PM GEOTEKNIK

Fjärrkylaanläggning Varbergs Hamn

Geoteknisk utredning för tillståndsansökan

VARBERGS FASTIGHETS AB/ VARBERG ENERGI AB

UPPDRAGSNUMMER: 30073077/3008

2024-12-12/ REV 1 2025-03-05

SWECO SVERIGE AB
HALMSTAD GEOTEKNIK

UPPDRAGSLEDARE: MADELENE MARKUSSON
HANDLÄGGARE: MADELENE MARKUSSON
GRANSKARE: ANNLOUISE ELLIOT

Sweco
Karl XI:s väg 61, 302 96 Halmstad
Telefon +46 (0)8 6956000
Fax +46 (0)8 6956010
www.sweco.se

Sweco Sverige AB
Org.nr 556767-9849
Styrelsens säte: Stockholm

En del av Sweco-koncernen

Innehåll

1	**Uppdrag**	**2**
2	**Sammanfattning**	**2**
3	**Skede och status**	**3**
4	**Planerad byggnation och utförande**	**3**
5	**Historiska kartor**	**5**
6	**Befintliga anläggningar och områdesbeskrivning**	**10**
7	**Geotekniska undersökningar**	**14**
7.1	Tidigare utförda undersökningar	14
7.2	Nu utförda undersökningar	14
8	**Geotekniska förhållanden**	**15**
9	**Hydrogeologiska förhållanden**	**18**
9.1	Havsnivåer	18
9.2	Grundvattennivåer och portryck	18
10	**Sättningsförhållanden**	**18**
11	**Stabilitetsförhållanden**	**21**
11.1	Stabilitetsberäkningar	21
11.2	Indata stabilitetsberäkningar	25
11.3	Beräkningsresultat	26
11.4	Utvärdering/ sammanfattning	27
12	**Geotekniska rekommendationer**	**28**
12.1	Kompletterande geotekniska undersökningar och utredningar	28
13	**Bilagor:**	**29**

1 Uppdrag

På uppdrag av Varbergs Energi AB och Varbergs fastighet AB har Sweco Sverige AB i Halmstad utfört en geoteknisk undersökning och utredning som underlag för tillståndsansökan för ny Fjärrkylaanläggning i Varbergs hamn samt som underlag för detaljplan, se *figur 1*.

Figur 1. *Aktuellt område (rödmarkerat).*

2 Sammanfattning

Planerat anläggande av ledning på havsbotten samt byggnation av byggnader påverkar inte befintlig stabilitet. Den havsförlagda ledningens känslighet för skred är liten. Ledningen tål att flyttas ur sitt läge och ett eventuellt ledningsbrott får ingen påverkan på omgivning och är relativt enkelt att åtgärda.

Dock är den befintliga stabiliteten för hamnområdet ej tillfredställande och rekommendationen är att belastningsrestriktion införs närmast släntkrön.

Då det inte kunnat verifieras att erosionsskydd finns i utmed undervattensslänterna rekommenderas att ett erosionsskydd anläggas i samband med anläggande av ledningen.

Sammanfattningsvis kan marken för planerad Fjärrkylaanläggning anses som lämplig för byggnation.

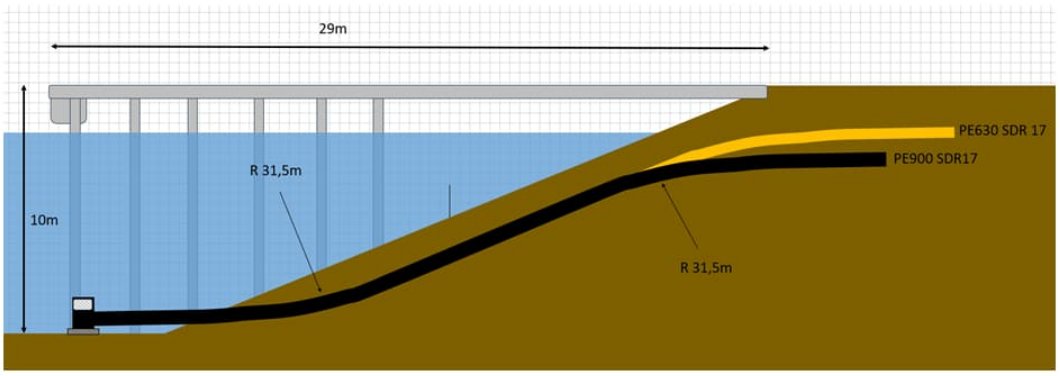
3 Skede och status

Utförd utredning och syftar till att klarlägga de geotekniska förutsättningarna i området inför upprättande av tillståndsansökan för anläggande av Fjärrkylaanläggning med tillhörande ledningar i Varbergs hamn. Denna PM är enbart underlag för tillståndsansökan samt underlag för framtagande av ny detaljplan och ska ej biläggas ett förfrågningsunderlag.

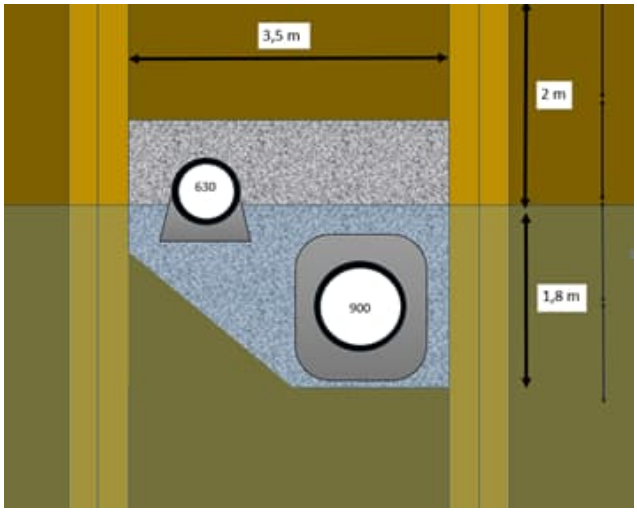
4 Planerad byggnation och utförande

I hamnen planeras anläggas en fjärrkylaanläggning, en ackumulatortank samt en ledning för intag av kallt havsvatten och en ledning för utsläpp av vatten. Se *figur 4* för ungefärlig placering och *figur 2 och figur 3* för principiellt utförande. Intagsledningen är 900 mm i diameter och utloppsledningen är 630 mm i diameter.

Vatten tas in via en ledning från ett intagstorn som placeras på havsbotten ca 20 meter från land i rörets riktning på ett djup på ca 8 meter under medelvattennivån, *se figur 2* nedan.



***Figur 2**. Planerad byggnation. Sektion erhållen av FVB Sverige AB*



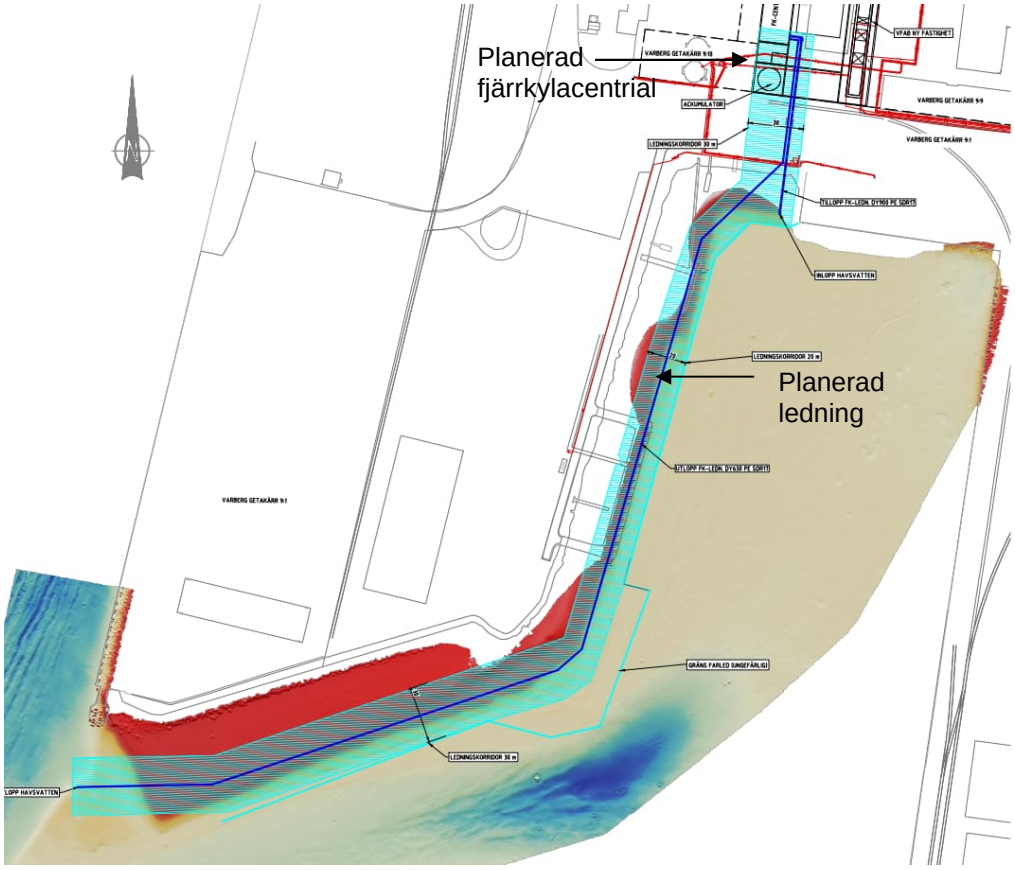
***Figur 3**. Planerad byggnation. Sektion erhållen av FVB Sverige AB*

Ledningen förläggs nära kajkanternas slänter och ligger alltid utanför farleden i hamnen för att inte störa båttrafik. Rören kommer normalt inte kräva någon schaktning i bottensedimentet då de kommer förläggas på botten med hjälp av tyngder. Schakt inom spont kommer erfordras för den markförlagda ledningen samt i slänten där den markförlagda ledningen möter den havsförlagda ledningen.

En siltgardin kommer placeras i vattnet kring slänten där schaktning kommer utföras för att skydda området mot spridning av löst förorenat sediment.

Planerad byggnation av fjärrvärmeanläggningen kommer på land bli ca 600 – 700 m^2 stor och en mindre del av byggnaden kommer anläggas med ca 4 till 5 m djup källare, ca 7x9 meter stor. Det ska även byggas en ackumulator på ca 12,5 meter i diameter. Byggnader ska grundläggas på pålar. Ackumulatortanken planeras bli ca 40 meter hög och ska vara fylld med ca 3000 m^3 vatten. Då ackumulatorn har en relativt hög höjd och mycket vikt samt att dragkrafter troligen måste beaktas kan denna byggnad behöva pålas med borrande betongfyllda stålpålar till berg.

För källardelen kommer djupa sponter behövas och länshållning av schakt kommer erfordras.



***Figur 4**. Planerad byggnation, planskiss erhållen av FVB Sverige AB*

5 Historiska kartor

Varbergs hamn ligger inom ett markområde som historiskt varit vattenfyllt. Nedanstående utklipp från Varbergskartan visar en historisk karta från år 1956.

Aktuellt område var då beläget inom ett grunt vattenområde, vattendjup 1 meter.

***Figur 5**. Historisk karta från år 1956. I bakgrunden syns befintlig byggnation markerad med rött.*

Mellan åren 1955 och 1963 byggdes delar av hamnen ut. Området fylldes delvis med muddermassor. Aktuellt område ligger inom området som byggdes under denna tidsperiod, *se figur 5 och 6.*

***Figur 6**. Flygfoto från år 1963*

Mellan åren 1963 och 1976 fortsatte utbyggnaden av hamnen och ytterligare områden fylldes ut och kajerna Gyproc-kajen och Roro-kajen anlades. Se *figur 7* nedan.

***Figur 7**. Flygfoto från år 1976*

Mellan åren 1976 till 1989 utvidgade hamnen sin verksamhet ytterligare och mer ytor togs i anspråk. Västra delen färdigställdes efter år 1996 vad man kan utläsa från flygfoton.

***Figur 8**. Flygfoto från år 1996*

6 Befintliga anläggningar och områdesbeskrivning

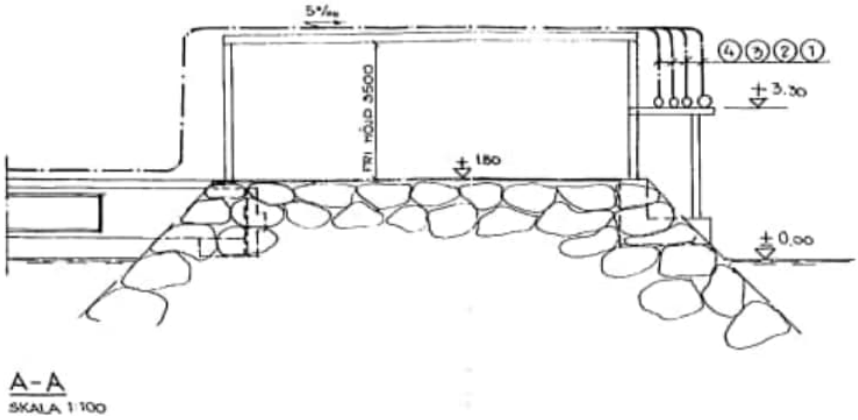
Området för den planerad anläggningen ligger inom nuvarande hamnområde där det idag pågår verksamhet i form av lassning och lossning av fartyg, upplag och förvaring av mestadels timmer. Inom området finns även ett flertal byggnader vilka har olika grundläggning beroende på storlek och tyngd. Ytorna bakom släntkrön används både för transport och som upplag. För stabilitetsberäkningar har en last på 30 kPa ansatts för detta nyttjande.

Marknivån för hamnplanen? är varierar mellan ca nivån +1,5 till nivån +2,0.

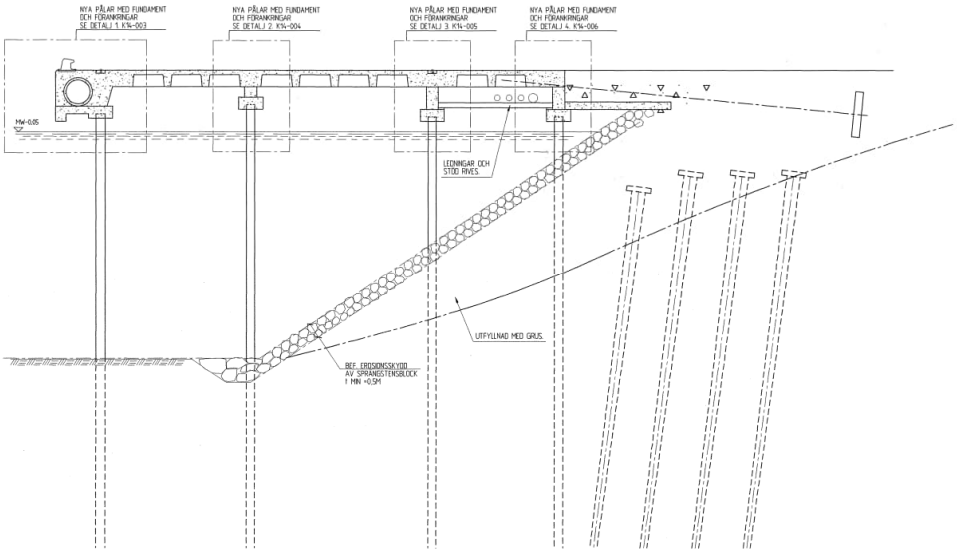
Hamnplanet är avgränsat med en sprängstensvall och slänter ned mot den muddrade hamnbassängen. Botten nivån på hamnbassängen ligger generellt runt nivån -8 men det förekommer även en djupare del med nivåer ned mot -13.

Sprängstensvallens bredd i toppen bedöms till ca 5 m utifrån en ritning, se figur 16. Vallen slänter står i lutning ca 1:1,5 till 1:1,7. Undervattensslänterna är ställvis flacka men ställvis är slänterna branta.

Okulärt kan man konstatera att erosionsskydd förekommer i släntens /sprängstensvallens övre del, se foton nedan. Hur djupt detta erosionsskydd går är oklart.



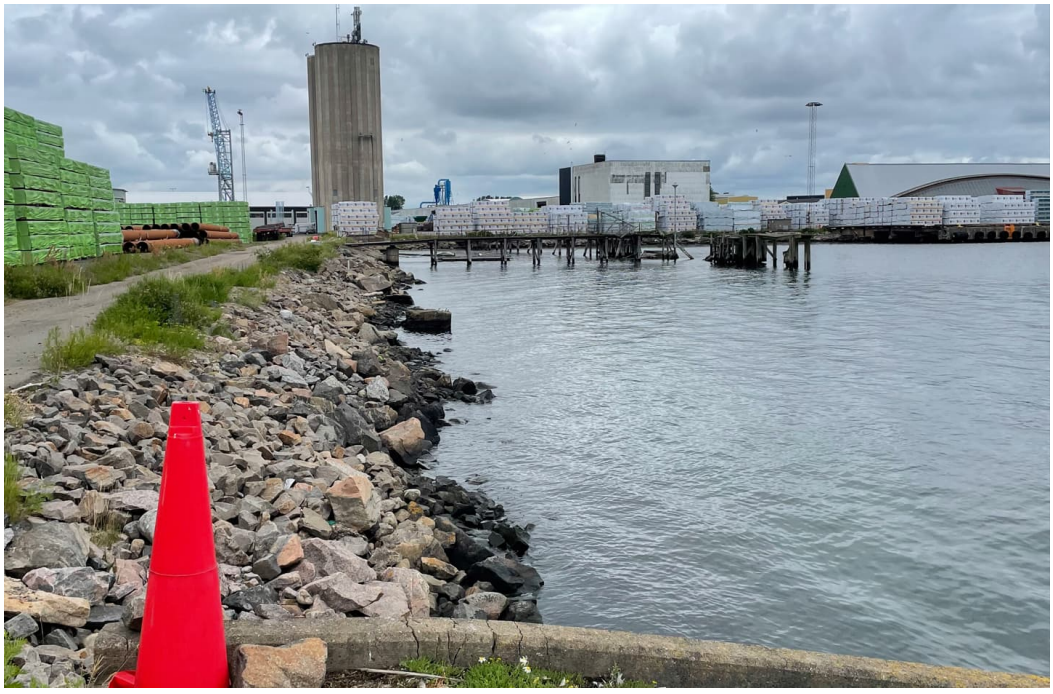
***Figur 9**. Typsektion på slänt/vall mot hamnbassängen.*



***Figur 10**. Utklipp ur ritning på Gyprockajen.*

***Figur 11**. Foto taget på slänten med erosionsskydd där ledningen kommer gå ut i havet.*

***Figur 12**. Foto taget mot söder. Ledningen kommer förläggas i havet, vänster i bild.*



***Figur 13** Foto taget mot norr. Ledningen kommer förläggas i havet, höger i bild.*

***Figur 14**. Foto taget mot söder på tidigare bryggor som raserat.*

***Figur 15**. Foto taget mot väster på den södra delen av hamnområdet.*

***Figur 16**. Foto taget mot väster på området*

7 Geotekniska undersökningar

7.1 Tidigare utförda undersökningar

Inom området finns följande tidigare utförda undersökningar:

- Geoteknisk undersökning för utbyggnad av kajer, Orrje & Co Scandiaconsult, ref nr. 18454.0928-01, daterad 1973-09-03.
- Nybyggnad av Färjeläge och torrgodskaj, Scandiaconsult Väst AB, ref nr, 392659-01, daterad 1994-10-07.
- Getakärr 9:1, del av Varbergs kommun, Öhman & Öhman AB, ref nr 88532, daterad juli 1988.
- Planerad utbyggnad Kalcinering 2 samt bandtransportör, J&W AB, ref nr 9 250 134, daterad 1990-01-26.
- Varbergs hamnutveckling, ÅF Infrastructure AB, uppdragsnummer 592449, daterad 2014-07-04.

7.2 Nu utförda undersökningar

Fältundersökningar utfördes i augusti 2024 och omfattade totalt 9 punkter med CPT-sondering, jordbergsondering, hejarsondering, vingförsök, provtagning av med skruvprovtagare och kolvprovtagning samt observationer av vattennivåer i öppna skruvprovtagningshål.

Redovisning av dessa undersökningar utförs i Marktekniskundersökningsrapport/Geoteknik (MUR/Geo) daterad 2024-12-20.

8 Geotekniska förhållanden

Generellt består jordlagren både i läget för fjärrkylaanläggningen och i läget för den markförlagda ledningen av ca 0,5 till 3,5 m med fyllningsmassor där de mäktigaste lagren är närmast kajkanten. Fyllningsmassorna har en blandad sammansättning av sand, grus, sten och block. Fyllningen underlagras av ett sandlager ned till ca 5,5 till 6,5 m djup med en låg till medelhög relativ fasthet. Under sanden följer en lös siltig lera, som på ca 15 till 20 m djup övergår till en skiktad lera med silt och sandskikt. Lerlagret mäktighet bedöms variera mellan ca 20 och 30 m.

Djup till berg varierar mellan ca 33 till 41 m och ovanpå berget förekommer ett ca 2 till 7 m mäktigt friktionsjordlager.

Utmed slänten, ned mot hamnbassängen, finns det enligt äldre handlingar en sprängstensvall med en krönbredd av 5 m och med släntlutningar 1:1,5 till 1:1,7, se figur 9 samt fotografier. Vallen antas ha utlagts på tidigare botten som grundast var på nivån -1. En viss sättning antas ha utbildats varvid underkant på vallen idag antas ligga på ca nivån -1,5 vilket har verifierats av borrningar i vallen längst ut i hamnbassängen.

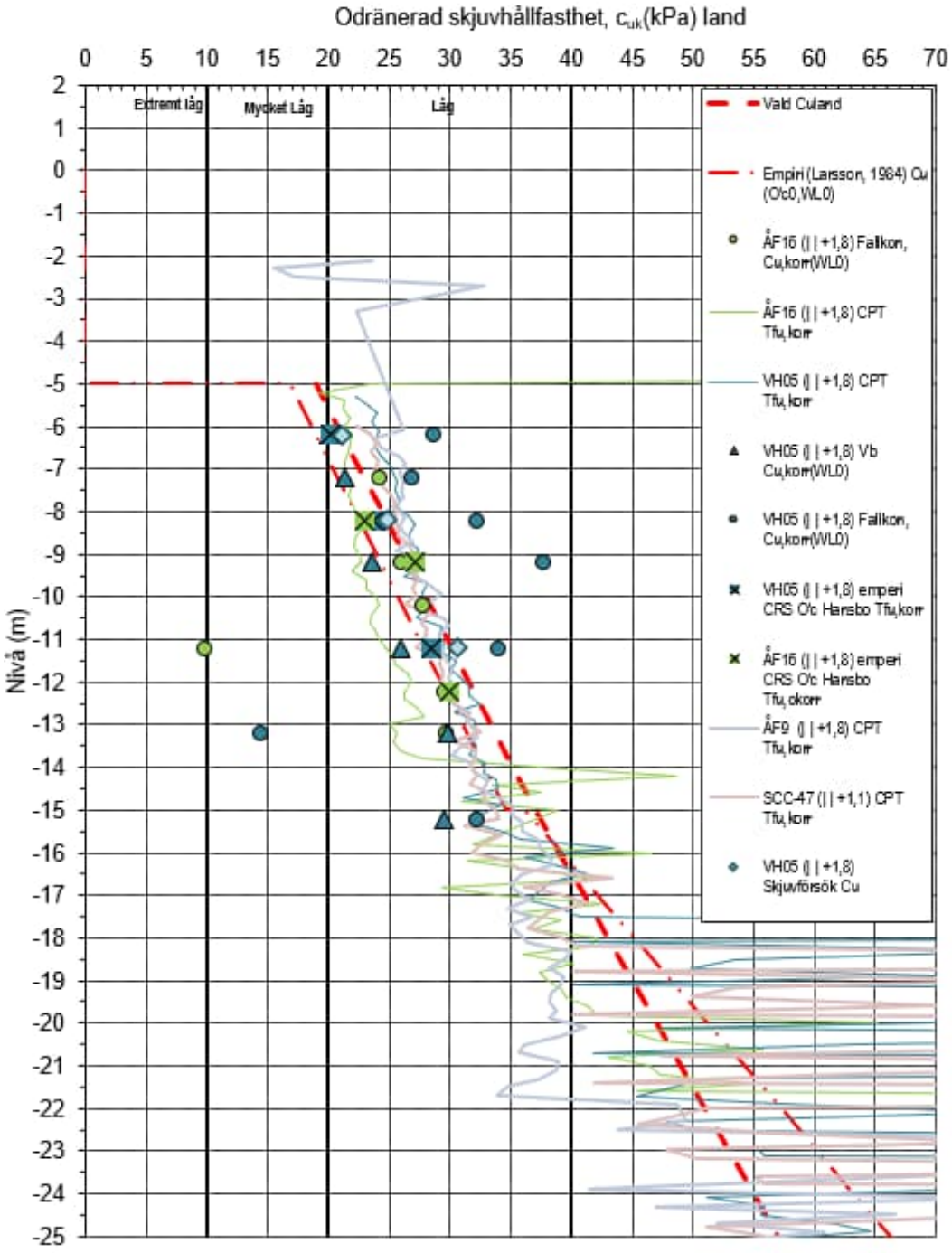
Lera förekommer ned till ca 25 till 34 m djup. Ungefär på nivån -15 till -18 övergår lera i en skiktad lera.

Lerans tunghet varierar mellan ca 16,5 och 18,5 kN/m^3

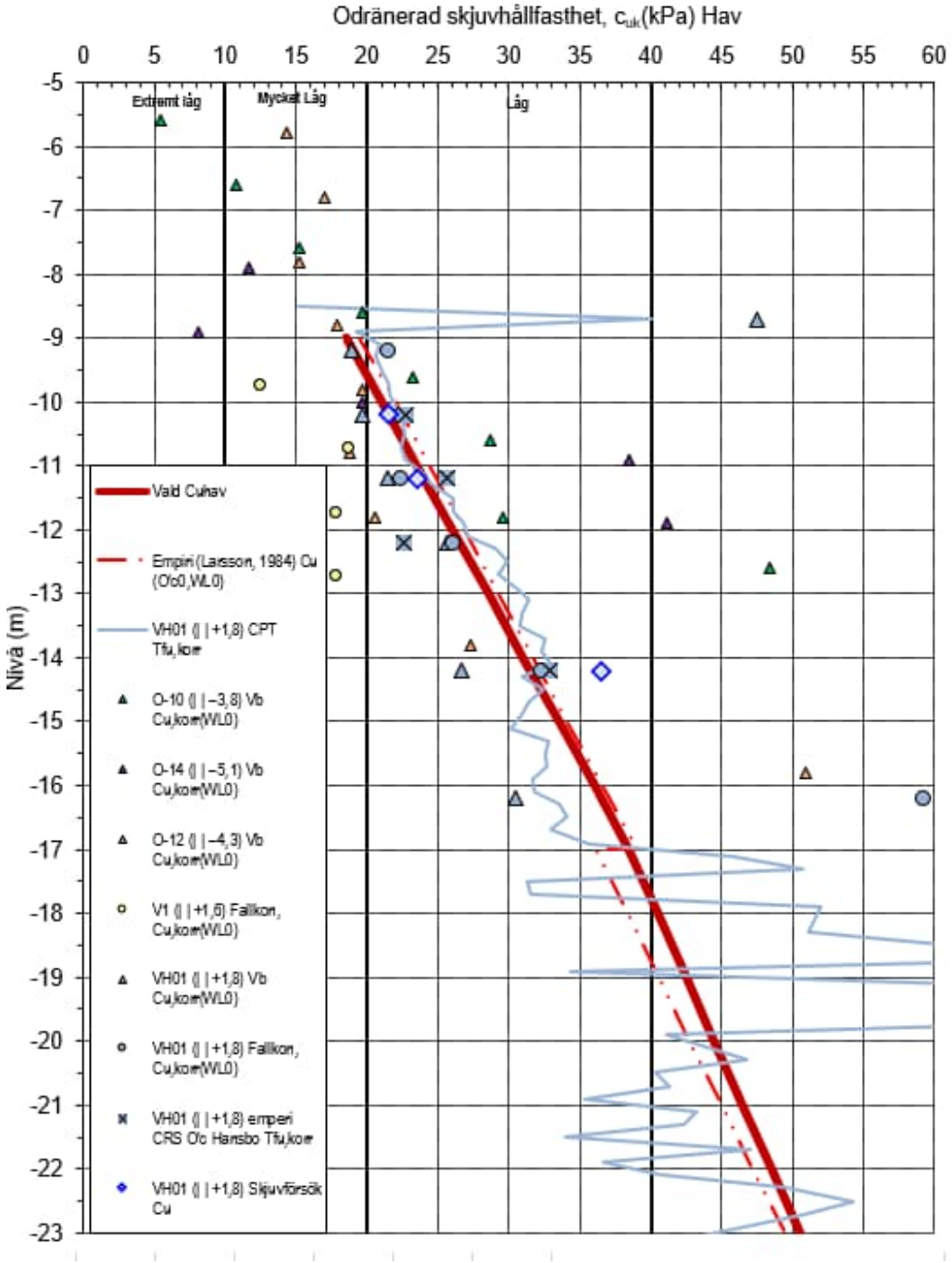
Lerans vattenkvot och konflytgräns varierar mellan ca 40 % och 60%.

Lerans odränerad korrigerade skjuvhållfastheten bedöms inom landområdet variera från 19 kPa på nivån -5 och ökar därunder mot djupet med 1,8 kPa/m. I hamnbassängen varierar skjuvhållfasthet från 18,5 kPa på nivån -9 och bedöms öka med 2,5 kPa/m mot djupet. I den skiktade leran, på ca -15 till -18, bedöms den odränerad korrigerade skjuvhållfastheten att öka med 2 kPa/m.

Leran är att beteckna som låg till mellansensitiv med sensitivitet uppmätt till mellan 5 och 13.



Figur 17. *Sammanställning odränerad korrigerad skjuvhållfasthet i lera inom landområdet tillsammans med valt karakteristiskt värde som redovisas med röd streckad linje.*



Figur 18. *Sammanställning odränerad korrigerad skjuvhållfasthet i lera i hamnbassängen tillsammans med valt karakteristiskt värde som redovisas med röd heldragen linje.*

9 Hydrogeologiska förhållanden

9.1 Havsnivåer

Nedanstående text ang havsvattennivåer har hämtats från rapporten ***"Detaljerad studie för skyfall och stigande hav inom planområde Västerport etapp 1, Uppdragsnummer 12705052 – 006 upprättad av SWECO 2020-09-28"*.**

Skyddsnivån på medellång sikt är satt till +2,3 m och motsvarar förväntad extrem havsnivå år 2070. Sannolikheten för att händelsen ska inträffa är 0,5% ett enskilt år (200-års återkomsttid) och inkluderar en säkerhetsmarginal på 0,3 m över den förväntade nivån. Skyddsnivån för år 2100 är satt till +2,8 m och motsvarar förväntad extrem havsnivå år 2100. Sannolikheten är även här 0,5% att den ska inträffa ett enskilt år och inkluderar en säkerhetsmarginal på 0,5 m över den förväntade nivån. Skyddsnivån på lång sikt ryms inom ramen för ett teoretiskt beräknat värde på högsta högvattennivå år 2100 samt förväntad havsnivå år 2150 med en återkomsttid på 200 år.

Det innebär att eventuella förstärkningsåtgärder med lättfyllning måste dimensioneras för upplyft för en nivå på +2,8.

Närmaste mätstation för havsvattenstånd är Ringhals. Från denna mätstation har följande nivåer antagits för dagens havsvattennivåer.

MW havet år 2014 (idag): +0,05
LLW havet år 2014: -1,25
HHW havet år 2014: 1,40

9.2 Grundvattennivåer och portryck

Inom ramen för detta uppdrag har inga grundvattenrör eller portrycksmätare installerats. Aktuellt utredningsområde ligger i direkt anslutning till havet. Grundvattennivån i övre magasin kan därmed antas variera på samma sätt som havet och nivån bedöms följa havsnivån.

Inom ramen för detta uppdrag har portrycket antagits öka hydrostatiskt mot djupet från havsvattennivån.

10 Sättningsförhållanden

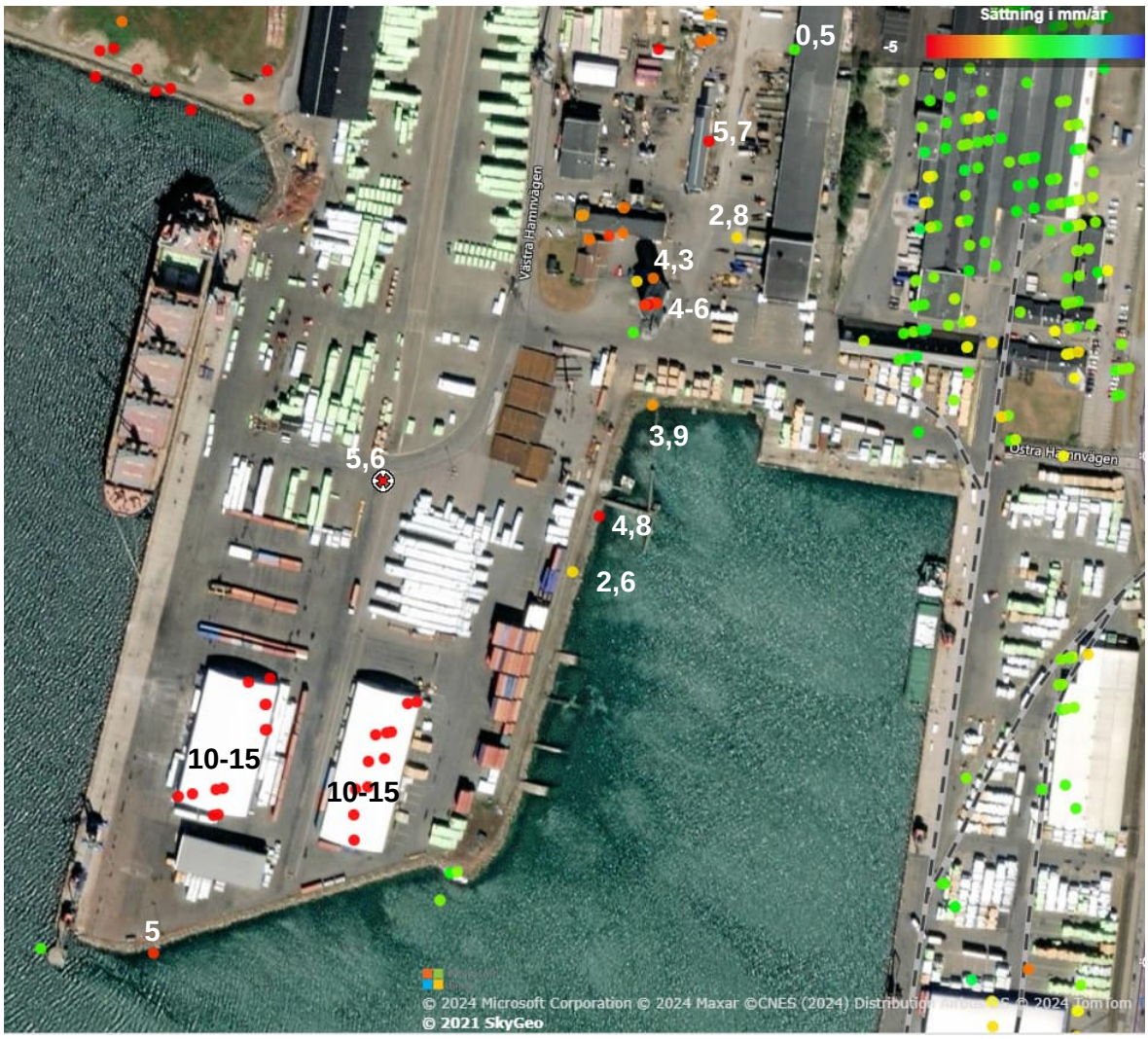
Det pågår sättningar inom området och i all ytterligare som påförs kommer generera ökade sättningar.

Förkonsolideringstrycket σ´c enligt utvärdering med SGI:s programvara Conrad av utförda CPT sonderingar samt resultat från utförda belastningsförsök (CRS) i nivå med effektivspänningen. Det innebär att leran är normalkonsoliderad med OCR kring 1,0.

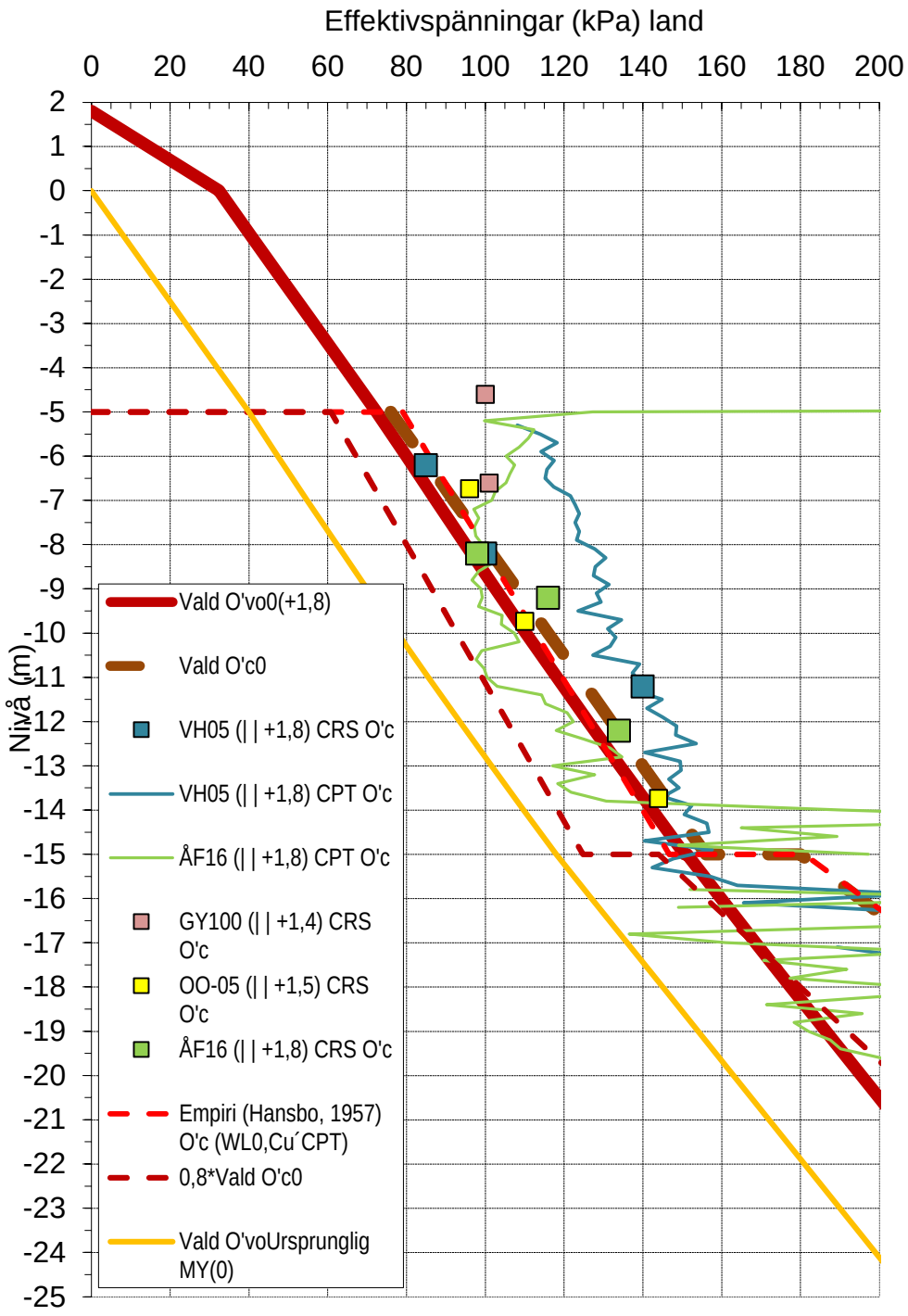
Uppmätt sättningsmodulen i leran ML varierar mellan ca 1200 kPa och 2300 kPa ned till ca 14 m djup och M0 varierar mellan ca 7 MPa och 13 MPa.

Ovanstående verifieras av sättningar redovisade i sättningskartan som visar pågående sättningar inom området. Där planerad fjärrkylacentralen ska byggas visar kartan att sättningshastigheten är ca 3 till 6 mm/år.

De tält som står uppställda längs söderut på nuvarande hamnplan bedöms utifrån underlaget att ha en sättningstakt på mellan ca 10 och 15 mm/år vilket tyder på att leran är underkonsoliderad för denna belastning.



Figur 19. *Utklipp från sättningskartan (Sättningskartan (skygeo.com)) sättningshastigheten är noterad i några punkter och enheten är i mm/år.*



Figur 20. *Sammanställning effektivspänning och förkonsolideringstryck. Den gula linjen visar bedömd effektivspänning motsvarande förhållandena innan hamnen fylldes ut.*

11 Stabilitetsförhållanden

Nivån på utförd stabilitetsutredning bedöms ligga inom fördjupad utredning. Detta ställningstagande grundas på följande:

- Geometrin för slänt och bottentopografi är väl känd
- Havsvattenståendet och dess variationer är väl känt. Eventuella klimatfaktorer såsom höjning av havsvattennivån inverkar enbart positivt på släntstabiliteten. Eftersom slänten idag är erosionsskyddad är bedömningen att risk för erosion ej föreligger och att slänten ej påverkas av ett högre vattenstånd.
- Vattennivåer i det övre magasinet följer havets fluktationer väl då material är mycket genomsläppligt.
- Leran har ansatt ha ett portryck motsvarade medelhavsnivå då portrycket ej bedöms följa havets hastiga variationer i vattenstånd.
- Parametrar för leran har liten spridning
- Avancerade laborationsförsök är utförda på lerlager där glidytor når, såsom CRS och DS både på prover från land och i hav.
- Triaxialförsök bedöms ej som nödvändiga då glidytorna går genom friktionsjord i den övre delen och glidytans form medför att anisitropa effekter inte bedöms påverka säkerheten mot skred i någon större omfattning. Detta antagande är på säkra sidan.
- Belastning från verksamheten är känd då det är tydligt uppmärkta körytor och upplagsytor inom området.

11.1 Stabilitetsberäkningar

Stabilitetsberäkningar har utförts i totalt 4 sektioner*, se figur 22* nedan.

Geometrin har studerats längs sträckan och 3 sektioner har valts ut som beräkningssektioner då de har de mest ofördelaktiga geometrierna, dessa är sektion A, C och D.

Sektion B har även kontrollerats då det är mer gynnsam geometri i denna del, och beräkningar verifierar att belastningsrestriktion ej erfordras.

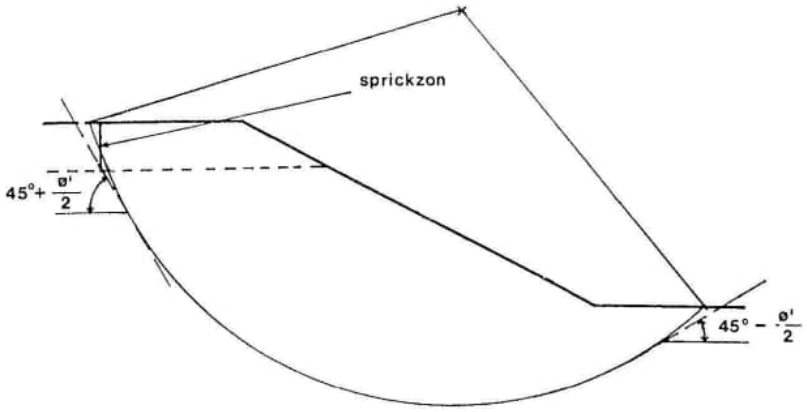
Känslighetsanalyser utförts i 2 sektioner, A och D, dels med avseende på höjt portryck med 10 kPa på djupet i den skiktade lerans överkant och motsvarande medelvattennivån i lerans överkant och dels med avseende på erosion av undervattenslänten.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med beräkningsprogrammet Geostudio 2021 R2, version 11.1.1.22085, Slope/W. Stabilitetsberäkningar har utförts med totalsäkerhetsanalys för cirkulärcylindriska glidytor i både odränerad analys samt kombinerad analys.

Beräkningar har även utförts med hänsyn till anisotropi men på grund av glidytans form påverkar inte det beräkningsresultatet.

Även 3D-effekter har undersökts för glidytor i sektion A, men beräkningarna visar att glidytans utsträckning inte är tillräcklig i förhållande till den släntlängd där geometrin är likartad. Därför bedöms inte 3D-effekter ha en betydande påverkan på totalstabiliteten.

I beräkningarna har hänsyn tagits till ingångsvinklar på glidytan då den går i friktionsjord, *se figur 21*.

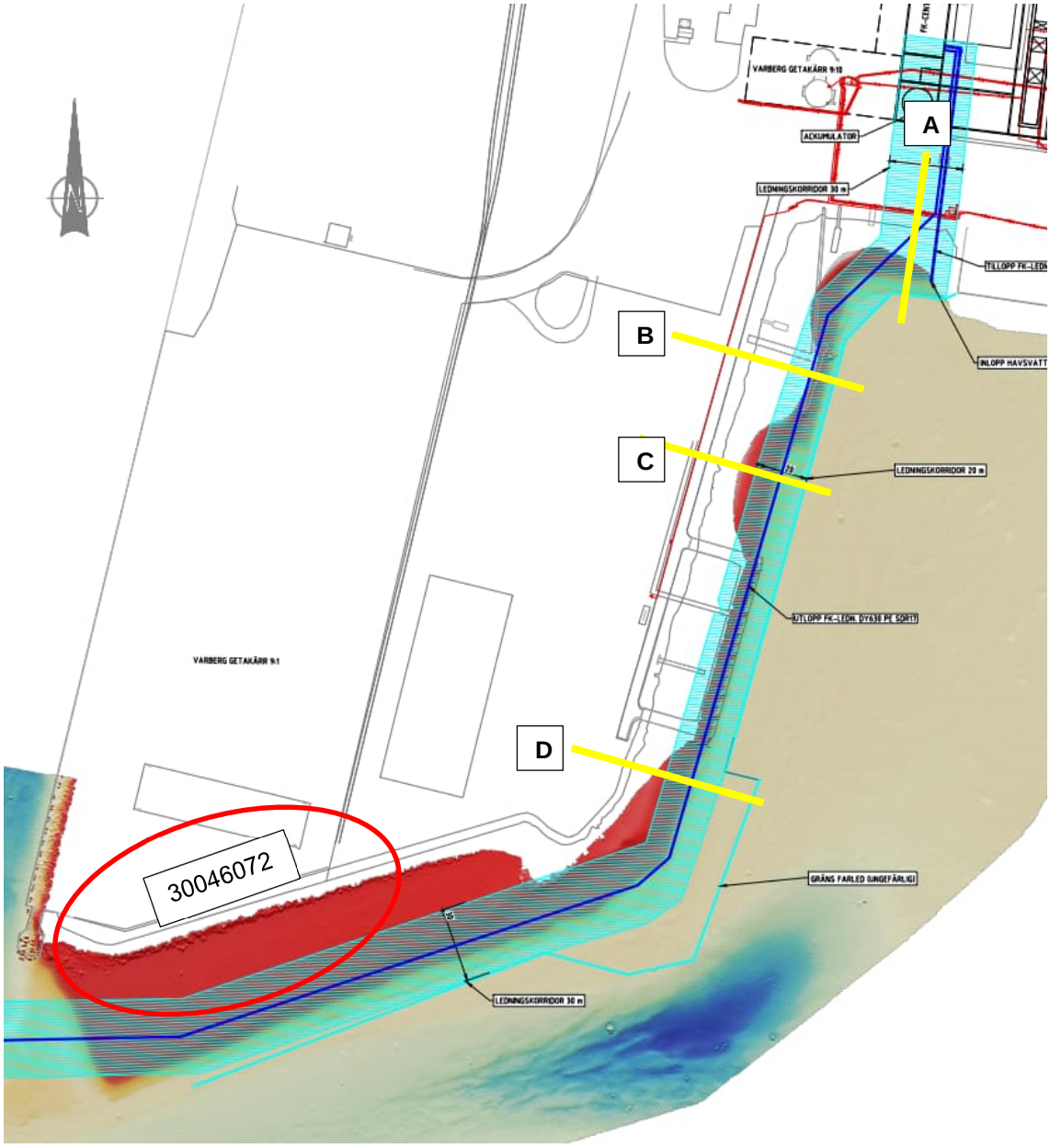


Figur 21. *Begränsning för möjliga lutningar för glidytor i friktionsjord och överkonsoliderad kohesionsjord där dränerad hållfasthet är dimensionerande (Rapport 3:95)*

Tabell 1*. Exempel på hur in- och utgångsvinklar beräknas i Slope/W. Friktionsvinkel avser karakteristiska värden.*

Exempel-material	Vänster till höger		Höger till vänster	
	Aktiv	Passiv	Aktiv	Passiv
Ballast, φ'=42°	$180° - \left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right) = 114°$	-	$45° + \frac{\varphi'}{2} = 66°$	-
Lera, φ'=30°	-	$45° - \frac{\varphi'}{2} = 30°$	-	$180° - (45° - \frac{\varphi'}{2}) = 150°$

Beräkningar har utförts med totalsäkerhetsmetod med karakteristiska jordlagerparametrar och laster. Krav på lägst säkerhetsfaktor redovisas under kap. 12.2.2.



Figur 22. *Plan med beräkningssektioner. Stabiliteten inom rödmarkerat område har utretts i tidigare utredning 30046072, Handelskajen.*

11.1.1 Säkerhetsfaktorer

Säkerhetsfaktorer enligt IEG Rapport 4:2010 som ska uppnås vid beräkningar utifrån olika förutsättningar, se *figur 23.*

		Markanvändning			
	Utred-ningsnivå	Nyexploatering		Befintlig bebyg-gelse och anlägg-ning	Annan mark
		Nybyggnation (GK1 och GK3)	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig	Ej tillämpbar	Minst detaljerad utredning ska utföras.	$F_c > 2$ F_{komb}, $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2$ F_{komb}, $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad	$F_c \geq 1,7–1,5$ $F_{komb} \geq 1,5–1,4$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7–1,5$ $F_{komb} \geq 1,5–1,4$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7–1,5$ $F_{komb} \geq 1,5–1,3$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c > 1,6–1,4$ $F_{komb} > 1,4–1,3$ $F_{c\phi} > 1,3$ (sand)
	Fördjupad	$F_c \geq 1,5–1,4$ $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,5–1,4$ $F_{komb} \geq 1,4–1,3$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4–1,3$ $F_{komb} \geq 1,3–1,2$ $F_{c\phi} \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs.	$F_c > 1,3–1.2$ $F_{komb} > 1,2$ $F_{c\phi} > 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt IEG (2008b)/Trafikverket (2022).	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt 5.3.2 alternativt IEG (2008b)/Trafikverket (2022).	

Figur 23*. Val av säkerhetsfaktor enligt IEG Rapport 4:2010.*

Denna utredning har bedömts uppnå fördjupad detaljeringsnivå och erforderliga säkerhetsfaktorer har valts till till F_c >1,4 och F_{komb} >1,3, se röd ruta. Valet av säkerhetsfaktor baseras på antalet undersökningar, undersökningarnas spridning och att det utförts direkta skjuvförsök. Detta gäller för sektion A där ledningen ska förläggas tvärs ut i slänten

För glidytor för resterande del av hamnen där byggnation ej kommer utföras inom detta projekt och ledningens anläggande ej påverkar stabiliteten samt som ej undersöks närmare inom ramen för detta uppdrag väljs säkerhetsfaktorer till F_c >1,4 och F_{komb}, >1,3

se blå ruta ovan. Detta gäller sektion B, C, D. Motivet till valet är att antalet undersökningspunkter inom detta område är färre än för sektion.

Vid framtida exploatering av hamnområdet (sektion B, C, D) rekommenderas att ytterligare undersökningar och avancerade laboratorieförsök utförs utmed slänten och i farleden för att erhålla en säkrare underlag på jordlagerprofil och jordegenskaper för att minimera behovet av förstärkningsåtgärder.

11.2 Indata stabilitetsberäkningar

11.2.1 Jordlagerparametrar och modell

För stabilitetsberäkningar har följande jordlagerparametrar använts:

Tabell 2. Karakteristiska värden.

Jordlager	Tunghet	Odränerad hållfasthet	Dränerad hållfasthet
Fyllning	19 kN/m^3 (över gv-yta) 11 kN/m^3 (under gv-yta)		ϕ'_k = 35°
Sand/ siltig Sand	18 kN/m^3 (över gv-yta) 11 kN/m^3 (under gv-yta)		ϕ'_k = 32°
Lera land från nivån -5	17,7 kN/m^3 (över gv-yta) 7,7 kN/m^3 (under gv-yta)	C_{uk} = 19 +1,8 kPa/m	ϕ'_k = 30° c'_k = 1,9 +0,18 kPa/m
Lera hav från nivån -9	17,5 kN/m^3 (över gv-yta) 7,5 kN/m^3 (under gv-yta)	C_{uk} = 18,5 +2,5 kPa/m	ϕ'_k = 30° c'_k = 1,85 +0,25 kPa/m
Skiktad lera Från nivån -15*	19 kN/m^3 (över gv-yta) 9 kN/m^3 (under gv-yta)	C_{uk} = 37 +2 kPa/m	ϕ'_k = 30° c'_k = 3,7 +0,2 kPa/m

** den skiktade lerans överkant varierar mellan ca -15 till -18. Cuk har ansatts att öka med 2 kPa/m här vilket är ett konservativt antagande utifrån att det är mycket svår att utföra andra metoder än CPT- sondering för bestämning av den skiktade lerans odränerad skjuvhållfasthet.*

11.2.2 Geometri

Indata för landområdet, släntens geometri samt släntlutning har inhämtats dels från lantmäteriets höjddatabas och havsbottennivåerna är från multibeamlodning från år 2024.

Multibeamlodningen har ej kunnat utvärdera om det finns ett erosionsskydd i hela undervattenslänten. Däremot kan man okulärt konstatera att erosionsskydd/sprängstensvall förekommer i den övre delen av slänten.

11.2.3 Grundvattentryck

Grundvattennivå har i det övre magasinet ansatts till att följa havsvattennivån. Portrycket i leran har ansatts att motsvara hydrostatiskt tryck från medelvattennivån i havet.

För beräkningarna och rekommendation för åtgärder har lägsta lågvatten ansatts som är ett värsta fall som inträffar sällan och under en kortare period. Stabilitetsberäkning har även utförts för medelvattennivå i havet.

11.2.4 Belastningar

En generell ytlast på 30 kPa har valts att ansättas i beräkningarna för att motsvara trafiklast eller upplagslast som kan förekomma inom landområdet.

11.3 Beräkningsresultat

Tabell 3 Beräkningsresultat stabilitetsberäkningar för befintliga förhållanden. Röda siffror visar på säkerhetsfaktorer som ej uppfyller kraven på erforderlig säkerhetsfaktor.

Sektion	***Skede***	***F_c***	***F_{komb}***	***$F_{3D\ odrän}$***	***Kommentar***
A	LLW	1,24	1,43		
A	MW	1,36			
A	LLW	1,37			Belastningsrestriktion (0 kPa) 10 m från släntkrön.
A	LLW	1,42			Belastningsrestriktion (0 kPa) 10 m från släntkrön samt 1 m erosionsskydd
A	MW	1,33			Erosion 1 m
A	LLW		1,42		Portryck i den skiktade leran motsvarande MW + 10 kPa
B	LLW	1,49			
B	LLW	1,61			Undervattenslänt
C	LLW	1,33	1,55		
C	MW	1,47			
C	LLW	1,46			Belastningsrestriktion (0 kPa) 8 m från släntkrön
D	LLW	1,28	1,59		
D	MW	1,43			
D	LLW	1,43			Belastningsrestriktion (0 kPa) 8 m från släntkrön
D	LLW	1,40			Belastningsrestriktion (0 kPa) 8 m från släntkrön och erosion 1 m
D	MW	1,40			Erosion 1 m
D	LLW		1,59		Portryck i den skiktade leran motsvarande MW + 10 kPa

11.4 Utvärdering/ sammanfattning

Utförd stabilitetsutredning kan anses vara i nivå med en fördjupad stabilitetsutredning.

Planerat ledningsläge och anläggande av ledningen påverkar generellt inte slänternas stabilitet eftersom ingen schakt ska utföras för ledningen på havsbotten.

Stabiliteten i sektion A anses vara tillfredställande med en belastningsrestriktion som innebär att ingen belastning på påföras (0 kPa) vare sig trafik eller upplag.
inom ett avstånd av 10 m från släntkrön tillsammans med att slänten återställs till befintligt skick med krossmaterial eller sprängsten i en något flackare lutning, *se figur 23.*

Stabiliteten längs med östra hamnplanet, sektion C och D är idag tillfredställande om en belastningsrestriktion som innebär att ingen belastning på påföras införs inom ett avstånd av 8 m från släntkrön. Inom den norra delen, sektion B, är stabiliteten tillfredställande utan belastningsrestriktion.

Inom det sydvästra hamnplanet finns sedan tidigare en utredning som visar på att stabiliteten är tillfredställande.

Figur 23*. Belastningsrestriktioner som innebär att ingen belastning får påföras (0 kPa) vare sig trafik eller upplag.*

12 Geotekniska rekommendationer

Anläggande av ledning i havet påverkar inte stabiliteten då ledningen kommer förläggas på havsnivån utan att schakt utförs. Ledingens känslighet för eventuellt ras är liten. Ledningen tål att flyttas ur sitt läge och ett ledningsbrott får ingen påverkan på omgivning och är relativt enkelt att åtgärda.

I samband med schakt i slänten för anläggande av intags- och utloppsledning kommer befintligt sänt både ovan och under vattennivån att återställas och mindre justeringar av slänten geometri utförs.

Då fyllningsmassorna innehåller block och sten behövs antingen förschakt genom fyllningsmassorna eller att en borrad spont nyttjas. Spontkonstruktionen bedöms bli stämpad då användande av bakåtförankringar är mindre lämpligt. För bergsförankrade stag innebär det stora djupet till berg att det är mindre lämplig metod och för jordförankrade stag kan befintliga konstruktioner i mark samt fyllningens beskaffenhet gör den metoden olämplig.

I samband med anläggande av ledningen ska byggskedets utförande och arbetsordning utvärderas med avseende på påverkan på stabiliteten utredas och redovisas i en Entreprenadteknisk specifikation (ETS). Man får då beakta val av maskiner, arbetsytor och schaktmetod och anpassa arbetet efter stabilitetsförhållandena. Schakten planeras utföras vinkelrätt ut i slänten inom spont. Schaktens utbredning i plan utmed slänten är begränsad vilket innebär att 3D effekterna för glidytor är stora. Samma gäller för uppställning av till exempel spontmaskin och grävmaskin. För att erhålla tillräcklig säkerhet mot skred även i byggskedet, då man kommer behöva vistas med maskiner inom den belastningsfria zonen, kan avlastning vara ett alternativ för att erhålla tillfredställande stabilitet i byggskedet.

Planerad fjärrkylacentral och ackumulatortank rekommenderas att grundläggas på pålar. Beroende på laster och om eventuella dragkrafter behöver beaktas kan det bli aktuellt med borrade och fastgjutna stålpålar ned i berg. Att utföra schakten med konsolspont kan bli svårt med hänsyn till schaktdjupen och det kommer troligen erfordras stämp.

12.1 Kompletterande geotekniska undersökningar och utredningar

Kompletterande geotekniska undersökningar utredningar kan krävas för detaljprojektering av grundläggningen av planerad anläggning, för dimensionering av stödkonstruktioner för anläggande av ledningen och källare under fjärrkylaanläggningen.

I samband med planering av förändringar av verksamheten och förändringar av marknivåer inom den östra kajplanet (representeras av sektion B, C och D) rekommenderas att kompletterande undersökningar utförs som underlag för detaljerad utredning av behov av stabilitetshöjande åtgärder såsom belastningsrestriktioner eller andra förstärkningsåtgärder. En utökad undersökning kan leda till att föreslagen belastningsrestriktion kan minskas eller tas bort.

Även ytan bakom Gyproc och RoRo kajen rekommenderas att undersökas och utredas med avseende på stabilitet i samband med framtagande av detaljplan för detta område.

13 Bilagor:

Bilaga A: Sammanställning parametrar land

Bilaga B: Sammanställning parametrar hav

Bilaga C: Stabilitetsberäkningar

Bilaga D: PM Geoteknik belastningsrestriktioner för handelskajen Uppdragsnr 30046072, Sweco, 2022.