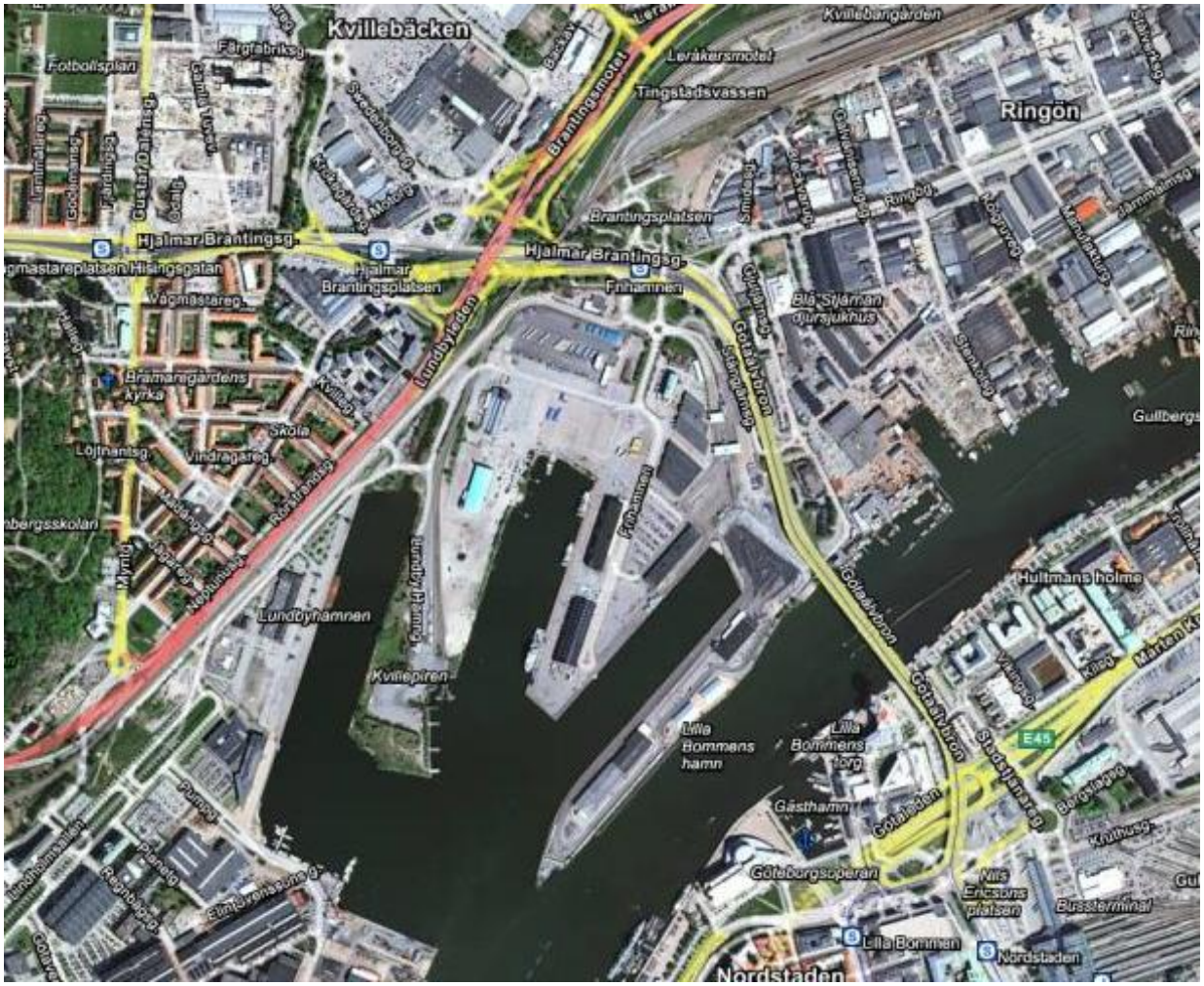


Frihamnen Etapp 1, Göteborgs Kommun

Geotekniskt PM för detaljplan

2015-10-05

Norconsult

Frihamnen Etapp 1, Göteborgs Kommun

Geotekniskt PM för detaljplan

2015-10-05

Beställare:	Thomas Nygren Älvstranden Utveckling AB Box 8003 402 77 Göteborg
Konsult:	Norconsult AB Box 8774 402 76 Göteborg
Uppdragsledare	Daniel Svärd
Uppdragsnr:	104 05 35
Filnamn och sökväg:	n:\104\05\1040535\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx
Kvalitetsgranskad av:	Daniel Strandberg

Innehållsförteckning

1. Förutsättningar ... 5

2. Styrande dokument ... 6

3. Underlag ... 6

3.1 Tidigare utförda utredningar ... 6
3.2 Nu utförda undersökningar ... 7

4 Historik ... 8

4.1 Hamnbasänger och pirar inom Frihamnen ... 8
4.2 Kajkonstruktioner inom Frihamnen ... 11

5. Geotekniska förhållanden ... 14

5.1 Topografi och markbeskaffenhet ... 14
5.2 Jordlager ... 15
5.3 Geohydrologi ... 17
5.4 Befintliga anläggningar ... 18

6. Stabilitetsförhållanden ... 18

6.1 Förutsättningar ... 18
6.2 Indata ... 20
6.3 Beräkningar ... 22
6.4 Känslighetsanalys ... 25

7. Bergras och blocknedfall ... 26

8. Radon ... 26

8.1 Gammastrålning ... 27
8.2 Markradon ... 27
8.3 Sammanfattning av radon ... 28

9. Marknivå och sättningar ... 29

10. Högvattenskydd ... 30

11. Slutsatser och rekommendationer ... 31

11.1 Stabilitetsförhållanden ... 32
11.2 Bergras och blocknedfall ... 32
11.3 Radon ... 32
11.4 Grundläggning och sättningar ... 32
11.5 Högvattenskydd ... 34
11.6 Kontrollprogram kompensationsåtgärder och övervakning ... 35

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Bilagor

Valda värden odränerad skjuvhållfasthet	Bilaga 1
Klimatanpassningsstrategi, daterad 2015-06-16	Bilaga 2
Stabilitetsberäkningar, Befintliga förhållanden	Bilaga 3.1-3.10
Stabilitetsberäkningar, Framtida markhöjning	Bilaga 4.1-4.10
Stabilitetsberäkningar, framtida markhöjning och förstärkning	Bilaga 5.1-5.4
Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys portryck	Bilaga 6.1-6.6
Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys sänkt skjuvhållfasthet	Bilaga 7.1-7.6
Sättningsutveckling	Bilaga 8:1-8:5
Spänningsdiagram med förkonsolideringstryck	Bilaga 9:1-9:7
Rapport/Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen	Bilaga 10:1-10:324

Ritningar

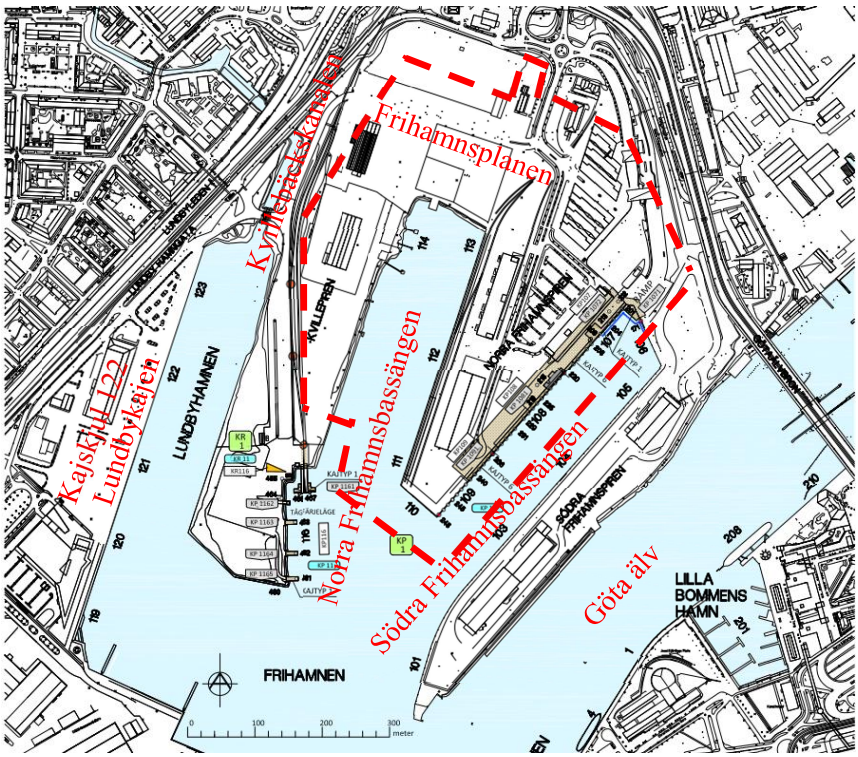
Beräkningssektioner och förslag på förstärkningsåtgärder	G601

1. Förutsättningar

Norconsult har av Älvstranden Utveckling AB fått i uppdrag att upprätta geotekniskt underlag inför detaljplan Etapp 1 i Frihamnen. Etapp 1bedöms omfatta ca 3 000 lägenheter och ca 2 000 arbetsplatser, varav 1000 bostäder och 1000 arbetsplatser skall vara klart till stadens 400års jubileum 2021.

Området ligger i centrala Göteborg på norra sidan av Göta älv. Frihamnen består av tre pirar (Kvillepiren, Norra och Södra Frihamnspiren) och ett flertal kajer samt hamnplaner norr om pirarna. Aktuellt utredningsområdet inom Frihamnen utgörs huvudsakligen av del av Kvillepiren samt hela Norra Frihamnspiren samt därtill Frihamnsplan nordöst om dessa pirar. Figur 1 visar översiktligt detaljplanens gräns och i ritning G601 framgår gräns mer detaljerat.

Syftet med utredningen är att inför detaljplan, beskriva jordlagerföljd och mäktighet, stabilitetsförhållandena samt allmänt ge de geotekniska förutsättningarna för grundläggning av planerade anläggningar och byggnader, infrastruktur och markplanering. Utredningen har utförts motsvarande en fördjupad nivå.



Figur 1: Översiktlig detaljplanegräns för Frihamnen - Etapp 1.

2. Styrande dokument

Denna PM ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Nedanstående dokument har använts:

IEG:s Rapport 6:2008, Rev 1. Tillämpningsdokument. EN 1997-1, Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar.

3. Underlag

3.1 Tidigare utförda utredningar

Underlagsmaterial har levererats och inhämtats från Älvstranden utvecklings AB, Göteborgs stad – Stadsbyggnadskontoret samt Göteborgs Hamn. Tidigare utredningar och underlag har använts som underlag för aktuellt PM:

- Norra och södra Frihamnspiren – H046 och H058. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H046 och H058*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Brantingsmotet, Leråkersmotet – H067, H069, H074, H079. ”*Översiktlig stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H067, H069, H074, H079*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Kvillepiren – H051 och H063. ”*Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H051 och H063*”. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Ringön – H068. *”Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H068”*. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- Sättningsdata, tillhandahållen av Göteborg Hamn.
- Lundbyhamnen – H044. *”Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad. Delområde H044”*. Upprättad av Sweco med uppdragsnummer 2305 401. Daterad 2011-09-15.
- *”Utbyggnader i Göteborgs hamn under åren 1962-1987”*, av Lars Paulsson. Ej daterad.
- *PM – Delområdesbeskrivning Klimatrisker Frihamnen.* Upprättad av Göteborgs Stad, Niklas Blomquist. Arbetsmaterial, daterat 2015-04-29.
- Stadsbyggnadskontorets geotekniska arkiv: *”4 kv Götaverken. Geoteknisk undersökning för AB Götaverken, Göteborg, E 315/56.* Daterad 1957-01-26

n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

- Etapp 1, Frihamnen, Översiktlig miljöteknisk markundersökning. Upprättad av SWECO, daterad 2015-06-18 med uppdragsnummer 1312055.000
- Lundbyhamnen, Göteborg. Planerad tryckbank och mudderfyllning. PM geoteknik med utvärdering, beräkning och bedömningar. Utförd av Bohusgeo, daterad 2005-06-08 med arbetsnummer U05019.
- Digital primärkarta redovisad i plan med nivåangivelser per ca 0.1 m. AutoCad-format.
- Batymetrisk mätning redovisad i plan med nivåkurvor 1 m. Mätningen är levererad av Göteborgs Hamn (via mätkonsult Clinton AB). Redovisning i sektion ca 0.1 m. AutoCad-format. Mätningarna för Lundbyhamnen, Södra och Norra Frihamnsbassängen, Göta älv utanför Södra Frihamnspiren samt Göta älv kring Göta älvbron är utförda feb-april 2015. Mätningarna av älvbotten uppströms Göta älv bron samt nedströms Frihamnen är utförda våren 2014.
- SGU:s jordartskarta inom Göteborgs kommun
- SBK:s jordartskarta med jorddjup och historisk strandlinje.

3.2 Nu utförda undersökningar

Norconsult Fältgeoteknik AB har utfört kompletterande geotekniska undersökningar i Frihamnen under juni – juli 2015. Laboratorieundersökningar har utförts av Ramböll. Resultatet finns redovisat i markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geo) ”Frihamnen, Göteborgs kommun”. Daterad 2015-10-05.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

4 Historik

4.1 Hamnbasänger och pirar inom Frihamnen

Området där Frihamnen idag är belägen bestod för ca 200 år sedan av sanka vassområden intill Göta älv, se figur 2.

Figur 2: Bilden visar en karta över Göteborg år 1809.

Under 1800-talets mitt fylldes stora grunda vatten och sankområden ut med muddermassor från älven (bestående av lera) varvid nya strandlinjer längs Göta Älv skapades. Figur 3 visar hur Göteborg såg ut 1872 med älvens nya strandlinjer.

Figur 3: Figur visar Göteborgs utseende år 1872 med utförda utfyllnader vid norra älvstranden samt även vid Gullbergsvass vid södra älvstranden.

Norra- och Södra Frihamnspiren skapades under 1910-talet genom muddring av de tidigare utfyllda områdena. Under 1920-1950 muddrades, i olika omgångar, hamnbassängen i Lundbyhamnen vilket medförde att Kvillepiren succesivt skapades, se figur 4.

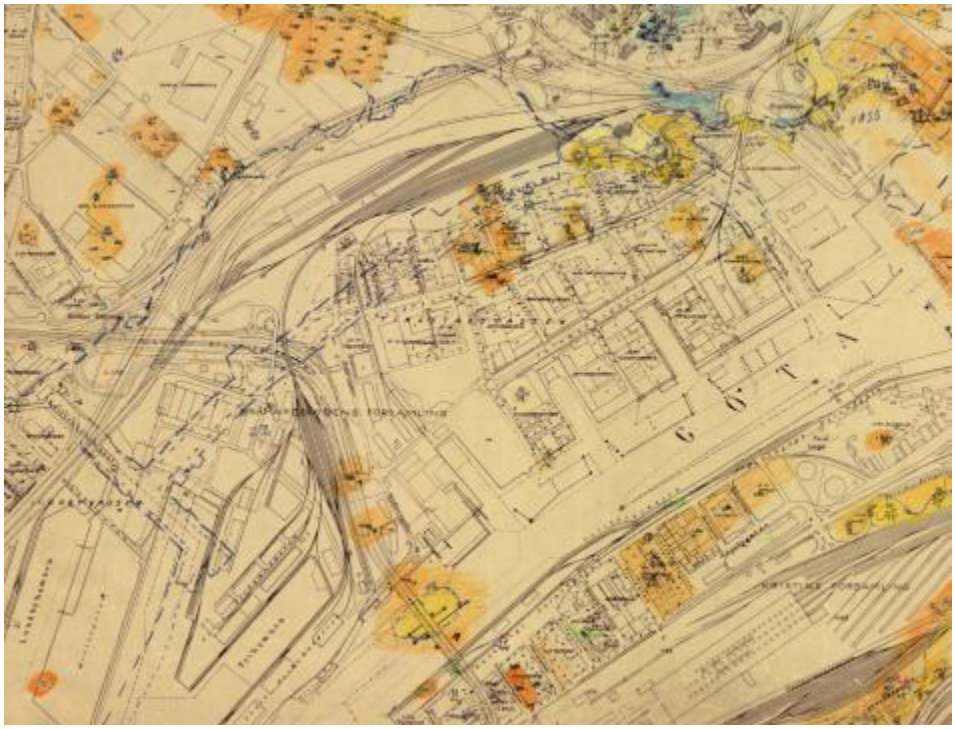
Frihamnen togs i bruk 1922 efter ca 8 år utbyggnadsarbeten. Lundbyhamnen togs i bruk 1952 och hade då 9,0 m vattendjup. Kvillepiren blev i början av 1960-talet en del av Frihamnens hamnverksamhet och i samband med detta fylldes även Kvillebäckskanalen och Ringkanalen igen, se figur 5. Kvillebäckens mynning förlades istället till norra delen av Lundbyhamnens hamnbassäng, se figur 5 och 6.

Vattendjupet har på senare år reducerats Lundbyhamnen. Med start år 2011 lades stödfyllning ut i Lundbyhamnens nordvästra sida och därefter har hamnbassängen även fyllts ut med muddermassor, huvudsakligen från Göteborgs hamnområde. Bottennivåer som redovisas i ritning G601 är representativa för dagens förhållanden (ca -5).

Göteborg år 1890 Göteborg år 1921

Figur 4: Bilden visar hur Frihamnsområdet såg ut 1890 och hur de olika pirerna växte fram. År 1921 var Norra- och Södra Frihamnspiren i bruk. Senare växte även Kvillepiren fram.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

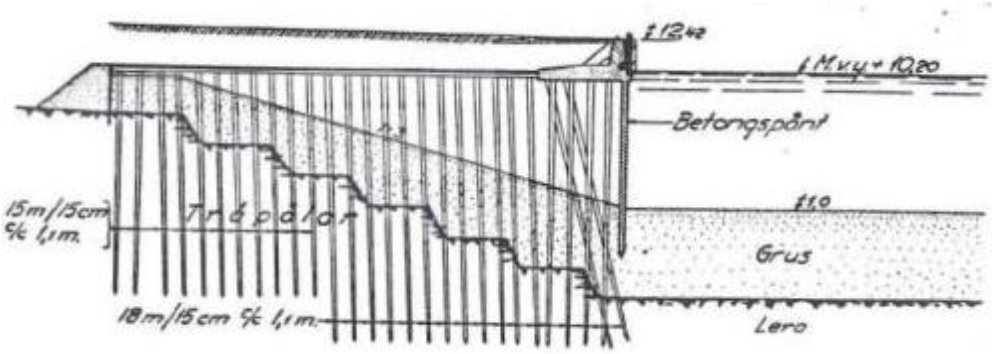


Figur 5: Bilden visar SBK:s jordartskarta över Frihamnsområdet med Kvillebäckskanalen, Ringkanalen och historisk strandlinje.

Figur 6: Flygfoto med nutida Göteborg och Frihamnen (tillhandahållen av SBK 2015-09-15) med Kvillepiren, Norra Frihamnspiren samt Södra Frihamnspiren.

4.2 Kajkonstruktioner inom Frihamnen

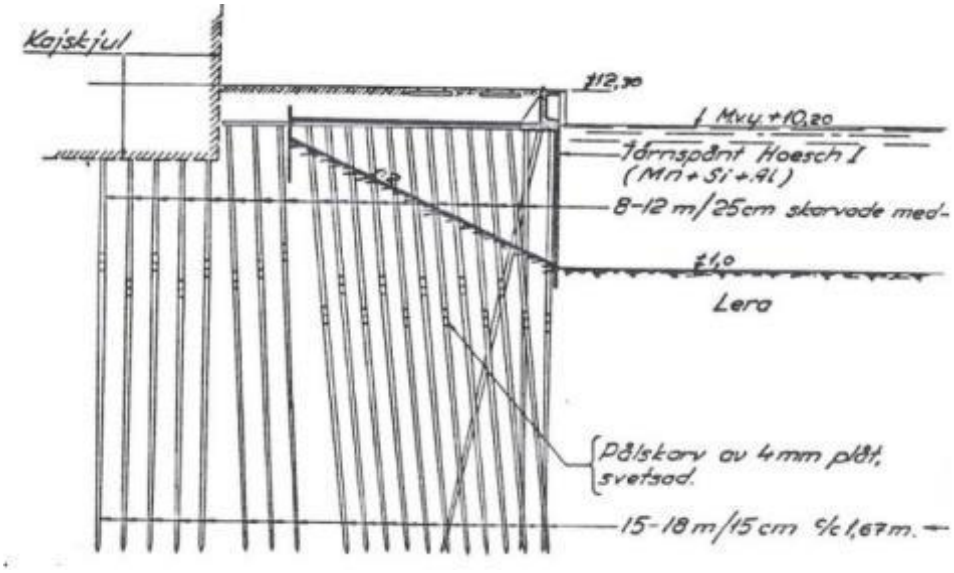
Under 1910-talet utfördes de första större kajerna. Lermaterialet muddrades ur i de blivande kajerna till maximalt 15 meters vattendjup. Därefter utfördes en återfyllnad med friktionsmaterial till den blivande bottennivån och friktionsmaterial släntades upp mot pirens mitt, se figur 7. Ovan dessa slänter byggdes kajdäcken upp av trä och grundlades på 15-18 m långa träpålar samt ytterst en betongspont vilken drevs ned längs kajkanten. Denna konstruktionstyp omfattar kajplatserna 101-110 samt den tidigare kajplats 111, se figur 1.



Figur 7: Tidig kajkonstruktion år 1921. (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

I början av 1940-talet utfördes en utbyggnad som innebar att den dåvarande Norra Frihamnsbassängen utvidgades åt nordost. Kajkonstruktionen var motsvarande de som uppfördes på 1910-talet med undantag att ingen återfyllnad med friktionsmaterial utfördes. Vidare installerades en stålspont istället för en betongspont, se figur 8. Denna konstruktionstyp berör kajplats 105 till 107.

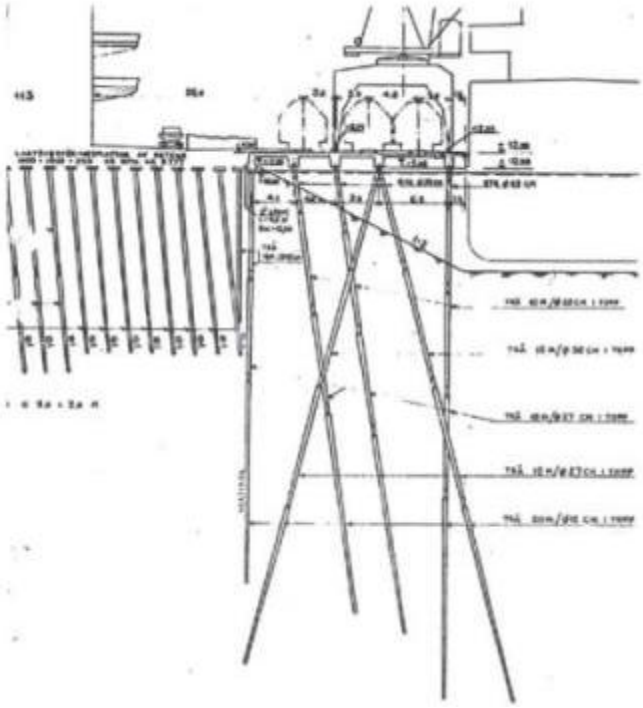
n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx



Figur 8: Kajkonstruktion vid utvidgning av den tidigare Norra Frihamansbassängen år 1942 (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

År 1964 togs kajplats 112 och 113 i bruk efter att en omfattande utbyggnad av Frihamnen. Denna utbyggnad innebar bla att Kvillebäckskanalerna fylldes igen och därmed skapade den nuvarande inre delen hamnbassängen. Kajen konstruerades enligt figur 9, med ett 20 meters kajdäck grundlades på 40-50 meter långa träpålar för att kunna uppta lasten från hamnkran och tåg. Vidare byggdes även ett ca 20 meter brett påldäck innanför kajdäcket för lastupptagning inom de inre delarna av piren.

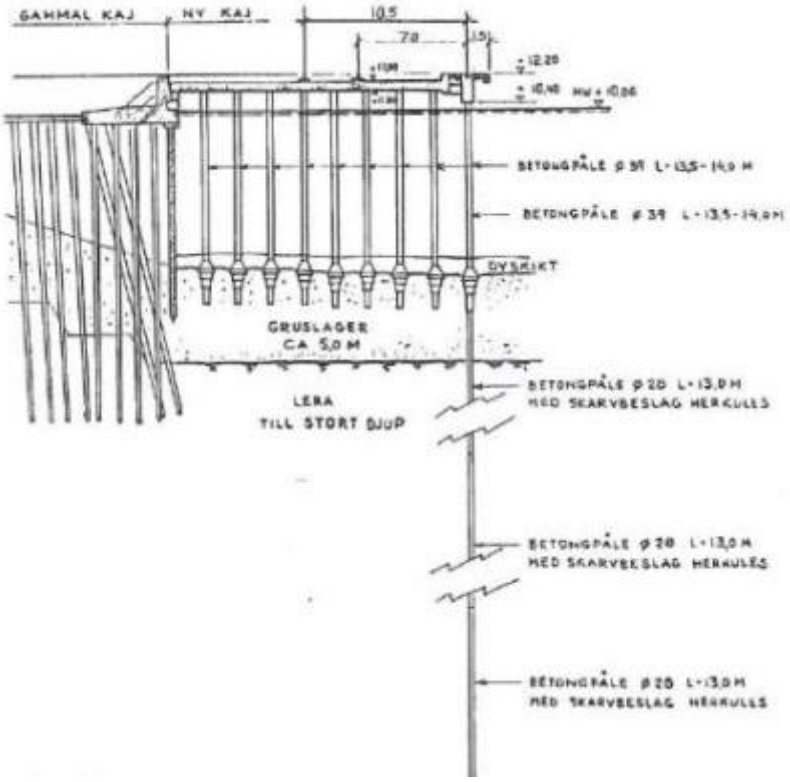
n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx



Figur 9: Kajkonstruktion vid kajplats 112-113 vid Norra Frihamnenspiren. Byggnad är pålad. (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

Den sista utbyggnaden inom området utfördes i början av 1970-talet då kajplats 111 breddades enligt figur 10. Ett nytt ca 20 m brett kajdäck av betong byggdes utanför den befintliga kajen och grundlades på pålar försedda med en s.k. klumpfot på den befintliga bottenfyllningen. Grundläggningsprincipen med ”klumpfötterna” var att dessa skulle drivas ned något i det historiskt utfyllda friktionsmaterialet och vidare inneha tillräcklig bärförmåga för att bära den dimensionerande lasten.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx



Figur 10: Kajkonstruktion vid den breddade kajplats 111 (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

5. Geotekniska förhållanden

5.1 Topografi och markbeskaffenhet

Topografiska uppgifter i föreliggande handling relaterar till höjdsystem RH2000 om inte annat anges. Topografin framgår i detalj av ritning G601. Större delen av ytan inom Frihamnen består av asfalt eller grus.

Inom Kvillepiren är markytan relativt plan med nivåer i huvudask varierande mellan +2,0 och +2,5. Lokalt inom Kvillepiren är markytan något lägre än +2 (vid kajplats 114).

Frihamnsplanen nordost om Kvillepiren har marknivå varierande kring nivå +2,5.

Norra Frihamnspiren har likartade marknivår vilka varierar i huvudsak mellan +2,0 och +2,8.

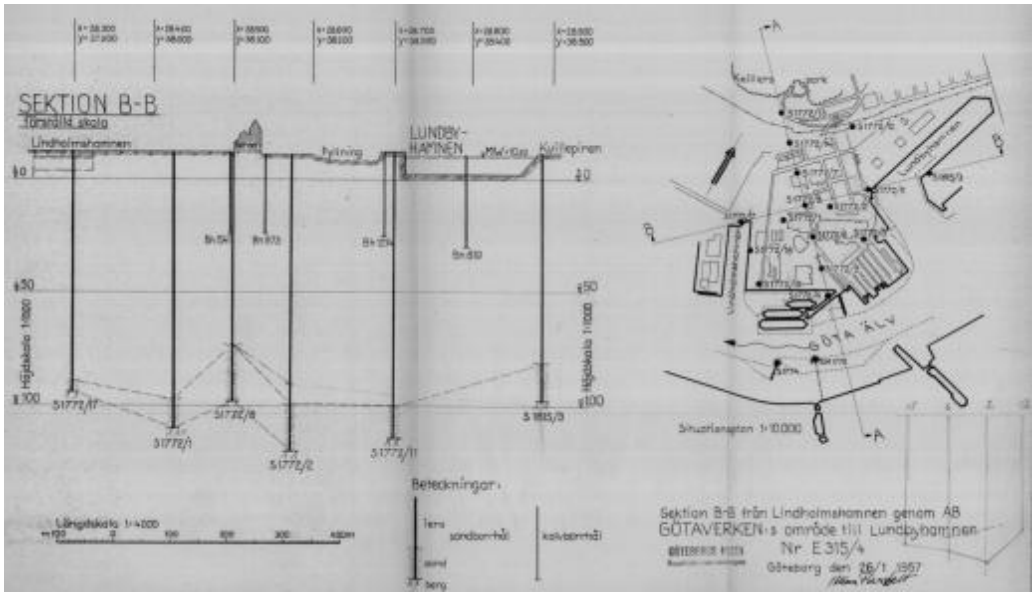
n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Bottennivån i Lundbyhamnen varierar kring -3 och -5 (är dock utanför Etapp 1). Norra Frihamnsbassängens bottennivå varierar längs nordvästra sidan invid kajkant kring -3 och -6 och för sydöstra- samt centrala delarna av hamnbasängen, kring nivå -8 till -10. Södra Frihamnsbassängens bottennivå varierar kring -8 till -10. Södra Frihamnspirens undervattensslänt mot Göta älv varierar från nivå ±0 i strandlinjen och ner till ca -6 mitt i farleden (är dock utanför Etapp 1).

5.2 Jordlager

Jordlagerföljden inom Etapp 1 är följande (se även figur 5 och 11):

- **Fyllningsmaterial**
- **Lera**
- **Friktionsjord ovan berg**



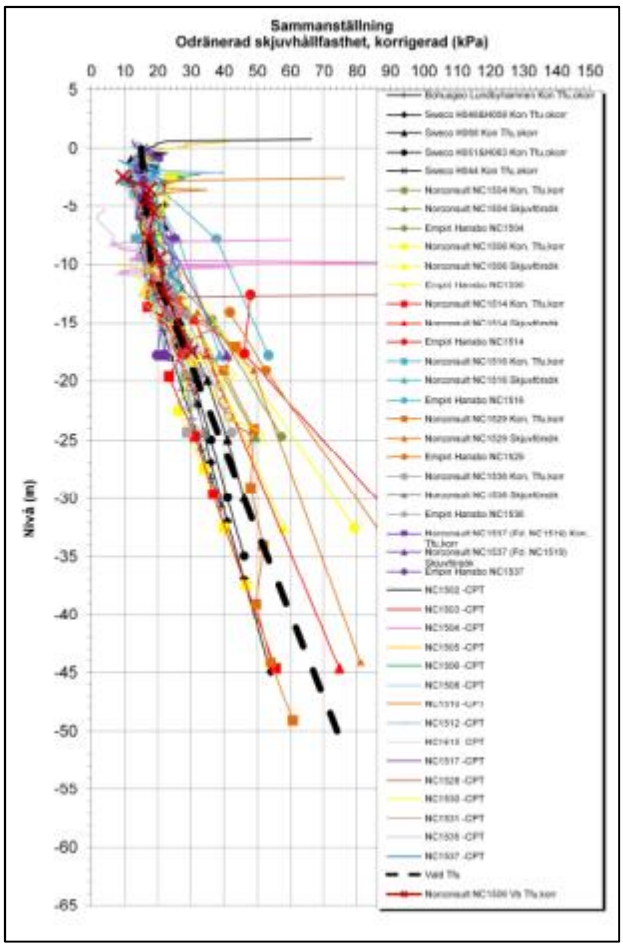
Figur 11: Plan och sektion med jordmäktighet för bla del av Lundbyhamnen och Kvillepiren. (höjder i Göteborgs lokala höjdsystem, GH88).

Fyllningsmaterialet har en tjocklek av upp till ca 5 m. Fyllningsmaterialet består överst av asfalt och därunder ca 1-2 m av krossmaterial (sten/grus/sand) och tegel. Fyllningsmassorna är generellt att betrakta som förorenade. Under dessa fyllningsmaterial återfinns ett ca 2-5 m mäktigt lager av muddermassor (lera) som fyllts ut i omgångar på 1800-talet. Norra- och Södra Frihamnshamnbassängerna utgörs botten överst av fyllningsmassor till ca 2-5 m (i huvudsak grus och sand) och därunder av lera.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Leran under fyllningsjordarna utgörs av en homogen ”klassisk göteborgslera” med mäktighet kring ca 100 m eller mer. Lerans densitet varierar generellt mellan ca 1,55-1,65 t/m^3. Den naturliga vattenkvoten varierar i huvudsak mellan 65-80%. Konflytgränsen är relativt konstant mot djupet och ligger generellt på ca 70-80%. Lerans klassas som mellansensitiv.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats med ledning av tidigare samt nu utförda undersökningar. Det råder inte någon avvikelse i odränerad skjuvhållfasthet mellan den utfyllda leran (muddermassorna) och den homogena orörda leran. Den odränerade korrigerade skjuvhållfastheten är ca 15 kPa vid nivå ±0 och ökar med 0,3 kPa/m till ca 18 kPa på nivå -10. Därunder ökar hållfastheten med 1,4 kPa/m mot djupet, se figur 12 samt bilaga 1.



Figur 12: Diagram med odränerad skjuvhållfasthet (korrigerad). Svart sträckad linje markerar vald hållfasthet.

Enligt utförda belastningsförsök (CRS) är leran i hamnbassängerna överkonsoliderad (OCR, ca 2-3). Belastningsförsök (CRS) utförda för leran på land

visar att leran är normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad, bitvis även ”underkonsoliderad” vilket indikerar pågående sättningar. Se bilaga 9.

Friktionsjorden ovan berg har en mäktighet varierande mellan ca 0-30 m enligt tidigare undersökningar och har bedömts bestå av sand och grus.

5.3 Geohydrologi

De *nuvarande* karakteristiska vattenstånden för Göta älv inom centrala Göteborg kan med ledning av uppmätta vattenstånd i Torshamnen antas vara följande:

Högsta högvattenstånd:	HHW (50 år)	+ 1,6
Normalt högvattenstånd:	MHW	+1,0
Normalt medelvattenstånd:	MW	+0,1
Normalt lågvattenstånd:	MLW	-0,6
Lägsta lågvattenstånd:	LLW (50 år)	-1,1

Ovanstående vattennivåer har nyttjats i föreliggande rapport.

Göteborgs Stad har för uppskattning av framtida högvattenförhållanden låtit upprätta ett underlag för Göteborg, se tabell 1. Medelhögvatten (MW) och högsta högvatten redovisas i tabellen. Högsta högvatten redovisas med olika återkomsttider.

Tabell 1: Uppskattning av framtida högvatten med olika återkomsttid för centrala staden.

År	MW	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år
2014	0,15	1,5	1,5	1,7	1,9	2,0
2070	0,45	1,8	1,8	2,0	2,2	2,3
2100	0,87	2,1	2,2	2,4	2,6	2,65

Grundvattenytan i de övre jordlagren (mätt i skruvprovtagningshåll) har generellt för området uppmätts kring 1-3 m under markytan. Nivåerna närmast kajkanterna fluktuerar kring medelvattenståndet i Göta älv. Portrycksfördelningen ner till ca 15-20 m djup är i huvudsakligen hydrostatisk utgående från medelvattennivån i älven. Breddnivån på bägge sidor om älven (utmed Ramberget respektive Kvarnberget) har nivån ca +2. Inga specifika skikt i leran bedöms vara vattenförande med förhöjda portryck.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

5.4 Befintliga anläggningar

På Kvillepiren finns två kajkonstruktioner i form av Ro/Ro lägen vid kajplats 114 och 116, se figur 1. Det äldre Ro/Ro-läget togs i bruk 1969 och återfinns i inre delen av Kvillepiren (kajplats 114), men är numera taget ur bruk. Vid denna kajplats finns dock i dykdalber och ramp fortfarande kvar. Ro/Ro-läget längst ut på Kvillepiren (kajplats 116) används fortfarande för Stenas färjetrafik. Intill och under färjeläget är ett erosionsskydd utlagt. Kajanläggningen är uppförd 1986. Ett tågspår och en väg leder trafiken tvärs över Kvillepiren ut till det yttre färjeläget.

På sydöstra sidan av Kvillepiren finns en befintlig undervattenstryckbank (se ritning G601) med en överyta på nivå ca -3 till -4. Tryckbanken sträcker sig ca 30 m ut från Kvillepiren.

Kring hela Norra Frihamnspiren finns kajkonstruktioner, vilka är närmare beskrivna i kapitel 4. Ett kajdäck av betong bärs upp av träpålar, vilka generellt är ca 15-18 m installerade med c/c ca 1,1-1,7 m. Under den pålade kajkonstruktionen finns en undervattensslänt. Ett flertal tågspår och kranspår finns utmed piren. Norra Frihamnspirens sydöstra kajsida används i dagsläget som förtöjningsplats för större kryssningsfartyg. Tre större byggnader återfinns på Norra Frihamnspiren, vilka är pålgrundlagda.

Sydvästra delen av Norra Frihamnspiren är avstängd pga rasrisk och nyttjas därför inte i dagsläget.

En mer ingående beskrivning och inspektion har utförts för befintliga kajer erosionsskydd inom Frihamnen. Anläggningarnas status redovisas i separat handling (Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen), se bilaga 10.

6. Stabilitetsförhållanden

6.1 Förutsättningar

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Beräkningar har utförts för geoteknisk kategori 3 (GK3), motsvarande en fördjupad stabilitetsutredning. Säkerhetsklass 2 (SK2) har valts. Anläggningen och förstärkningarnas komplexitet anses dock motsvara geoteknisk kategori 2 (GK2) med avseende att vedertagna förstärkningsmetoder samt att kvicklera inte förekommer inom området.

n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Vid dimensionering har geokonstruktionens dimensionerande värde för respektive materialegenskap beräknas utifrån medelvärdet ($\bar{X}$). När ett lågt värde är dimensionerande används ekvation enligt nedan:

$$Xd = \frac{1}{\gamma M} \times \eta \times \bar{X}$$

där:

Xd = Geokonstruktionens dimensionerande värde (F_c samt F_{komb})

γ_M = Fast partialkoefficient enligt nationellt annex och är beroende av "Design approach", DA (i aktuell utredning DA3). För materialparametrarna finns en uppsättning partialkoefficienter (γ_M) angivna. Vid beräkning av dimensionerande parametrar har partialkoefficienten γ_M satts till:

- $\gamma_{M,cu}$ = 1,5 (odränerad hållfasthet)
- $\gamma_{M,\phi'}$ = 1,3 (friktionsvinkel, tan ϕ')
- $\gamma_{M,c'}$ = 1,3 (effektiv kohesion)
- $\gamma_{M,\gamma}$ = 1,0 (tunghet)

η = Omräkningsfaktor som tar hänsyn till marken samt omfattningen och kvalitén av markundersökningen. Vidare tar η hänsyn till den aktuella geokonstruktionen och dess geometri, brottmekanismen och beräkningsmodell. Omräkningsfaktorn beräknas enligt $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8$

Val av η-faktorer har gjorts enligt Implementeringskomission för Europastandarder inom Geoteknik (EN-1997-1. Kapitel 11 och 12) – Slänter och Banker:

$\eta_{(1,2)}$ = 1,0 för C_u ty fler än 5 oberoende sonderingar.
$\eta_{(1,2)}$ = 1,0 för ϕ' ty fler än 3 oberoende sonderingar.

$\eta_{(3)}$ = 1,1 för C_u ty direkta skjuvförsök eller triaxialförsök bekräftar resultat från andra undersökningar samt empiri.
$\eta_{(3)}$ = 1,0 för ϕ' ty CPT-sondering har utförts i silt och sand.

$\eta_{(4,5,6,7)}$ = 1,0 för C_u ty stor brottyta, medelvärde.
$\eta_{(4,5,6,7)}$ = 1,0 för ϕ' ty stor brottyta, medelvärde.

Därmed:
$\eta_{(1,2,3,4,5,6,7)}$ = 1,0 x 1,1 x 1,0 = 1,1 för C_u.
$\eta_{(1,2,3,4,5,6,7)}$ = 1,0 x 1,0 x 1,0 = 1,0 för ϕ'.

$\eta_{(8)}$ = 1,0 för dimensionering av slänter och bankar.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

$\bar{X}$ = Egenskapens medelvärde baserat på härledda värden

Med utgångspunkt från de förutsättningar som råder inom det aktuella området har följande krav valts för aktuell stabilitetsutredning, se tabell 2.

Tabell 2: Säkerhetsrekommendationer enligt IEG tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Säkerhetsklass 2 (SK2).

Xd => $\mathbf{F_c} \geq 1{,}0$
Xd => $\mathbf{F_{komb}} \geq 1{,}0$

6.2 Indata

Materialparametrar

Valda materialparametrar redovisas i tabell 3 nedan samt i diagram, se bilaga 1.

Tabell 3: Valda värden och dimensioneranedvärden till stabilitetsberäkningar.

Jordlager	Materialegenskap	Valt värde baserat på härleda värden ($\bar{X}$)	Dimensionerande värde (X_d)
Fyllning	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 20$ kN/m^3 $\gamma' = 10$ kN/m^3	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Friktionsvinkel	$\phi' = 30°$	$\phi' = 28{,}3°$
Erosionsskydd	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 20$ kN/m^3 $\gamma' = 10$ kN/m^3	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Friktionsvinkel	$\phi' = 30°$	$\phi' = 28{,}3°$
Lera ner till nivå -10	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 15{,}5$ kN/m^3 $\gamma' = 5{,}5$ kN/m^3	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Odränerad korrigerad skjuvhållfasthet	$c_u = 15$ kPa + 0,3 kPa/m	$c_u = 11$ kPa + 0,22 kPa/m
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 30°$	$\phi' = 23{,}95°$
Lera från och med nivå -10	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 15{,}5$ kN/m^3 $\gamma' = 5{,}5$ kN/m^3	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Odränerad korrigerad skjuvhållfasthet	$c_u = 18$ kPa + 1,4 kPa/m	$c_u = 13{,}2$ kPa + 1,027 kPa/m

n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 30^o$	$\phi' = 23{,}95^o$
Lättklinker	Tunghet Effektiv tunghet under gvy	$\gamma = 5{,}0$ kN/m^3 $\gamma' = -5{,}0$ kN/m^3	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\overline{X}$)
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 35^o$	$\phi' = 28{,}3^o$

För beräkning i kombinerad analys har kohesionsjordens dränerade hållfasthetsparametrar bestämdes empiriskt enligt $\varphi' = 30^o$ samt $c' = 0{,}1 \times c_u$

Laster och marknivå

Enligt givna förutsättningar för framtida förhållanden planeras utvalda gator (s.k. upphöjda stråk) genom området höjas till marknivå +2,8, se bilaga 2. Resterande markyta inom området planeras höjas till minst nivå +2,5. Delar av området har redan befintliga marknivåer kring +2,5.

Som underlag till stabilitetsberäkningarna har geometrier från digital primärkarta nyttjats samt batymetrisk inmätning av hamnbotten. Även historisk dokumentation av kajer och hamnanläggningar har nyttjats.

För stabilitetsberäkningarna har en last ansatts av 10 kPa (motsvarande ca 0,5 m fyllning) på markytan. Markyta med nivå +2,5 och 10 kPa motsvarar en markyta med nivå ca +3,0 (utan last). Lasten 10 kPa har ansatts i både de odränerade och de kombinerade stabilitetsanalyserna pga att lasten inte nödvändigtvis är att betrakta som en tillfällig variabel last. För de upphöjda stråken (nivå +2,8) har en last av 13 kPa ansatts. Lasten på de upphöjda stråken är tillfällig och variabel och är därför inte ansatt i de kombinerade stabilitetsanalyserna.

Ovan kajkonstruktioner och byggnader som är pålade har ingen marklast ansatts i beräkningarna eftersom kajkonstruktion och pålarna har antagits bära lasten. Där befintliga kajkonstruktioner bedömts vara icke tillfredställande kommer dessa konstruktioner att åtgärdas eller helt ersättas med nya kajkonstruktioner.

Grundvatten- och portrycksnivå

Grundvattenytan har baserats på utförda mätningar samt även med ledning av tidigare utredningar. Grundvattennivån bedöms ligga 1-2 m under markytan. Portrycket har i beräkningar beaktats hydrostatiskt för aktuella djup i

n:\104\05\10405535\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

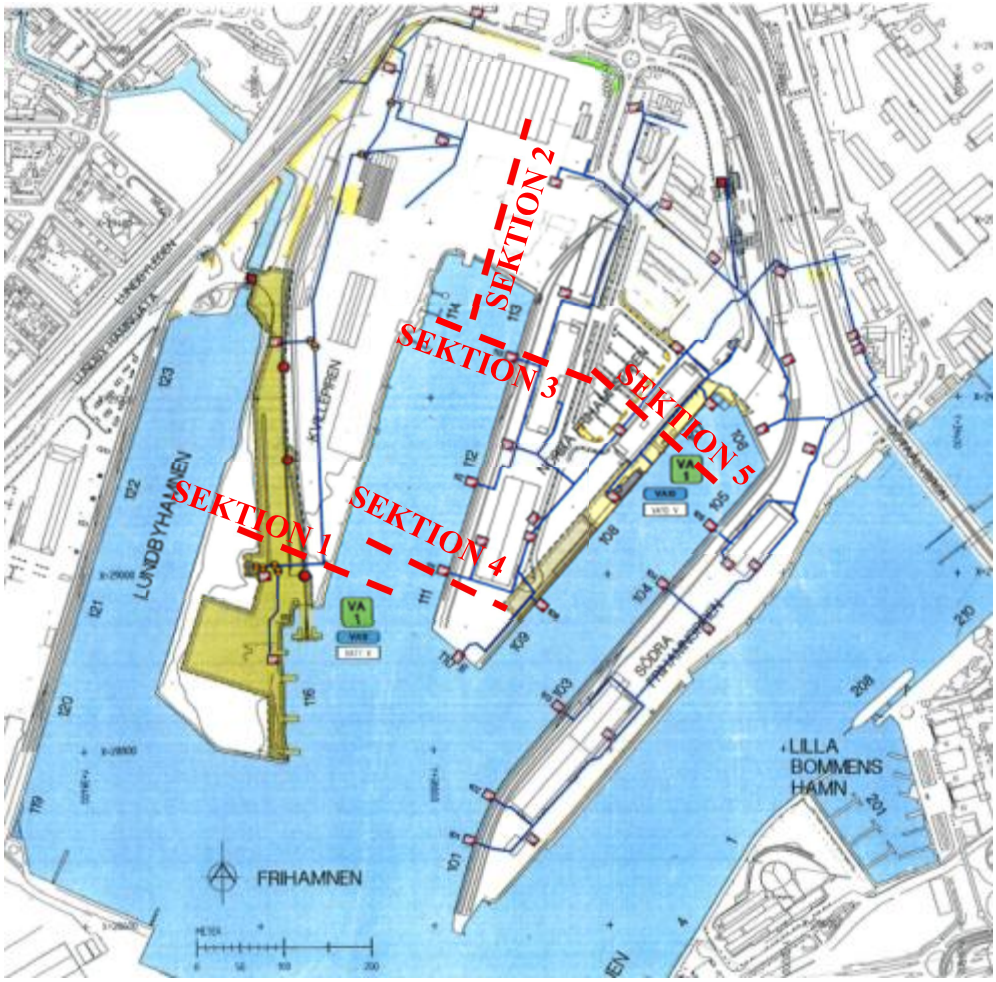
beräkningsmodellerna och för glidytorna. Vattenståndet i Göta älv och hamnbassängerna har i beräkningarna valts enligt lägsta lågvatten, LLW (nivå -1,1)

6.3 Beräkningar

Stabilitetsberäkningarna har utförts med kombinerad- och odränerad analys med datorprogrammet Slope/W version 7.23 (Geostudio 2007). Redovisad säkerhetsfaktor avser Morgenstern-Price metod för cirkulärcylindriska glidytor.

5 stycken sektioner (sektion 1-5) har beräknats för aktuellt delområde, Etapp 1 i Frihamnen. Sektionerna har valts utifrån geometrier och befintliga anläggningar. Sektionerna redovisas i plan, se figur 13 samt i ritning G601.

Släntstabiliteten från Kvillepiren mot Lundbyhamnen är enligt tidigare stabilitetsutredning tillfredställande med befintlig uppfyllnad bestående av tryckbankar och muddermassor inom Lundbyhamnen (enligt *Lundbyhamnen, Göteborg. Planerad tryckbank och mudderfyllning*). PM geoteknik med utvärdering, beräkning och bedömningar. Även stabiliteten från Södra Frihamnspiren mot Södra Frihamnsbassängen är tillfredställande enligt tidigare stabilitetsutredning (*Norra och södra Frihamnspiren – H046 och H058. Detaljerad stabilitetsutredning inom Göteborgs stad*). Ingen risk föreligger därmed för bakåtgripande- respektive framåtgripande glidytor från områden utanför Etapp 1 (glidytor mot Lundbyhamnen respektive Södra Frihamnspiren).



Figur 13: Bild visar valda beräkningssektioner inom Frihamnen, Etapp 1. Se även ritning G601

Beräkningar av befintliga förhållanden med nuvarande marknivåer visar att tillfredsställande stabilitet erhållits för sektion 1, 3, 4 och 5. Sektion 2 är stabilitetsmässigt icke tillfredsställande, se tabell 4.

Beräkningar av framtida förhållanden *med* markhöjning men *utan förstärkning* visar att sektion 3 och 5 är stabilitetsmässigt tillfredsställande. Sektion 1, 2 och 4 är stabilitetsmässigt icke tillfredsställande utan förstärkning. Generellt krävs att marknivån för framtida förhållanden höjas mindre än en halvmeter inom Norra Frihamnspiren medan nivåhöjningen av markytan inom Kvillepiren varierar mellan ca en halv till en meter. Bitvis inom detaljplanens område erfordras ingen marknivåhöjning (nivå är högre än +2,5). Huvudstråken kräver markhöjning för att erhålla nivå +2,8.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

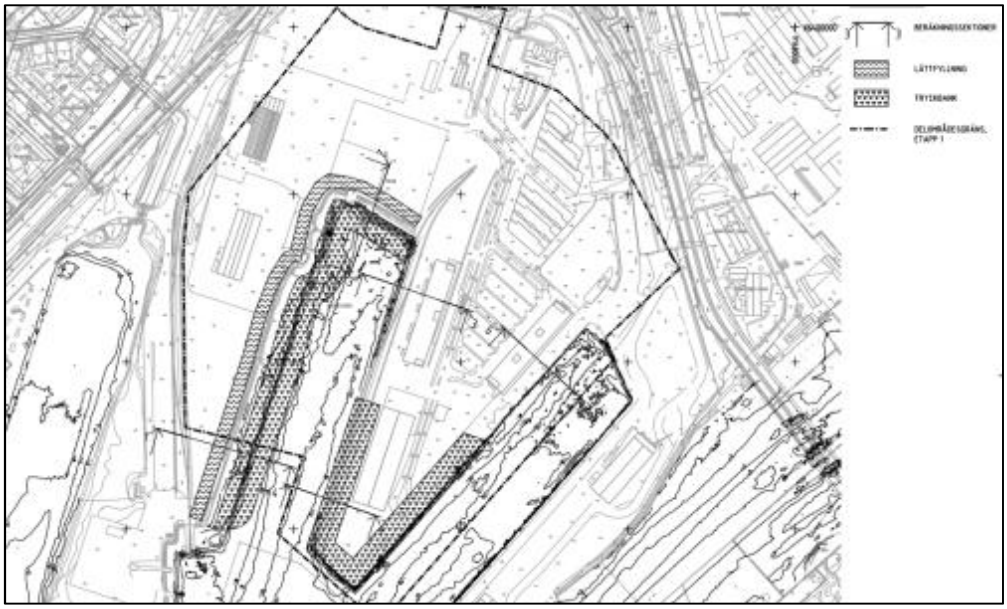
Beräkningar av framtida förhållanden *med* markhöjning och *med förstärkning* visar att samtliga sektioner har tillfredställande stabilitet. Sektion 1 och 2 kräver dock stabilitetshöjande åtgärder i form av lättfyllnad och undervattenstryckbank. Sektion 4 kräver stabilitetshöjande åtgärder i form av undervattenstryckbank. För beräkningsresultat och åtgärdsförslag i plan, se tabell 4, figur 14 samt ritning G601.

Även genomförbarheten med lättfyllnad som förstärkningsåtgärd har kontrollerats mot uppflytning vid höga vattenstånd. Slutsatsen är att utformning med lättfyllnad enligt handlingen är genomförbar.

Tabell 4: Säkerhetsfaktor Fc (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 1-5. Enligt partialkoeficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är F ≥ 1.0 tillfredställande.

Sektion	**Befintliga förhållanden**		**Framtida förhållanden (höjd markyta, ej förstärkt)**		**Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)**	
	Odr. analys	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*
1	*1,08*	*1,01*	*0,72*	*0,67*	*1,03***	*1,01***
2	*0,78*	*0,81*	*0,70*	*0,67*	*1,01***	*1,00***
3	*1,09*	*1,04*	*1,09*	*1,03*	--	--
4	*1,16*	*1,16*	*0,94*	*0,94*	*1,01**	*1,00**
5	*1,14*	*1,12*	*1,12*	*1,11*	--	--

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd ** Tryckbank och lättfyllning som förstärkningsåtgärd



Figur 14: Bild visar föreslagna förstärkningsåtgärder vid Kvillepiren och Norra Frihamnspiren. Se även ritning G601

n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

6.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalyser har utförts för variation med hänsyn till förändrat portryck och grundvattennivå samt med hänsyn till förändrad skjuvhållfasthet i leran. Känslighetsanalyserna är utförda i beräkningssektion 3.

Känslighetsanalys av förhöjt portryck

Vid känslighetsanalysen av ett förhöjt portryck i jorden analyserades ett hydrostatiskt tryck utgående ifrån en förhöjd grundvattennivå +1,0 (MHW) i kombination med lägsta lågvattennivå (LLW) i Göta älv -1,1. Resultatet visas i tabell 5 nedan:

Tabell 5: Säkerhetsfaktor Fc (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 3 – Känslighetsanalys med hänsyn till förändrat protryck. Enligt partialkoeficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är F ≥ 1.0 tillfredställande.

Sektion	Befintliga förhållanden		Framtida förhållanden (höjd markyta, ej förstärkt)		Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)	
	Odr. analys	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*
3	*1,09*	*0,99*	*1,09*	*0,99*	*1,23**	*1,12**

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd ** Tryckbank och lättfyllning som förstärkningsåtgärd

De kritiska glidytorna är relativt djupa och för glidytornas djup är det framförallt lerans odränerade skjuvhållfasthet som är dimensionerande i de kombinerade analyserna. Den odränerade skjuvhållfastheten påverkas ej av ett förändrat portryck och därmed har ett förhöjt portryck begränsad inverkan på säkerhetsfaktorn för de kombinerade stabilitetsanalyserna. Den odränerade analysen (F_c) påverkas inte alls. Den modellerade känslighetsanalysen ger maximalt ca 4 % reduktion av säkerhetsfaktorn i kombinerad analys, F_{komb}. Med en tryckbanksförstärkning enligt beräkningar (se bilaga 6) är planen geotekniskt genomförbar även vid dimensionering enligt aktuell känslighetsanalys.

Känslighetsanalys av reducerad skjuvhållfasthet

Vid känslighetsanalysen för en reducerad skjuvhållfasthet analyserades en minskning med 10% av lerans odränerade skjuvhållfasthet. Resultatet redovisas i tabell 6 nedan:

n:\104\05\10405535\5 arbetsmaterial\01 dokumentlg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Tabell 6: Säkerhetsfaktor Fc (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för sektion 3 – Känslighetsanalys med hänsyn till reducerad odränerad skjuvhållfasthet för leran. Enligt partialkoeficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är F ≥ 1.0 tillfredställande.

Sektion	Befintliga förhållanden		Framtida förhållanden (höjd markyta, ej förstärkt)		Framtida förhållanden (höjd markyta, förstärkt)	
	Odr. analys	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*	*Odr. analys*	*Komb. analys*
3	*0,98*	*0,94*	*0,98*	*0,93*	*1,16**	*1,12**

* Tryckbank som förstärkningsåtgärd ** Tryckbank och lättfyllning som förstärkningsåtgärd

De kritiska glidytornas säkerhetsfaktor är framförallt beroende på lerans odränerade skjuvhållfasthet. En reduktion av skjuvhållfastheten ger därmed en motsvarande reduktion av säkerhetsfaktorn (ca 10 %) för både odränerad och kombinerad analys. Med en tryckbanksförstärkning enligt beräkningar (se bilaga 7) är planen geotekniskt genomförbar även vid dimensionering enligt aktuell känslighetsanalys.

Sammanfattning av känslighetsanalyser

Känslighetsanalyserna ger beräkningsresultat som leder till i ytterligare förstärkningar jämfört med vad som krävs med hänsyn till ursprungligt vald portrycksfördelning och vald skjuvhållfasthet, se tabell 5 och 6. Dessa förstärkningar har i känslighetsanalysen visats vara geotekniskt genomförbara, men förstärkningarna enligt känslighetsanalyserna anses ej nödvändiga för detaljplanen.

7. Bergras och blocknedfall

Inget berg i dagen förekommer inom Frihamnen. Ingen risk för blocknedfall bedöms därför föreligga inom området.

8. Radon

Aktuellt område har undersökts avseende markradon i marken. Syftet med undersökningen har varit att översiktligt mäta radonhalter i markens porluft för radonklassificering.

Radonundersökning har genomförts med hjälp av en emanometer Markus 10 i den mån det har varit möjligt att ta prov på markluften. Eftersom planområdet i huvudsak utgörs av hårdgjorda ytor, har mätningarna kompletterats med gammastrålningsmätning, utförd med en gammascintillometer av typen RS-111 (med natriumjodidkristall). Markus 10 ger ett direkt värde på markens

n:\104\05\10405\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

radongasinnehåll, medan scintillometern ger en *indikation* på om det föreligger risk för förhöjda radonvärden (själva radongasen uppstår som en dotterprodukt ur gammastrålning). Mätvärdet för den totala gammastrålningen kan visa hög strålning pga högstrålande ytbeläggning trots att marken i sig är lågstrålande. Vid asfalterade ytor används ofta makadam vilken kan ge högre gammastrålning än befintlig underliggande jord.

8.1 Gammastrålning

Riskbedömning med avseende på gammastrålning från berg respektive fyllning redovisas i Tabell 7 nedan.

Tabell 7: Gränsvärden, gammastrålning

Markklass	**Markyta**	**Gammastrålning** [µSv/h]
Högradonmark	Berg	>0,2 á 0,3
	Sprängsten	>0,15 á 0,25
Normalradonmark	Berg	0,08 á 0,12 – 0,2 á 0,3
	Sprängsten	0,05 á 0,08 – 0,15 á 0,25
Lågradonmark	Berg	<0,08 á 0,12
	Sprängsten	<0,05 á 0,08

Gammastrålningsmätningen genomfördes under maj 2015. Värdena var mestadels inom intervallet lågradonmark, men uppnådde ställvis intervallet för normalradonmark. Norra och Södra Frihamnspiren var entydigt inom intervallet för normalradonmark, liksom ett område vid SVT:s byggnad ”Synvillan” (Pumpgatan 2) samt även längs med Lundby Hamngata.

8.2 Markradon

Mätning av markradon utfördes under maj 2015. Rekommenderade gränsvärden för klassning av markredovisas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8: Gränsvärden, markradon

Markklass	**Jordtyp**	**Radonhalt i jordluften 1 m under markytan** [kBq/m^3]
Högradonmark	Grus, grovkornig morän	>50
	Sand	>50

n:\104\05\10405535\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

	Silt	>60
	Lera	>100
Normalradonmark	Grus, grovkornig morän	10-50
	Sand	10-50
	Silt	20-60
	Lera	60-100
Lågradonmark	Grus, grovkornig morän	<10
	Sand	<10
	Silt	<20
	Lera	<60

Mätpunkterna är markerade i ritning G101 tillhörande MUR. Resultat från mätningarna sammanställs i Tabell 9 nedan.

Tabell 9: Sammanställning av uppmätta värden samt klassning

Mätpunkt	**Bedömd jordtyp**	**Uppmätt radonhalt** [kBq/m^3]	**Klassning**
NC1560	*Fyllnadsmassor*	*8*	*Lågradonmark*
NC1561	*Fyllnadsmassor*	*0*	*Lågradonmark*
NC1562	*Fyllnadsmassor*	*0*	*Lågradonmark*
NC1563	*Silt/Fyllnadsmassor*	*19*	*Normalradonmark*
NC1564	*Sand/grus*	*29*	*Normalradonmark*
NC1565	*Silt*	*0*	*Lågradonmark*
NC1566	*Silt*	*1*	*Lågradonmark*
NC1567	*Silt/Fyllnadsmassor*	*14*	*Normalradonmark*
NC1568	*Fyllnadsmassor*	*13*	*Normalradonmark*
NC1569	*Silt*	*0*	*Lågradonmark*
NC1570	*Silt*	*-*	*Jordluft ej tillgänglig*

8.3 Sammanfattning av radon

Sammantaget görs bedömningen att planområdet inom Etapp 1bör klassas som normalradonmark, eftersom mätvärdena är oregelbundna och inte kan kopplas till några karaktäristika hos marken. Möjligen kan en koppling göras mellan äldre asfaltsbeläggning och högre gammastrålning, men resultatet är inte entydigt. Strålningen påverkas av vilka fyllnadsmassor som har använts.

9. Marknivå och sättningar

Förutsättningen för marknivåer och byggnader är att samtliga planerade byggnader ska ha en evakueringsväg (med max 0,2 m översvämning) från planområdet under översvämning och att räddningstjänstens fordon garanteras framkomlighet (max 0,5 m översvämning). Grundprincipen är att alla byggnader och verksamheter ska kunna evakueras till högre liggande mark och bort från planområdet (Stadsbyggnadskontoret, 2014).

För nybyggnation inom centrala Göteborg har riktlinjer för marknivåer fastställt med anledning av höga vattenstånd (skyddsnivå, +2,8 och extremnivå, +3,8). Beroende på byggnadskategori är riktlinjerna följande, se Tabell 10 nedan (Stadsbyggnadskontoret, 2014).

Tabell 10: Lägsta tillåtna marknivå för nybyggnation enligt riktlinjer Göteborgs Stad.

Kategori	Planeringsnivåer översvämning		
	Utanför Älvsborgsbron	Centrala Göteborg	Norr Marieholm
Samhällsviktigt	+3,5	+3,8	+4,0
Byggnader - underkant bjälklag	+2,5	+2,8	+3,0

För Frihamnen – Etapp 1 gäller att nivån för de upphöjda stråken skall vara +2,8 och att markyta utmed kajer och parker kan vara +2,5. Se bilaga 2

Frihamnen består av lerjordar med mycket stor mäktighet. Stora sättningar har utbildats inom området pga de historiska fyllningarna. Sättningshistorik från Göteborg Hamns arkiv visar dock att sättningarna inom Etapp 1 har konsoliderat för den tillförda lasten (sättningarna har avstannat). Mätdatan sträcker sig från 1910-talet fram till 1980-talet. Trenderna visar att merparten av sättningarna inträffade ca 30-50 år från och med att tillskottslasterna pålagts markytan.

Södra Frihamnspiren (vilket ligger utanför Etapp 1) är det område där störst sättningar har utbildats och även det området där trenden och mätdata visar att sättningarna fortfarande är pågående. Sättningarna varierar i storlek inom Frihamnen. Vid okulär platsbesiktning av området konstaterades en svacka vid Lundbyleden och Kvillebäckskanalen, se figur 1. Därtill konstaterades differenssättningar kring byggnader vid Lundby Hamngata nr. 20-40 (utanför Etapp 1).

I huvudsak kan sättningshistoriken beskrivas enligt följande, se tabell 11:

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Tabell 11: Storleken på sättningar i olika områden vid Frihamnen från år ca 1914 till 1980

Område inom Frihamnen	Sättning
Kvillekanalens/bäckens utlopp, Utanför Etapp 1	*Ca 0,2 – 0,4 m*
Norra Frihamnspiren, Inom Etapp 1	*Ca 0,1 – 0,4 m*
Södra Frihamnspiren (”Bananpiren”), Utanför Etapp 1	*Ca 0,6 – 1,2 m (pågående)*

Marknivåerna inom Etapp 1 får inte tillåtas sjunka under +2,5 (kajer och parker) respektive +2,8 (upphöjda stråk/huvud gator). Sättningar måste därmed förhindras och all tillskottspänning behöver kompenseras med lättfyllning eller med annan förstärkningsmetod. Den lättfyllnadsförstärkning som redovisas i ritning G601 omfattar inte behovet av lättfyllning pga sättningar, utan redovisar endast lättfyllning utifrån erforderliga stabilitetskrav.

Befintliga betongtrummor vid Kvillebäckskanalens utlopp till Lundbyhamnen (3 stycken med diameter 2,7 m, anlagda 1986) misstänks vara sättningsskadade och ligger lågt i vattnet. Ytterligar information om status om kulvertar framgår av bilaga 10.

10. Högvattenskydd

Marknivåerna inom delar av Frihamnen är lägre än riktlinjerna (nivå +2,8), se tabell 10. Tekniska skydd i form av högvattenskydd är därmed en förutsättning för att undvika eventuella översvämningar. Göteborgs Stad har bla studerat två alternativ av högvattenskydd för Frihamnen - Etapp 1:

1. Portar mellan Södra Frihamnspiren och Lundbyvass, se bilaga 2
2. Portar som skyddar större delen av Göteborg, placerade vid Älvsborgsbron samt vid förgreningen Göta älv/Nordre älv.

Med ovanstående tidshorisont (ca 50 år) har Götebogs Stad ansett att marknivåerna +2,5 respektive +2,8 är rimliga. På längre sikt (ca 100 år eller mer) krävs dock att ytterligare åtgärder genomförs så som:

- Högvattenportar enligt alternativ 1 eller 2 ovan.
- Ytterligare nivåhöjning av marknivåer
- Hydrauliska barriärer längs med stadens kajer

Göteborgs Stad har ännu inte fastsällt vilket av skyddsalternativen som skall genomföras.

n:\104\05\10405035\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

11. Slutsatser och rekommendationer

Resultaten från föreliggande PM visar att detaljplans Etapp 1 inom Frihamnen är geotekniskt genomförbar med föreslagna förstärkningar och åtgärder. Marknivån kan bitvis höjas till +2,5 respektive +2,8 utan att stabilitetshöjande åtgärd krävs. Inom delar av området krävs dock undervattenstryckbankar och lättfyllnad, se förstärkningsförslag i figur 14 samt i ritning G601.

Men föreslagen utformning bedöms att det *översiktligt* för planområdet krävs ca 30.000 m^3 tryckbanksmassor samt att det krävs ca 20.000 m^3 lättfyllningsmassor. Tryckbankar kan utföras med fyllningsmassor bestående av lera eller krossmaterial, men volymen på tryckbanksmassorna påverkas något beroende på val av fyllningsmaterial. Detaljprojektering av förstärkningsåtgärderna krävs inför bygghandling och förstärkning. Förstärkning med tryckbankar sker lämpligtvis efter att utdömda kajanläggningar rivits och innan nya kajanläggningar uppförs, eftersom detta minimerar deformationer på nya kajkonstruktiooner och förenklar uppförandet av kajanläggningarna.

Utöver ovan uppskattad volym lättfyllnad krävs även lättfyllning pga lastkompensation.

Fyllningsmassor inom området är generellt att betrakta som förorenade vilket skall beaktas vid fortsatt planering av området. Eventuella föroreningar på hamn/älvbotten har inte beaktats vid åtgärdsförslaget med undervattenstryckbankar.

Vattendjupet kommer minska något pga de föreslagna undervattenstryckbankarna. Eventuellt erosionsskydd av dessa tryckbankar är främst beroende på huruvida större fartyg skall förekomma i hamnen i framtiden. Inom Etapp 1 har eventuell erosion av befintliga slänter under kajkonstruktionerna inte varit möjlig att besiktiga, men enligt bilaga 10 rekommenderas att slänterna utmed Kvillepiren erosionsskyddas. Vidare rekommenderas att Norra Frihamnspiren erosionsskyddas med en spontad kaj ut mot hamnbassängen, se bilaga 10.

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

11.1 Stabilitetsförhållanden

För planområdet har en last av 10 kPa ansatts på markyta med nivå +2,5 (lasten motsvarar ytterligare ca 0,5 m uppfyllning/permanent last alternativt enbart en trafiklast av 10 kPa). För de upphöjda stråken på nivå +2,8 har 13 kPa last ansatts (trafiklast).

På kajkonstruktionerna har ingen marklast ansatts på markytan eftersom kajkonstruktion och pålar har antagits bära all marklast. Vilken kapacitet befintliga kajer har att bära last framgår i detalj av *Utlåtandet avseende kajer inom Frihamnen*, se bilaga 10. För de befintliga kajkonstruktioner som bedömts vara icke tillfredställande erfordras att nya kajkonstruktioner uppförs. Utlåtandet över kajerna konstaterar generellt att flertalet av kajkonstruktionernas träpålar är angripna av skeppsmask, vilket har reducerat pålarnas bärförmåga. Därtill konstateras att även kajkonstruktioner av betong har skador. Slutsatsen är att merparten av Frihamnens kajer måste rivas och att anläggandet av nya konstruktioner krävs.

11.2 Bergras och blocknedfall

Då inget berg i dagen förekommer inom området är således risken för bergras och blocknedfall obefintlig. Ingen ytterligare utredning rekommenderas.

11.3 Radon

Så länge tillkommande ballastmaterial för byggnaderna har likvärdiga gammastrålningsvärden som i nuläget, skall marken klassas som normalradonmark. Tillfört ballastmaterialet i kabeldiken eller anslutning till byggnaderna skall vara högst låg- till normalstrålande. Utgående ifrån ovanstående skall byggnaderna konstrueras radonskyddande, vilket innebär att grundkonstruktionen inte ger uppenbara otätheter mot markluft. Rörgenomföringar och kulvertintag i byggnadens bottenplatta och eventuella källarytterväggar skall tätas. Åtgärder som förhindrar att sprickor i golv och källarytterväggar p.g.a. sättningar skall vidtas.

11.4 Grundläggning och sättningar

Området är sättningskänsligt och är att beakta som normalkonsoliderat. Indikationer utgående från spänningssituationen i marken tyder på att sättningar bitvis även kan vara pågående. Ytterligare sättningsmätningar rekommenderas därmed. All tillskottslast skall lastkompenseras för att undvika långtidsbundna sättningar av marken. Alternativt till lastkompensation kan vara annan

n:\104\05\10405535\5 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

grundförstärkning så som pålning eller likvärdigt vilken säkerställer att sättningar inte uppstår. Grundvattensänkning under områdets nuvarande nivåer kommer resultera i tillskottslaster och skall därför undvikas.

Grundläggning av byggnader och anläggningar får ej resultera i tillskottslast överstiggande en markyta lastmässigt motsvarande marknivån +2,5. Pålavskärningsplanet skall vara nivå +2,5 eller lägre. Eventuell lättfyllnad eller källarutrymme under byggnader och anläggningar ger dock avlastande effekt viket är gynnsamt för både släntstabilitet och sättningar. Med eventuell lättfyllnad under byggnader kan pålavskärningsplan/marknivån trots allt höjas och ändå motsvarande en lastmässig marknivå på +2,5. Översvämningsrisken för källarutrymmen under skyddsnivåer skall beaktas.

Befintliga träpålar för kajkonstruktionerna är generellt slagna till ca 15-18 m djup och på ett avstånd av ca c/c 1,1 -1,7 m. Vid grundläggning med nya pålar inom dessa områden kan krävas att äldre pålar först tas bort. Avlägsnade av befintliga pålar (som ej skarvats) är vanligt förekommande i Göteborg vid anläggning av ny pålgrundläggning och skapar generellt inte några genomförbarhetsproblem. Vid avlägsnandet av äldre pålar bör beaktas att deformationer kan förekomma och att avlägsnad volym ur marken har likartad effekt som lerproppdragning. Pålning kan även genomföras med befintliga pålar kvar i marken, men större hänsyn krävs i så fall till flexibiliteten för byggnadens konstruktion/grundläggning. Skarvade pålar förekommer bitvis inom området (exempelvis vid kajplats 111, 112 och 113). Dessa skarvade pålar är mycket svåra att avlägsna och att endast avlägsna den övre pålen är inte att rekommendera pga att detta kan komma att skapa problem för ny pålslagning.

Pålgrundläggning är en genomförbar metod och lämplig för aktuellt område. Pålning genererar dock massundanträngning och deformation av jorden vilket skall beaktas inför/vid genomförandet. Deformationerna kommer att utbildas i den rörelseriktning som har minst mothållande jordtryck, vilket för aktuellt område i allmänt kommer vara i horisontalriktningen ut mot undervattenslänterna. På större avstånd från undervattensslänterna och kajerna kommer deformationerna i allt större utsträckning resultera i vertikalt uppåtriktad deformation, s.k. hävning.

Pålordningen behöver beaktas för att minimera omgivningspåverkan på befintliga/blivande byggnader och anläggningar. Proppdragning av lera skall förutsättas för att minimera skadliga deformationer på angränsande mark, byggnader och anläggningar. Pålning från eventuella källarnivåer är ytterligare en metodik att minimera omgivningspåverkan. Upprättandet av ett kontrollprogram

n:\104\05\10405535\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

krävs för att beakta lämpligaste möjliga metodik att minimera omgivningspåverkan samt för att optimera utbyggnadsordning och minimera deformationerna på kajer och byggnader. De deformationsminimerande åtgärderna skall verifieras via mätningar som följer ett föreslaget kontrollprogram omfattande helheten för detaljplanen. Nollmätningar och kontinuerliga mätningar skall inledas i god tid innan byggnation inleds.

Med avseende på vibrationer rekommenderas att grundläggning av byggnader och anläggningar utreds pga de mäktiga jordlagrena av lös lera i kombinationen med vibrationsalstrande trafiklaster.

11.5 Högvattenskydd

Höjdsättningen med marknivåerna +2,5 respektive +2,8 bedöms vara tillfredställande med avseende på översvämningsrisken på medellång sikt (ca 50 år). Högvattenskydd krävs dock att på längre sikt för att skydda marknivåerna mot översvämning. Alternativ för högvattenskydd är ännu inte fastställt av Göteborgs Stad, se kapitel 9. Med anledning av översvämningsrisken kan inte marknivån tillåtas sjunka under de fasställda marknivåerna. Översvämningsrisk för eventuella källarutrymmen under skyddsnivåer bör beaktas vid planering av hur källarutrymmen kan nyttjas.

Flödeskapaciteten för de befintliga trummorna vid Kvillebäckskanalens utlopp har inte bedömts i föreliggande utredning (trummorna ligger strax utanför detaljplanens gräns). Utöver vad som besiktigats och bedömts i bilaga 10 (Utlåtande avseende kajer inom Frihamnen) rekommenderas ändå att flödeskapaciteten samt sättningsstatusen kontrolleras.

11.6 Kontrollprogram kompensationsåtgärder och övervakning

Ett kontrollprogram krävs för att optimera och minimera skadliga deformationer inom detaljplanens område. Kontrollprogrammet bör beakta planerade utbyggnadsönskemål och föreslå lämpligast möjliga utbyggnadsordning, beskriva omfattning av mätpunkter och typ av mätmetodik, mätintervall för mätpunkter, tydligt redovisa olika parters ansvar i de olika byggskedena. Speciellt behöver deformationen mot djupet beaktas med förväntad pålslagning i kombination med undervattensslänter (horisontella deformationer kan förväntas och bör minimeras). Proppdragning i leran bedöms nödvändig vid byggnation och grundläggning inom detaljplanens område.

Översiktligt bedöms att kontrollprogrammet skall omfatta följande mätningar:

- Mätning av vertikaldeformation med dubbar på hårdgjorda markytor för att fastställa var sättningar kan vara pågående.
- Mätning av vertikaldeformation med markpegel (för ej hårdgjord mark) för att fastställa var sättningar kan vara pågående.
- Mätning av vertikaldeformation (bälgslagsmätning) för fastställande av var i jordprofilen eventuella sättningar uppstår/sker.
- Mätning av horisontaldeformation med dubbar på hårdgjorda markytor och prismor/reflextejp på sponter och kajkonstruktioner.
- Mätning av horisontaldeformation med inklinometer för övervakning av horisontella deformationer i jordprofilen.

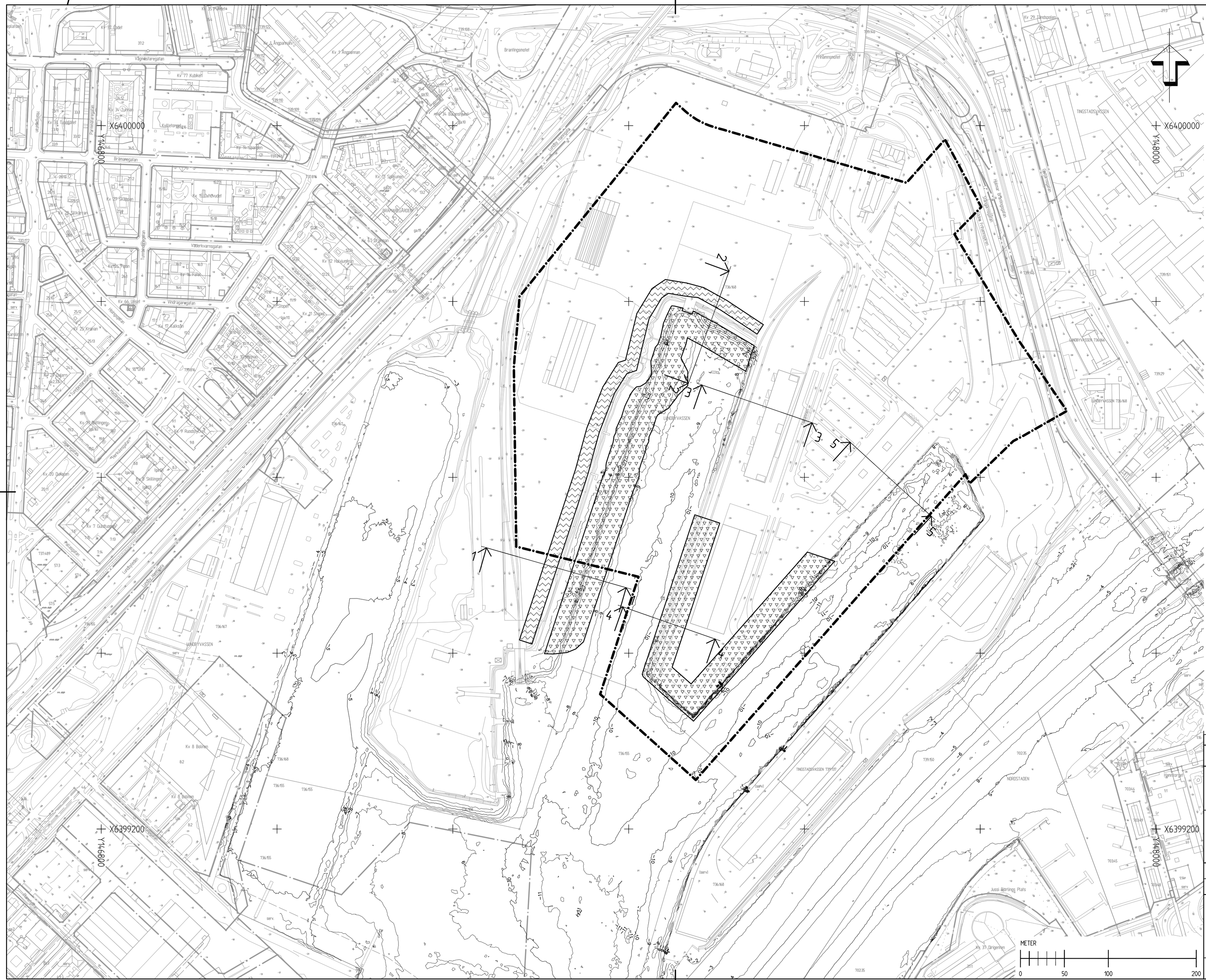
Norconsult AB
Väg och Bana
Geoteknik

Joakim Wallgren
joakim.wallgren@norconsult.com

Daniel Svärd
daniel.svard@norconsult.com

n:\104\05\10405351\5 arbetsmaterial\01 dokumentg\pm\pm, detaljplan etapp 1\pm_etapp 1.docx

Norconsult AB
Theres Svensson gata 11
Box 8774, 402 76 Göteborg
031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10
www.norconsult.se



ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

3 3 BERÄKNINGSSEKTIONER

LÄTTFYLLNING

TRYCKBANK

DELOMRÅDESGRÄNS, ETAPP 1

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM

ALVSTRANDEN UTVECKLING

Norconsult

Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg
Tfn 031-50 70 00
www.norconsult.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLAGGARE
1040535	T BACKMAN	D SVÄRD
DATUM	ANSVARIG	
2015-09-23	BERNHARD G ECKEL	

FRIHAMNEN, ETAPP 1

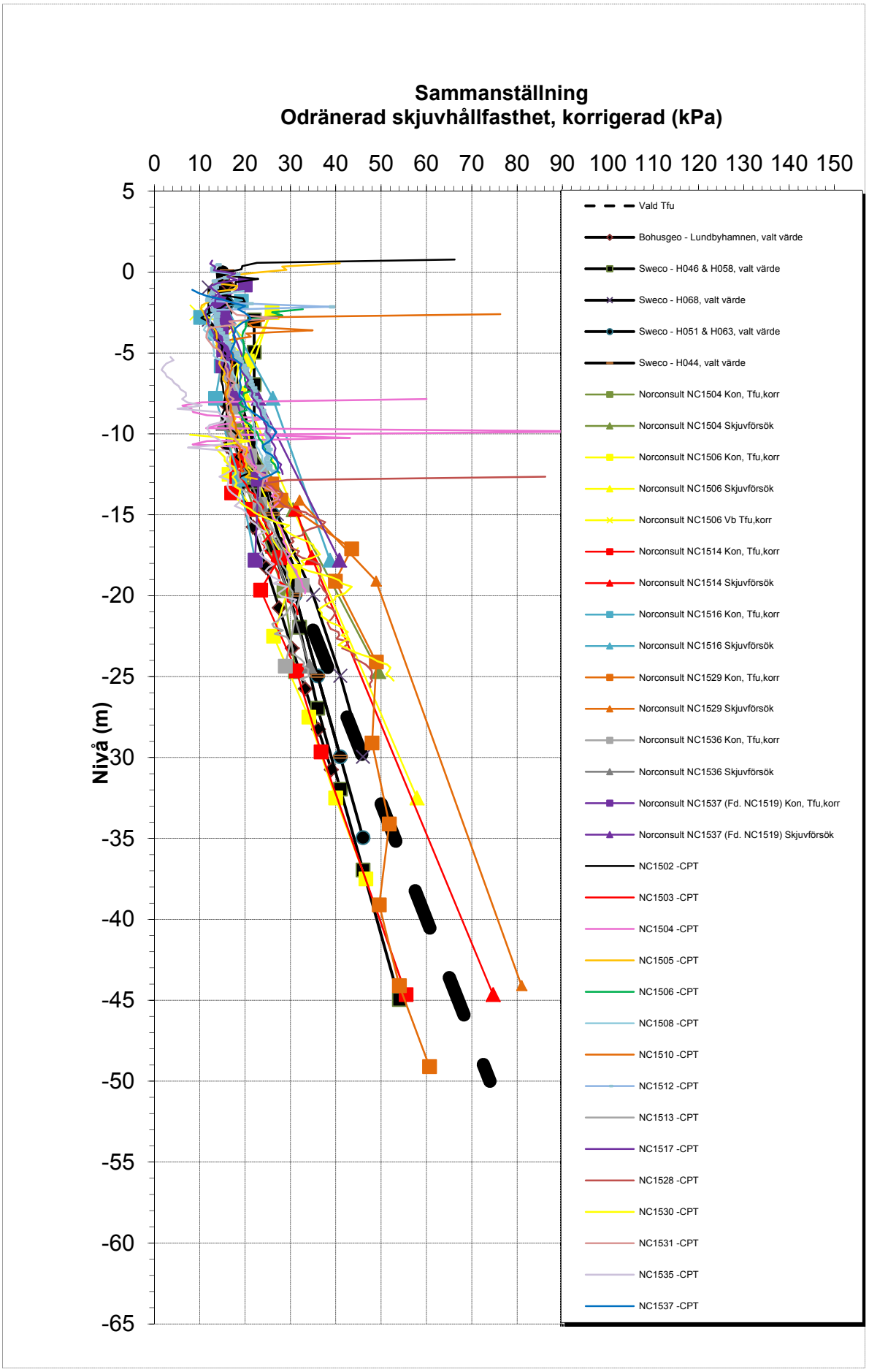
GÖTEBORG
DETALJPLAN
FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER

PLANFÖRSLAG

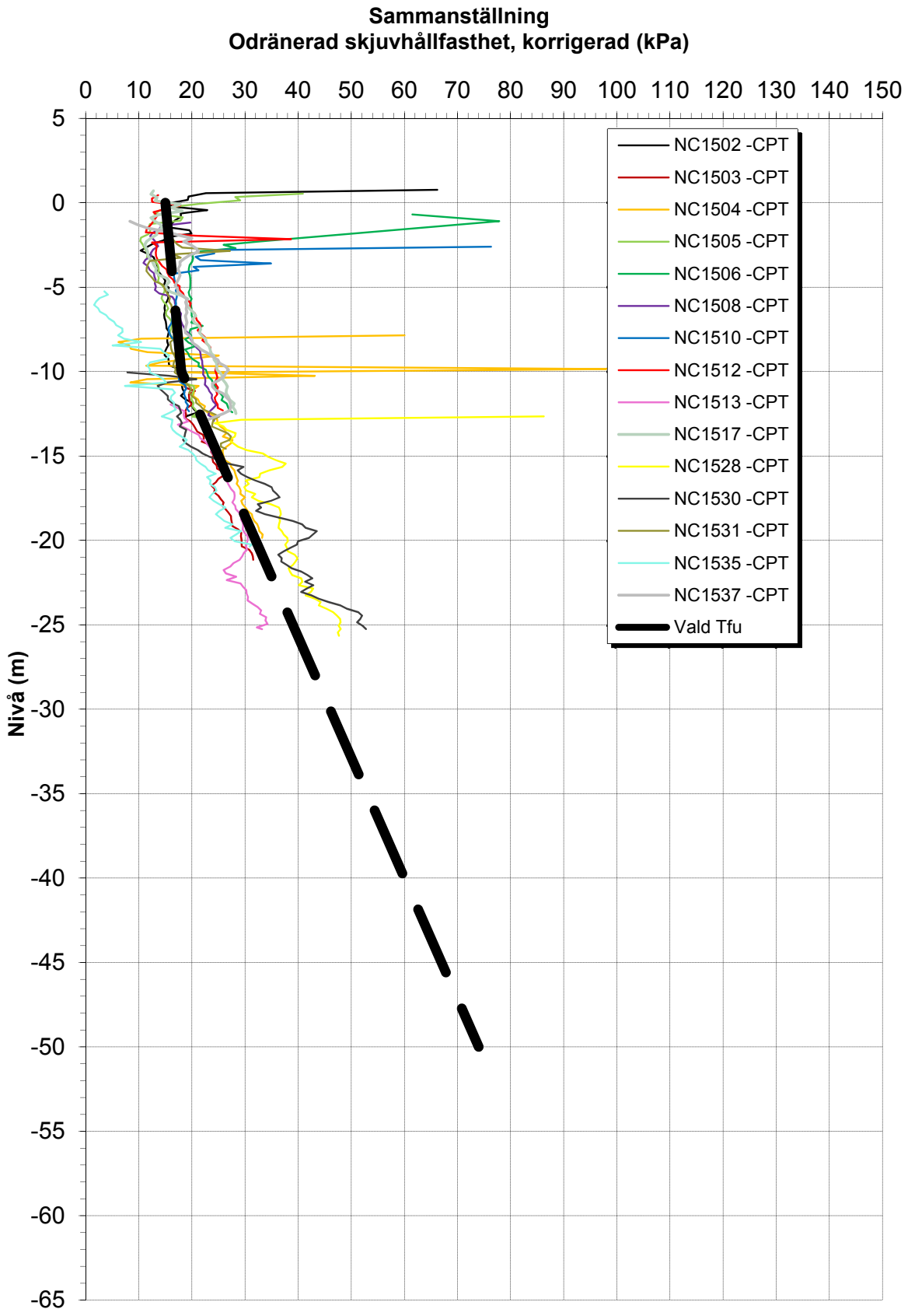
SKALA	NUMMER	BET
1:2000 (A1) 1:4000 (A3)	G 601	

Ritning: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\02 Cad\G\Ritder\G601.dwg Plottad: 2015-9-29 08:49

Norconsult


Sammanställning
Odränerad skjuvhållfasthet, korrigerad (kPa)
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
5 0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -40 -45 -50 -55 -60 -65
Nivå (m)
Vald Tfu
Bohusgeo - Lundbyhamnen, valt värde
Sweco - H046 & H058, valt värde
Sweco - H068, valt värde
Sweco - H051 & H063, valt värde
Sweco - H044, valt värde
Norconsult NC1504 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1504 Skjuvförsök
Norconsult NC1506 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1506 Skjuvförsök
Norconsult NC1506 Vb Tfu,korr
Norconsult NC1514 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1514 Skjuvförsök
Norconsult NC1516 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1516 Skjuvförsök
Norconsult NC1529 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1529 Skjuvförsök
Norconsult NC1536 Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1536 Skjuvförsök
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Kon, Tfu,korr
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Skjuvförsök
NC1502 -CPT
NC1503 -CPT
NC1504 -CPT
NC1505 -CPT
NC1506 -CPT
NC1508 -CPT
NC1510 -CPT
NC1512 -CPT
NC1513 -CPT
NC1517 -CPT
NC1528 -CPT
NC1530 -CPT
NC1531 -CPT
NC1535 -CPT
NC1537 -CPT

Norconsult


Sammanställning
Odränerad skjuvhållfasthet, korrigerad (kPa)
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
5 0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -40 -45 -50 -55 -60 -65
Nivå (m)
NC1502 -CPT
NC1503 -CPT
NC1504 -CPT
NC1505 -CPT
NC1506 -CPT
NC1508 -CPT
NC1510 -CPT
NC1512 -CPT
NC1513 -CPT
NC1517 -CPT
NC1528 -CPT
NC1530 -CPT
NC1531 -CPT
NC1535 -CPT
NC1537 -CPT
Vald Tfu

BILAGA 2

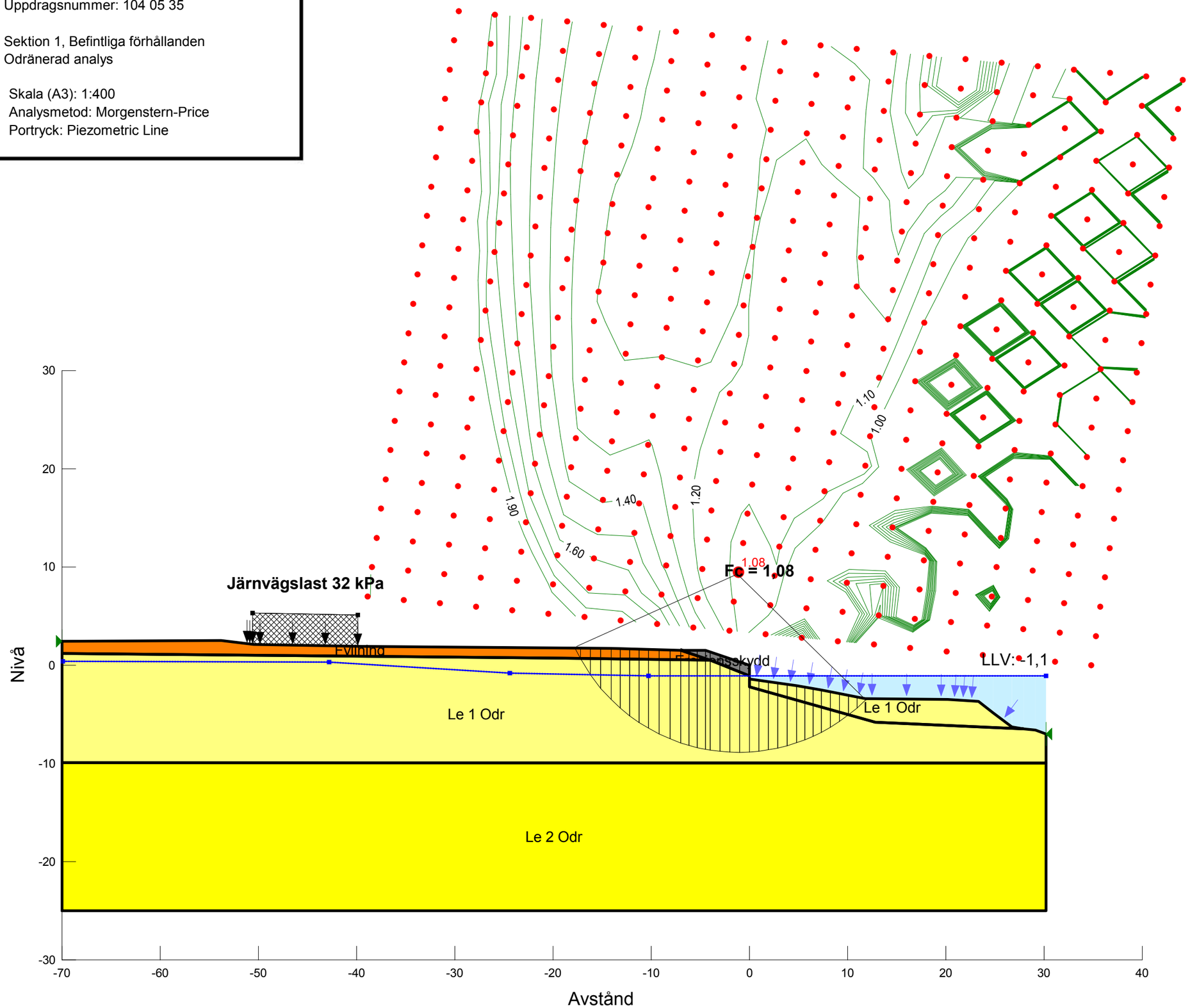
PLANUNDERLAG
KLIMATANPASSNINGSSTRATEGI

GÖTEBORGS
STADSBYGGNADSKONTOR
2015-06-16

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

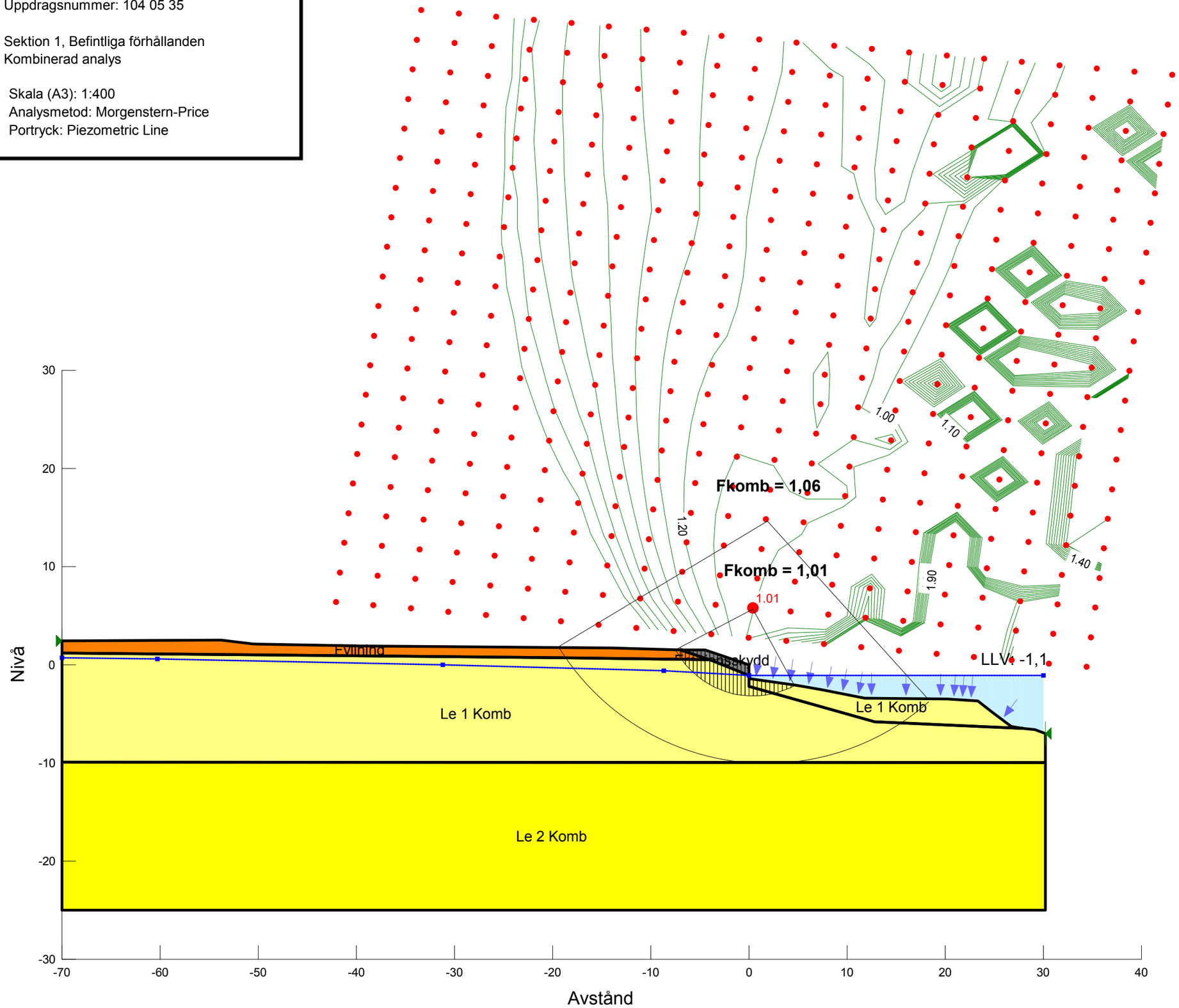
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Presentation\
Datum: 2015-09-11 10:03:43
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

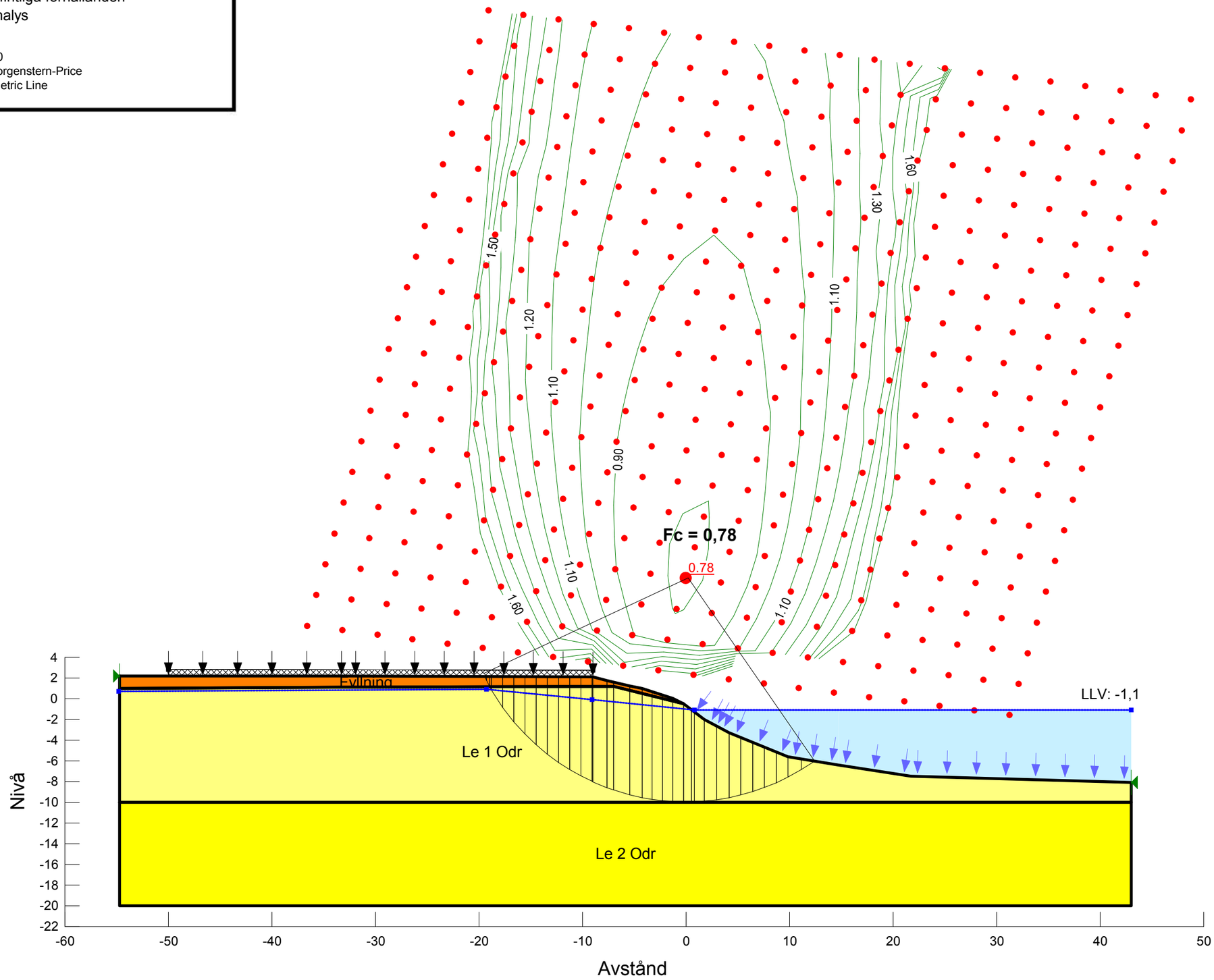
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Presentation\
Datum: 2015-09-11 10:03:43
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

Sektion 2, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

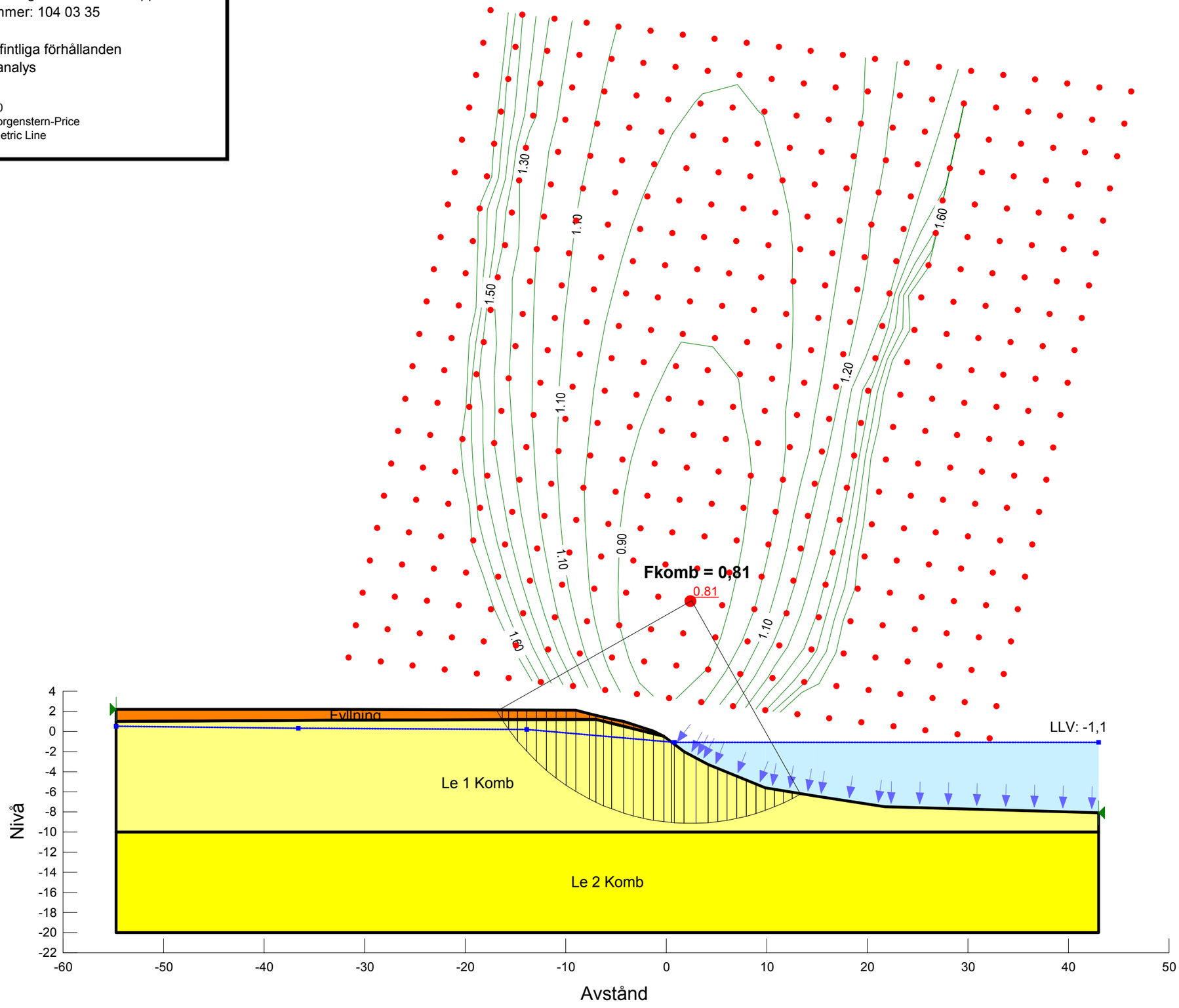
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Färdiga\
Datum: 2015-09-14 15:00:24
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

Sektion 2, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

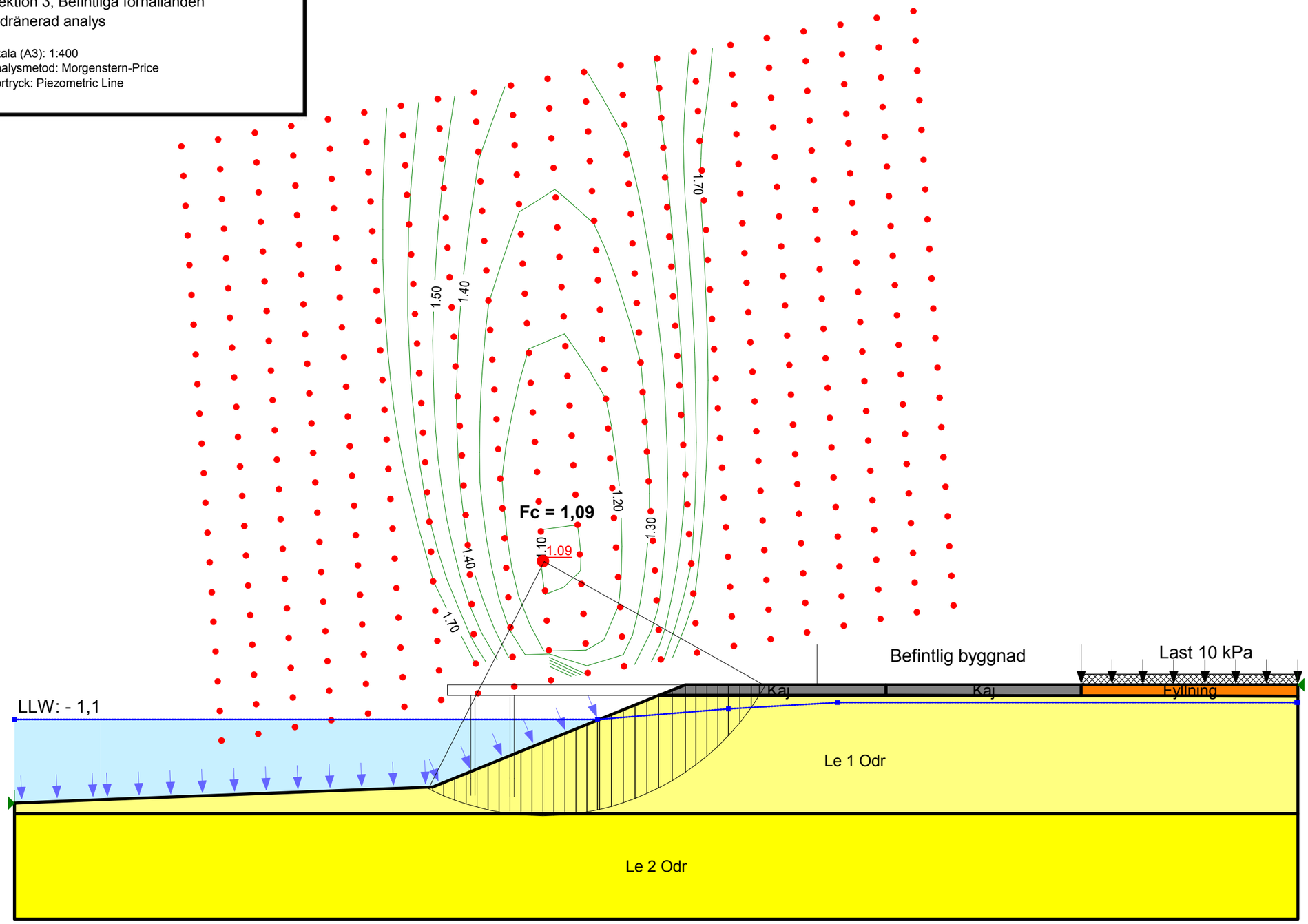
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Färdiga\
Datum: 2015-09-14 15:00:24
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

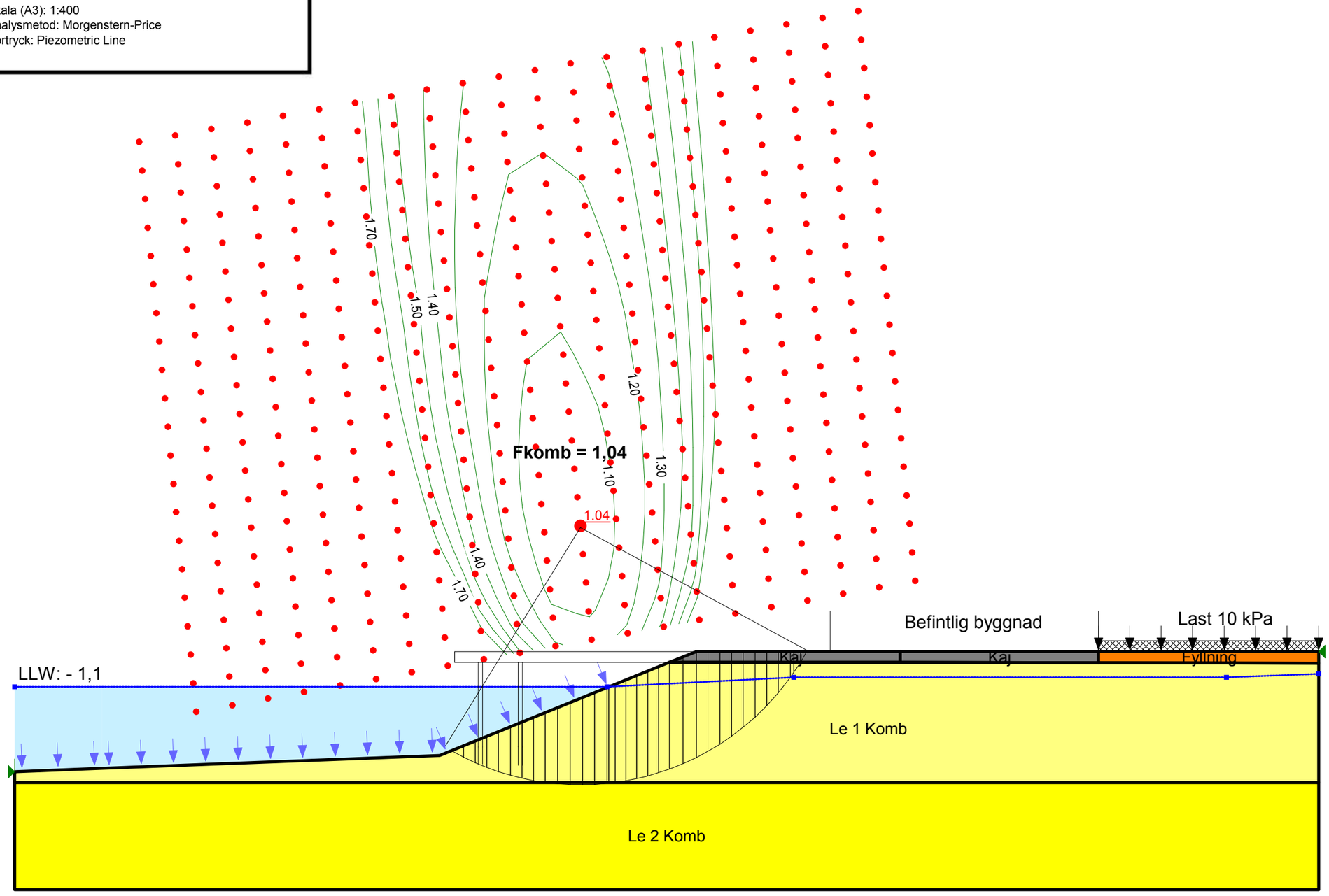
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 09:05:49
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

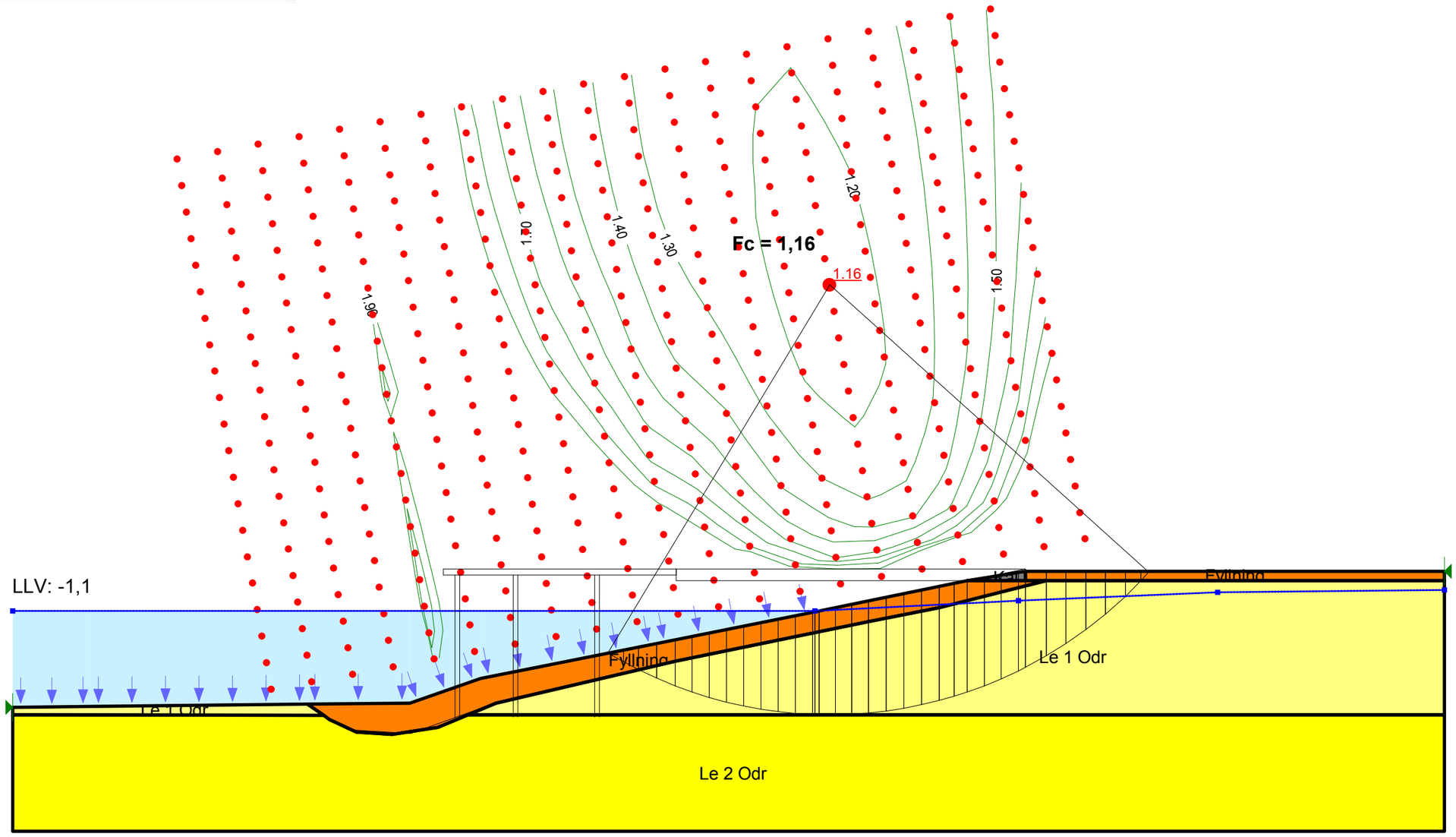
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 09:05:49
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

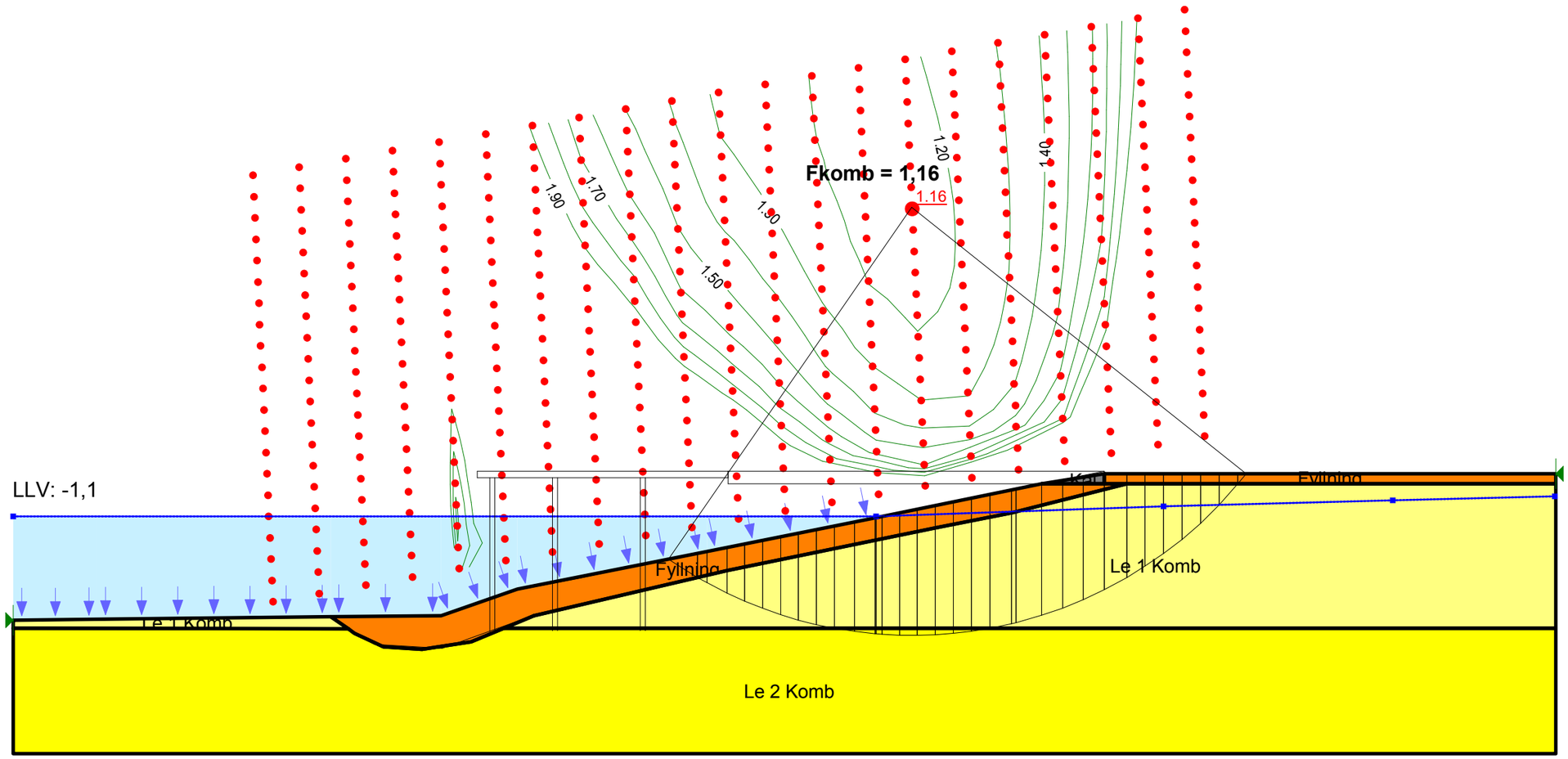
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-15 11:16:42
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

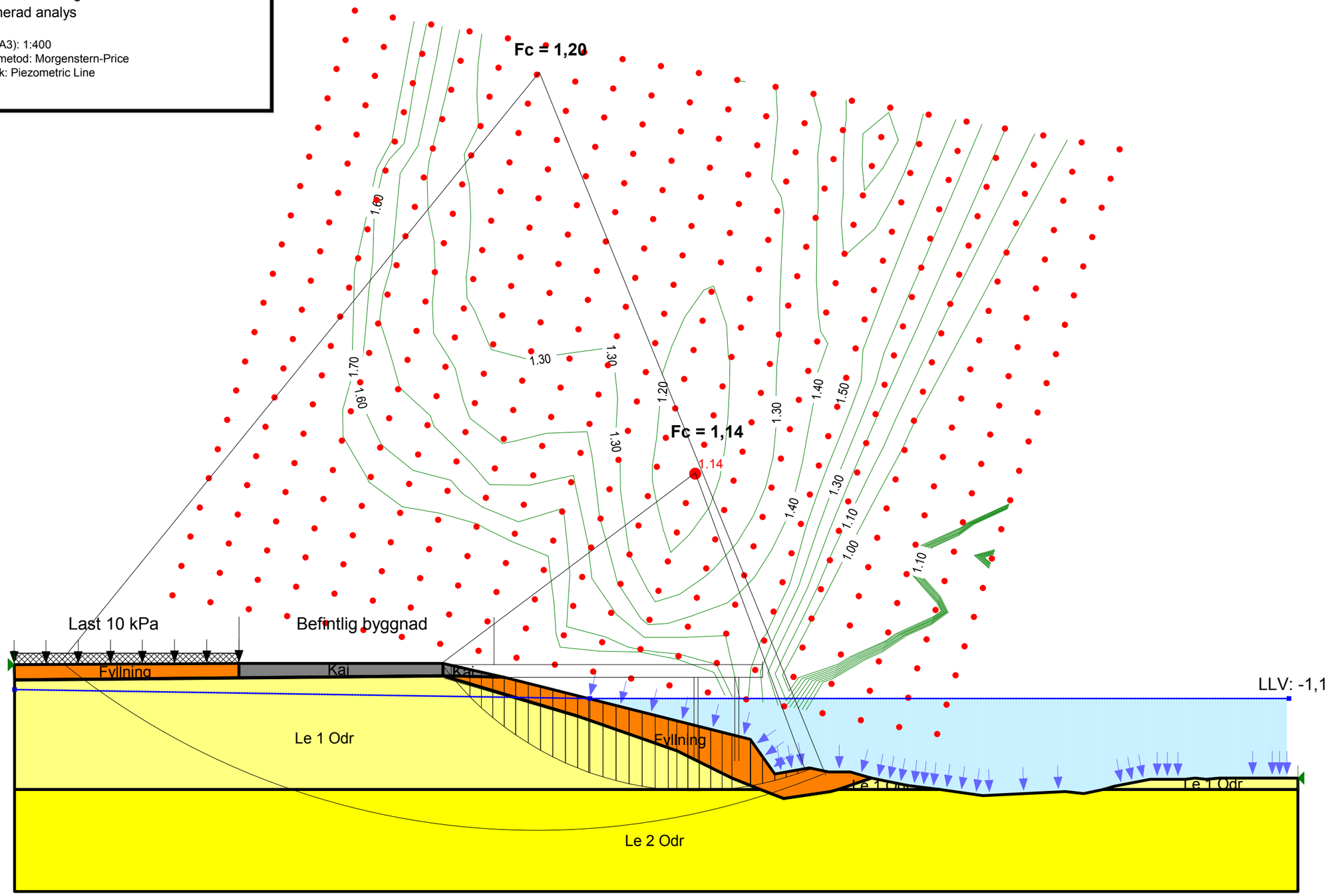
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-15 11:16:42
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

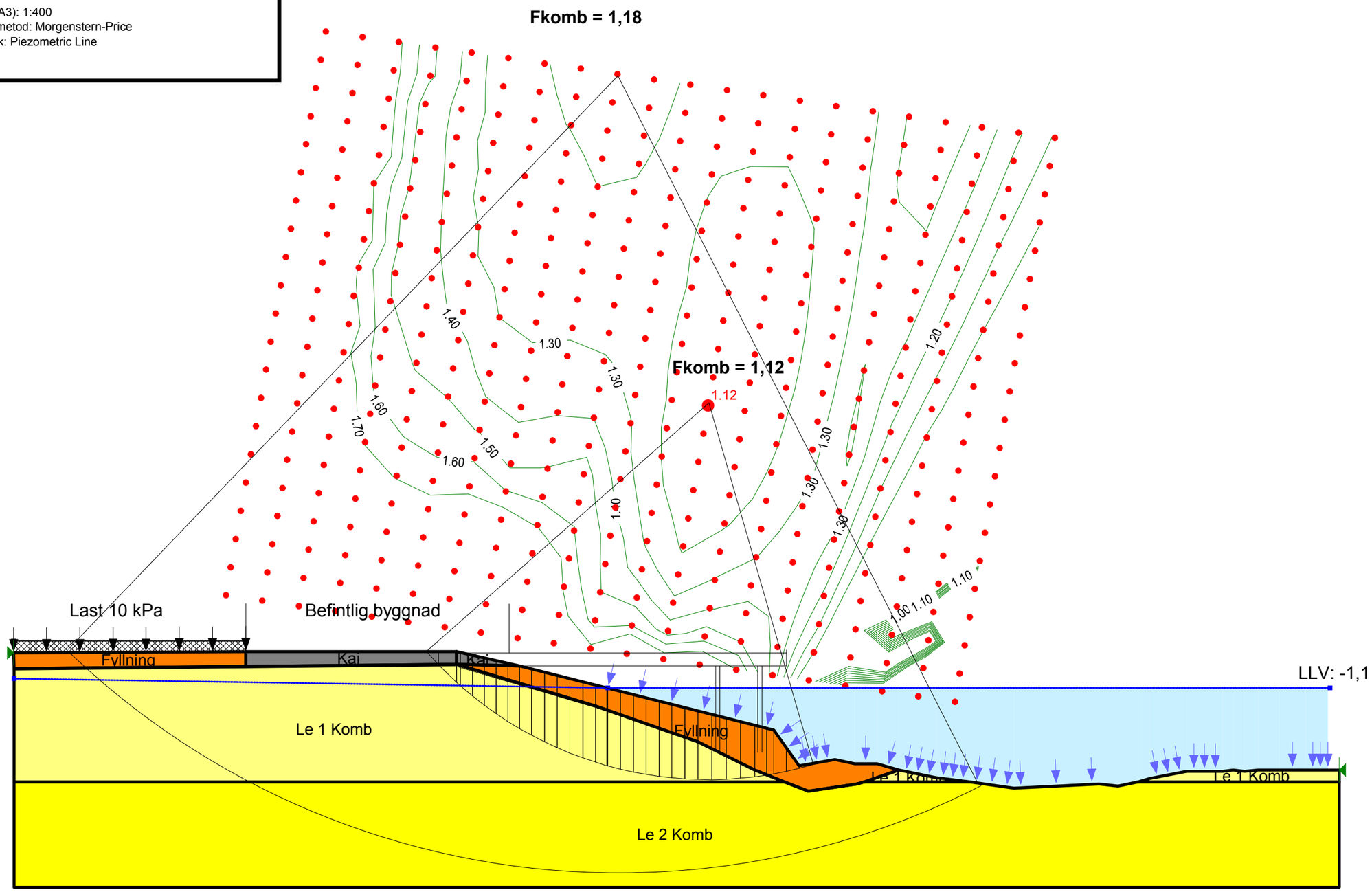
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 5\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 08:41:16
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

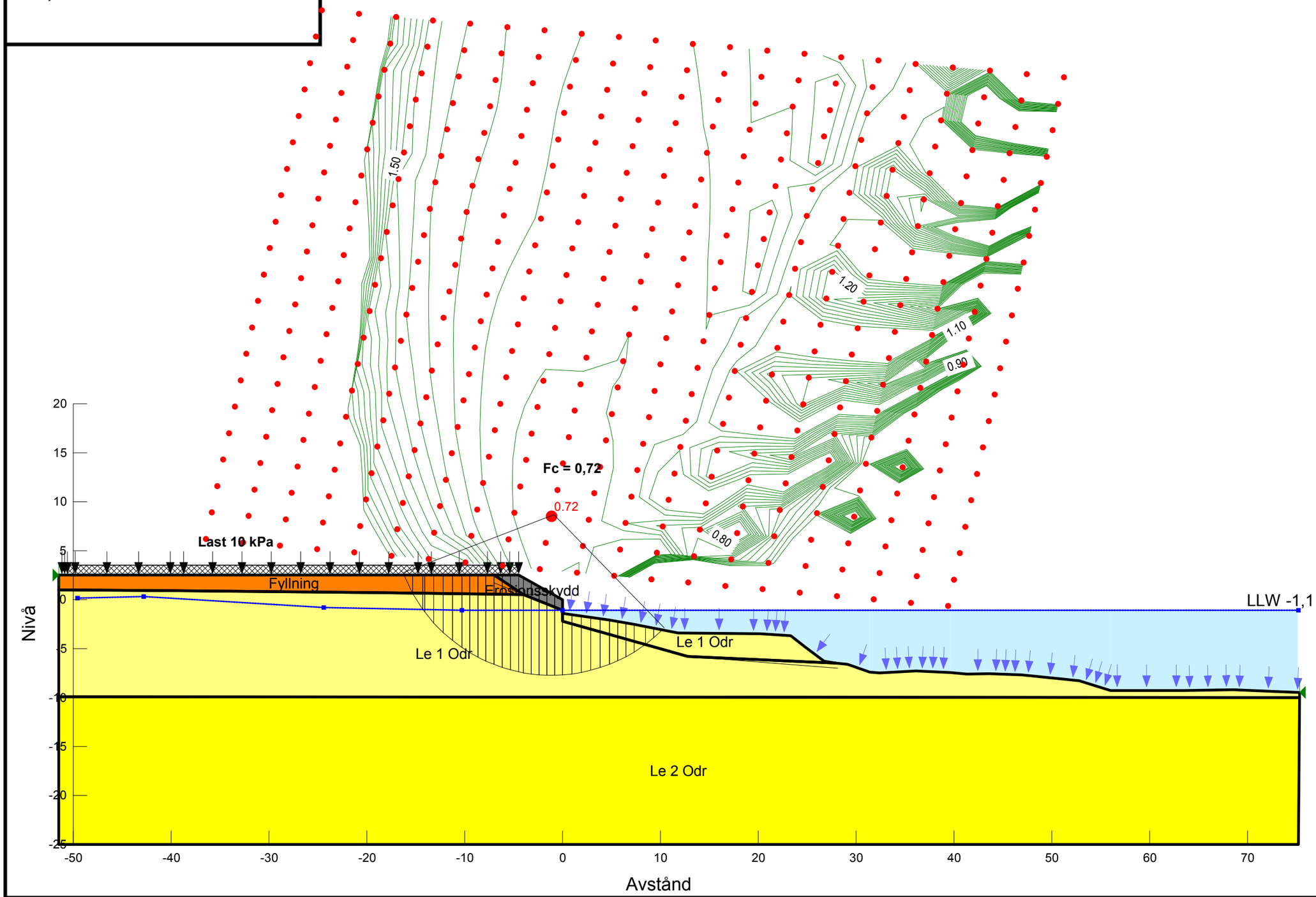
Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern - Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

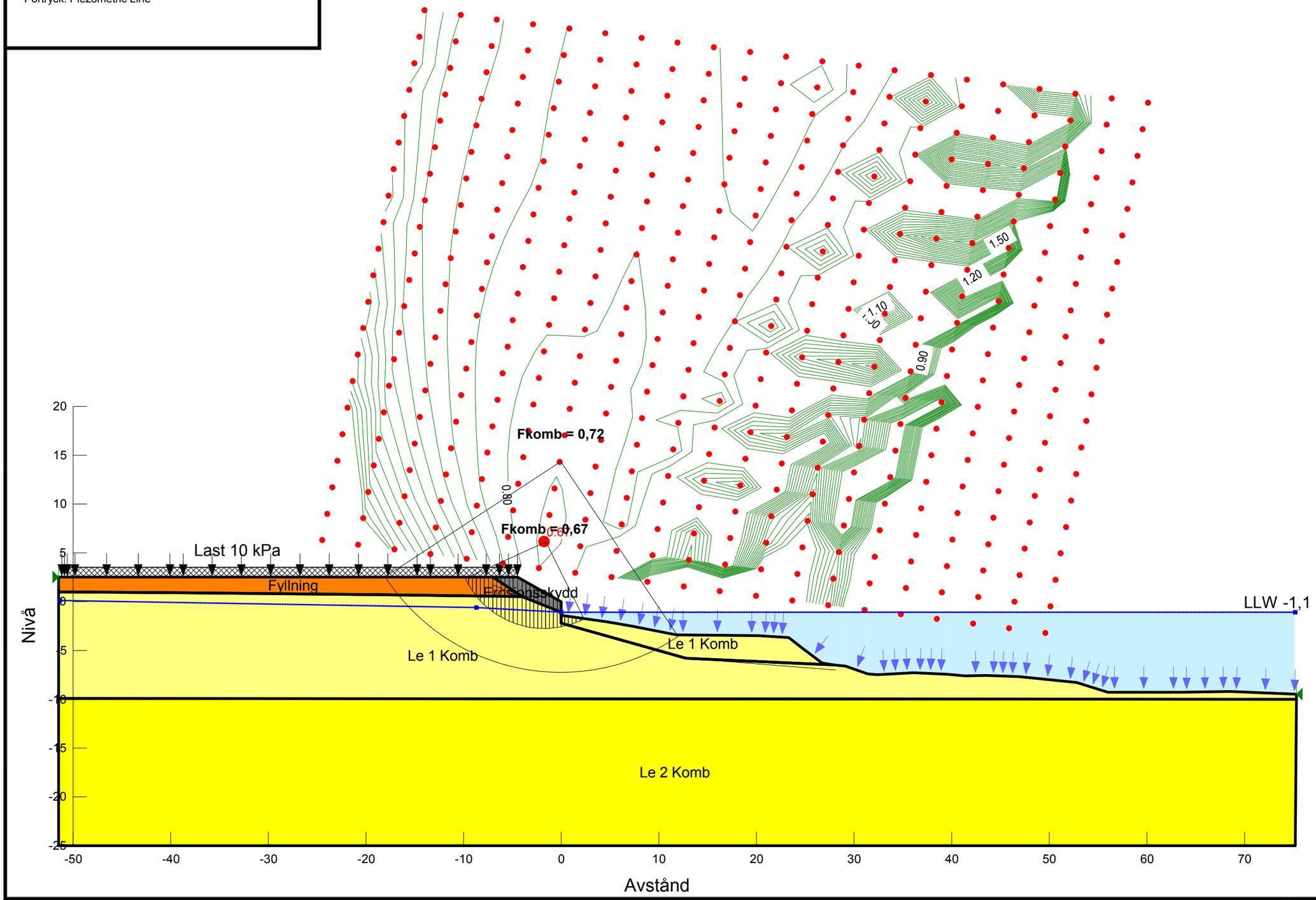
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Presentation\
Datum: 2015-09-14 13:59:59
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern - Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

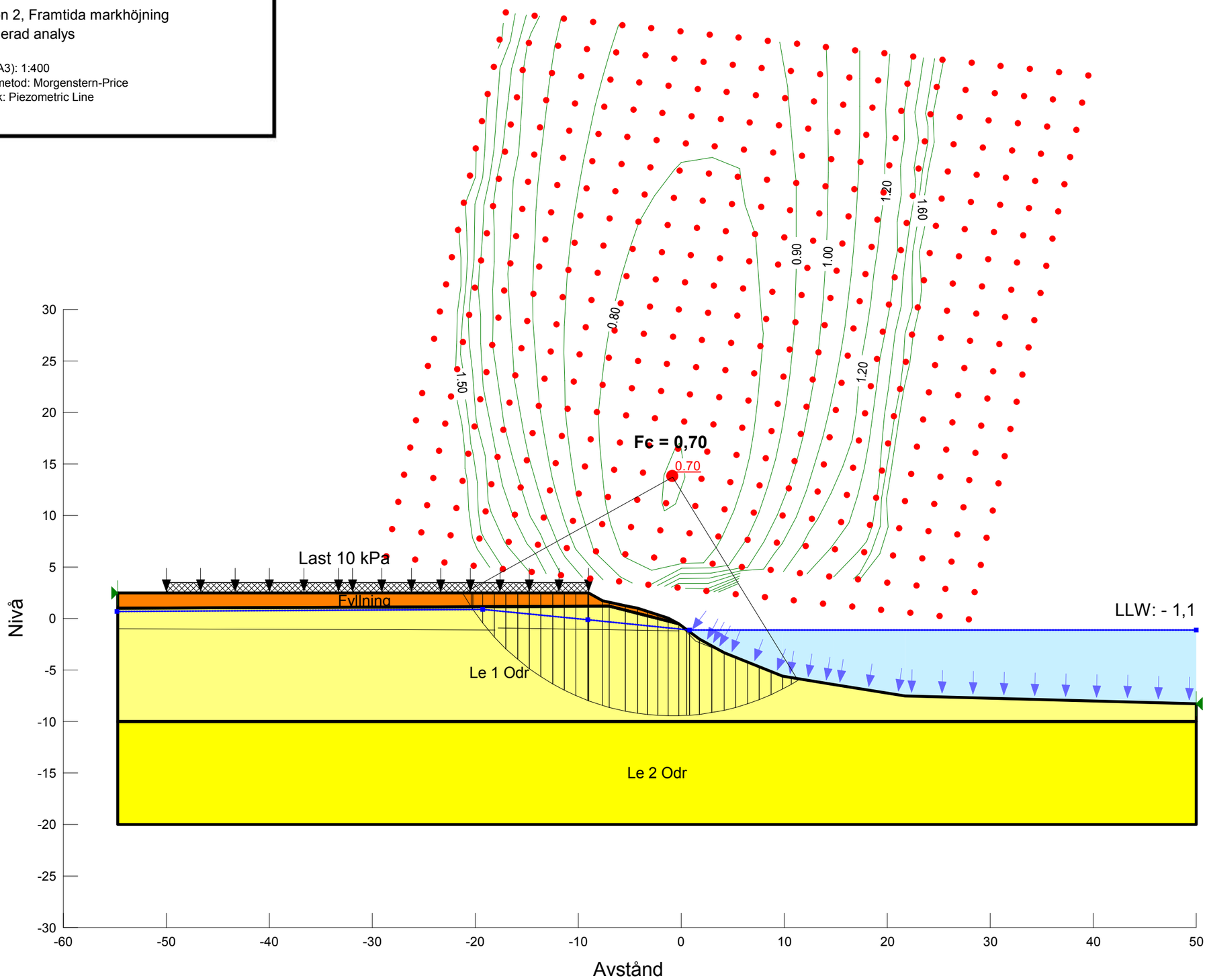
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Presentation\
Datum: 2015-09-14 14:29:46
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

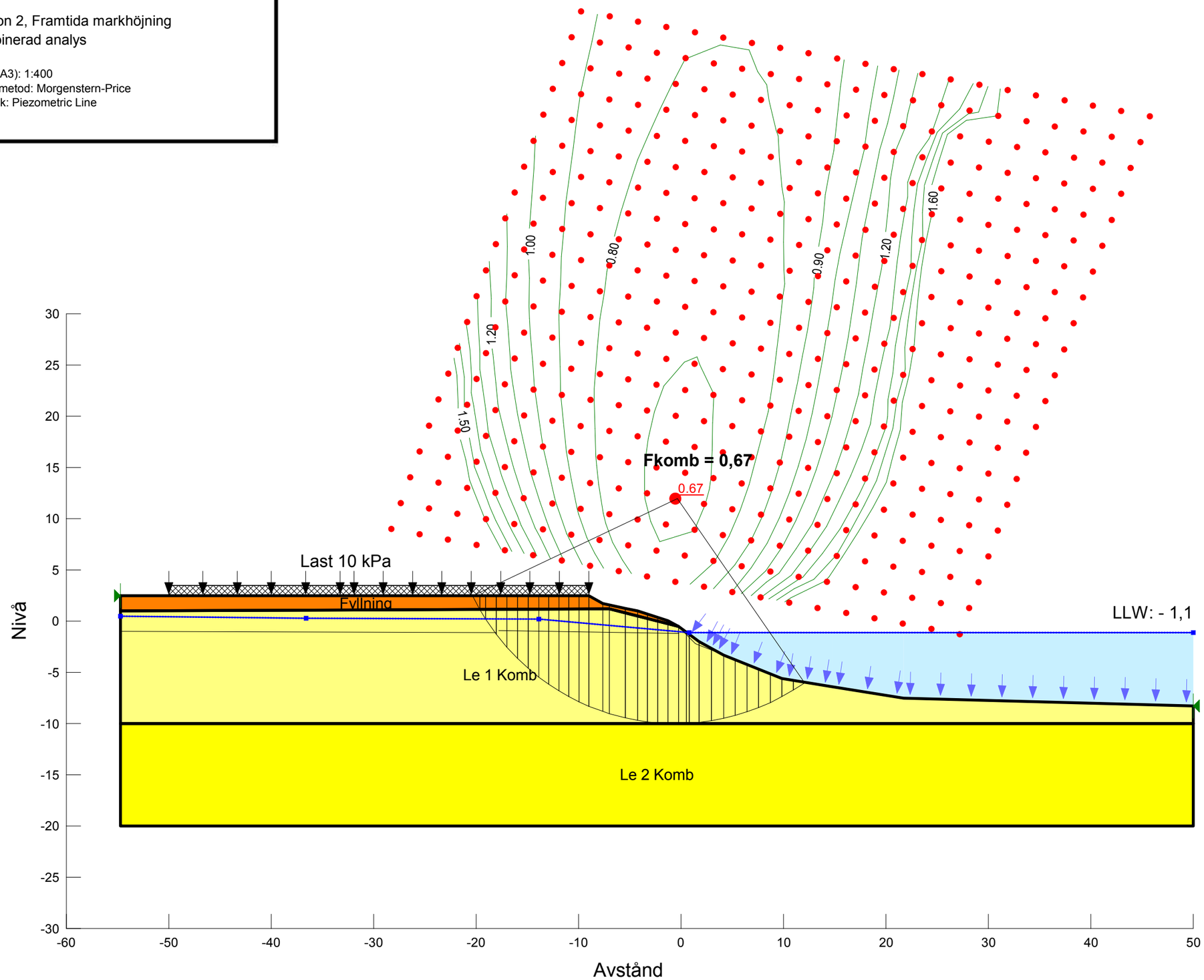
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Presentation\
Datum: 2015-09-14 15:19:32
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 03 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

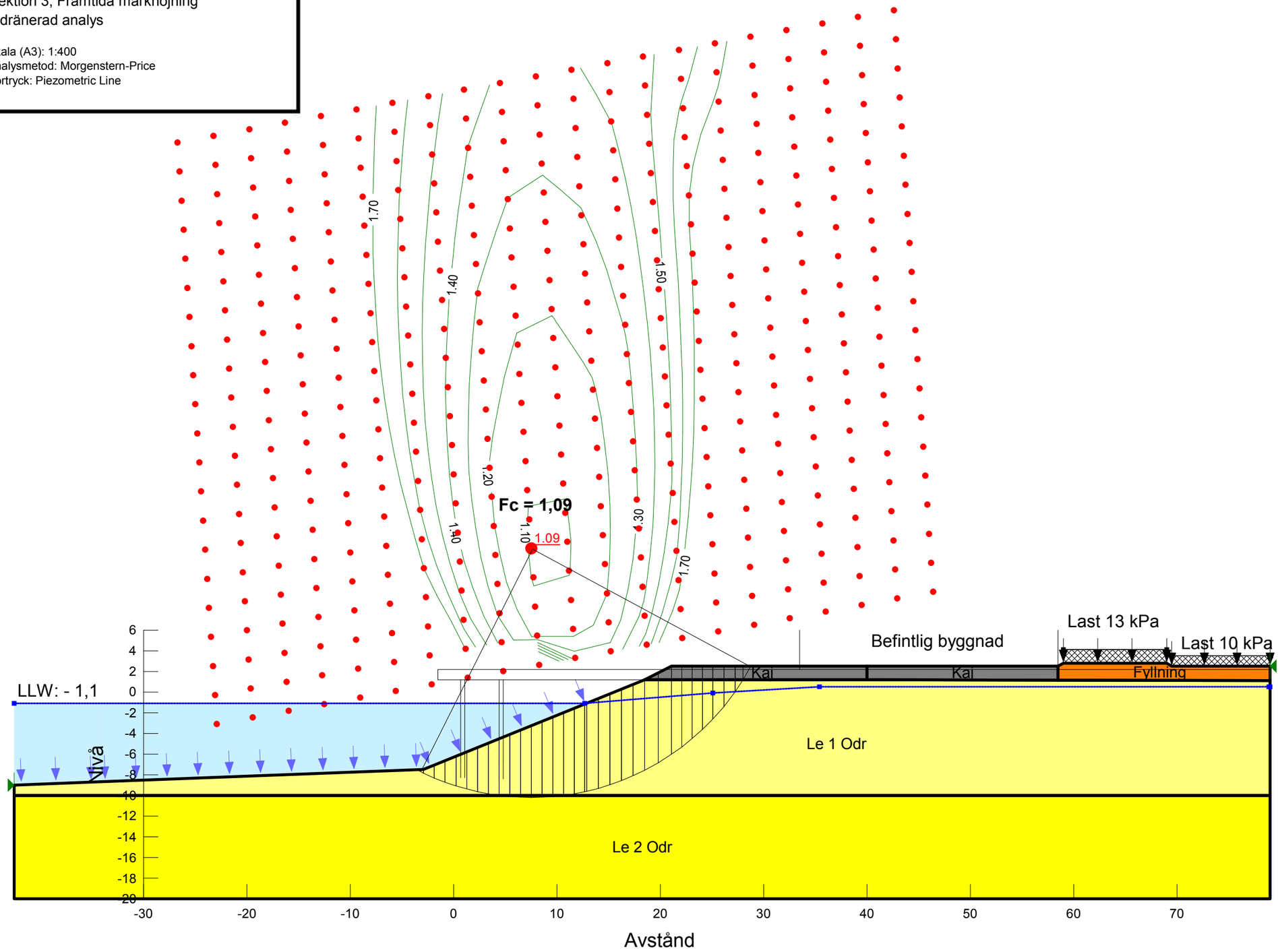
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Presentation\
Datum: 2015-09-14 15:19:32
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

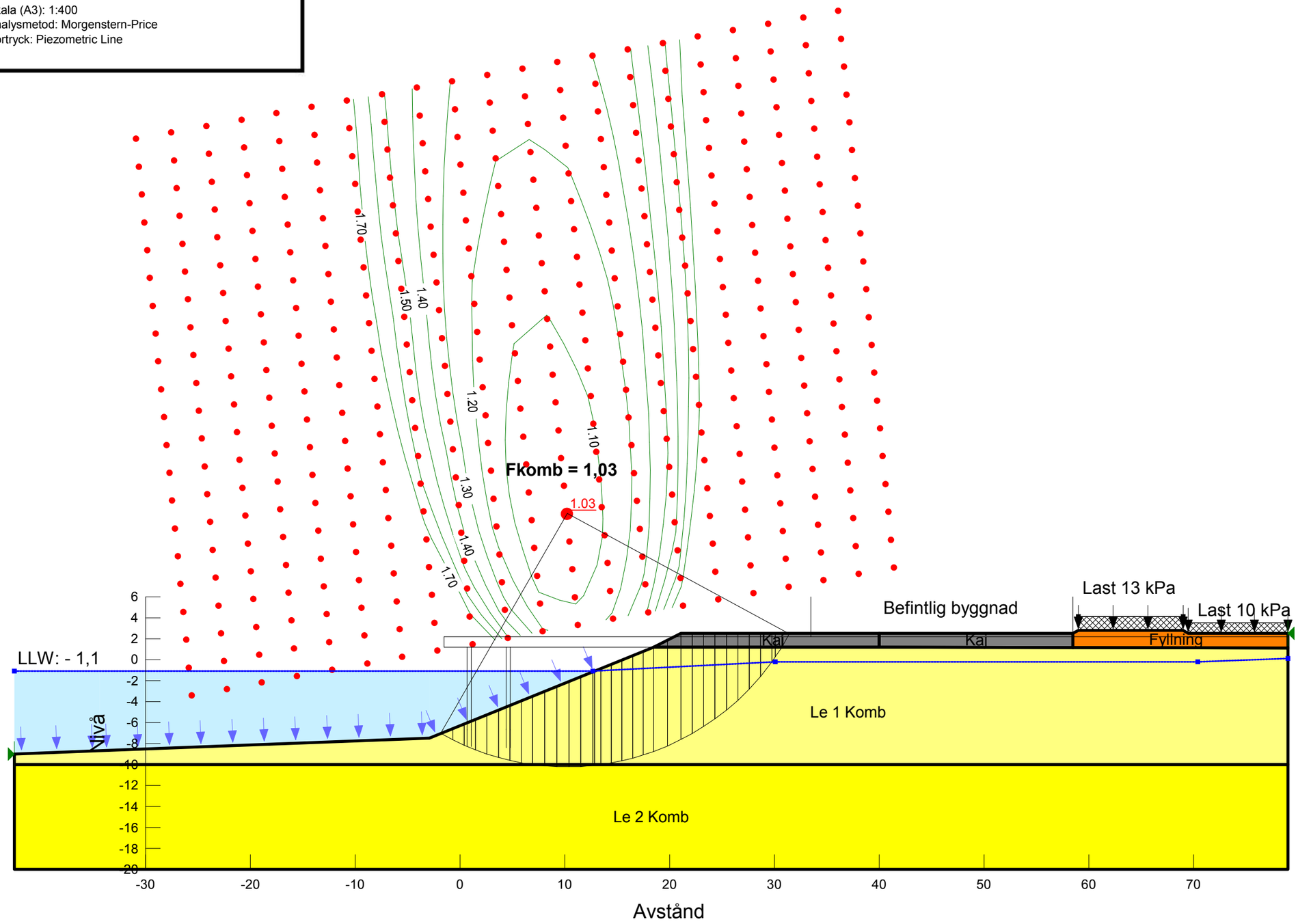
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 08:50:17
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

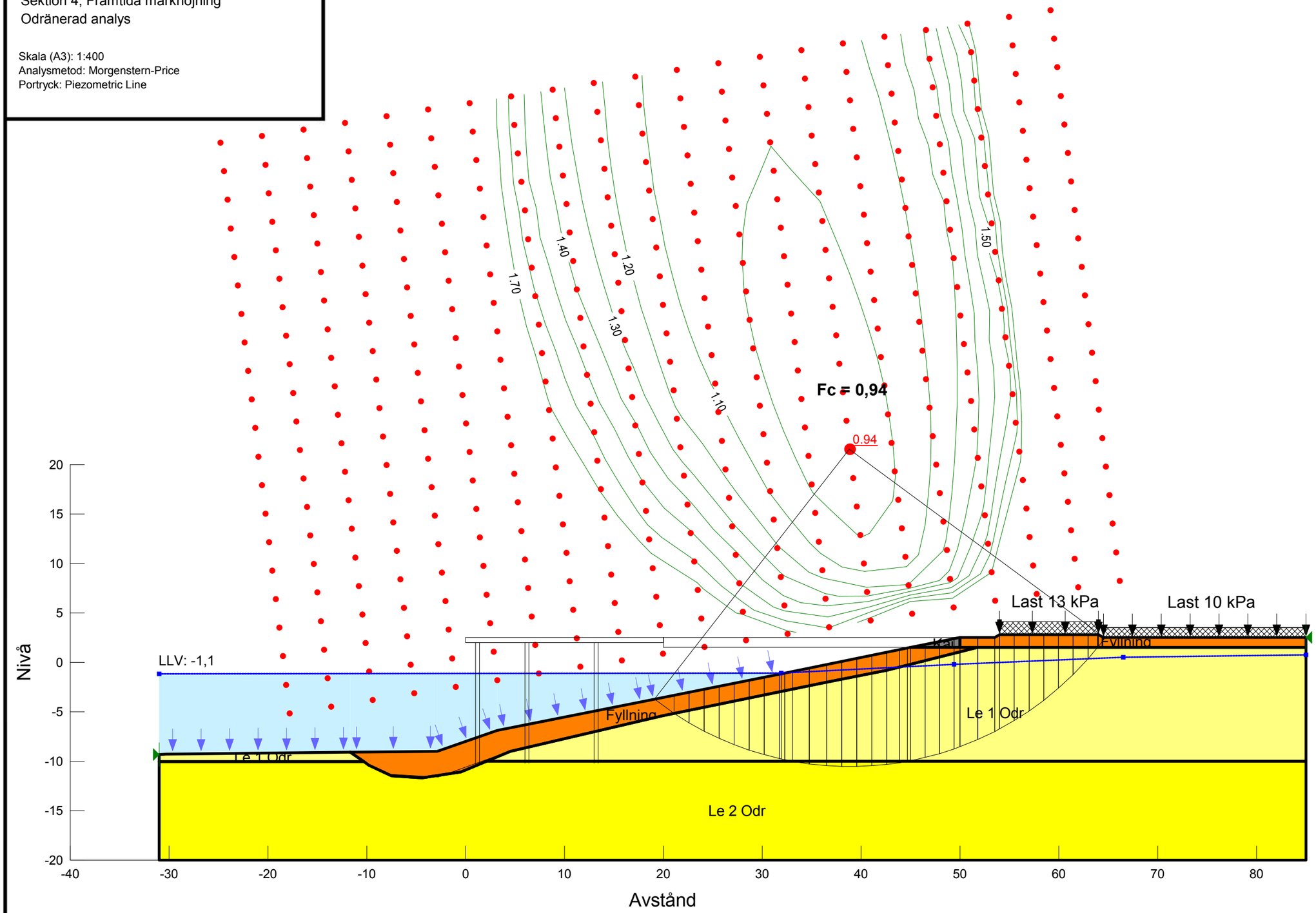
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 08:50:17
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

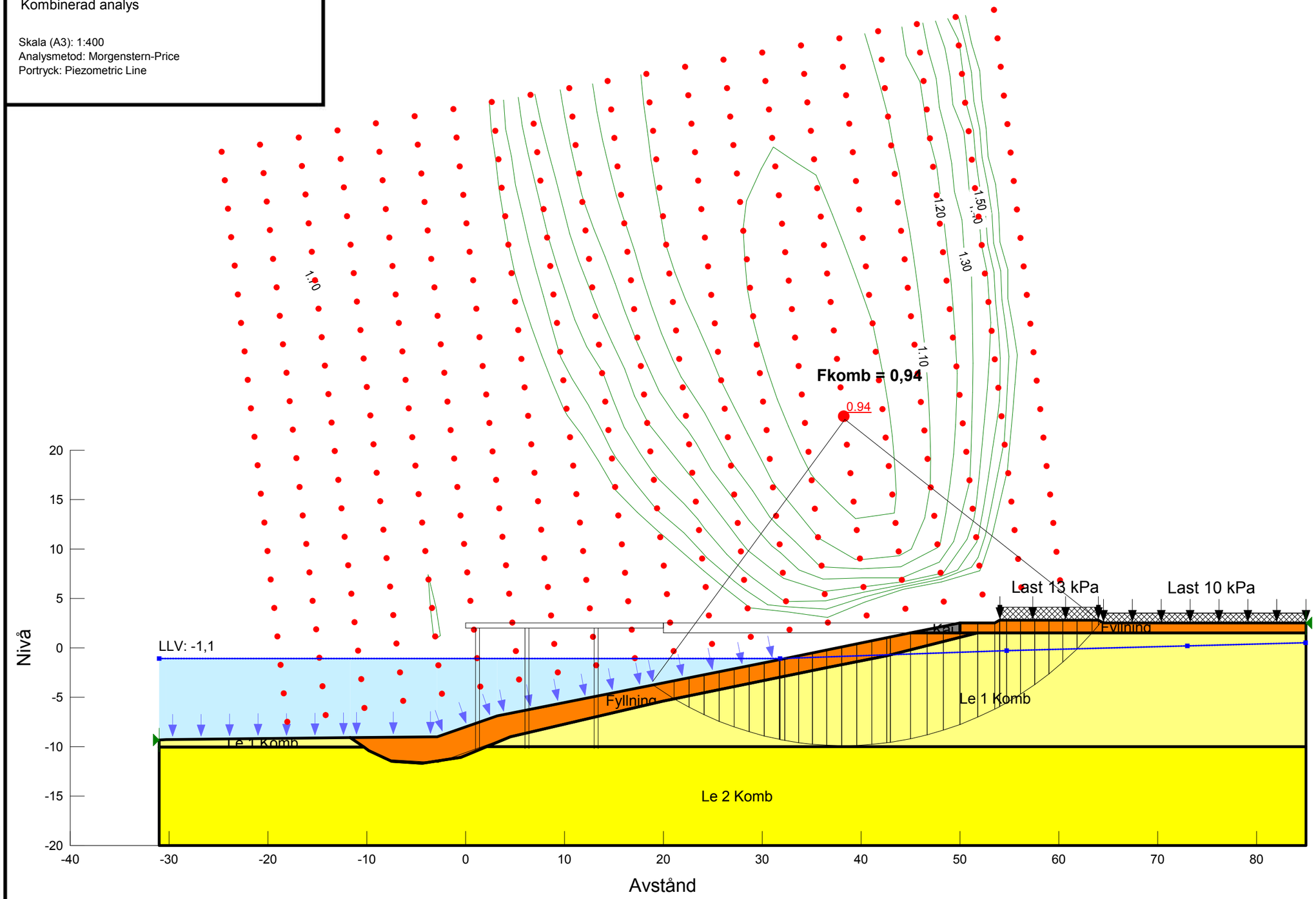
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 09:43:29
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

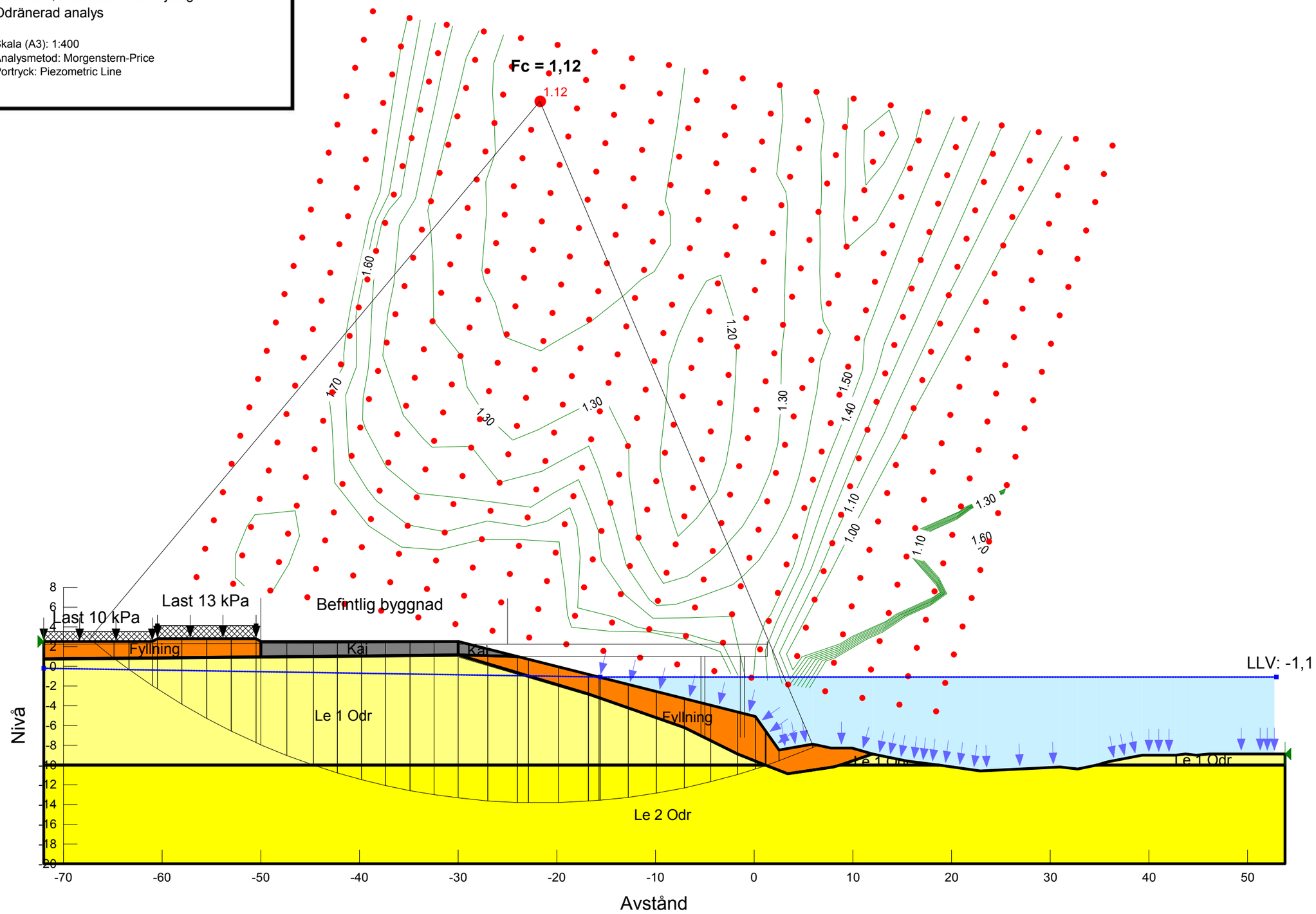
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 09:43:29
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Framtida markhöjning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

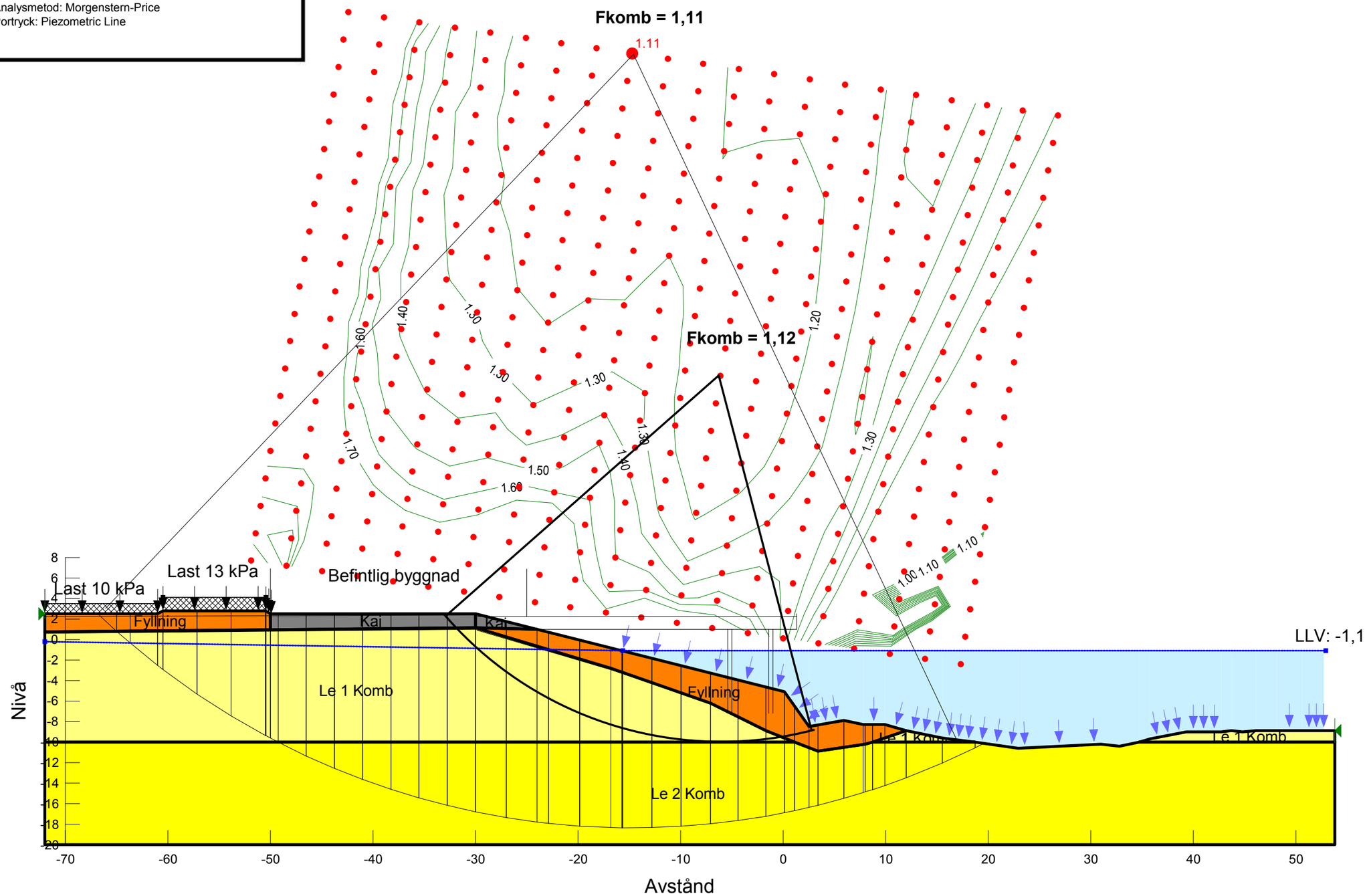
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 5\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 10:30:41
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 5, Framtida markhöjning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

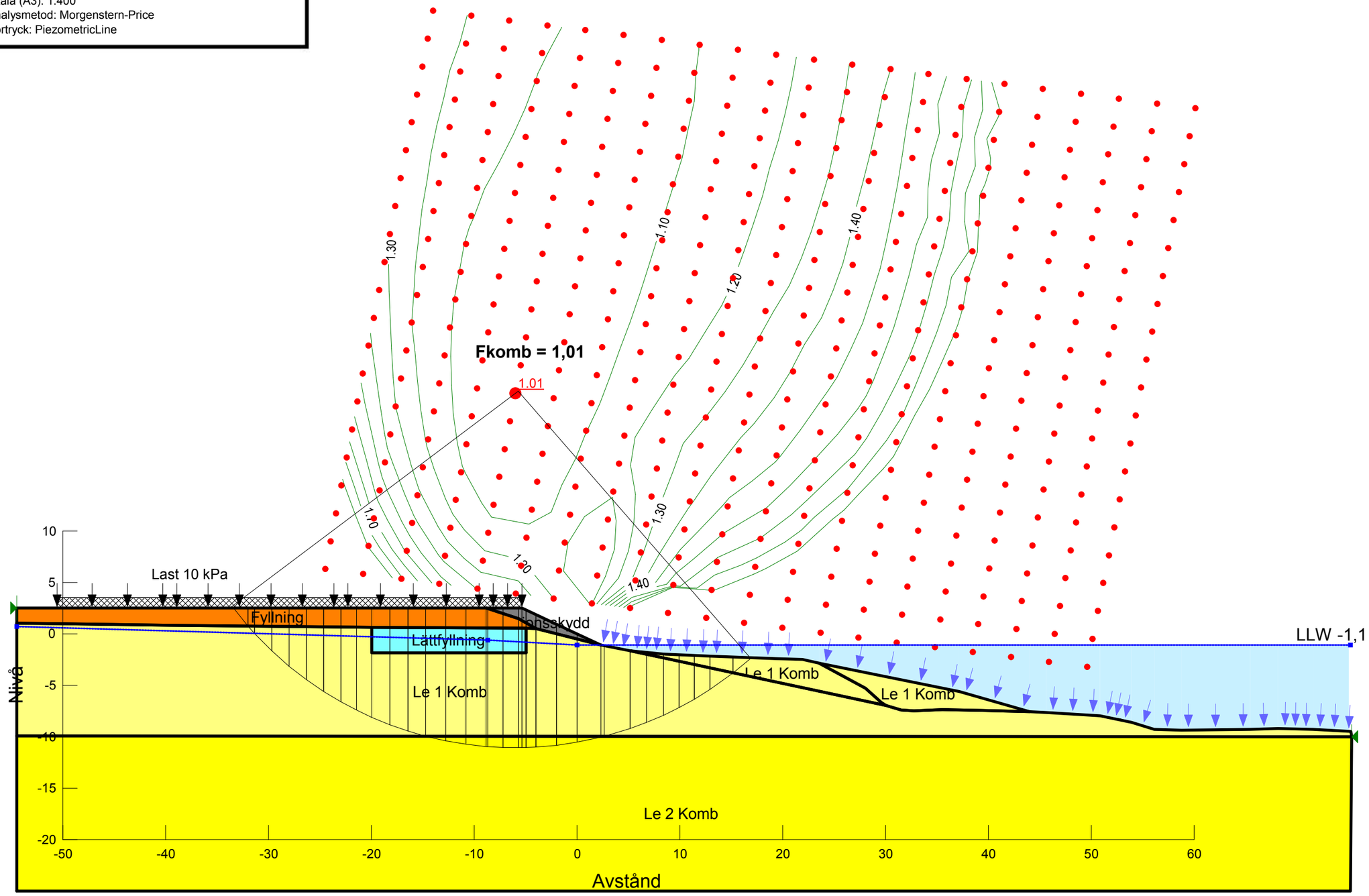
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 5\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 10:30:41
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: PiezometricLine



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

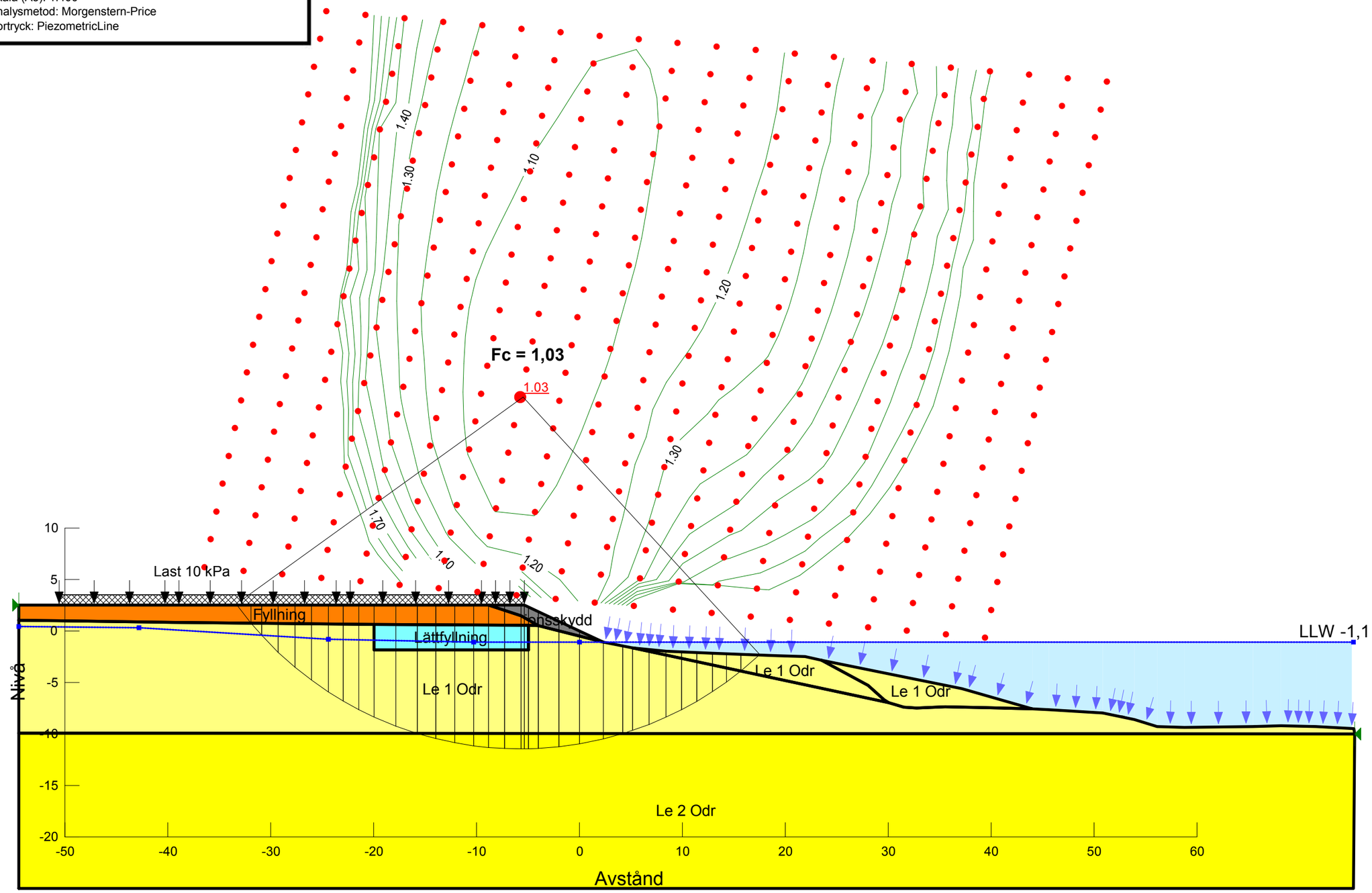
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 10:25:28
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 1, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: PiezometricLine



Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

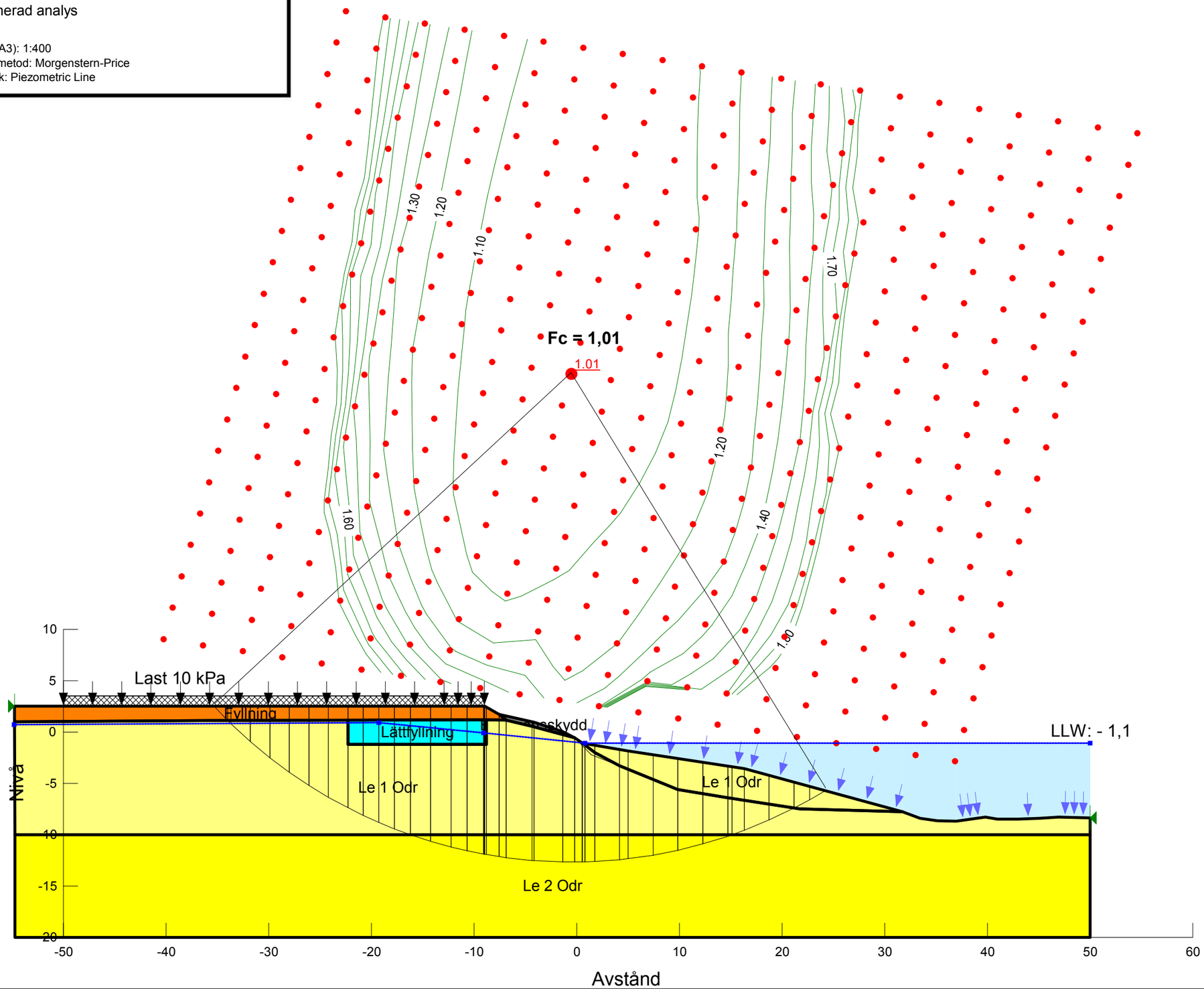
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 1\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 10:25:28
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erossionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

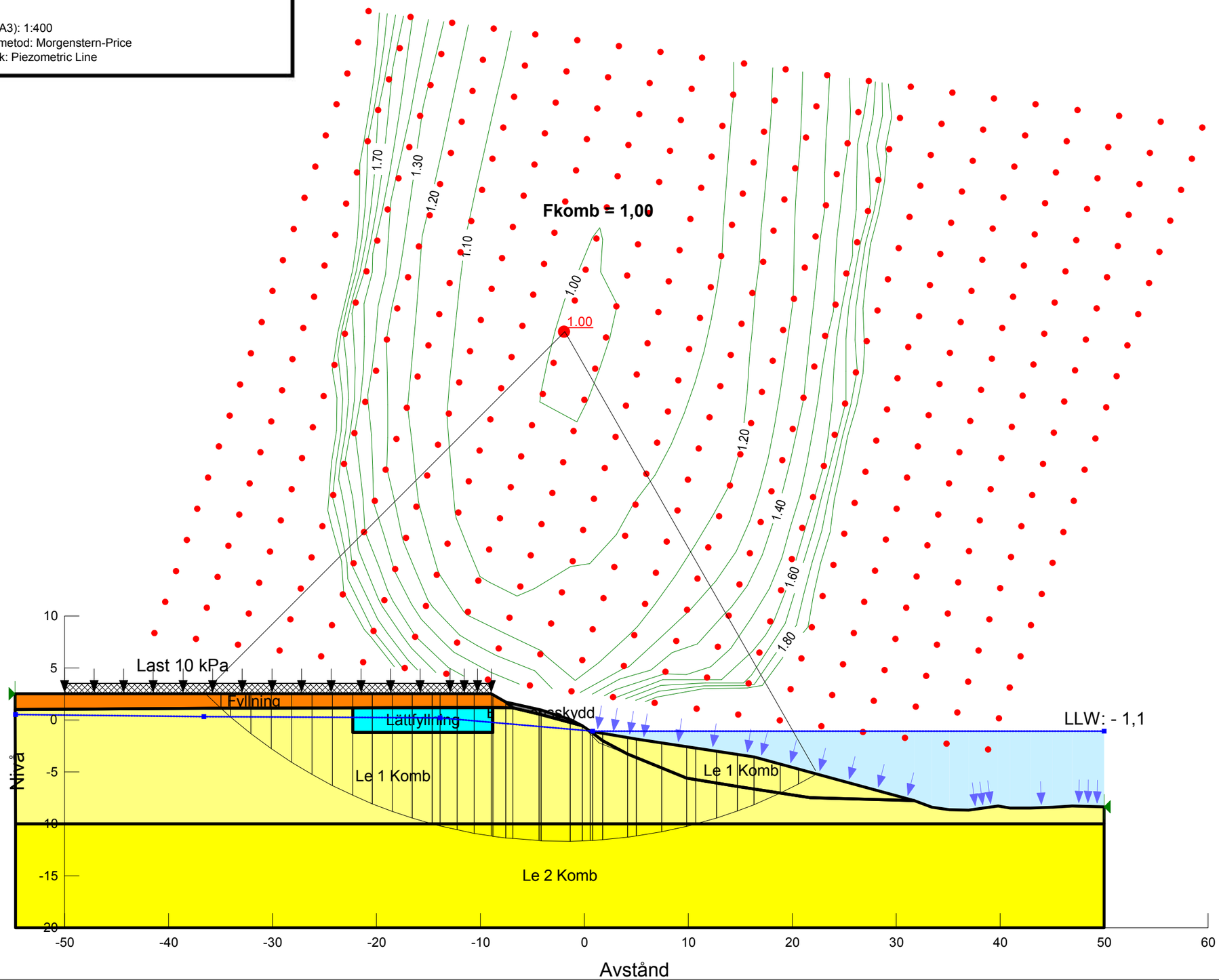
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 10:29:35
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 2, Framtida markhöjning
Förstärkning - Tryckbank och lättfyllning
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Erossionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Lättfyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 5 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

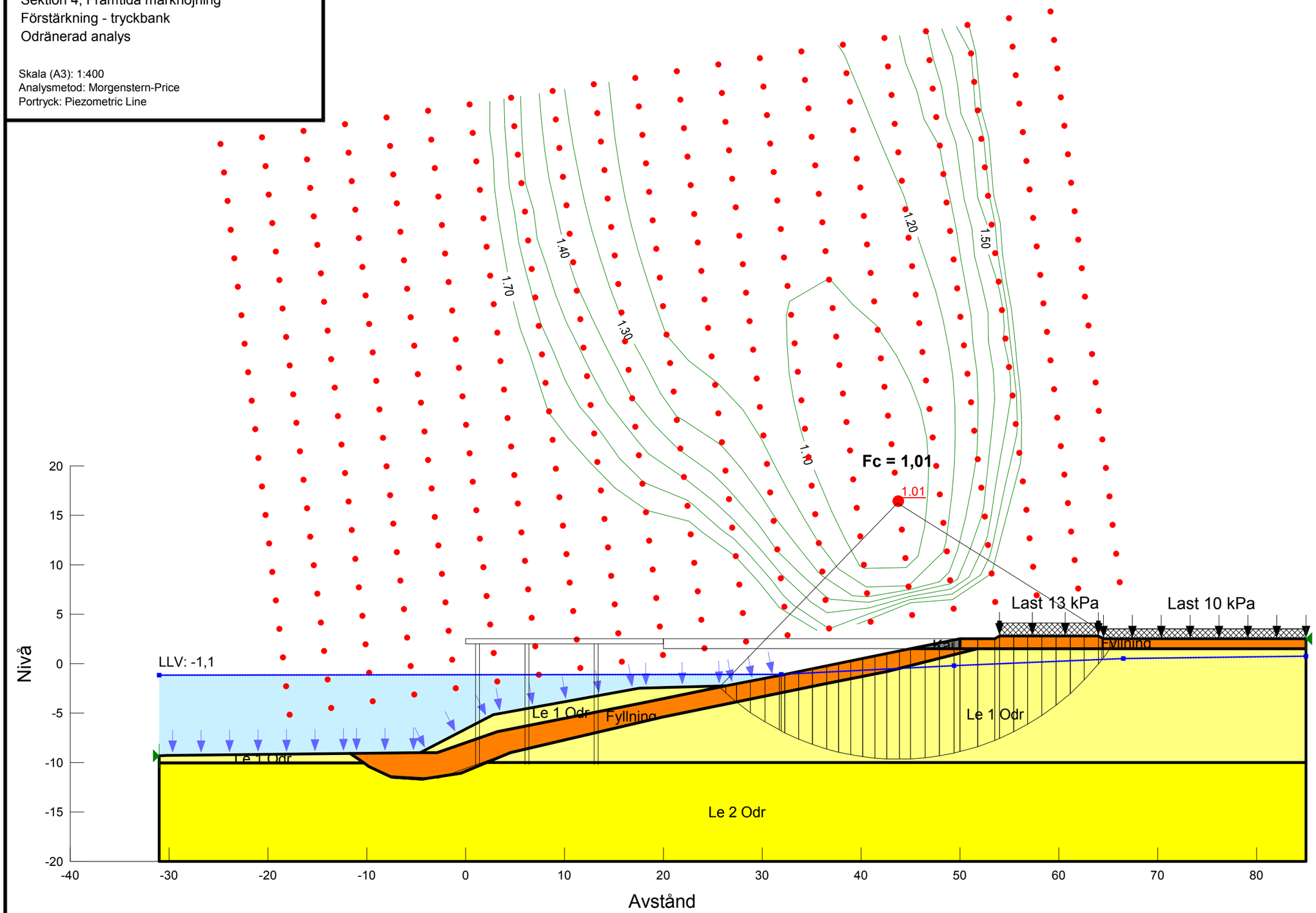
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 2\Färdiga\
Datum: 2015-09-24 10:29:35
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Förstärkning - tryckbank
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

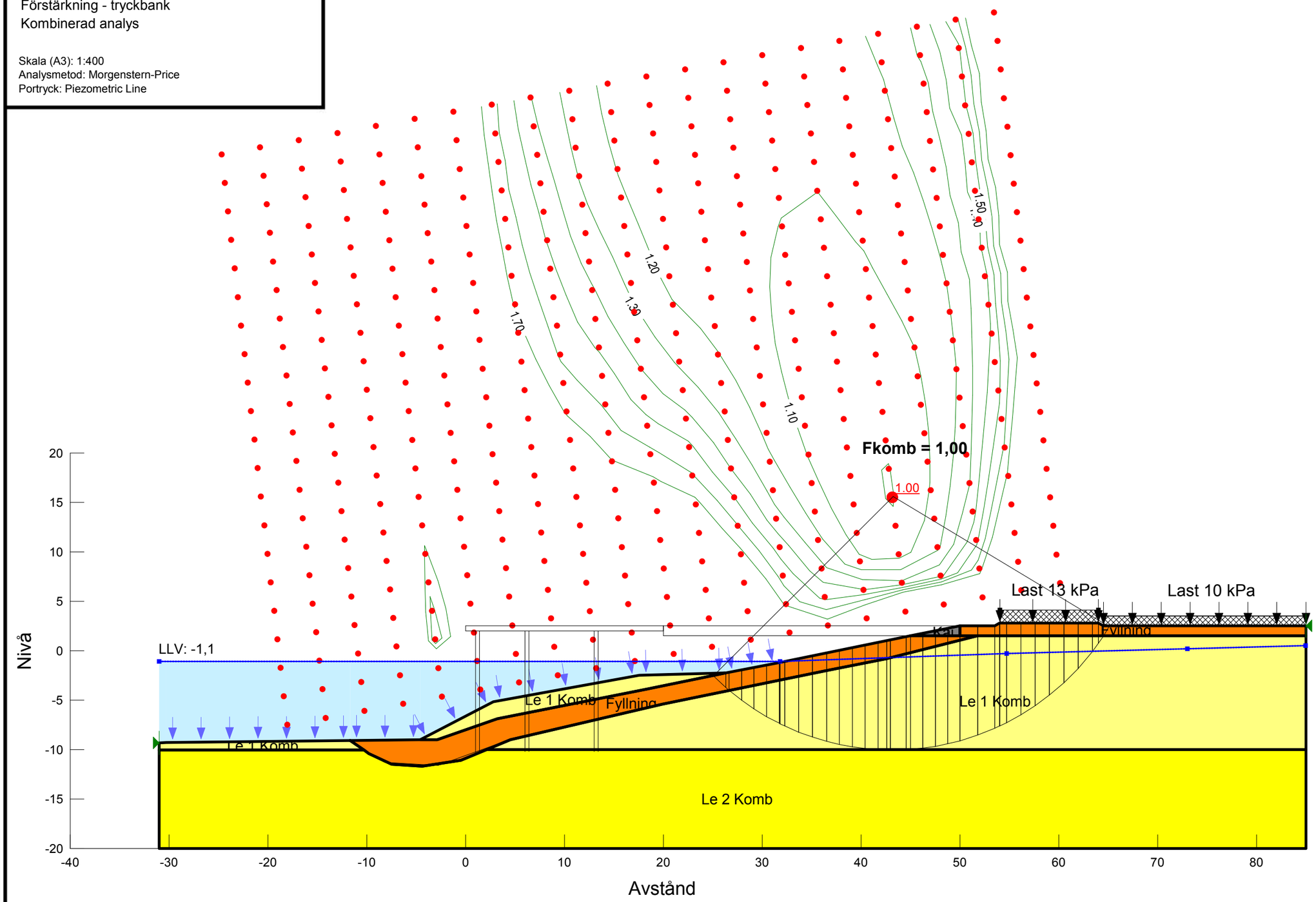
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 09:50:50
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 4, Framtida markhöjning
Förstärkning - tryckbank
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

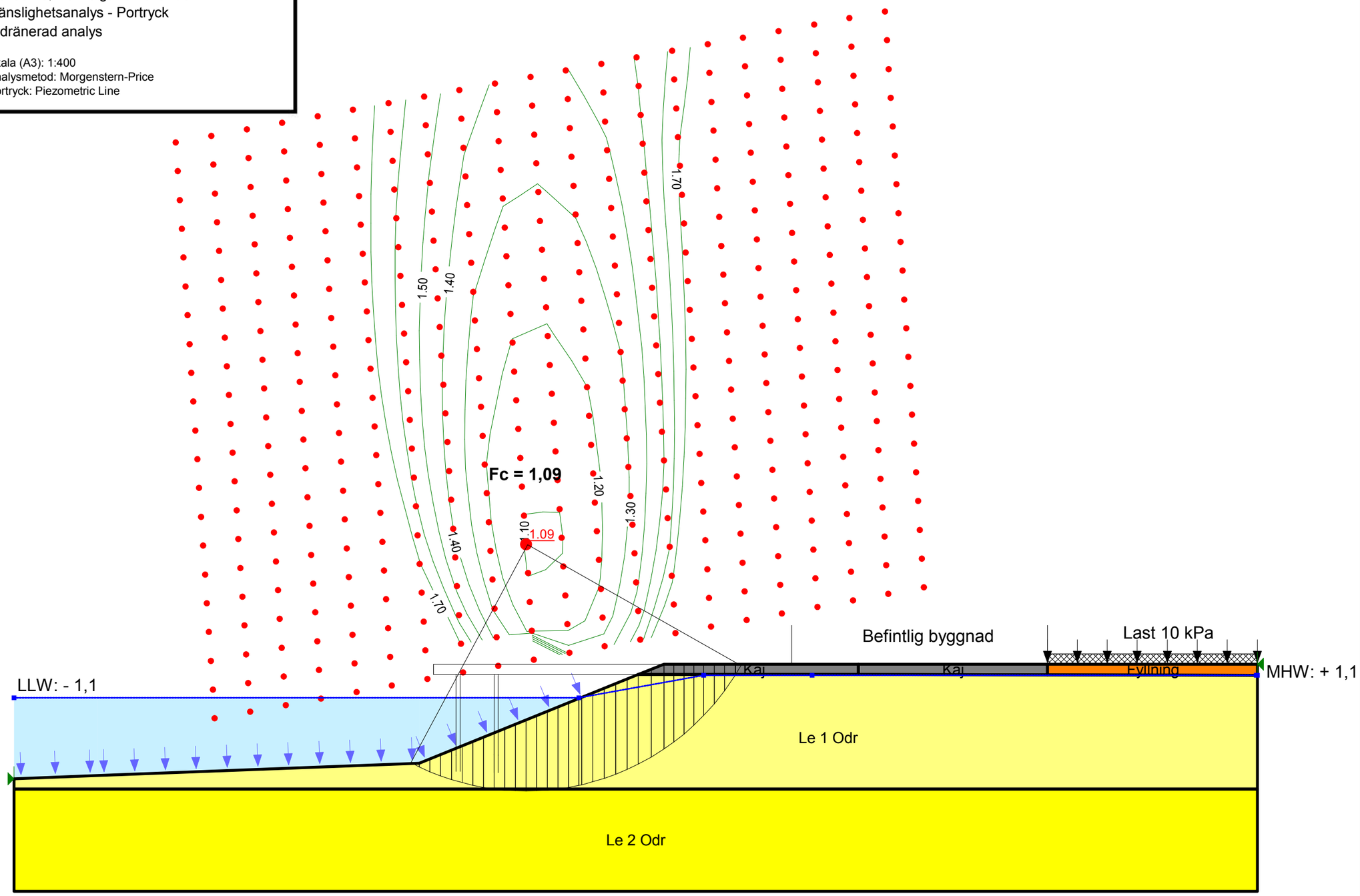
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 4\Färdiga\
Datum: 2015-09-25 09:50:50
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Portryck
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

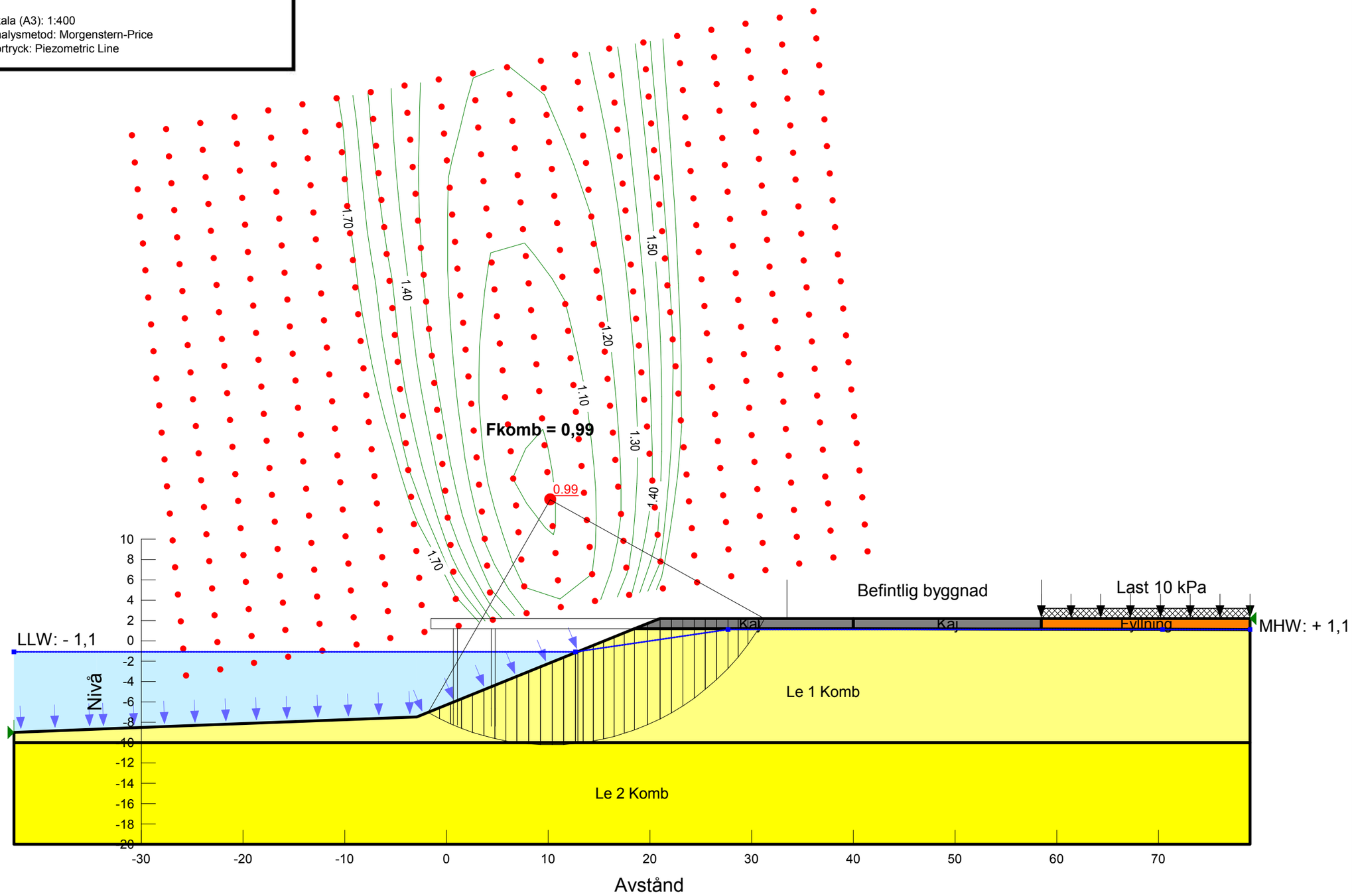
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-24 09:43:33
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Portryck
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

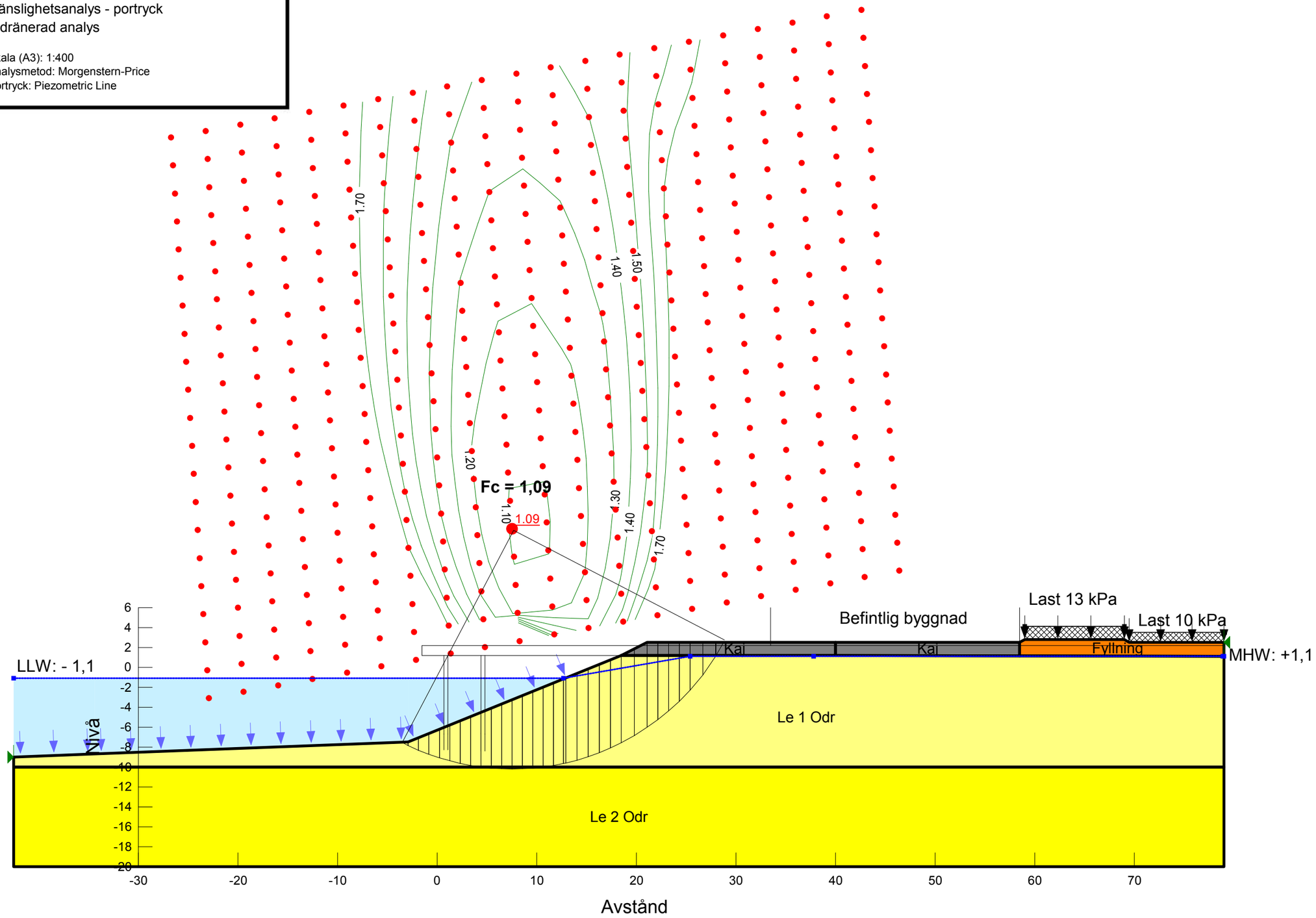
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-24 09:43:33
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

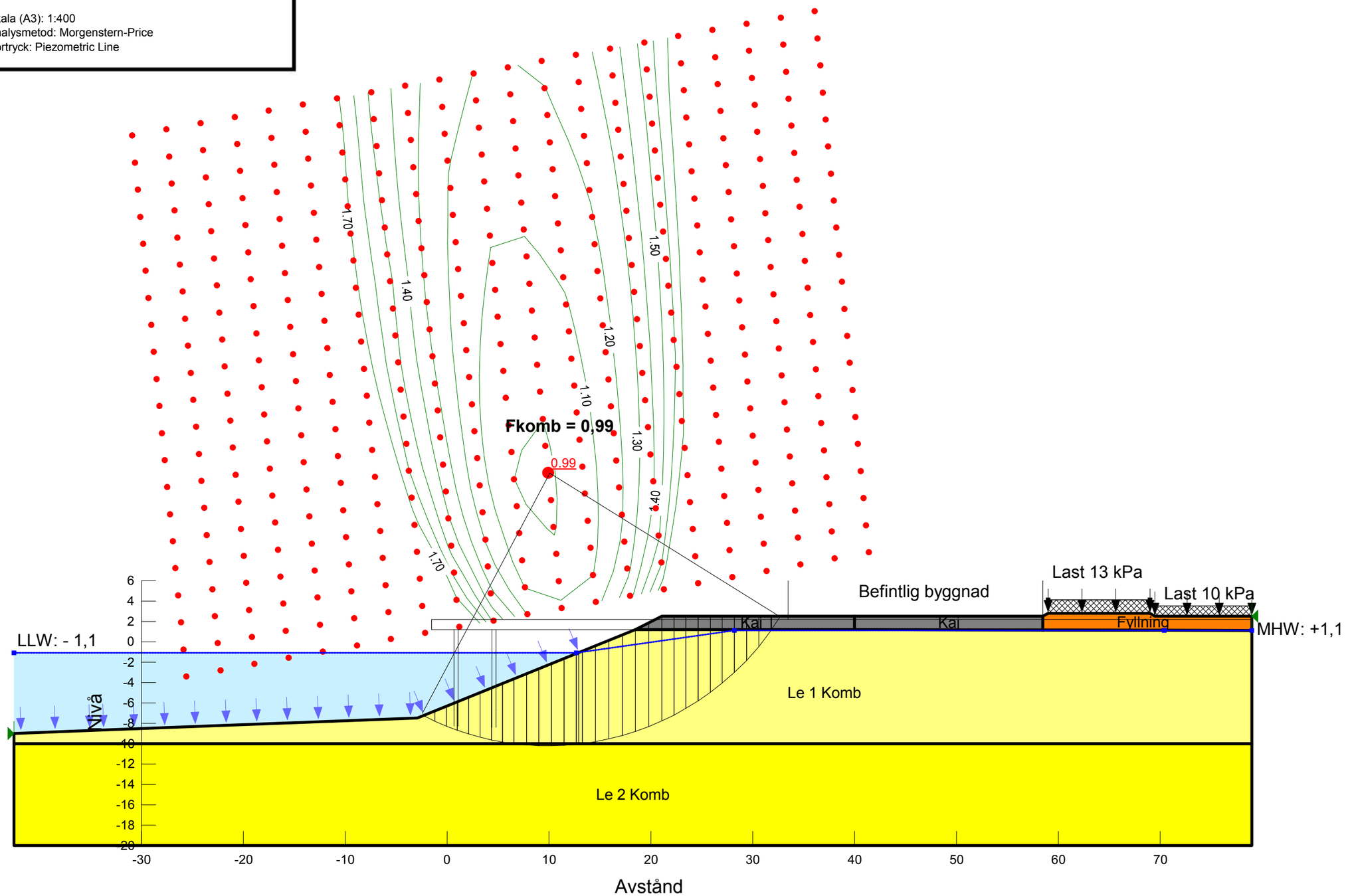
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-25 11:11:43
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

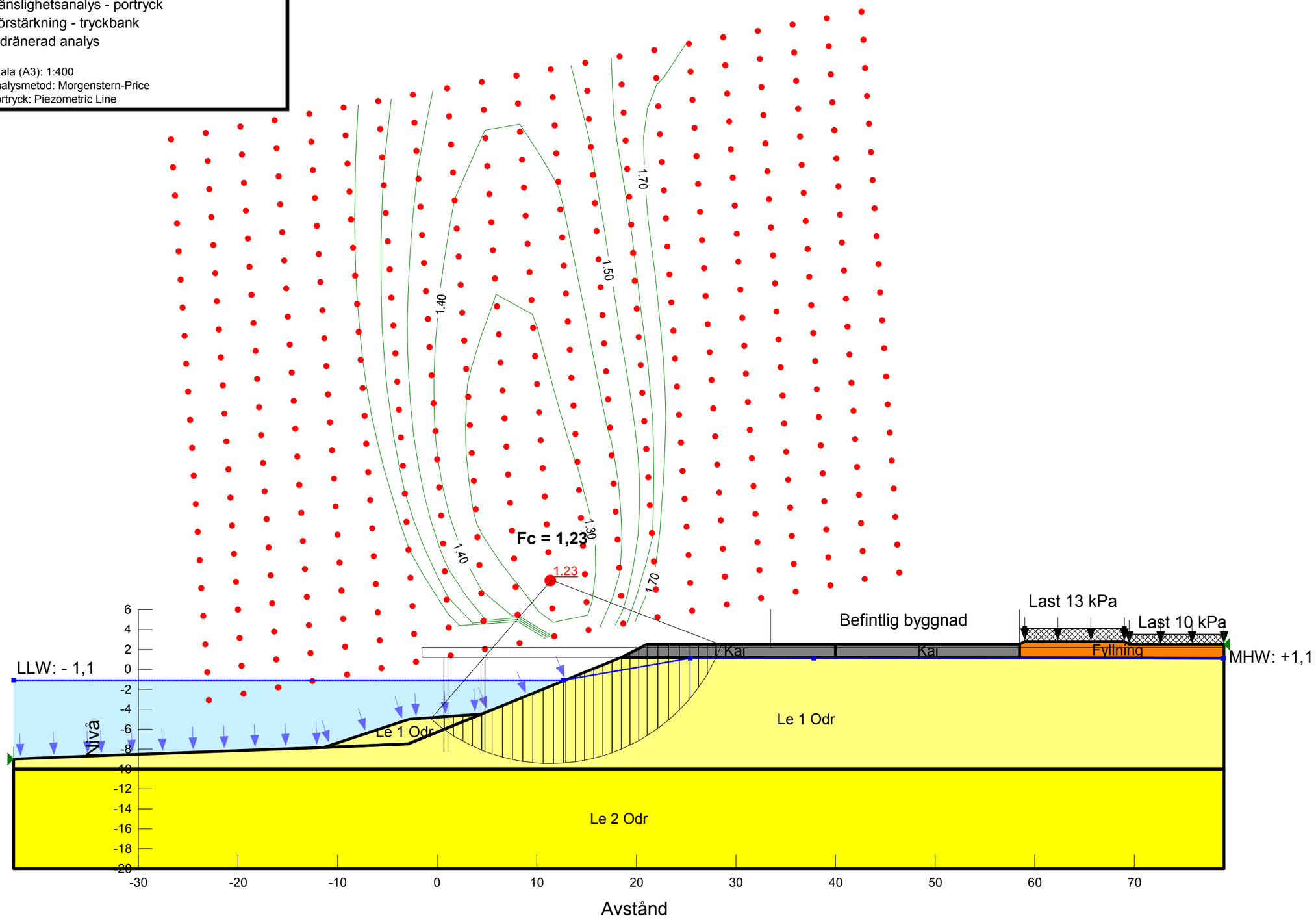
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-25 11:11:43
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Förstärkning - tryckbank
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11 kPa
C-Rate of Change: 0.22 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 13.2 kPa
C-Rate of Change: 1.027 kPa/m

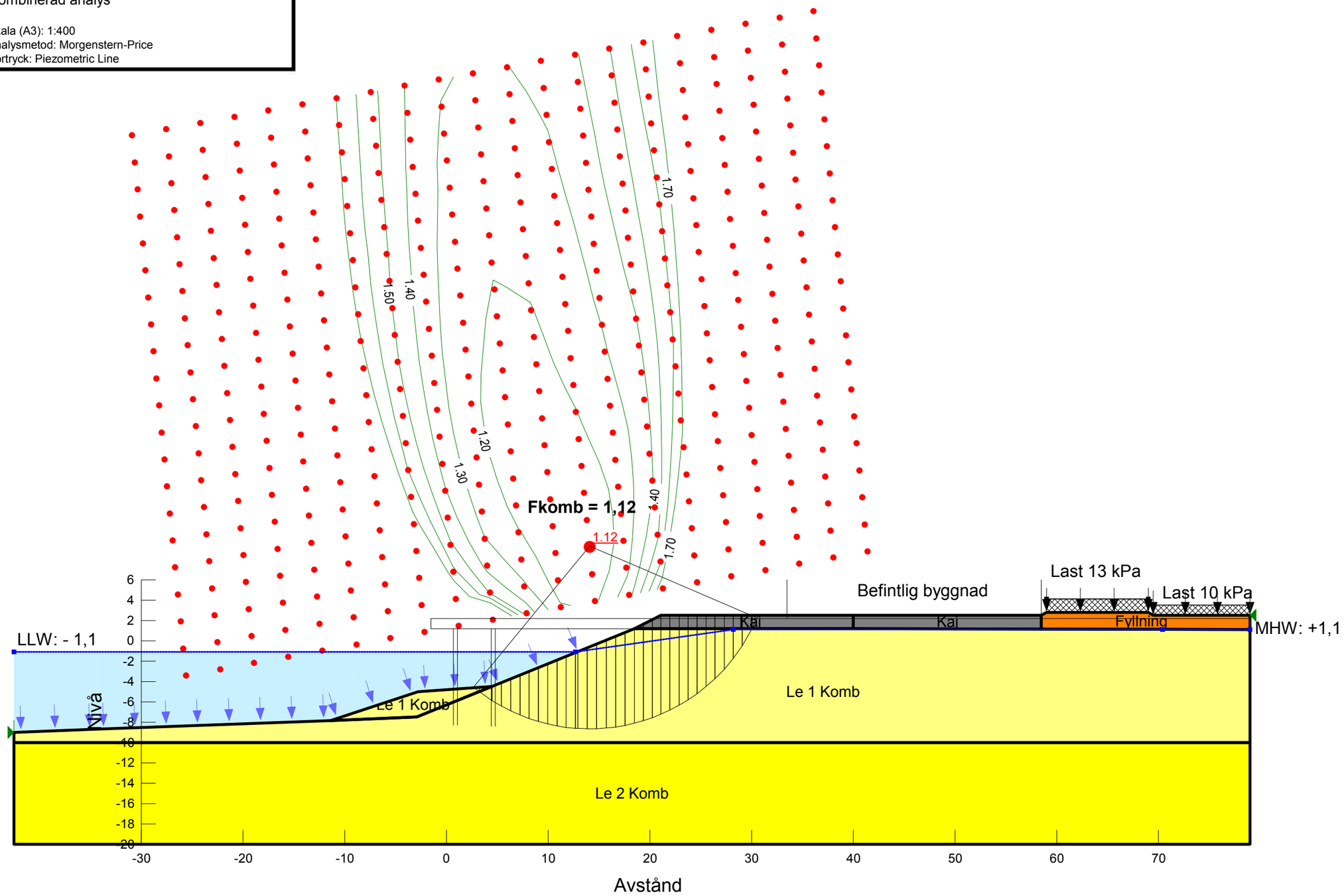
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-25 11:29:47
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - portryck
Förstärkning - tryckbank
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

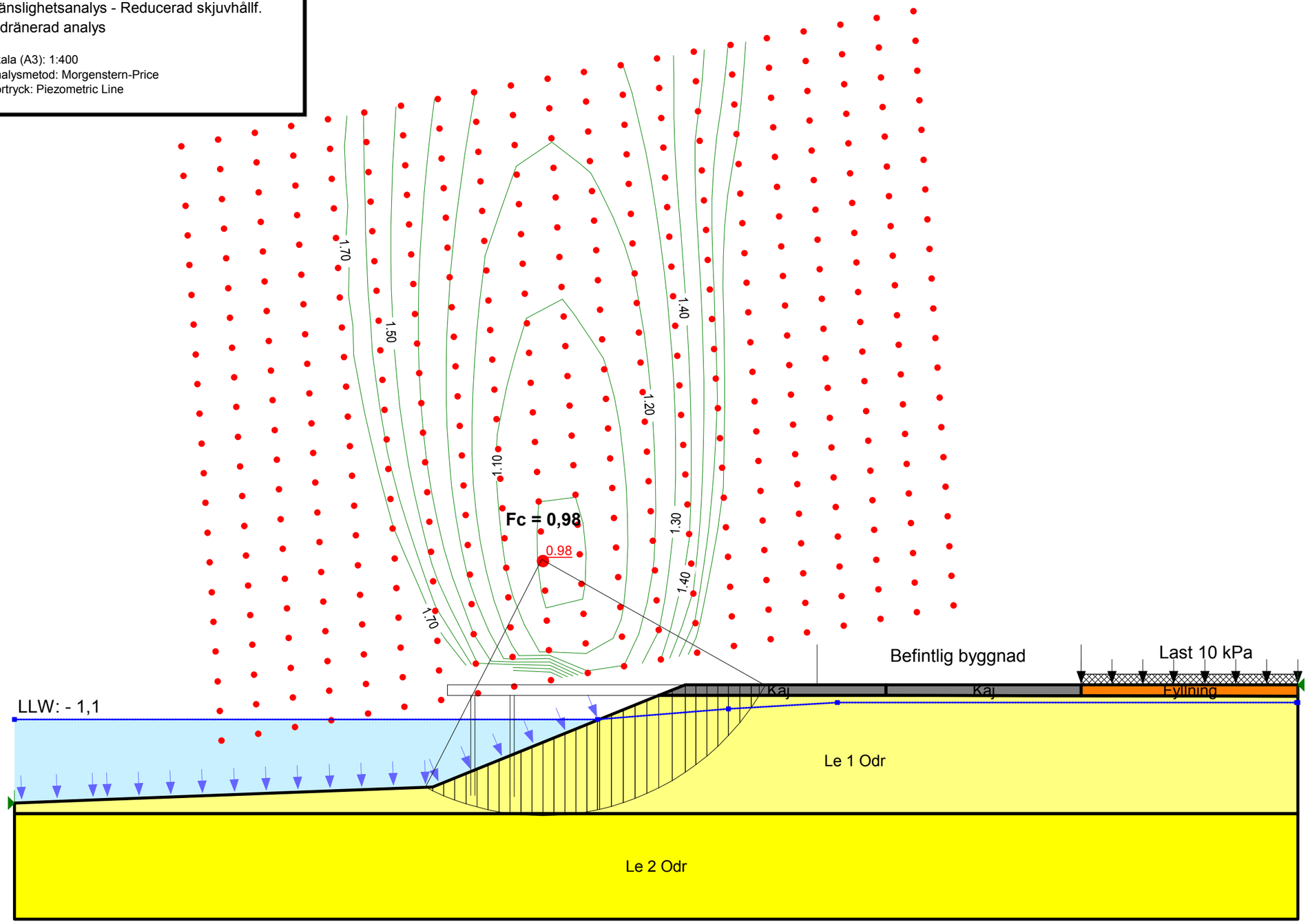
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Portryck\
Datum: 2015-09-25 11:29:47
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.92 kPa/m

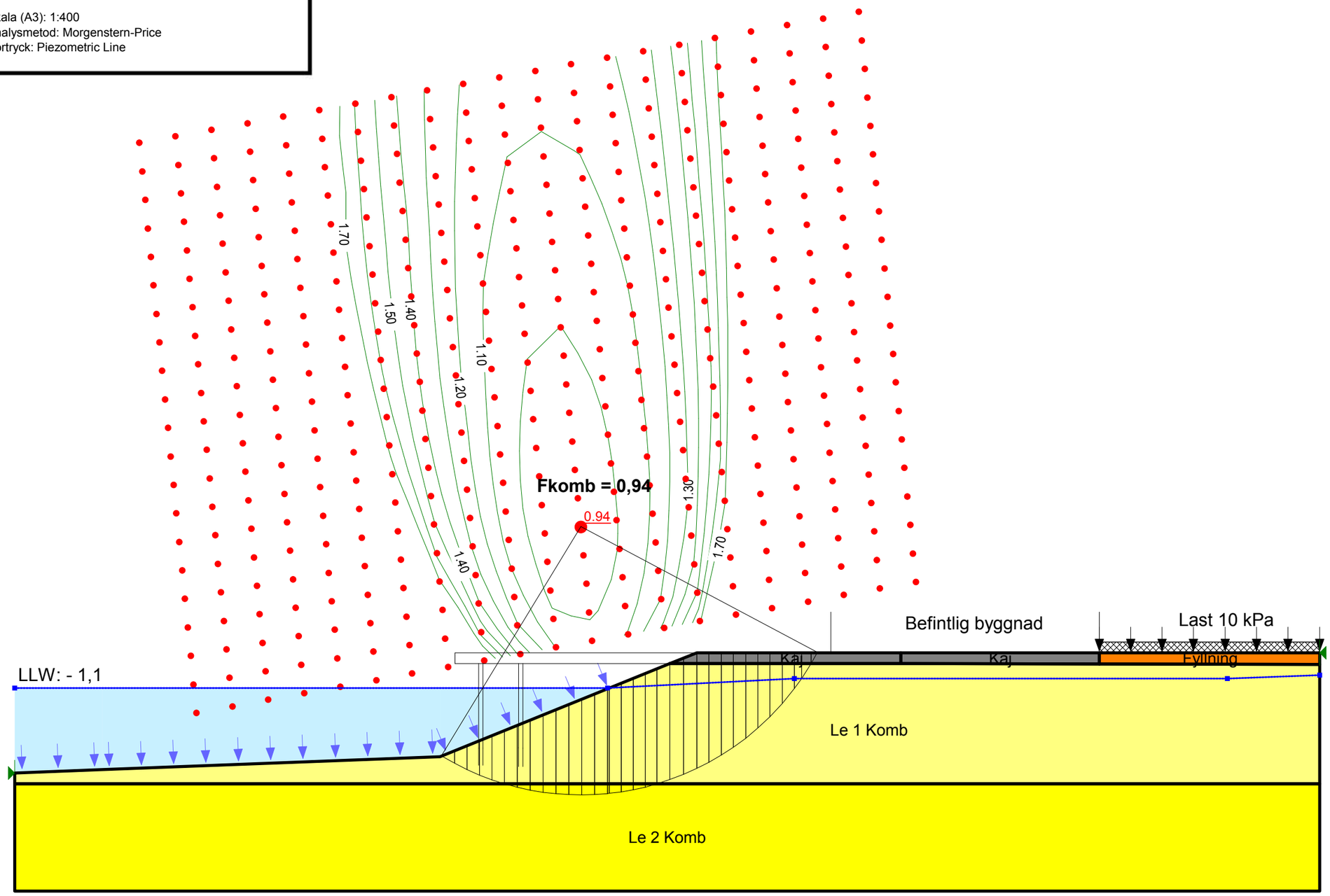
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-24 10:03:18
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Befintliga förhållanden
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.92 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

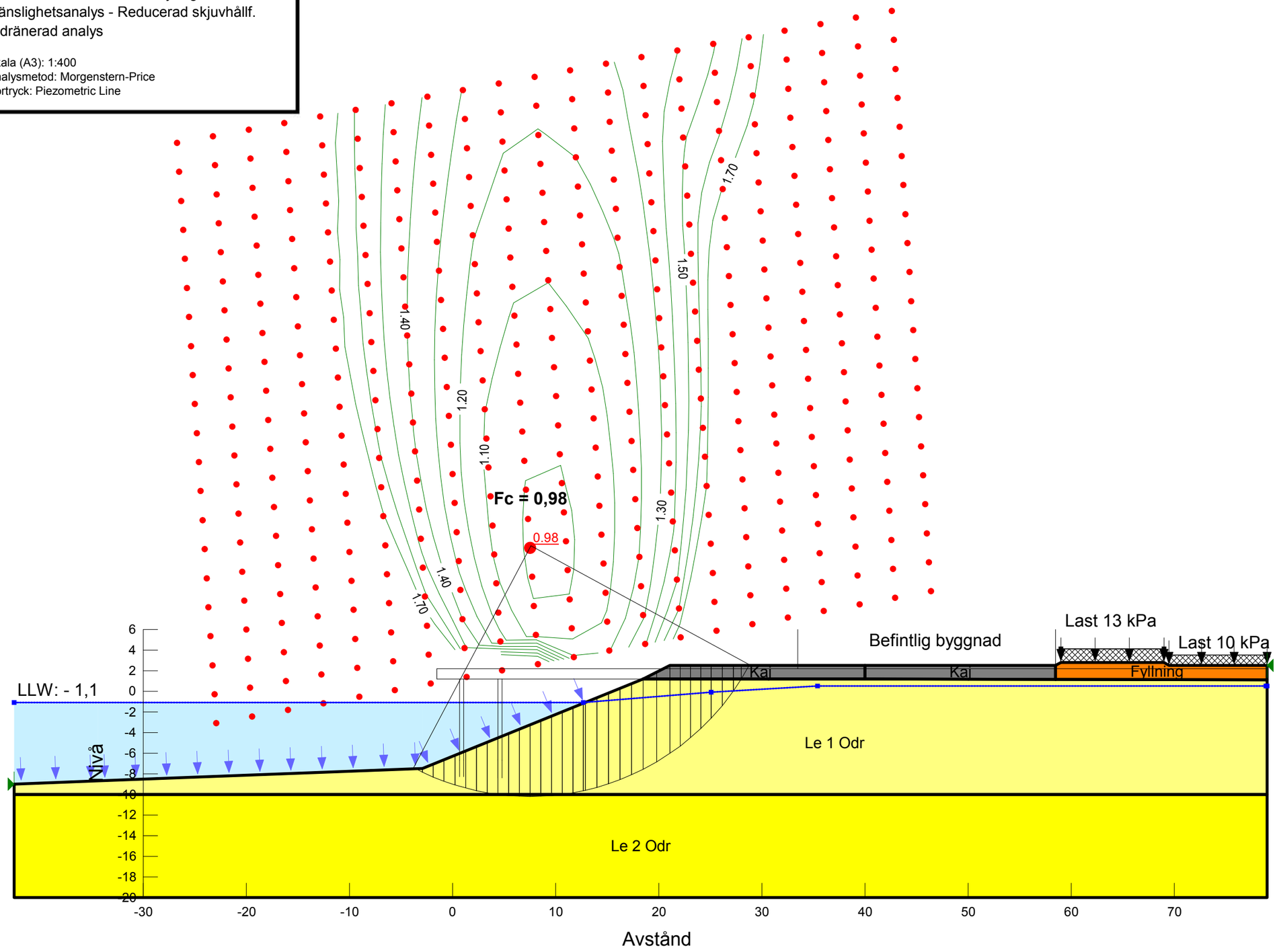
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-24 10:03:18
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.9243 kPa/m

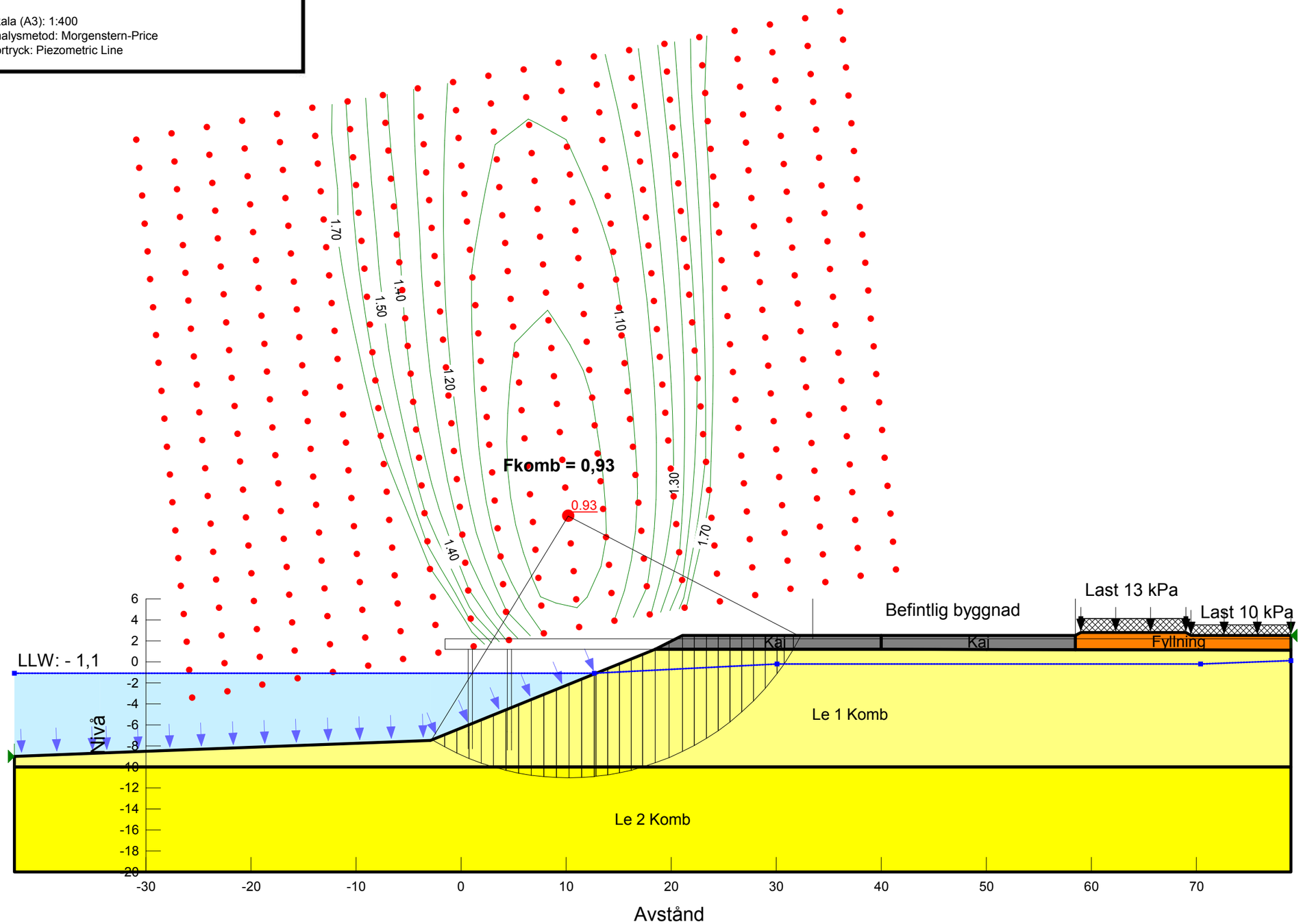
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-25 11:37:59
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9243 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

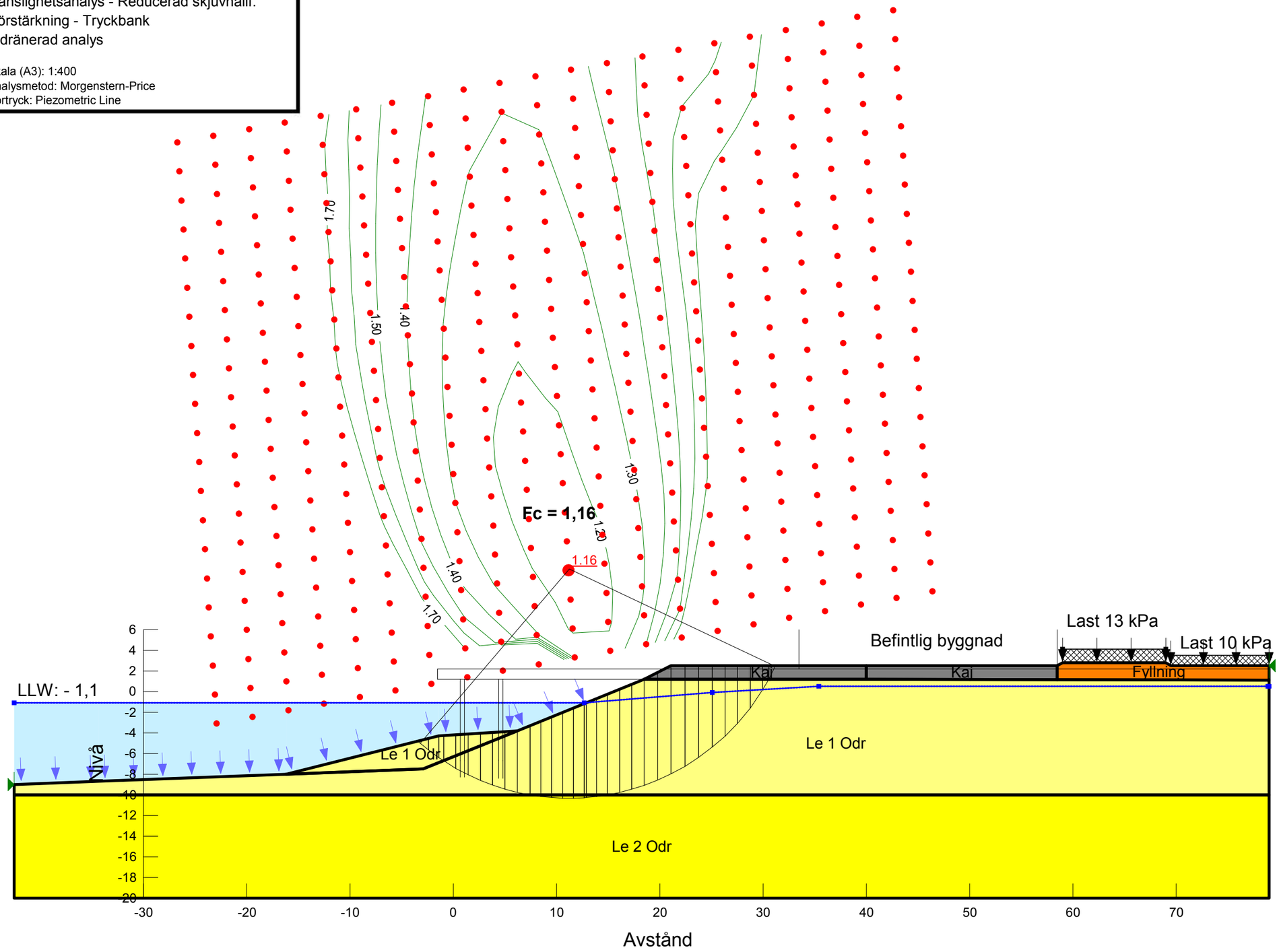
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-25 11:37:59
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Förstärkning - Tryckbank
Odränerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

Name: Le 1 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 9.9 kPa
C-Rate of Change: 0.198 kPa/m

Name: Le 2 Odr
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
C-Top of Layer: 11.88 kPa
C-Rate of Change: 0.9243 kPa/m

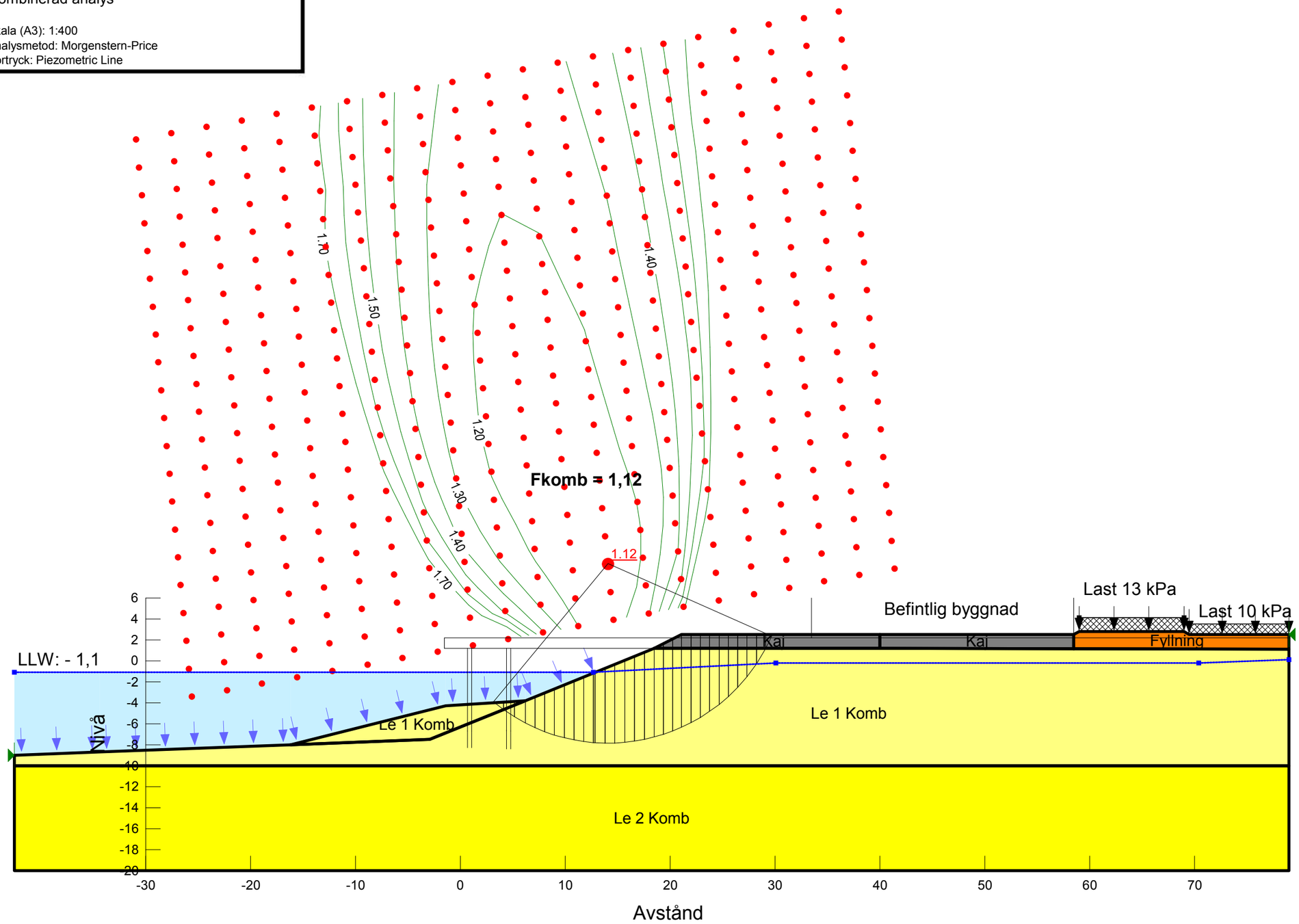
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-25 11:41:35
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

Norconsult

Stabilitetsutredning Frihamnen - Etapp 1
Uppdragsnummer: 104 05 35

Sektion 3, Framtida markhöjning
Känslighetsanalys - Reducerad skjuvhållf.
Förstärkning - Tryckbank
Kombinerad analys

Skala (A3): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Phi: 28.3 °

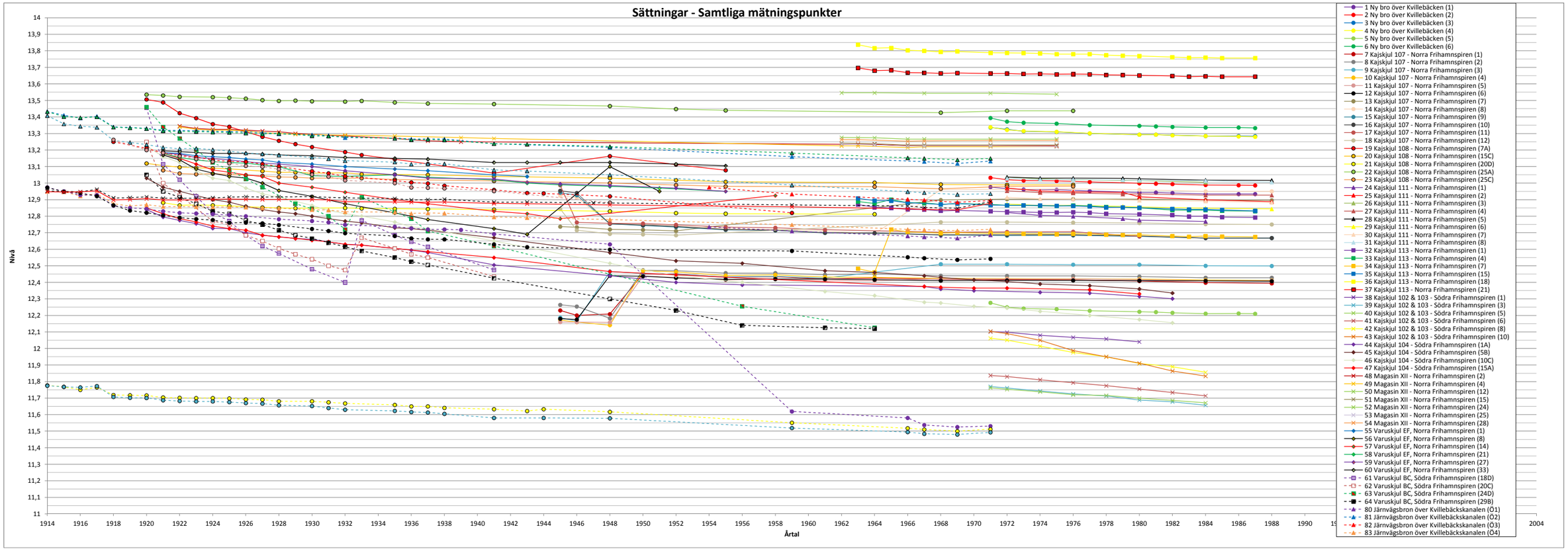
Name: Kaj
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 1 kN/m³
Phi: 50 °

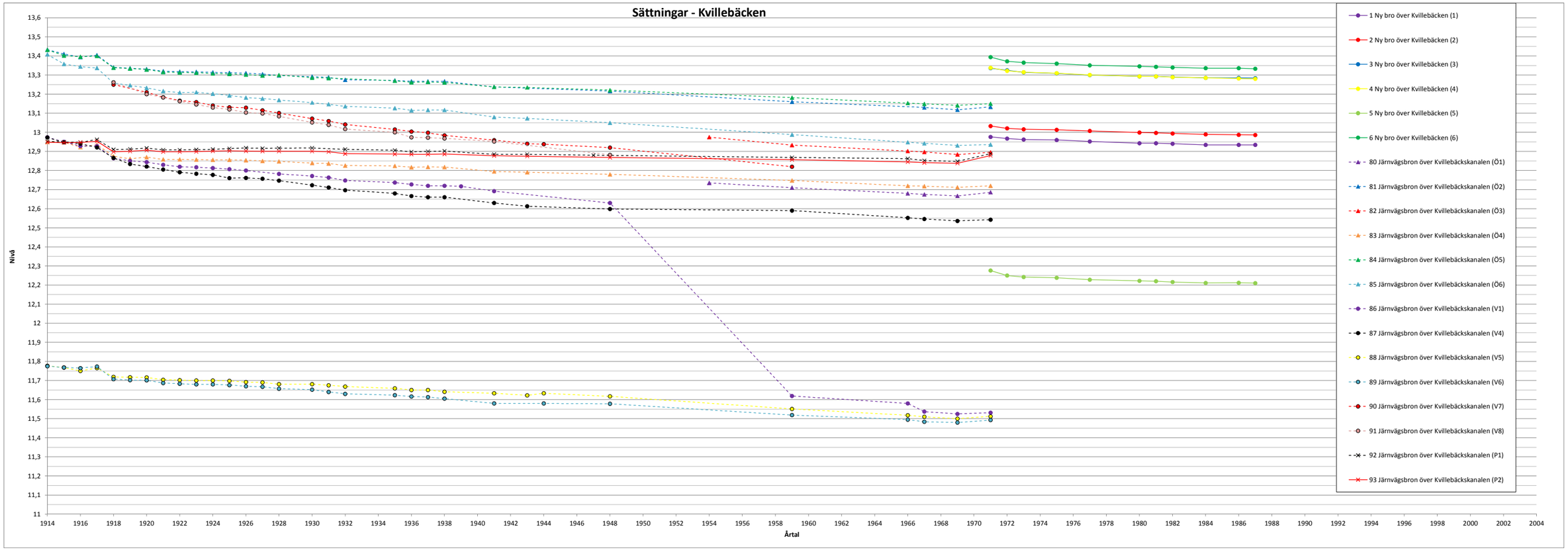
Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 29.95 °
Cu-Top of Layer: 9.9 kPa
Cu-Rate of Change: 0.198 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

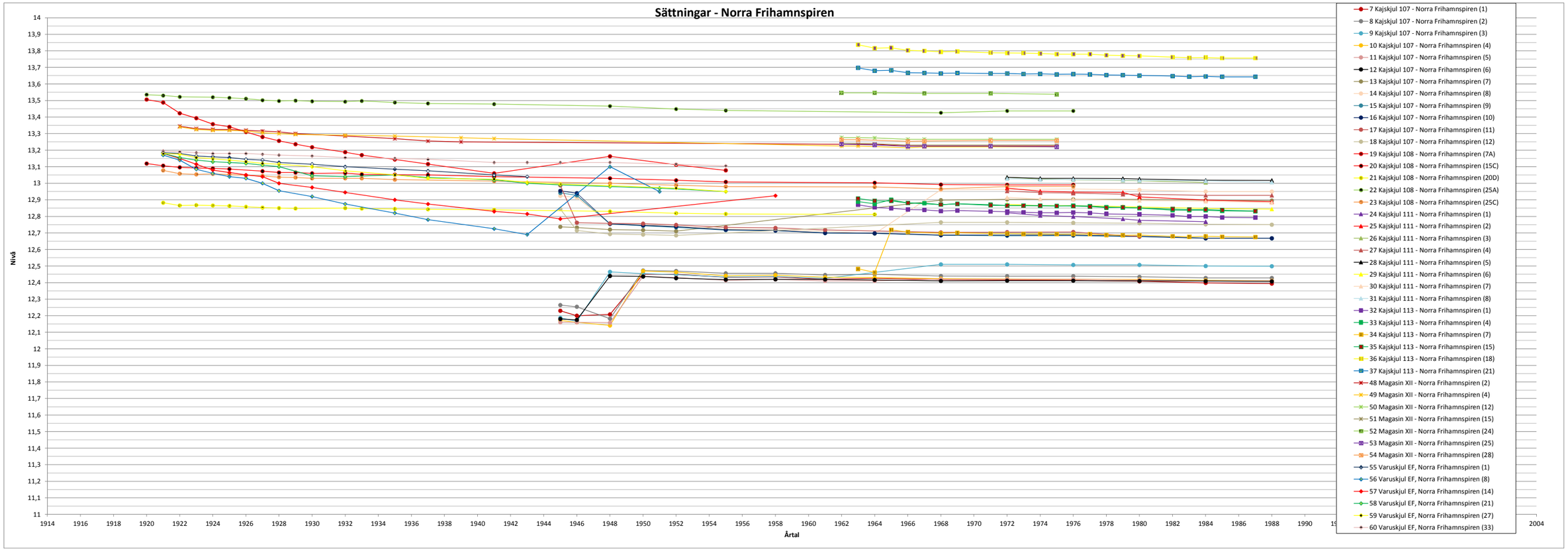
Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
Cu-Top of Layer: 11.88 kPa
Cu-Rate of Change: 0.9243 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115

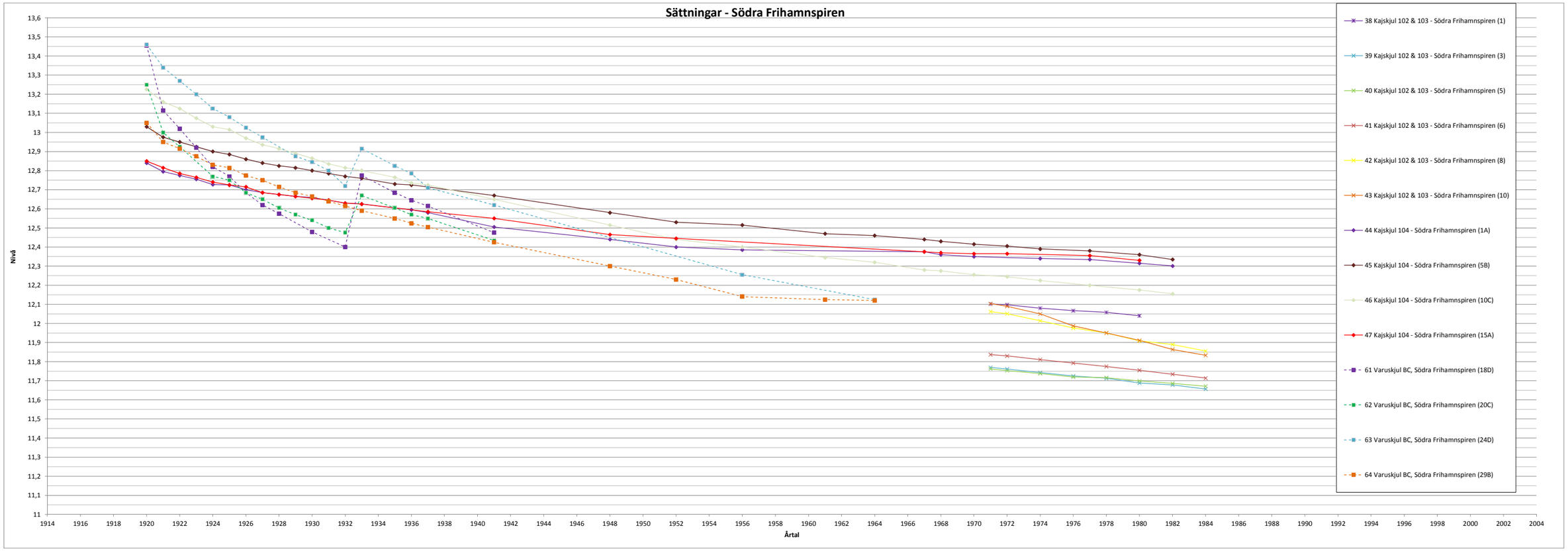
Sökväg: N:\104\05\1040535\5 Arbetsmaterial\04 Beräkningar\G\Sektioner\Sektion 3\Färdiga\Känslighetsanalys Skjuvhållfasthet\
Datum: 2015-09-25 11:41:35
Senast editerad av: Wallgren, Joakim

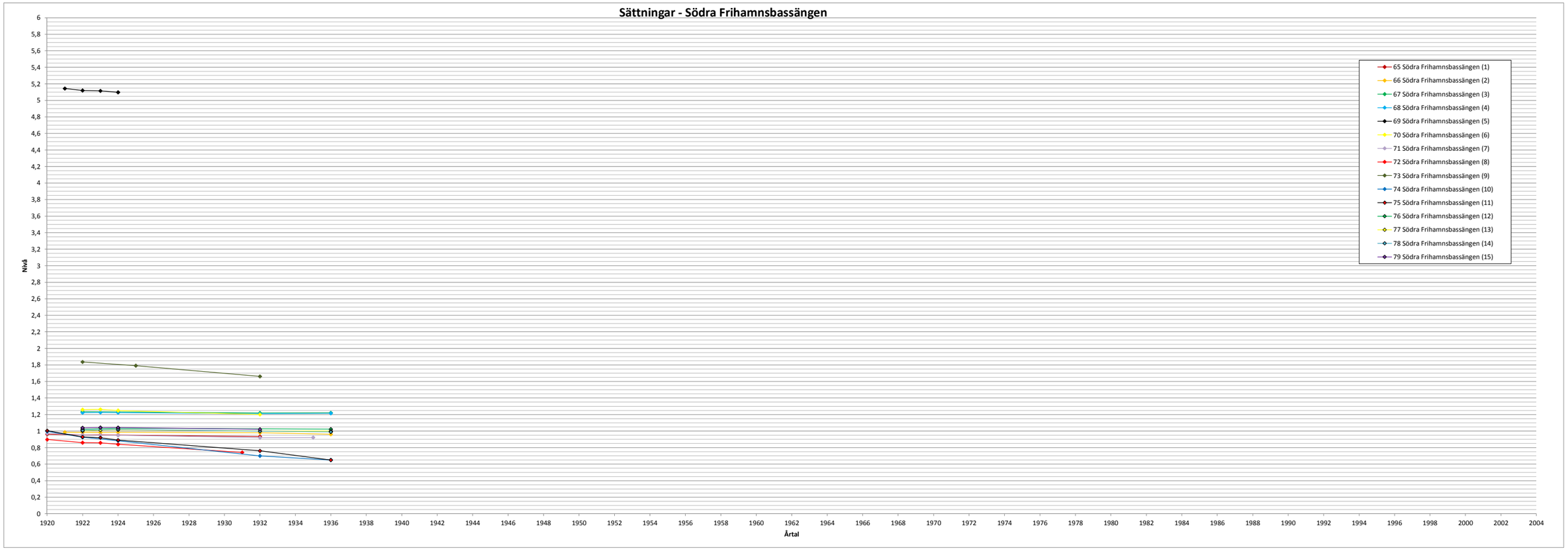
Norconsult


Sättningar - Samtliga mätningspunkter
Nivå
Årtal
1 Ny bro över Kvillebäcken (1)
2 Ny bro över Kvillebäcken (2)
3 Ny bro över Kvillebäcken (3)
4 Ny bro över Kvillebäcken (4)
5 Ny bro över Kvillebäcken (5)
6 Ny bro över Kvillebäcken (6)
7 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (1)
8 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (2)
9 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (3)
10 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (4)
11 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (5)
12 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (6)
13 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (7)
14 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (8)
15 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (9)
16 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (10)
17 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (11)
18 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (12)
19 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (7A)
20 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (15C)
21 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (20D)
22 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (25A)
23 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (25C)
24 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (1)
25 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (2)
26 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (3)
27 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (4)
28 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (5)
29 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (6)
30 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (7)
31 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (8)
32 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (1)
33 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (4)
34 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (7)
35 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (15)
36 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (18)
37 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (21)
38 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (1)
39 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (3)
40 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (5)
41 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (6)
42 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (8)
43 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (10)
44 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (1A)
45 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (5B)
46 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (10C)
47 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (15A)
48 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (2)
49 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (4)
50 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (12)
51 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (15)
52 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (24)
53 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (25)
54 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (28)
55 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (1)
56 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (8)
57 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (14)
58 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (21)
59 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (27)
60 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (33)
61 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (18D)
62 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (20C)
63 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (24D)
64 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (29B)
80 Järnvägsbron över Kvillebäcksskanalen (Ö1)
81 Järnvägsbron över Kvillebäcksskanalen (Ö2)
82 Järnvägsbron över Kvillebäcksskanalen (Ö3)
83 Järnvägsbron över Kvillebäcksskanalen (Ö4)

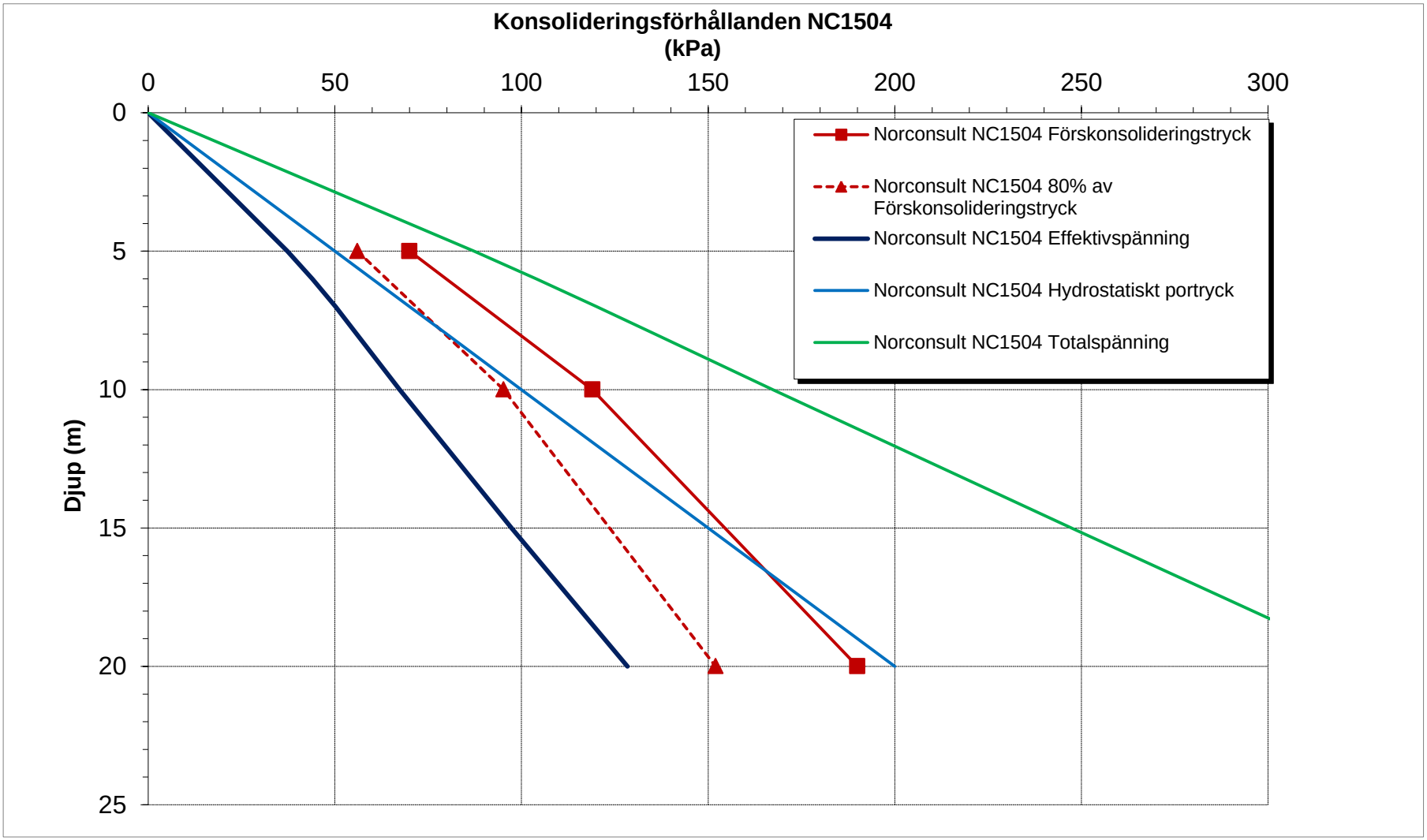

Sättningar - Kvillebäcken
Nivå
Årtal
1 Ny bro över Kvillebäcken (1)
2 Ny bro över Kvillebäcken (2)
3 Ny bro över Kvillebäcken (3)
4 Ny bro över Kvillebäcken (4)
5 Ny bro över Kvillebäcken (5)
6 Ny bro över Kvillebäcken (6)
80 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö1)
81 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö2)
82 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö3)
83 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö4)
84 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö5)
85 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (Ö6)
86 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V1)
87 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V4)
88 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V5)
89 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V6)
90 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V7)
91 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (V8)
92 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (P1)
93 Järnvägsbron över Kvillebäckskanalen (P2)


Sättningar - Norra Frihamnspiren
Nivå
Årtal
7 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (1)
8 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (2)
9 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (3)
10 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (4)
11 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (5)
12 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (6)
13 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (7)
14 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (8)
15 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (9)
16 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (10)
17 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (11)
18 Kajskjul 107 - Norra Frihamnspiren (12)
19 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (7A)
20 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (15C)
21 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (20D)
22 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (25A)
23 Kajskjul 108 - Norra Frihamnspiren (25C)
24 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (1)
25 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (2)
26 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (3)
27 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (4)
28 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (5)
29 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (6)
30 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (7)
31 Kajskjul 111 - Norra Frihamnspiren (8)
32 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (1)
33 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (4)
34 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (7)
35 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (15)
36 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (18)
37 Kajskjul 113 - Norra Frihamnspiren (21)
48 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (2)
49 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (4)
50 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (12)
51 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (15)
52 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (24)
53 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (25)
54 Magasin XII - Norra Frihamnspiren (28)
55 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (1)
56 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (8)
57 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (14)
58 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (21)
59 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (27)
60 Varuskjul EF, Norra Frihamnspiren (33)

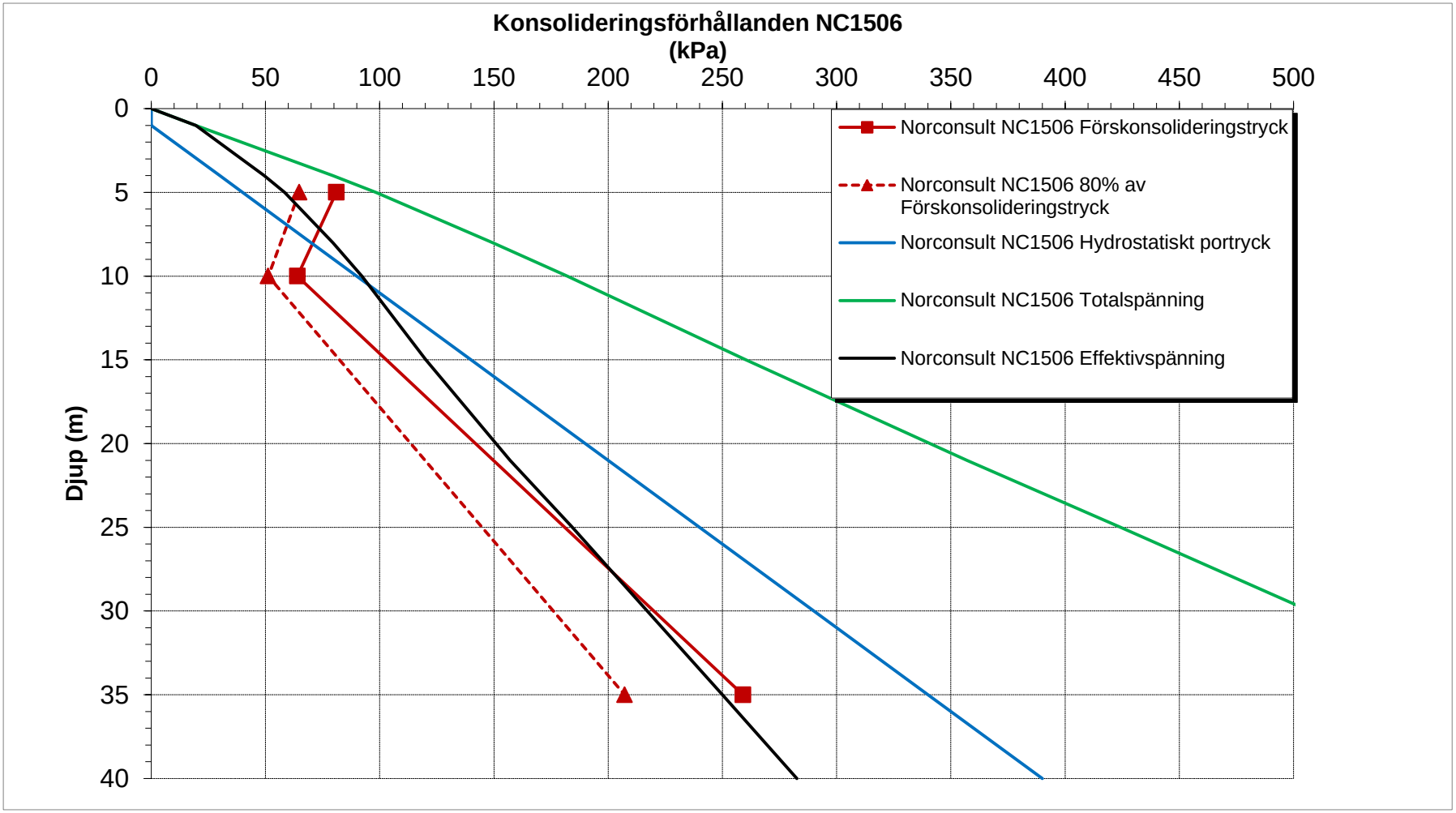

Sättningar - Södra Frihamnspiren
Nivå
Årtal
38 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (1)
39 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (3)
40 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (5)
41 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (6)
42 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (8)
43 Kajskjul 102 & 103 - Södra Frihamnspiren (10)
44 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (1A)
45 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (5B)
46 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (10C)
47 Kajskjul 104 - Södra Frihamnspiren (15A)
61 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (18D)
62 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (20C)
63 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (24D)
64 Varuskjul BC, Södra Frihamnspiren (29B)


Sättningar - Södra Frihamnsbassängen
Nivå
Årtal
65 Södra Frihamnsbassängen (1)
66 Södra Frihamnsbassängen (2)
67 Södra Frihamnsbassängen (3)
68 Södra Frihamnsbassängen (4)
69 Södra Frihamnsbassängen (5)
70 Södra Frihamnsbassängen (6)
71 Södra Frihamnsbassängen (7)
72 Södra Frihamnsbassängen (8)
73 Södra Frihamnsbassängen (9)
74 Södra Frihamnsbassängen (10)
75 Södra Frihamnsbassängen (11)
76 Södra Frihamnsbassängen (12)
77 Södra Frihamnsbassängen (13)
78 Södra Frihamnsbassängen (14)
79 Södra Frihamnsbassängen (15)

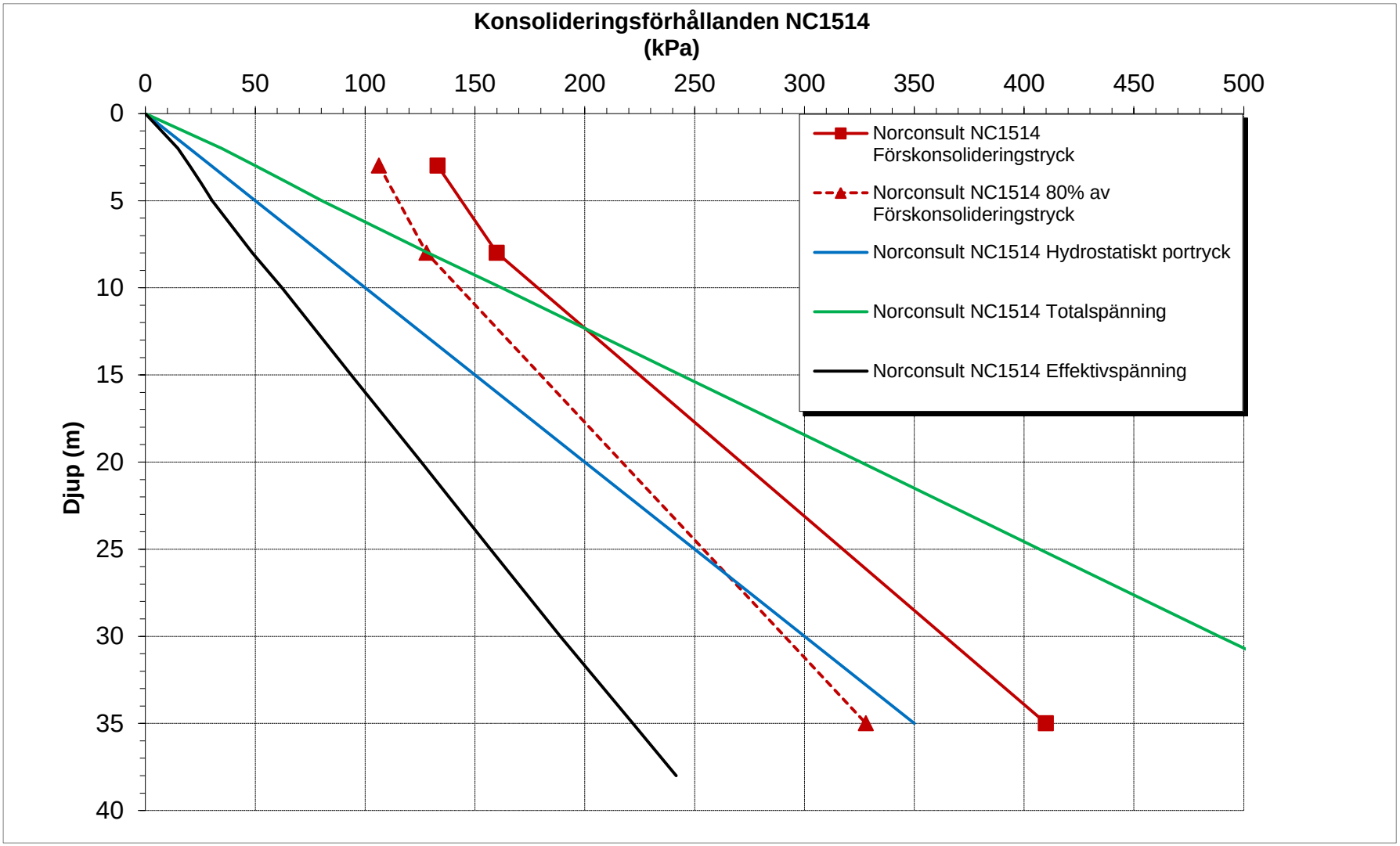
Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1504
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
0
5
10
15
20
25
Djup (m)
Norconsult NC1504 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1504 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1504 Effektivspänning
Norconsult NC1504 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1504 Totalspänning

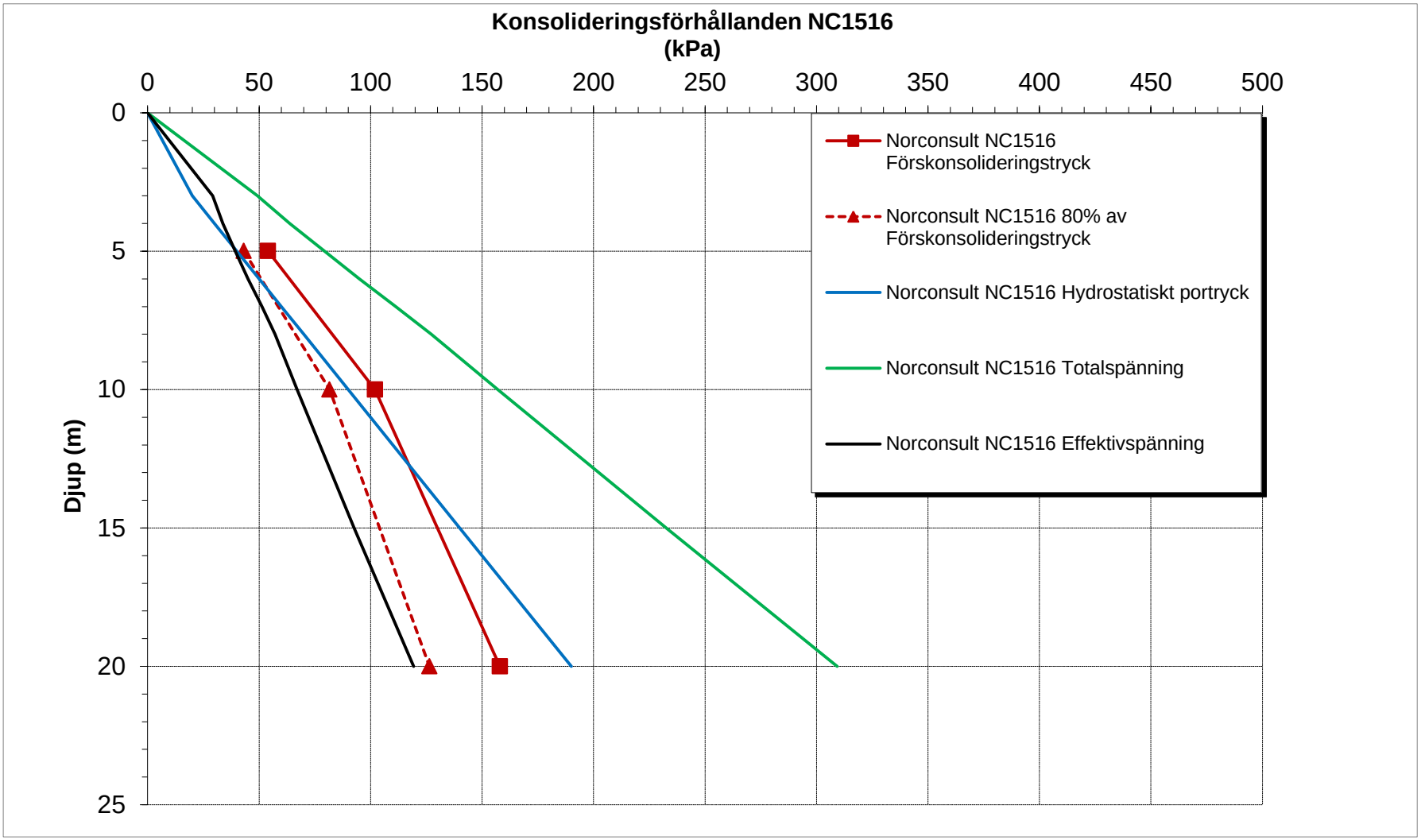
Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1506
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
Djup (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Norconsult NC1506 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1506 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1506 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1506 Totalspänning
Norconsult NC1506 Effektivspänning

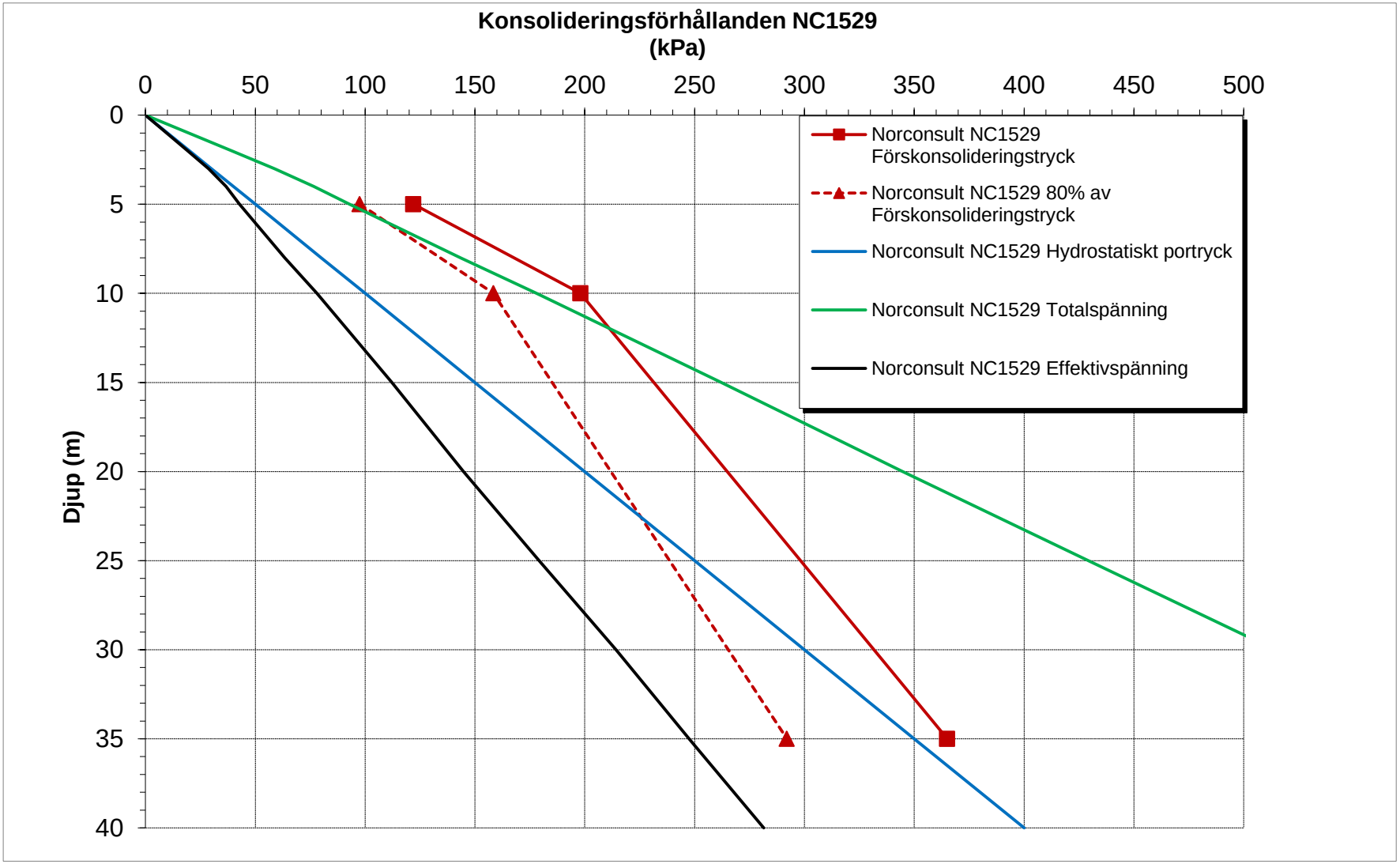
Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1514
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
Djup (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Norconsult NC1514 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1514 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1514 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1514 Totalspänning
Norconsult NC1514 Effektivspänning

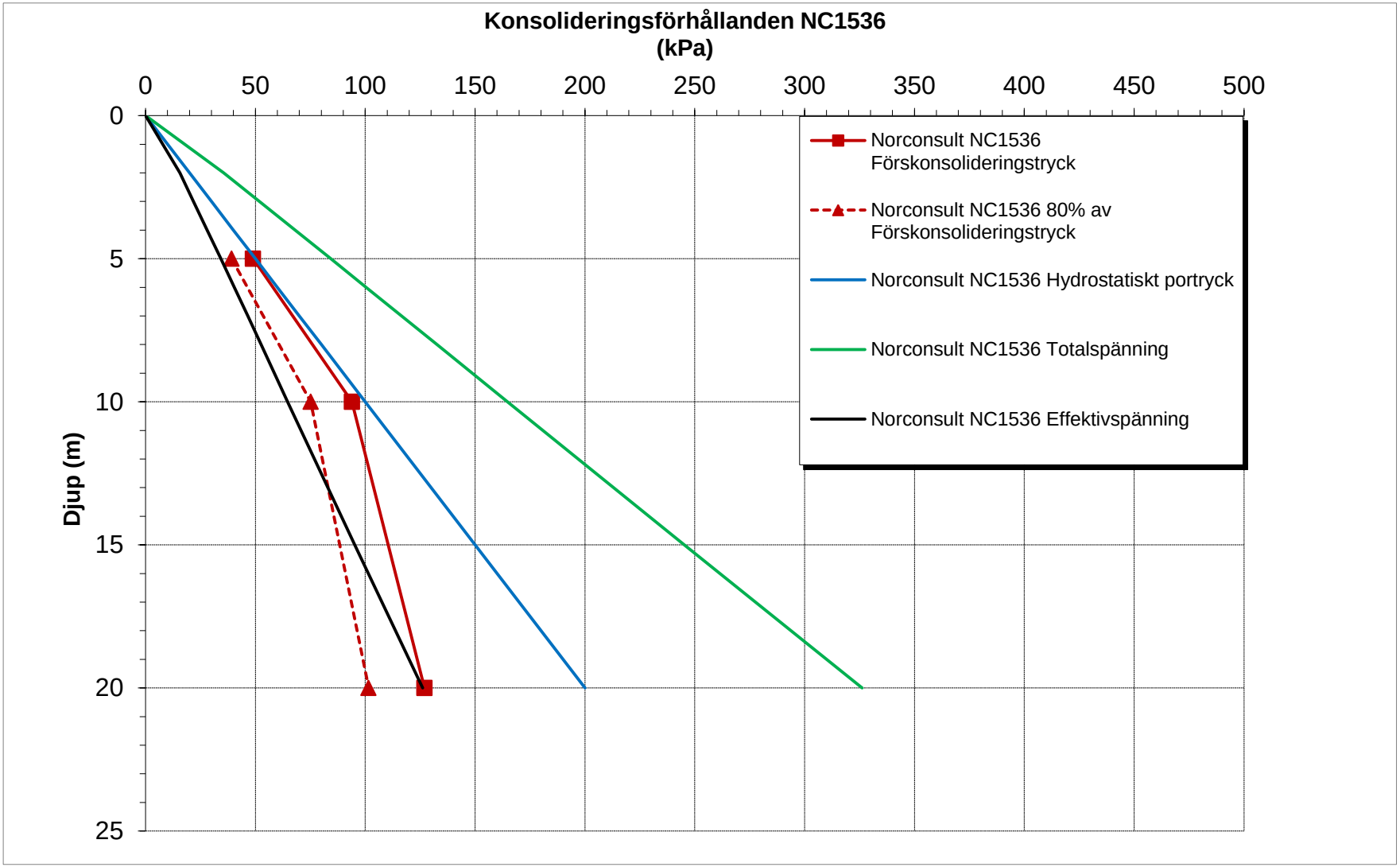
Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1516
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
0
5
10
15
20
25
Djup (m)
Norconsult NC1516 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1516 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1516 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1516 Totalspänning
Norconsult NC1516 Effektivspänning

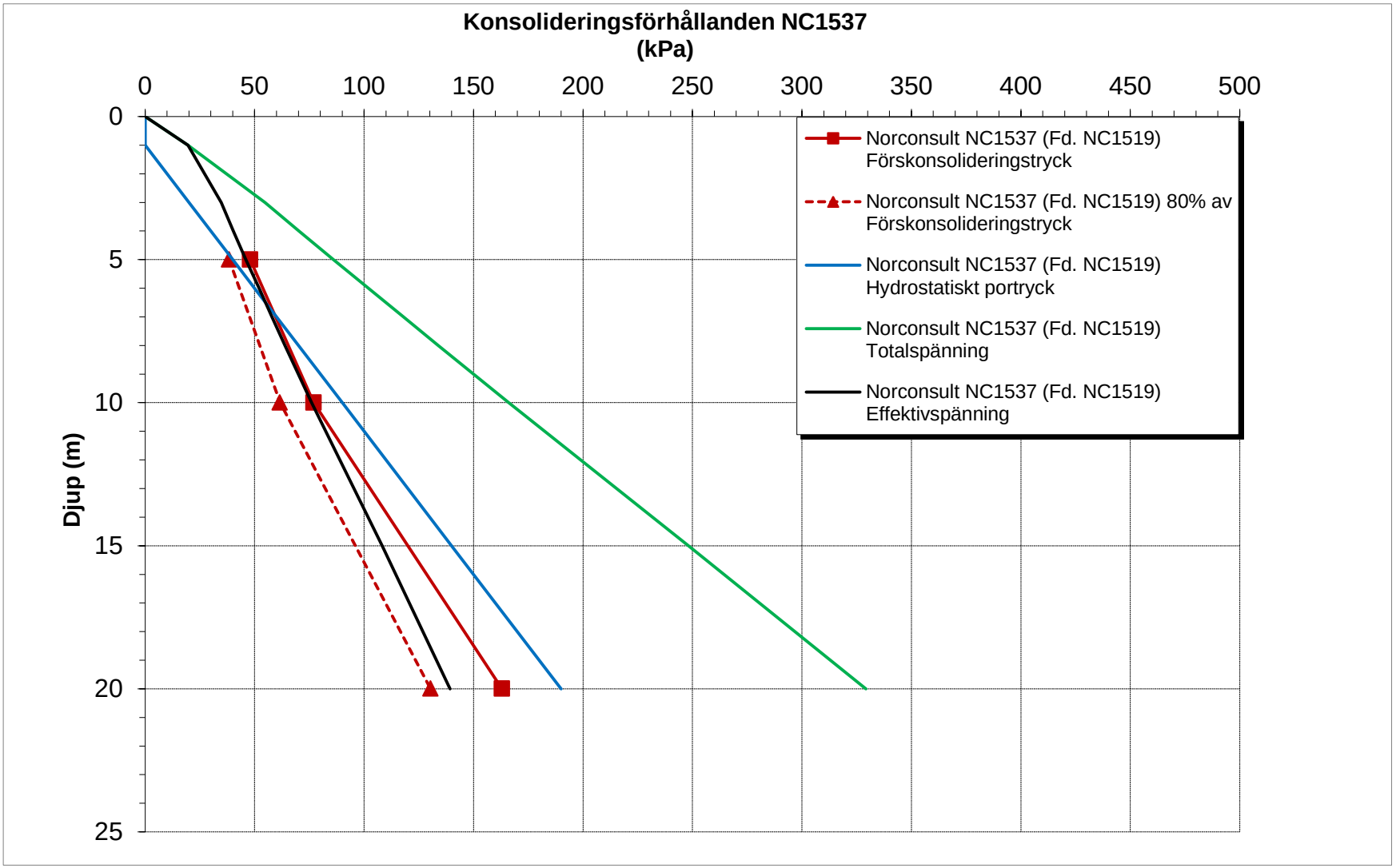
Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1529
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
Djup (m)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Norconsult NC1529 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1529 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1529 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1529 Totalspänning
Norconsult NC1529 Effektivspänning

Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1536
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
0
5
10
15
20
25
Djup (m)
Norconsult NC1536 Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1536 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1536 Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1536 Totalspänning
Norconsult NC1536 Effektivspänning

Norconsult


Konsolideringsförhållanden NC1537
(kPa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
0
5
10
15
20
25
Djup (m)
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) 80% av Förskonsolideringstryck
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Hydrostatiskt portryck
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Totalspänning
Norconsult NC1537 (Fd. NC1519) Effektivspänning

Älvstranden Utveckling AB
Stadsutveckling

FRIHAMNEN
Objekt nr A071104

RAPPORT / UTLÅTANDE

avseende kajer inom

Frihamnen

Rev.	Avser	Rev datum	Egenkontr (Sign/Dat)	Godkänd (Sign/Dat.)

Upprättad av	Egenkontroll (Sign/Dat)	Just efter granskn (Sign/Dat)
Birgitta Röström / Urban Karlsson	BR/150920	BR/151001
Uppdragsledare / Konstruktionsansvarig	Dokumentnummer	
..... Birgitta Röström / Thomas Darholm 2015-10-01	**A071104-4/06–RAP001**	

Certifierad enligt/Certified ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001

COWI AB

HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE
Adress/Address: Skärgårdsgatan 1, Box 12076, SE-402 41 GÖTEBORG
Telefon/Telephone: +46 (0)10-850 10 00
Telefax/Fax: +46 (0)10-850 10 10
Org.nr/Reg. No.: 556204-9501
Säte/Reg. office: Göteborg
Hemsida/Home page: www.cowi.se

Göteborg · Alingsås · Helsingborg · Herrljunga · Jönköping · Karlstad · Kristianstad · Linköping · Malmö · Skövde · Stenungsund · Stockholm · Vänersborg

Innehållsförteckning

Sid

1 INLEDNING 4

2 FÖRUTSÄTTNINGAR 5

3 UPPDRAG 9

3.1 Sidouppdrag 9
3.2 COWI's uppdrag 9

4 UNDERLAG 15

4.1 Planeringsunderlag 15
4.2 Underlag kajer 15
4.3 Övriga undersökningar/utredningar 16
4.4 Allmänt om skadetyper 16

5 KAJDELAR 19

5.1 Historik 20

6 SÖDRA FRIHAMNSPIREN KAJPLATS 101 TILL 106 22

6.1 Utformning befintlig kaj 24
6.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar 26
6.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning 30
6.4 Åtgärder och förslag 31
6.5 Kostnadsuppskattning 31

7 NORRA FRIHAMNSPIREN KAJPLATS 107 TILL 113 32

7.1 Utformning befintlig kaj 33
7.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar 35
7.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning 38
7.4 Åtgärder och förslag 38
7.5 Kostnadsuppskattning 39

8 KVILLEPIREN KAJPLATS 114 TILL 118 40

8.1 Utformning av befintlig kaj 41
8.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar 43
8.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning 45
8.4 Åtgärder och förslag 46
8.5 Kostnadsuppskattning 46

9 KULVERTERING - KVILLEBÄCKSKANALEN 47

9.1 Utformning befintlig kulvertering/rörbroar 47
9.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar 48
9.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning 48

9.4 Åtgärder och förslag 48
9.5 Kostnadsuppskattning 48

10 LUNDBYHAMNEN KAJPLATS 119 TILL 123 49

10.1 Utformning befintlig kaj 50
10.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar 51
10.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning 54
10.4 Åtgärder och förslag 55
10.5 Kostnadsuppskattning 55

11 BEDÖMNING AV ERFORDERLIGA ÅTGÄRDER 56

12 KOSTNADSUPPSKATTNING 60

12.1 Förutsättning 60
12.2 Tidigare utredning 60
12.3 Utredning enligt denna rapport 60
12.4 Kostnadsuppskattning per etapp 61

13 HANDLINGSPLAN 62

14 SAMMANFATTNING / SLUTSATS 64

Bilagor

Bilaga 1: Färjeläge/Översiktskarta kajnummer, AKOS, daterad 2010-12-01
Bilaga 2: Sammanställning / Handlingsförteckning, COWI AB, daterad 2015-06-09
Bilaga 3 Etappgränser och nuvarande fastigheter, Arkitekturkompaniet, daterad 2015-07-02
Bilaga 4: Sammanställning status befintliga kajer, COWI AB, daterad 2015-08-25
Bilaga 5: Uppfyllnad av mark och vatten, Arkitekturkompaniet, daterad 2015-07-02
Bilaga 6: Allmän plats, Arkitekturkompaniet, daterad 2015-07-02
Bilaga 7 Åtgärdsförslag kajtyper, Tyréns, daterad 2015-06-16
Bilaga 8 Åtgärdsförslag kajtyper, COWI AB, daterad 2015-08-25
Bilaga 9: Kostnadsuppskattning åtgärder kaj
Bilaga 10: Sammanställning utförda inspektioner/utredningar kajer Frihamnen, ScanAkos 2015-06-29
Bilaga 11: Beskrivning av befintliga kajer från Göta Älv bron tom kajplats 119 Frihamnen, ScanAkos 2015-06-17
Bilaga 12: Inspektion av kajplats 101-113 och 119-123 Frihamnen, ScanAkos 2015-06-25 inklusive bilaga inspektion kajplats 114 och 116 utförda 2013 och 2014
Bilaga 13: Dykinspektion kajplats 111, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-26
Bilaga 13: Dykinspektion kajplats 112, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-04
Bilaga 13: Dykinspektion kajplats 113, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-03
Bilaga 16: Dykinspektion kajplats 119-123, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-03
Bilaga 17: Dykinspektion av rörbro i Kvillebäckens mynning till Lundbyhamnen, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-02
Bilaga 18: Inspektion Frihamnen KP101-16, FMS Frog Marinee Service AB 2014-12-04
Bilaga 19: Frihamnens kajplats 101-106 Bärighetsutredning, Tyrens 2014-12-19

1 INLEDNING

Frihamnen är ett stort område i centrala Göteborg som ska omvandlas till en levande och dynamisk del av Älvstaden. En blandad stadsdel som genom sitt innehåll ska attrahera både människor och verksamheter.

Utveckling av Frihamnen innebär dock stora utmaningar bland annat på grund av komplicerade grundläggnings- och stabilitetsförhållanden, markföroreningar och då området måste översvämningssäkras mot stigande havsnivåer. Strategin för hantering av denna typ av markfrågor utgör en viktig förutsättning för det fortsatta planeringsarbetet och kommande exploatering.

Förutsättningar beträffande kajer inom Frihamnen och för det fortsatta strategiarbetet sammanfattas i denna rapport med bilagor.

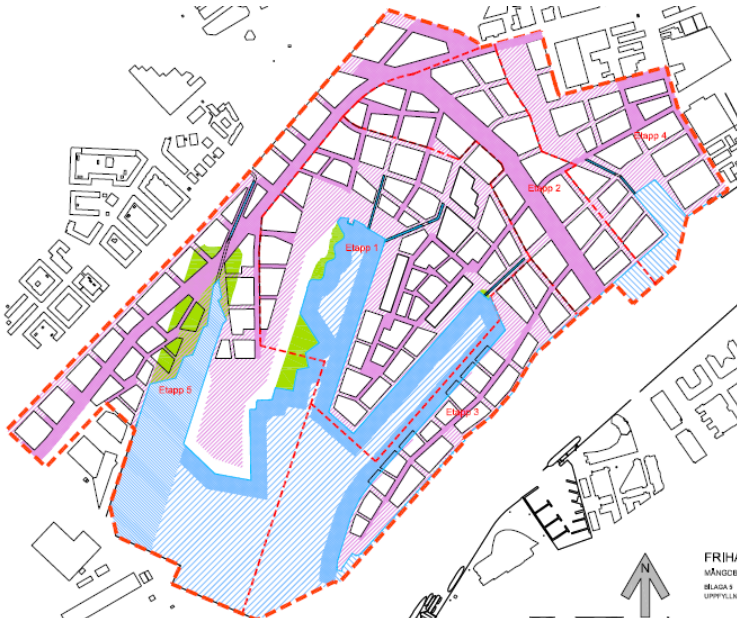
Figur 1: Översikt Frihamnen

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I utredningsskedet har det utifrån tidigare områdesprogram under våren genomförts en workshop-process som lett till att ett planeringsunderlag utarbetats för Frihamnen och del av Ringön. Preliminär markanvändning, enligt planfigurer nedan, kommer att ligga till grund för det fortsatta arbetet med flera kommande etapper och detaljplaner. Områdesöversikt över preliminära etappgränser och nuvarande fastigheter se nedan och i större skala enligt **bilaga 3**.

Figur 2: Förslag på preliminära etappgränser och nuvarande fastigheter, bilaga 3

En områdesöversikt enligt **bilaga 5**, illustration baserad på planunderlag från Stadsbyggnadskontoret, redovisar preliminära uppfyllnader inom vatten- och markområden, stabilitet, park och kvarter respektive blivande marknivåer.



Figur 3: Preliminärt förslag uppfyllning av mark och vatten, bilaga 5

Förslag till preliminär markanvändning inom Allmän plats, enligt bilaga 6, har utgjort utgångspunkt för tillståndsbedömning av befintliga kajer. Gröna ytor markerar parkområde.

Framtida vision om en tät och stadsmässig blandad bebyggelse som ska en vara grön och hållbar stadsdel.

Figur 4: Illustration baserad på planunderlag SBK 2015-06-16 - Planerad mark-användning inom allmän plats, bilaga 6

Generellt i området består jorden av lera med upp till 100 meter mäktighet. En utredning rekommenderas för att bedöma vibrationer från omgivningen.

En sådan utredning ska identifiera källor som påverkar området samt i vilken omfattning.

I och med att Trafikverket påbörjat planeringen av en utbyggnad av Hamnbanan bör dialog inledas om vilken påverkan som en utbyggnad av järnvägen från dagens enkelspår till dubbelspår och utökad trafik innebär.

Åtgärder för att reducera vibrationer är kostsamma, i synnerhet om de måste vidtas i efterhand. Göteborgs hamn planerar för att så mycket gods som möjligt ska gå via järnväg vilket medför att mängden farligtgodstransporter sannolikt kommer att öka utmed Hamnbanan i framtiden. Avstånd till bebyggelse och riskreducerande åtgärder kommer att behöva övervägas. Riktlinjerna enligt översiktsplan för Göteborg och Länsstyrelserna bör ses som utgångspunkt för vidare planering.

Närheten till vattnet är en tillgång men också en utmaning. En lägsta golvnivå på +2,8 är idag stadens gällande riktlinje för att klara stigande vatten. Större delen av marken i Frihamnen ligger idag på +2,0 till +2,5 m, med vissa delar på +1,4. Skydd mot höga vattennivåer krävs alltså.

Enligt ett av förslagen uppförs en barriär mot älvkant, i form av exempelvis en låg mur, samt en slussport mellan Södra Frihamnspiren och Lundbyvassen. Slussporten skulle i vanliga fall vara öppen och göra det möjligt att köra båtar in och ut ur Frihamnen, och endast stängas vid risk för höga vattenflöden. Porten kräver en komplettering av en pumpstation för att kunna pumpa ut dagvatten och tillflödet från Kvillebäcken. Flera alternativ finns dock och detta kommer att studeras vidare.

Området utmed Hjalmar Brantingsgatan, under Lundbyleden och hamnbanans broar, kommer fortsatt att ligga på en låg nivå men skyddas av omkringliggande hög mark och barriärer. Däremot behöver dagvatten pumpas ut.

Med hänsyn till den långa tidshorisonten innan området är fullt utbyggt är det relevant att överväga/belysa följande aspekter kontinuerligt under det fortsatta planarbetet:

- Omfattningen av klimatsäkring:
  Skydda delområden och objekt som t ex samhällsviktig verksamhet (punktinsatser) alternativt att satsa på skydd av större områden. Genom att skydda större områden istället för enskilda objekt, kan både ny och befintlig bebyggelse säkras.
- Tidsaspekten:
  När i tiden bör skyddsåtgärder vidtas (ex. inom 5-10 år eller inom 50-100 år) för att vara som mest effektiva och samhällsekonomiskt gynnsamma.
- Samhällsekonomisk nytta:
  Skyddsåtgärder i form av vallar och barriärer medför stora investeringar för samhället och prioriteringar av åtgärder måste därför göras. Ett viktigt underlag för prioritering är samhällsekonomiska bedömningar av potentiella åtgärder för att utreda den samhällsekonomiska lönsamheten i specifika insatser.

3 UPPDRAG

Ett stort behov finns att analysera och sammanställa befintligt underlag till en samlad bild över vilka planeringsförutsättningar som råder gällande mark och vattenfrågor i Frihamnen. COWI AB har därför, i uppdrag av Älvstranden Utveckling ABs dotterbolag Göteborgs Frihamns AB nedan kallad Älvstranden AB, att bistå i detta arbete avseende kajerna.

Genom att samla in och sortera allt material, med inriktning mot kajerna inne i hamnbassängen, bistår COWI Älvstranden AB i deras arbete med skapandet av kommande strategier för kajerna.

Förutom sammanställning av alla dokument har COWI i uppdrag att med denna rapport lämna en bedömning av kajernas status och ge råd till Älvstranden AB, vilka av de befintliga kajer som är möjliga att låta vara kvar och vilka som måste rivas och ersättas med nya kajer samt förslag på dessa kajkonstruktioner, som underlag till deras arbete om fortsatt utveckling av Frihamnen.

3.1 Sidouppdrag

Parallellt med detta arbete pågår motsvarande arbete för hela Frihamnens område avseende geoteknik och grundläggning. Dessutom undersöker och sammanställer Göteborgs Hamn tillsammans med ELU Konsult AB övriga kajer i hamnen.

Älvstranden AB har under våren 2015 låtit utföra kompletterande inspektioner på kajerna över vatten (ScanAkos AB) och under vatten (UnderYtan Dyk & Inspektion). Resultatet från dessa inspektioner har varit extra viktiga för bedömning av kajernas status och utveckling av skador enligt tidigare inspektioner.

3.2 COWI's uppdrag

Beställning av Älvstranden AB består av olika deluppdrag för COWI AB enligt följande:

1. Samla in och sortera alla utredningar och handlingar avseende allt material som finns tillgängligt för Frihamnen.
2. Sortera materialet i tre delar:
   - Geoteknik
   - Fastigheter
   - Kajer
3. Förteckna alla dokument gällande kajer
4. Kostnadsuppskatta de förslag på kajdisposition som ingår i underlaget
5. Ta fram ett nytt förslag på kajdisposition med förutsättning att försöka behålla befintliga kajer om så är möjligt och att minska kajernas utbredning.
6. Kostnadsuppskatta COWIs förslag som jämförelse med det kajförslag som ingår i underlaget
7. Dela upp kostnadsuppskattningen i dels meter kaj och dels uppdelat per etapputbyggnad som redovisas i underlaget

Uppdraget har sammanfattats i denna rapport som ska ligga till grund för Älvstranden ABs fortsatta arbete med planering och strategier.

3.2.1 Förutsättningar för denna rapport

Den nya stadsdelen knyter an till hamnens historia och bevarar pirernas utformning och vissa byggnader som tex kajskjul 107 och 113, och eventuellt även något av magasinen som kan berätta om hamnens historia.

En viktig utmaning för genomförandet är hur en god blandning av bostäder, verksamheter, skolor och förskolor säkerställs. Smarta lösningar för samnyttjande och multifunktionella byggnader och ytor kommer att behövas.

Förutsättningarna för att exploatera området är utmanande. Området är låglänt, marken har dålig bärighet och kajerna är i dåligt skick.

Merparten av området behöver grundförstärkas med olika typer av pålning. Enligt utredningsmaterialet ska den inre bassängen fyllas igen.

Närheten till vattnet är en tillgång men också en utmaning. En lägsta golvnivå på +2,8 (nivåer angivna i system MW +0) är idag stadens gällande riktlinje för att klara stigande vatten. Större delen av marken i Frihamnen ligger idag på +2,0 till 2,5 m, med vissa delar på +1,0. Skydd mot höga vattennivåer krävs alltså.

Det finns förslag på att en barriär sätts upp mot älvkanten, i form av exempelvis en låg mur, samt en slussport mellan Södra Frihamnspiren och Lundbyvassen.

Slussporten skulle i vanliga fall vara öppen och göra det möjligt att köra båtar in och ut ur Frihamnen, och endast stängas vid risk för höga nivåer i älven. Porten kräver en komplettering av en stor och robust pumpstation för att kunna pumpa ut dagvatten och tillflödet från Kvillebäcken. Ett annat alternativ är ett inre skydd med slussportar mellan pirerna samt ett tredje alternativ med ett yttre skydd vid älvmynningen. De olika alternativen kommer att studeras vidare.

Grundförhållanden

Byggnaderna vid de tidigare kajplatserna är grundlagda på pålar och byggda över fritt vatten med ett djup på upp till drygt 4 m. Bassängen mellan kajplatserna har ett vattendjup som idag varierar mellan 6,0 och 8,5 m.

Grunden i Frihamnsområdet består av lera till cirka 100 m;s djup. Vid utbyggnaden i slutet av 1910-talet schaktades leran bort i ett område längs de blivande kajerna till maximalt 15 m djup under medelvattenytan på cirka 30 meter bredd utanför kajlinjerna. Återfyllnad skedde med grus upp till den blivande bottennivån och gruset släntades upp mot hamnpirarnas mitt. I detta gruslager slog man sedan träpålar för grundläggning av kajer och skjul.

Bakom kajerna gjordes, för avlastning av grunden, 20-28 m breda plattformar av trä grundlagda på träpålar. Plattformarna lades under vattenytan. Träpålningen skyddades mot pålmaskangrepp av en betongspont slagen innanför kajlinjen.

Sättningar inom stora delar av Frihamnsområdet har varit påtagliga. Speciellt gäller det södra pirens bakre del vilken kan översvämmas vid högvatten.

På planritning "Preliminär förslag på uppfyllnad av mark och vatten" enligt **bilaga 5** som är upprättad 2015-07-02, anges en stabiliseringsfyllning längs kajerna med sluttning från 3 till 9 m under havet. Bilagan redovisar också ytor som fylls upp till sluttning och till ny mark.

Parallellt med COWIs uppdrag om kajer pågår arbete med geoteknik. Resultat från denna utredning måste tas i beaktan avseende kajerna. Förslag till igenfyllning av bassängen kan medföra problem med sättningar och påverkan på både kajernas och byggnadernas grundläggning.

Kajutformning

COWIs förutsättningar för utformning av kajerna är att inte beakta uppfyllnad utan att föreslå kajkonstruktioner som måste samordnas med övriga ytor som planerade byggnader och kajytornas användningsområden. Kajerna ska uppföras som en separat konstruktion med total bredd ca 6 m varav kaj 4 m. På kajen ska det vara möjligt att hänga en konsolad brygga alternativt i anslutning till kaj placera flytbryggor.

Förslag på typkajer som tagits fram i tidigare utredningar redovisas i bilaga 7.

Kajerna förutsätts inte vara för stora fartyg utan enbart en eventuell angöring av fritidsbåtar och mindre servicebåtar där så angivits.

All trafikfunktion förutsätts ske inne i kvartersområdena och hantera transporter till/ifrån fastigheterna. Förutsättning för kajerna är belastning av gång- och cykelstråk samt servicefordon. Kajerna bör även klara utryckningsfordon.

Yta mellan hus och kaj ska tillhöra kajen men utformning måste samordnas.

För de nya kajförslagen, enligt denna rapport, är det inte aktuellt, i detta läge, att projektera fallskydd, pållare för angöring av båtar, vägräcke eller estetisk utformning.

Det är inte heller aktuellt med garage under byggnaderna men förråd i källare, hisschakt och dylikt ska beaktas.

3.2.2 Genomförande

Projektet startade med en inventering och sortering av allt material som finns att tillgå för området. Handlingarna som berör kajerna är förtecknade i en sammanställning enligt **bilaga 2**.

3.2.3 Tillståndsklassificering

Utifrån sammanfattningen av allt material har en tillstånds- / bärighetsbedömning av respektive kajdel/sträcka utförts med inriktning och följande bedömningar:

- Klarar ställda krav i x antal år. Lämpligt är att sätta X lika med 5 år.
  Under denna tid bör inspektionsintervallet tätas upp i början men stäms av efter varje inspektion.
- Begränsad livslängd. Kan bli aktuellt att omgående sätta ner bärigheten
- Kräver en bärighetsutredning med eventuell provtagning och beräkningar
- Rivs och ersätts med ny kaj

Är underlaget otillräckligt eller har en gammal datering, vilket innebär att registrerade skador riskerar att utvecklats vidare, så anges att COWI inte kan bedöma denna kajplats och kräver ytterligare undersökningar/utredningar.

I dykrapporter har förhållanden i Frihamnen påverkat resultatet vilket inneburit att en optimal inspektion under vatten inte varit möjlig att utföra på grund av dålig sikt, löst kvarglömt formvirke och trånga utrymmen som försvårat arbetet och riskerar utsätta dykaren för fara osv.

Definition och förutsättning för kajerna är att kajytan ska klara trafiklast av gång- och cykeltrafikanter samt utryckningsfordon. Transporter till och från fastigheterna ska ske på ett inre gatunät i respektive område med byggnader.

Förslag på en fortsättning av denna rapport, men som inte ingår i uppdraget, är att komplettera med att tillståndklassa respektive kaj/konstruktionsdel exempelvis genom att följa system enligt **BaTMan, B**ro- **a**nd **T**unnel**Man**agemanet.

BaTMan är ett hjälpmedel för effektiv förvaltning av broar, tunnlar och andra typer av byggnadsverk, exempelvis färjelägen och stödkonstruktioner. Trafikverket är ägare och förvaltare till BaTMan och ansvarar för vidareutvecklingen av systemet.

BaTMan används förutom av Trafikverket även av Sveriges kommuner och landsting bland annat Trafikkontoret i Göteborg och diverse hamnar däribland Göteborgs hamn.

I BaTMan beskrivs hela livscykeln för konstruktioner, från vaggan till graven. Här åter-finns metodik- och systematikbeskrivningar som krävs för att arbeta med såväl enskilda som grupper av konstruktioner. Vidare utvecklas tankarna kring planering, för såväl objektet som verksamhetsplaneringen för en ägares hela bestånd.

Tillståndet på kajernas konstruktion skulle kunna bestämmas med hjälp av mätmetoder som redovisas på delar av konstruktionen. Mätmetoden ska redovisas med ledning av pågående eller inträffade skadeutvecklingar, nedbrytningsprocesser, förorenings-processer etc.

Mätmetod bestäms av:

- Skadetyp
- Konstruktionselement
- Material
- Övrigt (t ex elementets verkningssätt)

Endast sådana brister som påverkar de olika konstruktionsdelarnas funktion tillstånds-klassas.

Underlag för bedömningen av **tillståndklass** utgörs av aktuella och eventuella tidigare uppmätta värden avseende det fysiska tillståndet. Vidare erfordras kunskaper om de nedbrytningsprocesser som förorsakar skadorna.

Som stöd för bedömningen kan även användas de så kallade gränsvärden som finns redovisade för de flesta av mätmetoderna. Gränsvärdet för en mätvariabel anger en skadeomfattning som om den överskrids kan innebära att en konstruktionsdels funktion enligt avsnittet "Funktionellt tillstånd" kan vara bristfällig.

Följande tillståndsklasser förekommer inom Trafikverket och i BaTMan.

TK3 Bristfällig funktion vid inspektionstillfället

TK2 Bristfällig funktion inom 3 år

TK1 Bristfällig funktion inom 10 år

TK0 Bristfällig funktion bortom 10 år (skadefri vid inspektionstillfället)

Som information kan nämnas att Göteborgs Hamns klassificering har frångått intervallet 3 år och i stället valt 5 år vilket vi avser att använda i denna rapport.

Klassningssätt
Konstruktionen kan bärighetsklassas och detta kan ske genom individuell-, schablon- eller generell klassning.

3.2.4 Redovisning

Resultat av sammanställning redovisas i denna rapport med bilagor. Övrigt underlag finns separat samlat digitalt för respektive kajdel/sträcka.

Samtliga tillgängliga handlingar är förtecknade i en sammanställning enligt **bilaga 2**.

Rapport avslutas med en sammanfattning och rekommendation om fortsatt hantering och om kompletterande bärighetsutredning /bärighetsberäkning bör utföras för att säkerställa resultat och bedömningar.

Rapporten är indelad i ett kapitel per kajdel/sträcka enligt följande:

5 Kajdelar Frihamnen

6 Södra Frihamnspiren kajplats 101 till 106

7 Norra Frihamnspiren kajplats 107 till 113

8 Kvillepiren kajplats 114 till 118 (fram till Kvillebäckskanalen)
(Uppgifter gällande Kajplats 117 och 118 saknas)

9 Kulvertering - Kvillebäckskanalen

10 Lundbyhamnen 119 till 123

Varje kajdel/sträcka är sammanfattad och redovisad med följande underrubriker:

X.1 Utformning befintlig kaj

X.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar
- Inspektion utförd 2015
- Övriga undersökningar/utredningar

X.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

X.4 Åtgärder och förslag

X.5 Kostnadsuppskattning

Sammanfattning av utförda undersökningar/utredningar enligt kapitel X.2 under respektive kajdel/sträcka är placerad i kronologisk ordning.

Älvstranden AB har under våren 2015 låtit utföra inspektion av kajerna över och under vattnet och dessa resultat sammanfattas först. Därefter kommer övriga tidigare utförda undersökningar/ utredningar.

Bedömning av erforderliga åtgärder och förslag på utförande av nya kajer är redovisat enligt kapitel 11. Det finns dels ett material som upprättats av Tyréns, enligt bilaga 7, i tidigare utredningsskedet och dels de förslag som COWI tagit fram, enligt bilaga 8, i arbetet med denna rapport.

Kostnadsuppskattning av förslagen återfinns i kapitel 12. Kostnader är uppdelad per m kaj samt även kostnad per etapp enligt angiven uppdelning.

Etappindelning och gränser mellan respektive etappers ordningsföljd i utförandeskedet, enligt bilaga 3, kan komma att ändras. Följande etappindelningar gäller för denna rapport:

- Etapp 1: Norra Frihamnspiren och del av Kvillepiren
- Etapp 2: Omfattas och redovisas inte av COWIs uppdrag i denna rapport
- Etapp 3: Södra Frihamnspiren
- Etapp 4: Omfattas och redovisas inte av COWIs uppdrag i denna rapport
- Etapp 5: Del av Kvillepiren och Lundbyhamnen

För etapp 2 och 4 saknas underlag på befintliga kajer/slänters utförande förutom den inventering som redovisas i ScanAkos utredningar enligt bilaga 11 och 12. Rapporten omfattar ändå förslag till nya kajkonstruktioner för samtliga etapper och med tillhörande uppskattning av kostnader.

Poängteras skall att plushöjdsnivåer i underlaget varierar. Vissa handlingar är angivna i höjdsystem Göteborgs lokala system där medelvattennivå, MW, är +10.00. På andra handlingar sätts motsvarande MW till +0.00.

3.2.5 LCC analys

Innan kajernas definitiva utformning beslutas och om delar av befintlig kaj är möjlig att behålla bör en LCC analys (Livscykelkostnad - Life Cycle Cost) utföras. Livscykelkostnaden är totalkostnaden för en viss kajdel under hela dess livslängd, från att den installeras till att den slutligt tas ur bruk.

4 UNDERLAG

Allt underlag som tillhandahållits är sammanställt och sorterat efter respektive kajdel enligt handlingsförteckningar bilaga 2.

Underlaget har inkommit från Älvstrandens Utveckling AB dotterbolag Göteborgs Frihamns AB via mail och på USB-minne, Göteborg Hamns dokumentationsportal via databasen HyperDoc extern och portföljregistret. Underlag från Göteborgs Hamns förvaltningssystem BaTMan har laddats ned av COWI med kompletteringar från ELU Konsult AB.

Rapporter från bärighetsutredningar och resultat från senast utförda inspektioner, över och under vatten, är i huvudsak de dokument som resulterat i denna bedömning av kajernas status och bärighet.

De underlag som ej hänvisas som bilaga med ett dokumentnummer bifogas ej denna rapport. Dessa underlag finns att tillgå hos Älvstranden AB.

4.1 Planeringsunderlag

- Områdesöversikt, Göteborgs Hamn, 2010-12-01, **bilaga 1**
- Program inklusive sammanfattning för Frihamnen och del av Ringön, SBK 2014-06-04, bifogas ej
- Underlag enligt bilaga 1 till 19

4.2 Underlag kajer

Underlag för kaj/slänt ut mot älven saknas förutom den inventering som utförts av ScanAkos.

Kajplats 101 – 106:

- Inspektion Frihamnen KP 101 – 106. FMS Frog Marin Service 2014-12-04 **bilaga 18**
- Rapport Frihamnen kajplats 101 – 106, Bärighetsutredning. Tyréns 2014-12-19 **bilaga 19**

Kajplats 107 – 116:

- Frihamnen kajplats 107 – 108. DAWAB 2012-08-06
- Frihamnen skadeinventering 2008 Kajplats 106 – 110, Projektteamet AB 2011-01-01
- Frihamnen kajplats 107-110, bärighetsutredning, Projektteamet AB 2008-06-11
- Dykinspektion Frihamnen kajplats 111, UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-26 bilaga 13
- Inspektion Kvillepiren Zon 1, kajplats 114, FMS Frog Marin Service 2014-07-14 ingår i ScanAkos inspektionsrapport **bilaga 12**
- Kvillepiren 116 (1-5). Inspektionsrapport, ÅF 2013-09-25 ingår i ScanAkos inspektionsrapport **bilaga 12**

- Inspektion Kvillepiren Kp 116, FMS Frog Marin Service 2014-11-14
- Kvillepiren skadeinventering 2008 Kajplats 116 Version 2011 Projektteamet AB
- Projektteamet AB: Lägesrapport efter avslutad skadeinventering, 2009-01-20

Kvillebäckskanalen kulvertering mellan Lundbyhamnen KP 123 och Kvillepiren:

- ELU Konsult AB: Kvillepiren – Utredning av pålars bärförmåga, 2014-04-22
- UnderYtan Dyk & Inspektion: Dykinspektion rörbro i Kvillebäckens mynning till Lundbyhamnen, 2015-06-02

Kajplats 119 – 123

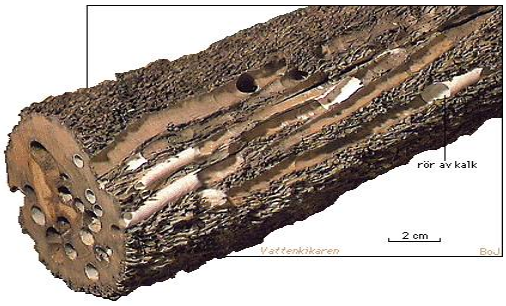
- UnderYtan Dyk & Inspektion: Dykinspektion av Lundbyhamnen Kajplats 119 – 123, 2015-06-26 enligt **bilaga 17**

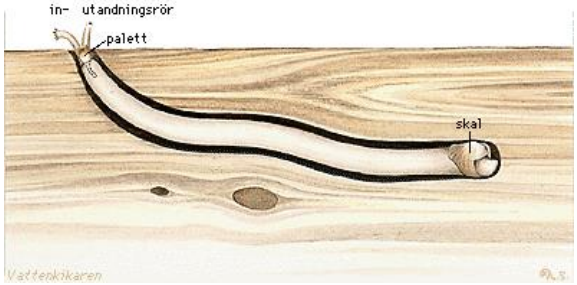
4.3 Övriga undersökningar/utredningar

- Underlag i form av tidigare undersökningar och inspektioner inkl ritningar inom området. Materialet är omfattande och uppgår till ca 50 st utredningar och undersökningar inom området med varierande innehåll.
- Aktuella batymetri /botteninmätningskartor med redovisning av Lundby-bassängens mudderfyllning som planeras utföras nästa årsskifte 2015/16 vilket innebär att Lundbybassängen kommer att sandtäckas upp till 4 meters vatten-djup.
- Fördjupad stabilitetsutredning för Ringön, Sweco 2014-09-15.
- Översvämningsskydd längs Göta älv, Ramböll 2014-11-28.
- Utbyggnader i Göteborgs hamn under åren 1962-1987, L Paulson 1987-11-16

4.4 Allmänt om skadetyper

Träpålar:
Många av pålarna i Frihamnen är mer eller mindre angripna av **Skeppsmaskar (Teri-dinidae)**. Detta är inte en mask utan en familj med maskformade musslor med endast två mycket små skalplåtar. Skeppsmasken angriper trä i saltvatten med salthalt 0,9-3,5% (västkusten) och mest i vattenlinjen Till en början är masken liten och orsakar bara millimeterstora hål men inne i trävirket växer den till sig och kan i värsta fall or-saka centimetertjocka gångar i träet.





Figur 5: Ett exempel av hur skeppsmask påverkar trä

Skeppsmask förstör träet i skeppsvrak och pålar/bryggor när dessa finns i havsvatten och skeppsmasken är huvudorsak till att äldre vrak av träfartyg inte existerar i saltvatten och att flera av kajerna döms ut.

Saltvatten från havet tränger upp i Göta älv. Saltvatten möter sötvatten och bildar en **saltvattenkil** under sötvattnet. Det är i denna kil som skeppsmasken lever i och förstör pålarna av trä. Eftersom havsvattennivån antas ökas under de närmsta 100 åren kan saltvattenuppträngningarna bli mer frekventa. Genom statistik om saltavstängningar, havsvattennivåer och vattenflöden i Göta älv finns utredningar som visar på samband och på orsakerna kring problemet. Om havsnivån höjs 1 meter, som det varnas för enligt framtagna prognoser, kommer saltvatten kilen och därmed angrepp på pålarna i framtiden förändras.

Djupet där vi har salthalt som skeppsmasken trivs i sträcker sig ganska långt in och skydd med betong och stålspont motverkar men säkerställer inte skeppsmasken angrepp. Dagens gränsskikt mellan salt- och sötvatten ligger vid ca 4 meters vattendjup. Fyller man upp till denna nivå så avstannar angreppen men kommer starta igen om saltvattenkilens nivåer förändras.

Betongkonstruktioner:
Betongen måste också vara beständig mot angrepp av salter, klorider, från havsvattnet, magnesiumsalter och sulfater, som på lång sikt kan bryta ned betongen kemisk från ytan och inåt. När betongytan försämras på grund av ettringit, kalkutfällning, urlakning och andra förhållande kan det innebära spjälkning under vattenyta och i skvalpzonen.

En bättre beständighet för betong i havsvatten kan t.ex. uppnås vid användning av tillsatsmaterial, som masugnsslagg eller flygaska, till betongen utöver vad som krävs enligt betongstandard. En beständig betongkonstruktion i havsvatten uppnås när betongen har anpassats till den omgivande miljön med sikte på de angreppsparametrar som är karakteristiska för havsvatten.

De två viktigaste förändringsprocesserna som leder till skador på betongkonstruktioner är **karbonatisering** och **kloridangrepp**. Både karbonatisering och kloridangrepp orsakar korrosion på armering, vilket kan få stora konsekvenser för konstruktionens tillförlitlighet och prestanda. Områden med isnötning i skvalpzon är mest utsatta.

Kunskaperna om karbonatisering och kloridangrepp, samt resulterande korrosion, är idag betydande på materialnivå; dock finns fortfarande stora frågetecken hur dessa kunskaper på materialnivå kan tillämpas på hela strukturer samt hur och när funktionsupprätthållande åtgärder måste vidtas.

Om cementpastan är **urlakad** förekommer oftast **kalkutfällningar**. Sammanhållning finns men bindningen blir försvagad.

Vittring innebär att ingen sammanhållning finns mellan ballast och cementpasta. Vittring orsakas oftast av kloridangrepp, frostspänning eller nötning av vatten eller is.

Betong som spricker loss i sjok eller skiktas till följd av inre krafter exempelvis vid frostsprängning kallas **spjälkning**.

Sprickor är när material delat sig i större eller mindre omfattning. Exempel på sprickor är böj-, drag-, krymp-, temperatur- och sättsprickor.

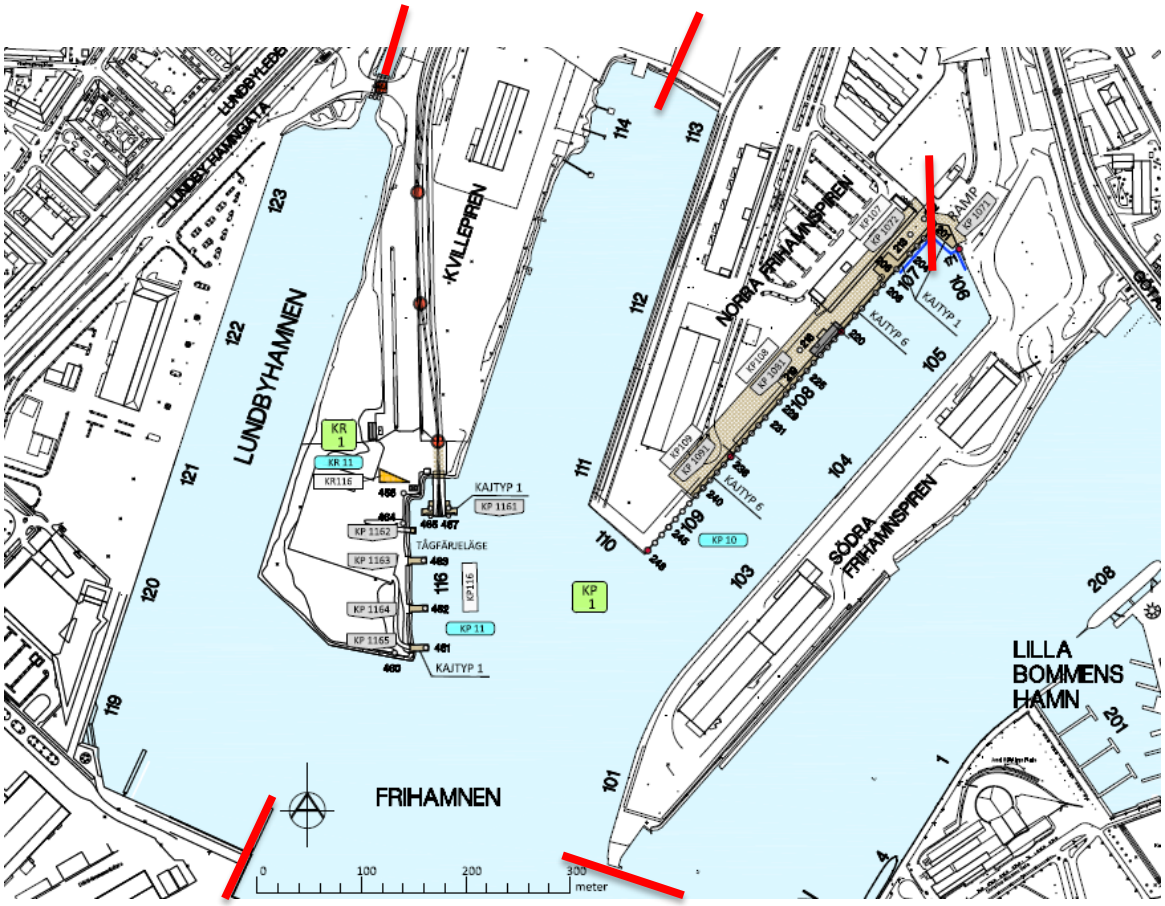
Betong i havsvatten måste ha låg permeabilitet avpassad efter önskad livslängd och måsta vara luftinblandad och frostbeständig. Livslängden bestäms primärt av tid för inträngning av klorider i kritisk nivå till armeringen. Här är det viktigt att bestämma parametern för kloriddiffusion för att kunna beräkna krav till tjocklek av täckande betongskikt.

Saltsprängning orsakad av kristalltillväxt på betongpålar, **Ettringit**, har blivit ett problem för kajer. Orsaken till betongens motståndsförmåga anses vara att betongytan täcks med ett tätt skikt av aragonit vilket bildas genom reaktion mellan havsvattnets och betongen.

Sulfatangrepp på cementpastan har lett till bildning av Ettringit. Ettringit är fysikaliska angrepp på en färglös till gul mineralkristall, oftast färglösa pelarkristaller, delvis uttorkad blir vitt och innebär frostangrepp i närvaro av salt, t.ex. avisningssalt eller havsvatten. Omfattande experiment visar att mycket kraftig avskalning av betongytan kan uppträda när saltlösningen har låg koncentration. Ofta uppnås den mest negativa effekten vid 1 à 3% saltkoncentration. Typen av salt spelar mindre roll, vilket visar att det inte handlar om något kemiskt angrepp. Mineraliska tillsatsmaterial har ofta negativ påverkan på beständigheten mot salt-frostangrepp.

5 KAJDELAR

Rapporten och redovisningen av kajdelarna är uppdelad enligt figur nedan.



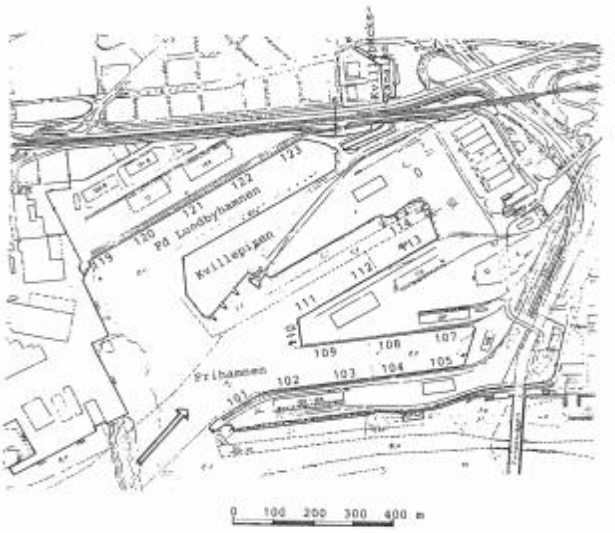
Figur 6: Plan Frihamnen med pirnamn och kajplatsnumrering, bilaga 1

- Södra Frihamnspiren kajplats 101 till 106 enligt kapitel 6
- Norra Frihamnspiren kajplats 107 till 113 enligt kapitel 7
- Kvillepiren kajplats 114 till 116 (fram till rörbron röd pil) enligt kapitel 8
- Kajplats 117 och 118 finns inte markerad på underlagen. Enligt bedömning i denna rapport finna två alternativ. Delas anslutande kaj före kajplats 119. Alternativt Kvillepirens kaj mot Lundbyhamnen.
- Rörbron mellan Kvillepiren och Lundbyhamnen enligt kapitel 9
- Lundbyhamnen 123 till 119 enligt kapitel 10

5.1 Historik

Göteborgs Frihamn invigdes **1922** och var vid slutet av **1950**-talet Sveriges största hamn för export och import. AB Svenska Amerika Linjen stod för både passagerartrafik och godslast.

Namnet Göteborgs Frihamn säger i sig att hamnen haft en särskild funktion som hamn där varor kunnat lastas och magasineras under obegränsad tid utan att tullas.



Figur 7: Plan Frihamnen

Frihamnen invigdes år **1922** efter åtta års utbyggnadsarbeten. Den omfattade då kajplatserna 101-104, 108-111 och huvuddelen av kajplatserna 105 och 107. Alla med 9,0 m vattendjup. Under **1920**-talet tillkom några kajskjul, som numera är rivna. Under slutet av **1930**-talet i samband med utbyggnaden av Göta Älvbron skedde en omfattande utbyggnad av Frihamnen med bland annat magasin, ny entré, ny förvaltningsbyggnad och ny bangård. På **1940**-talet kompletterades kaj 105 till 107 och uppfördes kajskjul 107.

I början av **1960**-talet påbörjades en större utvidgning av Frihamnen mot norr och efter hand införlivades hela Kvillepiren i Frihamnen. Kaj 112-113 och skjul 113, det sista flervåningsskjulet i Göteborgs hamn, togs i bruk år **1964** liksom första skeppet av magasin H.

År **1969** anlades ett enkelt ro/ro-läge med trädykdalber och ramp med trädäck vid kajplats 114, Kvillepiren, för lossning av importbilar. Redan året därpå ersattes rampen med en betongramp för trailertrafik och fyra år senare kompletterades färjeläget för större fartyg.

År **1970** togs 10 m vattendjup upp i farleden in till Frihamnen och vid kajplatserna 102, 103, 109 och 111-112 i samband med att tre fruktfirmor byggde en ny bananterminal vid kajplats 102-103.

Samma år byggdes skjul 105. Två år senare breddades kaj 111 och ett nytt kajskjul 111 togs i bruk. En vägförbindelse till Lundbyhamnen över Kvillebäckskanalen öppnades år **1977** och två år senare införlivades också Lundbyhamnen med Frihamnen.

Dessutom har under årens lopp ett stort antal byggnader rivits och nya uppförts. Omfattande mark- och spårarbeten i samband med rivningar av byggnader och utvidgningar av Frihamnsområdet har också utförts.

Sedan avvecklingen av frihamnsverksamheten i Frihamnen har ett slags stiltje uppstått på platsen där dess funktion har övergått till att fungera som en företagspark samtidigt som viss sjöfartsverksamhet finns kvar i området.

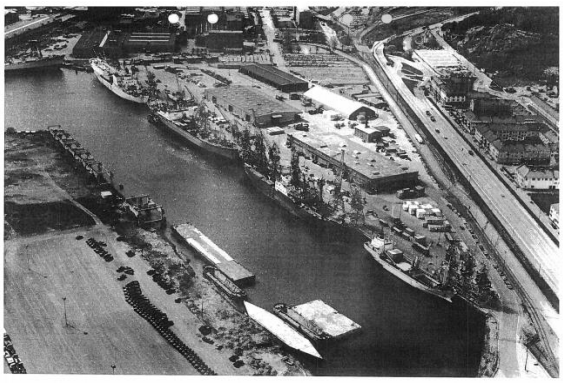
Under mitten av **1970**-talet avvecklades varven successivt på grund av varvskrisen. Krisen följdes av en lång sjöfartsdepression och Göteborgs sjöfartsekonomi var beroende av den internationella utvecklingen men behöll ställningen som Sveriges viktigaste hamnstad.

Stena Line etablerades i Göteborgs under **1960**-talet och upptar merparten av kajområdet längs den södra älvstranden men finns även i Frihamnen på Kvillepiren idag. **1985** skedde stora förändringar när Göteborgs hamn förvandlades från kommunalt bolag till aktiebolag.

Södra Frihamnspiren är den längsta piren som är kopplad till den gamla Hisingsbron och har tjänat som lasthamn för bananimporten, därav dess smeknamn **Bananpiren**, från **1930** fram till år 2000. Verksamheten flyttades då till Skandiahamnen. I och med att Sverige gick med i EU **1995** anpassades Sveriges handelsregler efter EU:s och därmed var Göteborgs frihamn inte längre en frihamn i tullteknisk mening från och med årsskiftet 1**995/1996**. Detta innebar att all handel med övriga EU i princip likställdes med inrikestrafik och frihamnsbegreppet upphörde.

Den **Norra Frihamnspiren** består av två magasin och är även den kopplad via en bro över Kvillebäckskanalen till Kvillepiren. Båda pirerna är inhängnade och på kajerna ut mot vattnet är kranar placerade på räls för att lyfta frakten in i magasinen.

Lundbyhamnen togs i bruk år **1952**. Den omfattade då liksom nu 600 m kaj för 9,0 m vattendjup.

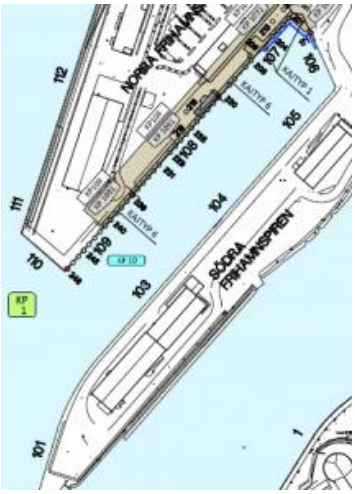


Vid västra ändan av Lundbyhamnens kaj anordnade man år **1968** ett enkelt ro/ro-läge för feederfartyg med 75 m längd förlagt tvärs kajen. En förbindelseväg mellan Lundby- och Frihamnarna öppnades år **1977** och två år senare införlivades Lundbyhamnen med Frihamnsområdet.

Under åren **1982** och **1983** utförde man omfattande reparationer av kajens betongdäck och av krankontakträннan.

Idag är Frihamnen en plats med byggnader från 30- talet och framåt.

6 SÖDRA FRIHAMNSPIREN KAJPLATS 101 TILL 106



Figur 8: Södra Frihamnspiren

Södra Frihamnspirens kaj, även kallad Bananpiren, består av delen ut mot älven och kajplats 101 till 106.

Södra Frihamnspiren anlades i betong i älven vid Tingstadsvass och har en form som är helt och hållet skapad och anpassad för hamnverksamhet och som behållits i sin ursprungliga form.

För delen ut mot älven saknas kajplatsnummer men har följande uppbyggnad från Götaälvbron till pirnock kajplats 101:
Närmast Götaälvbron finns ett betongdäck på pålar som är avstängt för trafikbelastning på grund av skador.

Foto: Betongdäck närmast Götaälvbron

Mellan denna konstruktion och nästa, en murad kaj, består strandlinjen av sprängsten.

Foto: Sprängstensslänt / kaj mot älven

Nästa delsträcka är återigen en sprängstensstrand med en utanförliggande brygga/påldäck av trä med träpålar.

Kajen är utförd av murade betongkonstruktioner i olika former. Grundläggning okänd.

Längst ut på södra Frihamspiren finns det en pålad bryggkonstruktion som enligt utredningar och rapporter är i så dåligt skick att hela konstruktionen ska rivas.

Framtida funktion redovisas på planritning **bilaga 6**. Ute på pirnock och i hörnet mellan kajplats 105 och 106 är planerade parkområde. På resten av Södra Frihamnens yta kommer det att byggas hus med gator och torgyta. I gränsen mellan kajplats 103 och 104 blir det enligt tidigare utredning en flytbro över till Norra Frihamnspiren.

Längs hela kajen, kajplats 101 till 106, föreslås en stabiliseringsutfyllnad och en uppfyllning under kajytan enligt **bilaga 5**.

Längs kajen mot älven ska en kaj byggas som ska klara älvfårans nya krav och vattennivåer.

Grundförhållanden

Grunden i Frihamnsområdet består av lera till cirka 100 m djup. I slutet av 1910-talet skedde en utbyggnad. På cirka 30 m bredd utanför kajlinjerna schaktades leran bort till maximalt 15 m djup under medelvattenytan. Återfyllnad skedde med grus upp till den blivande bottennivån och gruset släntades upp mot hamnpirarnas mitt. I detta gruslager slog man sedan träpålar för grundläggning av kajer och skjul.

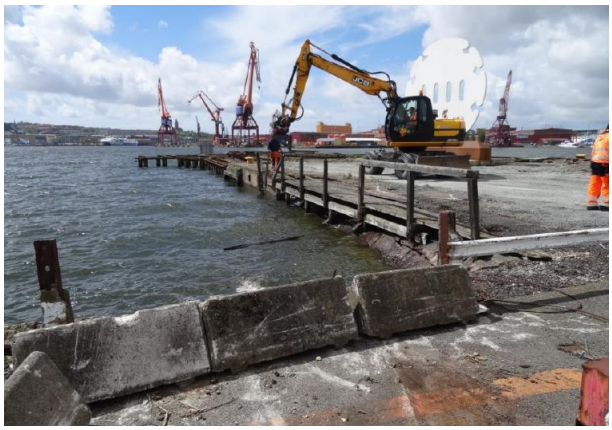
Bakom kajerna gjordes för avlastning av grunden 20-28 m breda plattformar av trä grundlagda på träpålar. Plattformarna lades under vattenytan. Träpålningen skyddades mot pålmaskangrepp av en betongspont slagen innanför kajlinjen. Den tekniska utformningen baserades på rekommendationer av 1916 års kajkommission, som tillsattes med anledning av ett kajras vid Stigbergskajens västra del.

Sättningar inom stora delar av Frihamnsområdet har varit påtagliga. Speciellt gäller det södra pirens inre del vilken kan översvämmas vid högvatten.

6.1 Utformning befintlig kaj

Kajen består av pålat kajdäck som är ca 630 m med variationer enligt sektioner nedan. Pålarna är av trä med en yttre spont av betong som delvis blivit ersatt med stålspont.

Foto: Kajplats 101 till 105

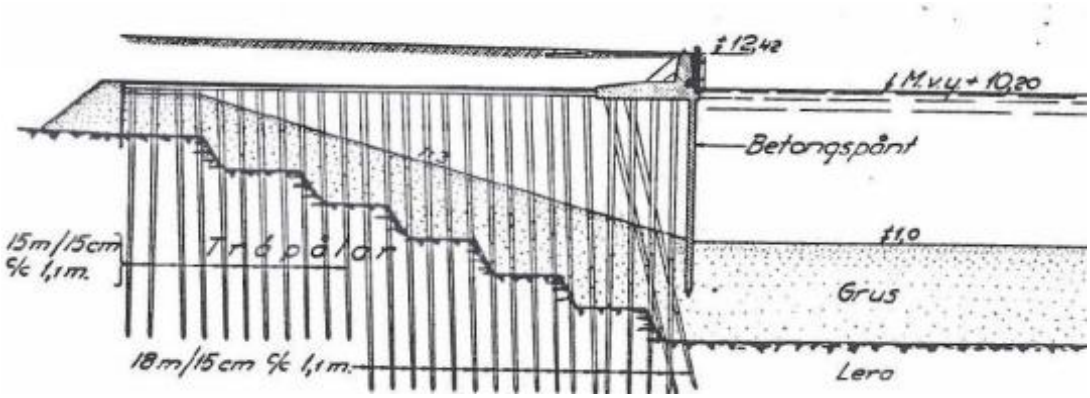


Längst ut på södra Frihamnspiren pågick en rivning vid inspektionstillfället 2015-06-04. Enligt rivningsentreprenören skulle hela konstruktionen rivas.

Foto: Nytt trädäck

Vid inspektionstillfället, 2015-05-11, pågick arbetet på kajplats 101-105. Kajdäcket kläddes in med ett trädäck, se foto ovan, längs hela konstruktionens längd.

Kajplats 101 till 104



Figur 9: Sektion kajdäck kajplats 101 till 104 vid första utbyggnaden 1921

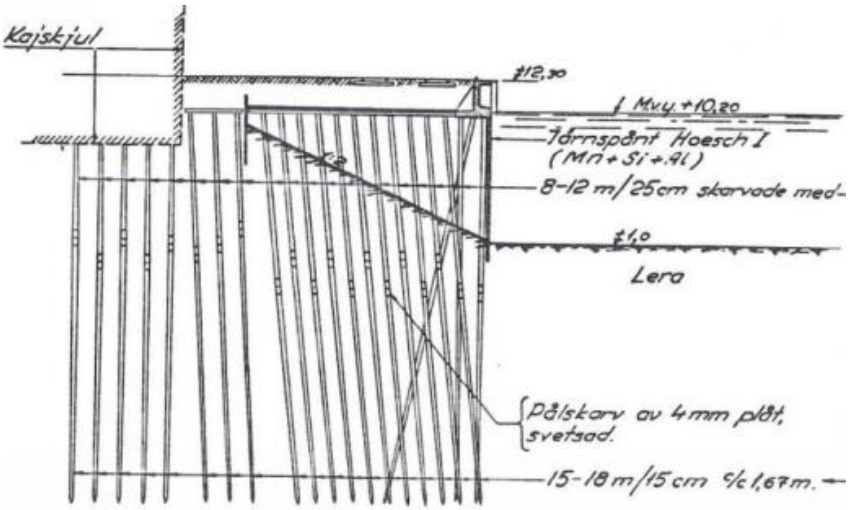
Kajplats 101-105 består av pålat kajdäck, längd ca 630 m. Kajen är grundlagd med kohesions/friktions pålar av trä samt en betongspont i fronten som delvis blivit ersatt med stålspont i samband med utbyggnad vid kajplats 105 på 1940-talet då hamnbassängen byggdes ut. Denna stålspont är bortrostad och kompletterad med ny stålspont ca år 1995.

Ovanpå dessa vilar en kajfront av betong beklädd med natursten och innanför betongen ett trädäck med 10”x8” stock + 2 lager 3” plank med en överkant på +10,2, se figur ovan. Påltoppen torde därmed ligga på ca +9,85 innan sättningar. Över denna rustbädd finns fyllning med friktionsmaterial upp till ca +12,50. Överkant kajhuvud är +12,30.

Kajplats 101-103 är muddrad till 10 meters vattendjup på 70-talet för bananbåtarna.

Enligt den detaljerade stabilitetsutredningen inom Göteborgs stad skiftades lermaterial ut i ett område längs kajerna till maximalt djup 15 m under grundvattenytan. Därefter utfördes en återfyllnad med friktionsmaterial till den blivande bottennivån och friktionsmaterialet sluttades upp mot pirernas mitt. Kajdäcken byggdes av trä och grundlades på 15-18 m långa träpålar samt att en betongspont drevs ned längs kajkant. Denna konstruktionstyp omfattar kajplatserna 101-110 samt den tidigare kajplats 111.

Kajplats 105 och 106



Figur 10: Sektion kajdäck kajplats 105 och 106

På 1940-talet byggdes hamnbassängen ut och utvidgades åt nordost med kajplats 105 till 107.

Kajen består av pålat kajdäck. Pålarna är av trä med en yttre spont av stål. Vid denna kaj återfylldes ej med friktionsmaterial.

Vid håltagning i sponten, i samband med inspektion 2014, konstaterades att slänt inte ser ut som på ritning, se inspektionsresultat nedan. Bottendjupet är i öppningens nederkant 3,6 m. Massorna just innanför sponten ligger på 3,4 m. Väsentligt högre än på ritning vilket ger ett bra för skydd mot skeppsmask men ett högre tryck på spont som är korroderade.

Djupet just utanför sponten är 5,7 m och sluttar ut från sponten. Ligger gammalt virke innanför sponten vilket innebär att man inte kunnat inspektera arbetsmiljömässigt säkert.

6.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar

Kajplats 101-106 inspekterades översiktligt av ScanAkos till fots och via båt i maj-juni 2015.

På kajplats 101-106 utfördes en bärighetsutredning av Tyréns AB under 2014. Vissa utvalda delar av kajen inspekterades med hjälp av dykare (Frog Marine Service) under november till december 2014.

Resultat från utredningar och inspektioner sammanfattas nedan:

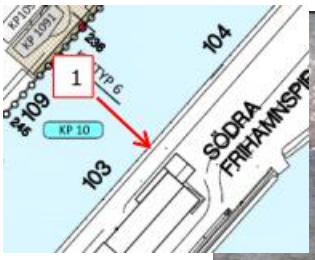
Inspektion utförd 2015:

Kompletterande inspektion 2015 på kajplats 101 till 106 utfördes bara över ytan.

- ***Dokument "Frihamnen inspektion", Scanakos 2015-06-25***

Generellt saknas det fog på kajplats 101 till 105 se foto nedan.

Det förekommer en del kalkutfällningar under plattan och sprickor i livet med lokala skador i form av armeringskorrosion på ut- och undersida.



Två sprickor i muren, markerad med 1 ovan, mellan kajplats 103 och 104.

Foto: Sprickor i murkonstruktion kajplats 105

Två sprickor i muren på kajplats 105, markerad med 2 ovan,. Sprickorna antas orsakade av rörelser.

Foto: Kajplats 105

Längst in vid kajplats 105, markerad med 3, förekommer det spjälkning och vittring samt en hel del kalkutfällningar.

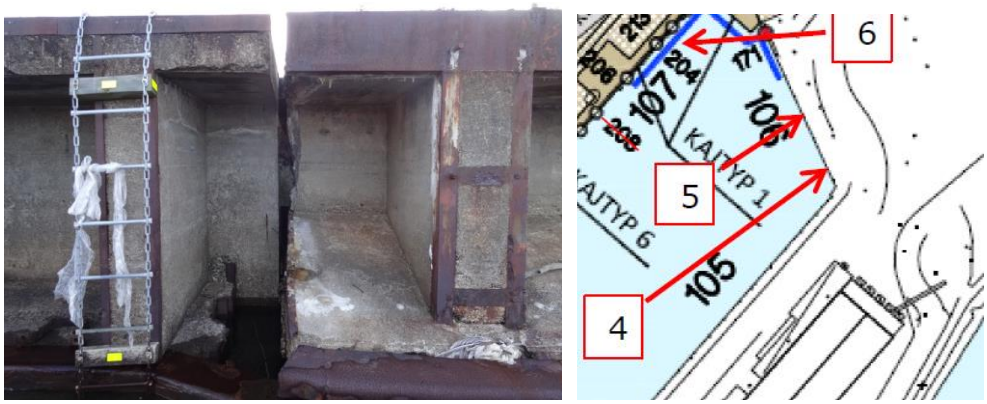


Foto: Glipa i dilfog på kajplats 106

Även på kajplats 106, pil 4, förekommer en hel del kalkutfällningar under platta och i sprickor i liv.

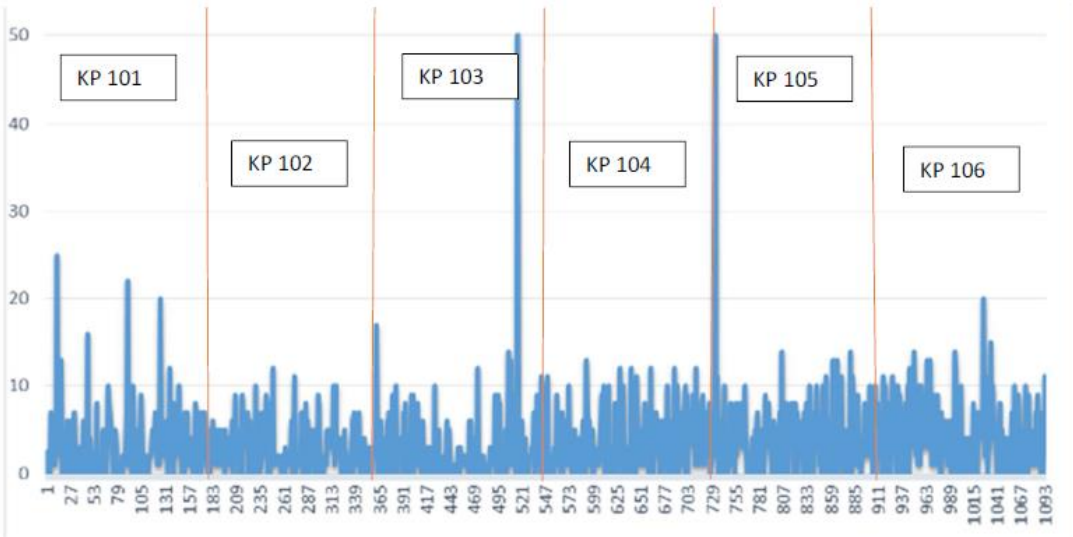
Vid pil 5, figur och foto ovan, är det en dilfog i kajkonstruktionen med 70 mm glipa. Synligt att glipan varit mindre från början vilket tyder på en rörelse i kajkonstruktionen.

<u>Övriga tidigare undersökningar/utredningar:</u>

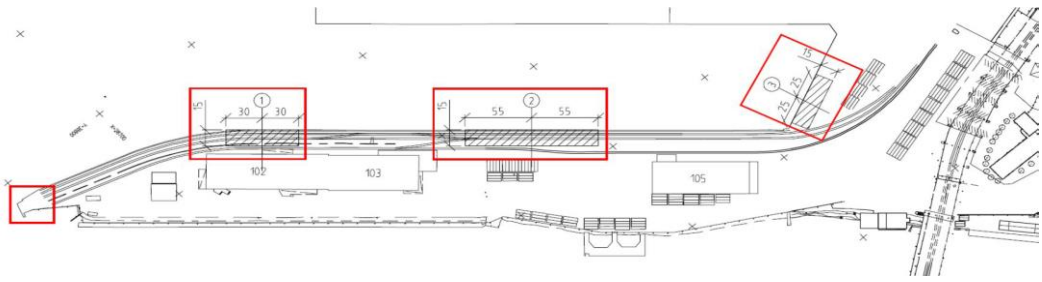
- ***Dokument "Inspektion Frihamnen KP 101 – 106", FMS 2014-12-04***

Inspektionen utfördes 2014-11-14 till 2014-12-04. Gliporna mellan varje betongspont har mätts upp och redovisas i rapporten. Om gliporna är mindre än 7 cm och inte förskjutna så sker ingen direkt genomströmning/ läckage, detta p.g.a. spontens utformning med "nåt och fjäder" som är ca 7 cm som passar in i varandra.

Nedan visas mätningarna i ett diagram. Där man ser bottenfördjupningar på spontens insida med sonar härleder man till större glipor i Frog Marine Service redovisning.



Figur 11: Komprimerat diagram över glipornas storlek i cm. I överkant kajplatsnummer. I nederkant spontnummer.



Ett hål i betongspont 191 m söder nordöstra hörnet (kajplats 105/106) har tagits upp. Två betongspont kapades ca 2 m undervattenytan för åtkomst av insidan.

Konstaterades med hjälp av sonarbilder att slänt inte ser ut som på ritning. Djupet innan för sponten ligger på ca 6,5 m och botten är ganska plan i profil in till 18 m in under kajen där det sedan börjar att slänta upp. Slänt går in ca 35 m.

Djup, med salthalt som skeppsmasken trivs i, sträcker sig ganska långt in. Gränsskiktet mellan salt/sötvatten ligger vid ca 4 m vattendjup.

Yttre raderna av träpålarna är angripna men skadorna minskar ju längre in man kommer. Konstaterat att Skeppsmask trivs bättre ju närmare spont pålen är och där spont är skadad, öppningar/glipor, är pålarna ur funktion.

Sonar bilderna visar att så långt som det var möjligt att se i sidled just innanför sponten så är botten varierande men ligger djupare än ca: 6,5 m. Med sonaren inspekterades ca 30 m längs sponten åt varje håll från ingångshålet.

Sonar bilder längre in under kajen i nordsydlig riktning bekräftar att sluttens profil är liknande även på ca 20 m om bägge sidor om ingångshålet (maximalt synområde med Sonar).

Djupet just utanför sponten är 5,7 m och sluttar ut från sponten.

Inget synligt angrepp av skeppsmask på pålar av det som var synligt vid ingångshålet. Det var för mycket gammalt trävirke i vägen för att komma in och undersöka för arbetsmiljösäkerheten.

Med sonaren konstaterades att slänten sträcker sig ca 10 m in. Bottennivån just innanför sponten är ungefär den samma. Inspektionen synades ca 10 m på varje sida från ingångshålet.

Mellan kajplats 103 och 104 är sponten av 7 m under vattenytan och saknas ned till botten som är 10,4 m djup. I början av kajplats 105 saknas de nedersta 30 cm av sponten.

- ***Dokument "Bärighetsrapport Rapport kajplats 101 – 106, Bärighetsutredning", Tyréns 2014-12-19***

Utifrån bedömda risker av angripna pålar med skeppsmask har en kontroll av kapaciteten utförts. Både maskangrepp och vattendjup är mycket avgörande för bärigheten.

Med hänsyn till ovanstående bedöms att kajytan kan belastas med 20kN/m² förutom de yttre 20 metrarna som får en nedsatt bärighet. 15 m närmast vattnet bärigheten 3kN/m² och cirka 5 meter 10kN/m². Halva pirnocken och betongvändskivan mot hamnbassängen, kajplats 101 och 102 sätts bärighet till noll.

6.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

Utifrån tidigare utförda undersökningar och rapporter ska halva pirnocken och betongvändskivan mot hamnbassängen inte beträdas och rivas av säkerhetsskäl. På kajplats 103 är del av grönytan mot hamnbassängen lika angripen som pirnocken. Ett område med en bredd på 7 m från kajkant bör därför för säkerhets skull stängas av helt. Arbete med rivning verkar pågå eller vara helt klart.

På ett antal större glipor som är redovisade i utredningen föreligger det att en vidare utredning måste ske.

Kajplats 103 till 104 kommer att ansluta till en ny flytbro. Kajen måste därmed anpassas till brons landfästen.

Kajplats 105 till 106 (övergång mellan södra och norra Frihamnspiren) förefaller vara i relativt gott skick och behöver endast rivas om det erfordras för anpassning till nya byggnader eller verksamhet. Ytterligare utredningar erfordras för att noggrannare bestämma för vilka delare som kan bevaras.

Grundläggning för ny byggnad i anslutning till kajplats 106 kan innebära att denna kajplats måste rivas och ersättas.

Utifrån ovanstående bör hela kajen fram till kajplats 105 rivas och ersättas med ny kaj inom en femårsperiod. Under tiden fram till rivning måste inspektionsintervall tätas upp.

6.4 Åtgärder och förslag

Skall någon del av kajen kvarstå längre än 5 år måste en fördjupad utredning utföras.

Ersättning med ny kaj ska projekteras med hänsyn till kommande fastigheter och verksamheter. Förutsättningar för denna rapport är att ny kaj ska utföras med en bredd av 6 m varav del av denna yta ska samordnas med blivande fastigheter.

På cirka 50 % av kajen ska det vara möjligt att hänga på en brygga på längre nivå alternativt att komplettera med en flytbrygga bredd ca 2,50 m.

Förslag till åtgärd, plan och kajtyper, enligt **bilaga 8**.

6.5 Kostnadsuppskattning

Kostnader för rivning av kaj uppskattas till cirka 10.000 kr/m.

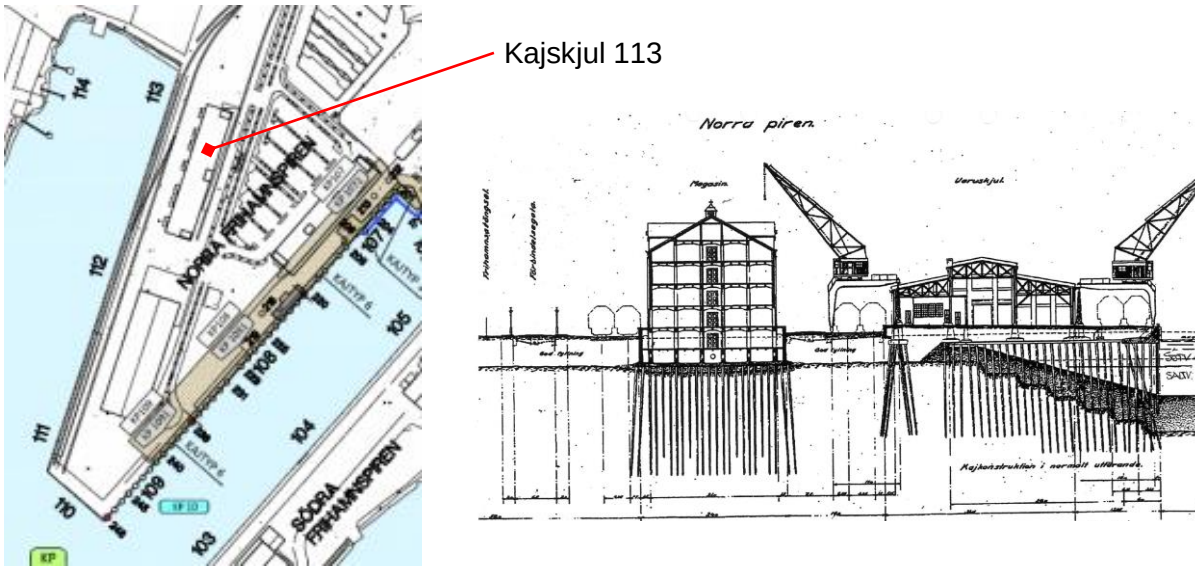
Kostnad för att anlägga en ny pålad betongkaj bredd 4 m, enligt kajtyp 2, kajplats 101-105, uppskattas till cirka 75.000 kr/m.

En ny pålad betongkaj bredd 6 m mot älven, enligt kajtyp 1, bedöms kosta cirka 95.000 kr/m.

Kostnad för tillstånd och projektering ingår ej i dessa kostnader.

I övrigt se punkt 12.

7 NORRA FRIHAMNSPIREN KAJPLATS 107 TILL 113



Figur 12: Norra Frihamnspiren

Norra Frihamnspiren består av kajplats 107 till 113.

Framtida funktion redovisas på planritning **bilaga 6**. På hela kajytan föreslås byggnader, vägar, torg och från kajplats 113 mot Kvillepiren en jubileumspark. Nya flytbroar föreslås dels mellan kajplats 108/109 till södra Frihamnspiren och dels mellan kajplats 111/112 till Kvillepiren.

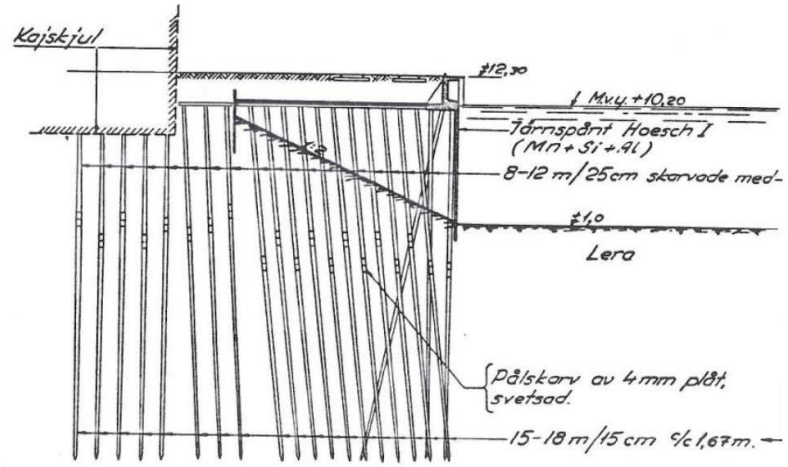
Längs hela kajen föreslås en stabiliseringsutfyllnad.

Kajskul 107 och 113 (placering se **bilaga 4**) och är planerat att vara kvar efter ombyggnationen av Frihamnsområdet.

För övrigt kan nämnas att i två 70 m breda stråk tvärs över Kvillepiren och norra Frihamnspiren har mark skapats genom igenfyllning av Kvillebäcks- och Tingstadskanalerna. Fyllnadsmaterialet avviker från den normala lergrunden.

7.1 Utformning befintlig kaj

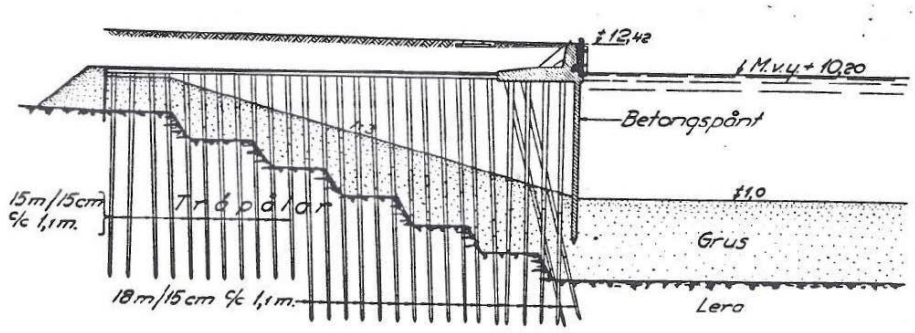
Kajplats 107



Figur 13: Sektion kajdäck kajplats 107

Kajplats 107 är delvis ombygd enligt figur ovan. Den del som kvarstår se sektion kajdäck kajplats 108 till 110. Pålarna är av trä med en yttre spont av stålspont. Norra inre hörnet är en betongramp som byggdes för DFDS Englandsbåtar. Rampen är grundlagd på 52 m långa kohesionspålar av betong.
Kajdäck har under senare år delvis täckts med ett trädäck.

Kajplats 108 till 110

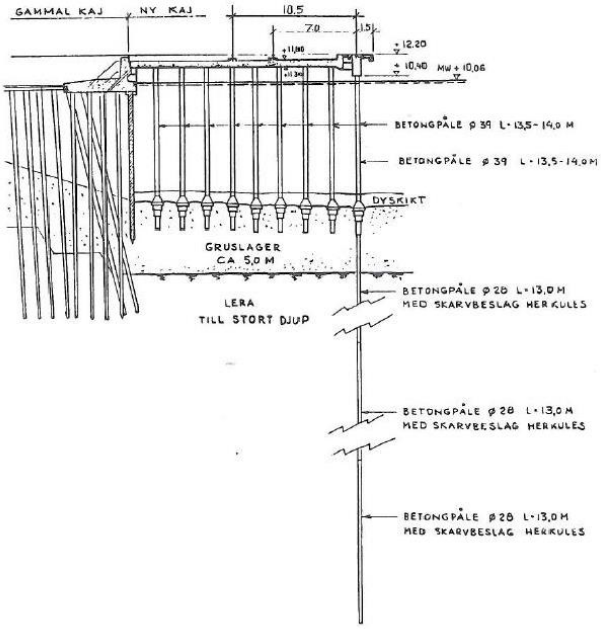


Figur 14: Sektion kajdäck kajplats 108 till 110

Kajplats 108-110 består av ett pålat kajdäck. Kajen är grundlagd med kohesions/friktions pålar av trä samt en betongspont i fronten.

Ovanpå dessa vilar en kajfront av betong beklädd med natursten och innanför betongen ett trädäck med 10”x8” stock + 2 lager 3” plank med en överkant på +10,2, se figur ovan. Påltoppen torde därmed ligga på ca +9,85 innan sättningar. Över denna rustbädd finns fyllning med friktionsmaterial upp till ca +12,50. Överkant kajhuvud är +12,30.

Kajplats 111



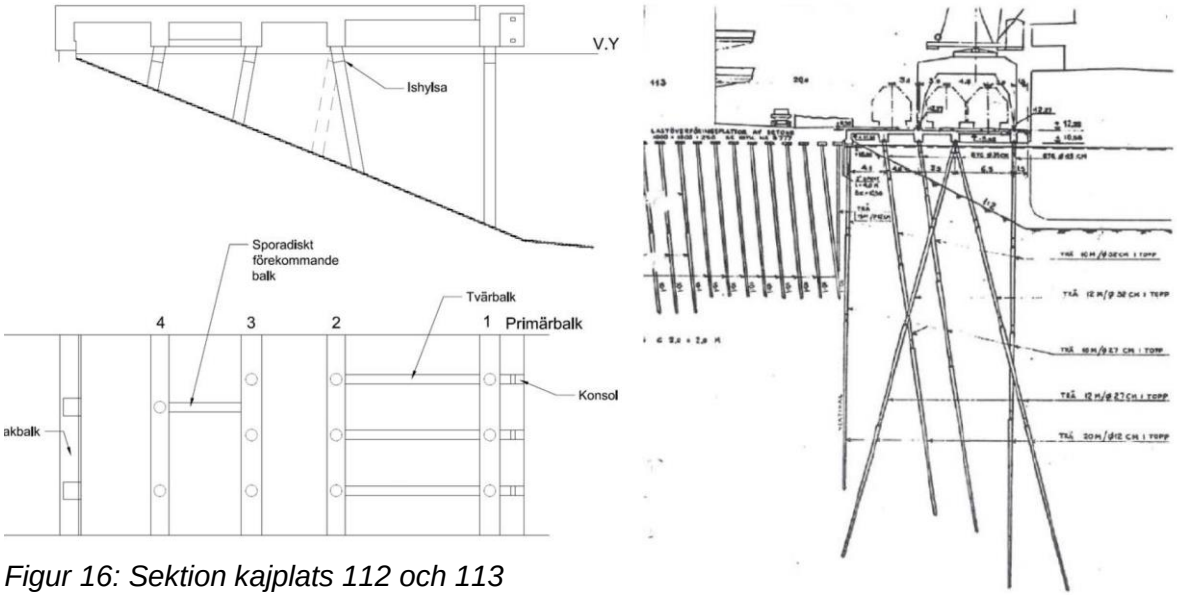
Figur 15: Sektion kajdäck kajplats 111

År 1972 breddades kaj 111 ut till samma kajlinje som kaj 112. Breddningen gjordes som ett pelardäck. Pålningen fick ett mycket speciellt utförande på grund av den gamla grusfyllningen från 1910-talet. Huvuddelen av pålningen bestod av 13 m långa betongpålar försedda med speciellt utformade klumpfötter som slogs ned 3 m i grusfyllningen. Endast den yttre pålraden, som bär upp den yttre kranbalken, avviker med sina 53 m långa pålar slagna genom grusfyllnaden.

Kajdäcket är 0,5 m tjockt och har en 0,4 m makadamfyllning med asfaltbeläggning. Kajen har två järnvägsspår samt kranspår för 7,0 och 10,5 m spårvidd med en kontaktledningsränna på insidan av yttre kranspåret. Enligt skriften "Utbyggnader i Göteborgs Hamn under åren 1962-1987" finns laster för vad kajen dimensionerats för. Förutom laster av järnväg och styckegodskranar har kajen även dimensionerats för en jämnt utbredd last av 2,5 ton/m^2 och för axeltryck på 65 ton. Kajens södra del är dimensionerad med tanke på tunglyft. Den har en bärighet på 380 ton inom två områden på vardera cirka 100 m^2. Om lasterna är rätt kan vi inte kontrollera men punktlasterna känns stora.

Kajen är försedd med Cordkappfendrar och mellanliggande träavvisare samt 50 tons pollare på var 10:e m. Den har uttag för el och telefon samt vattenposter och kajstegar. Figur 15 visar en sektion genom kajplats 111.

Kajplats 112 och 113



Figur 16: Sektion kajplats 112 och 113

Kajplatsens uppbyggnad framgår av sektionen ovan. Mellan kajplats 113 och 114 består strandlinjen av sprängstensslänt.

År 1964 togs kajplatserna 112 och 113 i bruk efter att en omfattande utbyggnad av Frihamnen mot norr utförts. Denna utbyggnad innebar att Kville- och Tingstadskanalerna igenfylldes vilket skapade den nuvarande inre hamnbassängen. Kajen konstruerades med ett 20 meters kajdäck på 40-50 meter långa träpålar för att kunna uppta lasten från en hamnkran samt ett tågset. Vidare byggdes även ett ca 20 meter brett påldäck innanför kajdäcket i syfte för lastupptagning inom de inre delarna av piren.

Kaj 112-113 har fått en modernare och lättare konstruktion än de tidigare kajerna i Frihamnen. Den är byggd som ett 0,35 m tjockt betongdäck med 0,4 m makadamfyllning upplagt på fem längsgående balkar grundlagda på upp till 54 m långa skarvade träpålar med överpålar av betong. Inom kajens område har man inte som vid de gamla kajerna ersatt de övre lerlagren med grus.

Bakom kajen finns en stabilitetspålning med upp till 12 rader av 18-20 m långa träpålar med bankpålplattor i stället för en avlastande träplattform.

Vid byggandet fick man en mindre förskjutning av kajslänten, där kajen korsade den gamla Kvillebäckskanalen. Detta visar att fyllnadsmassorna här är av sämre kvalitet än i den orörda lergrunden. Kajen byggdes för 9,5 m vattendjup, men år 1970 tog man upp 10 m vattendjup vid kaj 112 utan att några förstärkningsåtgärder behövde vidtagas. Oklart om man kontrollerade om förankringen var ok. Kajlinjen för kaj 112-113 lades 20 m utanför den gamla kajen 111.

7.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar

Kajplats 107 - 110 inspekterades av Frog dyk AB, Göteborgs Hamn AB och Svensk Broinspektion AB 2007 vilket sammanställdes i en skadeinventering med foton, lägesbeskrivningar mm.

Skadeinventeringen sammanfattades av Projektteamet i en bärighetsutredning 2008.

En sammanfattning av inspektionen från 2007 ovan, skriven av Svensk Broinspektion, daterad 2008-06-25, finns registrerad i BaTMan med beteckning "Frihamnen Sammanfattning av skadebesiktning 2007-08" (kopplad till konstruktion 7010-107-1).

Provtagning på olika pålar på kajplats 107 - 109, utförda av Dawab 2008, finns registrerad i BaTMan med beteckning "Projekt 10177 - Rapport inspektion Frihamnen KP 107-109 redigerad", daterad 2008-05-06 (kopplad till konstruktion 7010-107-1).

Protokoll från Dawabs provtagning ovan, som visar vilka kajsträckor man varit på, var ingångshålen i sponten finns samt var man tagit prover på olika pålar och hur dessa prov ser ut, för konstruktion 7010-107-1, 7010-108-1 och 7010-109-1 (kopplad till konstruktionerna).

Kajplats 107 - 113 inspekterades översiktligt av ScanAkos till fots och via båt i maj-juni 2015.

Kajplats 111 - 113 inspekterades av dykare (Under Ytan Dyk & Inspektion) genom stickprover var 25:e meter. Inspektionen skedde i maj-juni 2015.

I BaTMan finns även registrerade kloridprover utförda 2008 av Göteborgs Hamn för kajplats 107-109.

Resultat från utredning och inspektion sammanfattas nedan:

Inspektion utförd 2015:

- ***Dokument: Frihamnen inspektion Scanakos 2015-06-25***

Förekommer en del kalkutfällningar.

Saknas fog lokalt mellan stenar på kajplats 108 och 109.

Det finns en spricka i muren kajplats 110 vilket tyder på rörelse i kajkonstruktionen. En liten krosskada kan noteras med rostig armering.

Det förekommer krosskador och armeringskorrosion utefter hela kajplats 111 till 113.

- ***Dykinspektion av Frihamnen kpl 111, Under Ytan 2015-06-26***

Vittring som noterats är måttlig. Mindre armeringskorrosion, spjälkningsskador samt hårfina sprickor troligen orsakade av felaktigheter i uppförande än allmän nedbrytning.

Inre delen av kajen ansluter mot den gamla kajens krönbalk och betongspont och kan inte inspekteras okulärt. Tidigare inspektioner har påvisat angrepp av borrmussla (skeppsmask). Om stenkajen är grundlagd på träpålar, vilket vi tror, finns överhängande risk att dessa är angripna.

- ***Dokument "Dykinspektion Kajplats 113", UnderYtan Dyk & Inspektion 2015-06-03***

Kajen är i förhållandevis gott skick. Vittring som noterats är måttlig. Sprickor med kalkutfällning förekommer generellt i underkant platta.

Gjut sår som påverkar bärande pelares tvärsnitt noteras i bakbalken, skadornas allvarlighetsgrad beror på hur dessa pelare är grundlagda och bör utredas.

I landanslutningen i norr noteras en stålspont som i överkant är ingjuten i betong. Sponten viker av in under kajen och här är avståndet mellan vattenytan och betongen enbart 0,2-0,3m.

Under kajen sticker sponten upp ca 0,6-1m från befintlig botten innan den blir ingjuten i betong strax ovan vattenytan. I anslutning till stenslänten är sponten genomrostad dock visar ultraljudsmätningarna i vattnet på kvarvarande godstjocklek mellan 6-8mm.

Då åtkomligheten är begränsad från vatten så krävs ytterligare inspektion för att fast-ställa spontens kondition ovan vatten och då lämpligen genom provhål på landsidan.

Betongbalken som är ingjuten i överkant av spont är vittrad i ett 0,1m högt fält med ett skadedjup om 3-5mm från primärbalk 3 och in till bakbalken.

Pålarnas isskydd är korroderade dock ej genomrostade.

<u>Övriga tidigare undersökningar/utredningar:</u>

- ***Sammanfattning Frihamnen skadeinventering 2008 Kajplats 106 – 110, Svensk Broinspektion AB 2008-06-25***

Mindre skador är registrerade på kajen.

En majoritet av pålarna utdömda och kajens ska vara avstängd.

Klorid-, karbonatisering och tryckhållfast har utförts. Kloridhaltsmätning (CBI klorid-jonhalt) visade på höga halter.

Ettringitangrepp med 15% helt fyllda, 60% delvis fyllda och 25% helt fyllda porer

Mikrosprickorna är troligen inte orsakade av ettringitbildning.

- ***Dokument "Frihamnen kajplats 107-110, bärighetsutredning", Projektteamet AB 2008-06-11***

Skeppsmask i träpålarna.

Kajen döms ut och en omedelbar avstängning av kajplats 109 ca 70 m från pirnocken och 15 m in. Avstängningen måste vara så effektiv att även personer hindras tillträde.

7.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

Krosskador och armeringskorrosion förekommer utefter hela kajplatsen.

Flera av kajplatserna har dömts ut tidigare med en omedelbar stängning där stora delar av pålarnas bärförmåga är ur funktion, se **bilaga 4.**

Tillståndet avseende kajplats 107 till 110 är att dessa ska rivas och ersättas med ny kaj. Kajplatserna stängs av omgående för all trafik både från land och sjö.

Kajplats 111 till 112 kommer att påverkas vid uppförande av de nya fastigheternas grundläggning, vid anslutande kajer och för landfäste ny bro till Kvillepiren. Befintlig kaj måste därmed rivas och ersättas.

Kajplats 111 och 112 kan belastas med 10 KN/m^2 på den yttersta delen. Utredning och en fördjupad bärighetsbedömning utförs inom 5 år. Vid ombyggnad med nya fastigheter bör kajen rivas.

Kajplats 113 är den kaj som kan vara möjlig att behålla där kajskjul 113 ska kvarstå. Åtkomsten från vattnet har varit begränsad vilket innebär att status för hela kajen är svår att bedöma. Isskydden är för korta vilket innebär att betongpålen har noteratde vittringsskador. Inspektionsintervallet av de befintliga pålarna bör tätats där kontroll av skadeutveckling säkerställer kajens status innan beslut tas om kajen är möjlig att behålla.

7.4 Åtgärder och förslag

Kajplats 113 är den kaj som kan vara möjlig att behålla då kajskjul 113 ska kvarstå. Då åtkomligheten är begränsad från vatten så krävs ytterligare inspektion för att fastställa spontens kondition ovan vatten och då lämpligen genom provhål på landsidan.

Då åtkomligheten är begränsad från vatten så krävs ytterligare inspektion för att fastställa spontens kondition ovan vatten och då lämpligen genom provhål på landsidan.

Isskydden sträcker sig 0,7 m ned på pålen. Enligt dykarnas bedömning förefaller avståndet vara något för kort då vittring i betongpålen noteras nedanför stålet i fälthöjder om 0,1-0,4m och ett skadedjup om 6-10mm.

En inspektion av befintliga pålar med tätare kontroll än var 25:e meter bör utföras för att säkerställa kajens status innan beslut tas. Om Kajplats 113 ska vara kvar bör den repareras och estetiskt anpassas till anslutande kajer.

Innan kajplats 113 belastas och riskerar bli påverkad av omgivande arbeten, exempelvis vid spont- och pålningsarbeten, bör en inspektion av kajen tydligt dokumenteras så att mätvärden finns vid en eventuell förändring och påverkan av kajen.

Ska kajplats 113 ingå i en framtida utbyggnad erfordras en fördjupad utredning och en förnyad bärighetsbedömning.

Gjutsår som påverkar bärande pelares tvärsnitt noteras i bakbalken, skadornas allvarlighetsgrad beror på hur dessa pelare är grundlagda och bör utredas och åtgärdas.

I övrigt ersätts befintliga kajer med en pålad betongkaj, bredd 4 m kajyta med cirka 2 m anslutande del mot nya byggnader. Kajen är lämplig för att utföras med en påhängd brygga på hela eller delar av sträckan.

7.5 Kostnadsuppskattning

Rivning av befintlig kaj kostar cirka 8,500 kr/m.

Ny pålad betongkaj bredd 4 m, enligt kajtyp 2, kostnad cirka 76.000 kr/m.

Om kajplats 113 behålls så innebär det en minskad kostnad på ca 11 miljoner kr. Rivning av kajplats 113, 133 m, är cirka 1.15 miljoner kr och ersättning med ny kaj cirka 10 miljoner.

Renoveringskostnad för kajplats 113 bedöms grovt till 2.000 kr/m.

Kostnad för reparation av befintlig kaj och anpassning av denna samt tillstånd och projektering ingår ej i dessa kostnader.

I övrigt se punkt 12.

8 KVILLEPIREN KAJPLATS 114 TILL 118

Figur 17: Kvillepiren

Kvillepiren består av kajplats 114 till 118 fram till kulvertering av Kvillebäcken. Kajplats 117 och 118 är inte markerad på planen då någon kaj på ytan mot Lundbyhamnen byggts. Uppgifter från utredningar och inspektioner om var gränsen går mellan kajplats 117 och 118 saknas.

Vid byggandet av intilliggande kajer fick man en mindre förskjutning av kajslänten, där kajen korsade den gamla Kvillebäckskanalen. Detta visar att fyllnadsmassorna här är av sämre kvalitet än i den orörda lergrunden. Kajen byggdes för 9,5 m vattendjup, men år 1970 tog man upp 10 m vattendjup vid kaj 112 utan att några förstärkningsåtgärder behövde vidtagas.

Framtida funktion redovisas på planritning **bilaga 6**. På del av kajytan mot Lundbyhamnen föreslås fastigheter och lokalgator, men i huvudsak är kajens funktion en jubileumspark. En flytbro föreslås från Kvillepiren till Norra Frihamnen och en bro från Kvillepiren till Lundbyhamnen.

Längs hela kajen kommer en stabiliseringsutfyllnad, med en uppfyllnad under kajytorna, utföras. Ytor mot norra Frihamnspiren fylls upp som ny mark.

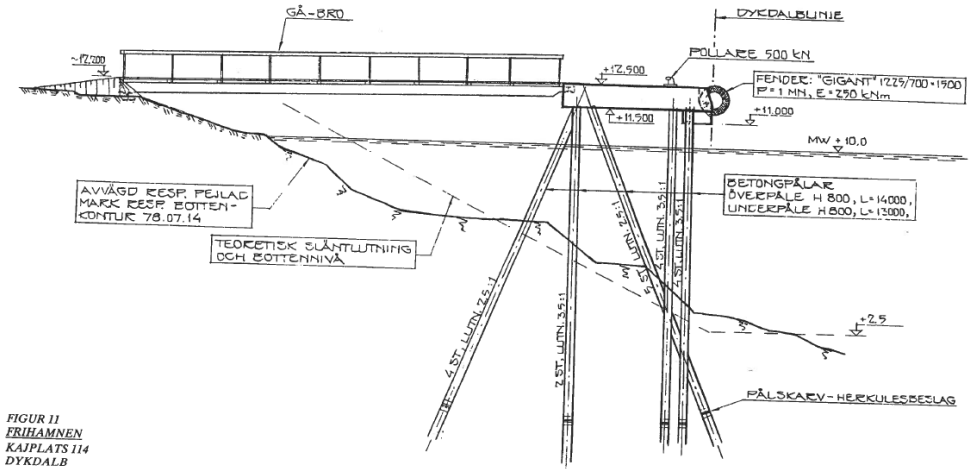
Grundläggning:

I två 70 m breda stråk tvärs över Kvillepiren och norra Frihamnspiren samt genom magasin H har mark skapats genom igenfyllning av Kvillebäcks- och Tingstadskanalerna. Fyllnadsmaterialet avviker från den normala lergrunden.

Vid kaj 114 ligger till exempel stenfyllda pråmar tvärs över den gamla kanalbotten. Sättningar inom stora delar av Frihamnsområdet har varit påtagliga.

8.1 Utformning av befintlig kaj

Kajplats del av 114 samt 115 och del av 116



Figur 18: Sektion kaj 114 till del av116

Kajplats 114 består av en betongramp och 3 st dykdalber med sprängstensslänt däremellan.

Vid uppställningsplatsen för trailers på kajplats 114 har man gjutit betongsträngar som upplag för benen på landsvägstrailers då asfaltbeläggning inte är dimensionerad för denna last utan att det uppstår skador.

Ett annat problem man haft på kajplats 114 är att vissa spillvattenledningar har lagts med dålig avrinning för skjul- och magasinsbyggnader. På grund av ett för litet fall har det lett till störningar vid stora flöden.

Ro/ro-läget vid kajplats 114 är avsett för fartyg på upp till 140 m längd. Det har en 12 m bred betongramp grundlagd på 40 m långa skarvade träpålar med överpålar av betong. Rampens framkant ligger 1,1 m över medelvattenytan och dess bakkant 2,4 m över. Kajen har dimensionerats för 65 tons axeltryck.

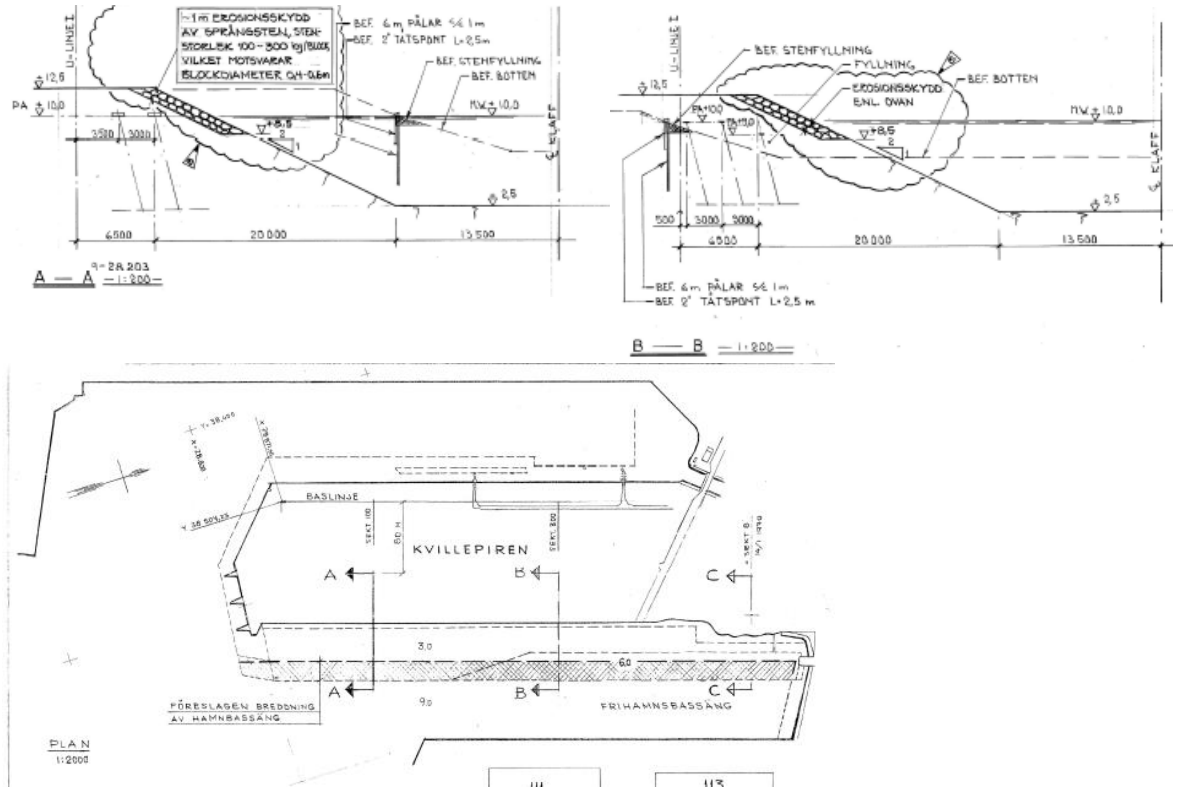
I slänten under rampen och 6 m framför den har ett erosionsskydd utförts. Det består av ett 1,5 m tjockt sprängstenslager med en stenstorlek på mellan 400 och 1000 kg. Erosionsskyddets yttre del ligger på 7,5 m djup, det vill säga utan överdjup i förhållande till botten i övrigt.

Ursprungligen utfördes två fristående förtöjningsdykdalber av träpålar. De blev för svaga när fartygsstorleken ökade. Den ena revs och den andra har avsträvats mot land. Två nya har byggts med 34 m långa betongpålar sammangjutna i en 1,0 m tjock betongplatta cirka 5×5 m i fyrkant. Varje dykdalb är utrustad med en Gigantfender med 1,2 m diameter och en 50 tons pollare. De nås via gångbroar från land. 50 tons kätting-förtöjningar finns dessutom innanför strandkanten. Figur 18 ovan visar en sektion genom en dykdalb.

Kajplats del av 114 samt 115 och del av 116

Strandlinjen mellan kajplats 114 till 116 består av ett träpålverk i strandlinjen med bakomliggande massor, se foto, samt ett par mindre träbryggor som inte används och som är i varierande skick. Här skulle en kajplats 115 kunna byggas men idag är det bara en slänt.

Foto: Strandlinjen kajplats 114-115



Figur 19: Kajplats 114-115

Kajplats 116

Kajplats 116 byggdes 1986 och är ett tågfärjeläge som består av en järnvägsramp, en bilramp (1987) och tre dykdalber. Kajen består av följande konstruktioner:

KP116-1, en ledbar lagrad höj och sänkbar järnvägsfärjeramp. Består av en stålklaff, ca 40 m lång, som styrs i sidled av 2 st betongkajer med 38 pålar vardera.

KP116-2 är en bilramp som är grundlagd på 3 st stöd, varav ett stöd är landfäste av betong i strandlinjen och två stöd är utförda av 4+4 snedställda betonmgpålar som stödjer en förhöjd pålplatta.

KP116-3, KP 116-4 och KP 116-5 är 3 st lika dykdalber som består av en förhöjd pålplatta av betong på 34 st dragförankrade stödpålar av betong.

Då samtliga pålar uppvisade nötningsskador 2009-01-20 i skvalpzon föreslog en montering av oisskydd med rostfri plåt.

Nocken på Kvillepiren och insidna på Lundbyhamnen består av träpålverk av olika utseende samt utspridda dykdalber av trä i varierande skick.

Omfattande provtagning, kloridprov och mätning av karbonatiseringsdjup, har utförts på kajplats 116 (116-1 till 116-5).

Vid skadeinventeringen fanns mindre skador som tillståndsklassades till TK0 till TK2 på kajplats 116. Förklaring tillståndsklass se 3.3.3 (TK0 bortom 10 år, TK2 inom 3 år) Samtliga pålar har vittringsskador, skador från isnötning, i skvalpzonen. Några av pålarna har sprickor och bortnött hörn med synlig korroderad armering.

Kontrolberäkning utförd för trafiklast på 116-1. Rampen, 116-1 bedömdes kunna vara i bruk 2014 enligt en bärighetsutredning. Uppgift vad som gäller därefter saknas.

Kajplats 117 och 118

Uppgifter från inspektioner och utredningar avseende kajplatser saknas helt.

8.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar

Kajplats 114 inspekterades delvis (ramp + en dykdalb) av Frog Marine Service 2014-07.

Kajplats 116 inspekterades av Frog Dyk AB, Göteborgs Hamn AB och Svensk Broinspektion AB år 2008 vilket sammanställdes i en skadeinventering med foton, lägesbeskrivningar mm. Skadeinventeringen sammanfattades av Projektteamet i en lägesrapport 2009.

Kajplats 116 är uppdelad och redovisad som 5 konstruktioner i BaTMan:

- Konstruktion 7010-116-1 till -5 till 7010-116-1 till -5 inspekterades 2013 av ÅF AB som en allmän inspektion. Inspektionerna ligger inlagda i BaTMan och finns även sammanfattade i en rapport som finns kopplad i BaTMan.
- Konstruktion 7010-116-2 finns en dykinspektion från 2013 utförd av FMS Frog Marine Service inlagd i BaTMan samt även i rapportform.
- Konstruktion 7010-116-2 finns en utredning av pålars bärförmåga från 2014 utförd av ELU i form av en rapport inlagd i BaTMan.
  Kvillepiren är kontrollberäknad för trafiklasten:
  Axel- boggitryck A/B=120/180 kN (BK1)
  Kvillepiren står på en betongplatta vilken är pålgrundlagd på 8 betongpålar. Samtliga pålar vittrar i skvalpzonen och 3 av dessa har stora skador i form av sprickor och synlig korroderad armering. I beräkning belastar egentyngd, trafiklast och vindlast pålplanen medan islast inte inkluderas. Det konstateras att pålgruppens bärförmåga är tillräcklig trots de skador som åligger pålarna.

Balk mellan betongplatta och landfäste riskerar inte att knäcka. En stängning av rampen vid Kvillepiren bedöms därför inte vara nödvändig utan rampen kan vara i bruk året ut. Året avses 2014. Hur

- Konstruktion 7010-116-1 till -5 finns det kloridprover från 2007, utförda av Göteborgs Hamn, inlagda i BaTMan.

Resultat från utredningar och inspektioner sammanfattas nedan:

Inspektion utförd 2015:

- ***Dokument: Frihamnen inspektion Scanakos 2015-06-25***

Strandlinjen mellan kajplats 114 – 116 består av ett träpålverk i strandlinjen med bakomliggande massor samt ett par mindre träbryggor som inte används och som är i varierande skick.

Kajplats 116 är ett tågfärjeläge som består av en järnvägsramp, en bilramp och tre dykdalber.

Omfattande utredning och provtagning (klorid- och karbonatiseringsprov) har sammanfattat att kajplats 116 har höga kloridhalter och allvarliga sprickor i 2 av 8 kajpålar. Samtliga pålar har vittring i skvalpzonen och urspolning bakom grusskift och frontmur förekommer.

Rampen har kontrolberäknats gällande bärighet för trafiklast och bedömts kunna vara i bruk 2014 men ej status 2015.

Övriga tidigare undersökningar/utredningar:

- ***Dokument: "Inspektion Kvillepiren Zon 1, kajplats 114", FMS Frog Marin Service 2014-07-14***

Sammanfattning av inspektion på kajplats 114 är mindre betongskador enligt följande:

- 3 st balkar under betongdäck spruckna på 2 ställen under gjutskarvar på plattan
- Skador på en pelare under den mittre stödbalken, infästningen pelare/balk
- Skador på en pelare under den yttre stödbalken, vittrad med synlig armering djup 6 cm
- Skador på en pelare under den yttre stödbalken, infästningen pelare/balk. Armering synlig.
- 2 st kättingar fattas på pontonbrygga
- Betongdäck och dykdalb är ok

- ***Inspektion Kvillepiren Kp 116, FMS Frog Marin Service 2014-11-14***
  - 116-2 Samtliga pålar har vittring i skvalpzonen, utbredning c:a 500mm.
  - Påle 2 2 st sprickor, ett bortnött hörn c:a 300 mm med synl korroderad armering
  - Påle 3 Ett bortnött hörn 350 mm med synlig korroderad armering
  - Påle 8 4 st sprickor, ett bortnött hörn 300 mm med synl korroderad armering

- ***Dokument "Kvillepiren – Utredning av pålars bärförmåga", ELU 2014-04-22***
  - Kontrolberäkning utförd för trafiklast på 116-1.
    Kvillepiren står på en betongplatta vilken är pålgrundlagd på 8 betongpålar. Samtliga pålar vittrar i skvalpzonen och 3 av dessa har stora skador i form av sprickor och synlig korroderad armering. I beräkning belastar egentyngd, trafiklast och vindlast pålplanen medan islast inte inkluderas. Det konstateras att pålgruppens bärförmåga är tillräcklig trots de skador som åligger pålarna. Balk mellan betongplatta och landfäste riskerar inte att knäcka. En stängning av rampen vid Kvillepiren bedöms därför inte vara nödvändig utan rampen kan vara i bruk året ut. Rapporten avser därmed 2014.
  - Frihamnen. beskrivning av kajdelar mm Scanakos 2015-06-05
- ***Dokument "Kvillepiren 116 (1-5). Inspektionsrapport", ÅF 2013-09-25***
  - 116-1. Reparation ök lager och mindre betong reparationer
  - 116-2 Allvarliga sprickor i 2 st. av 8 kajpålar
  - 116-3 Urspolning bakom grusskift
  - 116-4 Urspolning bakom frontmur
  - 116-5 Mindre skador
- ***Kvillepiren skadeinventering 2008 Kajplats 116 Version 2011***
  - 116-1 Mindre skador TK 0 - 2. Byte av lejdare TK3.
  - 116-2 Mindre skador TK 0 – 2
  - 116-3 Mindre skador TK 0 - 1
  - 116-4 Mindre skador 0 – 1
  - 116-5 Mindre skador 0 – 2. Utsida kajhuvud 1 fender TK3
- ***Kvillepiren Kajplats 116, Lägesrapport efter avslutad skadeinventering, Projektteamet AB 2009-01-20***
  - 116-1 Mindre skador. Samtliga pålar visar skador från isnötning
  - 116-2 Inga skador. Samtliga pålar visar skador från isnötning
  - 116-3 Mindre skador. Samtliga pålar visar skador från isnötning
  - 116-4 Mindre skador. Samtliga pålar visar skador från isnötning
  - 116-5 Mindre skador. Samtliga pålar visar skador från isnötning

8.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

Kajplats 114 består av en betongramp och 3 st dykdalber med sprängstensslänt. Oklart om ro/ro-läget kan användas fortfarande

Bärighetsutredning för kajplats 116 redovisar att denna klarar belastning för 2014. Enligt vår bedömning skall en ny bärighetutredning utföras inom 3 år för att kunna upplåta kajen för dagens belastningar. Förnyad inspektion utförs 2016.

Skador på bärande konstruktioner har fortsatt utvecklats. Samtliga pålar har isnötning.

Då uppgifter saknas för kajplats 117 och 118 är det inte möjligt att lämna en bedömning av denna del.

8.4 Åtgärder och förslag

Förslaget är att stora delar av befintlig kaj Kvillepiren ersätts med erosionsskyddad slänt. Ro/ro-läget bedöms inte kunna behållas utan rivs ut.

Kajplats 116 bedöms ha en begränsad kvarstående livslängd. Denna kaj bör utredas vidare om det finns planer på att kajen ska behållas efter 2018.

Delen in mot Kvillebäcken ersätts med en pålad betongkaj, bredd 4 m, med cirka 2 m anslutande del mot nya byggnader.

Ny typ av kaj är lämplig för påhängd brygga på hela eller delar av sträckan.

8.5 Kostnadsuppskattning

Rivning av befintlig kaj kostar cirka 8.500 kr/m.

Erosionsskyddad slänt, kajtyp 3, kostnad cirka 10.000 kr/m.

För delen in mot Kvillebäckens utlopp är förslaget en pålad betongkaj bredd 4 m, enligt kajtyp 2, kostnad cirka 76.000 kr/m.

För stora delar av Kvillepiren föreslås en Jubileumspark. Förslag finns att delar av kajytan ska utgöras av flytbryggor. Detta förslag kommer att utredas i nästa skede. Detta alternativ har inte kostnadsuppskattats.

Tillstånd- och projekteringskostnader ingår inte i ovanstående kostnader.

I övrigt se punkt 12.

9 KULVERTERING - KVILLEBÄCKSKANALEN

Figur 20: Kvillebäcksakanalen, röd pil

9.1 Utformning befintlig kulvertering/rörbroar

Kvillebäckskanalen i Lundbyhamnen är en kulvertering, 3 stycken rörbroar diameter 2,7 m, mellan kajplats123 och Kvillepiren.

Rörbroarna är indelade med betongrör, östra 25 stycken, mittenröret 24 stycken och det västra 23 stycken. Rören består av 1,0 m breda betongringar i olika antal se nedan. Ritningar saknas. Längd på respektive rörbro=antal rör x 1,0 m.

Övrig information om kulverteringen:

Kvillebäckskanalen utgör utlopp för Kvillebäckens avvattningsområde på 11,5 km samt för en stor regnvattenspumpstation vid Herkulesgatan. Maximal vattenföring i kanalen beräknas uppgå till 10 m/s. Hamnen har utrett möjligheten att kulvertera kanalens utlopp för att komma ifrån den låsning ur planeringssynpunkt som en öppen kanal innebär.

Ett förslag avsåg en kulvert tvärs över Kvillepiren med utlopp vid kajplats 114, vilket skulle medge igenfyllning av Lundbyhamnens bassäng. Ett annat något billigare förslag var kulvertering i befintligt kanalläge. Erforderlig fri genomströmningsarea är 15 m^2 i en sådan kulvert enligt VA-verkets beräkning från 1974. Detta stämmer ungefär med genomströmningsarean för de väg- och järnvägsbroar som korsar kanalen. Av kostnadsskäl avstod man emellertid från kulverteringen.

Vid utbyggnad av den inledningsvis nämnda förbindelsegatan mellan Lundbyhamnen och Frihamnen bortsåg man från kravet på en stor genomströmningsarea och lade i stället tre rör Ø 1,6 m diameter i bredd. Vid normalt vattenstånd och måttliga nederbördsmängder medförde detta inte några påtagliga konsekvenser, men vid högt vattenstånd och kraftig nederbörd kunde det innebära oacceptabla problem med uppdämning längre upp i Kvillebäckens vattensystem. Det framfördes därför krav på större genomströmningsarea.

I samband med 1986 års utbyggnad av järnvägsspår på Kvillepiren för en tågfärja har Kvillbäckskanalens utlopp delvis lagts om. Befintlig förbindelsegata mellan hamndelarna har flyttats och kulvertrören slopats. En ny korsning mellan gata och kanal har byggts vid kanalens utlopp i Lundbybassängen. I samråd med VA-Vvrket har nu en kulvertering med tre rör utförts med Ø 2,7 m.

9.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar

Rörbroarna i Kvillebäckens mynning inspekterades av dykare (Under Ytan Dyk & Inspektion) i maj-juni 2015.

Resultat från utredningar och inspektioner sammanfattas nedan:

Inspektion utförd 2015:

- ***Dokument: Dykinspektion rörbro i Kvillebäckens mynning, UnderYtan 2015-06-02***

Glipor mellan rördelarna noteras till generellt 10 mm förutom en skarv i östra röret där 20-25 mm noteras i hjässan. En mindre svacka uppmättes i mitten på samtliga rör. Ingen vittring noterades.

Östra röret består av 25 st betongrör, längd 25,0 m. Uppmätta värden:

- Gliporna mellan rörskarvarna är upp till 10 mm utom skarv 5 och 6 från söder räknat, där det noterades 20 – 25 mm.
- Bottensediment 0,4 m i syd + 0,3 m på mitten + 0,5 m i norr
- Frigång i höjd 0,4m i syd + 0,3 m på mitten + 0,5 m i norr

Mittenröret består av 24 st betongrör, längd 24,0 m. Uppmätta värden:

- Gliporna mellan rörskarvarna är upp till 10 mm.
- Bottensediment 0,01m i syd + 0,01m på mitten + 0,2m i norr
- Frigång i höjd 0,33m i syd + 0,17m på mitten + 0,33m i norr

Västra röret består av 23 st betongrör, längd 23 meter. Uppmätta värden:

- Gliporna mellan rörskarvarna är upp till 10 mm.
- Bottensediment 0,3m i syd + 0,25m på mitten + 0,2m i norr
- Frigång i höjd 0,33m i syd + 0,2m på mitten + 0,34m i norr

Övriga tidigare undersökningar/utredningar:

Material saknas.

9.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

Kulvertering fungerar och en fortsatt inspektion var 6:e och kontroll att inte gliporna ökar innebär ingen omedelbar åtgärd. Ingen förändring av dagens bärighet.

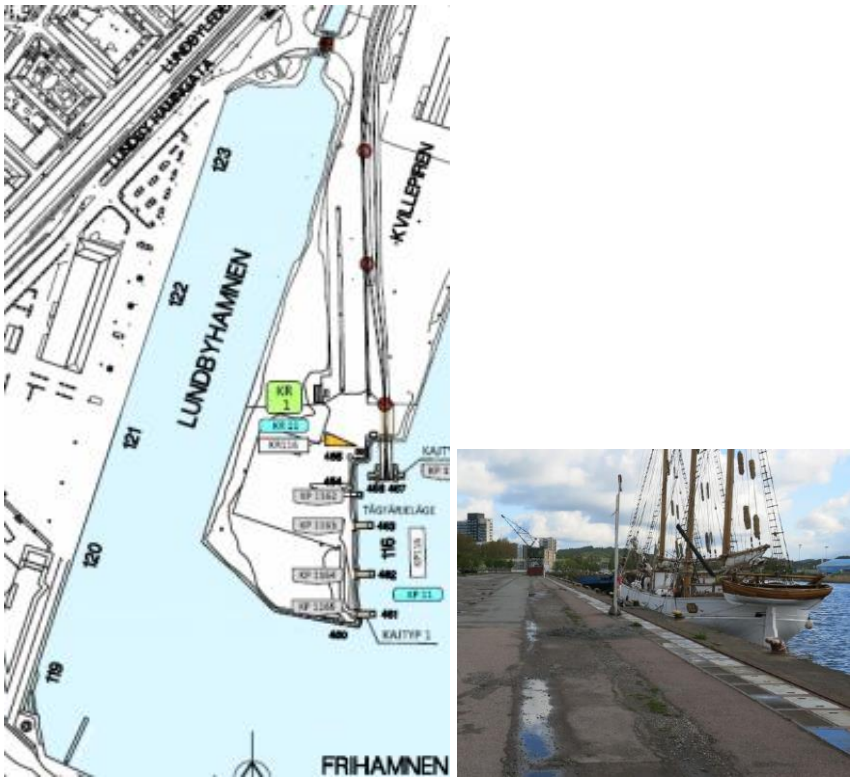
9.4 Åtgärder och förslag

Ingen omedelbar åtgärd avseende funktionen. Däremot bör man i kommande projektering fundera på, möjligheten att öppna upp ytan och utreda en bro med vattenspegel. Kostnad för detta projekt uppskattas i kommande skede.

9.5 Kostnadsuppskattning

Åtgärd är inte med i kalkyl för projektet.

10 LUNDBYHAMNEN KAJPLATS 119 TILL 123



Figur 21: Kaj Lundbyhamnen

I sammanfattningar kan man läsa att hela Lundbyhamnens kajer har 9,0 m vattendjup.

Vid västra ändan av Lundbyhamnens kaj anordnade man år 1968 ett enkelt ro/ro-läge för feederfartyg med 75 m längd förlagt tvärs kajen. 55 m utanför kajen byggde man en dykdalb med en 3,5 m hög fender av trä, och en Cordkappfender monterades på befintlig tvärkaj 15 m utanför kajlinjen.

Dykdalben består av två hopsvetsade balkar HE 600 B ingjutna i en hjulformad sexkantig betongkonstruktion med 9 m diameter. Konstruktionen ligger i en 2 m djup sandfyllning under bottennivån. Dykdalben har dimensionerats för en horisontalkraft av 30 ton 2,5 m över vattenytan.

Under åren 1982 och 1983 utförde man omfattande reparationer av kajens betongdäck och av krankontakträннan. I ett motsvarande stråk tvärs över kajen tilläts då en gaffeltruck med 45 tons axeltryck, medan man för kajen i övrigt endast tillät 40 tons axeltryck.

Kajplats 119-123 är uppförd med en rörelsefog var 50 m som syns i kulvert, kranbalk samt bakbalken.

Grundförhållanden

Grunden i Lundbyhamnen består av lera till stort djup. Hamnområdet har skapats genom uppfyllnad med muddermassor på gammal sankmark. Muddermassorna har täckts med friktionsmaterial av varierande slag, bland annat tegelskrot. Sättningarna i

området har varit stora. Mest påtagliga, upp till 0,5 m (enligt sammanfattning av utbyggnader 1962-1987), har det varit i kajskjul 122, där pålade fundament och portbalkar har ”växt upp” ur asfalten, när markgolvet har satt sig. Höjdjusteringar har utförts såväl inom skjulet som mellan olika skjul och kajen. Sättningarna har fortgått, om än i mindre omfattning.

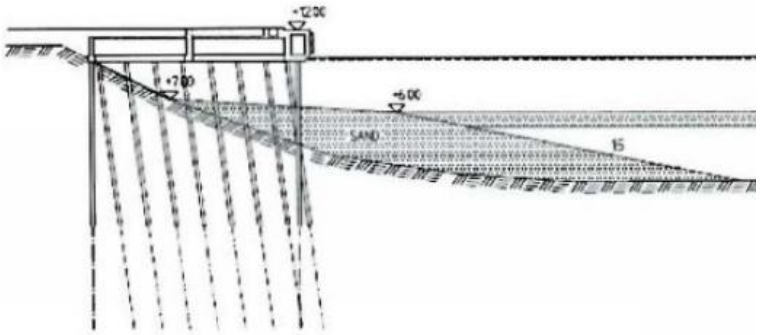
Saltskador

År 1982 fick man oväntat ett stansbrott i kajdäcket. Betongen visade sig vara saltskadad. I många år har man saltat i järnvägsväxlar för att förhindra igenfrysning vintertid. Samtliga ställen där man haft järnvägsväxlar har undersökts, varvid skador konstaterats. På de mest drabbade ställena var även de under kajdäcket liggande betongbalkarna angripna av salt. Skadad betong har bilats bort och en ny betongplatta har gjutits ovanpå den befintliga på de mest skadade ställena. Betongens överyta har därvid lagts i fall mot dräneringshål, så att eventuellt saltbemängt vatten, som tränger igenom asfaltbeläggningen, inte blir stående på betongen.

Även betongen vid krankontaktrännan och den järnkonstruktion, som bär upp luckorna över rännan, har skadats. Detta visar att man inte saltat enbart i järnvägsväxlarna. Rännan har reparerats längs praktiskt taget hela kajens längd.

10.1 Utformning befintlig kaj

Slänt mellan kulvertering och kajplats 123 består av sprängsten och jordmassor. Alla måttangivelser nedan är angivna från en punkt som ligger i det norra hörnet, avslut av kajplats 123.



Figur 22: Sektion kajkonstruktion kajplats 119-123 Lundbyhamnen innan den klätts med träbrygga

Foto: Vy från söder kajplats 122-123

Foto: Kajplats 123 mot sydväst

Kajplats 119-123 består av en pålad betongkonstruktion med underliggande öppen slänt grundlagd på träpålar. Kajplats 119 och 120 är inklädda med ett trädäck.

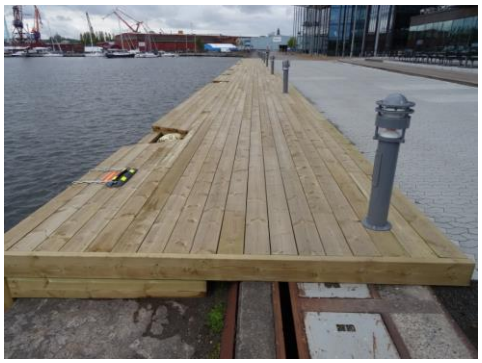


Foto: Inklädnad av kajplats 119 och 120

Foto: Kajplats 123, nollan i längdmätningsangivelser

I södra änden utanför TV-huset har det byggts en träbrygga som är grundlagd på träpålar (längdmätning räknat från nollan är 575 – 615m). Träpålarna är klädda med ett isskydd av plåt som delvis är lösa.

10.2 Sammanfattning utförda undersökningar/utredningar

Kajplats 119-123 inspekterades av dykare (Under Ytan Dyk & Inspektion) genom stickprover var 25:e meter. Inspektionen skedde i maj-juni 2015.

Kajplats 119-123 inspekterades översiktligt av ScanAkos till fots och via båt i maj-juni 2015.

Kajdäcket var inte möjligt att inspektera de första 325 metrarna (räknat från kajplats 123) på grund av kvarvarande virke. Resterande av däcket

Resultat från utredningar och inspektioner sammanfattas nedan:

<u>Inspektion utförd 2015:</u>

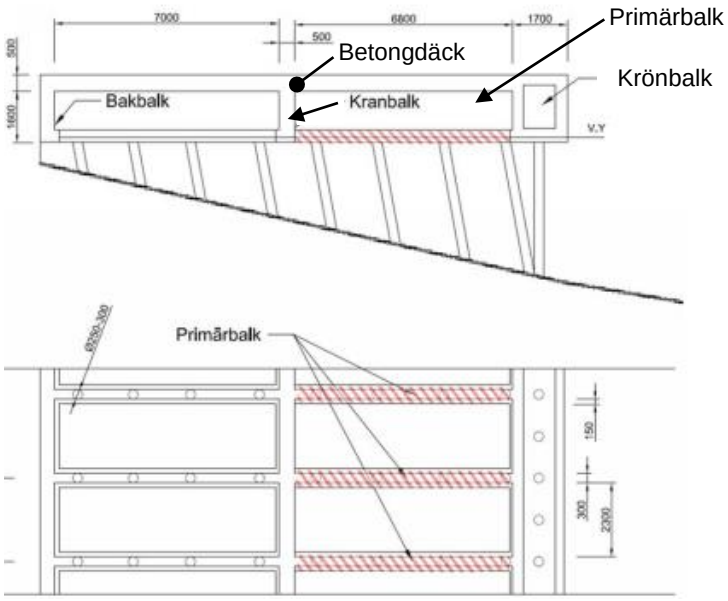
- ***Dokument "Dykinspektion av Lundbyhamnen Kajplats 119 – 123", UnderYtan 2015-06-26***

Total kajlängd ,från Kajplats 123 mot norr till kajplats 119 mot söder, är 615 m. Nollan i längdmätning nedan är lagd i hörnet mellan Lundbyhamnen och kulverteringen, kajplats 123.

Pålarna:
De första 100:a metrarna är inträngningen 20 mm vilket tyder på angrepp av skepps-mussla. Inträngningen minskar succesivt till 10 mm 150 m från nollpunkten.

Av samtliga pålar kontrollerade noteras enbart en påle som var helt av. Pålen på-träffas vid 288 m, räknat från hörn inne vid kajplats 123, och belägen under kulverten. Pålen är av ca 1 m under kulverten och saknas därefter helt.

Armeringskorrosion noteras i balkarnas och krönbalkens, kulvertens, vertikalytor samt undersida i den yttre delen av kajen redovisat med rött i figur 23. Inre delen av kajen är i förhållandevis god kondition. Glipa mellan bakre balken och botten noteras. Grundläggning status går inte att fastställa.



Figur 23: Sektion kajplats 119 till 123

Primärbalkar:
Balkarna är vittrade i underkant och 0,4 m upp på vardera sidan.

Skade djupet innanför kranbalken är måttlig med ett generellt skadedjup om 3 – 10 mm, lokalt 20 mm.

Innanför kranbalken, angiven som kulvert i inspektionsrapport, syns armerings-korrosion lokalt på 2 ställen.

Skadedjupet utanför kranbalken är 10 – 40mm. Utanför kranbalken är det vanligt förekommande med frilagd armering både i uk och på sidorna.

Skadornas omfattning ökar ju längre söder ut man kommer.

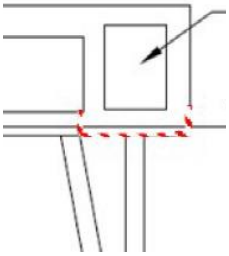


Foto: Vy kulvert

Krönbalk (benämnd kulvert i inspektionsrapport)
Den är vittrad i underkant och 0,4 m upp på sidorna. Uk och utsidan uppvisar frilagd armering. Ett skadedjup mellan 5 och 100 mm noteras. Lokalt har skadedjup på 500 mm noterats längst i söder.

Skadedjupet på primärbalkarna ökar generellt ju längre söderut man befinner sig och längst i söder är armeringen helt frilagd och bortkorroderad.

Kranbalk
Balken är måttligt vittrad i uk och 0,2 – 0,5m upp på vertikalytorna. Skadedjup på mellan 3 – 10mm noteras generellt., lokalt 10 – 20mm.Armeringskorrosion påträffas vid 5 inspektionsplatser (250, 300, 500, 525 och 575m).

Kajdäck
Mellan längdmeter 0 – 325m är det mycket vanligt förekommande med kvarvarande formvirke. Där plattan bakom formvirket är synligt har skador främst armeringskorrosion noterats. Efter 325 m är plattan inspekterbar.

Det finns 15 stycken skador på plattans uk från 0,1m² - 7m² och specificeras i tabell i rapporten.

Foto: Exempel på skador undersida kaj

Balk i anslutning till UK-platta som bär konsoler
Vid 488 m noterades ett större område med armeringskorrosion i balken som ansluter mot plattan. Armeringen är frilagd och korroderad både i horisontalyta och på undersidan i det yttre facket i ett 3x1 m stort fält. Vidhäftningsförlust upp till 100%. Resultat areaförlust saknas.

Bakre balken
Vid 200 m noteras ett mindre område med armeringskorrosion i anslutning till rörelse-fogen 0,2x0,2 m med vidhäftningsförlust om 50 %.

Vid 400 m noteras en 0,6 m lång lodrät spricka i rörelsefogen med en vidd om 10 mm.

Under bakbalken, från 225 m och söderut, har en generell glipa under balken mellan 0,1-0,4 m noterats. Det generella insticket (kontrollerat med tumstock) ligger på 0,6 m där man kännt något stumt. Vid 325 m når dykinspektören så långt att man känner en slät yta som morakniven fastnar i vilket skulle kunna tyda på att det sitter en träspont under balken.

Övrigt
I södra änden utanför SVT-huset har det byggts en träbrygga, se punkt 10.1, som är grundlagd på träpålar (575 – 615 m). Träpålarna är klädda med ett isskydd av plåt. Dessa plåtar är delvist lösa.

- ***Dokument "Frihamnen inspektion", Scanakos 2015-06-25***

Kajplats 119 och 120 är inklädda med trä så betongen går inte att inspektera.

På kajplats 121 – 123 förekommer det vittring som bitvis är kraftig.

<u>Övriga tidigare undersökningar/utredningar:</u>

Material saknas.

10.3 COWIs Tillstånds- / bärighetsbedömning

Hela kajen har inte varit möjlig att inspektera. På kajytan förekommer det vittring som bitvis är kraftig.

Pålar är delvis angripna av skeppsmask. Misstanke om skeppsmask i samtliga pålar föreligger. En påle är helt av.

Vittring, skeppsmask, armeringskorrosion och omfattande skador på krönbalken bör man omgående starta utredning om bärigheten för kajen.

Tillståndet för denna kaj bedöms utifrån de resultat som framkommit från inspektionen. För att fastställa pålars verkliga kondition föreslås provtagning.

Innan denna provtagning utförs måste framtida funktion och lastkapacitet fastställas.

Är pålarna angripna innebär det inte nödvändigtvis att kajen döms ut. Tills en fördjupad utredning utförts begränsas belastningen på kajen till 5kN/m^2.

10.4 Åtgärder och förslag

Utifrån resultat som redovisats ovan döms kajen ut på sikt och ersätts med en pålad betongkaj bredd 4 m, kajtyp 2.

Kvarvarande livslängd bedöms i en fördjupad utredning. Denna utredning bör startas omgående för en bedömning av eventuella åtgärder, tillåten bärighet och möjlighet att låta kajen vara kvar till 2018.

10.5 Kostnadsuppskattning

Kostnader för rivning av kaj uppskattas till cirka 10.000 kr/m.

Kostnad för reparationsåtgärder för förlängning av livslängd bedöms till 2.000 kr/m^2.

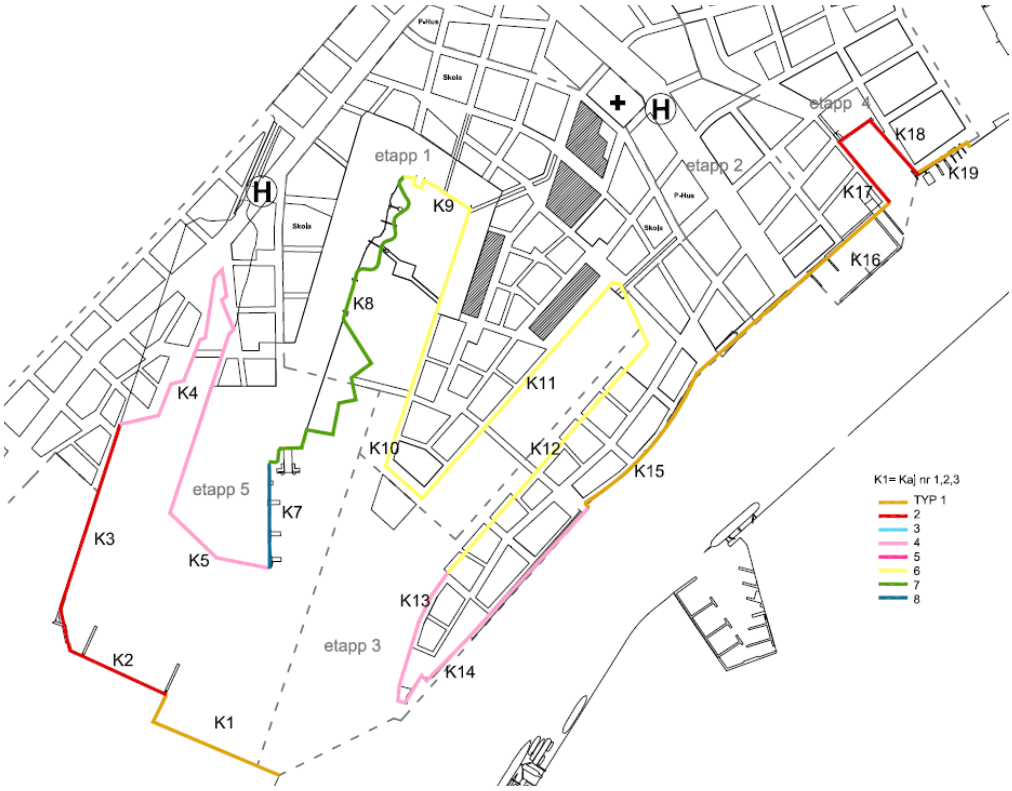
Kostnad för att anlägga en ny pålad betongkaj bredd 4 m, enligt kajtyp 2, uppskattas till cirka 75.000 kr/m.

Kostnad för reparation och anpassning till Kvillebäckskanalen samt tillstånd och projektering ingår ej i denna bedömning.

I övrigt se punkt 12.

11 BEDÖMNING AV ERFORDERLIGA ÅTGÄRDER

I det utredningsmaterial som tidigare tagits fram har samtliga kajer dömts ut och ersatts med sju olika kajtyper avseende kajdisposition, kajbredd, utfyllnad osv. Förslagen redovisas med en plan enligt och skisser enligt **bilaga 7**.



Figur 24: Plan kajtyper från utredningsskedet enligt bilaga 7

I utredningsmaterialet redovisas att samtliga kajer ska rivas och ersättas med följande typer av nya kajer:

- Kaj nr 1,
  Ny kaj mot älven som utförs som en pålad betongkaj bredd ca 12,5 m
- Kaj nr 2
  Ny spontad kaj med krönbalk och ett pålat betongdäck.
  Spontkajen är bakåtförankrad med stag och ankarplatta
- Kaj nr 3
  Ny spontad kaj trappkonstruktion (parkyta), bredd ca 10 m.
  Spontkajen är bakåtförankrad med stag och ankarplatta
- Kaj nr 4
  Slänt med erosionsskydd, bredd ca 15 m
- Kaj nr 5
  Pålad betongkaj bredd ca 7 m

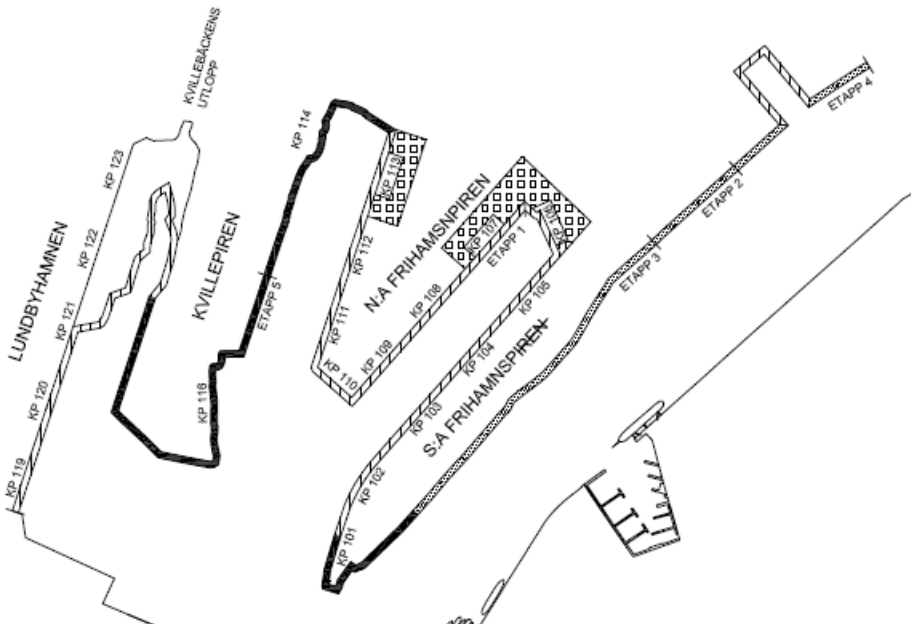
- Kaj nr 6
  Ny spontad kaj med krönbalk och ett pålat betongdäck.
  Spontkajen är bakåtförankrad med stag och ankarplatta
- Kaj nr 7
  Ny spontad kaj trappkonstruktion (parkyta), bredd ca 10 m.
  Spontkajen är bakåtförankrad med stag och ankarplatta
- Kaj nr 8
  Befintlig kaj som kvarstår

Baserat på mer kända förutsättningar och material från de kompletterande inspektionerna som utförts under våren 2015 föreslår COWI andra åtgärder.

En ritning avseende aktuellt läge enligt resultat från utförda inspektioner av kajerna redovisas enligt **bilaga 4**.

I samband med arbetet med denna rapport har COWI fått i uppdrag att föreslå vilka kajer som kan kvarstå och lämna förslag på nya kajer med en total bredd på cirka 6 m inklusive de cirka 2 m som måste samordnas med blivande fastigheter. För kajen mot älven är förslaget en något bredare kaj.

Förslag på kajernas utformning och konstruktion utifrån uppdragets förutsättningar redovisas enligt bilaga 8.



Figur 25: Plan etappindelning och kajtyper

Denna rapport har resulterat i tre olika kajtyper:

- Kajtyp 1, prickad yta ovan.
  En pålad betongkaj bredd 8 m (6m betong + 2m övrigt)
- Kajtyp 2, snedstreckad yta ovan.
  En pålad betongkaj bredd 6 m (4m betong+2m övrigt)

- Kajtyp 3, markerad med mörk yta är en slänt med erosionsskydd

COWIs ska inte beakta eventuella uppfyllnader i hamnbassängerna, något som angivits i bilagorna, utan att föreslå kajkonstruktioner som måste samordnas med fastigheterna men som ska vara en separat konstruktion med total bredd ca 6 m varav kaj ca 4 m. På kajen ska det vara möjligt att hänga en konsolad brygga alternativt i anslutning till kaj placera flytbryggor.

Förutsättningar i dagsläget är att kajytorna inte ska innehålla gatufunktion och dess belastningar utan utgöra yta för gång- och cykeltrafik samt servicefordon.

Kajplatserna 112 och 113 är grundlagda på betongpålar och enligt utförd inspektion i relativt gott skick. Alternativet till att riva samtliga kajer är att behålla dessa kajer och åtgärda registrerade skador. Dessutom kommer Kajskjul 113 att vara kvar.

För kajplats 112, och en eventuell anpassning av kajen till nya byggnader, kan komma att innebära att det är mest kostnadseffektiv att riva och ersätta med ny kaj.

I förslag på nya kajer har ytan närmast byggnad, av utförandeskä,l angivits att den måste samordnas i projekteringen mellan kaj och byggnad. Yta skall bland annat innehålla trappor/ramper och öppning av dörr osv. Eventuellt ska ytan vara ännu bredare avseende tillgänglighet.

Att bakåtförankra kaj med stag enligt förslag bilaga 7 är inte konstruktivt möjligt för kommande entreprenad med spont och grundläggning av nya hus.

Kajernas framtida användningsområde och förutsättningar är viktigt att fastslå. Det gäller exempelvis vilken typ av båtar som ska angöra och typ av trafikanter som ska vistas på kajen. Vidare är det väsentligt att analysera möjligheterna till uteserveringar och trivselutrymmen. Eventuella räcken eller annan typ av säkerhetsutrustning och estetik lösning med övrigt som ytmaterial (sten, trä, betong) ska också utformas.

En vidare utredning om det är kostnadsmässigt rätt och möjligt att använda flytbryggor som alternativ till kajlösningarna bör utföras.

För några av kajplatserna föreslås en fortsatt utredning. Denna utredning av kaj för att reparera/förstärka kaj och anpassa den till kommande verksamhet, estetik osv ska då jämföras med kostnad att riva och ersätta med ny kaj.

Längs de nya kajerna ska det vara möjligt att anlägga nya bryggor på en lägre nivå för att komma närmare vattnet och möjliggöra för småbåtar att lägga till. På grund av stora variationer på hög och lågvatten så är det en stor fördel att använda flytande bryggor i stället för påhängd brygga. Väljer man en fast brygga som står på impregnerade träpålar, bryggstolpar, får man ett miljöproblem med att gift läcker ut. Använder man oimpregnerade träpålar får man en kortare livslängd och ett underhåll av pålarna på grund av angrepp av skeppsmask. Detta kan undvikas om en man fyller upp botten till nivå över den saltkil som finns i vattnet. Skeppsmasken lever i saltvatten vilket krävs för angrepp på pålarna.

En möjlig lösning att hänga en brygga på konsol enligt kajförslag bilaga 8.

Det finns stora fördelar med en flytbrygga:

- Havet höjer och sänker sig. Behöver inte bry dig om hög och lågvatten för förtöjning och alltid lika lätt att lägga till.

- Bryggan ligger alltid lika högt över vattnet vilket innebär en positiv upplevelse av närheten till vatten för de som vistas på bryggan.
- En flytbrygga följer med isen upp och ner. På en fast brygga med stolpar fryser stolpar fast. Konsolar bryggan på kajen så är det även på vintern hög och lågvatten. Får vi en lång kall period med samma vattenstånd så fryser isen ordentligt runt alla stolpar. När vattnet sedan stiger eller sjunker åker stolpen med alternativ blir ett kraftigt tryck på konsolad brygga vilket innebär risk för skador på bryggorna.

Förutsättningar som bör klaras ut innan en flytbrygga dimensioneras och kostnadsuppskattas för att jämföra med en fast brygga. Förutom tillstånd, miljökrav osv måste följande förutsättningar låsas:

- Vattendjup längs bryggan
  Viktigt att kontrollera så att pontonen inte kan slå i botten vid lågvatten. I samband med en storm stiger ofta vattennivån, men det händer också att en storm med frånlandsvind ger höga vågor och sänkt vattenstånd.
- Bottenbeskaffenhet- Lera, Sand, Grus
- Vindförhållanden – Skyddat, Utsatt, Utsatt vid vissa förutsättningar
- Vattenvariation mellan högsta lägsta vattenstånd
- Vågor – Blåslängd och dimensionerande våghöjd
- Strömförhållanden
- Isförhållanden
- Typ av landfäste
- Förankringstyp
- Var ska båtar angöra, vilket storlek, hur många, förtöjning
  (Y-bom, akterfäste, långsides)
- Brygga, – Typ, bredd, längd och fribordshöjd

12 KOSTNADSUPPSKATTNING

12.1 Förutsättning

Bedömning av bärande konstruktionsdelars kondition, exempelvis grundläggning och huvudbärverk, är det väsentliga för respektive kajkonstruktion. Övriga åtgärder som reparation och anpassning estetiskt till omgivande kajer som behålls ingår inte i nedanstående kalkyl då dessa förutsättningar inte är kända i dagsläget.

Uppskattade kostnader nedan är ren entreprenadkostnad. Till detta ska kompletteras med kostnader för tillstånd, projektering av handlingar, estetisk utformning osv.

Kostnader för fenderanläggning ingår men ytterligare kostnader för eventuell dykdalb (påkörningsskydd), vägräcke, markbeklädnad och dylikt, som beslutas när utredning av kajernas framtida användning står klar ingår ej.

12.2 Tidigare utredning

Kostnader, för de i tidigare utredning (Tyréns) redovisade förslagen på kajtyper enligt bilaga 7 exklusive rivning av befintliga kajer, projektering, tillstånd osv är cirka 550 miljoner kr.

Kostnad för rivning bedöms bedöms till ca 8 500 kr/m vilket innebär mellan 30 till 40 miljoner kr.

Generellt kostar ny kaj enligt bilaga 7 som redovisar de av Tyréns föreslagna typkajer:

- Spontkaj bredd ca 6,5 m, uppskattad kostnad 160 000 kr/m
- Spontkaj bredd ca 12,5 m, uppskattad kostnad 175 000 kr/m
- Kaj bredd ca 12,5 m, uppskattad kostnad 155 000 kr/m
- Kaj trappkonstruktion (park) uppskattad kostnad 150 000 kr/m
- Slänt med erosionsskydd uppskattad kostnad 10 000 kr/m

12.3 Utredning enligt denna rapport

Förutsättningar för denna utredning och rapport är att försöka behålla delar av befintlig kaj och att komma med förslag på nya kajkonstruktioner med en betydligt mindre bredd där ytterligare kajyta kan bli aktuell med en påhängd del.

Mått avseende kajens bredd ska antas variera, men redovisas bara som två förslag förutom slänt. Kajen kan breddas med en påhängd brygga. Alternativ till påhängd brygga är flytbrygga.

Generellt kostar ny kaj enligt bilaga 8 som redovisar de av COWI föreslagna kajtyper:

- Pålad betongkaj bredd 8 m (6 m betong + 2 m övrigt) uppskattad kostnad ca 93 000 kr/m
- Pålad betongkaj bredd 6 m (4 m betong + 2 m övrigt) uppskattad kostnad ca 76 000 kr/m
- Slänt med erosionsskydd uppskattad kostnad ca 10 000 kr/m

Reparation/Förstärkning befintlig kaj. Här kan vi inte bedöma kostnad då detta alternativ ej utretts vidare och jämförts med alternativet att ersätta med ny konstruktion. Denna kostnad ska jämföras med ersättningskaj. En bedömning är att reparationskostnad hamnar mellan 2000 till 5000 kr/m^2.

Om man inte åtgärdar delar av befintlig kaj erhålls initialt något lägre kostnader bedömt enligt följande:

Kajplats 113, avgår ny kaj+rivning	Totalt 11,3 milj kr
Kajplats 106 – 107, avgår ny kaj+rivning	Totalt 21,0 milj kr

12.4 Kostnadsuppskattning per etapp

Frihamnen uppbyggnad är tänkt att ske i etapper enligt bilaga 3. Byggnader och kajer är beroende av varandra och samordning mellan de båda konstruktionerna viktigt.

Kostnader per etapp enligt de av COWIs redovisade förslag bilaga 8:

Etapp 1,	83,3 milj kr	Alternativ behåll kajplats 107 och 113	60,2 milj kr
Etapp 2,	18,9 milj kr		
Etapp 3,	124 milj kr	Alternativ behåll kajplats 106	115 milj kr
Etapp 4,	43 milj kr		
Etapp 5,	88 milj kr		

Total kostnad riva och ersätta med nya kajer	357 milj kr
Väljer man alternativet att behålla kajplats 106, 107 och 113 kostnad	325 milj kr

Väljer man att komplettera med flytbryggor, bredd ca 2,5 m, längs kajerna på halva sträckan av kajtyp 1 tillkommer en kostnad på ca 5 miljoner kr. Väljer man alternativet med en konsolad brygga i stället på motsvarande sträcka blir en ökad kostnad på 25 miljoner kr.

13 HANDLINGSPLAN

För att säkerställa och få full kontroll på kajernas bärighet så bör på sikt samtliga kajer grundlagda på träpålar rivas och ersättas med nytt. Angrepp av skeppsmask kommer att fortgå. Det har dessutom inte varit möjligt ur arbetsmiljösäkerhet och övertäckningar att inspektera samtliga kajer.

Med en rivning av dessa kajer innebär det en möjlighet att skapa en ny kajlinje som kan optimera markytan och dess användning. Om hamnbassängens yta och bredd minskas innebär det en ökad yta för byggnaderna och kortare längd på de broar/flytbroar som föreslagits i tidigare utredning.

Byggnader och kajer är beroende av varandra och samordning mellan de båda konstruktionerna viktigt. Byggnaderna och kajernas disposition, konstruktion och grundläggning måste lösas gemensamt men som skilda konstruktioner.

Enligt uppdragets förutsättningar ska nya kajer byggas först. Kajerna riskeras bli påverkade av de arbeten som utförs i senare skede. Dels vid spontning och pålning för byggnadernas grundläggning och dels av att entreprenaden belastar och påverkar redan uppförda kajer.

Åtgärder för åtgärder att återställa eller ersätta kajerna som påverkats ingår ej i uppskattade kostnader.

Ska befintlig kaj inte dömas ut? Kan den nyttjas eller delar av denna. Är ny kajlinje och överkant kaj lika befintlig eller måste det läggas stora kostnader på att anpassa kajen eller låsa optimering av utförandet på ny kaj? Kan man nyttja befintliga kajer under entreprenadtiden och byta ut dessa i senare skede. Kan kajer förstärkas? Andra varianter med en pålrad med krönbalk utför befintlig kaj är varianter som tillfälligt kan lösa delar av kajytan men måste utredas. Några av frågorna som bör utredas innan definita besked tas.

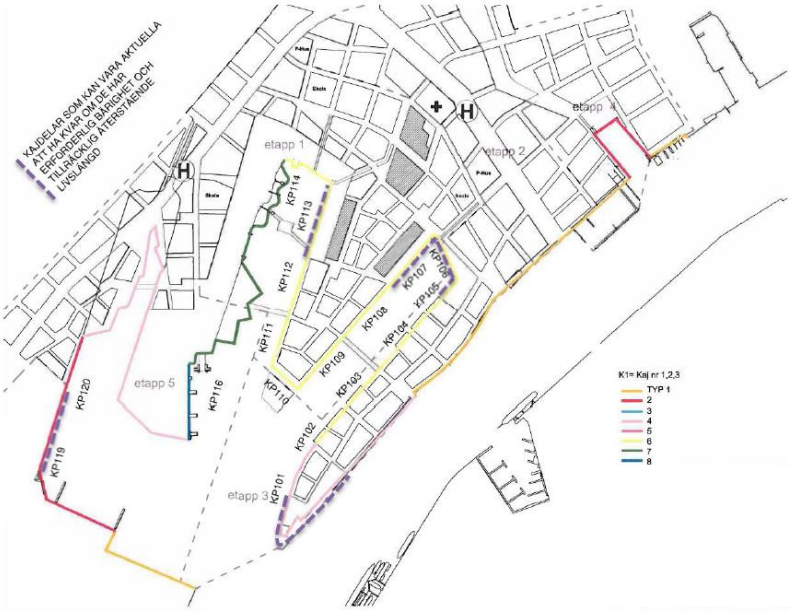
Grundläggning, spont och pålning för nya fastigheter påverkar kajerna och dess grundläggning.

Utfyllnaders påverkan avseende sättningar och därtill tillhörande påhängslaster samt släntstabilitet måste utredas.

Redovisade utfyllnader i vatten, nya kajer som trappkonstruktioner och kajer som ska klara framtida laster och anpassning till blivande byggnation innebär att det mesta av befintliga kajer inom Frihamnen måste rivas och ersättas trots att konditionen kan visa sig vara bra efter vidare utredningar och provtagning.

Framtida användning av kajerna innebär att de flesta kajer döms ut och måste ersättas med nya. De som skulle kunna vara kvar, om befintlig konstruktion klarar framtida laster, utreds vidare. Av estetiska skäl ska reparationsåtgärder även beakta intilliggande kajtyper och utförande.

Utifrån samlad bild från tidigare utredningar, rapporter och inspektioner är vår slutsats att de kajer som eventuellt skulle kunnat vara kvar, med hänsyn till ny utformning och verksamhet, är kajplats 101 (södra Frihamnspiren), kajplats 105 till 107 (övergång mellan södra och norra Frihamnspiren), kajplats 113 (avslut norra Frihamnspiren mot Kvillepiren) och kajplats 119 (Lundbyhamnen). Markerade med lila streckad linje nedan



Figur 26: Plan kajtyper Tyréns

Resultat för dessa kajer har i denna rapport därmed sammanfattats nedan. Utifrån utförda inspektioner och bärighetsutredningar föreslås följande:

- Kajplats 101 (södra Frihamnspiren)
  Halva pirnocken och betongvändskiva mot hamnbassängen är utdömda, enligt bärighetsutredning daterad 2014-12-19. Av säkerhetsskäl är det viktigt med en tydlig avstängning av området till dess att denna utdömda del rivs.
- Kajplats del av 105, 106 och 107 (övergång södra till norra Frihamnspiren)
  Bör utredas vidare. Grundläggning för ny byggnad i anslutning till kajplats 106 kan innebära att denna måste rivas och ersättas.
- Kajplats 113 (avslut norra Frihamnspiren mot Kvillepiren)
  Kajen är i förhållandevis gott skick. Vittring som noterats är måttlig. Sprickor med kalkutfällning förekommer generellt i underkant platta. Gjutsår som påverkar bärande pelares tvärsnitt noteras i bakbalken. Skadornas allvarlighetsgrad beror på hur dessa pelare är grundlagda och bör utredas.
- Kajplats 119 (Lundbyhamnen)
  Kajplats 119 och 120 är inklädda med ny träbrygga vilket innebär att betongen inte kan inspekteras. På övriga inspektionsbara kajplatser i Lundbyhamnen, där det finns träpålar, finns en misstanke att dessa är angripna av skeppsmask. En utredning om bärigheten och bedömning av åtgärder bör startas innan ett beslut tas. I dagsläget bedömer vi det som troligt att kajen måste rivas.

De kajdelar som kan vara aktuella att vara kvar är därmed kajplats 105 till 107 och 113. Dock måste dessa utredas vidare innan beslut kan tas. Om man finner att kajerna har erforderlig bärighet och tillräcklig återstående livslängd bör en LCC-analys och jämförelse mellan kostnad för reparation och övriga estetiska åtgärder jämföras med att riva och ersätta med ny kaj.

14 SAMMANFATTNING / SLUTSATS

Insamlat material i form av utredningar, bärighetsrapporter osv för Frihamnens kajer har varit omfattande. Älvstranden AB har till detta kompletterat med inspektion över och under vattnet för att få ytterligare kontroll på status Frihamnens kajer 2015.

Materialet visar på en fortsatt skadeutveckling på grundläggning av kajerna, där flertalet av dessa är grundlagda på träpålar, vilket innebär med en sänkt tillåten bärighet.

Angrepp av skeppsmask i pålarna kommer inte att avstanna. Förstörelseprocessen ger redan vid en 20% minskad påldiameter reduceras bärförmågan från 20 kN/m^2 till 3kN/m^2 som motsvarar personlast. Där det finns stål- eller betongspont i framkant eller klätt med trä så innebär det svårigheter att bedöma kajernas status och förloppets hastighet på fortsatta angrepp.

Utifrån denna vetskap bedömer COWI att på sikt måste det mesta av Frihamnens kajer rivas och ersättas med nya kajer anpassade till framtida verksamhet.

Förslag till nya typer av kajkonstruktioner måste ske i samråd med verksamheter vid och på kajerna och till de nya byggnadernas grundläggning. Risker finns att befintliga konstruktioner påverkas på grund av vibrationer från spont- och pålningsarbetet. Om några av kajerna ska vara kvar måste det utredas och undersökas vad detta arbete innebär på befintlig konstruktion och om det är geotekniskt möjligt.

Möjliga kajer att behålla är kajplats 105 och vidare till och med kajplats 107, cirka 250 meter kaj, och kajplats 113, cirka 133 meter kaj där den sistnämnda är en kaj som är i relativt gott skick och där det befintliga kajskjulet ska kvarstå enligt planeringsunderlaget.

COWI förslag på nya kajer, bilaga till denna rapport, är konstruerade som betongdäck på prefabricerade betongbalkar. För att klara den minskade bredden på kajerna krävs en ändskärm i bakkant. Det är inte möjligt att bakåtförankrad kajerna med stag och ankarplatta enligt tidigare förslag då övrigt byggande ej medger detta. En optimering av kajernas påldimension och grundläggning samt anpassning till byggnadernas grundläggning måste ske och kostnadsjämföras. Denna kostnadsjämförelse skall även innefatta hållbarhet och drift- och underhållskostnader.

Vid projektering av ny kaj och dess grundläggning ska hänsyn tas till de erfarenheter och utredningar som finns avseende angrepp på pålar av betong. Här är det inte skeppsmasken med det är viktigt att förutsättningarna blir rätt och för att inte betongpålar ska bli angripna ska vattencementtalet inte vara alltför högt och att betongen är tät.

Ska några av kajerna bevaras ska dessa anpassas estetiskt till de nya intilliggande kajernas utförande och lokala betongskador såsom vittring och spjälkningar och övrigt repareras. Frågan är hur länge dessa håller och vad ett kommande byte av kaj innebär i störande moment och ökade kostnader. Dessa frågor är något av det som behandlas i en LCC-analys.

Samordningsvinst och kontroll att kajerna inte försämras vid kommande byggnationer och belastningar under byggskedet måste beaktas. COWI råder därmed Älvstranden AB till att avvakta med byggandet av Frihamnens nya kajer med närhet till byggnader och upprätta dessa kajer i samband med att intilliggande områden byggs.

Inom framtida planerade åtgärder för området ingår även att fylla upp inom befintliga bassänger. Även denna åtgärd måste beaktas avseende påverkan, sättningar och stabilitet, på byggnader, kajer mm.

Enligt den utredning som utförts av Sweco Infrastruckture AB daterad 2011-09-15 redovisas att Norra Frihamnen stabilitet inte uppfyller rekommendationerna inom Skred kommissionens anvisningar vilka säkerhetsfaktorn mot brott ej uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå och risk mot brott föreligger. En fördjupad stabilitetsutredning med stabilitetsförbättrande åtgärder rekommenderas.

En fördjupad utredning enligt Skredkommissionens anvisningar medför att utbredningen på erforderliga stabilitetsåtgärder kan optimeras. Det rekommenderas därmed att fördjupad stabilitetsutredning utförs för de skrafferade områdena innan beslut om typ och omfattning av stabilitetsåtgärd fattas.

För att öka den positiva upplevelsen med närhet till vattnet och för att i olika nivåer anlägga parkytor närmast kajen föreslås påhängd brygga och slänt på delar av sträckan. Ett alternativ till föreslagna kajer med slänt och påhängda bryggor för att komma närmare vattenytan är flytbryggor.

Om flytbryggor i stället för fasta bryggor anläggs så ger det andra positiva effekter förutom lägre investerings- och underhållskostnader. Avstånd till vattenytan är alltid densamma trots stora variationer på hög- och lågvatten vilket underlättar för båttrafik och ger en ökad upplevelse för de som vistas på bryggan.