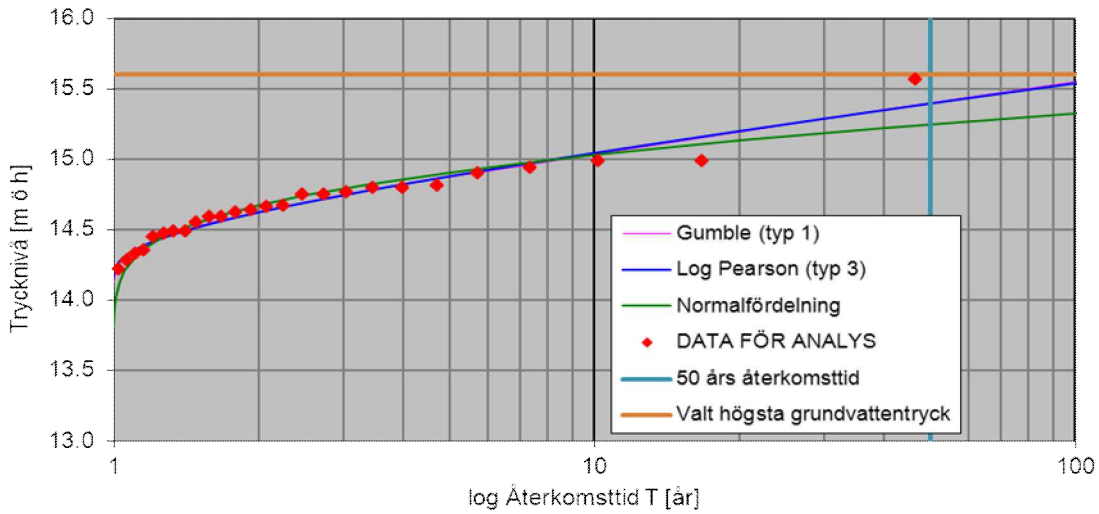


Figur B3.9 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-106 (ca 1 år)



Figur B3.10 Grafisk passning av referensrör 1525 mot observationsrör GW-106 (hela mätserien)

Prognostisering av grundvattentryck



Figur B3.11 Den mot rör GW-106 anpassade mätseriens extremvärden jämförda med statistiska fördelningsfunktioner för bestämning av högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid. (orealistiska extremvärden har negligerats)

Tabell B3.3 Prognostiserade (normalfördelning) grundvattentryck och valt högsta grundvattentryck i rör GW-106

	GW-106			
	GW1525	GW1525*	GW1655	Uppmätt maxvärde i observationsrör
H 50	+15.59	+15.25	+15.00	+14.34
H 100	+15.71	+15.33	+15.06	

* Ett extremvärde har tagits bort ur mätserien

Valt högsta grundvattentryck, 50 år	**+15.60**

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: GÖTEBORGS LOKALA

RITNINGSBETECKNINGAR

- EROSIONSSKYDD
- AVSCHAKTNING
- CELLPLAST
- BANKPÅLNING
- LÄTTKLINKERFYLLNING
- SKRED
- VERTIKALDRÄNER
- TRÄSKONING
- DETALJPLANEOMRÅDE
- (0000) ÅRTAL FÖR FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER

KV TONFISKEN
14 VÅNINGAR

105 CF 1937
FRANKIEPÅLAR•
STODPÅLAR I TRÄ
27-34 M TILL FAST
BOTTEN

105 CF TILLBYGGNAD 1960
STODPÅLAR 9-35 M

PÅLAT MASKIN
FUNDAMENT

TUNNEL UNDER BYGGNAD
TILL BERGRUM FG ca +13,50

111 SF IV TILLBYGGNAD 1961
STODPÅLAD 20-40 M

KULVERT 1,4x1,6
UK 15,50

111 SF III TILLBYGGNAD 1951
STODPÅLAD 30-40 M
SKATTAT DJUP 30-40 M

TILLBYGGNAD AV
TANKRUM MM 1976

KULFABRIKEN 1917?
RIVNINGSOBJEKT
TROLIGTVIS STODPÅLAD
DJUP CA 30 METER.

BERTHIEZ
FUNDAMENT.
KULVERT
STODPÅLAT

111 SF "NYSVARVEN"
SVARV I, II 1939-1943
KOMBINERAD KOHESION- OCH
STODPÅLNING DJUP TILL
FAST BOTTEN 28-38 M

110 VF 1918
GRUNDLAGD PÅ
DJUPA GRUNDSULOR

RINGFABRIKEN 1935
KOMPLETTERING AV GRUND
225 ST DUBBLA TRÄPÅLAR TILL
TILL FAST BOTTEN

RINGFABRIKEN 1912-19XY
STODPÅLAR TILL FAST BOTTEN
DJUP CA 17-26 M

109 RF 1929-1934
KOHESIONSPÅLAR
13-14 M LÅNGA

108 MB 1913, KOHESIONS-
PÅLAR 13-20 M LÄNGA

HK2 1952
STODPÅLAR
27-34 M

107 HK1 1 1917
TRÄPÅLAR GRUNDFORSTÄRKT
MED BETONGPÅLAR

124 HK3 1963
STODPÅLAR
30-100 M

LAB BYGGNAD 1917+19XY
TRÄPÅLAR, DJUP TILL FAST
BOTTEN CA 16-17 M

KYL, TRANSFORMATOR 1966
STODPÅLAD 17-18 M TILL FAST BOTTEN

STÖDMUR
STODPÅLAD

SJUKSTUGEBRON 1935
PÅLAD TILL FAST BOTTEN

JÄRNVÄGSBRON 1915
KOHESIONSPÅLAR AV
TRÄ 14-15 M

PUMPSTATION
BETONGKAJ

110 VF TILLBYGGNAD 1971
KOMPENSATIONSGRUNDLAGD

127 STÄLLVERK
KOMPENSATIONSGRUNDLAGD

STALLMÄSTAREBRON 1941
KOHESIONSPÅLAR
5M-BTG+18M TRÄ

HERRGÅRD
-1690

PÅLAD
BYGGNAD

PÅLAD
BYGGNAD

EROSIONSFÖRSTÄRKT
OMRÅDE

502 KERAMIKVERKSTADEN
KOMPENSATIONSGRUNDLAGD

OMRÅDE AVLASTAT GENOM
UTBYTE AV BEF MASSOR TILL
CA 1000 M3 LÄTTKLINKER

501 KLUBBSTUGA II
PÅLGRUNDLÄGGNING CA30 M

SAVEÅN

RULLAGERGATAN

ÅRTILLERIGATAN

SVEN WINQUIST GATAN

HERRGÅRDSGATAN

RYTMÄSTARGATAN

X30800

X30500

Y1400

Y1200

1986

1980

1973

1969

1970

1999

2001

1966

1996

CE
C-Lagret
Byggnad 304

EFd
E-Förrådet
Byggnad 401

AFd
A-förrådet
Byggnad 401

DCe
D-Centralen
Byggnad 302

DF
D-Fabriken
Byggnad 301

FFd
F-Förrådet
Byggnad 411

EF
E-Fabriken
Byggnad E

Byggnad 401

Skärmtak

Skala 1 : 1000

0 10 20 30 40 50 100 meter

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

TK PROJEKT AB/JM AB

DETALJPLAN NYA KULAN

WSP Samhällsbyggnad
Rullagergatan 4
402 51 Göteborg
Tel: 031-727 25 00
Fax: 031-727 25 01

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTRUERAD AV	HANDLÄGGARE
10138615	AA/JBN	LARS HALL
DATUM	ANSVARIG	
2011-04-21	LARS HALL	

BEFINTLIGA FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER OCH
ANLÄGGNINGARS GRUNDLÄGGNING

PLAN

SKALA	NUMMER	BET
1:1000	BILAGA B4	

FIL: \\S2000\NORDIS\DETALJPLAN NYA KULAN\KL_CAD\CAPTER\BILAGA\ENKLING PLAN\TK2_2011-04-19 SLU AV AANNORE SE\BIL2A

Fördjupad släntstabilitetsutredning

1 ALLMÄNT

I denna bilaga redovisas underlag till släntstabilitetsberäkningarna, valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att klassa en slänt att ha tillfredställande stabilitet, beräkning av släntstabilitet under befintliga förhållanden, samt översiktlig dimensionering av förstärkningsåtgärder för att uppfylla kraven för tillfredsställande stabilitet.

Läget för analyserade sektioner redovisas i *Bilaga A1*. Släntstabilitetsberäkningar har utförts i såväl odränerade som kombinerade analyser. Stabilitetsberäkningarna har utförts med hjälp av datorprogrammet Slope/W version 7.15 i Geo-Studio 2007. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred och ras i jordslänter med jämviktsteorier i vertikalplanet. I de aktuella analyserna har cirkulärcylindriska och sammansatta glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Denna beräkningsmetod tar hänsyn till både moment och kraftjämvikt i beräkning av säkerhetsfaktorer mot brott

2 VAL AV MATERIALEGENSKAPER, GEOMETRI OCH LASTER

2.1 Materialegenskaper

Materialegenskaper har utvärderats utifrån i områdena utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. För **kohesionsjord** har odränerad skjuvhållfasthet (c_u) och densitet (ρ) utvärderats direkt från sammanställningen av bestämda jordegenskaper. Den dränerade skjuvhållfastheten för kohesionsjord har valts enligt praxis (Skredkommissionens riktlinjer) med hjälp av en friktionsvinkel på $\phi'=30°$, samt med ett kohesionsintercept som är 10 % av den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten ($c'=0.1 \cdot c_u$). För **friktionsjord** har materialegenskaperna (hållfasthet och densitet) valts främst utifrån resultaten från CPT-sonderingar, men även enligt praxis (TK Geo, Vägverket) utifrån jordartsbedömning från övriga geotekniska undersökningar.

Anisotropieffekter har beaktats enligt Skredkommissionens riktlinjer och utifrån utförda aktiva odränerade triaxialförsök på lerprover upptagna i området. Triaxialförsöken har utförts på lerprover tagna från djup där de anisotropiska effekterna bedöms ha störst inverkan på beräknad stabilitet. Ur försöken har hållfastheten i det aktiva skjuvplanet utvärderats. Det aktiva skjuvplanet har lutningen $45°+\phi'/2=60°$ mot horisontalplanet (direkt skjuvning). Därefter har kvoten mellan hållfastheten i övriga skjuvplan och hållfastheten i horisontalplanet beräknats för respektive jordmodell med ledning av beräknat $K_{0(NC)}$ för det aktiva skjuvplanet.

Valda jordegenskaper som har använts i beräkningarna redovisas i *Bilaga B2*.

2.2 Geohydrologiska förhållanden

Dimensionerade geohydrologiska förhållanden har bestämts på olika sätt i odränerad respektive kombinerad analys.

I odränerad analys har den fria grundvattenytan antagits ligga i underkant av fyllning eller torrskorpelera och i Säveån har lägsta lågvattenyta valts som dimensionerande vattennivå.

I kombinerad analys har Säveåns medellågvattennivå, MLW, i kombination med prognostiserat högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid i friktionsjorden under leran ansatts som dimensionerande geohydrologiska förhållanden. Ansatsen bedöms vara rimlig då dränerat brott är ett långtidsbrott och att höga portryck inte varaktigt torde sammanfalla med ett mycket lågt vattenstånd i ån.

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

I en kohesionsjords övre del förekommer ofta rottrådar och mindre spricksystem ned till 3 - 6 m djup. Jorden har här relativt hög permeabilitet och portrycken har därför antagits öka hydrostatiskt i denna zon, från bedömd fri grundvattenyta. Från den hydrostatiska zonens underkant ökar sedan porvattentryck (konstant) med djupet upp till grundvattentrycket i friktionsjorden under kohesionsjorden (dvs. undre akvifären). Hänsyn till eventuellt porövertryck pga. pågående sättningar har inte beaktats i utförda stabilitetsberäkningar.

Som grundvattentryck i den undre akvifären har ett prognostiserat högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid använts. Prognostiseringen har utförts genom jämförelse av långtidsobservationer i närliggande referensrör, installerade av Gatubolaget, med mätserier från 1980-talet och korttidsmätningar i de för uppdraget installerade grundvattenrören (observationsrör). Referensrörens fluktuationsmönster har grafiskt anpassats till observationsrörens fluktuationsmönster. På så sätt har en förlängd mätserie erhållits för installerade observationsrör. Därefter har statistiska högstanivåer utvärderats för respektive observationsrör.

Prognostiserade högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid redovisas i *Bilaga B3.*

2.3 Geometri och materialgränser

Geometri och materialgränser har bestämts utifrån marknivåer, samt utvärderade jordarter, lagertjocklekar och egenskaper från de geotekniska undersökningarna. I respektive beräkningssektion har markytan mätts in och Säveåns bottenprofil har lodats med ekolod.

2.4 Tidigare förstärkningsåtgärder

Inom utredningsområdet finns ett antal tidigare utförda förstärkningsåtgärder i form av erosionsskydd, avschaktningar och lastkompensationer. Erosionsskydden har besiktigats okulärt och dess kondition beskrivs i avsnitt 4.5.3 i huvuddokumentet. Tidigare projekterade stabilitetsförhöjande åtgärder är dimensionerade med medellågvattenstånd, MLW, i Säveån och är således ej helt tillfredsställande med dagens betraktelsesätt. I vissa fall har förstärkningsåtgärder dimensionerats utifrån en 30 % förbättring av stabiliteten jämfört med tidigare rådande släntstabilitet utan att uppfylla dåtidens stabilitetskrav.

I korsningen Hornsgatan och Kullagergatan är marken uppfylld ca 3 m. Uppfyllningen begränsas av en stödmur i söder ned mot Säveån. Stödmuren är stödpålad och den bakomliggande fyllningen är grundlagd med bankpålar. Inom området finns även ett flertal kulvertar. Dessa har inte beaktats i stabilitetsberäkningarna men verkar gynnsamt då de bidrar med en viss avlastning av jorden. Befintliga byggnader är antingen grundlagda med stödpålar eller kompensationsgrundlagda.

2.5 Laster

Pålgrundlagda byggnader och byggnadsverk förutsätts ej ge något lasttillskott i stabilitetsberäkningarna.

På parkeringsytor har vid stabilitetsberäkningar en utbredd last över parkeringsytan om 5 kPa antagits. Trafikerade vägar bedöms belastas med 10 kPa för långa glidytor (>7 m) och med 20 kPa vid korta glidytor (<7 m). Trafiklast och last på parkeringsytor verkar temporärt (< 1 vecka) och beaktas därmed endast i odränerad analys.

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

3 VAL AV ERFORDERLIGA SÄKERHETSFAKTORER

Analyserna och utförda undersökningar i utredningen har utförts enligt Skredkommissionens riktlinjer för en *fördjupad utredning*. Detaljplaneområdet klassas som *"Nyexploatering"* medan de angränsande områdena utanför detaljplaneområdet klassas som *"Befintlig bebyggelse och anläggning"*.

Tabell 3.1 Bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för slänt.

Förutsättning	*Gynnsam*	*Ogynnsam*
1. Fältundersökningens innehåll och omfattning	Tätt sonderat relativt områdets storlek. CPT-sonderingar är utförda. Tät provtagning relativt områdets storlek. In situ-provning med vingförsök har utförts i ett stort antal undersökningspunkter.	
2. Laboratorieundersökningens innehåll och omfattning	Kompressionsförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök har utförts i 5 undersökningspunkter.	
3. Släntens beständighet	Intakt busk- och trädvegetation. Inga tecken på rörelser har observerats.	
4. Släntens geometri	Mycket flack fram till åravin. Slänten är väl inmätt och Säveåns bottenkontur har lodats	Brant åbrink
5. Grundvatten- och portrycksförhållanden	Långtidsmätningar och prognostisering av högsta grundvattentryck.	
6. Ytvattenförhållanden	Karaktäristiska vattenstånd är kända.	Stora vattenståndsvariationer. Trummor och kulvertar finns i släntens övre delar.
7. Jordens egenskaper	Homogen jord. Jorden är i allmänhet mellansensitiv	Kohesionsjord. Kvicklera förekommer lokalt i delområde A och B, samt östra delen av område G.
8. Tidigare förändringar i slänten	Utlagda erosionsskydd. Avschaktningar i delområden C, F och G. Lättfyllning i delområde E. Träskoning finns i delområde B och E.	
9. Nuvarande och förväntade verksamheter i området	Byggnader med källare som verkar avlastande	Nyexploatering mycket nära åravin.
10. Konsekvens av ett skred	Liten risk för bakåtgripande skred.	Risk stor ekonomisk skada.
11. Analys- och beräkningsarbetets innehåll och omfattning	Tvådimensionell analys (resultat på säkra sidan).	

Slänt med kohesionsjord vid *nyexploatering* kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,5-1,4 (F_c>1,5-1,4), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,35-1,3 (F_{Komb}>1,35-1,3). Motsvarande för slänt med material som har dränerat uppträdande klassas slänt som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn i dränerad analys är större än 1,3 (F_ϕ>1,3).

Slänt med kohesionsjord vid *befintlig bebyggelse och anläggning* kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,4-1,3

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

(F_c>1,4-1,3), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,3-1,2 (F_{Komb}>1,3-1,2). Motsvarande för slänt med material som har dränerat uppträdande klassas slänt som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn i dränerad analys är större än 1,3-1,2 (F_ϕ>1,3-1,2).

Erforderlig säkerhetsfaktor inom spannen bedöms enligt aktuella försättningar med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden, se Tabell 3.1. Resultat från utvärderade erforderliga säkerhetsfaktorer redovisas i Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att aktuell slänt skall kunna bedömas som tillfredställande stabil.

Förhållanden	*Erforderlig säkerhetsfaktorer*		
	Kohesionsjord		**Friktionsjord**
	F_c	F_{Komb}	F_ϕ
Befintlig bebyggelse och anläggning (sektioner Ö,G)	1,3	1,2	1,2
Nyexploatering (sektioner A,B,C,D,F)	1,4	1,3	1,3

4 SLÄNTSTABILITETSKONTROLL

Slänt med befintliga förhållanden med beräknade säkerhetsfaktorer som inte uppfyller erforderliga säkerhetsfaktorer, bedöms som *”otillfredsställande stabil med befintliga förhållanden”*. På motsvarande sätt bedöms slänt för befintliga förhållanden med beräknade säkerhetsfaktorer som uppfyller kraven, som *”tillfredställande stabil med befintliga förhållanden”*.

Resultat från beräkningarna redovisas i *Bilaga C2:1* och sammanfattas nedan i Tabell 4.1. Enligt utförd stabilitetskontroll har utredningsområdet norra del otillfredsställande stabilitet med befintliga förhållanden, medan områdets södra del har tillfredsställande stabilitet med befintliga förhållanden.

Tabell 4.1 Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred för befintliga förhållanden (röda siffror anger beräknade säkerhetsfaktorer som ej uppfyller kraven på en tillfredställande stabilitet)

Sektion	*Slänt*	*Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer*		
		F_C	F_{KOMB}	F_ϕ
Sektion Ö	Befintlig	**1,32**	**1,39**	-
Sektion A	Befintlig	**1,48**	**1,39**	-
Sektion B	Befintlig	***1,19***	**1,28**	-
Sektion C	Befintlig	***1,11***	***1,08***	-
Sektion D	Befintlig	**1,29**	**1,22**	-
Sektion E	Befintlig	***1,10***	***1,05***	-
Sektion S-D [1)]	Befintlig	***1,17***	***1,12***	-
Sektion S-C [1)]	Befintlig	**1,31**	**1,27**	-
Sektion F	Befintlig	**1,44**	**1,40**	-
Sektion G	Befintlig	**1,36**	**1,31**	-

[1)] Sektioner beräknade av Sweco. I dessa beräkningar har vattenståndet LLW=+9,0 använts.

I *Bilaga C4* redovisas områden i plan där stabiliteten har beräknats vara mindre eller lika med 1,4-fadlig säkerhet mot skred i odränerade analyser under befintliga förhållanden.

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

5 ÖVERSIKTLIG DIMENSIONERING AV FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER

För att erhålla slänter som är tillfredsställande stabila krävs att förstärkningsåtgärder vidtas. Föreslagna förstärkningsåtgärder skiljer sig något utmed Säveåns strandlinje. Generellt gäller att erosionsskydd som är i dåligt skick bör anordnas. Avschaktningar ned till föreskriva nivåer närmast åravinen kommer att krävas för att erhålla tillfredställande stabila slänter.

Resultat från beräkningarna redovisas i *Bilaga C2:2* och sammanfattas i Tabell 5.1. Översiktlig redovisning av förstärkningsåtgärder i sektion och plan ges i *Bilaga C4*.

Tabell 5.1 Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred efter föreslagna åtgärder

Sektion	***Föreslagen åtgärd***	***Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer***		
		F_C	F_{KOMB}	F_ϕ
Sektion Ö	Erosionsskydd (något mer än 0,5 m tjockt)	**1,41**	**1,54**	-
Sektion A	Erosionsskydd	**1,53**	**1,42**	-
Sektion B	Erosionsskydd ca 5 m bred lokal avschaktning +12,0	**1,44**	**1,53**	-
Sektion C	Avschaktning till nivå +12, +13 och +15.	**1,39**	**1,44**	-
Sektion D	Avschaktning till nivå +15.	**1,41**	**1,35**	-
Sektion E	Avschaktning till nivå +15,5	**1,38**	**1,29**	-
Sektion F	Ingen åtgärd	**1,44**	**1,40**	-
Sektion G	Erosionsskydd	**1,39**	**1,35**	-

6 ANALYS AV SEKUNDÄRA SKRED

Risk för sekundära skred har beaktats där beräknad säkerhetsfaktor i odränerad analys är mindre än 1,3 (F_C < 1,3) med befintliga förhållanden. Metodiken som har använts för att bedöma det sekundära skredets utbredning, den bakomgripande geometrin, är en funktion av lerans sensitivitet utarbetat efter observationer från Agnesbergskredet 1994 i Göta älv. Metodiken finns i sin helhet beskriven i följande PM:

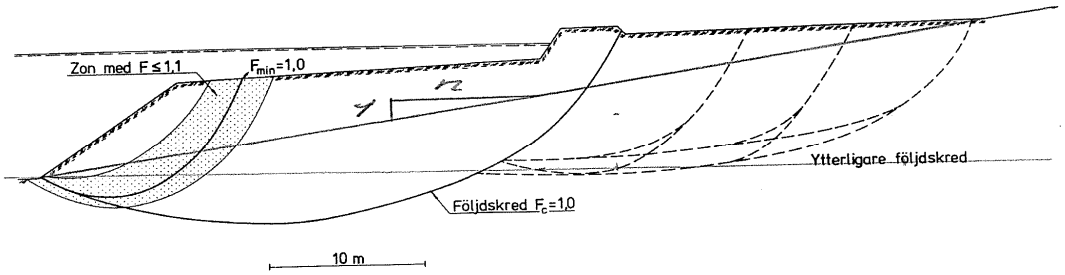
- *”Förslag till metodik för att ta hänsyn till sekundära skred”*. Projekt E45/Nordlänken – Delen Bohus-Nöding”. Datum 2008-01-15. Upprättad av SGI (P-E, Bengtsson) åt FB Engineering AB för BanaVäg i Väst.

Denna metodik utgår ursprungligen från betraktelser på sekundärskred längs Göta älvs dalgång och bygger på att en del av skredmassorna eroderar bort. Således torde denna metodik vara konservativ för skredutbredning längs Säveån, som är ett betydligt mindre vattendrag än Göta älv. Det sekundära skredets bakåtgripande utbredning har beräknats som en begränsningslinje med lutningen ’n’ gånger slänthöjden, se Figur 6.1. Där

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

begränsningslinjen skär lerans torrskorpa eller fyllningen har vinkeln justerats till 1:2. Faktorn 'n' har valts som det lägre värdet i angivet variationsområde. I Tabell 6.1 redovisas valda n som en funktion av sensitiviteten för respektive beräkningssektion där $F_C < 1,3$.



Figur 8.7. Beräknat initialskred och första följdskred i beräkningssektionen.

Figur 6.1 Metodik för uppskattning av utbredning av sekundära skred i kvicklera (SGI, 2008).

Tabell 6.1 Vald faktor n för respektive beräkningssektion där sekundärskred har beaktats.

Sektion	**F_C**	***Högsta sensitivitet inom glidytan***	***Faktor n***		**Utbredning, sekundärt skredområdet från åkant**
			Variationsområde	**Valt n**	
Sektion Ö	>1,3	45	7 – 10	8	ca 40 m
Sektion A	>1,3	45	7 – 10	8	ca 30 m
Sektion B	*<1,3*	60	7 – 10	8	ca 35 m
Sektion C	*<1,3*	30	3 – 5	5	ca 35 m
Sektion D	<1,3	10	1,5 – 2	2	(mindre än primärskred)
Sektion E	*<1,3*	25	3 – 5	5	ca 40 m
Sektion F	>1,3	35	3 – 5	5	(samma som primärskred)
Sektion G	>1,3	35	3 – 5	5	(mindre än primärskred)

Ovan nämnda metodik har, enligt uppgift, fått acceptans hos SGI myndighetsfunktionen som är remissinstans för kommunernas detaljplaner i Västra Götalands län.

Kontroll med denna metodik visar att det är endast i beräkningssektionerna A, B, C och E som risk för sekundära skred bör beaktas. Av dessa sektioner är det bara A och B där beräknat sekundärskreds utbredning är större än utbredningen av primärskredet.

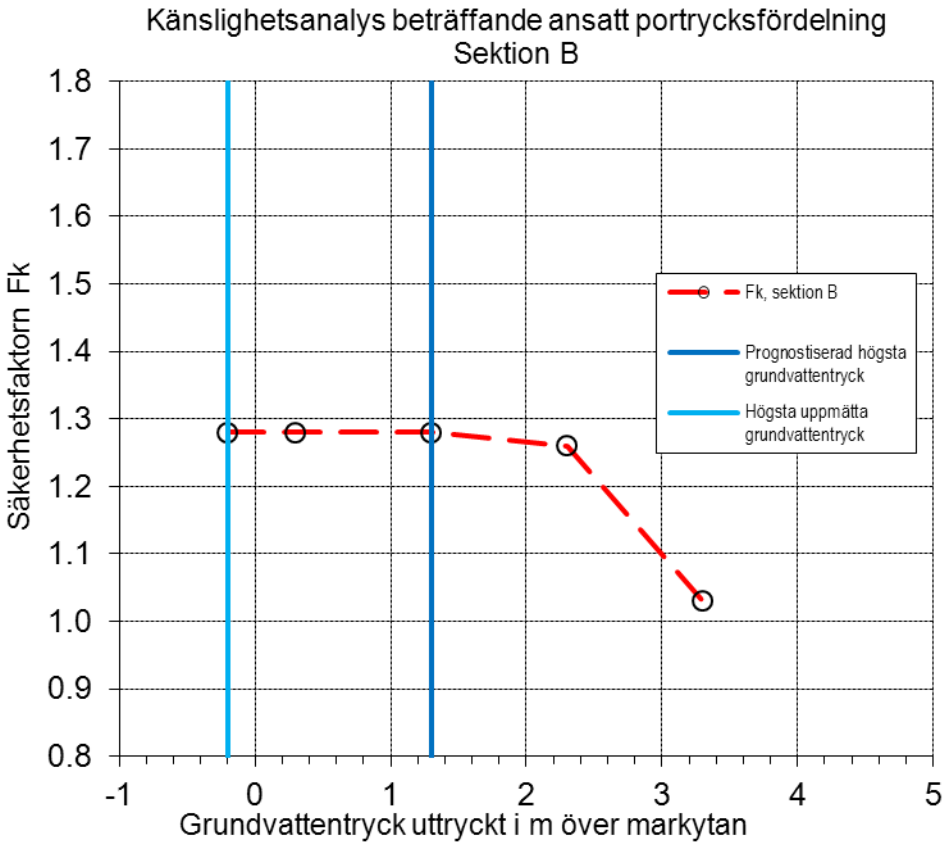
Resultat från stabilitetsutredning över befintliga förhållanden redovisas i plan i Bilaga C3.

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Fördjupad släntstabilitetsutredning

7 KÄNSLIGHETSANALYS BETRÄFFANDE HÖGA GRUNDVATTENTRYCK

Den sektion som bedöms vara mest känslig för förhöjda grundvattentryck är sektion B. Här är lerdjupen ned till underlagrade friktionsjorden relativt små (ca 10 m). Det prognostiserade ansatta grundvattentrycket motsvarar en trycknivå ca 1,3 m över markytan, vilket skall jämföras med det högsta uppmätta grundvattentrycket som motsvarar en trycknivå ca 0,2 m under markytan. För att verifiera att detta är en rimlig ansättning har säkerhetsfaktorn för kombinerat brott, F_{KOMB}, beräknats för högre grundvattentryck än prognostiserade högsta grundvattentryck. Resultatet framgår av Figur 7.1 nedan där säkerhetsfaktorn F_{KOMB} redovisas som en funktion av grundvattentrycket i friktionsjorden.



Figur 7.1 Resultat av utförd känslighetsanalys för sektion B.

Som framgår av Figur 7.1 erfordras ett grundvattentryck i friktionsjorden som motsvarar en trycknivå ca 3,5 m över markytan innan dränerat brott teoretiskt inträffar. Återkomsttiden för en grundvattentrycksnivå 2,5 m över markytan är ca 10 000 år enligt utförd prognostisering. Området bedöms därmed inte vara känsligt för förhöjda portryck ur stabilitetssynpunkt.

8 SLUTSATSER OCH KOMMENTARER

Utifrån utförda stabilitetsberäkningar framgår att odränerade analyser är dimensionerande i nästan samtliga fall. Även i kombinerad analys är den odränerade skjuvhållfastheten dimensionerande längs beräknade glidytor.

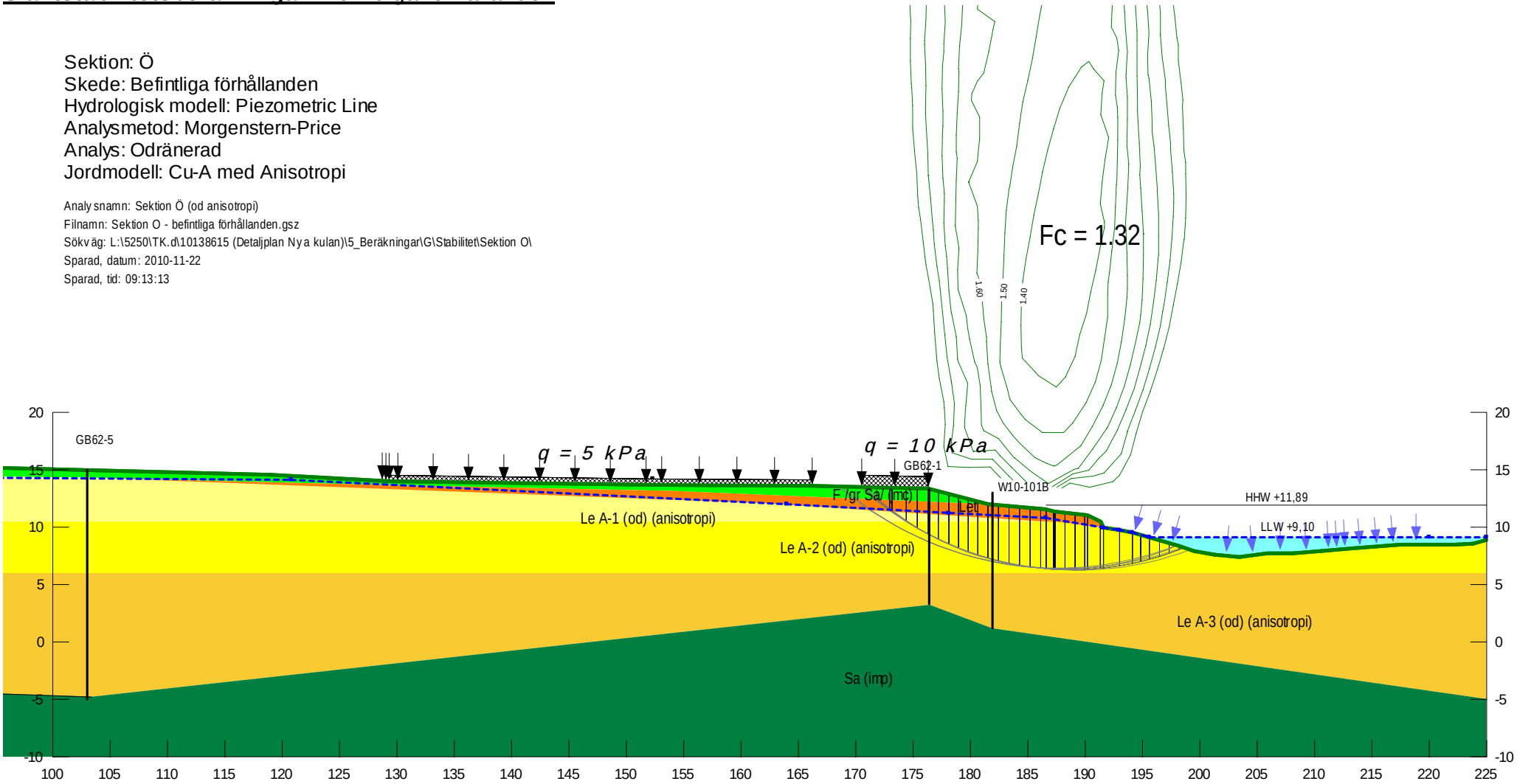
Slutsatser över utförd stabilitetskontroll ges i huvuddokumentet.

L:\5250\TK.dl\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\3_Dokument\36_PM\PM-001B-BILAGA-C1 (Fördjupad stabilitetsutredning).doc

Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: Ö
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-A med Anisotropi

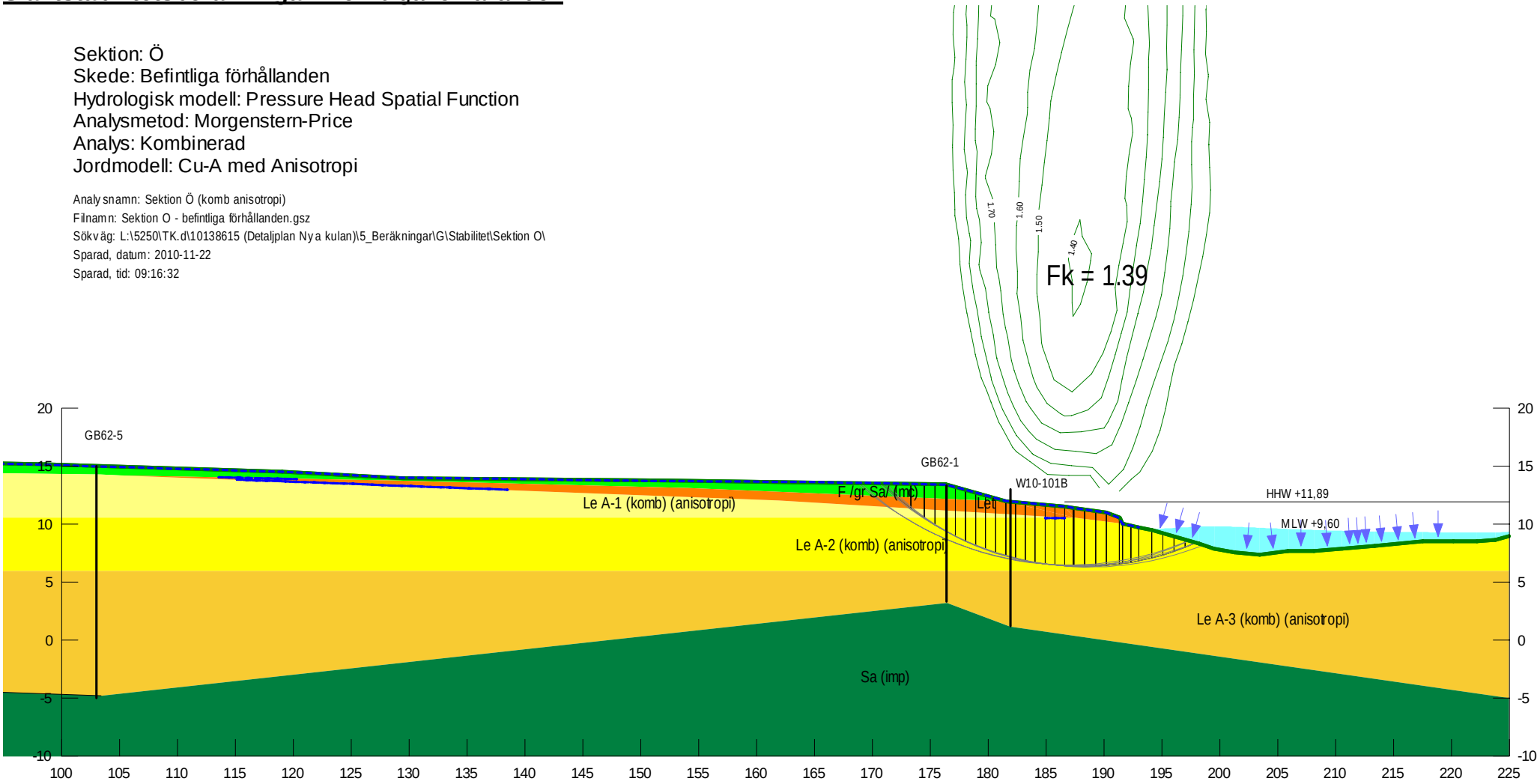
Analysnamn: Sektion Ö (od anisotropi)
Filnamn: Sektion O - befintliga förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion O\
Sparad, datum: 2010-11-22
Sparad, tid: 09:13:13



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: Ö
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-A med Anisotropi

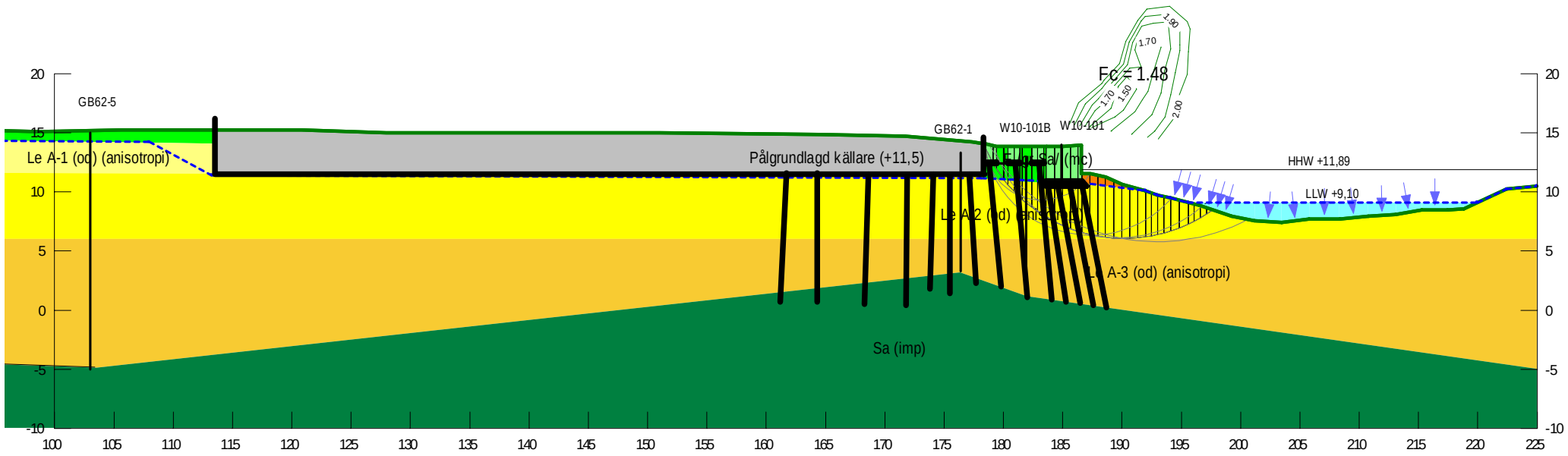
Analysnamn: Sektion Ö (komb anisotropi)
Filnamn: Sektion O - befintliga förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion O\
Sparad, datum: 2010-11-22
Sparad, tid: 09:16:32



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: A
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-A med Anisotropi

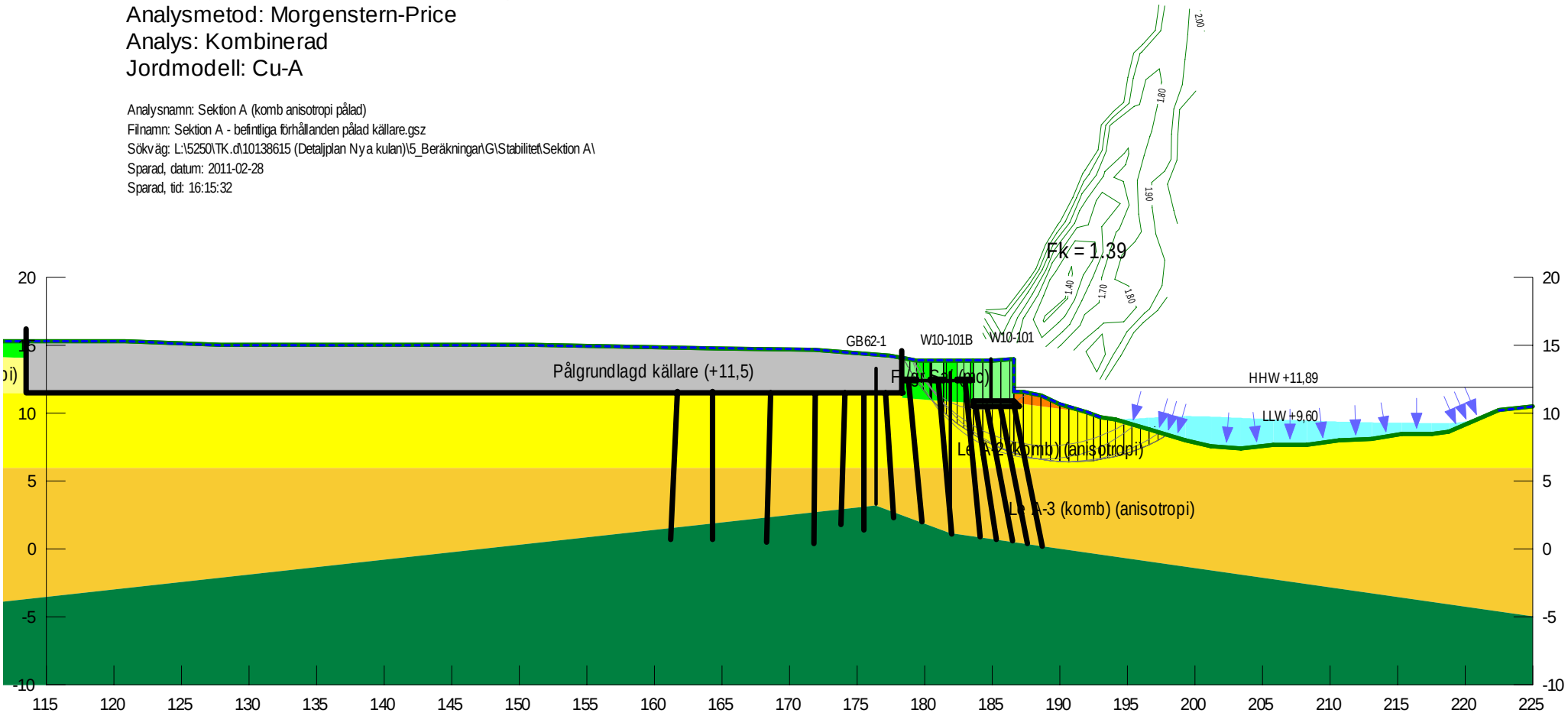
Analysnamn: Sektion A (od anisotropi pålad)
Filnamn: Sektion A - befintliga förhållanden pålad källare.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion A\
Sparad, datum: 2011-02-28
Sparad, tid: 16:15:32



Sträntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: A
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-A

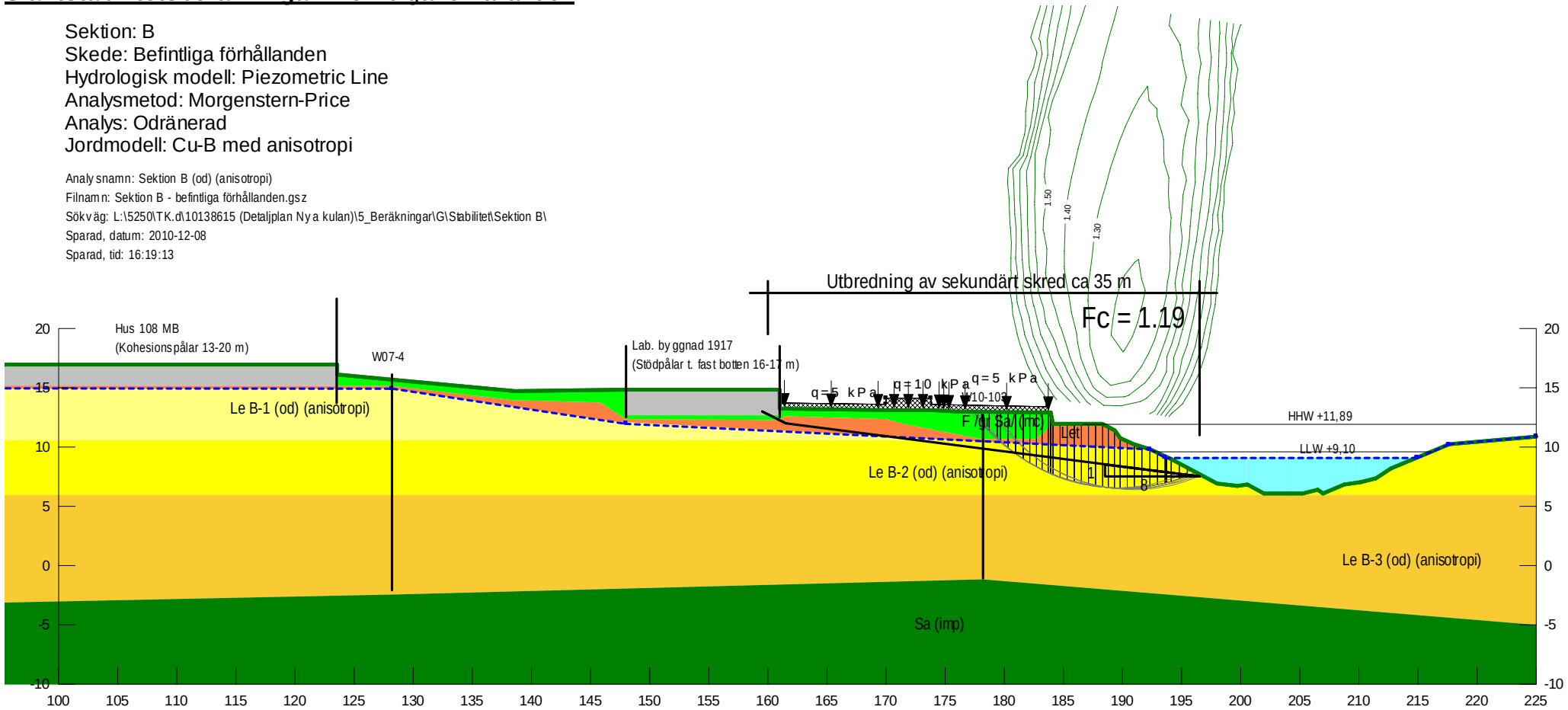
Analysnamn: Sektion A (komb anisotropi pålad)
Filnamn: Sektion A - befintliga förhållanden pålad källare.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion A\
Sparad, datum: 2011-02-28
Sparad, tid: 16:15:32



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: B
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi

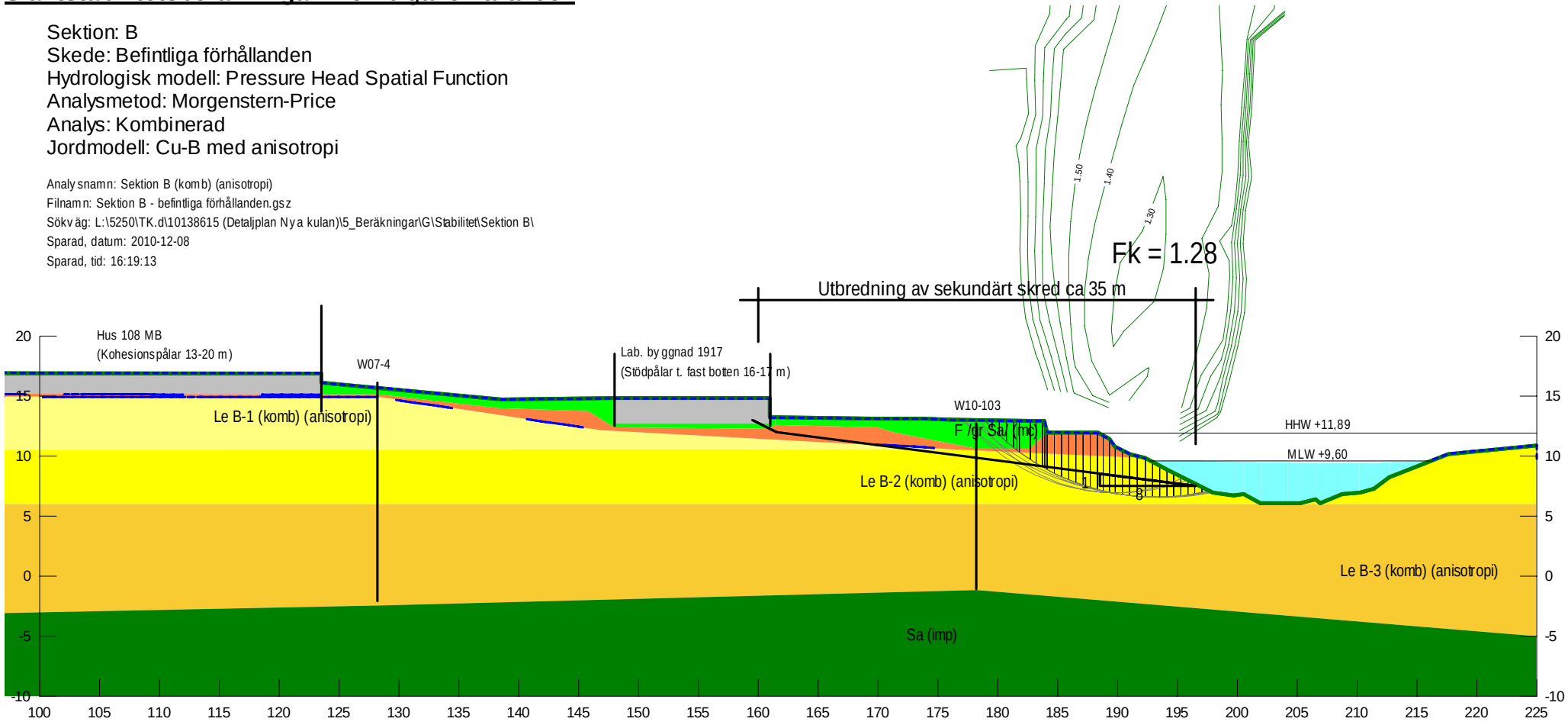
Analysnamn: Sektion B (od) (anisotropi)
Filnamn: Sektion B - befintliga förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion B\
Sparad, datum: 2010-12-08
Sparad, tid: 16:19:13



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

Sektion: B
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi

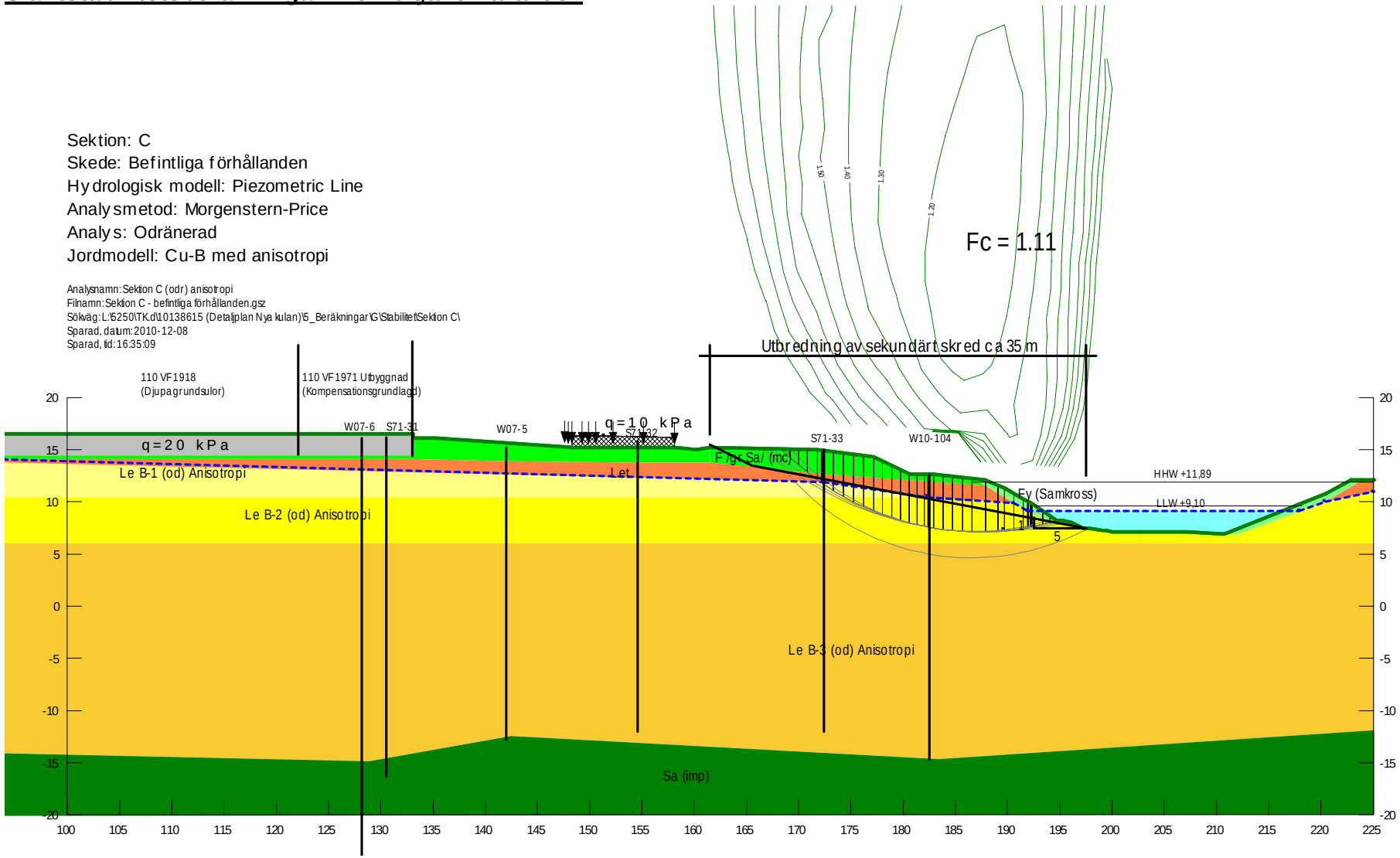
Analysnamn: Sektion B (komb) (anisotropi)
Filnamn: Sektion B - befintliga förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion B\
Sparad, datum: 2010-12-08
Sparad, tid: 16:19:13



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

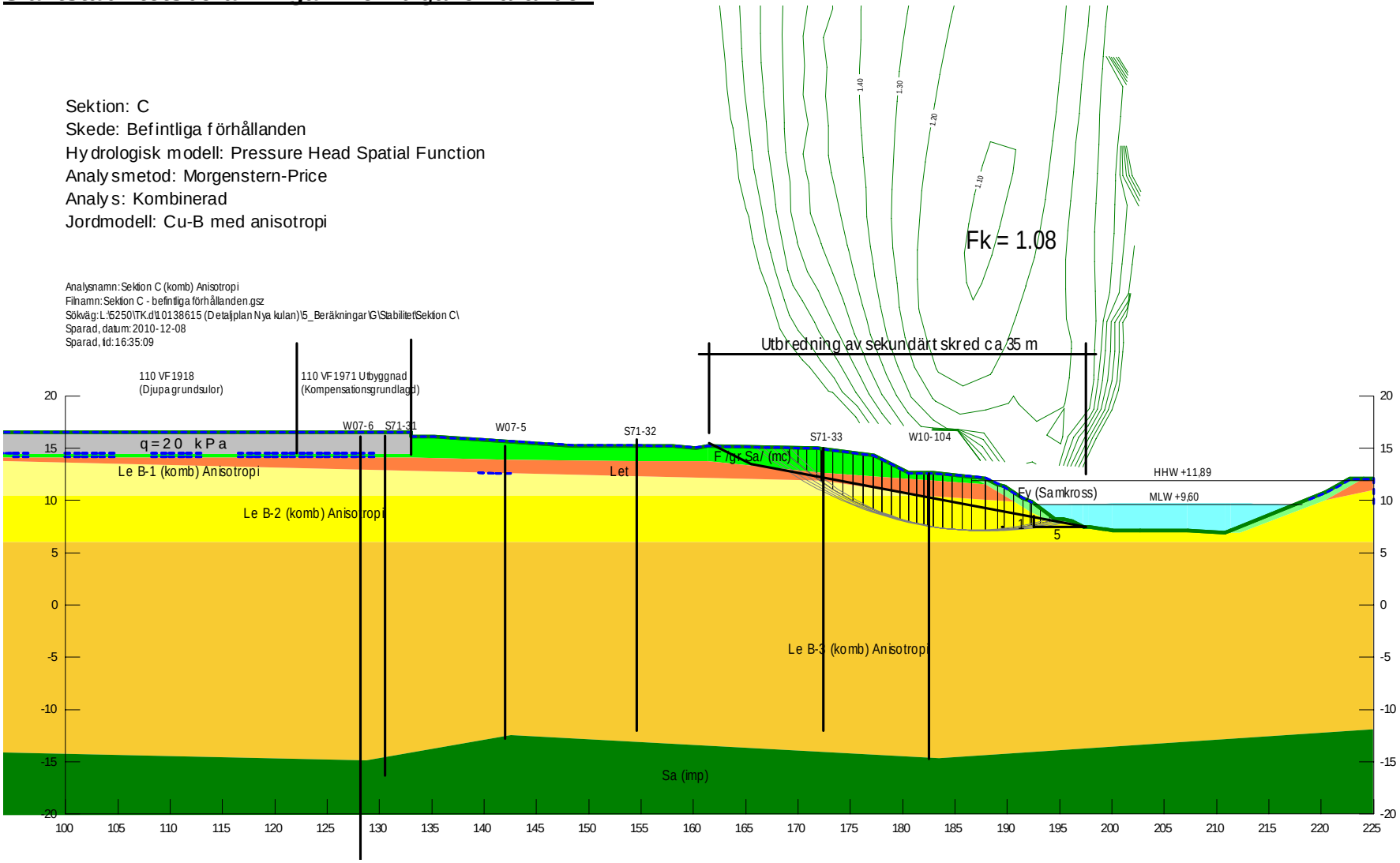
Sektion: C
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi

Analysnamn: Sektion C (odr) anisotropi
Filnamn: Sektion C - befintliga förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion C\
Sparad, datum: 2010-12-08
Sparad, tid: 16:35:09

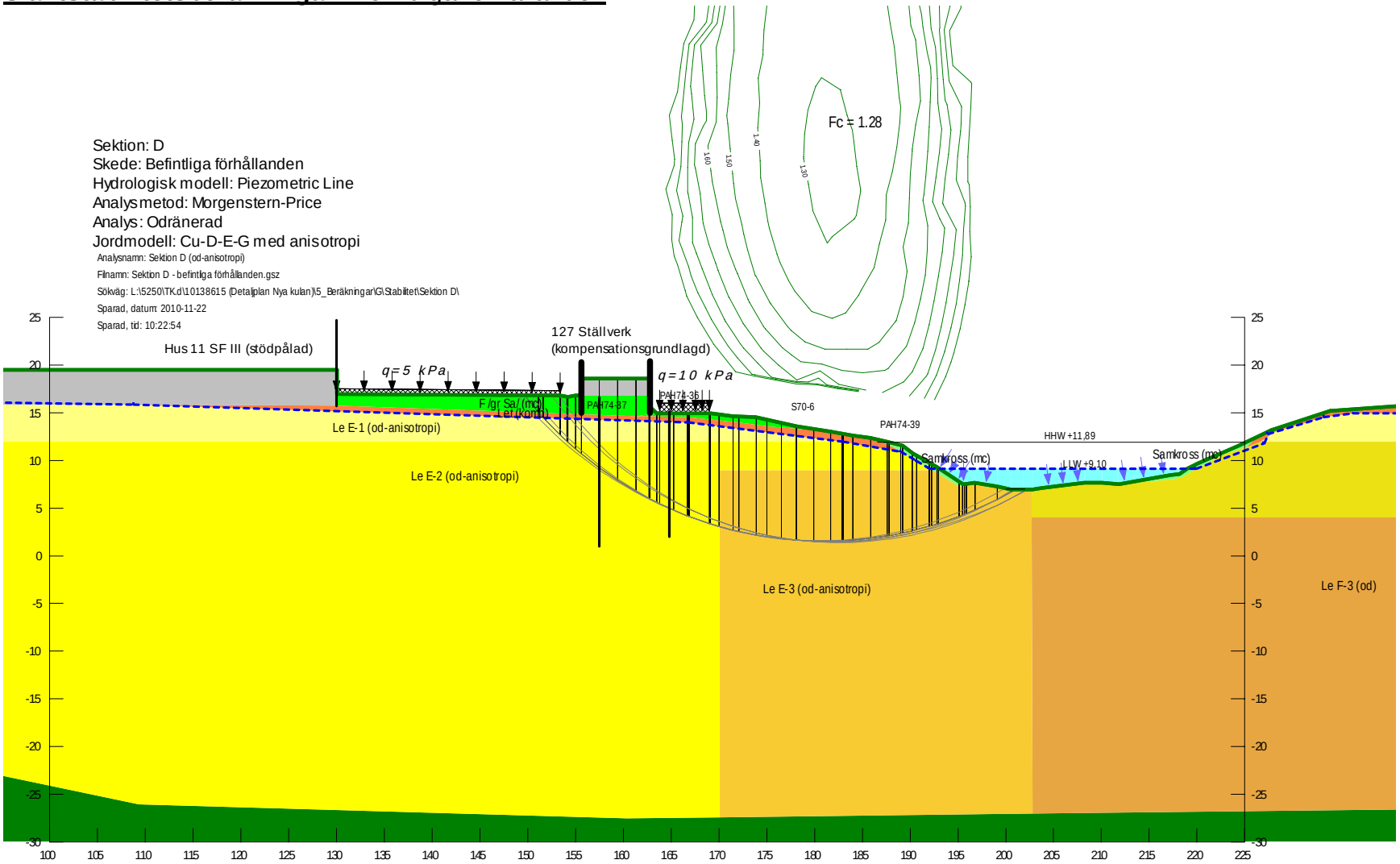


Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden

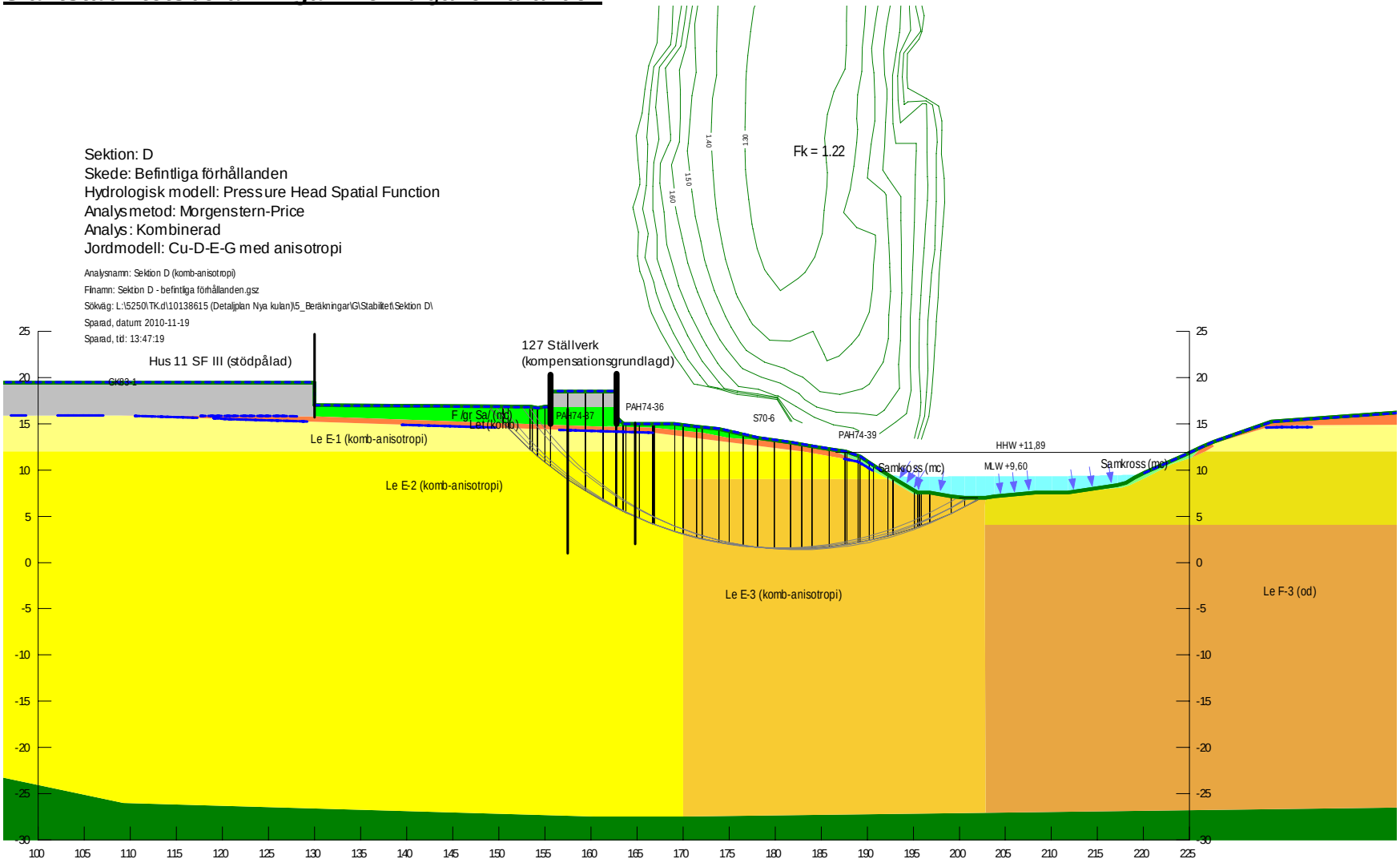
Sektion: C
Skede: Befintliga förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi



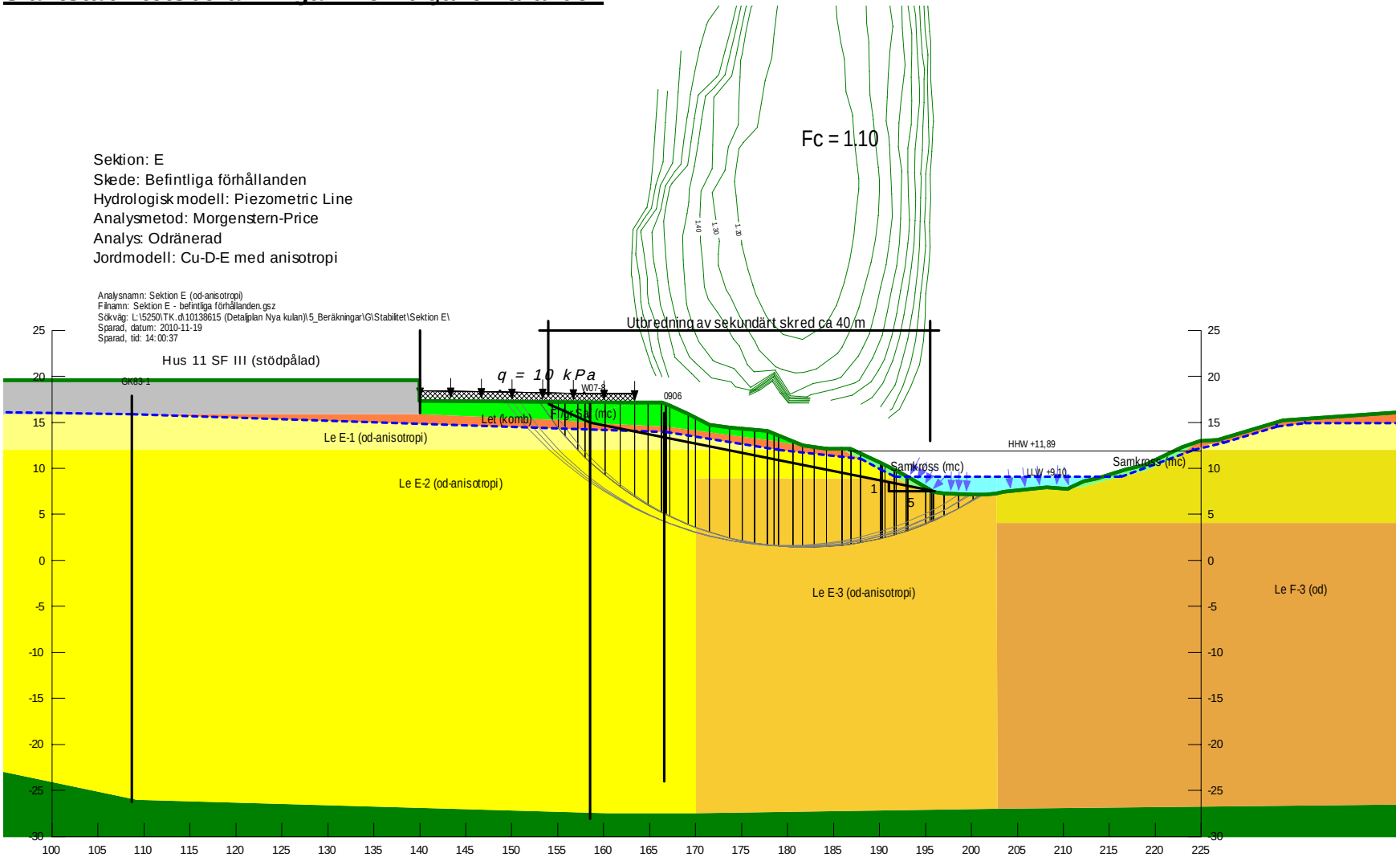
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



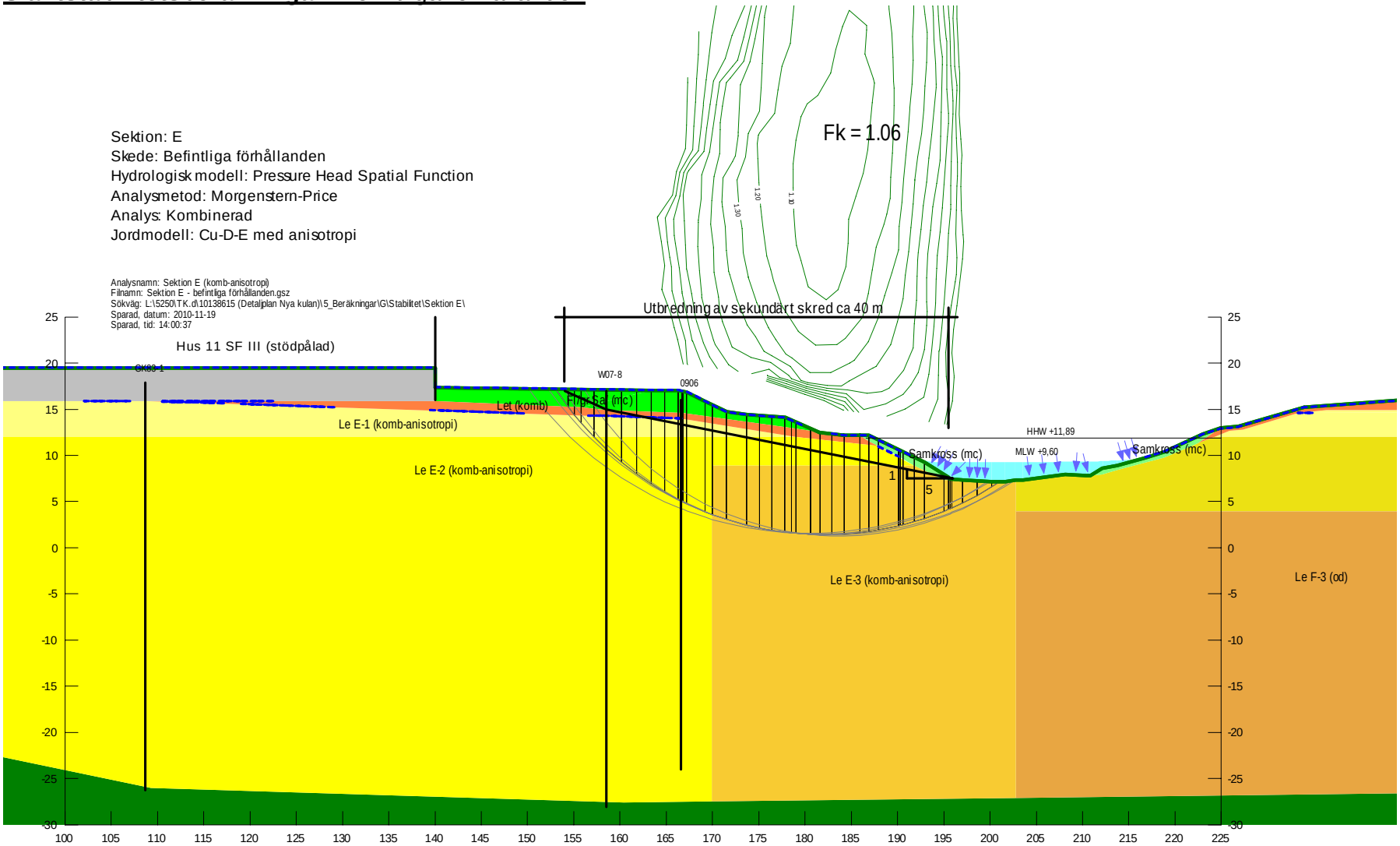
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



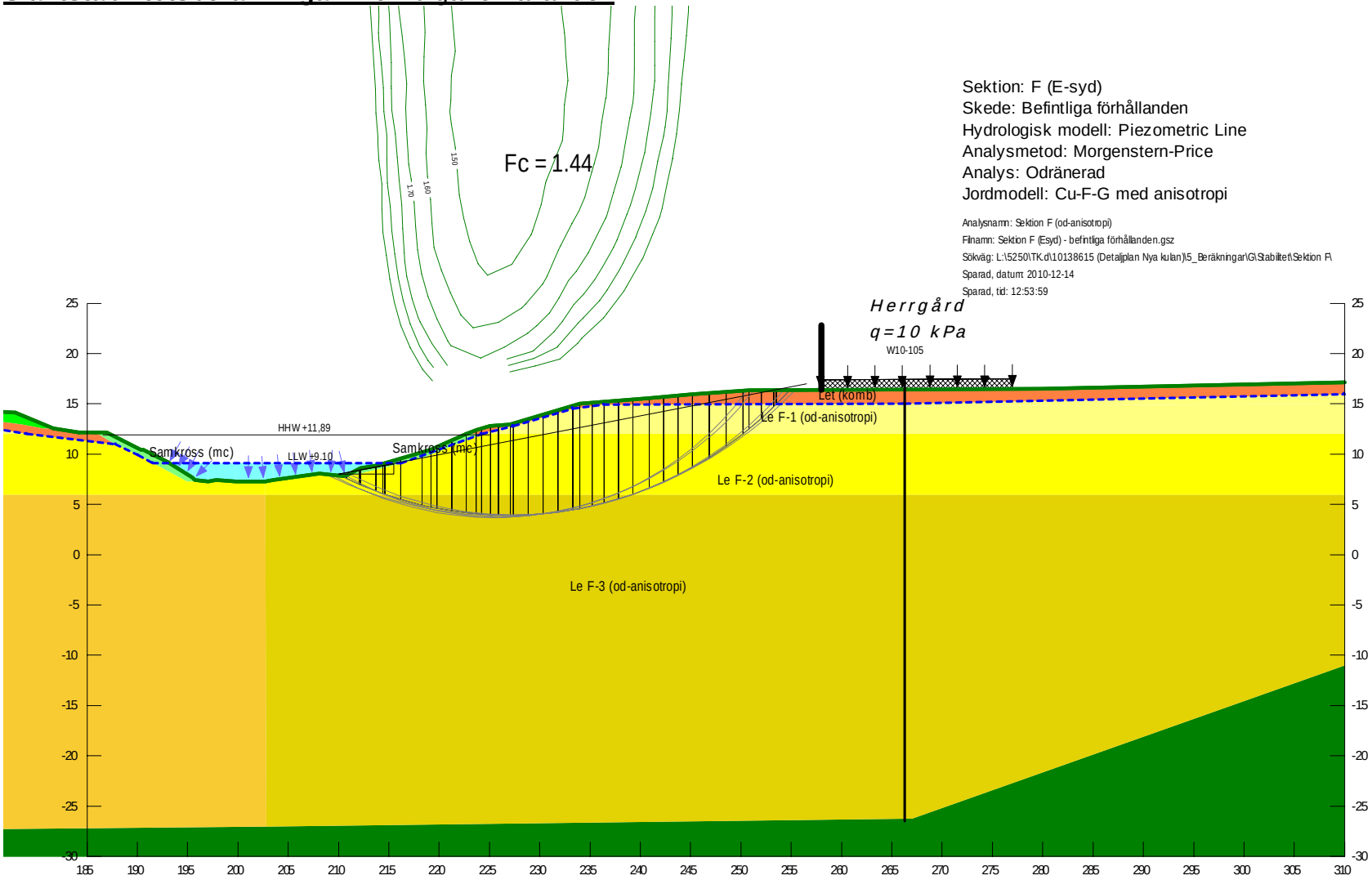
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



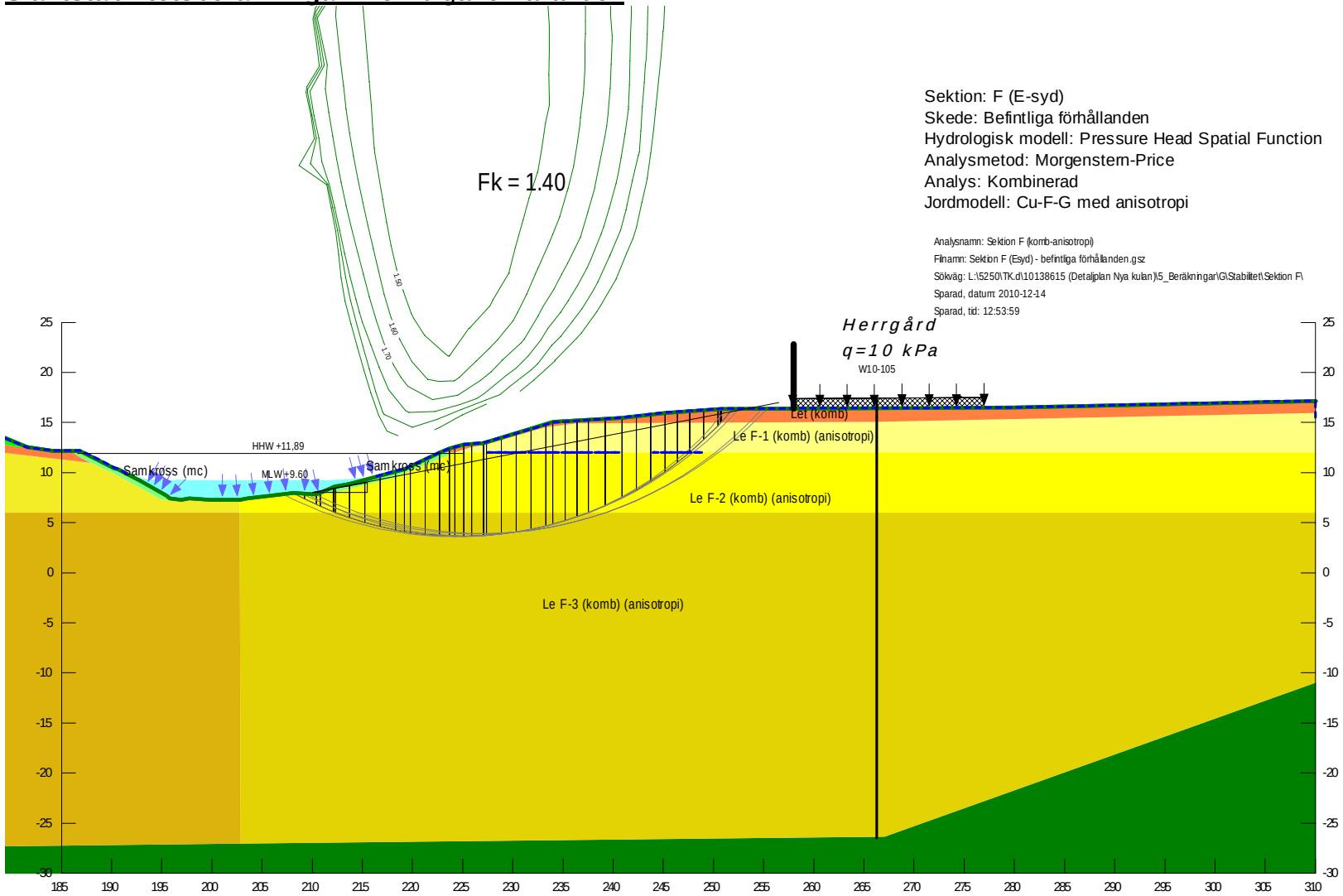
Sträntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



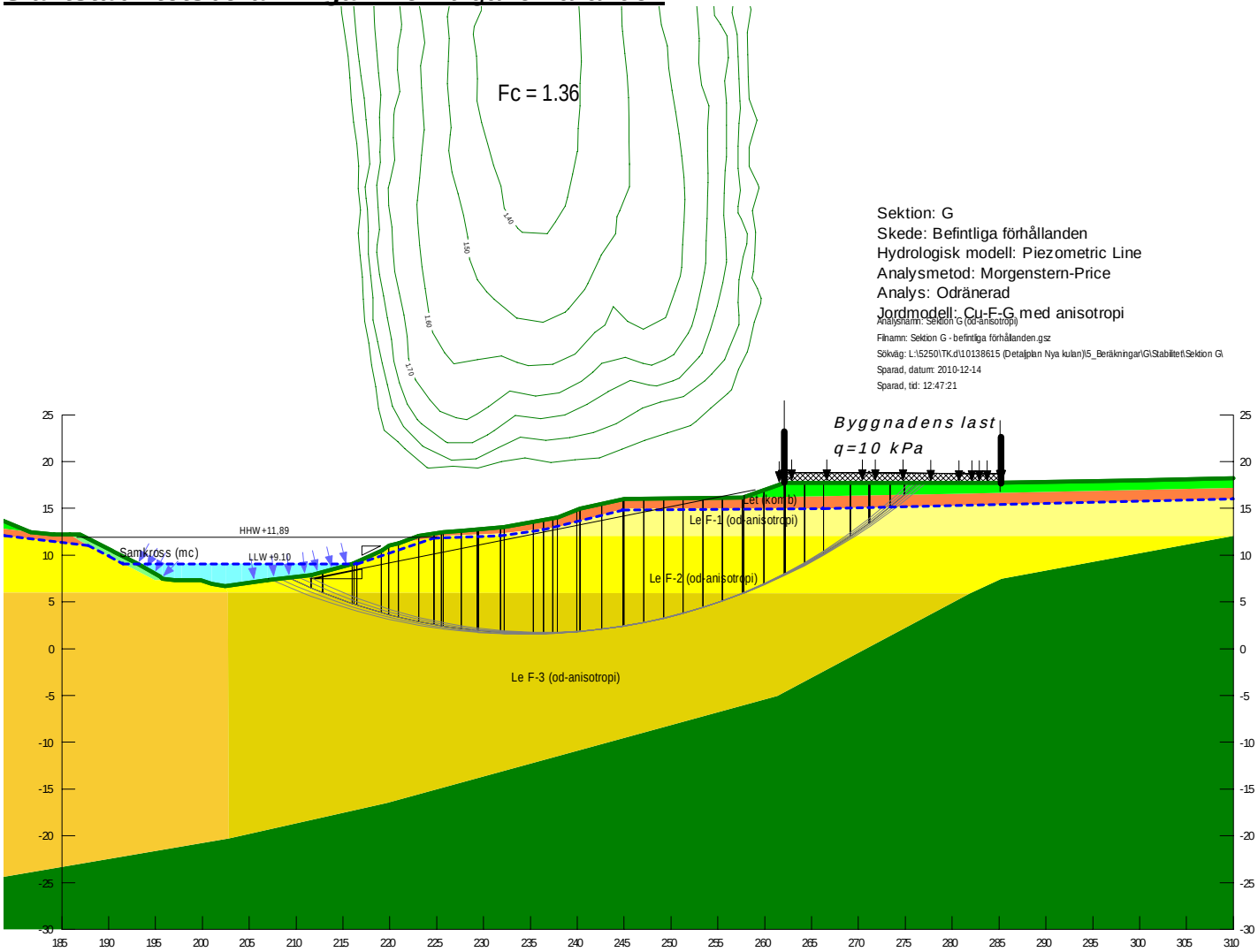
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



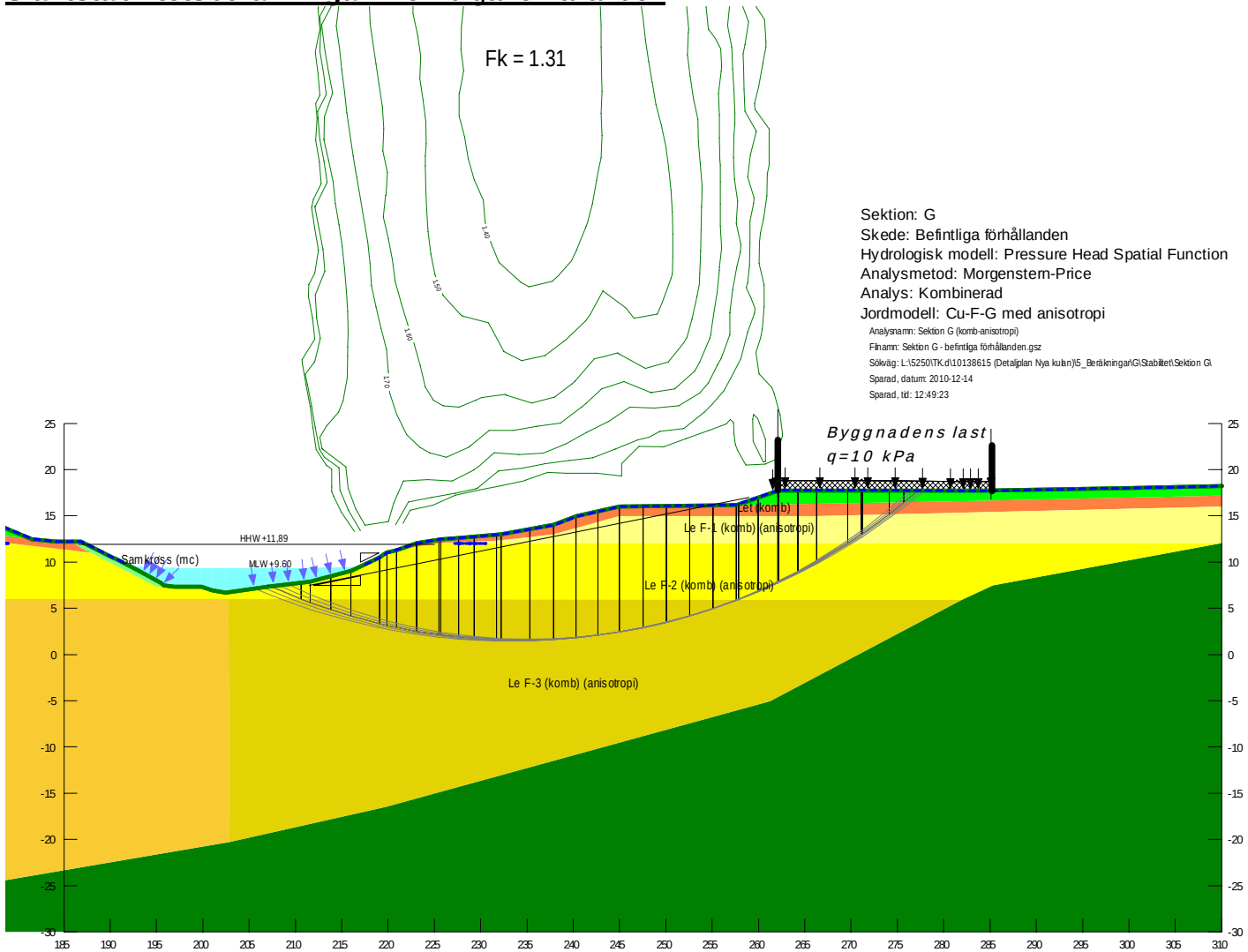
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



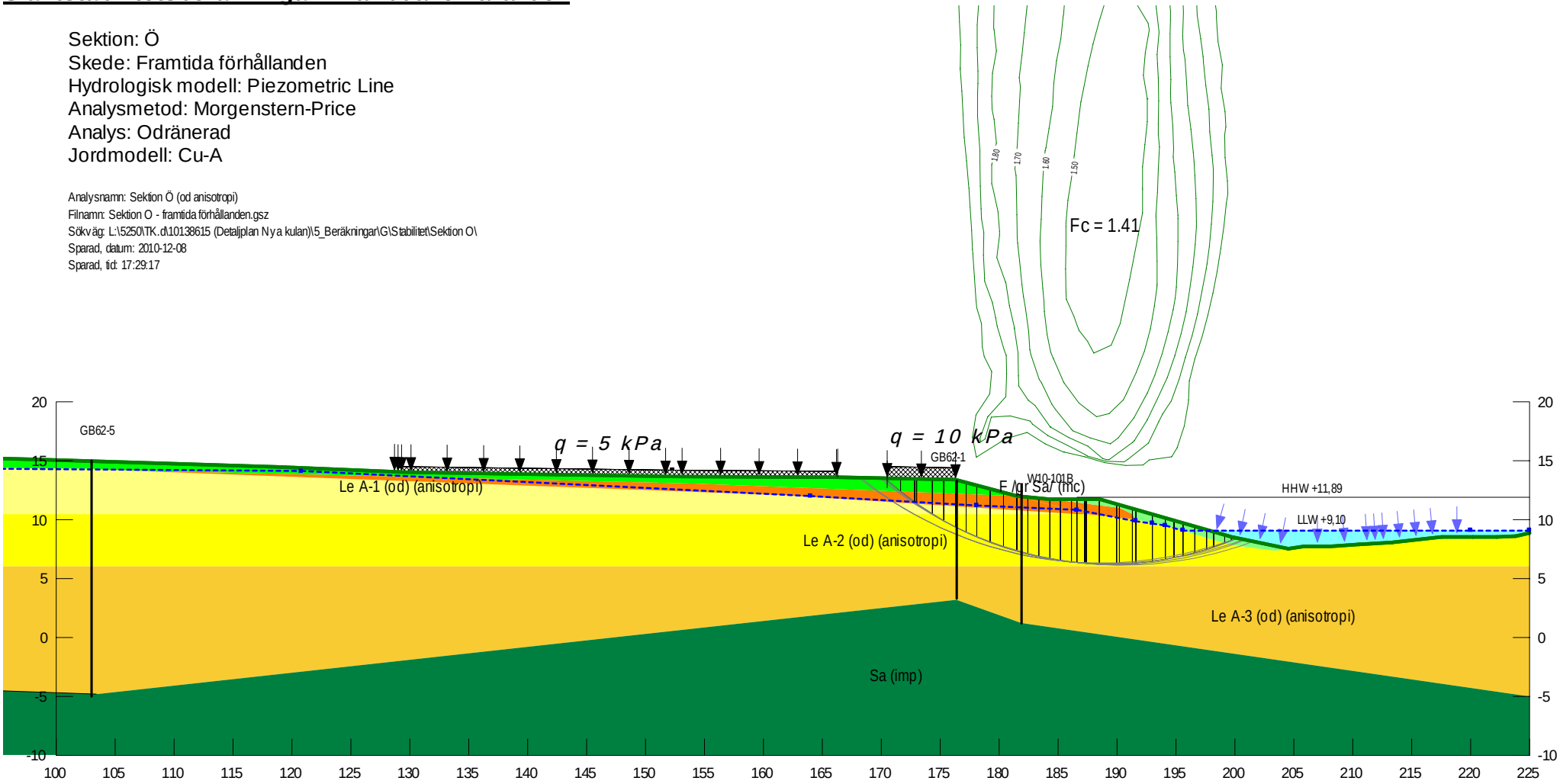
Släntstabilitetsberäkningar: Befintliga förhållanden



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: Ö
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-A

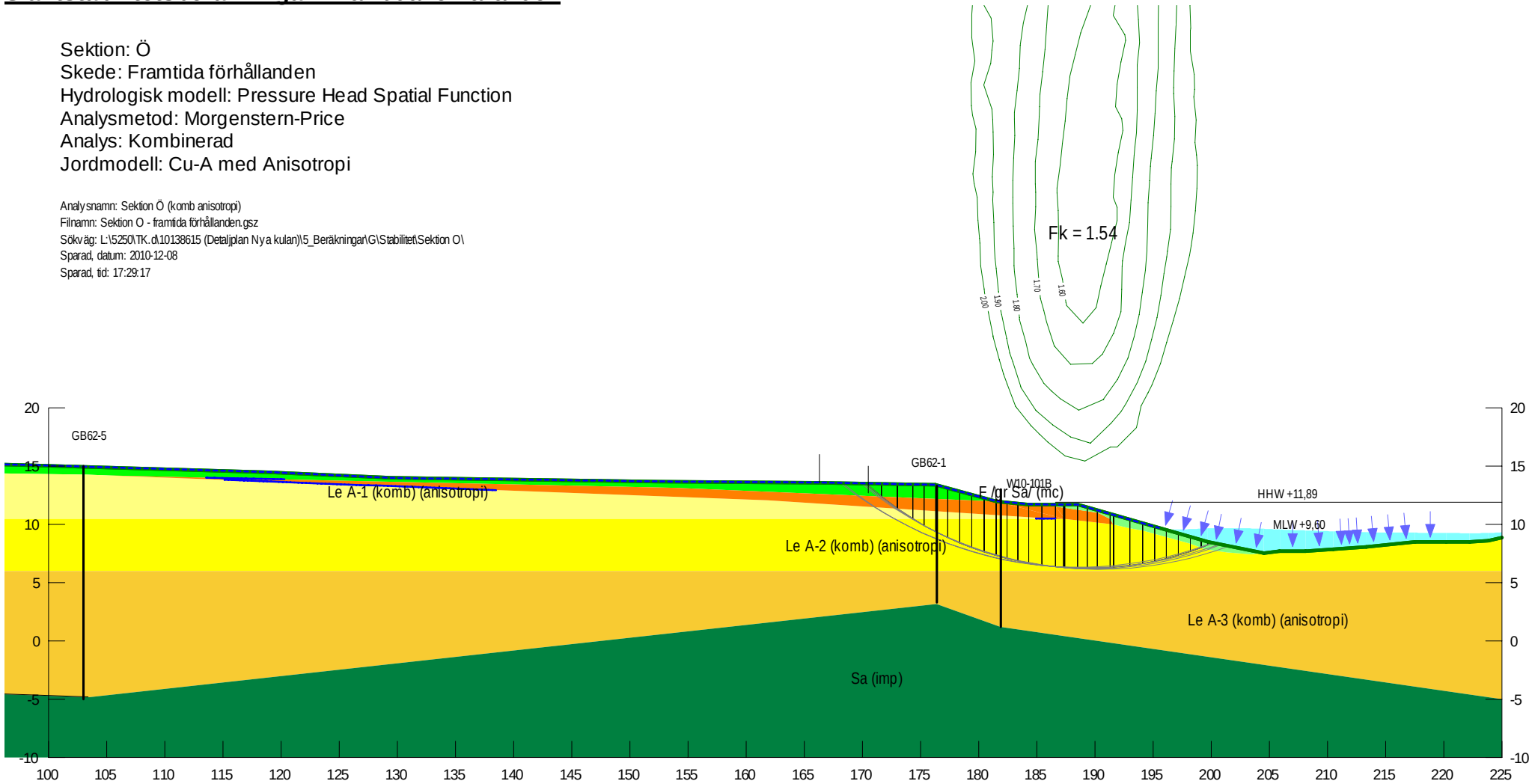
Analysnamn: Sektion Ö (od anisotropi)
Filnamn: Sektion O - framtida förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion O\
Sparad, datum: 2010-12-08
Sparad, tid: 17:29:17



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: Ö
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-A med Anisotropi

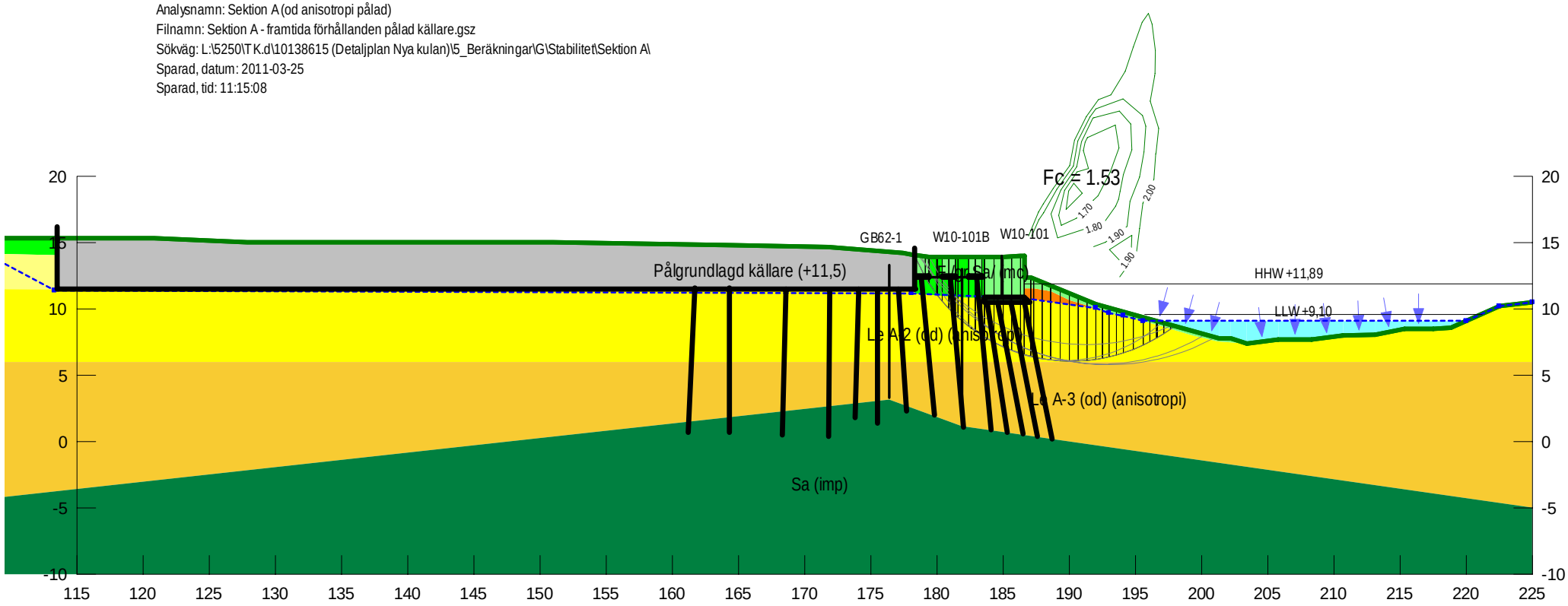
Analysnamn: Sektion Ö (komb anisotropi)
Filnamn: Sektion O - framtida förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion O\
Sparad, datum: 2010-12-08
Sparad, tid: 17:29:17



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: A
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-A med Anisotropi

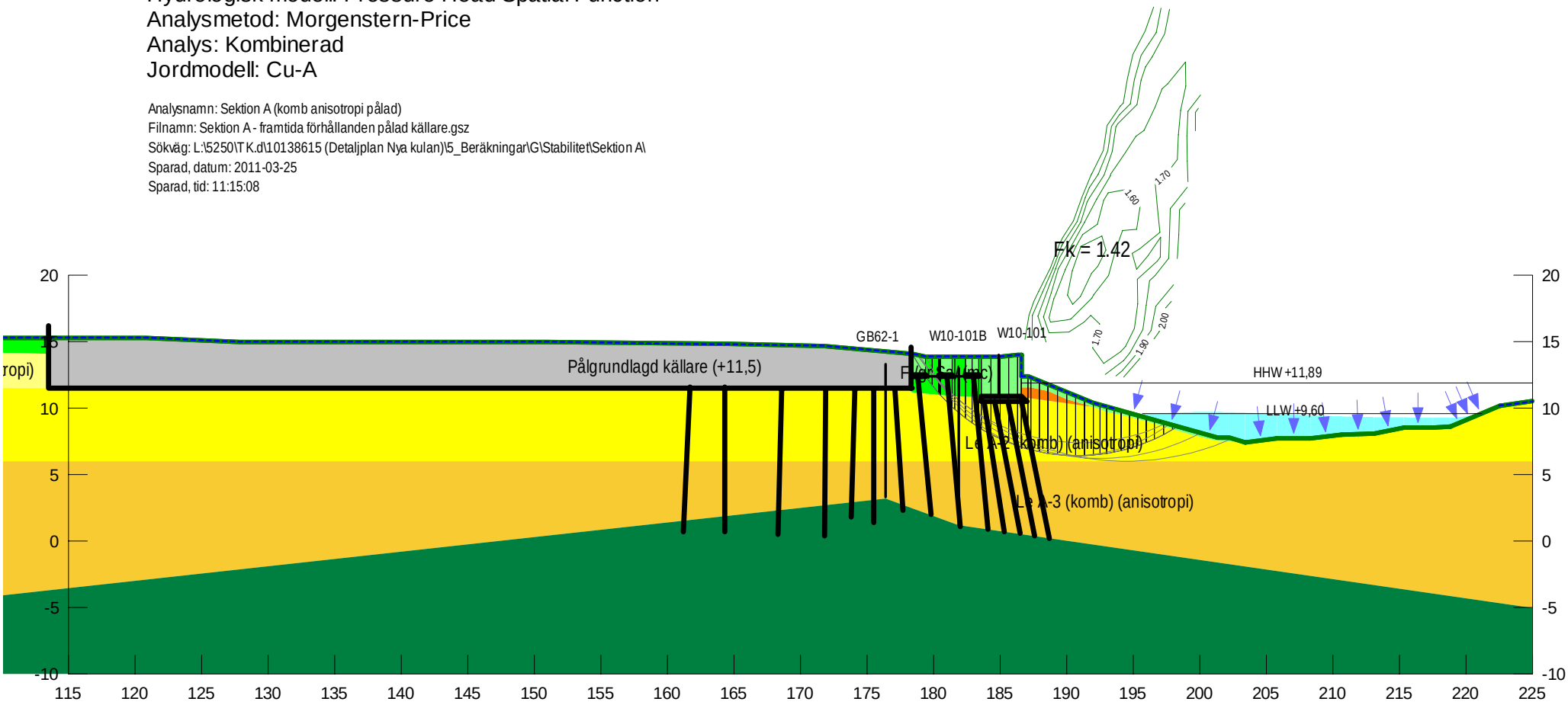
Analysnamn: Sektion A (od anisotropi pålad)
Filnamn: Sektion A - framtida förhållanden pålad källare.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion A\
Sparad, datum: 2011-03-25
Sparad, tid: 11:15:08



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: A
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-A

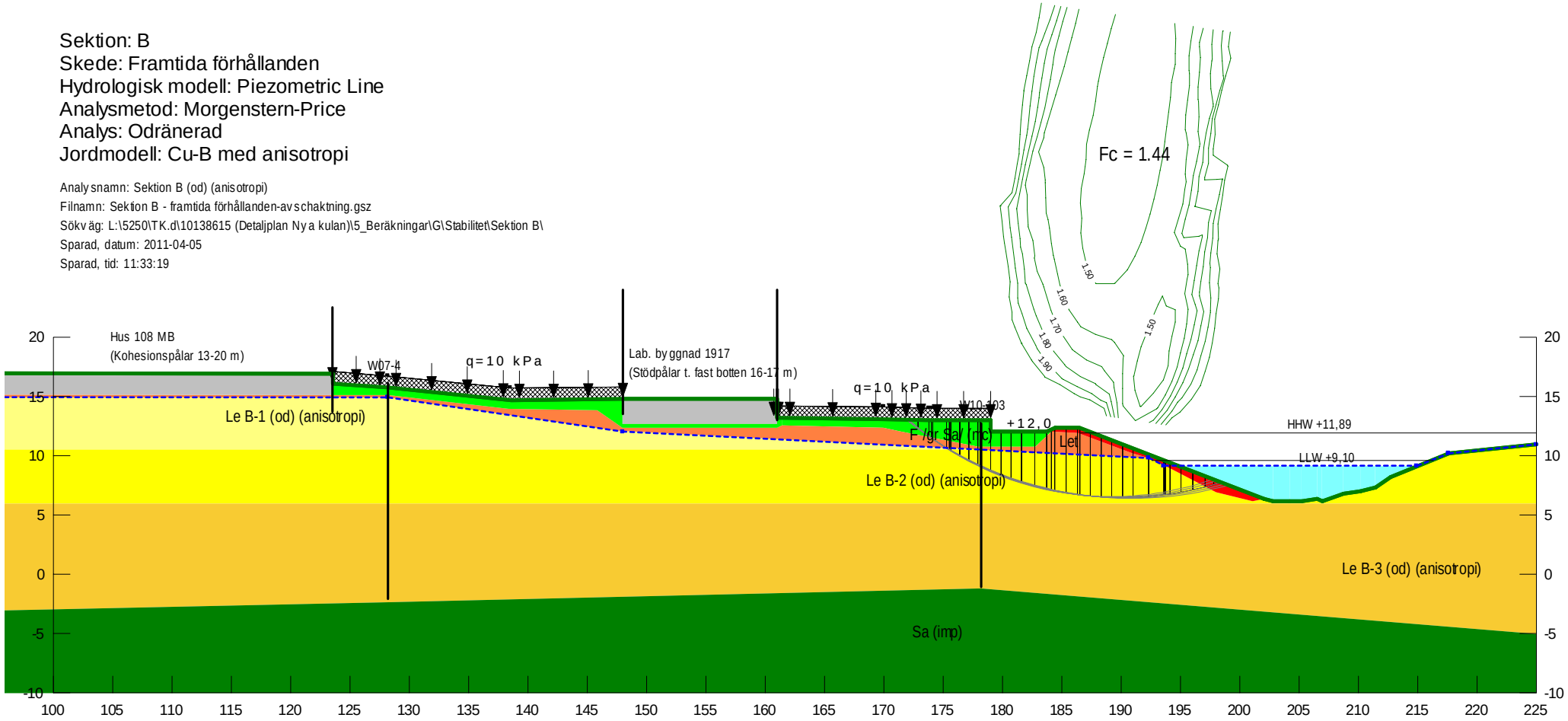
Analysnamn: Sektion A (komb anisotropi pålad)
Filnamn: Sektion A - framtida förhållanden pålad källare.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion A\
Sparad, datum: 2011-03-25
Sparad, tid: 11:15:08



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: B
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi

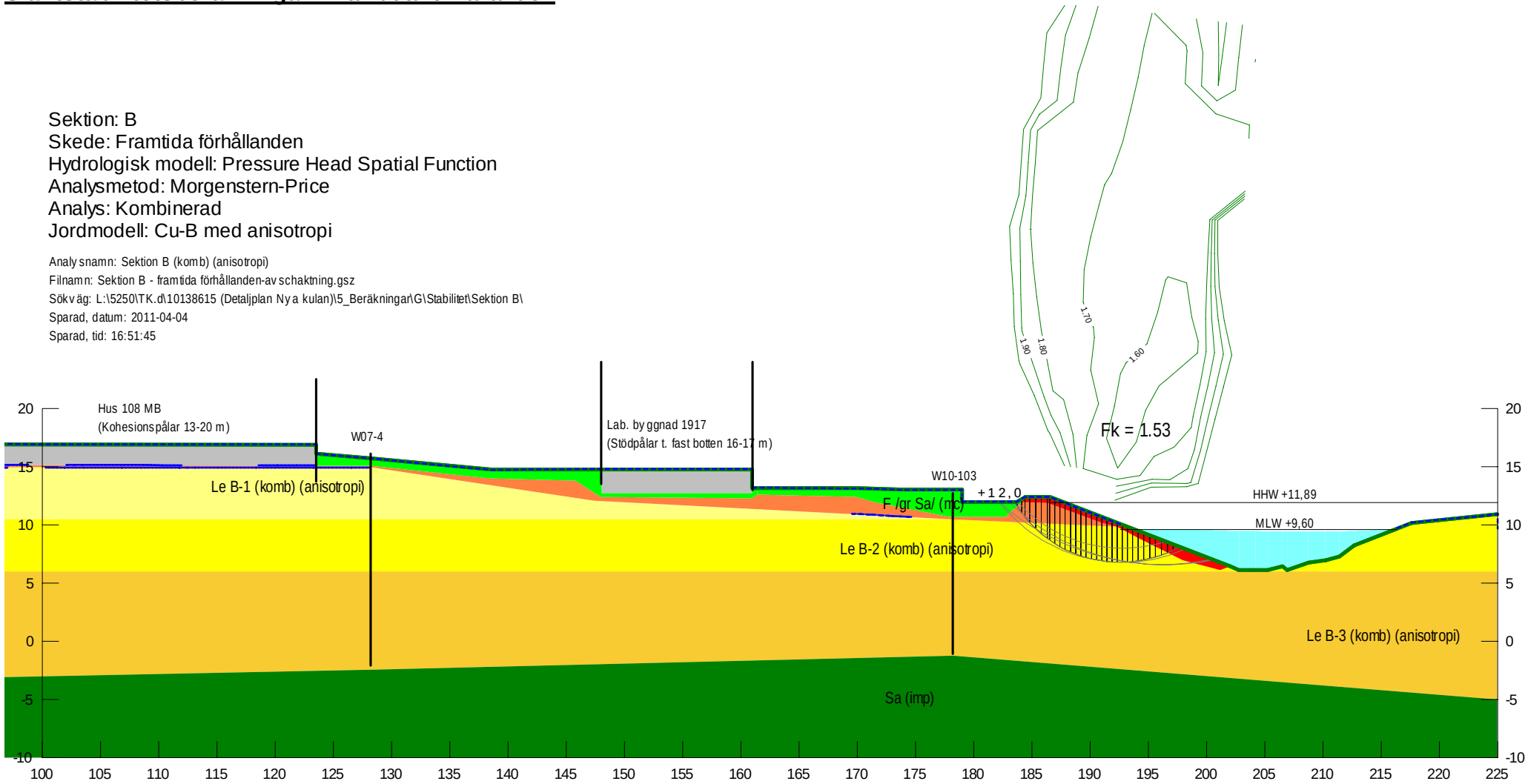
Analysnamn: Sektion B (od) (anisotropi)
Filnamn: Sektion B - framtida förhållanden-avschaktning.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion B\
Sparad, datum: 2011-04-05
Sparad, tid: 11:33:19



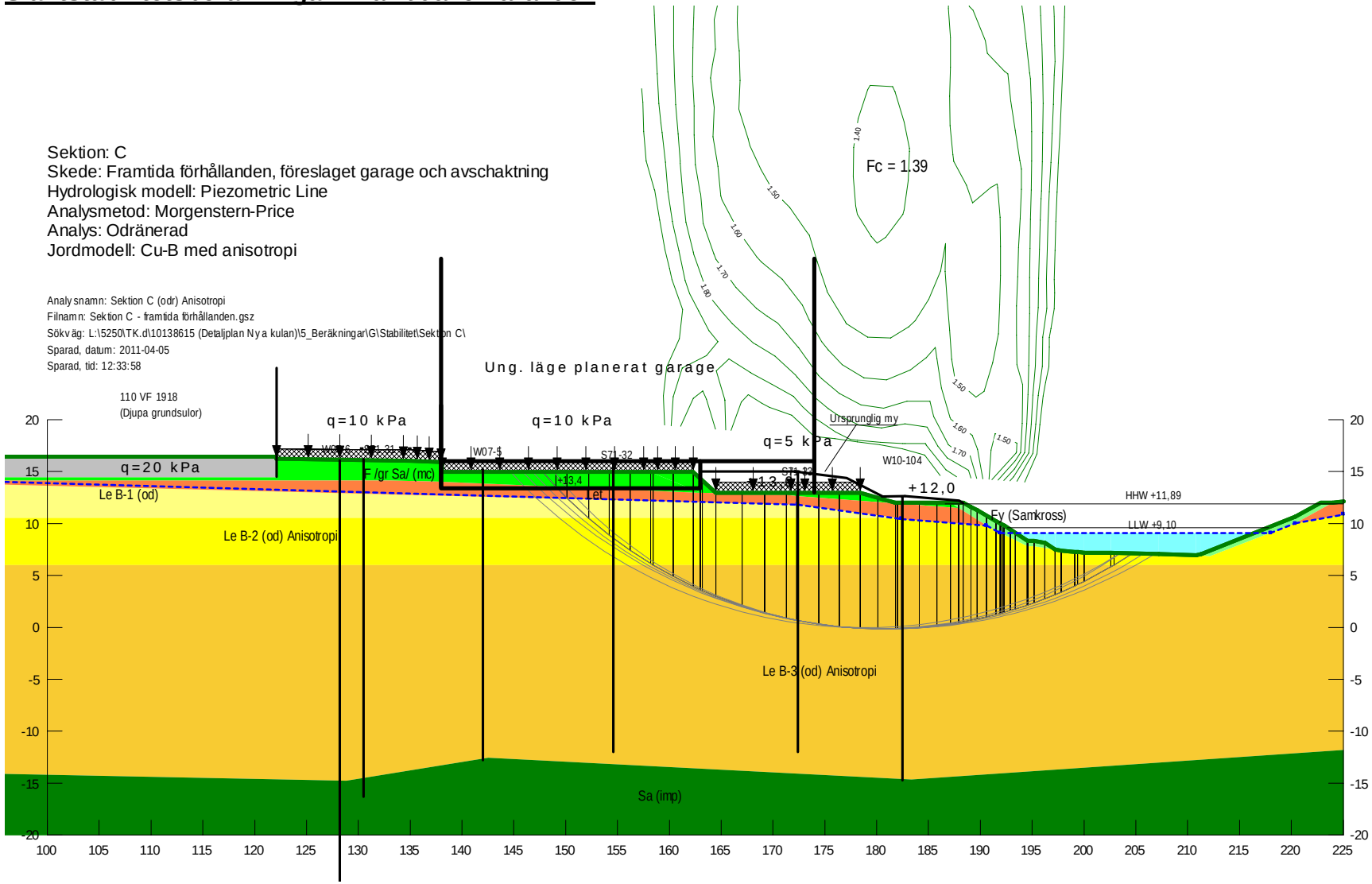
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: B
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-B med anisotropi

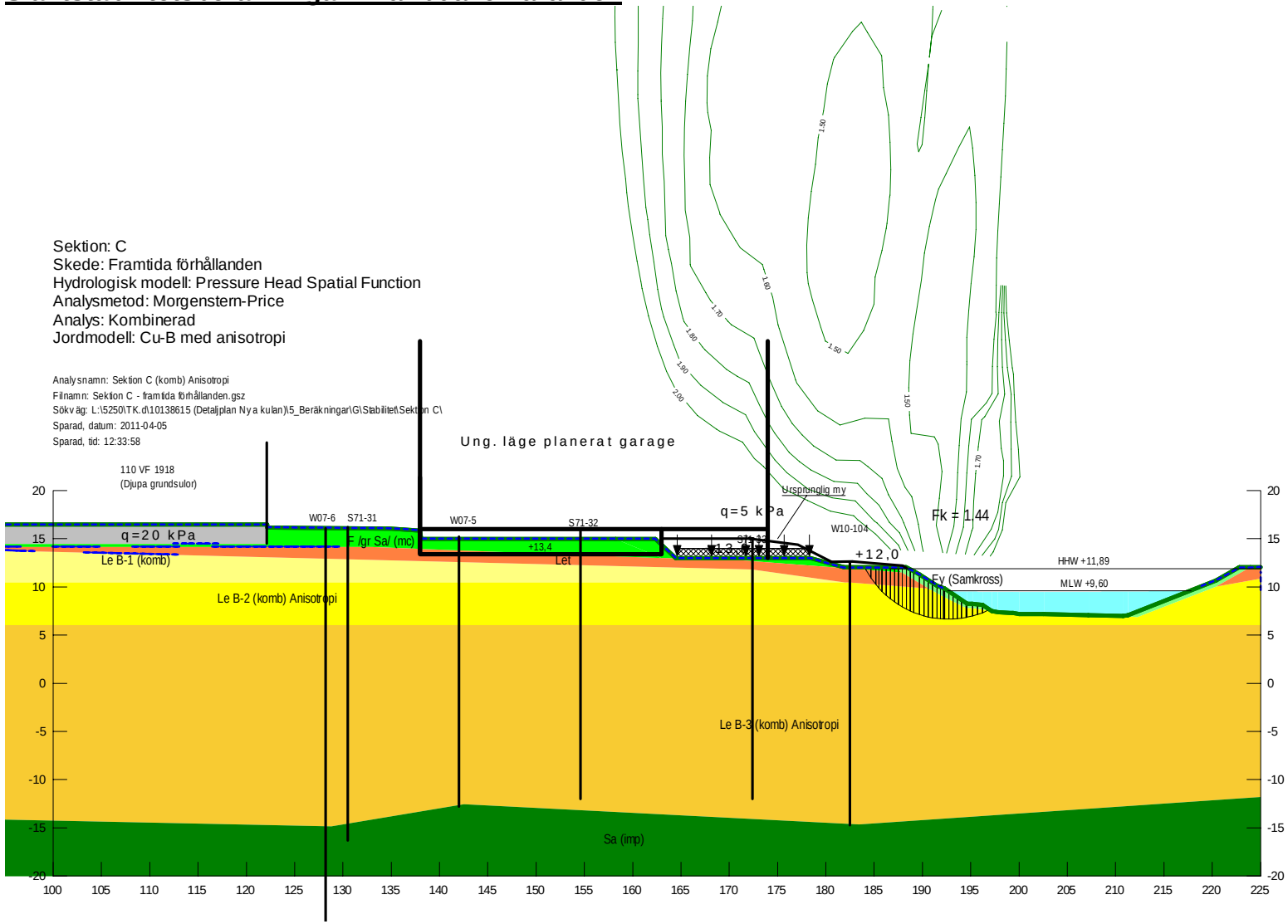
Analysnamn: Sektion B (komb) (anisotropi)
Filnamn: Sektion B - framtida förhållanden-avschaktning.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion B\
Sparad, datum: 2011-04-04
Sparad, tid: 16:51:45



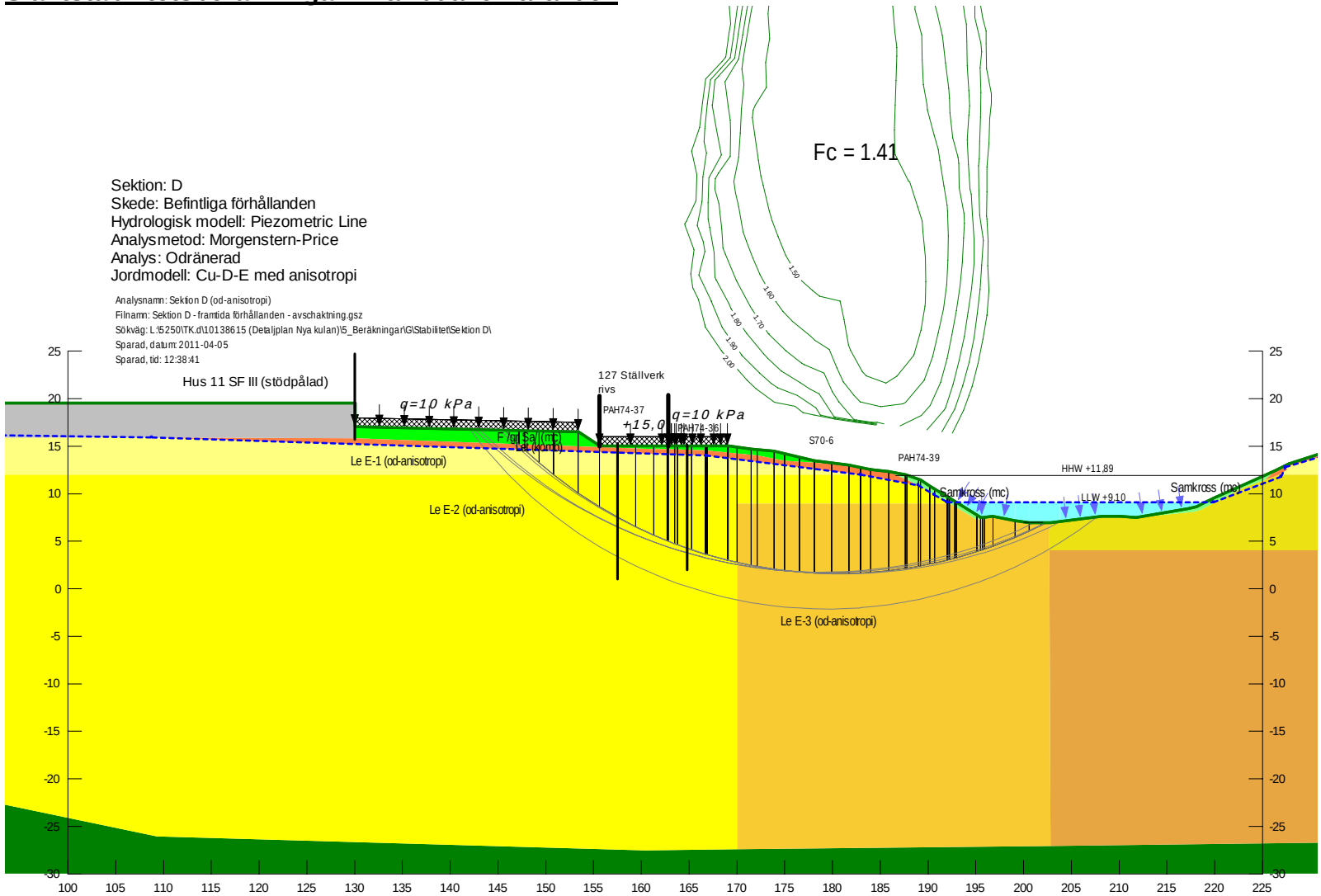
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



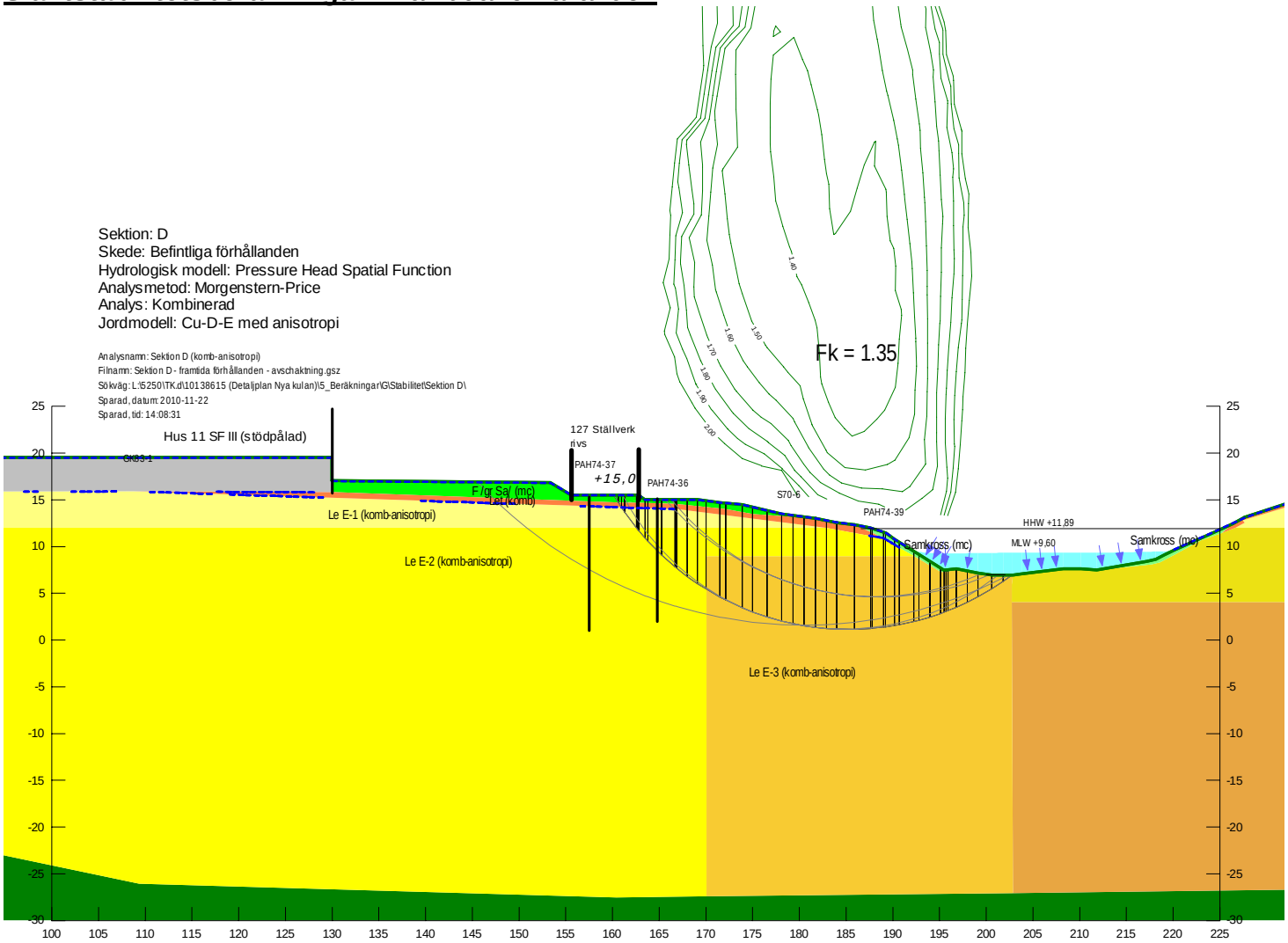
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



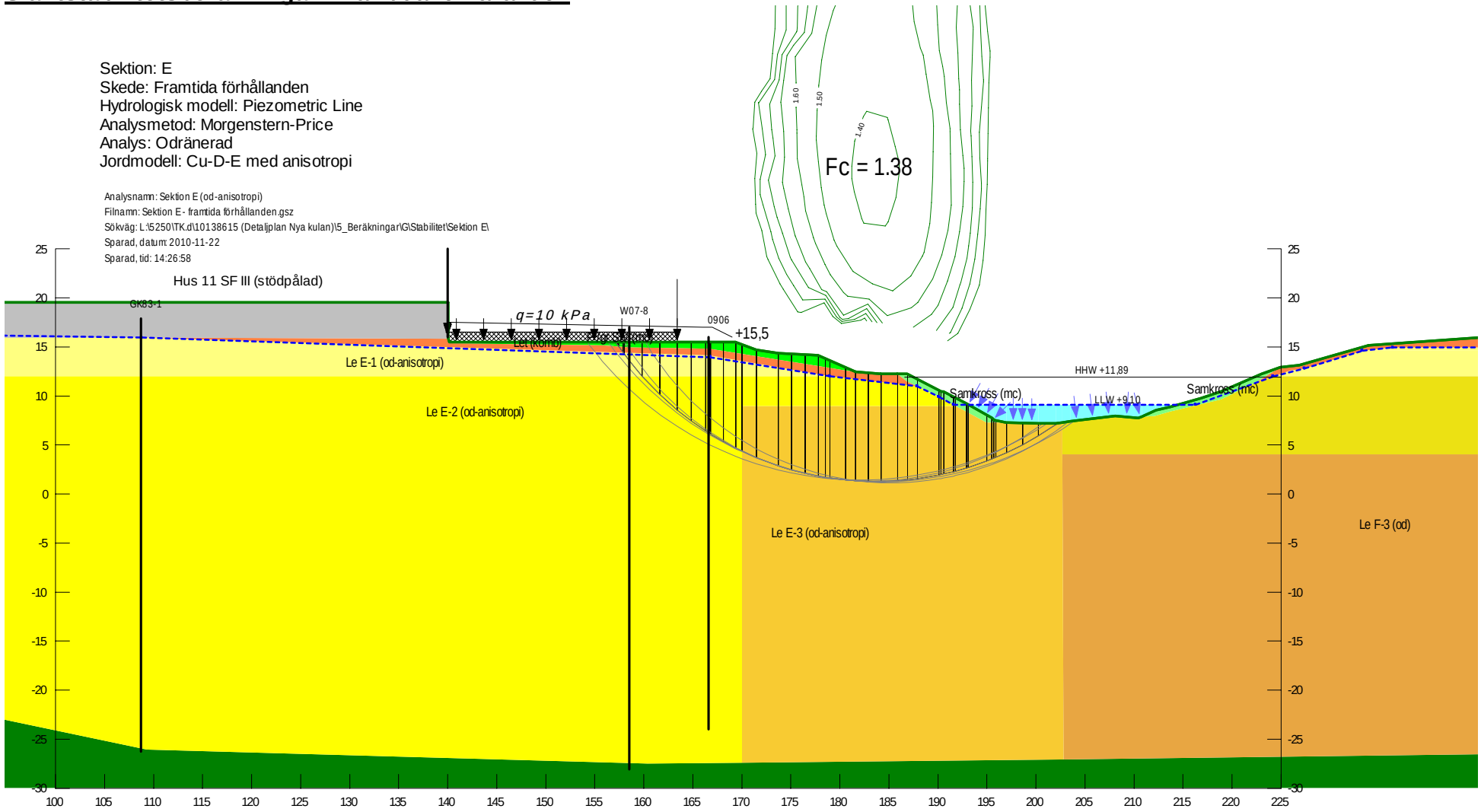
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



Sträntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: E
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Piezometric Line
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Odränerad
Jordmodell: Cu-D-E med anisotropi

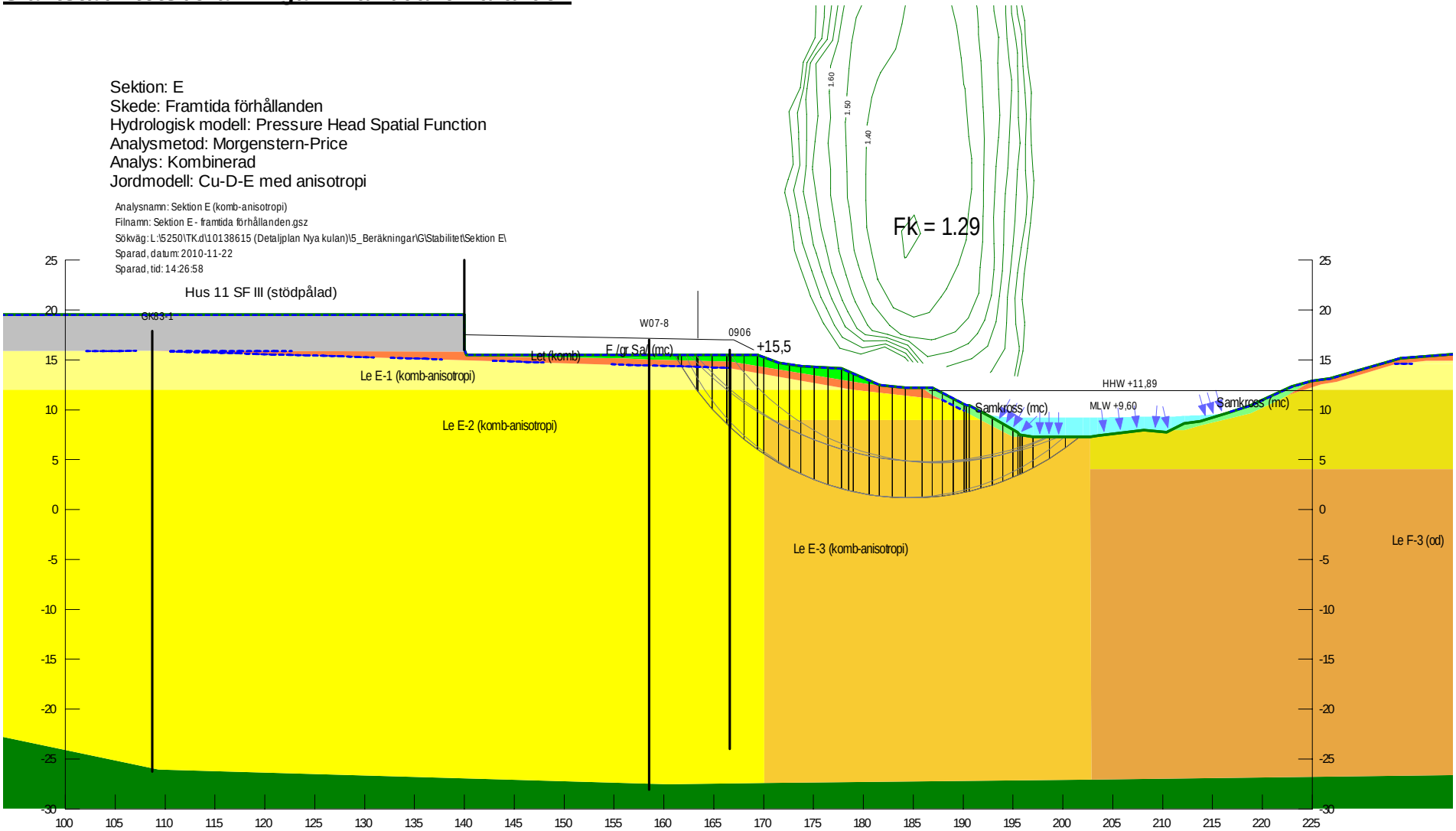
Analysnamn: Sektion E (od-anisotropi)
Filnamn: Sektion E - framtida förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion E\
Sparad, datum: 2010-11-22
Sparad, tid: 14:26:58



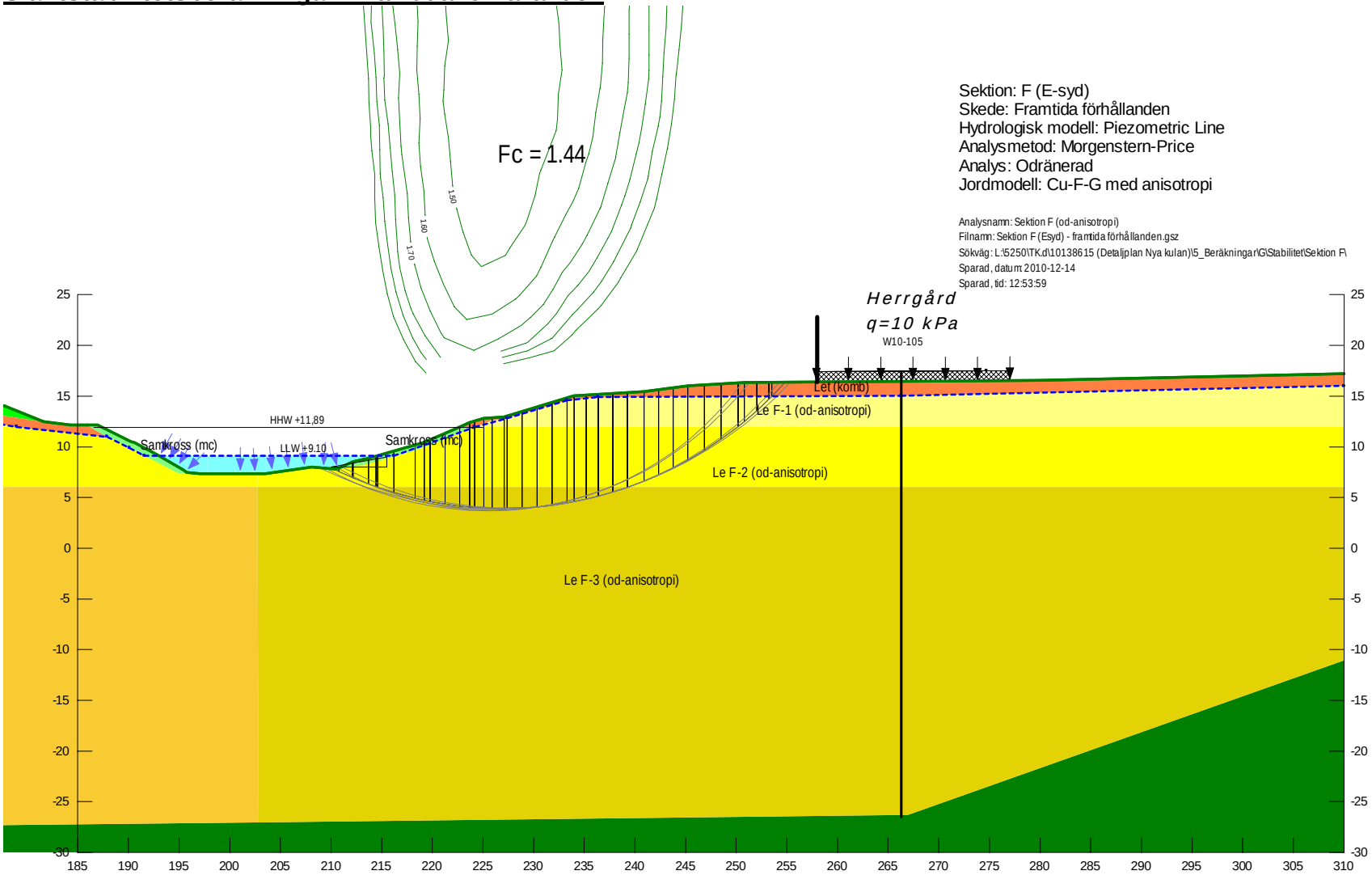
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: E
Skede: Framtida förhållanden
Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
Analysmetod: Morgenstern-Price
Analys: Kombinerad
Jordmodell: Cu-D-E med anisotropi

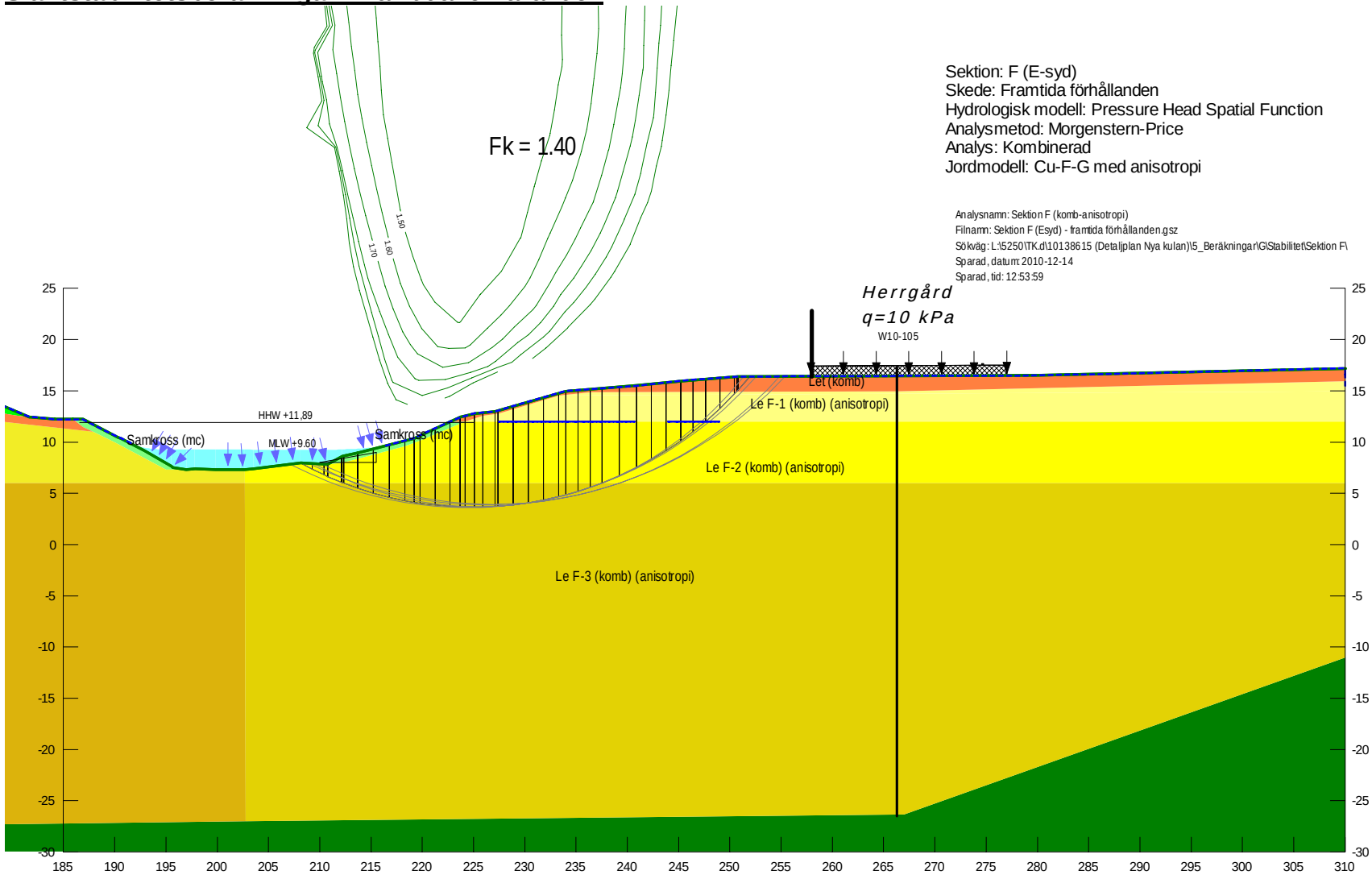
Analysnamn: Sektion E (komb-anisotropi)
Filnamn: Sektion E - framtida förhållanden.gsz
Sökväg: L:\5250\TK.d\10138615 (Detaljplan Nya kulan)\5_Beräkningar\G\Stabilitet\Sektion E\
Sparad, datum: 2010-11-22
Sparad, tid: 14:26:58



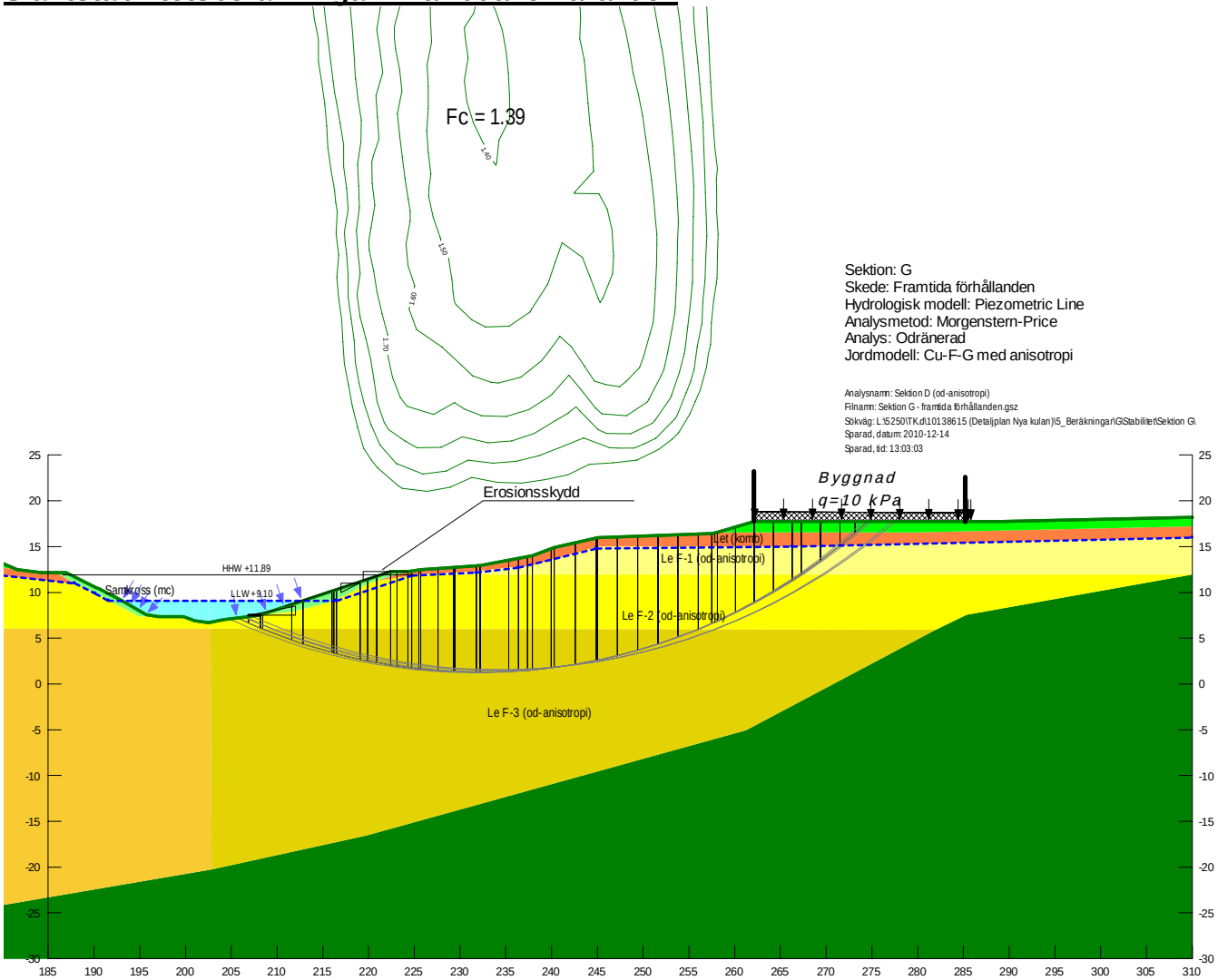
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



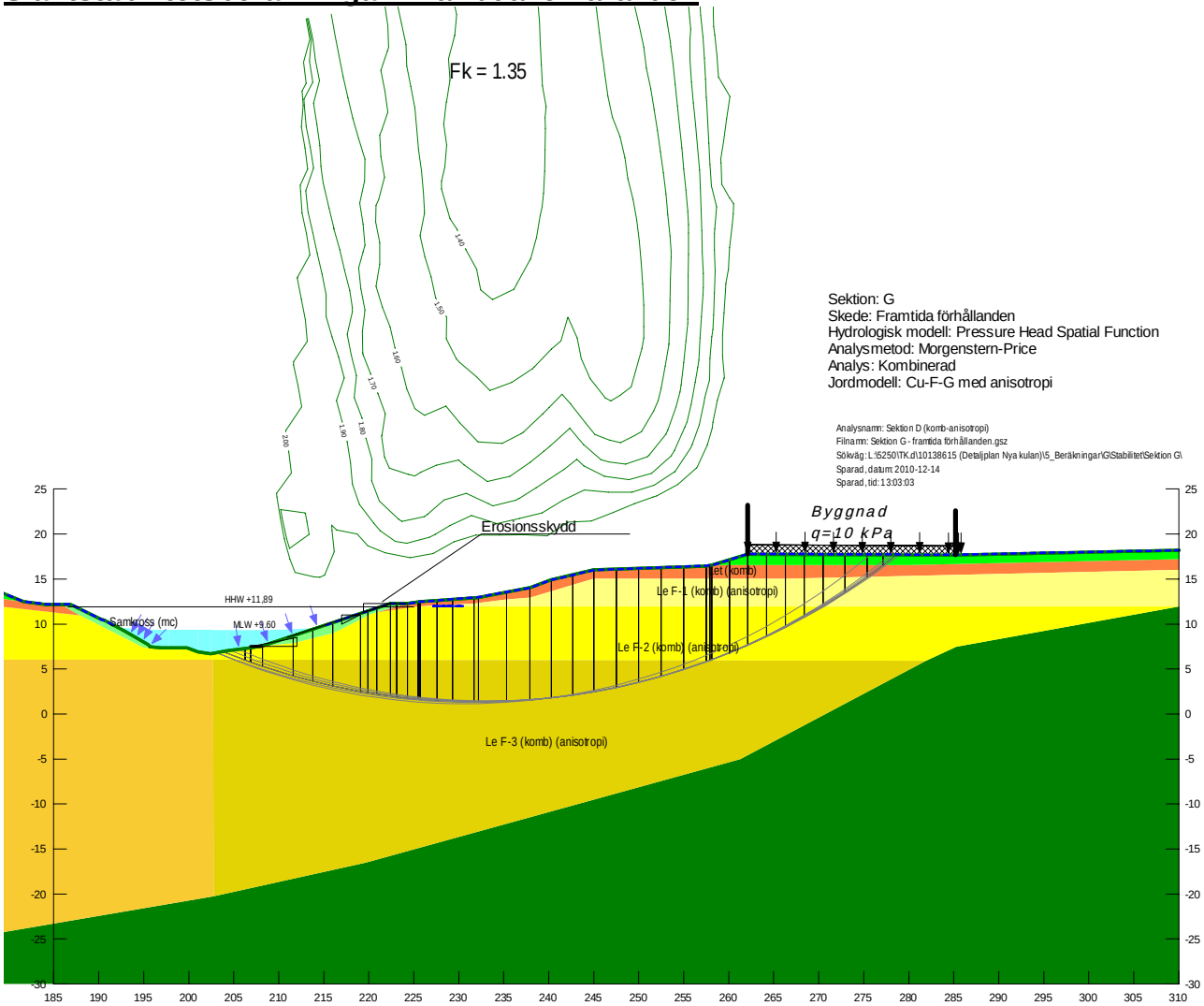
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



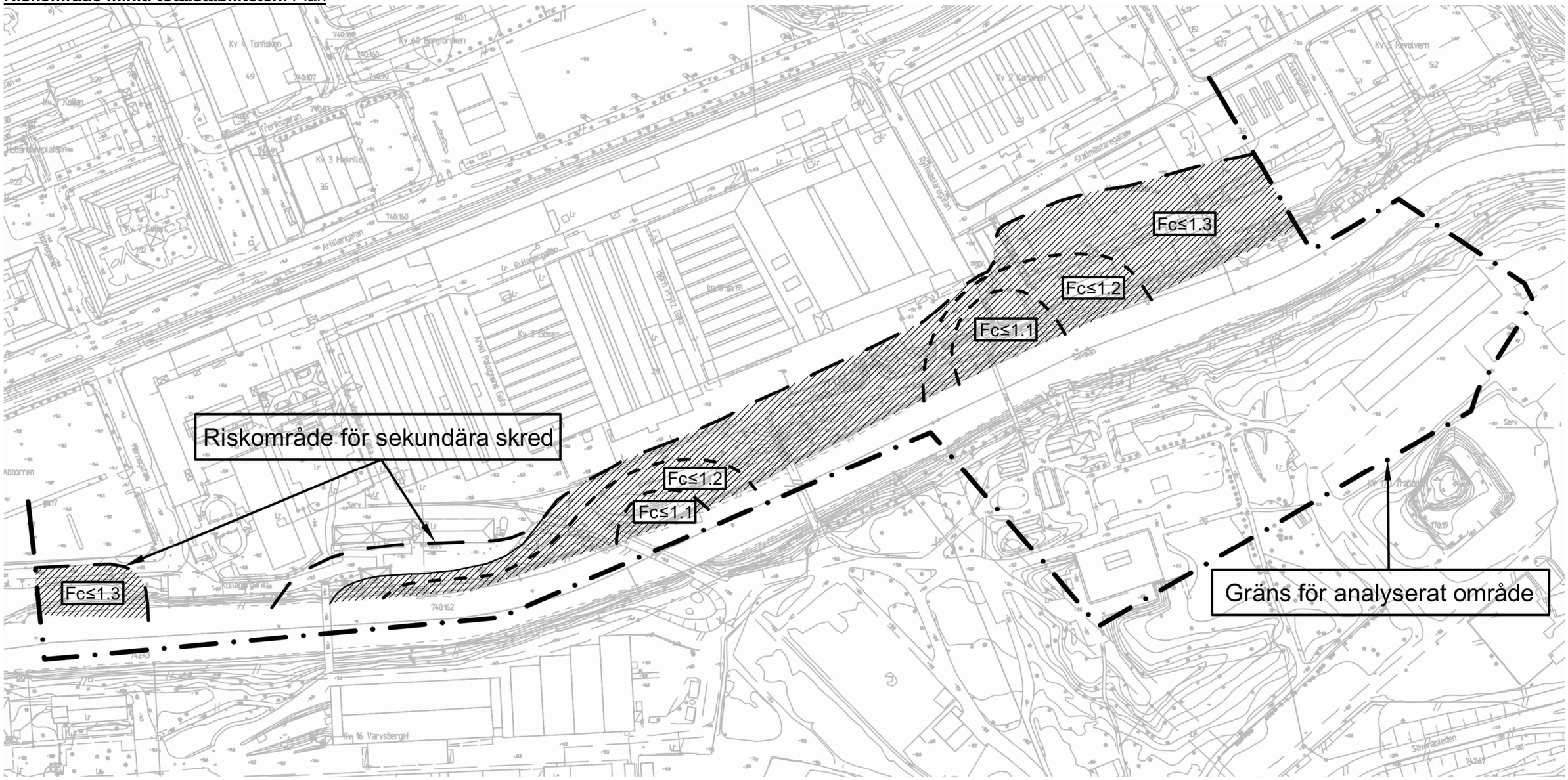
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



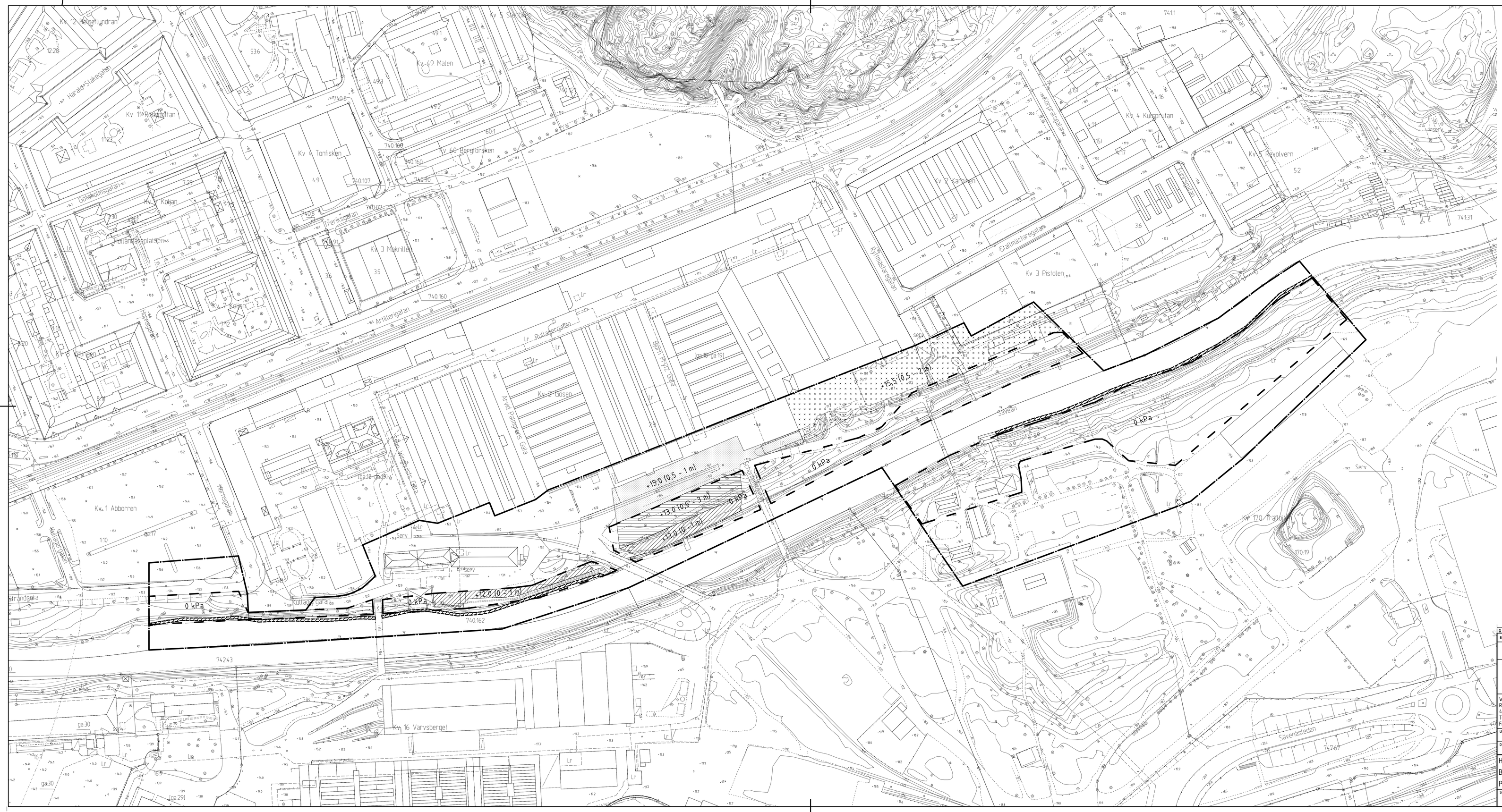
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



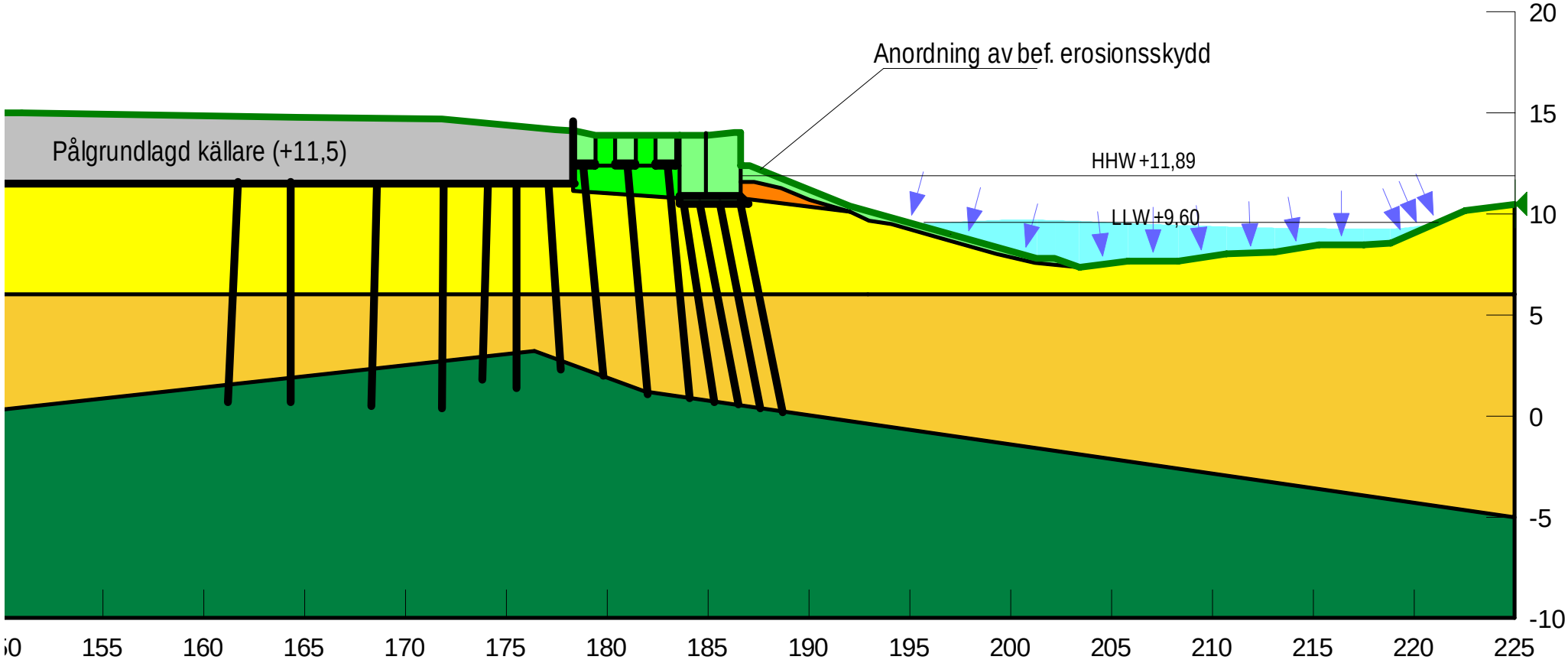
Riskområde m.h.t. totalstabiliteten: Plan



Figur C3.1 Områden där säkerhetsfaktorn mot skred har beräknats till att vara mindre eller lika med 1,3 (F_C≤1,3) under befintliga förhållanden redovisas som skrafferade områden. Områden inom där risk för för sekundärskred har bedömts finnas, med säkerhetsfaktor mindre eller lika med 1,3 (F_C≤1,3), redovisas med stor streckad linje. Områden där säkerhetsfaktorer mot skred har beräknats till att vara lägre än 1,2 och 1,1 under befintliga förhållanden redovisas med små svarta streckade linjer. Gräns för analyserat område redovisas med stor streck-prickade linje.

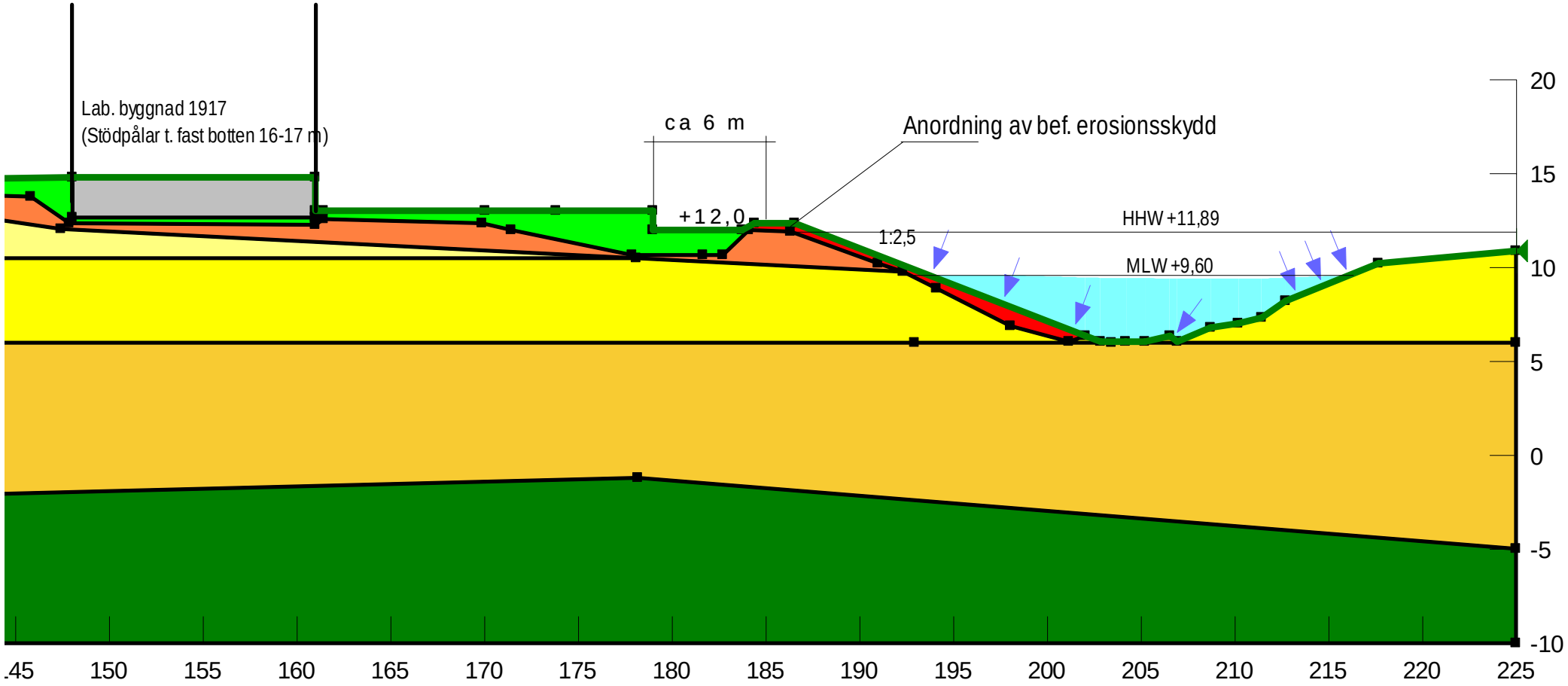

Kv. 12 Hjälmtjuvarn
Kv. 1 Stålmästaren
Kv. 49 Malen
Kv. 4 Tonfisken
Kv. 60 Beretorsken
Kv. 3 Makrillen
Kv. 2 Gösen
Kv. 1 Abborren
Kv. 16 Varvsberget
Kv. 4 Kulsprutan
Kv. 5 Revolvern
Kv. 3 Pistolen
Kv. 170 Trafiken
Kv. 2 Karbinen
Kv. 1 Kanonen
Kv. 1 Kulsprutan
Kv. 1 Revolvern
Kv. 1 Pistolen
Kv. 1 Karbinen
Kv. 1 Granaten
Kv. 1 Bomben
Kv. 1 Minen
Kv. 1 Torpeden

Förstärkningsåtgärder: Sektioner



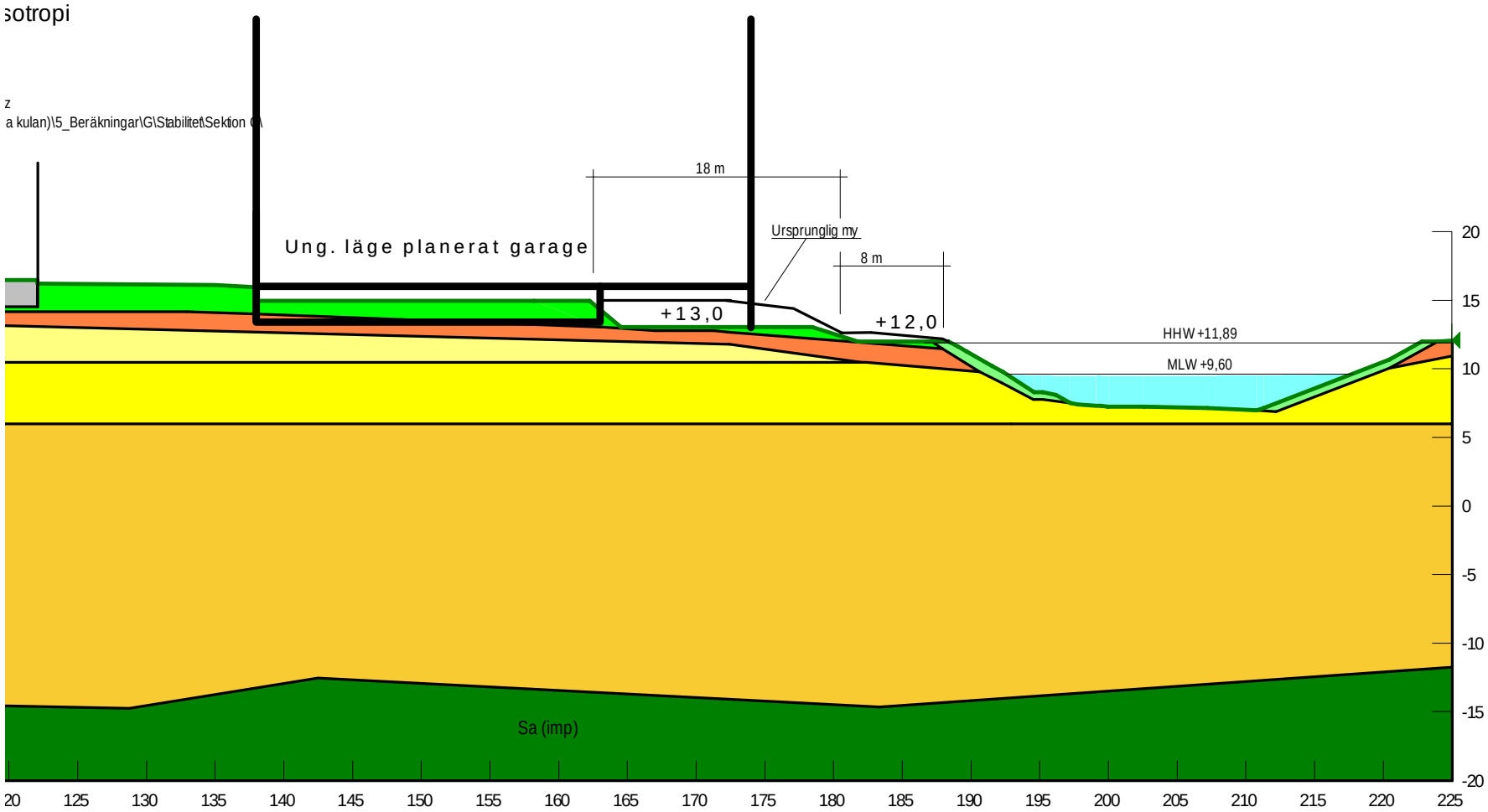
Figur C4.2.1 Förstärkningsåtgärder för norra sidan av Säveån vid delsträcka väster om Sjukstugebron (Delområde A)

Förstärkningsåtgärder: Sektioner



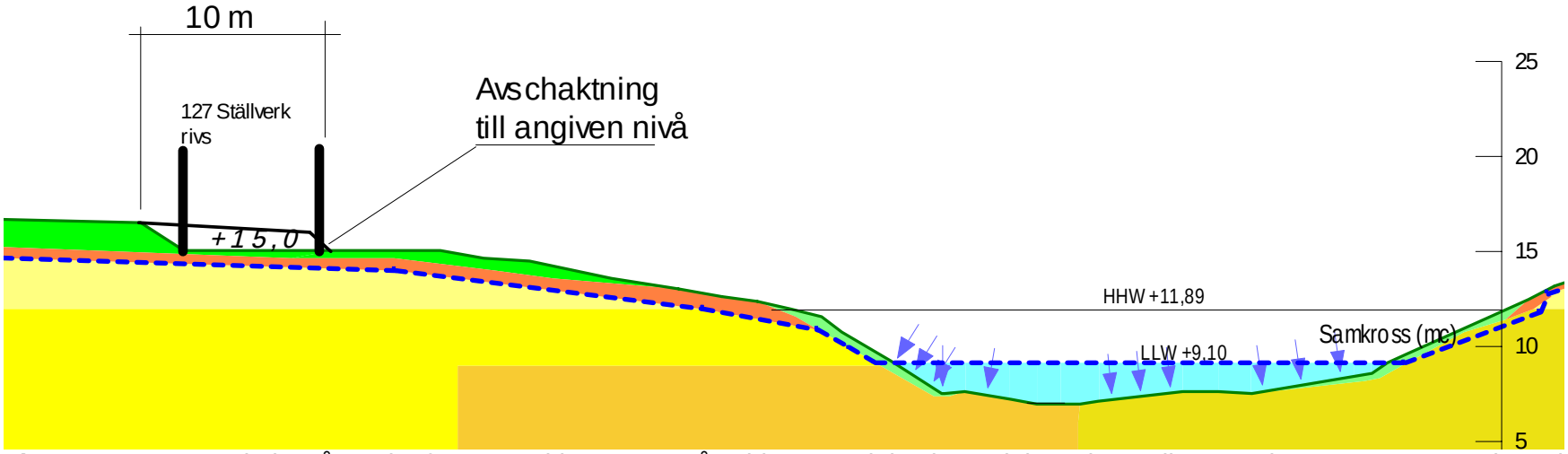
Figur C4.2.2 Förstärkningsåtgärder för norra sidan av Säveån vid delsträcka Sjukstugebron – Järnvägsbron (Delområde B)

Förstärkningsåtgärder: Sektioner

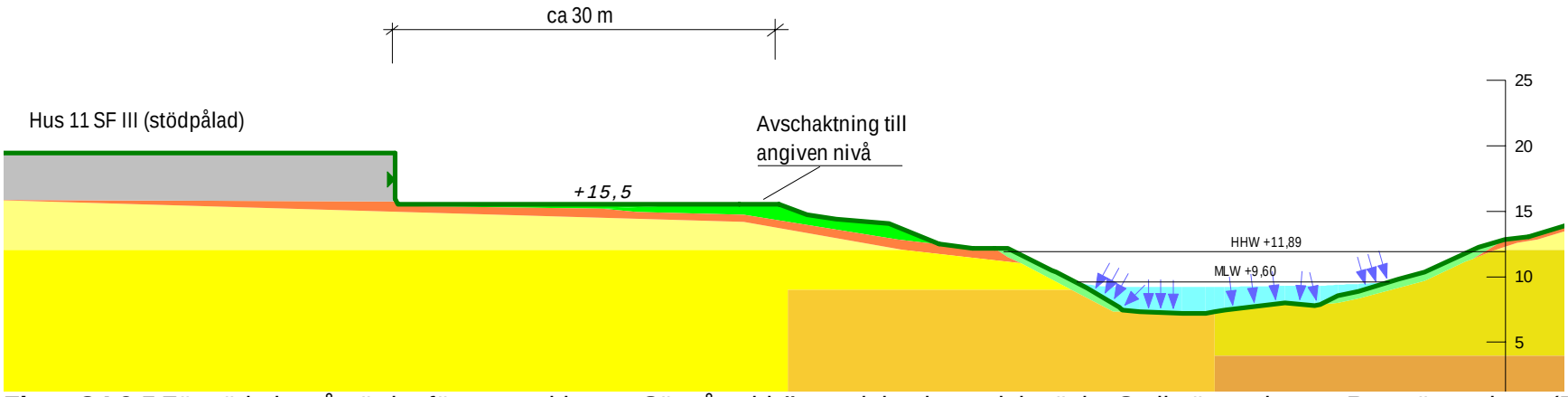


Figur C4.2.3 Förstärkningsåtgärder för norra sidan av Säveån vid delsträcka Järnvägsbron – Stallmästarebron (Delområde C)

Förstärkningsåtgärder: Sektioner

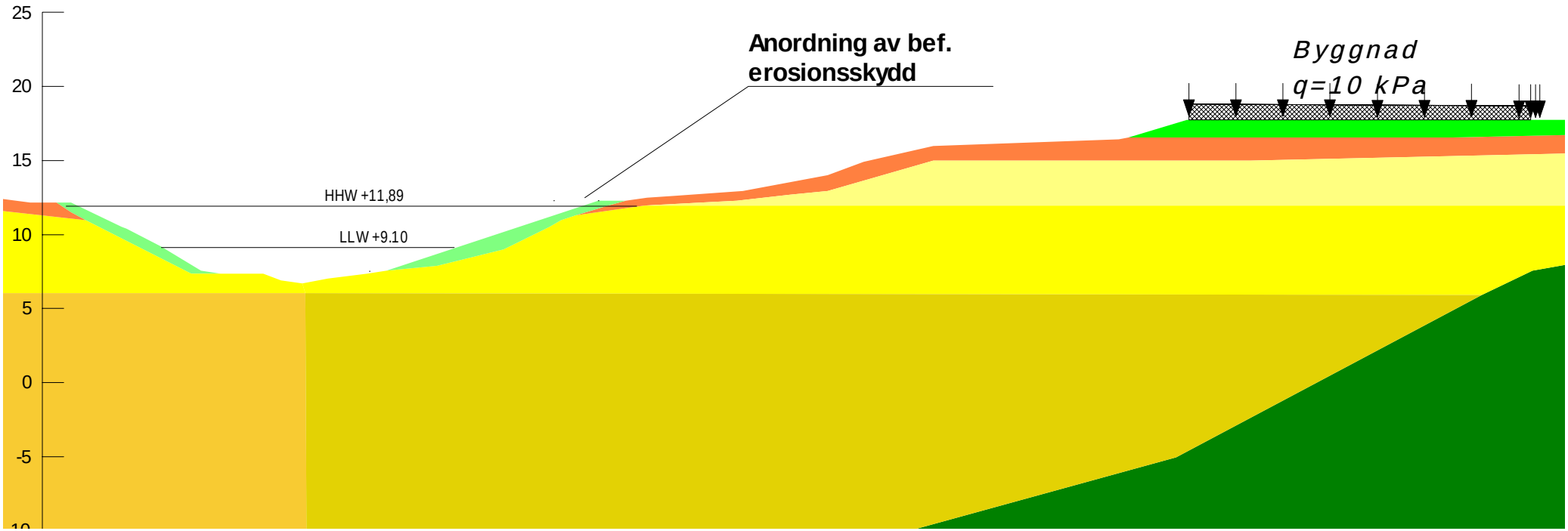


Figur C4.2.4 Förstärkningsåtgärder för norra sidan av Säveån vid ***västra*** delen inom delsträcka Stallmästarebron – Ryttmästarebron (Delområde D).



Figur C4.2.5 Förstärkningsåtgärder för norra sidan av Säveån vid ***östra*** delen inom delsträcka Stallmästarebron – Ryttmästarebron (Delområde D).

Förstärkningsåtgärder: Sektioner



Figur C4.2.6 Förstärkningsåtgärder för delsträcka södra sidan av Säveån öster om Ryttmästarebron (Delområde G)