

PM GEOTEKNIK

UNDERLAG FÖR DETALJPLAN

LKAB:s Cirkulära Industripark



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
1.0	2023-10-31		SEASBD	SEETLO

Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Ver
Datum
Upprättad av

RegNo 556767-9849
Industripark_miljö tillstånd
30004966-020
LKAB
1
2023-10-31
SEILLR

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1. Bakgrund	6
1.1 Syfte	6
2. Underlag	7
3. Områdesbeskrivning.....	8
4. Layout för LKAB ReeMAP	10
5. Skede	11
6. Kaj, planerad muddring samt utfyllnadsområden.....	12
6.1 Planerad kaj	12
6.1.1 Geotekniska förutsättningar	12
6.1.2 Muddring för anläggning av kaj.....	14
6.2 Muddring	15
6.3 Utfyllnad	15
6.3.1 Geotekniska förutsättningar	15
6.3.2 Grundläggning av sprängstensvallar	17
7. Schakt- och grundläggningsarbeten för byggnader och anläggningar.....	19
7.1 Generellt.....	19
7.2 Dammanläggningar	20
7.3 Nordvästra Sandskär	20
7.3.1 Topografi och höjdsättning	20
7.3.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	21
7.3.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning	21
7.4 Ytterligare anläggningar på nordvästra Sandskär.....	21
7.4.1 Topografi och höjdsättning	22
7.4.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	22
7.4.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning	23
7.5 Norra Sandskär	23
7.5.1 Topografi och höjdsättning	24
7.5.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	24
7.5.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning	25
7.6 Nordöstra Sandskär	26
7.6.1 Topografi och höjdsättning	26
7.6.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	26
7.6.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning	27
7.7 Västra Sandskär.....	28
7.7.1 Topografi och höjdsättning	28
7.7.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	29
7.7.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning	29
7.8 Lossningsstation och transportörband	30

7.8.1	Topografi och höjdsättning	30
7.8.2	Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	30
7.8.3	Förkastade schaktalternativ	31
7.8.4	Rekommendationer för schakt och grundläggning	32
7.8.5	Kompletteringsbehov	35
7.9	Sydöstra utfyllnadsområdet.....	35
7.9.1	Topografi och höjdsättning	36
7.9.2	Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar	36
7.9.3	Rekommendationer för schakt och grundläggning	40
7.10	Slutsatser	40

Sammanfattning

Sweco har på uppdrag av LKAB utfört en geoteknisk utredning som underlag till tillståndsansökan för LKAB:s Cirkulära Industripark i Luleå. På området ska industriparken utvecklas med asfalterade hanterings- och upplagsytor, körbanor, verks- och produktionshallar och särskilda anläggningar där mineralgödsel, sällsynta jordartsmetaller, gips och fluor kommer framställas utifrån apatitkoncentrat.

Utredningen beskriver rådande geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar och sammanfattar möjliga schaktlösningar, grundläggningsmetoder samt förstärkningsåtgärder som kan komma att krävas för de planerade industrianläggningarna.

I dagsläget utgörs området i stort sett av gles- till icke bevuxna ytor. Längs med den norra kustlinjen samt för delar av den södra kustlinjen finns skogsmark. För att erhålla tillräckliga ytor för den planerade industriparken behöver utfyllnad göras i den östra delen av Sandskär.

Området utgörs av tidigare naturligt lagrade sand- och moränholmar och har fyllts ut med främst sandiga massor. På grund av den tidigare utfyllnaden varierar de geotekniska- och hydrogeologiska förhållandena.

De sandiga utfyllnadsmassorna har ställvis avlagrats löst. För anläggningar som är planerad på ett utfyllt område kan därmed mycket lösa skikt av sand förekomma på ett relativt stort djup. Detta medför att förstärkningsåtgärder som exempelvis förbelastning, djuppackning eller pålning kan behöva utföras.

De geotekniska förhållandena i läge för tidigare naturligt lagrade sand- och moränholmar är generellt sett goda med avseende på byggbarhet och potentiella sättningar. Stabilitet för sprängstensvallar har kontrollerats med erforderlig stabilitet och erosionsskyddande åtgärder i form av erosionsskydd kommer att anläggas.

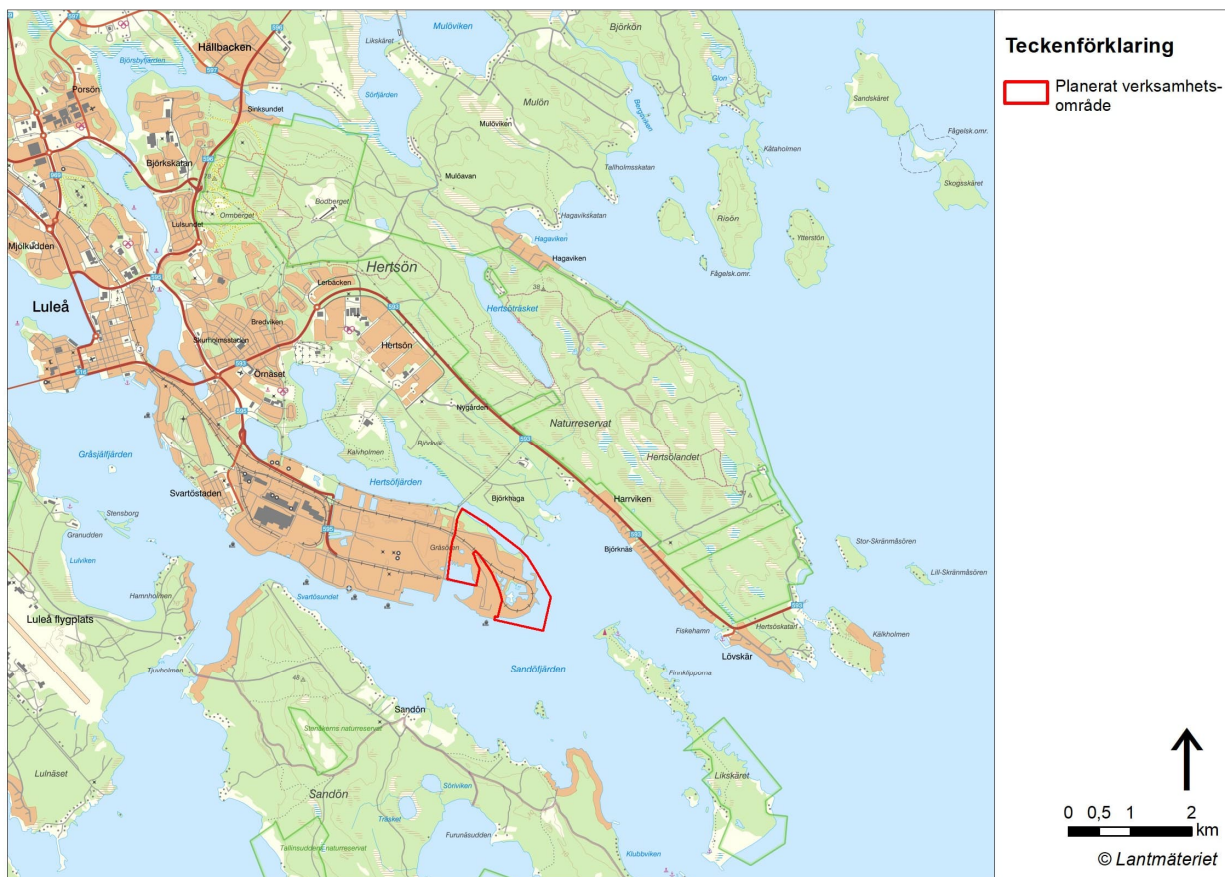
1. Bakgrund

LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara AB) avser att anlägga en cirkulär industripark på Svartön i Luleå kommun. Den sökta verksamheten omfattar flera industriella processer som innefattar produktion och framställning av fosfor, sällsynta jordartsmetaller, fluor, gips och mineralgödsel.

1.1 Syfte

Föreliggande PM syftar till att översiktligt sammanfatta kunskapsläget med avseende på områdets geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar, för att utreda hur schakt- och grundläggningsarbeten kan utföras för de anläggningar som är planerade inom industriområdet.

Utredningsområdet redovisas i Figur 1-1.



Figur 1-1. Område för den planerade industriparken. Bild hämtat från Lantmäteriet.

2. Underlag

Följande underlag har använts i denna rapport:

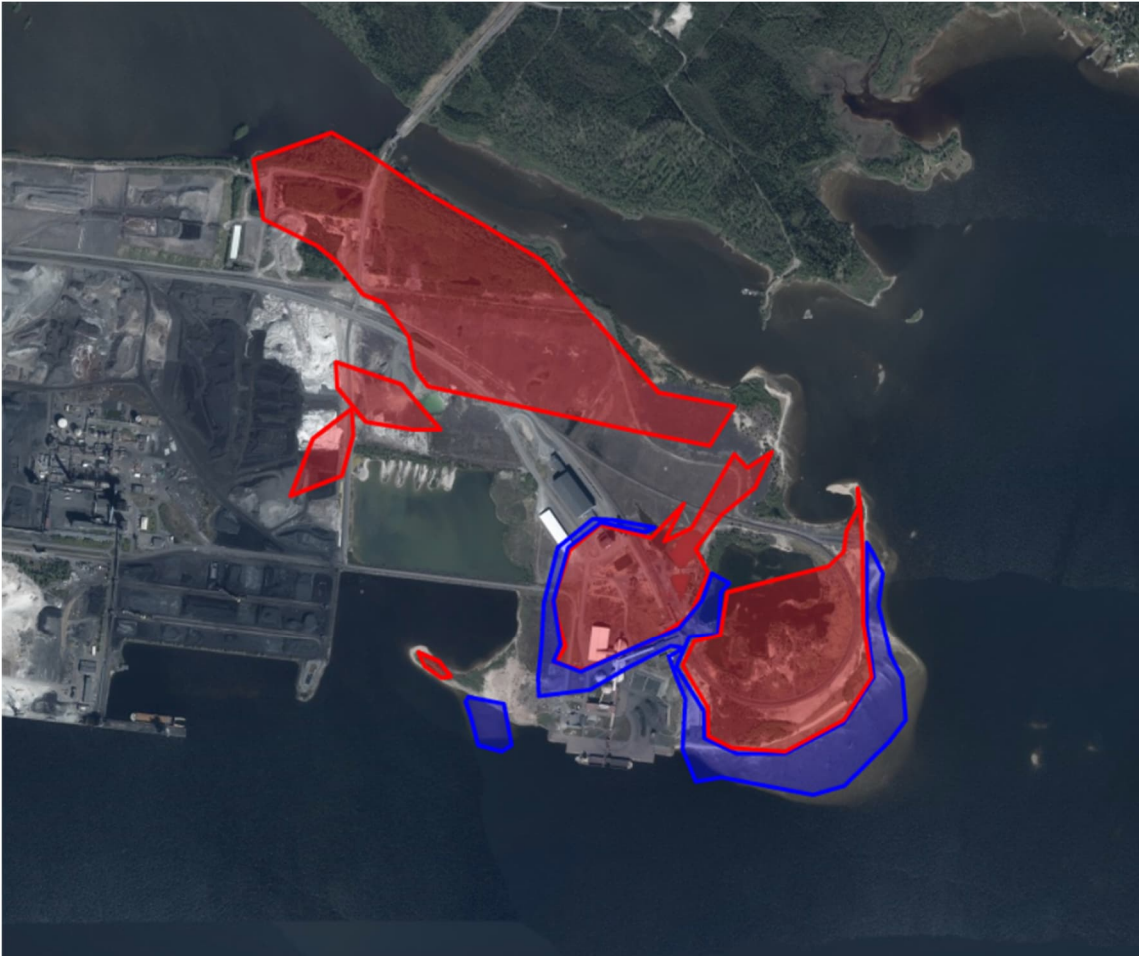
- PM Geoteknik – Förstärkningsåtgärder och kompletteringsbehov, upprättat år 2023 av Sweco.
- Geotekniska undersökningar från Luleå kommuns Geoarkiv samt kompletterande fältundersökningar utförda av Sweco Sverige AB
- Höjdsättningsmodell av industriområdet inklusive utfyllnadsområden, upprättad år 2023 av Sweco med nivåer enligt koordinat- och höjdsystem SWEREF 99 21 45 och RH2000.
- Hydrogeologiska mätningar, utförda av Sweco under år 2023.

3. Områdesbeskrivning

Området utgörs av tidigare naturligt lagrade sand- och moränholmar. Tidigare vattenområden har fyllts ut med muddermassor av sandig karaktär. Se Figur 3-1 och Figur 3-2 för redovisning av tidigare moränholmar och utfyllnadsområden.



Figur 3-1. Området markerat med rött visar naturlig holme som främst består av morän. Blå markering visar grunt vattendjup runt naturliga holmar anno cirka 1960. Kartmaterial är offentligt och hämtat från Lantmäteriet under år 2023, <https://minkarta.lantmateriet.se/>. Markeringar är ritade av Sweco år 2023.



Figur 3-2. Flygfoto från 2020-talet där områden beskrivna i tidigare figur är kombinerade för att visa vart utfyllda respektive naturligt lagrade områden finns. Kartmaterial är offentligt och hämtat från Lantmäteriet under år 2023, <https://minkarta.lantmateriet.se/>. Markeringar är ritade av Sweco år 2023.

4. Layout för LKAB ReeMAP

I planeringen av ReeMAP-projektet har en layout av industriparken tagits fram. Den framtagna layouten innefattar planerade lägen för nya industrianläggningar, dagvattendammar, vägar och järnvägar. Maragrundet samt vattenområdet i områdets sydöstra del planeras att fyllas upp med utfyllnadsmassor.

Den aktuella layouten kan komma att förändras. Föreliggande rapport är baserad på en layout daterad 2023-10-11 och redovisas i Figur 4-1 nedan.



Figur 4-1. Layout för LKAB:s cirkulära industripark daterad 2023-10-11.

5. Skede

Beskrivningar av metoder, arbetsmoment och konstruktionslösningar i föreliggande PM ska ses som förslag eftersom detta ska vara ett underlag för detaljplan och inte ett detaljprojekteringsunderlag.

6. Kaj, planerad muddring samt utfyllnadsområden

6.1 Planerad kaj

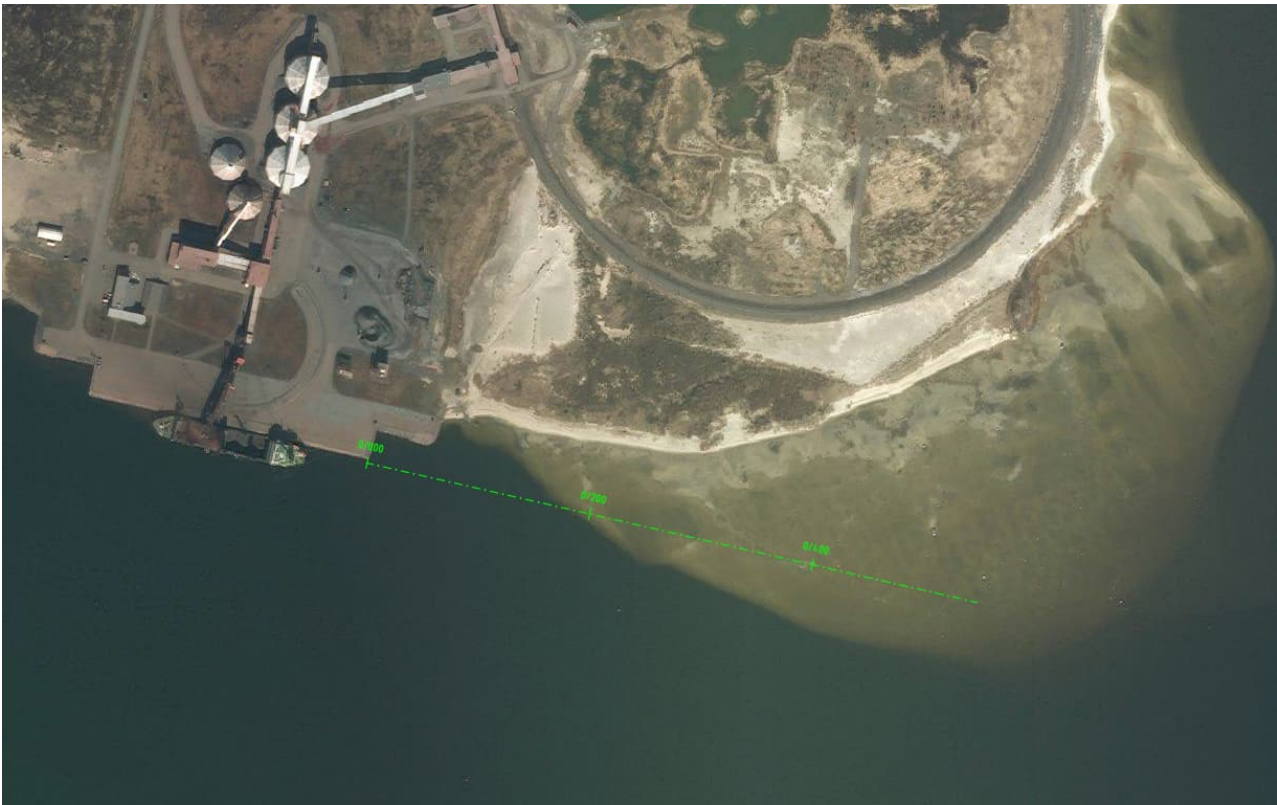
En ny kaj planeras att anläggas intill den befintliga Malmkajen. Den nya kajen är föreslagen som en störmurskaj med förtillverkade L-formade stödmurselement och mellanskivor. Läge för den planerad kaj samt planerat område för muddring presenteras i Figur 6-1.



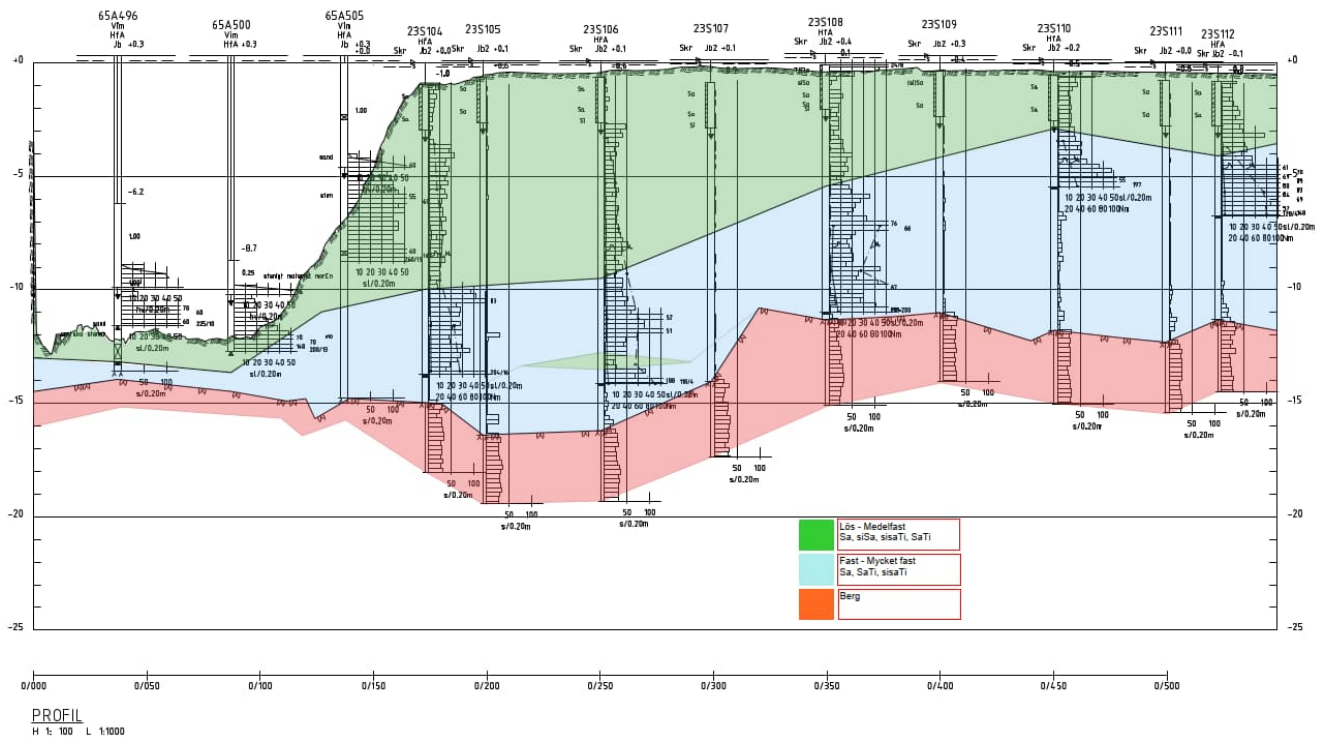
Figur 6-1. Läge för planerad kaj och planerad muddring markerat i rött.

6.1.1 Geotekniska förutsättningar

Jordlagerföljden i läge för den planerade kajen utgörs överst av 1 – 4 meter löst lagrad sand, silt och siltig sand. De lösare jordskikten underlagras av en medelfast sand och siltig sand med en mäktighet som varierar mellan 1 och 6 meter. Under det medelfasta skiktet påträffas en morän med fast till mycket fast lagringstäthet. Moränens mäktighet varierar längs med kajlinjen mellan 2 och 9 meter, ökande i östlig riktning. Jordprofilen för den nya kajen redovisas i Figur 6-3 där längdmätningen utgår med start i läge för befintlig kaj, se Figur 6-2.



Figur 6-2. Läge och längdmätning för planerad kaj med start 0/000 i läge för befintlig kaj.



Figur 6-3. Jordprofil i läge för den nya kajen.

Bergnivån varierar längs med kajlinjen, se Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Bergytans nivå i läge för kajen.

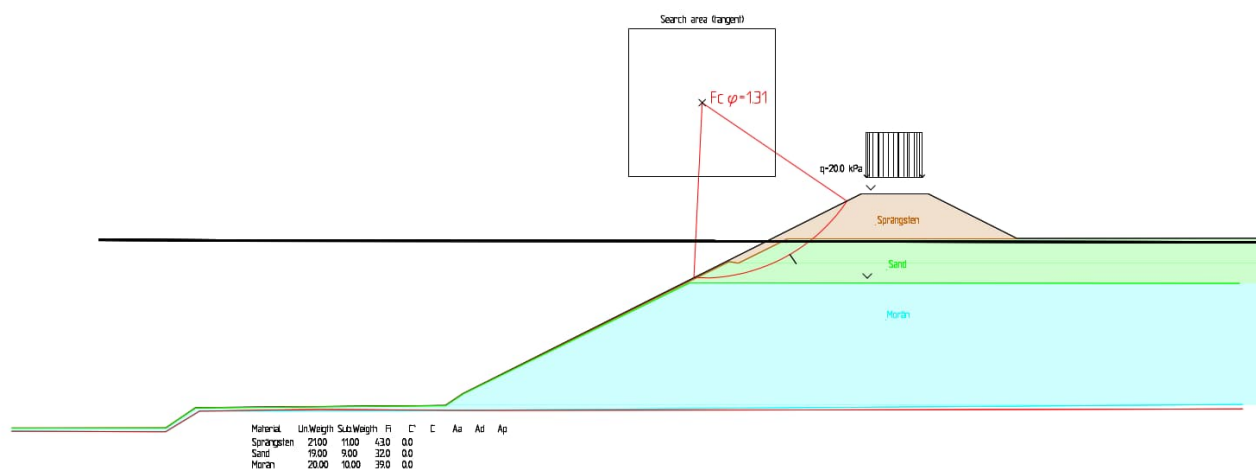
Kajens längdmätning	Bergyttans nivå [RH2000]
0/000	-14,5
0/100	-14,5
0/200	-16,5
0/300	-14,0
0/400	-11,0
0/490	-12,5

Från 0/380, utanför kajlinjen i riktning mot farleden, påträffas lösa sediment i form av dy. Måktigheten på dessa sediment varierar mellan 1 – 3 meter, baserat på tidigare utförda fältgeotekniska undersökningar, inhämtade från Luleå kommuns geotekniska arkiv.

6.1.2 Muddring för anläggning av kaj

Muddring kommer att utföras i och innanför den blivande kajlinjen där en bädd ska anordnas för de prefabricerade stödmursegmenten. Framför kajen muddras det ur för erosionsskydd. Bakom stödmuren schaktas en slänt vars stabilitet beräknats och har erforderlig stabilitet. När alla stödmursegment är på plats utförs en återfyllning bakom L-stöden med lämpligt, icke kapillärsugande friktionsmaterial.

För att motverka erosion i muddringsslänten kan en kapp av erosionsskydd anläggas ovan och under vattenytan. Erosionsskyddet kommer dimensioneras i ett senare skede men kan exempelvis utgöras av oordnade respektive ordnade homogena block. För att säkerställa att muddringsslänten är tillfredsställande stabil har stabilitetsberäkningar utförts, se Figur 6-4.



Figur 6-4. Stabilitetssektion för muddringsslänten bakom kajen, Sweco år 2023.

6.2 Muddring

Muddring kommer att utföras i samband med anläggning av den nya kajen.

Muddermassornas egenskaper varierar från mycket lösa sediment av dy till mycket fast morän samt berg. Huvudsakligen förväntas de muddrade massorna utgöras av sand, siltig sand och morän av sandig och siltig karaktär.

6.3 Utfyllnad

Utfyllnad kommer att utföras inom befintliga landområden samt för de vattenområden som ska bli landområden.

Utfyllnadsmassor kommer delvis utgöras av muddermassor som uppkommer i samband med muddringsarbeten som utförs inom projektet. Övriga fyllnadsmassor kommer att köpas. De utfyllda vattenområdena kommer att hägnas in med sprängstensvallar vid de sidor som angränsar mot ytvattnet.

Utfyllnad föreslås att utföras i två etapper. Aktuella utfyllnadsområden redovisas i Figur 6-5 där utfyllnaden för etapp 1 redovisas i grönt och utfyllnaden för etapp 2 redovisas i rosa.



Figur 6-5. Planerade utfyllnadsområden, indelade i två föreslagna etapper, Sweco år 2023.

Under vattenytan antas det att utfyllnadsmassor lagras löst. Ovanför vattenytan antas det att utfyllnadsmassorna packas. Packning av utfyllnadsmassor utförs när fyllnadshöjden har nått ovan vattenytan.

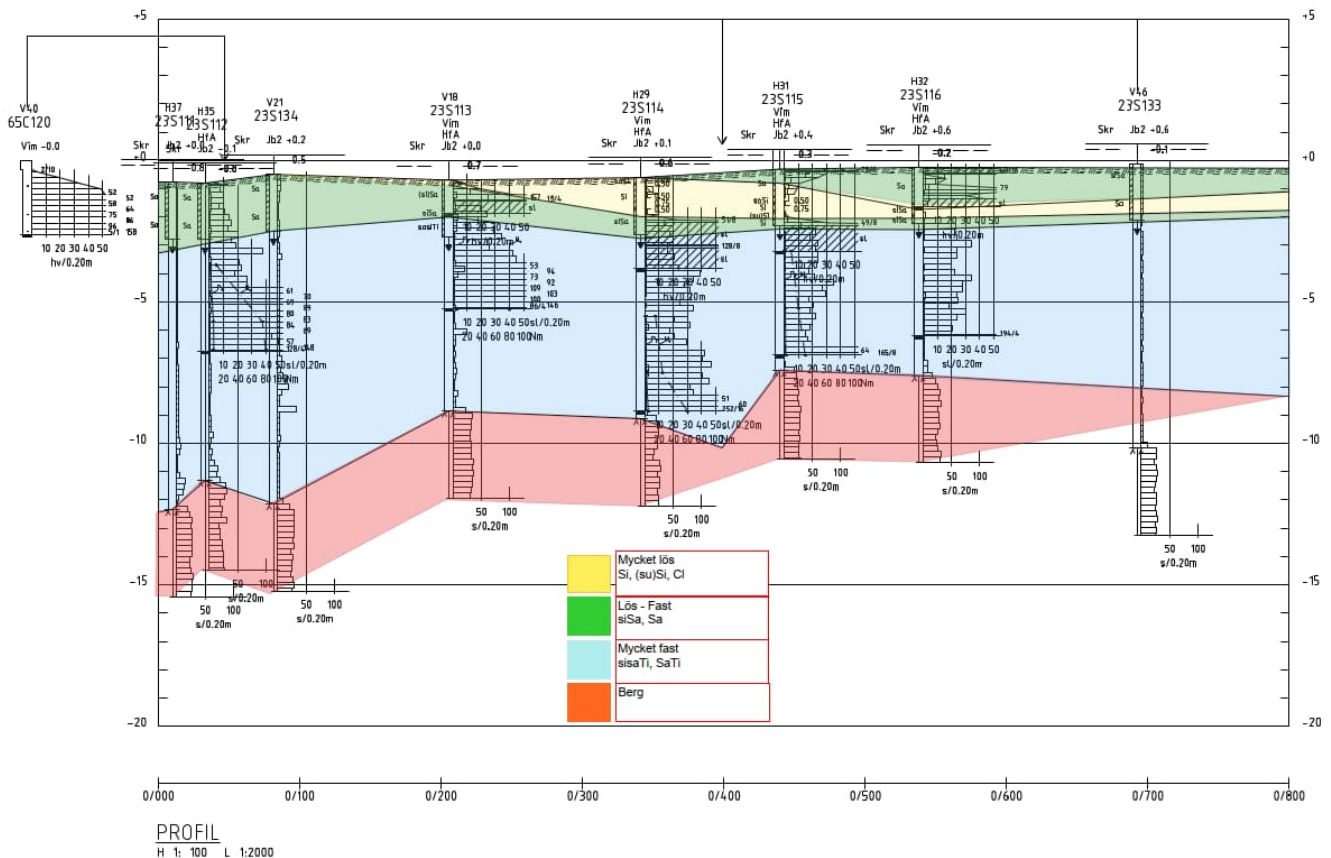
6.3.1 Geotekniska förutsättningar

Jordlagerföljden för det sydöstra utfyllnadsområdet, som redovisas i rosa enligt Figur 6-5 ovan, är varierande.

I områdets södra del utgörs jordprofilen från befintlig markyta av 1 – 2 meter sand och siltig sand med en underliggande sandig siltig morän. Moränens mäktighet är ca 6 – 9 meter. Bergnivån varierar mellan -9 och -12,5.

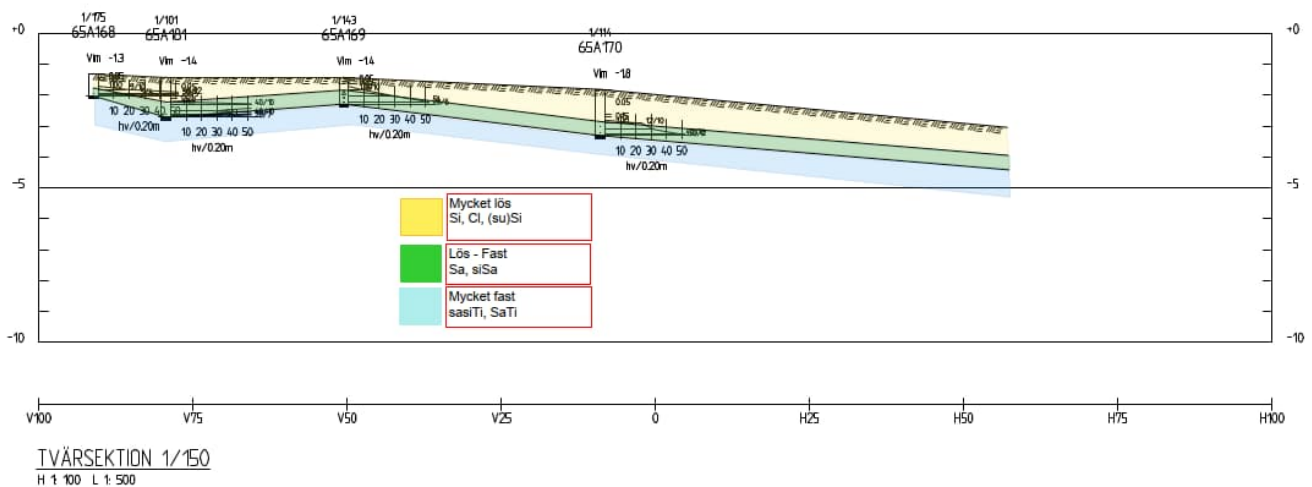
Längs med den östra befintliga strandlinjen i norrgående riktning påträffas ett ytligt lösjordsskikt. Jordlagerföljden utgörs av 0,5 – 2 meter mycket löst lagrad lera och silt. Ställvis har tunna skikt med sulfidhaltig jord påträffats. Under lösjorden påträffas 0,2 – 1,5 meter lös till medelfast sand och siltig sand som underlagras av morän. Bergnivån varierar mellan -7,5 och -9.

En representativ tolkad jordprofil för utfyllnadsområdet och sprängstensvallarna presenteras i Figur 6-6. Startläge för den tolkade profilen är i södra delen av utfyllnadsområdet och längdmätningen går längs med den östra strandlinjen i nordlig riktning mot Maragrundet.



Figur 6-6. Jordprofil för sprängstensvallarna i det sydöstra utfyllnadsområdet, Sweco år 2023.

Jordlagerföljden för det nordöstra utfyllnadsområdet, vilket benämns som Maragrundet och redovisas som det övre gröna området i Figur 6-5, utgörs från befintlig markyta av 0,5 – 2 meter mycket löst lagrad lera och silt. Under lösjorden påträffas 0,2 – 1,5 meter sand och siltig sand som underlagras av morän. En tvärsnitt som är representativ för jordlagerföljden för Maragrundet redovisas i Figur 6-7 nedan.



Figur 6-7. Representativ tvärsektion för jordlagerföljden inom Maragrundet, Sweco år 2023.

6.3.2 Grundläggning av sprängstenvallar

Vallarna som hägnar in utfyllnadsområdena utgörs av sprängsten av bergmaterial.

Vid förekomst av lösa sediment på botten krävs det en geoteknisk åtgärd för att en tillfredställande stabilitet ska uppnås. Där det finns lösa sediment sker grundläggningen av sprängstenvallarna genom nedpressning av grovt krossmaterial. Alternativ förstärkningsmetod till nedpressning är utskiftning av de lösa sedimenten till krossmaterial. Grundläggning av sprängstenvallarna, efter nedpressning eller utskiftning, sker på fast lagrad sand respektive siltig sand. De lösa sedimenten varierar i mäktighet mellan 0 och 2 meter i utförda undersökningspunkter.

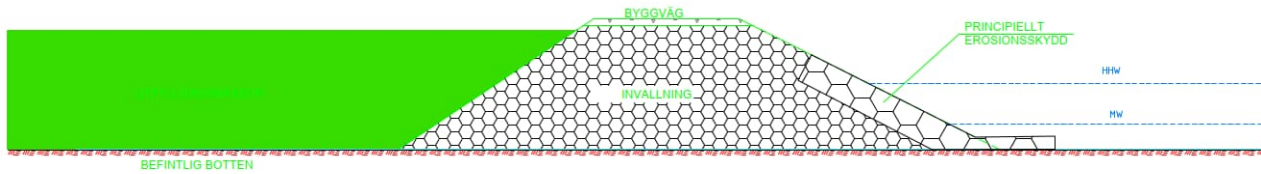
Nedpressning innebär att de underliggande lösa sedimenten pressas undan av vallens tyngd och därmed ersätts med sprängsten. De lösa massorna pressas nedåt/utåt och åstadkommer därefter en hävning av kringliggande mark. I förekommande fall kommer nedpressningen att föregås av att de lösa sedimenten störs med grävskopan för att få full funktion på föreslagen grundläggning. Nedpressning sker i succesiv takt med vallarnas uppbyggnad.

Uppbyggnad av sprängstenvallar utförs stegvis i pallar med lagertjocklekar upp till några meters mäktighet. Den succesiva uppbyggnaden medför att en viss konsolidering erhålls för den underliggande jorden och fyllningen innan nästa pall läggs på.

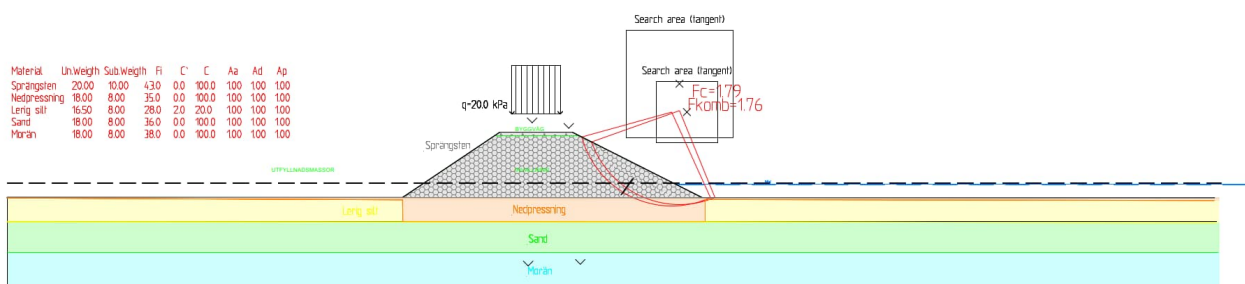
Mot havet placeras ett erosionsskydd, dimensionerat för rådande förhållanden med avseende på vågor och is. Erosionsskyddet kan utgöras av ordnade respektive ordnade homogena block. Alternativt kan erosionsskyddet utformas med exempelvis tunna platsgjutna betongplattor. Dimensionering av erosionsskydd utförs i detaljprojekteringskedet.

En principiell utformning av sprängstenvallen redovisas i Figur 6-8. En stabilitetsberäkning utförd i en typsektion för sprängstenvallen redovisas i Figur 6-9 och visar att sprängstenvallen är tillfredställande stabil med

föreslagen grundläggningsåtgärd. Beräkningar har också utförts med utförd uppfyllnad på vänster sida vilket även påvisade att vallen är stabil.



Figur 6-8. Principiell utformning för sprängstenvallen, Sweco år 2023.



Figur 6-9. Stabilitetsberäkning för sprängstenvallen, Sweco år 2023.

7. Schakt- och grundläggningsarbeten för byggnader och anläggningar

7.1 Generellt

Rekommendationer gällande förstärkningsåtgärder samt schakt- och grundläggningsmetoder är baserade på erhållen information för de olika planerade anläggningarna samt översiktligt utförda geotekniska- och hydrogeologiska undersökningar.

De geotekniska undersökningarna som finns inom det planerade området för industriparken är utförda i olika omgångar och med olika syften. Relevanta undersökningar har tagits hänsyn till i rekommendationerna.

Majoriteten av fältundersökningarna på området är utförda innan ReeMAP-projektet började. Nyligen utförda fältundersökningar har utförts i syfte att, i ett förstudieskede, öka kunskapsunderlaget avseende rådande förhållanden.

I detta skede har inte detaljeringsnivån på undersökningarna tillåtit att differenssättningar inom byggnader beräknas.

Grundvattennivåer som anges i föreliggande avsnitt är bedömda medelnivåer som är baserade på mätningar som utförts under år 2023.

Rekommendationer i föreliggande avsnitt gäller för den layout som vid författandet av denna rapport varit aktuell.

Schakt- och grundläggningsarbeten för konventionella ledningar inom utredningsområdet har ej beaktats i denna rapport. Kompletterande underlag för hur schakt- och grundläggning av ledningar utförs tas fram i ett senare skede i projektet.

Geoteknisk projektering för processvattendammarna utförs i ett senare skede.

Temporära schaktslänter i fast morän och fast sand kan utföras med släntlutningen 1:1,5.

I detta avsnitt beskrivs materialtyp och tjälfarlighetsklass som "Materialtyp(tjälfarlighetsklass)" och följer AMA Anläggning 2020. Detta blir till exempel 3B(2) för en jord med materialtyp 3B och tjälfarlighetsklass 2.

Nivåer för grundläggningsdjup, schaktbotten samt laster från byggnader är baserade och uppskattade utifrån en 3D-modell av industriområdet i programmet Navisworks Stimulate. Den använda modellen är daterad 2023-10-11.

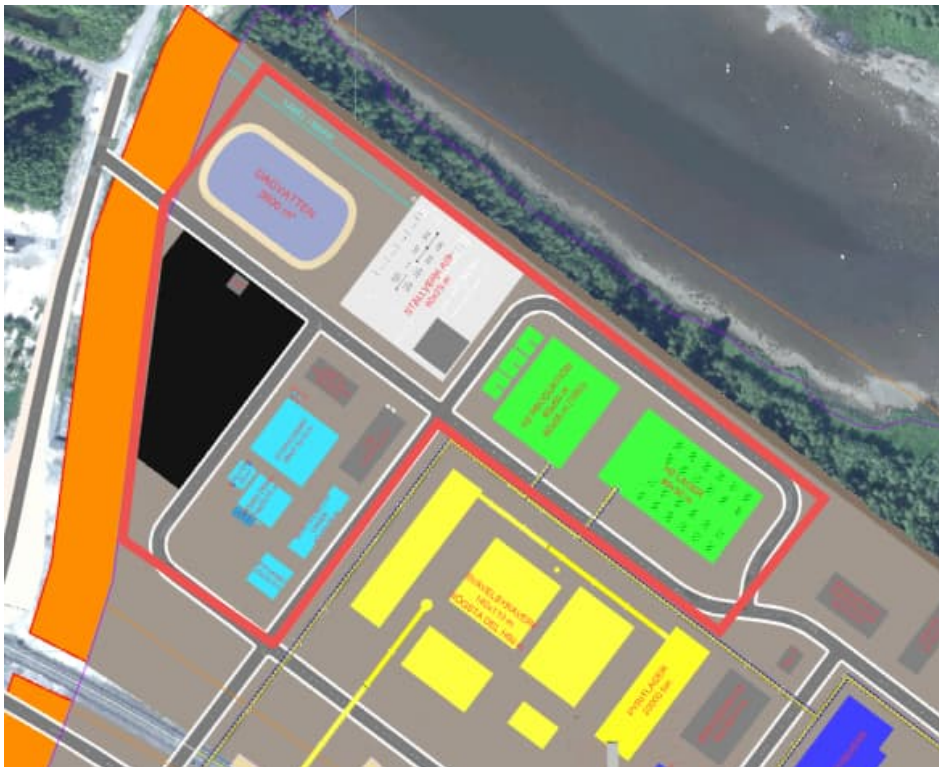
7.2 Dammanläggningar

Inom industriområdet planeras sex dammanläggningar för dag- och släckvatten. Respektive dammanläggning inkluderar en damm för släckvatten, en försedimenteringsdamm och en reningsdamm.

Dammarnas utformning är under utredning och schaktdjupet förväntas bli inom ett par meter. Dammarna bör anläggas i samband med uppfyllnad av området i syfte att reducera schaktens storlek.

7.3 Nordvästra Sandskär

På Sandskärs nordvästra hörn planeras ca nio byggnader och en dammanläggning att byggas. Enligt erhållen information är två av de planerade byggnaderna tunga. Föreslagen placering för byggnaderna inom delområdet redovisas i Figur 7-1 nedan.



Figur 7-1. Föreslagen placering för anläggningar i områdets nordvästra hörn.

7.3.1 Topografi och höjdsättning

Området utgörs av tidigare landområde. Befintlig marknivå inom området för de planerade anläggningarna varierar mellan ca +4 och +1 meter. Marken lutar mot vattnet i norr och närmast strandlinjen ligger marknivån kring +0 meter.

Nivån för den färdiga överytan i området varierar mellan ca +4,0 meter och +5,0 meter.

7.3.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Jordlagerföljden för området utgörs överst av ca 1 m siltig sand respektive sandig silt. Därefter påträffas en mycket fast sandig siltig morän. Berg har påträffats mellan nivåerna -0,9 och -1,5, motsvarande 3,8 och 5,1 meter under markytan. Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden för området redovisas i Tabell 7-1 och Tabell 7-2.

Tabell 7-1. Geotekniska förhållanden för delområdet.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
siSa/saSi	0,0 – 1,0	4A(3) – 5(4)	Lös	34	15
sasiTi	1,0 –	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	42	50

Tabell 7-2. Hydrogeologiska förhållanden för delområdet.

Undersökningpunkt	Grundvattennivå [m]	Djup [m.u.my.]
23S201G	+2,47	0,44
23S202G	+2,51	1,13

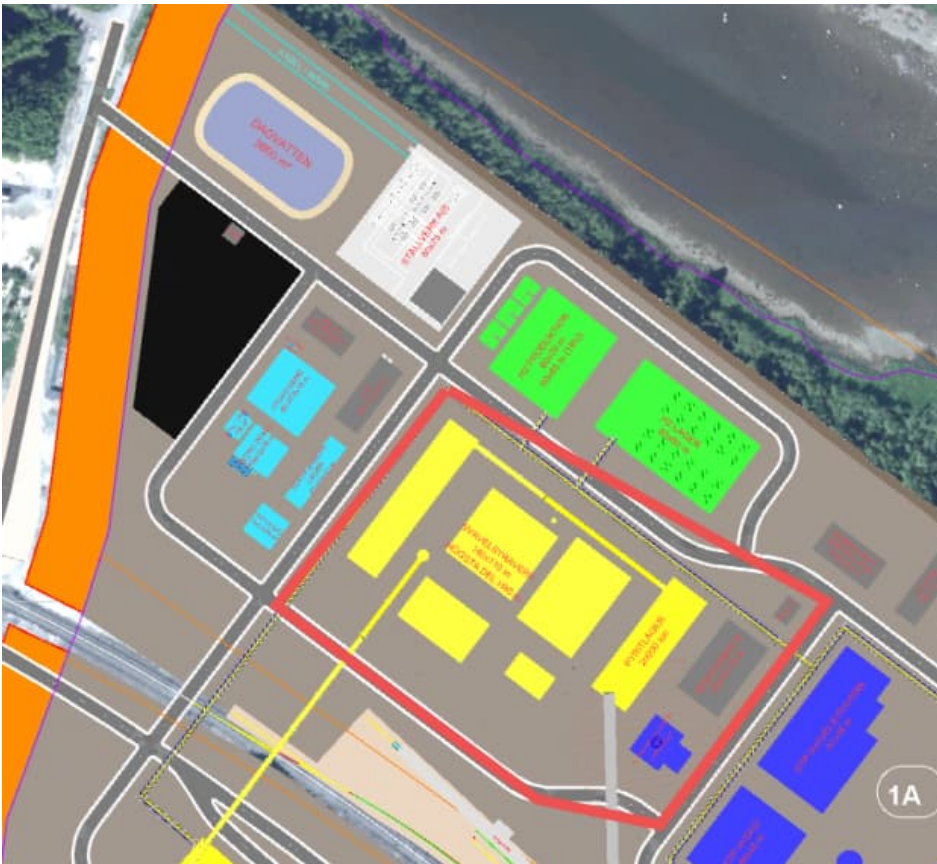
7.3.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

De planerade anläggningarna ligger på tidigare naturliga moränholmar varvid förutsättningarna för bebyggelse är goda.

Grundläggning av byggnader rekommenderas utföras ytligt med platta på packad fyllning ovan naturligt lagrad morän. Översiktligt utförda sättningsberäkningar visar att inga sättningar större än 1 cm förväntas.

7.4 Ytterligare anläggningar på nordvästra Sandskär

Intill de anläggningar som beskrivs i föregående avsnitt planeras ytterligare ca 8 byggnader att anläggas på nordvästra Sandskär, se Figur 7-2. Enligt erhållen information är en byggnad tung och en annan byggnad är sättningskänslig.



Figur 7-2. Markering i rött som redovisar föreslagen placering på planerade anläggningar.

7.4.1 Topografi och höjdsättning

Befintlig markyta inom området varierar mellan +3,0 och +4,0 meter.

Blivande markyta i området varierar mellan ca +4,0 och +5,0 m.

7.4.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Jordlagerföljden inom området utgörs överst av medelfast siltig sand och fyllning av sand med en mäktighet som uppgår till ca 1,5 m. Närmare befintlig järnväg, söder om de planerade byggnaderna ökar fyllnadsmaterialet i mäktighet. Därefter påträffas sandig siltig morän. Bergytans nivå varierar mellan ca -1,2 och -6,8. Det bör noteras att det finns ett stort avstånd mellan utvärderade undersökningspunkter varvid tolkningen av de geotekniska förutsättningarna blir översiktlig.

Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden redovisas i Tabell 7-3 och Tabell 7-4.

Tabell 7-3. Geotekniska förhållanden för byggnader inom delområdet.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
siSa/Mg:Sa	0,0 – 1,5	2(1) - 4A(3)	Medelfast	35	20

sasiTi	1,5 -	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	41	50
--------	-------	---------------	-------------	----	----

Tabell 7-4. Hydrogeologiska förhållanden för byggnader inom delområdet.

Undersökningpunkt	Grundvattennivå [+]*	Djup [m.u.my.]
23S202G*	+2,51	1,13
23S203G*	+2,59	0,97

*Mätningar utförda över 100 meter från planerade byggnader

7.4.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

Bygghärdheten i området är god och yttlig grundläggning med platta rekommenderas. Grundläggning bör utföras på packat fyllnadsmaterial efter utskiftning till morän eller fast botten.

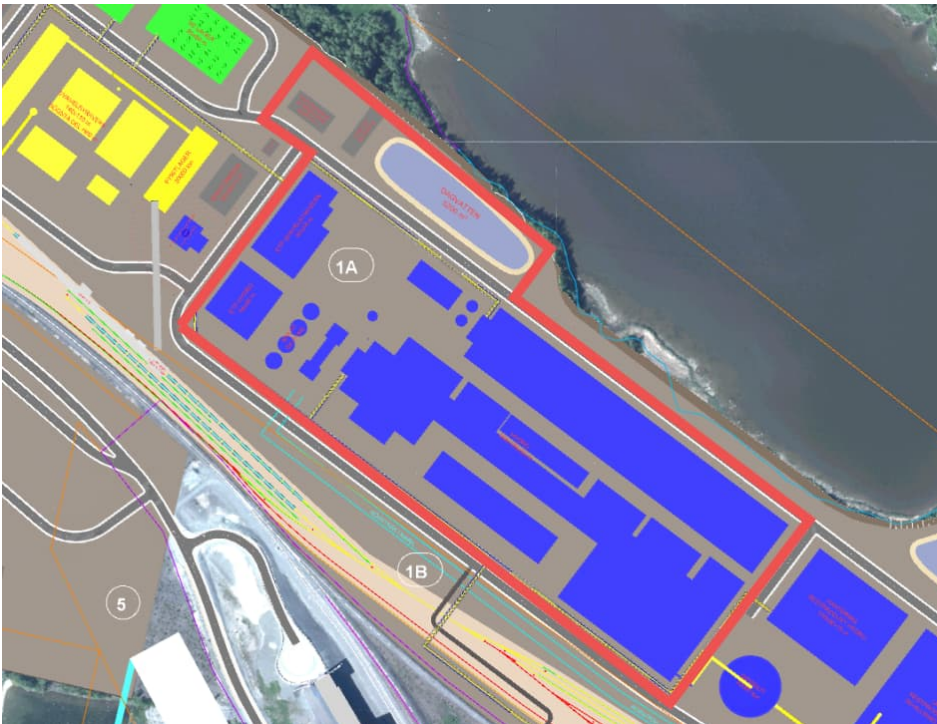
För byggnaden som beskrivs som sättningkänslig kan en djup grundläggning med pålar inte uteslutas.

Översiktligt utförda sättningsberäkningar visar att sättningarna för de lättare byggnaderna är under 1 cm. Den tyngre byggnaden har ett större marktryck och därmed större risk för sättningar.

Möjliga sättningsreducerande åtgärder är exempelvis förbelastning och/eller urgrävning av det medelfasta skiktet och återfyllning med packat krossmaterial

7.5 Norra Sandskär

Intill de anläggningar som planeras vid nordvästra Sandskär planeras ca 16 byggnader i mitten av Sandskärs norra sida. I nuläget är ingen information erhållen om sättningkänsliga eller tunga byggnader. Föreslagen placering för de planerade anläggningarna redovisas i Figur 7-3.



Figur 7-3. Föreslagen placering för planerade anläggningar på norra Sandskär.

7.5.1 Topografi och höjdsättning

Marken är plan inom delområdet med en nivå som varierar från ca +3,5 till ca +4,0.

Blivande markyta i området varierar från ca +4,3 till ca +5,2 meter.

7.5.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Det finns en viss skillnad i resultat för sonderingarna för området. Detta beror på att marken i området utgörs både av tidigare naturligt lagrade moränholmar samt sandiga utfyllnadsmassor.

Jordlagerföljden utgörs överst av något grusig siltig sand, sandig silt samt fyllning av sand respektive siltig sand. Måktigheten varierar mellan ca 2 – 3,5 meter och lagringstätheten är främst medelfast. Ställvis förekommer skikt med mycket lös till lös lagringstäthet. Därefter påträffas sandig siltig morän. Bergytans nivå varierar mellan ca -5,8 och -9,8.

Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden redovisas i Tabell 7-5 och Tabell 7-6 nedan.

Tabell 7-5. Geotekniska förhållanden för delområdet.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
saSi/siSa/Sa	0,0 – 3,5	2(1) – 5(4)	Mycket lös - Medelfast	31–36	5 – 25

sasiTi	3,5 -	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	40	50
--------	-------	---------------	-------------	----	----

Tabell 7-6. Hydrogeologiska förhållanden för norra Sandskär.

Undersökningspunkt	Grundvattennivå [+]	Djup [m.u.my.]
23S203G	+2,59	0,97
23S204G	+2,85	1,03
23S207G	+2,37	1,46
23S208G	+1,72	2,11
23SW02G	+3,14	0,88

7.5.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

Generellt är marken i området relativt fast och förutsättningarna för ytlig grundläggning bedöms vara goda.

Utförda fältundersökningar visar att de geotekniska förutsättningarna inom delområdet varierar. Ställvis förekommer jordlager med en lös- samt mycket lös lagringstäthet som främst utgörs av sand och siltig sand. Sanden har troligen avlagrats löst vid uppfyllnad av området.

Djupet på den löst lagrade sanden uppgår till 3,5 meter. Detta i samband med en hög grundvattenyta innebär att mycket grundvatten måste hanteras vid en eventuell urgrävning av det lösa skiktet.

Områdets geotekniska förhållanden medför även att sättningarna kommer att variera. Vid upprättande av denna rapport finns det en osäkerhet kring hur lasten kommer fördelas inom de stora byggnaderna.

För byggnader i områden där den lösa jorden enbart förekommer inom ca en meter från markytan kan grundläggning utföras ytligt med platta. Grundläggning kan utföras på packat fyllnadsmaterial efter utskiftning till morän eller fast botten.

För tunga byggnader eller för byggnader som står på områden där löst lagrad jord förekommer några meter under markytan kan följande förstärkningsåtgärder respektive grundläggningsmetoder utföras:

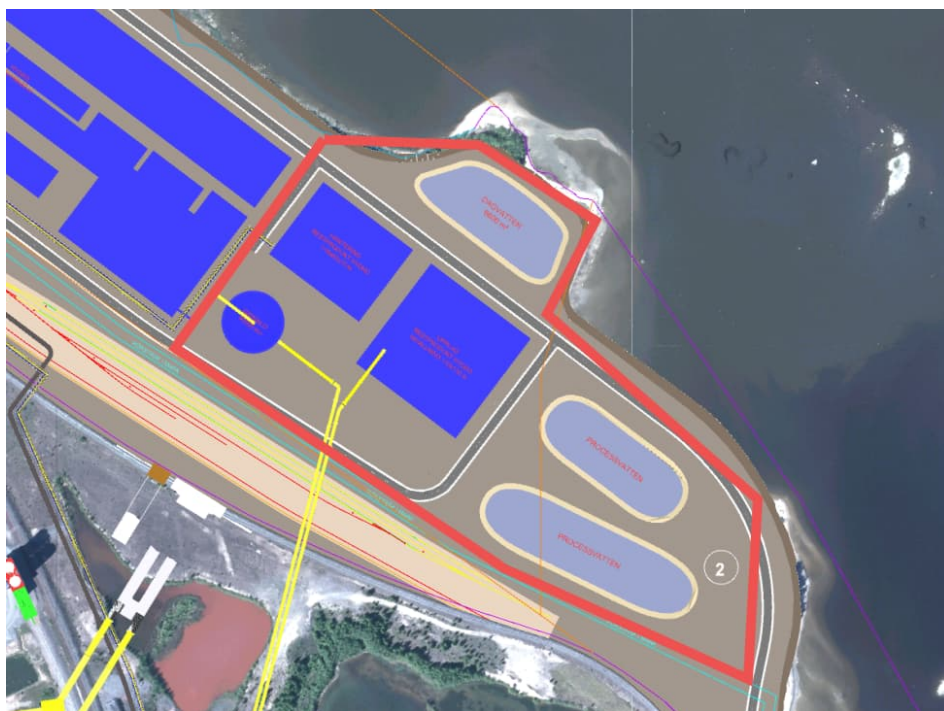
- Förbelastning med ett antal pällar av jord (antal och höjd beror anläggningens förutsättningar samt geotekniska förhållanden). Liggtider längre än några månader kommer förmodligen ej krävas.
- Fallviktspackning i syfte att packa den lösa sanden.
- Urgrävning av löst lagrad jord.
- Djup grundläggning med pålar för mycket tunga eller sättning känsliga byggnader.

Åtgärder som fallviktspackning eller förbelastning, som syftar till att öka bärigheten på befintlig jord, bör kontrolleras efter att de utförs för att säkerställa att ett tillfredsställande resultat är uppnått.

För att avgöra vilken metod som är mest lämplig för de planerade anläggningarna krävs kompletterande geotekniska undersökningar för att möjliggöra en mer detaljerad projektering.

7.6 Nordöstra Sandskär

I nordöstra delen av området planeras tre byggnader och tre dammanläggningar. Enligt erhållen information är en av byggnaderna tung och hög. Exempelplacering för anläggningarna redovisas nedan, se Figur 7-4.



Figur 7-4. Föreslagen placering för planerade anläggningar i det nordöstra hörnet av området.

7.6.1 Topografi och höjdsättning

Området ligger delvis inom de naturligt lagrade moränholmarna. Marken är relativt plan inom området med nivåer som varierar från +4 till +0 m.

Området för de två östra dammarna utgörs idag av ett vattenområde och ska fyllas ut med utfyllnadsmassor, bestående huvudsakligen av sand och morän.

Ny marknivå i läge för befintligt landområde varierar mellan +4,3 m och +5,2 m. För utfyllnadsområdet varierar framtida markyta från +3,5 till +4,0 meter.

7.6.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Det bör noteras att de geotekniska- och hydrogeologiska förhållandena som skapas när utfyllnad av området utförs är okända.

Jordlagerföljden för området utgörs överst av fyllning av sand respektive siltig sand med en mäktighet på cirka 4,0 meter. Sanden är främst medelfast men ställvis förekommer skikt med lös och mycket lös lagringstäthet. Efter sanden påträffas sandig siltig morän. Bergnivån för området varierar från -8,2 till -12,3.

Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden för området redovisas i Tabell 7-7 och Tabell 7-8.

Tabell 7-7. Befintliga geotekniska förutsättningar i läge för delområdet.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
Mg:Sa	0,0 – 4,0	2(1) – 3B(2)	Mycket lös - Medelfast	32 – 36	7 – 25
sasiTi	4,0 –	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	40	50

*Geotekniska förhållanden kommer att förändras efter utfyllnad av land- och vattenområden.

Tabell 7-8. Befintliga hydrogeologiska förhållanden i delområdet.

Grundvattenrör	Grundvattennivå [m]	Djup [m.u.my.]
23S205G	+1,09	1,06
23S206G	+0,90	2,47
23S207G	+2,37	1,46
23S208G	+1,72	2,11
23S209G	+2,77	0,61
23S212G	+0,66	3,02

7.6.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

Bygghänsyn inom området bedöms vara god.

Utförda fältundersökningar visar att de geotekniska förutsättningarna inom delområdet varierar. Jordlagerföljden utgörs främst av fast lagrad sand och morän men ställvis förekommer jordlager med en lös- samt mycket lös lagringstäthet. Den löst lagrade jorden förekommer bland annat där det är planerat att anlägga en tung och hög silo.

Djupet på den löst lagrade sanden uppgår till 4,0 meter vilket i samband med en hög grundvattenyta innebär att mycket grundvatten måste hanteras vid en eventuell urgrävning av det lösa skiktet. Det finns även en risk för ojämna sättningar i och med de varierade geotekniska förutsättningarna.

För byggnader i områden där den lösa jorden enbart förekommer inom ca en meter från markytan kan grundläggning utföras ytligt med platta. Grundläggning kan utföras på packat fyllnadsmaterial efter utskiftning till morän eller fast botten.

För tunga byggnader eller för byggnader som står på områden där löst lagrad jord förekommer några meter under markytan kan följande förstärkningsåtgärder respektive grundläggningsmetoder utföras:

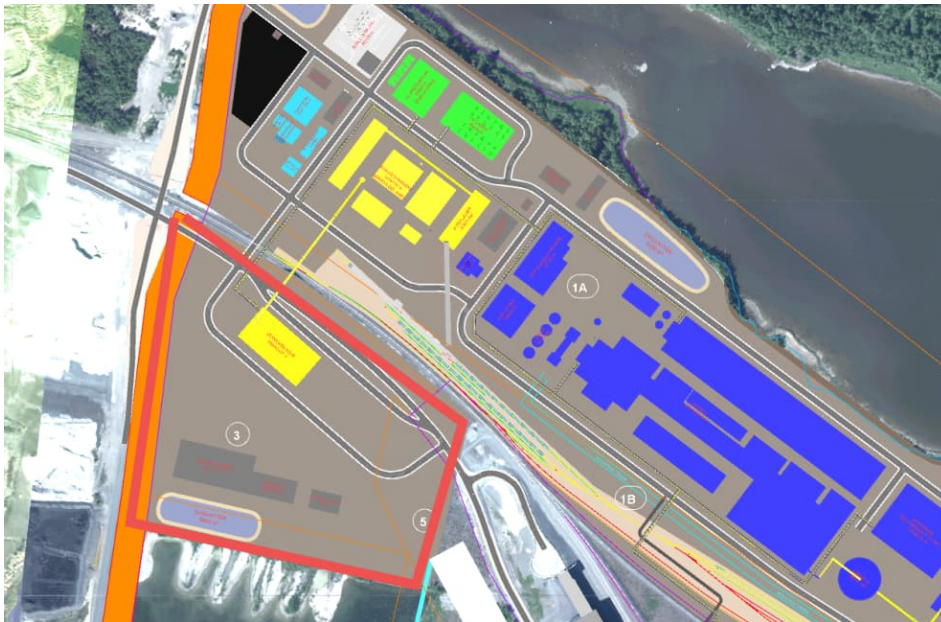
- Förbelastning med ett antal pallar av jord (antal och höjd beror anläggningens förutsättningar samt geotekniska förhållanden). Liggtider längre än några månader kommer förmodligen ej krävas.
- Fallviktspackning i syfte att packa den lösa sanden.
- Urgrävning av löst lagrad jord.
- Djup grundläggning med pålar för mycket tunga eller sättningskänsliga byggnader.

Åtgärder som fallviktspackning eller förbelastning, som syftar till att öka bärigheten på befintlig jord, bör kontrolleras efter att de utförs för att säkerställa att ett tillfredsställande resultat är uppnått.

För att avgöra vilken metod som är mest lämplig för de övriga anläggningarna samt för projektet i helhet krävs kompletterande geotekniska undersökningar för att möjliggöra en mer detaljerad projektering.

7.7 Västra Sandskär

I områdets västra del planeras tre byggnader samt en dammanläggning att byggas. Enligt erhållen information ska en av byggnaderna betraktas som en tung byggnad. Föreslagen placering på byggnaderna redovisas i Figur 7-5.



Figur 7-5. Föreslagen placering för byggnader och dammar i områdets sydvästra del.

7.7.1 Topografi och höjdsättning

Området är plant och marknivån ligger kring +3,0 m. Delar av området utgörs av tidigare moränholmar och resterande landområde är utfyllnadsmaterial.

Färdig överyta inom området kommer att variera mellan +4,0 m och +4,5 m.

7.7.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Jordlagerföljden inom området utgörs överst av ca 0,5 – 1,5 m fast grusig sand respektive sand. Under den grusiga sanden påträffas en mycket lös till medelfast fyllning av sand. Mäktigheten på sanden varierar från ca 2,5 meter till 3,5 meter. I områdets östra del förekommer det ställvis lösa sandskikt med en mäktighet som går upp till 5,5 meter. Därefter påträffas en sandig siltig morän. Bergnivån inom området varierar från -3,8 till -8,6.

Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden redovisas i Tabell 7-9 och Tabell 7-10.

Tabell 7-9. Geotekniska förutsättningar för det sydvästra delområdet.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel φ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
grSa/Sa	0,0 – 1,5	2(1)	Fast	36	40
Mg:Sa	1,5 – 5	2(1)	Mycket lös – Mycket fast	31 - 40	5 – 50
sasiTi	5 -	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	40	50

Tabell 7-10. Hydrogeologiska förutsättningar för det sydvästra delområdet.

Grundvattenrör	Grundvattennivå [+]	Djup [m.u.my.]
23S210G	+0,6	2,9
23S211G	+0,8	2,3

7.7.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

Enligt erhållen information finns det en byggnad som är tung men inte sättning känsligt. Övriga byggnader inom delområdet bedöms vara relativt lätta byggnader.

De geotekniska förhållandena inom området varierar och det finns en brist av fältundersökningar i delområdets norra del. Delområdet är främst ett utfyllt område där sand har avlagrats löst. Den lösa sanden påträffas under det fasta övre skiktet och mäktigheten uppgår till 5,5 meter.

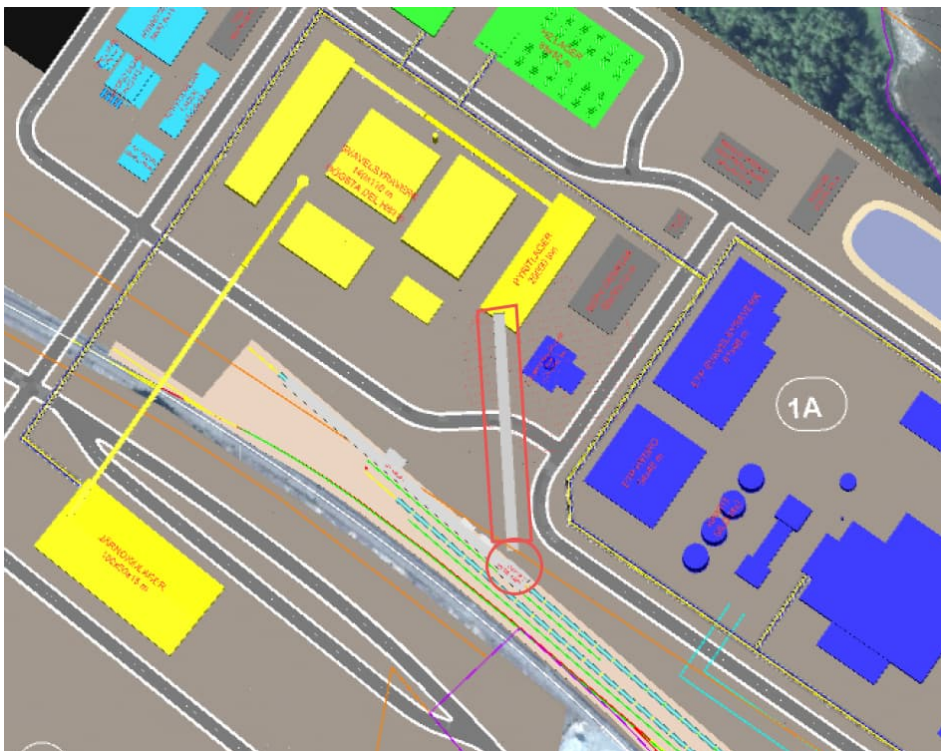
I delområdets norra del, där de geotekniska förhållandena är osäkra, är det flera olika förstärkningsmetoder som är möjliga. Troligtvis kan en yttlig plattgrundläggning utföras. Om det förekommer lösa skikt av sand och siltig sand kan sättningspotentialen reduceras genom exempelvis en förbelastning i kombination med fallviktspackning.

Förstärkningsåtgärder bör vidtas innan en uppfyllnad av området utförs för att reducera sättningar.

7.8 Lossningsstation och transportörband

Norr om befintlig järnväg, söder om byggnaderna i områdets nordvästra hörn planeras en lossningsstation att byggas. Ett transportörband kommer att gå mellan lossningsstationen och en av byggnaderna som beskrivs i avsnitt 7.4. Lossningsstationen planeras att förläggas på nivå ca -5,0, ca 9,0 till 10,0 m under markytan, och blir således en djup schakt ca 20 meter från den befintliga järnvägen, som ska hållas igång under konstruktionsarbetet.

Föreslagen placering på lossningsstationen med utgående transportörband redovisas i Figur 7-6.



Figur 7-6. Föreslagen placering för lossningsstationen med utgående transportörband.

7.8.1 Topografi och höjdsättning

Området är plant med en befintlig marknivå på cirka +4 m.

Färdig överyta för området ligger mellan +4,3 m och +5,0 m.

7.8.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

Geotekniska undersökningar är utförda nära den planerade lossningsstationen. Undersökningar som har utförts är jord- och bergsondering, hejarsondering och geoteknisk provtagning. Fyra grundvattenrör har även installerats nära det föreslagna läget för den planerade lossningsstationen.

Jordlagerföljden för lossningsstationen utgörs av sand, siltig sand samt sandig silt indelade i skikt med varierande lagringstäthet som vilar på morän. Jorden utgörs från befintlig markyta av ett medelfast till mycket fast skikt av siltig sand

med en mäktighet som uppgår till ca 1,5 meter. Därefter påträffas ca 2,5 meter av sand respektive sandig silt med lös lagringstäthet. Efter det påträffas sand och siltig sand med en fast lagringstäthet som vilar på en sandig siltig morän med mycket fast lagringstäthet.

Det finns en viss osäkerhet kring bergets nivå, som har tolkats utifrån 8 utförda jord- och bergsonderingar som är utförda nära området för lossningsstationen. Den tolkade bergytan varierar från ca -4,6 till -7,6 m. Flera sonderingar visade att berget var sprickigt vilket gör att nivån blir svårtolkad. För en av sonderingarna påträffades friskt berg ca 5 meter under den initiala bergtolkningen vilket motsvarar nivå ca -12,4 m.

Översiktliga geotekniska- och hydrogeologiska förhållanden för delområdet redovisas i Tabell 7-11 och Tabell 7-12 nedan.

Tabell 7-11. Geotekniska förhållanden för lossningsstationen.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
siSa	0,0 – 1,5	3B(2) - 4A(3)	Medelfast	37	30
Sa/saSi	1,5 – 4,0	2(1) – 5(4)	Lös	34	15
Sa/siSa/sasiTi	4,0 – 5,0	2(1) – 4A(3)	Fast – Mycket fast	40	60
sasiTi	5,0 –	3B(2)	Fast – Mycket fast	40	60

Tabell 7-12. Hydrogeologiska förhållanden i läge för lossningsstationen.

Grundvattenrör	Bedömd Medelnivå	Djup [m.u.my.]	Bedömd Maxnivå	Djup [m.u.my.]
23SW01G	+3,07	0,83	+3,13	0,77
23SW02G	+3,14	0,88	+3,45	0,57
23SW03G	+3,53	0,37	+3,67	0,23
23SW04G	+2,94	1,20	+3,00	1,13

7.8.3 Förkastade schaktalternativ

Lossningsstationen grundläggs ca 9–10 meter under markytan vilket innebär att en 1:2 lutning skulle ge ett släntutfall på ca 18 meter. En sådan schakt skulle vara svår att utföra på ett säkert sätt och medför stabilitetsproblem samt grundvattenavsänkningar som höjer sättningensrisken för den närliggande järnvägen. Den höga grundvattennivån för området medför även problem kopplade till erosion samt bottenuppträckning. Därmed har alternativet med en öppen schakt utan stödkonstruktion förkastats.

De utförda geotekniska undersökningarna visade att jordens lagringstäthet från 4 meters djup varierade från fast till mycket fast och att block förekommer.

Sannolikt är det ej möjligt att slå en tätspont genom den mycket fasta och blockiga jorden varvid alternativet med en slagen tätspont förkastats.

Schakt inom en borrarad berlinerspont var ett alternativ som beaktades. Denna spont går att tätas genom svetsade utfackningsplåtar men är ej tät innan plåtarna är svetsade. Detta skulle kunna ge upphov till bottenuppträckning inom spanten varvid detta alternativ förkastades.

7.8.4 Rekommendationer för schakt och grundläggning

För lossningsstationen uppskattas nivån för grundläggning till ca -5,0, motsvarande ca 9–10 meter under blivande markyta.

7.8.4.1 Principiell lösning

Schakten för lossningsstationen föreslås inom en tät pålvägg. Stödkonstruktionen bedöms behöva borraras då det förekommer morän och block. Baserat på översiktligt utförda undersökningar bedöms nivån för borrhingsdjupet av pålarna variera från ca -13,0 m till -5,5 m.

Pålväggen föreslås utformas med en hammarbandsnivå där stag bakåtförankaras till berg. Alternativt kan pålväggen stämpas för att kunna ta upp lasten från det pådrivande trycket från omkringliggande jord och grundvatten. Dessa alternativ utreds vidare under detaljprojekteringen av slutgiltig stödkonstruktion.

Spontlås säkerställer stödkonstruktionens täthet och de kan tätas genom svetsning eller tätning genom bentonit eller bitumen. Spontlås illustreras i Figur 7-7 nedan.



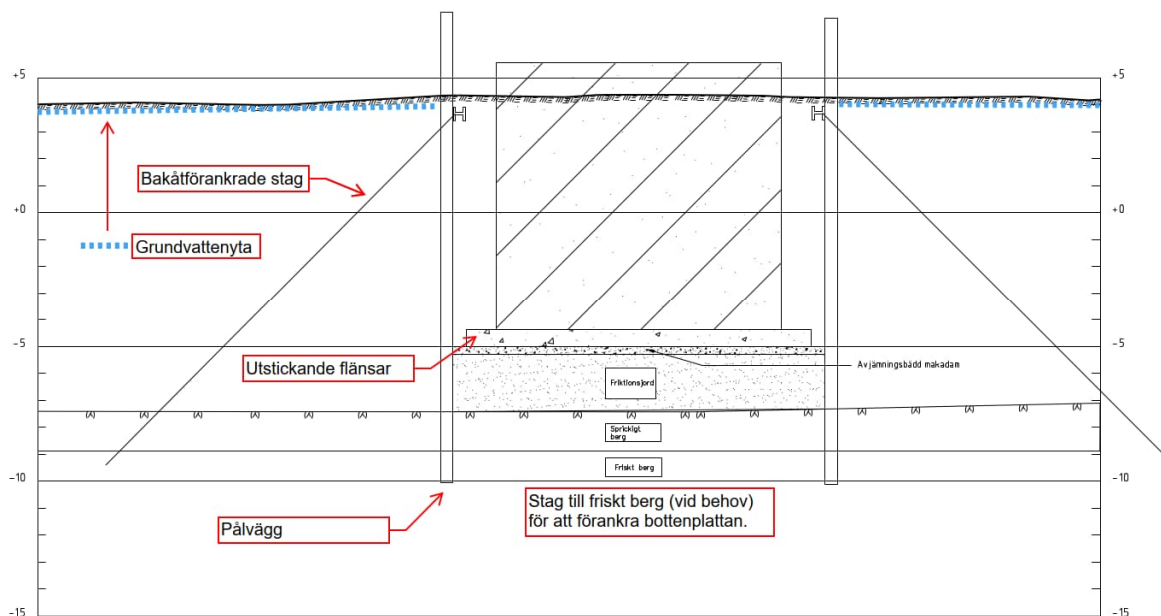
Figur 7-7. Spontlås som sammankopplar pålarna. Bild tagen från SSAB.

Stödkonstruktionen kan antingen utformas som en permanent eller en temporär konstruktion. Detta bestäms i ett senare skede. I driftskedet ska lossningsstationen ej lyftas av vattentrycket som verkar på bottenplattan. Detta beaktas genom att förankra plattan med stag i berg, utföra plattan tillräckligt tung eller genom att skapa tillräckligt mothåll med flänsar.

7.8.4.2 Scenario 1: Tät pålvägg

Om pålväggen är tät och om inga vattenförande sprickor i berget förekommer, reduceras risken för ett hydrauliskt grundbrott. Det vatten som uppstår i schakten bedöms kunna hanteras genom att pumpgrovar anläggs och att vattnet pumpas utanför pålväggen.

För detta fall kan grundläggning utföras på ett avjämningslager av bergkross ovan naturlig friktionsjord. Alternativt kan friktionsjorden grävas ur till bergets överyta och ersättas med bergkross. En principiell utformning av pålväggen redovisas i Figur 7-8 nedan.

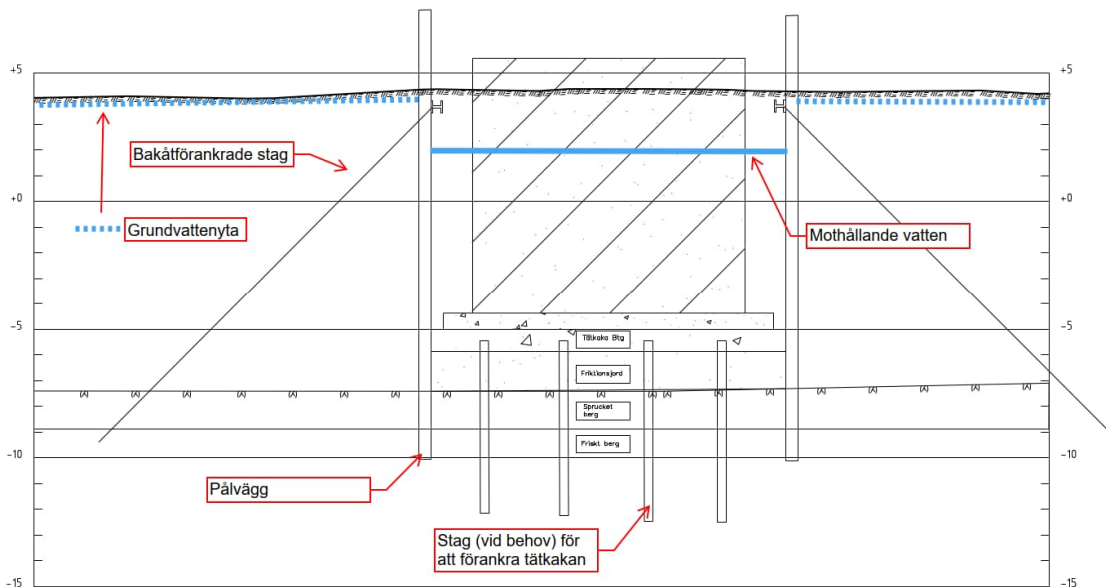


Figur 7-8. Principiell utformning av pålväggen, Sweco år 2023.

7.8.4.3 Scenario 2: Ej tät pålvägg

Om vattenförande sprickor förekommer (vilket exempelvis kan ske om pålarna ej borras till friskt berg) kan dessa sprickor injekteras. Beroende på hur vattenförande sprickorna är kan injektering utföras efter eller innan urgrävning utförs på den ovanliggande jorden. Därefter kan den vattenmättade friktionsjorden grävas ur och ersättas med bergkross.

Ytterligare ett alternativ vid förekomst av vattenförande sprickor är att reducera risken för ett hydrauliskt grundbrott genom att fylla schakten innanför pålväggen med tillräckligt mycket externt vatten för att klara mothållet vid schaktbotten och därefter gjuta en tätkaka under vattnet. Tätkakan kan antingen förankras med stag i berg eller vara tillräckligt mäktig och tung för att klara upptrycket med sin egenvikt, se Figur 7-9.



Figur 7-9. Principiellt utförande för schakt inom en vattenfylld pålvägg, Sweco år 2023.

7.8.4.4 Eventuell bergschakt

På grund av att bergnivån inom området varierar måste schakt eventuellt utföras i berg för att komma ner till grundläggningsnivån -5,0. Sprängning i berg kan orsaka sprickbildning i berget samt att utförd injektering förstörs. Därför rekommenderas användande av en oförstörande bergschaktningsmetod, som exempelvis hydraulisk bergspräckning eller snigeldynamit.

Bergytans nivå i slutligt läge för lossningsstationen ska kontrolleras innan detaljprojektering.

7.8.4.5 Schakt för transportörbandet

För den delen av transportörbandet som är under markytan kan schakt utföras inom en pålvägg (fördelaktigt samma lösning som för lossningsstationen). Grundläggning för transportörbandet kan utföras med platta på bergkross ovan fast lagrad friktionsjord. Troligtvis utförs grundläggningen som ett tråg, det vill säga med platta med sidoväggar eftersom grundvattenytan annars kommer i konflikt med schaktdjupen.

Beroende på transportörbandets utformning kan en förankring av plattan med stag till berg komma att krävas. Detta beror på det upplyftande vattentrycket i förhållande till transportörbandets egenvikt samt den ovanliggande jorden. Fortsatt utredning kring detta utförs i samband med detaljprojekteringen.

7.8.4.6 Utförande och spontområde

För att kunna utföra den djupa schakten kan exempelvis en djupgrävare användas. Alternativt kan man via schakten för transportörbandet ta sig ner till schakten för lossningsstationen. Maskinerna kan lyftas innanför pålväggens område.

En bedömning av pålväggens område, vilket inkluderar schakt för lossningsstation och transportörband, presenteras i Figur 7-10 nedan.



Figur 7-10. Område för pålvägg för lossningsstationens och transportörbandets schakt redovisat i rött nedan, Sweco år 2023.

Lossningsstationens och transportörbandets slutliga placering är inte helt bestämd men den principiella lösningen för byggbarhet behålls. Det som kommer påverkas av en flytt i en framtida layout är djupet som pålarna måste borrar.

7.8.5 Kompletteringsbehov

Kompletterande fältundersökningar för pålväggens område rekommenderas i detaljprojekteringsfasen. Bergets nivå bör undersökas ytterligare för att bättre kunna bedöma borrhingsdjupet för pålarna. Kompletterande undersökningar kan även innefatta vattenförlustmätningar för att undersöka genomsläppligheten i bergets sprickor.

7.9 Sydöstra utfyllnadsområdet

Utfyllnad kommer att utföras inom befintliga landområden samt vattenområden enligt Figur 6-5. Massorna som ska användas kommer delvis vara muddermassor som uppkommer i samband med muddringsarbeten som utförs inom projektet.

Utfyllnad av muddermassor kommer att utföras inom områden invallade av en sprängstensvall som beskrivs i avsnitt 6.3.2. Det är därmed rimligt att anta att anläggning av sprängstensvallen kommer att utföras först i arbetsordningen.

Hur utfyllnadsarbetet inom sprängstensvallaren kommer att gå till är under utredning.

Planerade byggnader och anläggningar inom området med föreslagna placeringar redovisas i Figur 7-11.



Figur 7-11. Ungefärliga placeringar för planerade byggnader och anläggningar i det sydöstra utfyllnadsområdet.

7.9.1 Topografi och höjdsättning

Området ligger vid yttre Sandskär och utgörs av tidigare landområde samt utfylld havsbotten. Befintlig marknivå vid järnvägsbanken ligger kring +3,5 och sjunker sedan till ca +0 vid strandkanten.

Färdig överyta inom området varierar mellan ca +3,0 m och +5,0 m.

Utfyllnadsmassorna från muddring består främst av sand och jord av sandig karaktär. Packning av utfyllnad utförs när fyllnadshöjder har nått över vattenytan.

7.9.2 Geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningar

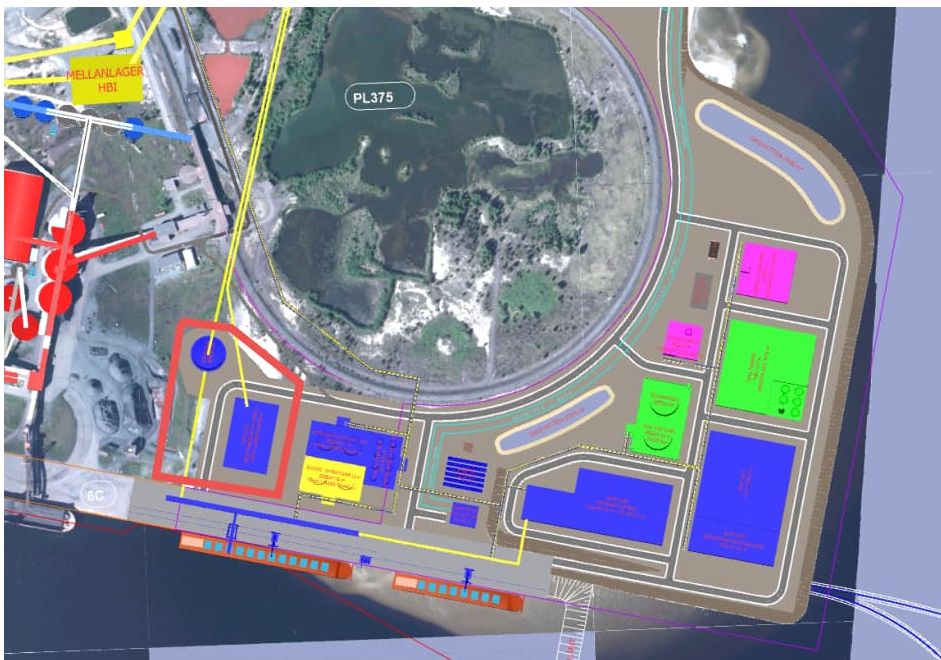
Det bör noteras att de geotekniska- och hydrogeologiska förhållandena som skapas när utfyllnad av området utförs är okända. Geotekniska undersökningar i utfyllnadsområdet kommer krävas efter utfyllnad för att säkerställa områdets slutliga geotekniska egenskaper, speciellt i områden där muddermassor har fyllts ut.

Befintlig jordlagerföljd för området är varierande, se föreliggande avsnitt nedan.

7.9.2.1 Byggnader närmast befintlig kaj

Närmast den befintliga kajen planeras två byggnader att byggas. Enligt erhållen information är en av byggnaderna tung och hög.

För området närmast befintlig kaj utgörs jordlagerföljden främst av sand. Sanden har en medelfast till fast lagringstäthet och mäktigheten uppgår till ca 7,5 meter. Enstaka sonderingar visar att skikt av silt förekommer. Sanden övergår därefter till grusig sand respektive morän med en fast lagringstäthet. Läge för området redovisas i Figur 7-12.



Figur 7-12. Området närmast befintlig kaj.

En sammanställning av de översiktliga geotekniska förhållandena för detta område redovisas i Tabell 7-13 nedan.

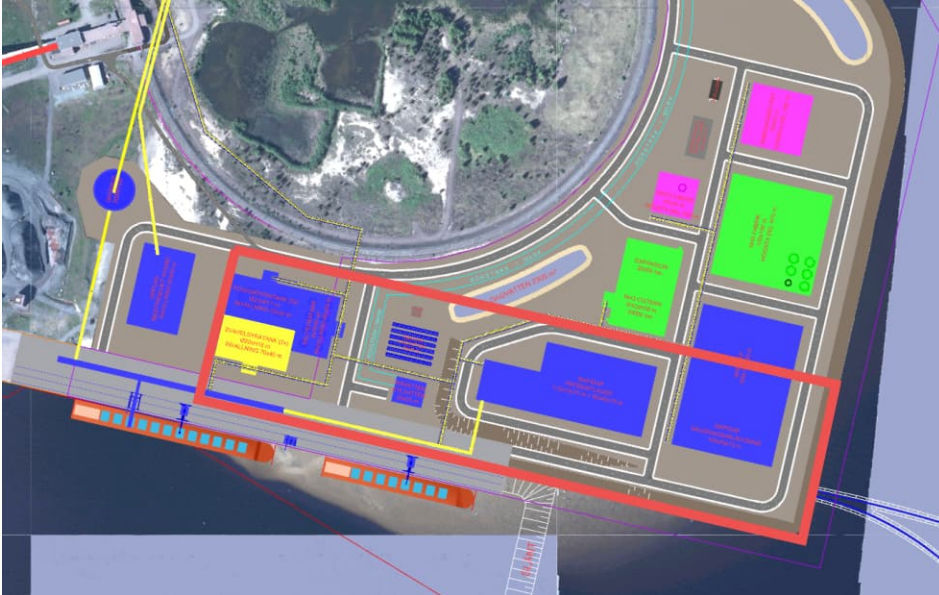
Tabell 7-13. Geotekniska förhållanden för utfyllnadsområdet, närmast befintlig kaj.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
Sa/siSa/saSi	0,0 – 7,5	2(1) – 5(4)	Medelfast - Fast	35 - 38	20 - 45
grSa/SaTi	7,5 –	2(1)	Fast	38	45

Det bör noteras att det finns en stor skillnad mellan nya och gamla undersökningspunkter för detta område. Flertalet undersökningspunkter från 60-talet visar att det finns ca 4 meter mäktiga skikt med mycket lös lagringstäthet. Sonderingar utförda i samma område år 2023 har ej påträffat detta mycket lösa skikt varvid undersökningar från 2023 ska användas och övriga ses som information.

7.9.2.2 Södra strandlinjen

Det område som benämns som den södra strandlinjen redovisas i Figur 7-13.



Figur 7-13. Området längs med den blivande industriparkens södra sida mot vattnet.

Jordlagerföljden för området utgörs från befintlig markyta av ca 2,0 – 4,5 m sand respektive grusig sand med en medelfast till fast lagringstäthet. Under sanden påträffas en medelfast morän.

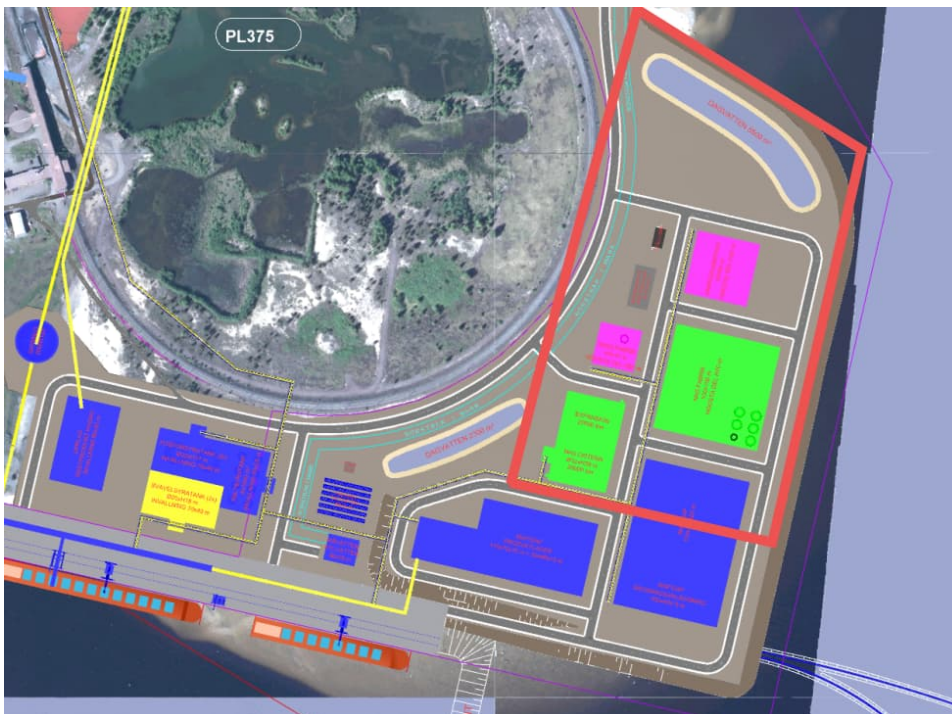
En sammanställning av de översiktliga geotekniska förhållandena för utfyllnadsområdets södra strandlinje redovisas i Tabell 7-14 nedan.

Tabell 7-14. Geotekniska förhållanden längs med utfyllnadsområdets södra strandlinje.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel ϕ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
Sa/grSa	0,0 – 4,5	2(1)	Medelfast - Fast	37	40
sasiTi	4,5 -	3B(2) – 4A(3)	Fast	39	50

7.9.2.3 Östra strandlinjen

Det område som benämns som den östra strandlinjen redovisas i Figur 7-14.



Figur 7-14. Området längs med den planerade industriparkens östra sida mot vattnet.

Jordlagerföljden för området utgörs från befintlig markyta av 0,5 – 2,0 meter mycket löst lagrad lera och silt. I enstaka punkter har något sulfidhaltig jord påträffats. Under det mycket lösa skiktet förekommer en lös till medelfast sand respektive siltig sand med en mäktighet som varierar mellan 0,2 – 1,5 meter. Därefter påträffas sandig siltig morän.

En översiktlig sammanställning av de geotekniska förhållandena redovisas i Tabell 7-15 nedan.

Tabell 7-15. Geotekniska förhållanden för utfyllnadsområdets östra strandlinje och utanförliggande vattenområde.

Jordart	Djup [m]	Materialtyp/ Tjälfarlighetsklass	Lagringstäthet	Friktionsvinkel φ_k [°]	Elasticitetsmodul E_k [MPa]
Si, Cl, (su)Si	0,0 – 2	5(4)	Mycket lös	-	-
Sa, siSa	0,2 – 1,5	2(1) – 3B(2)	Lös - Medelfast	33 - 36	10 - 25
sasiTi	2,5 – 7,0	3B(2) – 4A(3)	Medelfast - Fast	38	45
sasiTi	7,0 –	3B(2) – 4A(3)	Mycket fast	41	60

Översiktliga hydrogeologiska förhållanden för landområdet inom det sydöstra utfyllnadsområdet redovisas i Tabell 7-16 nedan.

Tabell 7-16. Hydrogeologiska förhållanden för det sydöstra utfyllnadsområdet.

Grundvattenrör	Grundvattennivå [+]	Djup [m.u.my.]
23S213G	+0,57	1,22
23S214G	+0,34	2,64
23S215G	+0,25	1,00

7.9.3 Rekommendationer för schakt och grundläggning

Många av de planerade byggnaderna är placerade på ett vattenområde som ska fyllas ut. Eftersom utfyllnadsmassorna utan vidare åtgärder kommer bli löst lagrade kan en ytlig plattgrundläggning ge upphov till stora sättningar.

För grundläggning av byggnader på ett utfyllt område rekommenderas:

- Pålning - Detta innebär att lasten överförs till ett stort djup och resulterar i en nästan sättningfri grundläggning.

Eller:

- Djuppäckning - De löst lagrade utfyllnadsmassorna packas på djupet genom exempelvis fallviktspackning.

Vid utförande av en djuppäckningsmetod måste resultatet kontrolleras för att säkerställa att ett tillfredsställande resultat har uppnåtts.

För lättare byggnader eller för byggnader som planeras på det befintliga landområdet bedöms en ytlig plattgrundläggning vara möjlig. Därmed ska också ordinär packning ovan grundvattenytan och överlastar med liggtider tas i beaktning som grundförstärkande åtgärder.

För den planerade silon närmast den befintliga kajen kommer sättningarna att variera beroende på silons lagringskapacitet. Sättningspotentialen kommer även att reduceras eftersom 2 – 3 meter jordmaterial ska schaktas bort för att sänka marknivån. Med lagringskapaciteten 20 000 ton förväntas sättningarna att variera mellan 1 – 3 cm utan förstärkningsåtgärder.

Baserat på den antagna lagringskapaciteten rekommenderas en ytlig plattgrundläggning. Behovet av förstärkningsåtgärder som exempelvis förbelastning eller fallviktspackning kommer utredas vidare under detaljprojekteringen.

7.10 Slutsatser

De geotekniska- och hydrogeologiska förutsättningarna inom området är varierande. Den geotekniska bedömningen är att byggbarheten inom området är generellt god och med anpassade skydds- och förstärkningsåtgärder kan de typer av byggnader som är nödvändiga för den cirkulära industriparken uppföras på ett säkert sätt.