

# **RA** Viscaria - designrapport

## Hantering av anrikningssand

---

<b>UPPDRAGSNUMMER</b> 3142102-300	<b>ANLÄGGNING</b> Viscaria	<b>DATUM</b> 2022-03-28
<b>UPPRÄTTAD AV</b> Annika Bjelkevik William Sjösten Niklas Östberg	<b>MOTTAGARE</b> Johan Taaveniku, Copperstone Viscaria AB	<b>STATUS</b> SLUTVERSION
<b>PROJEKTLEDARE</b> Niklas Östberg	<b>TEKNISK GRANSKNING</b> Annika Bjelkevik Roger Knutsson	<b>GODKÄND AV</b> Niklas Östberg

---

TAILINGS CONSULTANTS SCANDINAVIA AB

Niklas Östberg  
*Project manager*  
+46 (0) 706 – 022 157  
niklas.ostberg@tailings.se

Kungsgatan 37  
111 56 Stockholm  
SWEDEN  
www.tailings.se

## Sammanfattning

Copperstone Viscaria AB planerar att söka miljötillstånd för att återöppna Viscariagruvan som ligger i Kiruna kommun, 4 km väster om staden och strax norr om LKAB:s industriområde. Denna designrapport beskriver tänkt hantering av anrikningssand i nytt samt befintligt sandmagasin och klarningsmagasin.

Rapporten redovisar:

- nu rådande platsförhållanden (avsnitt 3),
- dimensioneringsförutsättningar (avsnitt 4.3),
- lokaliseringstudie sandmagasin (avsnitt 4.4),
- alternativstudie nytt sandmagasin (avsnitt 4.5),
- vald design (avsnitt 4.6) inklusive vattenhantering (avsnitt 4.7), stabilitet (avsnitt 4.8 och 4.9) och dammbrottsberäkning (avsnitt 4.10),
- materialmängder (avsnitt 5),
- anläggande och drift inklusive instrumentering (avsnitt 6 respektive avsnitt 7) samt
- risker (avsnitt 8).

För nytt sandmagasin har en lokalisering valts i anslutning till befintligt sandmagasin. Magasinet byggs upp av dränerande dammar med en kapacitet för 10 års produktion (30 Mton motsvarande ca 22 Mm<sup>3</sup>). Deponering av anrikningsslurry med relativt låg fastgodshalt (<20 vikt%) utförs med direktutsläpp från ett deponeringsområde i magasinets norra del (närmast anrikningsverket). Under normala förhållanden dränerar process- och nederbördsvatten ut genom dammarna och pumpas vidare till klarningsmagasinet. Vid extremflöden kan volymen motsvarande ca två Klass 1-flöden magasineras.

Anrikningssanden i befintligt sandmagasin ska eventuellt återanrikas (ReMining). Om så sker kan anrikningssand efter detta även deponeras i det här magasinet till motsvarande mängd. Då nytt sandmagasin har kapacitet, för under perioden, avsedd produktion medför eventuell återanrikning att ytterligare deponeringskapacitet skapas. Oavsett om återanrikning utförs eller ej avses dammarna till befintligt sandmagasin åtgärdas vad det gäller; avgrävda delar på damm B-C, tjälskadad moräntätkärna samt stabilitetshöjande åtgärder i form av kompletterande stödbank på nedströmsslätten. Befintligt sandmagasin kommer vid normal drift att hålla en begränsad mängd vatten, men vid extremflöden kan vatten magasineras upp till drygt ett Klass 1-flöde.

Befintligt klarningsmagasin avses att åter igen användas som klarningsmagasin. För att skapa erforderlig kapacitet för planerad produktion avses magasinet schaktas ur. Befintliga dammar åtgärdas genom att den avgrävda delen på damm B-D byggs upp igen, tjälskadad moräntätkärna åtgärdas och stabilitetshöjande åtgärder i form av kompletterande stödbank på uppströmsslätten utförs. Allt påverkat vatten i systemet pumpas till klarningsmagasinet från vilket det pumpas vidare till processen och/eller reningsverk. Endast renat vatten bräddas till recipient under normala förhållanden. Vid Klass 1-flöde kan endast en del av den totala mängden magasineras och resterande vattenvolym bräddas över en

nödutskovströskel i damm D-E till recipienten.

Vald efterbehandlingsmetod påverkar inte design eller drift av magasinen, utan innebär att material successivt läggs ut på dammarnas nedströmsslänter för att skapa erosionsstabila ytor som vegeteras.

## **Innehåll**

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Syfte</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Rapportupplägg</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Områdesbeskrivning</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Koordinat- och höjdsystem</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Historik</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Översikt planerad verksamhet</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Platsförhållanden</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Klimat</b>	<b>14</b>
3.1.1	Klimatförändring	15
<b>3.2</b>	<b>Geologi</b>	<b>16</b>
3.2.1	Berggrund	16
3.2.2	Kvartärgeologi	18
<b>3.3</b>	<b>Hydrologi</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Hydrogeologi</b>	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>Geoteknik</b>	<b>26</b>
3.5.1	Tolkning av kartmaterial	26
3.5.2	Tidigare undersökningar	29
3.5.3	TCS undersökningar och tolkningar	30
<b>3.6</b>	<b>Befintliga magasin och dammar</b>	<b>31</b>
3.6.1	Befintligt sandmagasin	31
3.6.2	Befintligt klarningsmagasin	35
3.6.3	Material i dammarna	37
<b>3.7</b>	<b>Egenskaper befintlig anrikningssand</b>	<b>38</b>
3.7.1	Mineralogi och geokemi	39
3.7.2	Geotekniska egenskaper	40
<b>3.8</b>	<b>Vattenhantering befintligt system</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>Hantering av anrikningssand – nytt tillstånd</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Styrande dokument</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Planerad produktion</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Dimensioneringsförutsättningar</b>	<b>45</b>
4.3.1	Dammsäkerhetsklassificering	49
4.3.2	Efterbehandling	54
4.3.3	Egenskaper ny anrikningssand	55
<b>4.4</b>	<b>Lokaliseringsutredning nytt magasin</b>	<b>56</b>
4.4.1	Bakgrund	56
4.4.2	Inledning	56



4.4.3	Del 1 – val av område	56
4.4.4	Del 2 – Placering av sandmagasin i område 1	58
<b>4.5</b>	<b>Alternativstudie nytt magasin</b>	<b>60</b>
4.5.1	Deponeringsmetoder	61
4.5.2	Magasinsutformning	64
4.5.3	Dammdesign	72
4.5.4	Resultat alternativstudie	75
<b>4.6</b>	<b>Vald design</b>	<b>75</b>
4.6.1	Översiktlig systembeskrivning	76
4.6.2	Grundläggningsförhållanden	77
4.6.3	Befintligt sandmagasin	82
4.6.4	Befintligt klarningsmagasin	86
4.6.5	Nytt sandmagasin	88
4.6.6	Deponering - anrikningssand	95
4.6.7	Dammbyggnadsmaterial	95
<b>4.7</b>	<b>Vattenhantering</b>	<b>97</b>
4.7.1	Vattenbalans – sand- & klarningsmagasin	97
4.7.2	Dimensionerande flöden	98
4.7.3	Avbördning	101
<b>4.8</b>	<b>Stabilitet och läckage befintliga magasin</b>	<b>102</b>
4.8.1	Geometri	102
4.8.2	Genomströmningsberäkningar	104
4.8.3	Stabilitetsberäkningar	106
<b>4.9</b>	<b>Stabilitet och läckage nytt magasin</b>	<b>109</b>
4.9.1	Geometri	109
4.9.2	Genomströmningsberäkningar	109
4.9.3	Stabilitetsberäkningar	112
<b>4.10</b>	<b>Dammhaveriberäkning</b>	<b>114</b>
4.10.1	Förutsättningar	115
4.10.2	Beräkningsmodell	116
4.10.3	Resultat	118
4.10.4	Möjligheter	127
<b>5</b>	<b>Mängder</b>	<b>128</b>
<b>5.1</b>	<b>Befintligt sandmagasin – dammar</b>	<b>128</b>
<b>5.2</b>	<b>Klarningsmagasin – anläggande</b>	<b>129</b>
<b>5.3</b>	<b>Klarningsmagasin – schakt</b>	<b>129</b>
<b>5.4</b>	<b>Dammar kring nytt sandmagasin</b>	<b>130</b>
<b>6</b>	<b>Anläggande</b>	<b>131</b>
<b>7</b>	<b>Drift</b>	<b>133</b>

<b>7.1</b>	<b>Tillståndskontroll</b>	<b>133</b>
<b>7.2</b>	<b>Deponering</b>	<b>134</b>
<b>7.3</b>	<b>Vattenhantering</b>	<b>135</b>
<b>7.4</b>	<b>Damning</b>	<b>135</b>
<b>7.5</b>	<b>Instrumentering och övervakning</b>	<b>136</b>
7.5.1	Vattennivåer	137
7.5.2	Läckage	137
7.5.3	Rörelser & deformationer	137
7.5.4	Portryck	137
7.5.5	Erosion	138
7.5.6	Materialegenskaper	138
7.5.7	Damning	138
<b>8</b>	<b>Risker</b>	<b>139</b>
<b>8.1</b>	<b>Anläggningsrelaterade risker</b>	<b>139</b>
<b>8.2</b>	<b>Driftrelaterade risker</b>	<b>141</b>
<b>8.3</b>	<b>Risker relaterade till miljö och efterbehandling</b>	<b>142</b>
	<b>Referenser</b>	<b>143</b>

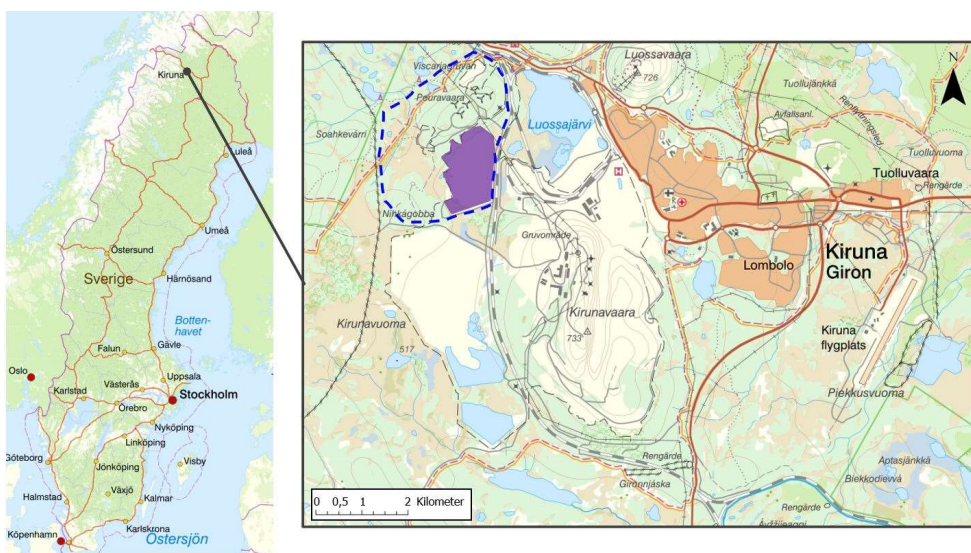
## **Bilagor**

Bilaga A	RA Lokaliseringsutredning Sandmagasin vid Viscariagruvan, TCS 2022-01-28
Bilaga B1	PM Viscaria befintliga dammar – Genomströmnings- och stabilitetsberäkningar, TCS 2022-01-27
Bilaga B2	PM Viscaria nytt sandmagasin – Genomströmnings- och stabilitetsberäkningar, TCS 2022-01-27
Bilaga C	PM Geoteknik Viscaria – Tolkning av geotekniska utredningar, TCS 2022-01-28
Bilaga D	SKISSER, TCS: D1 Viscaria - Bef mag - plan, profil 220111 D2 Viscaria - Bef mag - plan, profil, sektion inkl schakt 220111 D3 Viscaria - Bef mag - sandlutning 220113 D4 Viscaria - Bef mag nödröskel - plan, profil alla alt 220113 D5 Viscaria - Bef mag nödröskel - plan, profil alt AB1, BC1 220113 D6 Viscaria - Kl mag - plan, profil 220111 D7 Viscaria - Kl mag - plan, profil, sektion inkl schakt 220111 D8 Viscaria - Nytt mag - plan, profil 211209 D9 Viscaria - Nytt mag - typsektion 220113

# 1 Inledning

Viscariagruvan ligger i Kiruna kommun, 4 km väster om staden och strax norr om LKAB:s industriområde, se Figur 1 som (med blåstreckad linje) schematiskt visar dagens markanvisningsområde för gruvan. Brytningen, av i huvudsak koppar, startade 1982 och drevs då av LKAB. Senare såldes gruvan till Outokumpu OY som 1997 lade ner verksamheten. Copperstone Resources AB köpte Viscariagruvan 2018 av dåvarande ägaren Avalon Minerals/Sunstone Metals med avsikt att återuppta brytningen av kopparkis och eventuellt magnetit för utvinning av koppar och eventuellt järn.

För gruvbrytning erfordras ett antal kringaktiviteter, bl a hantering av restprodukten anrikningssand. Anrikningssand hanteras normalt i ett sandmagasin med tillhörande klarningsmagasin för vattenhantering. Det befintliga sand- och klarningsmagasinet från tidigare gruvbrytning (lila område i höger bild i Figur 1) ligger inom nuvarande markanvisningsområde för gruvan (blåstreckat område i höger bild i Figur 1).



**Figur 1 Viscariagruvan ligger väster om Kiruna och norr om LKAB:s industriområde. Det ungefärliga gruvområdet enligt markanvisningen är markerat med blå, streckad kontur i bilden. Befintligt magasin ligger inom det lila området. Kartan är hämtad från Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2021).**

TCS fick våren 2021 i uppdrag att ta fram en lösning för hantering av anrikningssand för nu planerad verksamhet, dvs återöppnandet av Viscariagruvan, Föreliggande designrapport ska utgöra underlag för teknisk beskrivning till miljöansökan för verksamheten.

## 1.1 Syfte

Denna designrapport avser att beskriva vald utformning, funktion och syfte med de planerade och befintliga anläggningar som bedöms erforderliga för hantering av anrikningssand när gruvbrytningen i Viscaria återupptas. Anläggningarna som omfattas av denna rapport utgörs av;

- Nytt sandmagasin med tillhörande dammar

- Befintligt sandmagasin med tillhörande dammar
- Befintligt klarningsmagasin med tillhörande dammar
- System för deponering av anrikningssand
- Avbördningsanordningar för vattenhantering

För dessa anläggningar beskrivs även schematiskt hur drift och tillsyn avses bedrivas. Dokumentet avslutas med en redogörelse av vilka risker som finns kopplade till föreslagen utformning.

Förutsättningarna som är kopplade till här i redovisade anläggningar redovisas under 4.3.

## 1.2 Rapportupplägg

Denna rapport är uppbyggd på följande sätt;

- Först ges i avsnitt 2 en bakgrundsbeskrivning av området inkluderande lite kort historik och en översikt av planerad verksamhet.
- Därefter ges i avsnitt 3 en mer detaljerad beskrivning av nuvarande platsförhållanden omfattande; klimat, geologi, hydrologi, hydrogeologi, geoteknik, befintliga dammanläggningar, egenskaper för befintliga material (anrikningssand och gråberg) samt nuvarande vattenhantering.
- Avsnitt 4 beskriver vad som ingår i ansökan om nytt tillstånd, dvs vilka förutsättningar designen för nya och åtgärdade dammanläggningar baseras på, egenskaper för ny anrikningssand, lokalisering av nytt sandmagasin, alternativstudie för design av nytt sandmagasin, en mer detaljerad beskrivning av vald design och för den tillhörande vattenhantering, dammstabilitet och dammbrottsberäkning.
- I avsnitt 5 redovisas en mängduppskattning av de material och den erforderlig schakt som erfordras för de planerade arbetena.
- Avsnitt 6 och 7 beskriver, i detta skede, kortfattat vad som bedöms vara viktigt att tänka på vad det gäller anläggande och drift.
- Slutligen sammanställs, i avsnitt 8, de risker som har kunnat identifieras i detta skede.

Till rapporten finns även ett antal bilagor som utgörs av tillhörande rapporter och PM som TCS tagit fram som underlag till denna designrapport. Bilagorna omfattar; (A) lokaliseringsutredning, (B) stabilitet, (C) geoteknisk utvärdering och (D) A3-skisser.

Inga specifika referenser till skisser görs i rapporten. Underlag till figurer i har dock ibland hämtats från skisserna. Syftet med skisserna är att utgöra ett underlag som tydligare visar utformningen.

Övrigt underlag som använts för designen; lagstiftning, riktlinjer, standarder och andras rapporter/PM refereras i rapporten och detaljerna för dessa dokument

återfinns i referenslistan. En del av dessa rapporter är i likhet med denna rapport en bilaga till teknisk beskrivning (TB). Hänvisning till bilagor görs enligt:

Bilaga till TB - Bilaga BX, där X=bilagans nummer. Löpande i text direkt före referensparentes.

Bilaga till denna rapport – Bilaga X, där X=bilagans bokstav (dvs A-D). Löpande i text utan referensparentes.

## 2 Bakgrund

### 2.1 Områdesbeskrivning

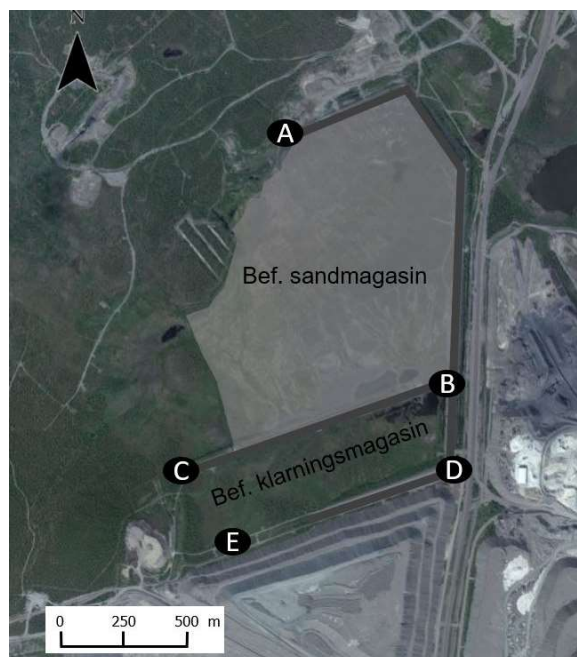
Viscariagruvan ligger i norra Sverige i Kiruna kommun (se Figur 1), ca 4 km väster om Kiruna centrum. Kopparbrytning bedrevs i gruvan från 1982 till 1997, både i dagbrott och under jord. Gruvområdet angränsar till LKAB:s verksamhet samt Trafikverkets järnväg. LKAB:s gråbergssupplag, "Triangeln", och sandmagasin ligger direkt söder om den södra dammen till befintligt klarningsmagasin och järnvägen går i nord-sydlig riktning direkt nedströms de östra dammarna till befintligt sand- och klarningsmagasin. Se Figur 2, som även visar Kiruna stad, väg E10, Luossajärvi och planerat industriområde (framtida anrikningsverk). Norr om befintligt sandmagasin och planerat industriområde finns idag ett antal vindkraftverk på en höjdrygg. Vid höjdryggens norra del ligger befintligt gråbergssupplag. Befintlig underjordsgruva ligger under denna höjdrygg och dagbrottet i dess förlängning åt sydost. Även planerad gruvverksamhet ligger i samma område. Området väster om gruvområdet utgörs av naturmark som inkluderar naturreservat, VISS och Natura 2000-vattendrag, riksintresse för rennärning samt friluftsområden. Se avsnitt 4.4 för ytterligare information.



**Figur 2. Översikt över befintligt sand- och klarningsmagasin vid Viscariagruvan samt närliggande infrastruktur (LKAB, järnvägen, E10 etc.).**

Det befintliga sand- och klarningsmagasinet i Viscaria med tillhörande dammar visas översiktligt i Figur 3.





**Figur 3** Översikt befintligt sand- och klarningsmagasin i Viscaria.

## 2.2 Koordinat- och höjdsystem

I denna rapport används koordinatsystem SWEREF 99 20 15 och höjdsystem RH2000 för anläggningarna vid Viscariagruvan.

## 2.3 Historik

Fyndigheten, Viscaria, har hög kopparhalt och en fördelaktig geografisk placering genom att den ligger nära redan befintligt infrastruktur. Gruvdriften startade 1982 i LKAB:s regi och togs sedan över av Outokumpu OY. Trots fyndighetens höga kopparhalt och geografiska placering lades verksamheten ned 1997, då med ett kopparpris på ca 1 700 USD/ton (Golder, 2011a) att jämföra med dagens ca 9 000 USD/ton (2021).

År 2003 köpte Phelps Dodge Viscariagruvan från Outokumpu och genomförde prospektering i begränsad omfattning.

I mars 2008 förvärvade Avalon Minerals Ltd Viscaria och genomförde under 2009-2010 en utvärdering av fyndigheten genom ytterligare prospektering. Därefter tog företaget fram en gruvplan och en processmetod för förädling av olika malmprodukter. Denna studie (Golder, 2011a) visade på att ett lönsamt projekt skulle kunna komma till stånd vid tio års gruvdrift och en förädling av antingen 1,5 eller 3,0 Mton malm per år. Studien inkluderade även en utökning av kapaciteten för befintligt sandmagasin i syfte att undersöka om det var möjligt att använda detta för deponering av anrikningssand från en framtida gruvdrift.

Förutsättningarna på platsen har förändrats sedan gruvan lades ned 1997. Främst genom att ett nytt järnvägsspår med tillhörande serviceväg direkt öster om/ nedströms huvuddammen till sand- och klarningsmagasin byggdes färdigt 2012. Järnvägen används för både gods- och persontrafik med ca 35 tågpassager per

dygn, varav ca 25 passager utgör godstrafik och ca 10 passager utgör persontrafik (Trafikverket, 2022).

2019 köptes projektet av Copperstone Resources AB, vars mål är att söka miljötillstånd för att återöppna Viscariagruvan i Kiruna. Denna designrapport avses utgöra underlag till tekniska beskrivningen i miljöansökan.

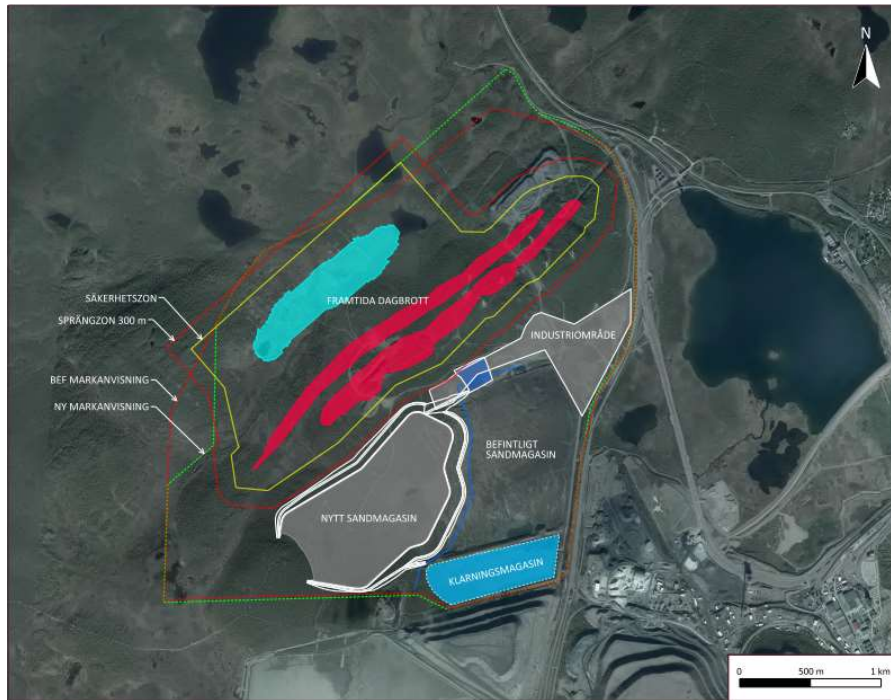
Mer detaljerad beskrivning av befintliga anläggningar (sand- och klarningsmagasin) för hantering av anrikningssand återfinns i avsnitt 4.6.3 respektive 4.6.4 och den befintliga anrikningssandens egenskaper beskrivs i 3.7.

## **2.4 Översikt planerad verksamhet**

Planerad verksamhet omfattar brytning av kopparkis och magnetit. Tidigare brytning och anrikning omfattade endast koppar, men trots detta innehåller den anrikningssand som har deponerats i befintligt sandmagasin relativt sett höga halter koppar. För att kunna ta tillvara den koppar som finns i befintligt sandmagasin utreds, och inkluderas i planerad verksamhet, återanrikning av befintlig anrikningssand. För att möjliggöra detta (återanrikning), med hänsyn till hantering av anrikningssand, planeras ett nytt sandmagasin att anläggas som en utökning av befintligt sandmagasin. Därigenom kan ny malm och befintlig anrikningssand processas och den nya anrikningssanden deponeras i det nya sandmagasinet fram till att återanrikningen avslutas. Därefter kan både nytt och befintligt sandmagasin nyttjas för deponering av ny anrikningssand.

Befintligt klarningsmagasin avses återigen att nyttjas som klarningsmagasin och det nya industriområdet, om än utökat, planeras på samma ställe som tidigare, norr om befintligt sandmagasin. Figur 4 visar en översiktlig plan över infrastrukturen för planerat gruvområde med markanvisning, dagbrott med säkerhetszon och sprängzon samt industriområde i norr, befintligt sandmagasin i öster och söder klarningsmagasin och i direkt väster om dessa magasin ligger nytt sandmagasin.





**Figur 4** Översikt som visar planerad verksamhet med; markanvisning (befintlig = rödstreckad linje och ny = grönstreckad linje), dagbrott med säkerhetszon (gul linje) och sprängzon (röd linje), industriområde, befintligt sandmagasin, klärningsmagasin och nytt sandmagasin

### 3 Platsförhållanden

Detta avsnitt beskriver förhållandena för markanvisningsområdet. Under avsnitt 4 beskrivs området för hantering av anrikningssand mer i detalj.

#### 3.1 Klimat

Klimatdata för Viscaria har främst hämtats från SMHI (SMHI, 2021a), klimatstation Kiruna, vilket presenteras i Tabell 1.

**Tabell 1 Klimatdata för Kiruna (Viscaria sandmagasin), för normalperioden 1961–1990 (SMHI, 2021a).**

Medelvärde årsnederbörd <sup>1</sup>	500 – 600 mm	Årsmedeltemperatur <sup>2</sup>	-1,7 °C
Årsavdunstning medelvärde <sup>3</sup>	200 – 300 mm	Dygnet maximitemperatur i juli (medelvärde) <sup>4</sup>	16 – 18 °C
Dagar med snötäcke (medelvärde) <sup>5</sup>	200 dagar/år	Dygnet minimitemperatur i januari (medelvärde) <sup>6</sup>	-18 – -20 °C
Maximalt snödjup (medelvärde) <sup>7</sup>	ca 87 cm	Andel snö av årsnederbörd (medelvärde) <sup>8</sup>	40 – 45 %
Första dag med snötäcke (medelvärde) <sup>9</sup>	5 – 10 okt.	Normal isläggning av små (< 10 km <sup>2</sup> ) och medelstora (10-100 km <sup>2</sup> ) sjöar <sup>10</sup>	15 okt. – 1 nov.
Normal islossning för så (< 10 km <sup>2</sup> ) och medelstora (10-100 km <sup>2</sup> ) sjöar <sup>11</sup>	1 jun. – 15 jun.	Årlig maximal istjocklek för sjöar <sup>12</sup>	ca 80 cm
Tjäldjup enligt GruvRIDAS <sup>13</sup> Boverket <sup>14</sup>	3,1 m 2,4 m	Vindriktning <sup>15</sup> (medelvärde 1961-2004)	<b>N:</b> 14,6 %, <b>NO:</b> 7,1 %, <b>O:</b> 4,7 %, <b>SO:</b> 5,2 %, <b>S:</b> 19,3 %, <b>SV:</b> 24,1 %, <b>V:</b> 6,5 %, <b>NV:</b> 8,2 %, <b>Lugnt:</b> 10,4 %

<sup>1</sup> <https://www.smhi.se/data/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.4160>

<sup>2</sup> <https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/normal-arsmedeltemperatur>

<sup>3</sup> <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/avdunstning-1.30720>

<sup>4</sup> <http://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur/normaldygnet-maximitemperaturs-medelvarde-i-juli-1.4022>

<sup>5</sup> <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-antal-dagar-med-snotacke-1.91081>

<sup>6</sup> "https://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur/normaldygnet-minimitemperaturs-medelvarde-i-januari-1.4034"

<sup>7</sup> "https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-vinterns-storsta-snodjup-1.91052"

<sup>8</sup> <https://www.smhi.se/data/meteorologi/nederbord/normal-andel-sno-av-arsnederborden-medelvarde-1961-1990-1.4172>

<sup>9</sup> <https://www.smhi.se/data/meteorologi/sno/normal-forsta-dag-med-snotacke-medelvarde-1.7933>

<sup>10</sup> <https://www.smhi.se/data/hydrologi/is-pa-sjoar-och-vattendrag/normal-islaggning-sma-sjoar-10-km2-1.8004>

<https://www.smhi.se/data/hydrologi/is-pa-sjoar-och-vattendrag/normal-islaggning-medelstora-sjoar-10-100-km2-1.8006>

<sup>11</sup> <https://www.smhi.se/data/hydrologi/is-pa-sjoar-och-vattendrag/normal-islossning-sma-sjoar-10-km2-1.8016>

<https://www.smhi.se/data/hydrologi/is-pa-sjoar-och-vattendrag/normal-islossning-medelstora-sjoar-10-100-km2-1.8022>

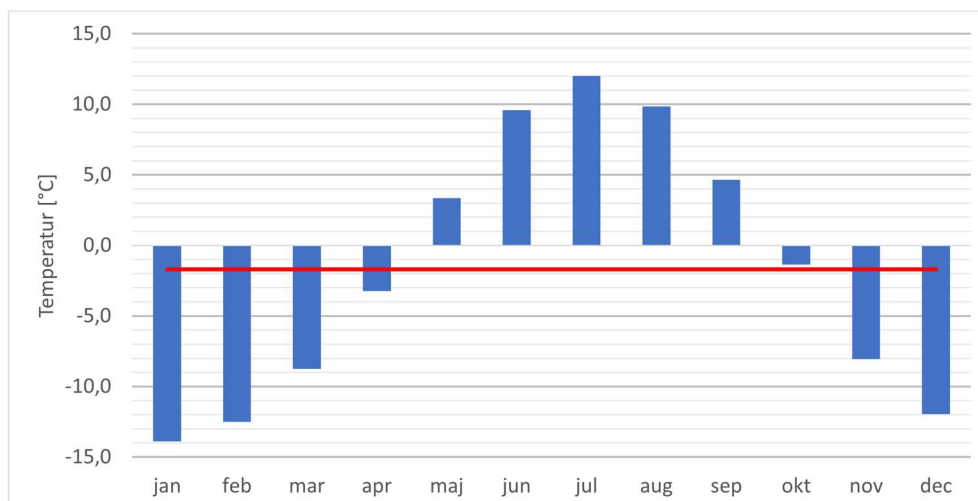
<sup>12</sup> [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.164655/!Hydrologi\\_76%20Istjocklek%20p%C3%A5%20sj%C3%B6ar%20-%20en%20statistisk%20bearbetning%20av%20SMHIs%20m%C3%A4tningar.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.164655/!Hydrologi_76%20Istjocklek%20p%C3%A5%20sj%C3%B6ar%20-%20en%20statistisk%20bearbetning%20av%20SMHIs%20m%C3%A4tningar.pdf)

<sup>13</sup> GruvRIDAS tillämpningsvägledning 7.2 (ekv. 19) (GruvRIDAS, 2012)

<sup>14</sup> <https://www.boverket.se/contentassets/c4c3f9ae57294ae889bfaf710b08b125/sbn-1980-utg-1.pdf>

<sup>15</sup> [http://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.1895/!meteorologi\\_121-06%5B1%5D.pdf](http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.1895/!meteorologi_121-06%5B1%5D.pdf)

Månadsvis medeltemperatur för perioden 1961-1990, med data från en mätstation vid Kiruna flygplats, visas i Figur 5. Medeltemperaturen över året är  $-1,7^{\circ}\text{C}$ , vilken visas med röd streckad linje i figuren. Diagrammet visar att månadsmedeltemperaturen ligger under  $0^{\circ}\text{C}$  från och med oktober fram till och med april. Månadsmedeltemperaturen är som lägst i januari och som högst i juli.



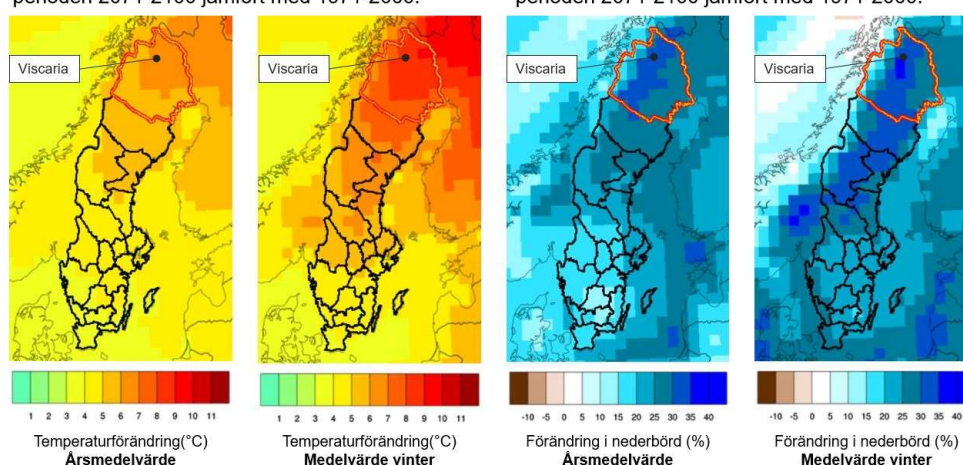
**Figur 5. Månadsvis medeltemperatur för perioden 1961-1990 från mätstation vid Kiruna flygplats (SMHI, 2021d). Röd streckad linje visar medeltemperatur över året, vilken är  $-1,7^{\circ}\text{C}$ .**

### 3.1.1 Klimatförändring

Den årliga medeltemperaturen och medelnederbörden förväntas, enligt modeller från SMHI (SMHI, 2021b), öka i Sverige i framtiden som följd av klimatförändringar. SMHI har använt flera olika modeller för att förutse framtida förändringar i temperatur och nederbörd. Det scenario som idag ligger närmast uppmätta trender kallas RCP8,5 och det är resultat från detta scenario som har använts för att förutse framtida medeltemperaturer och nederbörd i Viscaria, vilka presenteras nedan.

Beräknad förändring av medeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) för perioden 2071-2100 jämfört med 1971-2000.

Beräknad förändring av medelnederbörd (%) för perioden 2071-2100 jämfört med 1971-2000.



**Figur 6 Beräknad förändring av medeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) och medelnederbörd (%) för perioden 2071-2100 jämfört med 1971-2000 (SMHI, 2021c) för årsmedelvärde respektive medelvärde vinter.**

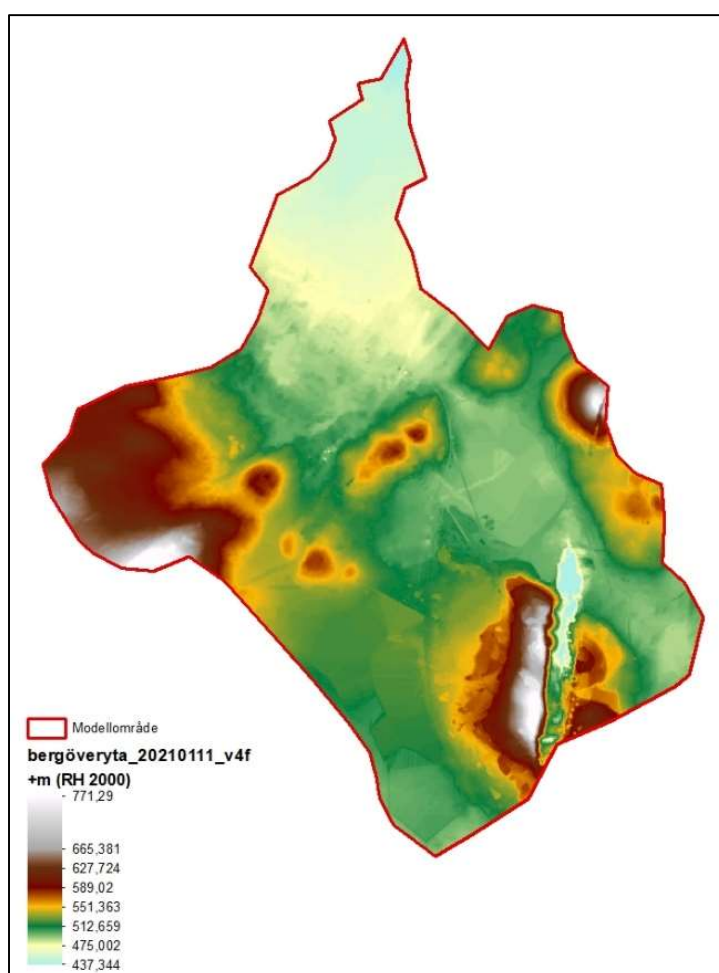
Den förutsedda förändringen av medeltemperatur (°C) och medelnederbörd (%) under perioden 2071–2100 jämfört med 1971–2000 baserat på klimatscenario RCP8,5 från SMHI (SMHI, 2021c) presenteras i Figur 6. Den visar att den årliga medeltemperaturen förväntas öka med 6–7 °C till 2071–2100, vilket betyder från - 1°C till + 5-6°C. Medeltemperaturen under vintern förväntas öka med ytterligare någon grad, 8–9 °C.

Den årliga nederbörden förväntas öka med 30–35 % till 2071-2100, vilket betyder från 500-600 mm/år till 650-810 mm/år. Medelnederbörden under vintern förväntas öka ytterligare något, dvs med 35-40 %.

## 3.2 Geologi

### 3.2.1 Berggrund

AFRY har tagit fram en modell för bergöverytans nivå. Som grund till modellen har SGU:s jorddjupsmodell använts. Denna har sedan justerats genom att punkter har filterats bort i områden där annan information finns tillgänglig i form av resultat från geotekniska undersökningar. Den slutliga modellen över bergöverytans nivå presenteras i Figur 7 (AFRY, 2021).

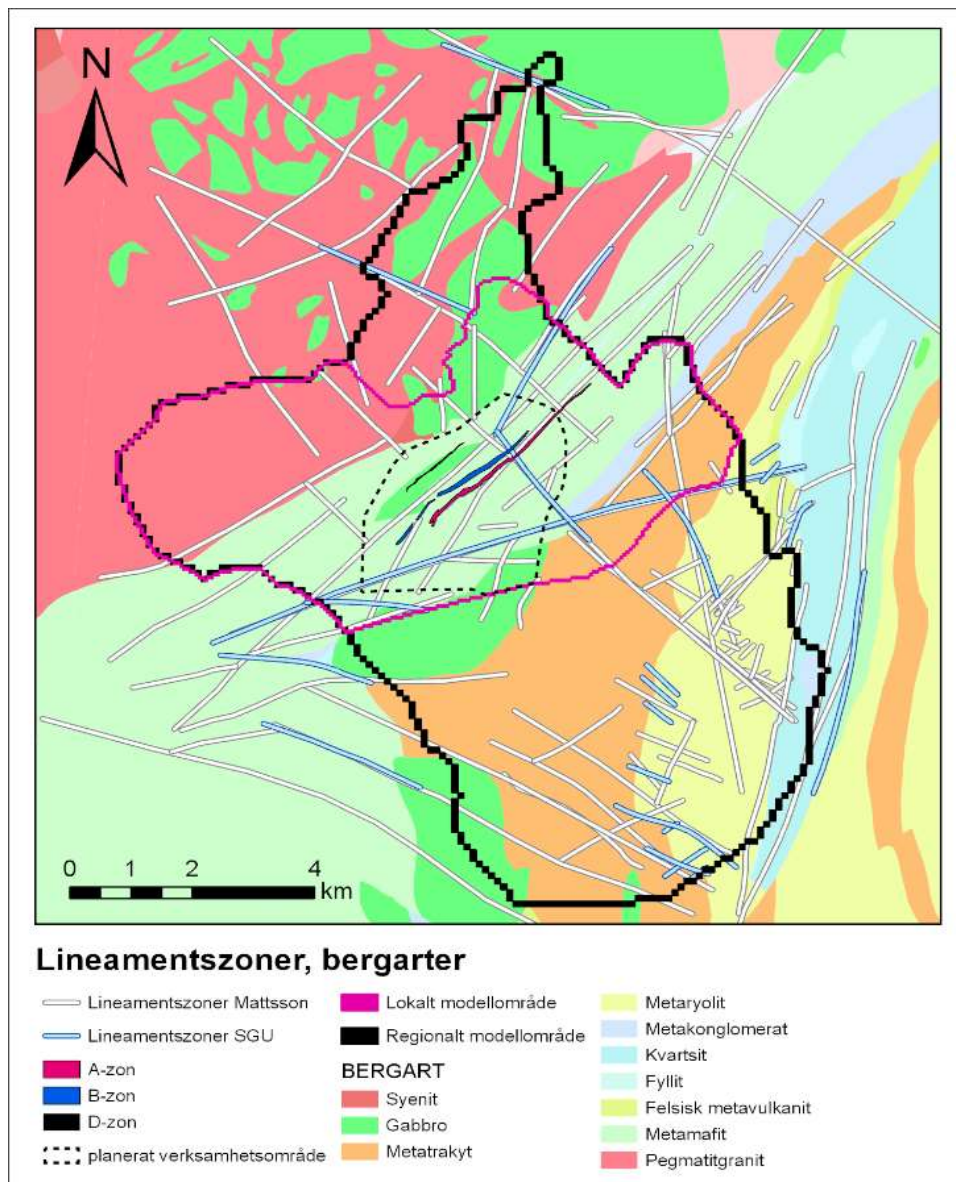


**Figur 7. Modell över bergöveryta för det regionala modellområdet (AFRY, 2021).**



I Figur 8 visas SGU:s berggrundskarta över det befintliga sandmagasinet i Viscaria och dess omgivning. Berggrunden domineras av vulkaniska och sedimentära bergarter med inslag av intrusiva magmatiska bergarter i det nordvästra området.

Linjära strukturer som indikeras i ytsträckande data, såsom geofysiska data eller topografi, kallas för lineament. Dessa strukturer kan orsakas av deformationszoner, bergartskontakter, gångbergarter eller former i jordtäcket. En studie har genomförts under 2020 med lineamentstolkning i Viscariaområdet. Tolkade lineament enligt denna studie redovisas i Figur 8 (benämns *Lineamentszoner Mattsson*). Lineament i området redovisas även i SGU:s berggrundskarta, i form av tolkade deformationszoner (benämns *Lineamentszoner SGU* i Figur 8). Enligt berggrundskartan går det en spröd deformationszon i öst-västlig riktning genom sandmagasinet i Viscaria. För detaljerad beskrivning, se Bilaga B3. (DHI, 2022)



**Figur 8** Bergartskarta med tolkade lineament inom modellområdet, där ljusblå linjer är tolkade deformationszoner av SGU och vita linjer tolkade lineament enligt studie från 2020. Figuren är framtagen av DHI (DHI, 2022).

### 3.2.2 Kwartärgeologi

#### 3.2.2.1 SGU

SGU har genomfört en översiktlig litteraturstudie som presenterar kvartärgeologin i Kirunaområdet och mer specifikt i området kring Viscariagruvan (SGU, 2018). Resultatet från denna litteraturstudie presenteras i detta avsnitt.

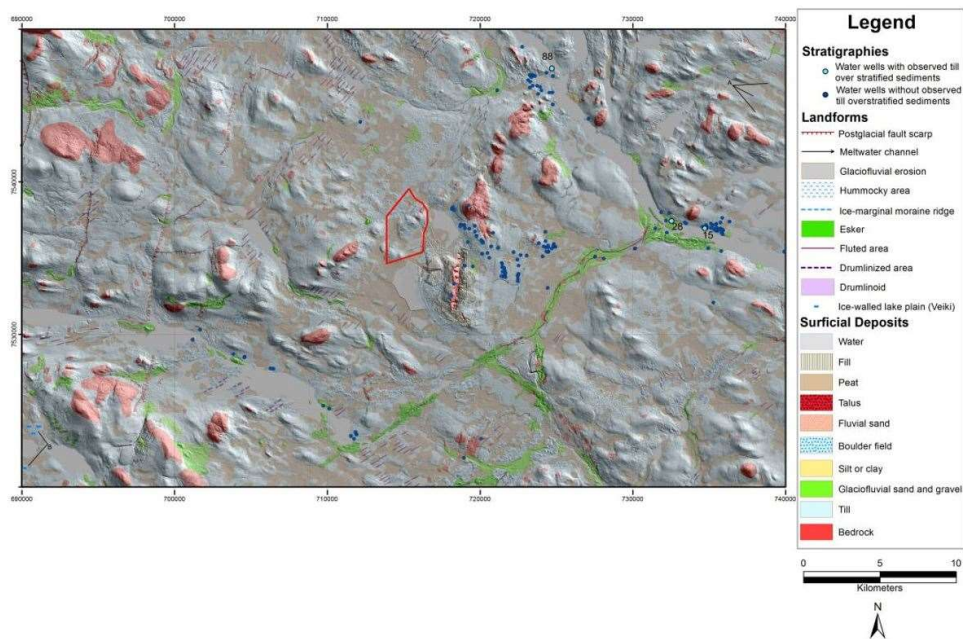
De kvartära sedimenten avsattes under olika stadier i norra Sverige vid den senaste istiden. Stratigrafin av de kvartära avlagringarna kan därför vara komplex med morän som överlagrar äldre morän eller isälvsediment (se exempel i Figur 9). Djupare lager kan också innehålla organiska eller andra finkorniga sediment som har bevarats under senare istider.

Kiruna ligger i ett område där det finns bevarade landformer och sediment från tidig Weischeltid, vilka kan observeras i Figur 10. Det finns geomorfologiska bevis i området som visar på att isen har rört sig från nordväst under tidig Weischeltid (strömlinjeformade landformer) och från sydväst under sen Weischeltid (drumlinbildningar).

SGU har samlat data för bland annat vattenbrunnar i Sverige, i det så kallade Brunnsarkivet. I området kring Torneälvens dalgång visar data från tre olika vattenbrunnar att det förekommer morän över avlagrade sediment såsom sand, silt eller lera (SGU, 2018).

Idealized Late Quaternary Stratigraphy and Sediment Characteristics		
LITHOLOGY	DESCRIPTION	CHARACTERISTICS
	Late Weichselian Till	Where visible in the stratigraphy, this unit would likely be a compact basal till. However, the limited work done by the cold-based ice means that the same age till could be nothing more than a few boulders in places, and thus not recognizable as a distinct stratigraphic unit.
	Middle Weichselian Till	Where visible in the stratigraphy, this unit would likely be a compact basal till. However, the limited work done by the cold-based ice means that the same age till could be nothing more than a few boulders in places, and thus not recognizable as a distinct stratigraphic unit.
	Interstadial ice-walled lake plain deposit	The ice-walled lake plain deposits range from sand interbedded with till on the rim ridges to stratified silt in the plateaus. Debris flows into the former lakes may have deposited sandy layers within the silt.
	Early Weichselian Till	This unit is extremely variable. There is likely a compact basal facies at the bottom of the unit, but it also includes the ablation and flow tills that were deposited on top of the melting ice sheet. The ablation facies would be relatively sandy and uncompacted relative to the basal facies. Additionally, the ablation till may be interbedded with the overlying stratified deposits.
	Interglacial stratified sediment	This unit is relatively uncommon, but it was deposited in low-lying areas either by rivers or in lakes. The grain size ranges from sand to silt and clay.
	Pre-Weichselian Till (Middle Quaternary)	A compact basal till recognizable by its red oxidized color, which developed during the previous interglacial.

**Figur 9** Idealiserad modell av stratigrafin för sen kvartärtid i norra Sverige (SGU, 2018). Det är dock osannolikt att alla stratigrafiska enheter uppträder på samma plats och de olika sedimentlagrens egenskaper kan variera inom samma stratigrafiska enhet.

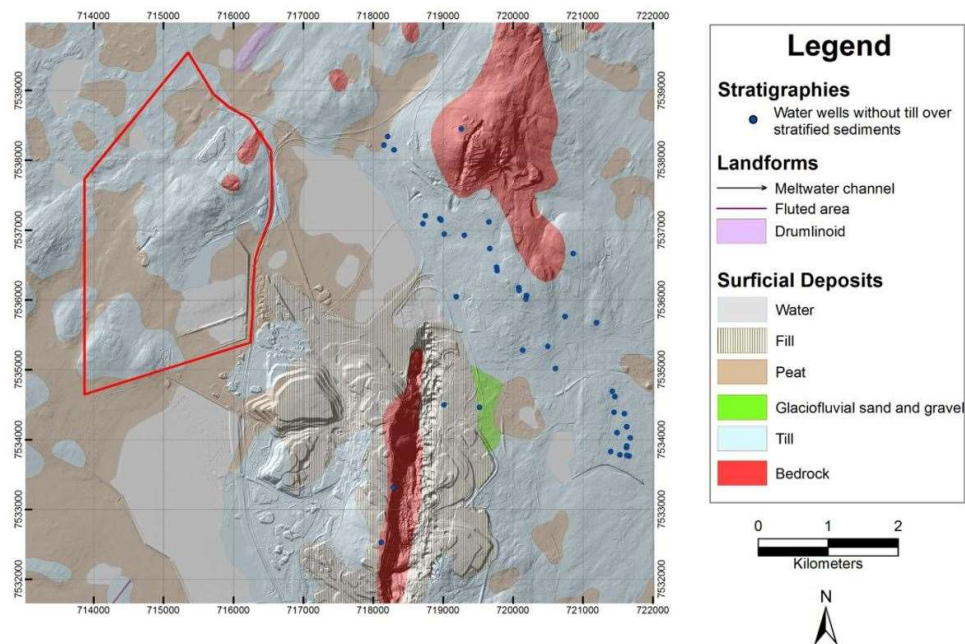


**Figur 10** Karta med ytliga jordarter i Kirunaområdet som överlappar karta med terrängskuggning från Lantmäteriet över Kirunaområdet (SGU, 2018). Kartan innehåller även placeringar av brunnar från SGU:s brunn-databas. Koordinatsystemet som används är SweRef99TM. Viscariagruvan ligger inom den rödstreckade linjen.

I Figur 11 visas en karta över de ytliga jordlager som omger Viscariagruvan och dess omgivning enligt SGU:s jordartskarta. Området ser ut att domineras av sena Weischeltidens aktivitet. I data från Brunnsarkivet för vattenbrunnar i centrala Kiruna har det inte registrerats att moränen överlagrar andra sedimentlager. Dock finns det mycket data i arkivet som inte innehåller någon information om sedimentlager. Det bör även nämnas att det inte finns några registrerade brunnar i Viscariaområdet.

Given den information som fanns tillgänglig i SGU:s skrivbordsstudie finns det inget som tyder på att moränen i Viscariaområdet överlagrar finkorniga sediment, såsom sand, silt eller lera. Viscaria ligger emellertid i ett område i norra Sverige där det förekommer att finkorniga sediment har bevarats under senare istider. Utifrån den data som fanns tillgänglig i SGU:s skrivbordsstudie kan förekomst av finkorniga sediment under moränen alltså inte uteslutas.





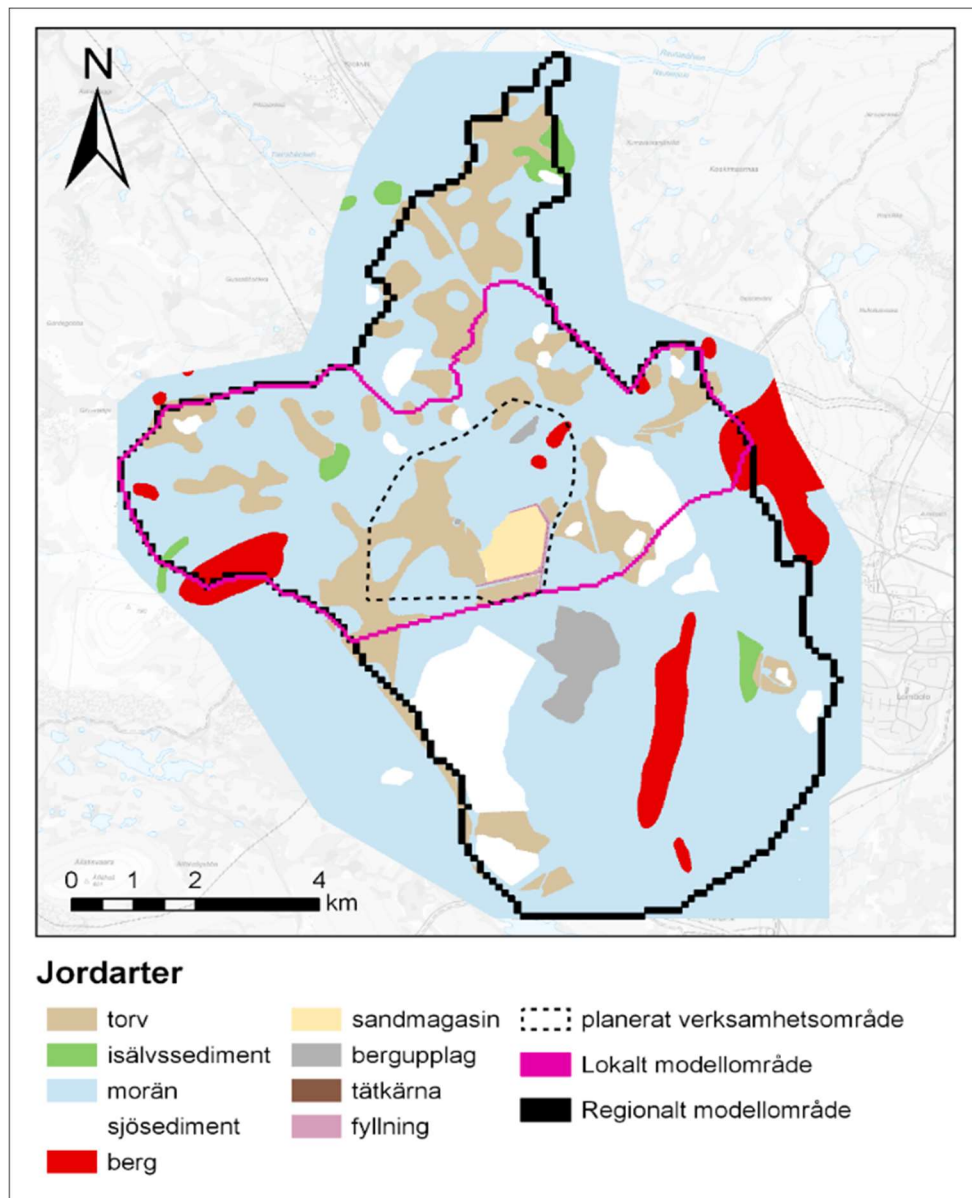
**Figur 11** Karta med ytliga jordarter som överlappar karta med terrängkuggning från Lantmäteriet. Området som visas är Viscariagruvan (inom rödlinjerat område) och dess omgivning (SGU, 2018). Koordinatsystemet som används är SweRef99TM.

### 3.2.2.2 AFRYs modell av jordlagerföljd

AFRY har modellerat jordlager och jorddjup i området kring Viscariagruvan (AFRY, 2021). Underlaget som har använts vid modelleringen är bland annat information från SGU och resultat från geotekniska undersökningar. AFRY:s modelleringar och tolkningar har använts av DHI i deras arbete med yt- och grundvattenmodellering i Viscariaområdet (se avsnitt 3.3) och som också återfinns i mer detalj i Bilaga B3.

AFRY har tagit fram en tolkad modell av torvens utbredning i området kring Viscariagruvan. Jordartskartan från SGU har legat som grund till modellen. Denna har sedan karterats om med hjälp av ortofoto och topografi. Jordartskartan med AFRY:s justeringar av torvens utbredning visas i Figur 12.

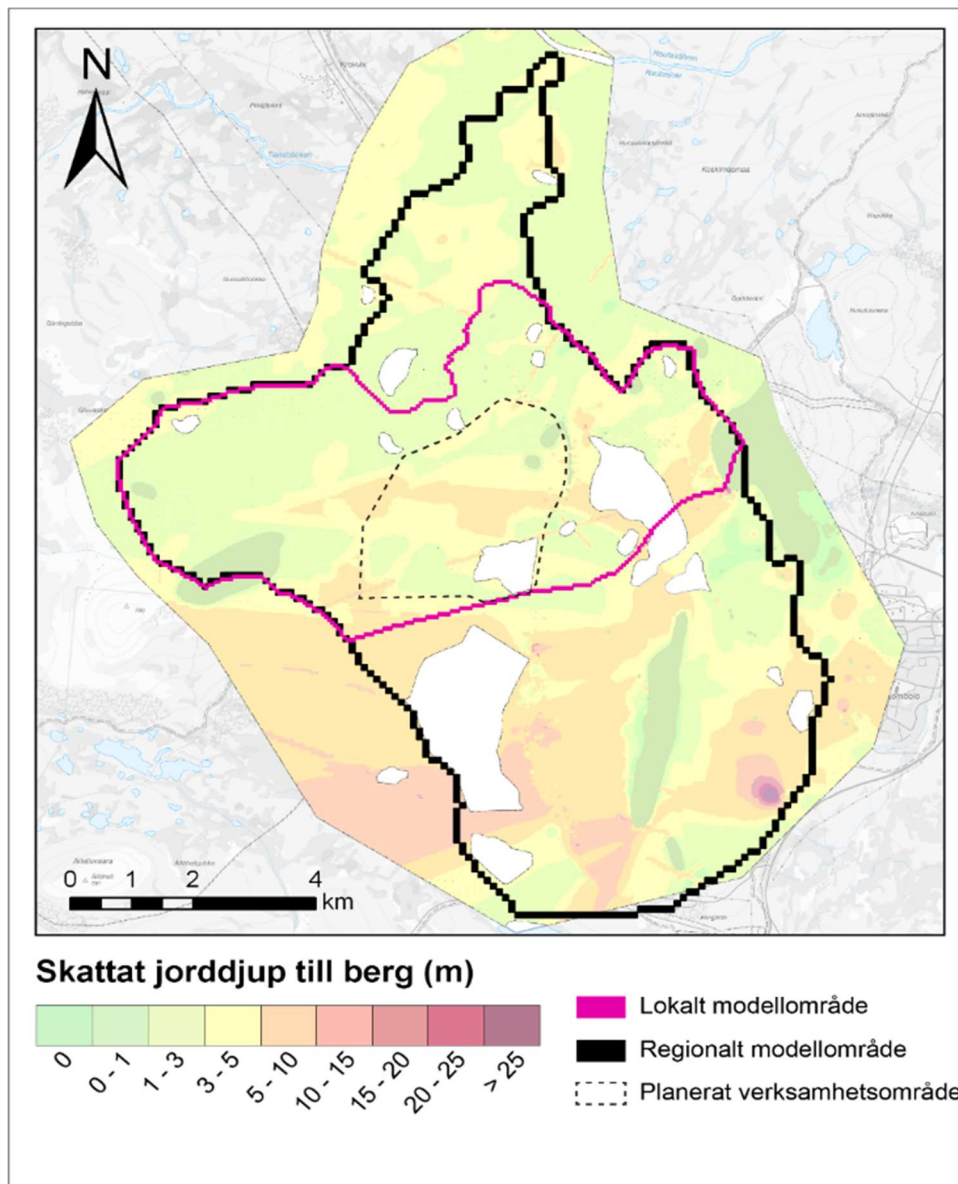




**Figur 12 Jordarter inom modellområdet baserat på SGU:s jordartskarta samt med justeringar av torvens utbredning utifrån flygbildstolkningar av AFRY (AFRY, 2021). Figur framtagen av DHI (DHI, 2022).**

Den dominerande jordarten i modellområdet är, enligt Figur 12, morän med relativt stora områden av torvmarker. Torvmarken utgör cirka 25 procent av modellområdets yta. Generellt har torven en mäktighet av 1-3 m och underlagras av morän, se Bilaga B3 (DHI, 2022). I modellområdet förekommer det även ett fåtal höjder med berg i dagen. Det finns också en del mindre områden med isälvssediment.

Tolkat jorddjup inom modellområdet utifrån AFRY:s modellering visas i Figur 13. Jorddjupet varierar i det lokala modellområdet från obefintliga jordlager ned till 10 meter mäktiga lager.



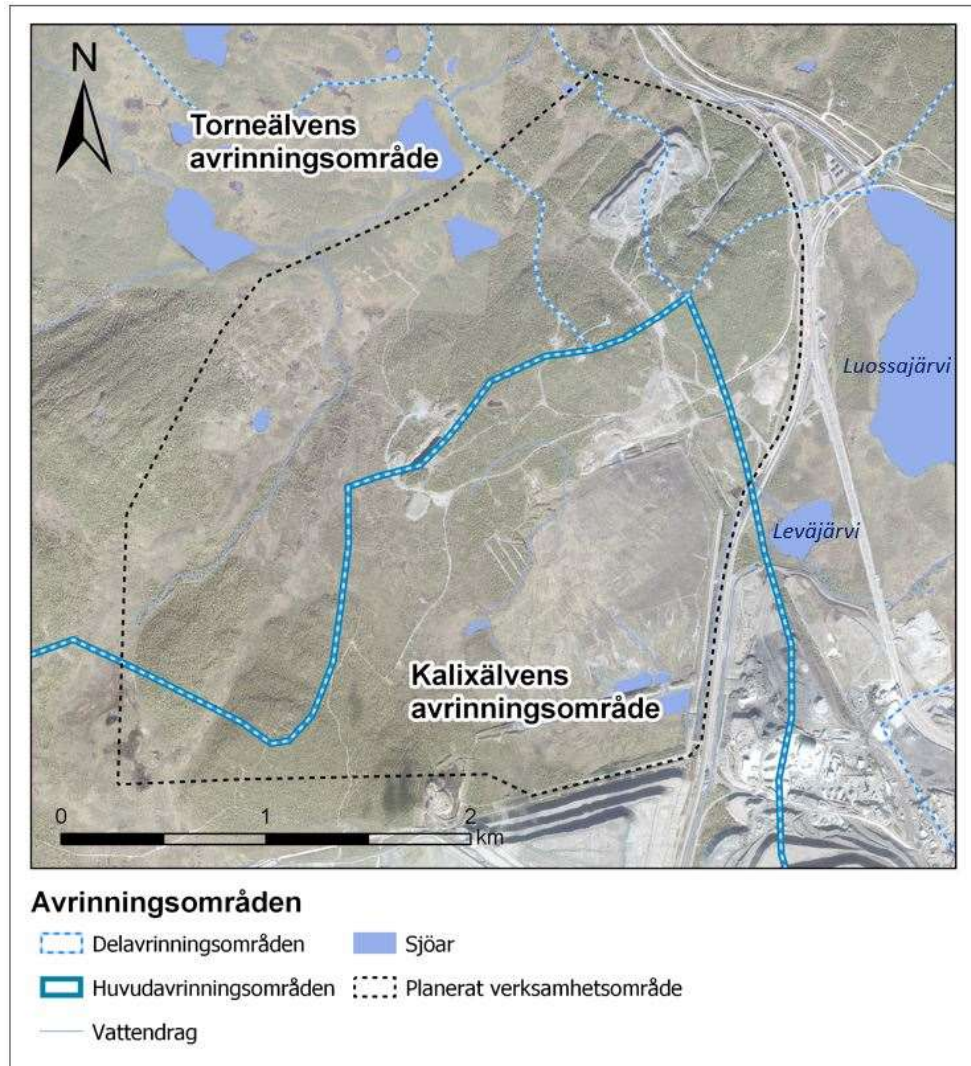
**Figur 13** Jorddjup inom modellområdet enligt AFRY:s modellering (AFRY, 2021). Figur framtagen av DHI (DHI, 2022).

### 3.3 Hydrologi

DHI har etablerat en integrerad yt- och grundvattenmodell för Viscariaområdet (DHI, 2022). Modellen har etablerats genom tolkning av tillgängligt kartunderlag, stödjande modeller, analys av tidsserier över meteorologiska data, ytvattenflöden, yt- och grundvattennivåer samt en litteraturstudie av tidigare genomförda undersökningar. Modellen har sedan legat som bas för ett antal numeriska modeller som har använts för att kvantifiera vattenflöden och vattennivåer i det kopplade yt- och grundvattensystemet på platsen.

I detta avsnitt presenteras vattenbalansen i Viscariaområdet från framtagna modell översiktligt. För mer detaljer kring hydrologin i området samt framtagna yt- och grundvattensmodell, se DHI:s rapport, Bilaga B3 (DHI, 2022).

Det befintliga sand- och klarningsmagasinet i Viscaria ligger inom avrinningsområdet för Kalix älv, se Figur 14. Vattnet från magasinerna avrinner mot sjön Levjäärvi och sedan vidare ut mot sjön Luossajärvi.



**Figur 14** Sjöar, vattendrag och avrinningsområden kring Viscariaområdet (figur framtagen av DHI).

Vattendragen i verksamhetsområdets närhet består av ett antal bäckar som binder samman ett antal mindre, relativt grunda, sjöar. Vatten dräneras till bäckarna via naturliga eller anlagda diken. Dynamiken i vattendragen påverkas starkt av snöprocesser och tjäle. Höga flöden uppstår främst i samband med snösmältning, särskilt innan tjällossning. Den frusna marken reducerar markens infiltrationskapacitet, vilket innebär att en mindre mängd vatten tränger genom marken jämfört med då den är upptinad.

En vattenbalans för det lokala modellområdet har tagits fram av DHI (DHI, 2022) (jämför Figur 12 till Figur 9 för modellområdets utbredning). Vattenbalanser har tagits fram för ett modellerat hydrologiskt normalår, våttår och torrår. Ett hydrologiskt år löper från första oktober till sista september. Typåret har valts baserat på dagliga flödesdata från områdets vattendrag under perioden

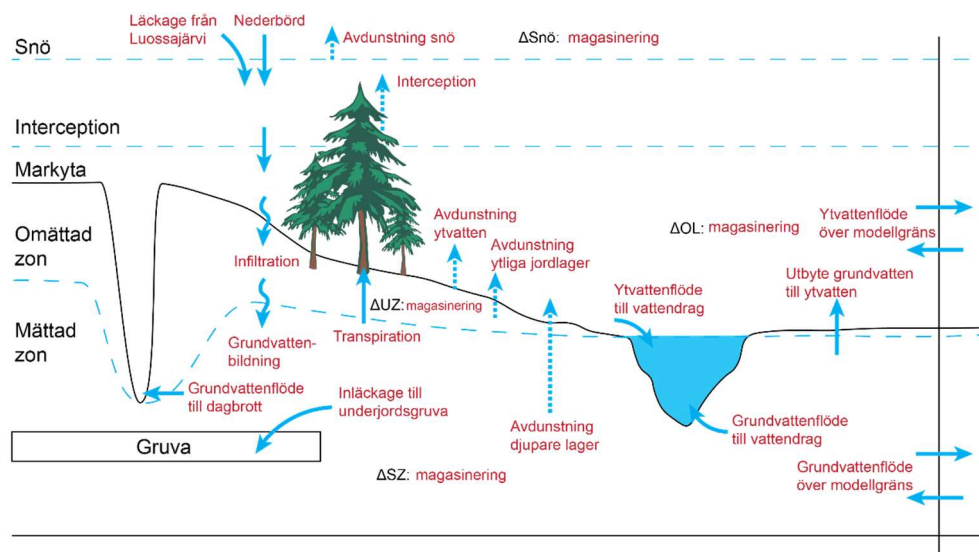
1990-10-01 till 2020-09-30. Ett normalår har betraktats som ett år då de rangordnade ackumulerade dagliga flödena typiskt ligger mellan 33:e och 67:e percentilen. Torrår och våtår har uppskattats utifrån lägre respektive högre flöden än normalåren.

I Figur 15 visas de olika poster som ingår i den framtagna vattenbalansen för det lokala modellområdet under ett normalår. Siffrorna är beräknade som årsmedelvärden normaliserat över modellområdets area. Motsvarande figur för ett torr- respektive våtår redovisas i DHI:s rapport (DHI, 2022).

Den genomsnittliga beräknade årsnederbörden är under normalåret 753 mm. Under våtåret är den 16 % högre (877 mm) och under torråret aningen lägre (750 mm). Den totala evapotranspirationen är under normalåret 370 mm. Den är 2 % större under ett modellerat våtår (376 mm) och 5 % större under ett torrår (387 mm). (DHI, 2022) Observera att den, av DHI, beräknade årliga nederbörden och evaporationstranspirationen avviker från data inhämtade från SMHI som presenteras i Tabell 1.

Grundvattenbildningen uppgår under normalåret till 418 mm. Den ökar till 543 mm under ett våtår och minskar under ett torrår till 384 mm. (DHI, 2022)

Under ett normalår är den totala ytavrinningen 328 mm. Den ökade grundvattenbildningen under ett våtår resulterar i en ytavrinning som är 27 % större (414 mm) och den minskade grundvattenbildningen under ett torrår resulterar i en ytavrinning som är 6 % mindre (307 mm). (DHI, 2022)



Figur 15 Illustration över DHI:s modell för vattenbalansen (DHI, 2022)

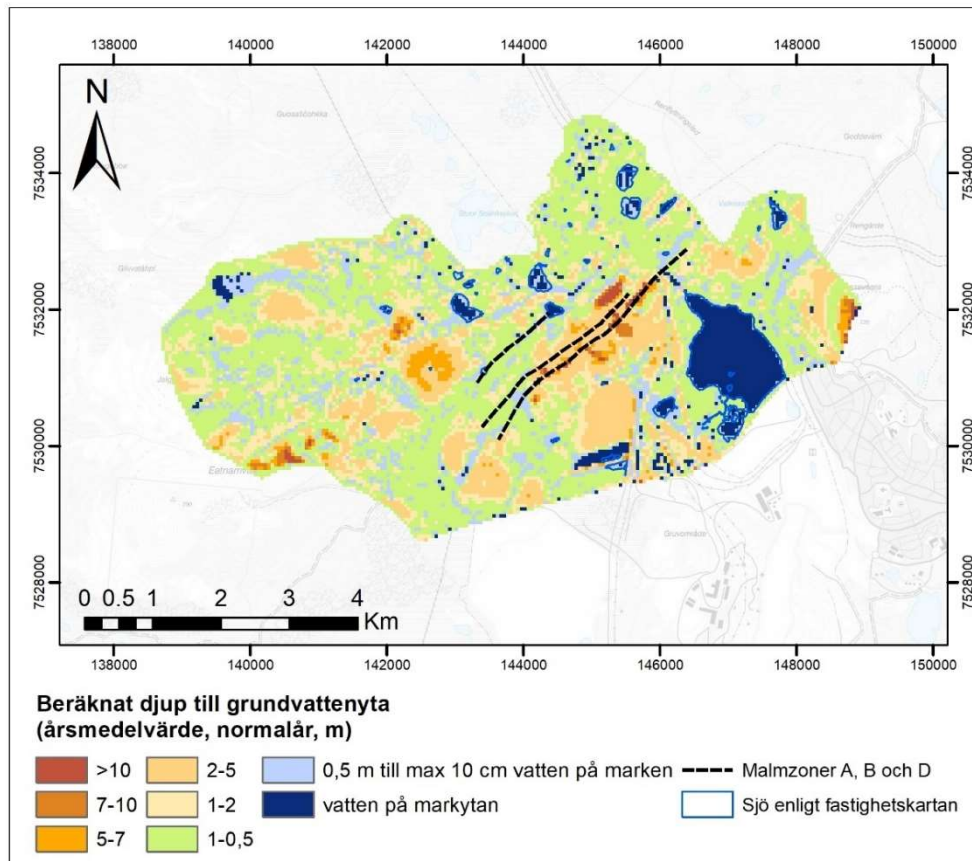
### 3.4 Hydrogeologi

Under ostörda förhållanden följer grundvattenytan normalt topografien, med ett större djup till grundvattenytan i höjdområden och en ytligare grundvattenyta i lågpunkter. Så är dock inte fallet i Viscariaområdet, då det hydrogeologiska systemet är påverkat av tidigare gruvsdrift. Den topografiska ytvattendelaren som skiljer Kalixälven och Torneälvens avrinningsområden är därför inte gällande för grundvattnet i området. Troligtvis styrs i stället grundvattenströmningen främst av



den grundvattendelare som är påverkad av både Viscariagruvan och verksamheten i Kirunavaaragruvan. (DHI, 2022)

Beräknat medelvärde av grundvattenytans läge för det lokala modellområdet under ett normalår visas i Figur 16 (jämför Figur 12 till Figur 9 för modellområdets utbredning). Medelvärdet för hela området är 1,4 m. Störst djup till grundvattenytan återfinns kring den vattenfyllda gruvan i AB-zonen, där det lokalt förekommer djup på 20-40 meter. Utanför gruvområdet följer grundvattenytan generellt sett topografin, med ett större djup till grundvattenytan vid lokala höjder och en mer yttlig grundvattenyta i lågområden. Se Bilaga B3 för mer detaljer. (DHI, 2022)



**Figur 16 Beräknad medelgrundvattenyta för ett normalår (DHI, 2022).**

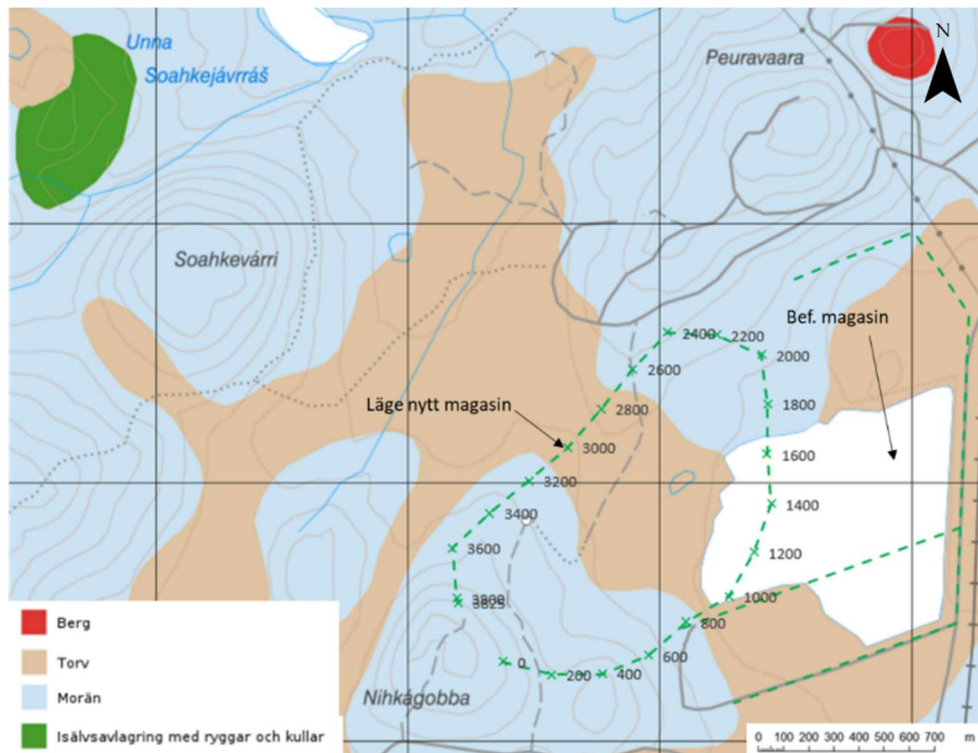
Det har tidigare genomförts CRS-försök på torv i området mellan Viscariagruvan och Kirunavaaragruvan. Resultaten visade på att torven har en horisontell hydraulisk konduktivitet i storleksordningen  $6 \cdot 10^{-7}$  m/s och den vertikala hydrauliska konduktiviteten bedömdes vara 2-5 gånger lägre. Samma undersökning av underliggande morän visade på en hydraulisk konduktivitet kring  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s. Genomförda undersökningar indikerar dock att moränen är heterogen och att dess vattengenomsläpplighet kan variera lokalt med flera storleksordningar. Utifrån genomförda undersökningar framgår det också att djupare morän som återfinns under torv generellt sett har en lägre vattengenomsläpplighet jämfört med ytligare morän. (DHI, 2022)

### 3.5 Geoteknik

För att kartlägga grundläggningsförhållanden har kartor samt resultat från tidigare studier och undersökningar tolkats. Många slutsatser går att dra utifrån flygfoton och tidigare redovisat kartmaterial, utöver geotekniska och geofysiska undersökningar som genomförts i området. I detta avsnitt redovisas allmänt för hela markanvisningsområdet vilka undersökningar som utförts var och när, medan en tolkning med hänsyn till dammarna redovisas i avsnitt 4.6.2.

#### 3.5.1 Tolkning av kartmaterial

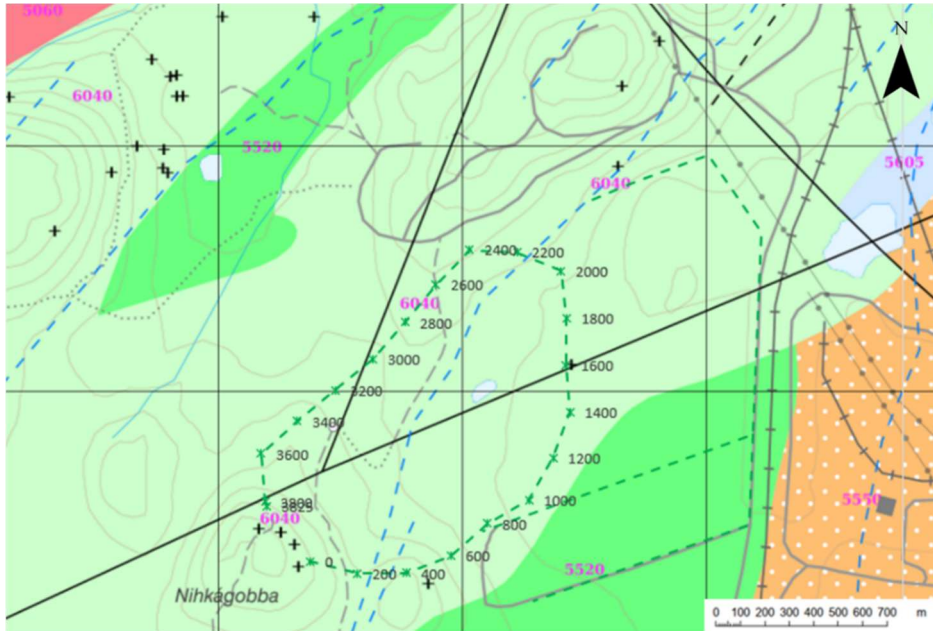
Enligt SGU:s karta över jordarter förekommer morän och torv i området för nytt sandmagasin, se Figur 22.



**Figur 17 Jordartskarta (SGU, 2021a) med läge för dammar. Dammlinjer för befintliga och nya dammar har märkts ut i grönstreckad linje. Längdmätning vid nytt magasin är angivet.**

Berggrunden i Viscariaområdet redovisas i Figur 18, enligt (SGU, 2021b). Under nytt magasin består berggrunden av basalt-andesit, en metamorf ytbergart. Under de södra delarna av befintligt sand- och klarningsmagasin består berggrunden av en delvis metamorf intrusiv- och ytbergart, en gabbroid-dioritoid.

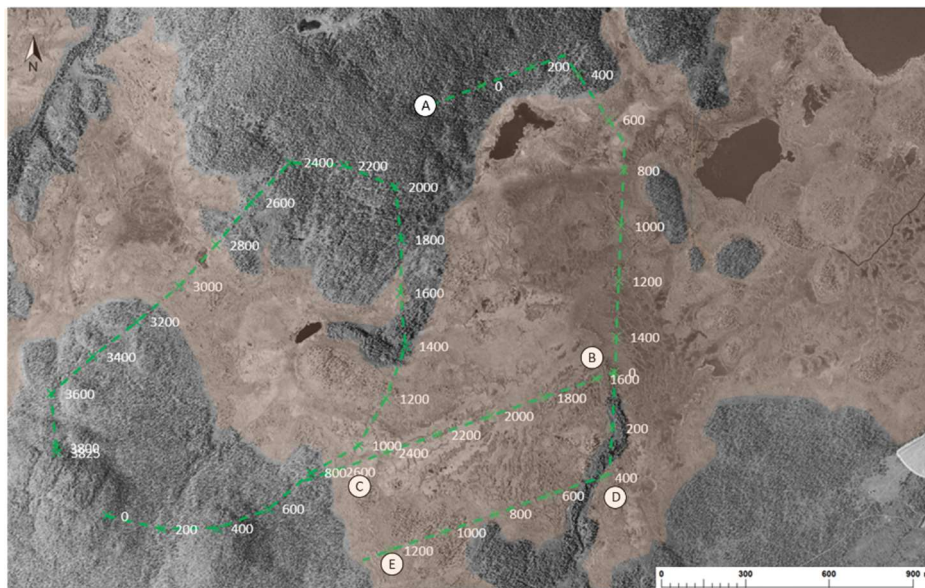
Två lokala deformationslinjer (svarta linjer i Figur 18) som bedömts som "starkt uppspruckna" genom tolkning av magnetfältsdata går genom området för dammarna och de går samman i det sydvästra hörnet av det nya sandmagasinet (SGU, 2021b).



**Figur 18** Berggrundskarta i området för dammarna (SGU, 2021a). Dammlinjer för befintliga och nya dammar har märkts ut i grönstreckad linje. Längdmätning vid nytt magasin är angivet.

I Figur 19 och Figur 20 redovisas flygfoton från 1960 respektive 2021 (Lantmäteriet, 2021), där dammlinjer för befintliga och nya dammar visas. Det senare fotot ger en bra bild över befintliga anläggningar och förhållandet kring bl.a. infrastruktur och magasinutbredning, medan Figur 19 ger en bra bild av hur terrängen såg ut innan öppnandet av Viscariagruvan.

I Figur 19 kan man se att stora delar av damm A-B (östra dammen) av befintligt sandmagasin har grundlagts i ett område, som tidigare bestått av myrmark. Även i grundläggningsytan för det nya sandmagasinets östra damm fanns tidigare ett parti med myrmark, vilken numera är överdeponerad med anrikningssand.



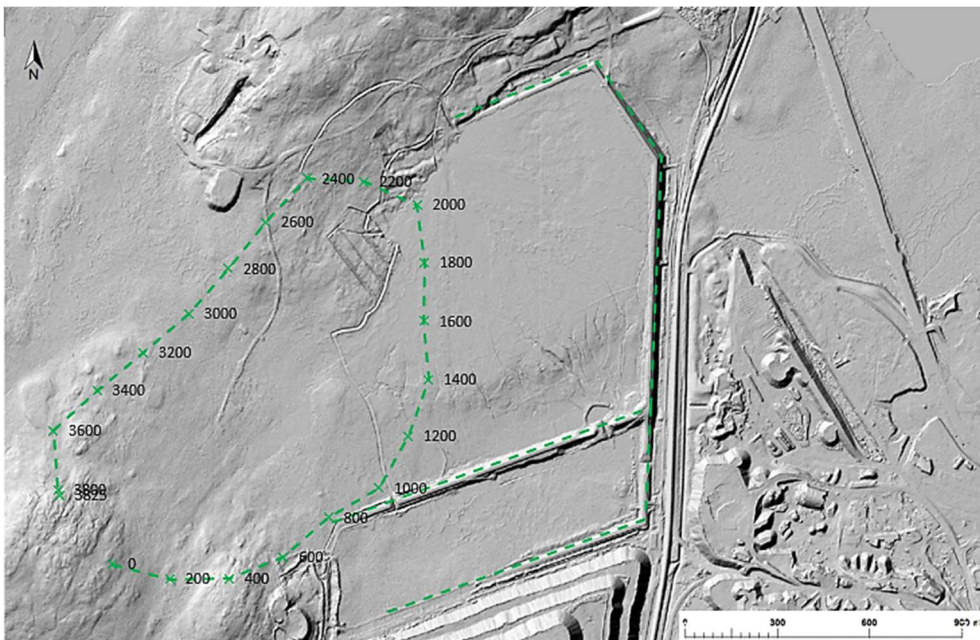
**Figur 19** Flygfoto från 1960 med läge för dammar (Lantmäteriet, 2021). Dammlinjer för befintliga och nya dammar har märkts ut i grönstreckad linje. Längdmätning vid nytt magasin är angivet.





**Figur 20** Flygfoto från 2021 med läge för dammar (Lantmäteriet, 2021). Dammlinjer för befintliga och nya dammar har märkts ut i grönstreckad linje. Längdmätning vid nytt magasin är angivet.

Ytterligare översiktlig information kring jordlagren går att avläsa i den terrängskuggade kartan (Lantmäteriet, 2021) i Figur 21 tillsammans med jordartskartan i Figur 17. Längs längdmätning 3200 – 3600 återfinns rundade, mindre kullar. Enligt Figur 17 är dessa belägna i ett område med morän, men med hänsyn till kvartärgeologiska bedömning utförd av SGU (2018) finns det anledning att tro att dessa kullar kan innehålla flera enheter av morän, med risk för inbäddade skikt av sorterade sediment.



**Figur 21** Terrängskuggning med läge för dammar (Lantmäteriet, 2021). Dammlinjer för befintliga och nya dammar har märkts ut i grönstreckad linje. Längdmätning vid nytt magasin är angivet.



### 3.5.2 Tidigare undersökningar

WSP har under 2008 utfört geotekniska undersökningar åt Banverket, vilka har verkat som underlag för utredning och anläggande av järnvägsspår längs sträckan mellan Viscaria och Peuravaara (WSP, 2008). Dessa undersökningar har nyttjats i tidigare utredningar av det befintliga sandmagasinet i Viscaria.

Undersökningarna längs hela sträckan visade att låglänt terräng generellt utgörs av myrmark, vanligtvis med 1-3 m torv som överlagrar morän. Ytlig morän på berg påträffades i höglänt terräng runt berget Peuravaaras östra sluttning. Bergtäckande jorddjup varierade mellan 0,5 m och upp över 10 m och normalt jorddjup uppskattas till 3-6 m.

Moränen vid den undersökta sträckan klassificerades huvudsakligen som sandig siltig morän och sandig siltmorän, med normal sten- och blockhalt och en finjordshalt av ca 40 %. Moränen hade i allmänhet hög till mycket hög fasthet.

Vid undersökningarna påträffades organisk jordart i form av torv. Även sedimentjordar påträffades bestående av fraktionerna silt, sand och grus i varierande omfattning. Sedimentlagren förekom i begränsad omfattning inom myrområden med som maximalt 1,5 m tjocka lager mellan torv och morän. Sedimenten hade en mycket låg till medelhög relativ fasthet.

Geotekniska undersökningar utförda 2010 och redovisade av Golder (Golder, 2011b) utfördes i området för befintligt sand- och klarningsmagasin, i området nedströms dammarna, vid planerad utökning av deponeringsområde och potentiella moräntäkter. Några av provpunkterna ligger i närheten av, eller i, området för grundläggningen av det nya sandmagasinet (se avsnitt 4) öster om befintligt sandmagasin.

Undersökningarna 2010 omfattade skruvprovtagning, hejarsondering, provgropsgrävning, geofysiska mätningar och installation av öppna grundvattenrör. Syftet med undersökningarna var att undersöka ytjordlagrens tjocklek, moränens egenskaper i möjliga täkter samt erhålla en generell uppfattning om den befintliga (redan deponerade) anrikningssandens fysikaliska egenskaper. Planen i Figur 22 visar undersökningspunkternas placering i förhållande till befintliga och planerade dammar.



**Figur 22** Plan som visar undersökningspunkternas placering vid geotekniska undersökningar 2010 (Golder, 2011b) samt undersökningar för Banverket (WSP, 2008). Grönstreckad linje visar dammlinjen för befintliga och nya dammar.

Av de undersökningar som gjordes 2010 fanns få spår av sedimentskikt i området (ler, silt, sand eller grus). Enbart vid en sonderingspunkt söder om befintligt klarningsmagasin påträffades ett skikt av sand. Generellt bestod jordlagerföljden av ett tunt skikt av matjord (organiskt), ibland med ett lager av torv, följt av morän. Av provgroparna att döma bedömdes majoriteten av moränen till sandmorän.

Vid installation av grundvattenrör nedströms dammen, vid damm A-B längdmätning ca 0+975, uppmättes ett vattentryck motsvarande en vattenpelare 55cm ovanför markytan. Via sondering bedömdes bergmassan vara starkt uppsprucken i detta läge. Huruvida detta artesiska tryck beror på grundvattenflöde i berget eller äldre bäckfåra är svårt att avgöra, men kräver ytterligare utredningar.

### 3.5.3 TCS undersökningar och tolkningar

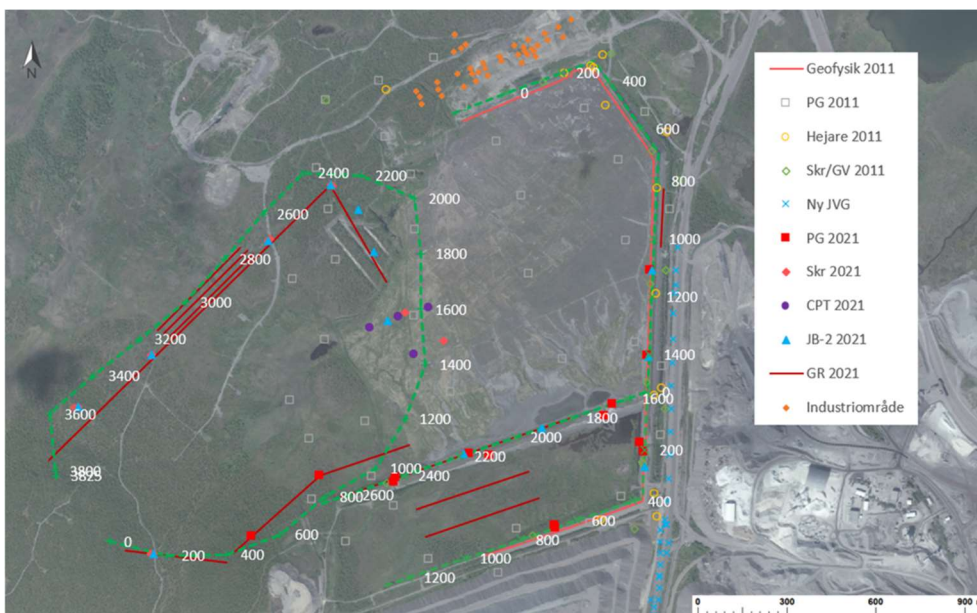
Inför miljötillståndsansökan 2022 lät Copperstone komplettera tidigare undersökningar. Dessa omfattade skruvprovtagning, jord-berg-sondering, CPTu-försök, geofysik i form av georadar samt provgropsgrävning. Undersökningsprogrammet upprättades av TCS och utfördes av Mitta AB.

Syftet med undersökningarna var att undersöka:

- befintliga dammars tillstånd
- jordlagerföljden för grundläggningen av nya dammar
- bergnivån under dammarna
- jordlagerföljden i klarningsmagasinet för att undersöka möjligheten till schaktning i magasinet
- filterlagren i befintliga dammar

Placeringen av undersökningar utförda under augusti 2021 (MITTA, 2021a) redovisas tillsammans med undersökningar utförda av Golder (2011b) och WSP (2008), se planen i Figur 23. Även läget för geotekniska undersökningar vid

Viscarias industriområde, utförda av Mitta (MITTA, 2021b) norr om befintligt magasin, redovisas i figuren.



**Figur 23** Plan som visar placeringen av geotekniska undersökningar utförda 2021 (fyllda punkter) och tidigare undersökningar (öppna punkter). Återges även i PM Geoteknik, Bilaga C.

## 3.6 Befintliga magasin och dammar

### 3.6.1 Befintligt sandmagasin

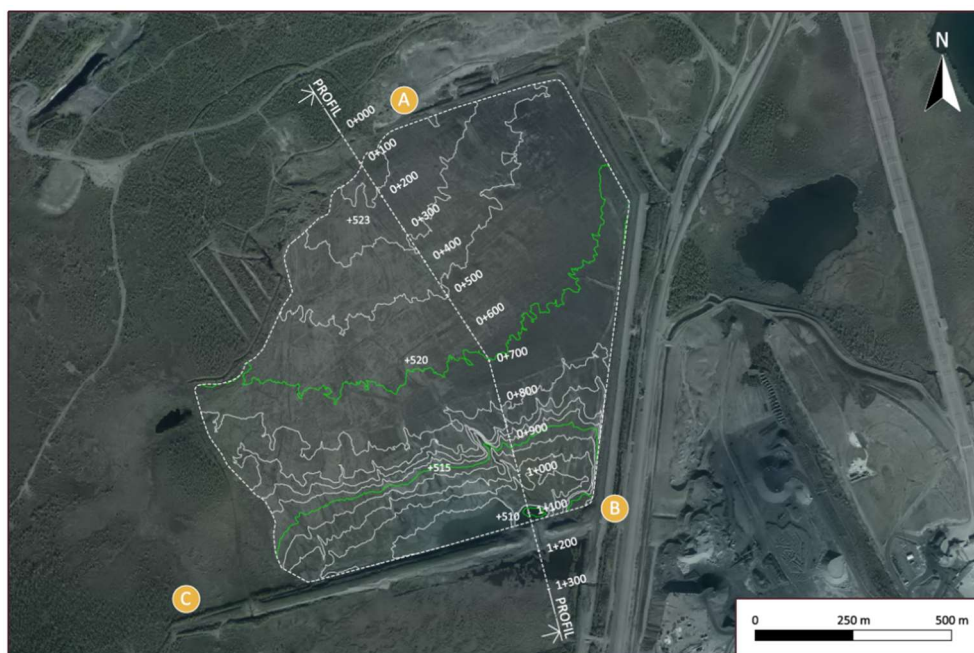
Ingen deponering har skett i befintligt sandmagasin sedan 1997 då gruvan lades ner. Det finns ingen tydlig dokumentation av efterbehandlings omfattning, men den var relativt sett ganska enkel och bestod av ca 5 cm moräntäckning och vegetering på sandytan. Senare kompletterades täckningen med rötslam. Idag täcks anrikningssanden av ett tunt vegetationsskikt. För vattenhantering grävdes damm B-C, mot klarningsmagasinet, av så att magasinet ej skulle dämna vatten. Inga egentliga åtgärder utfördes på dammarna eftersom de inte skulle dämna något vatten.

#### 3.6.1.1 Magasin

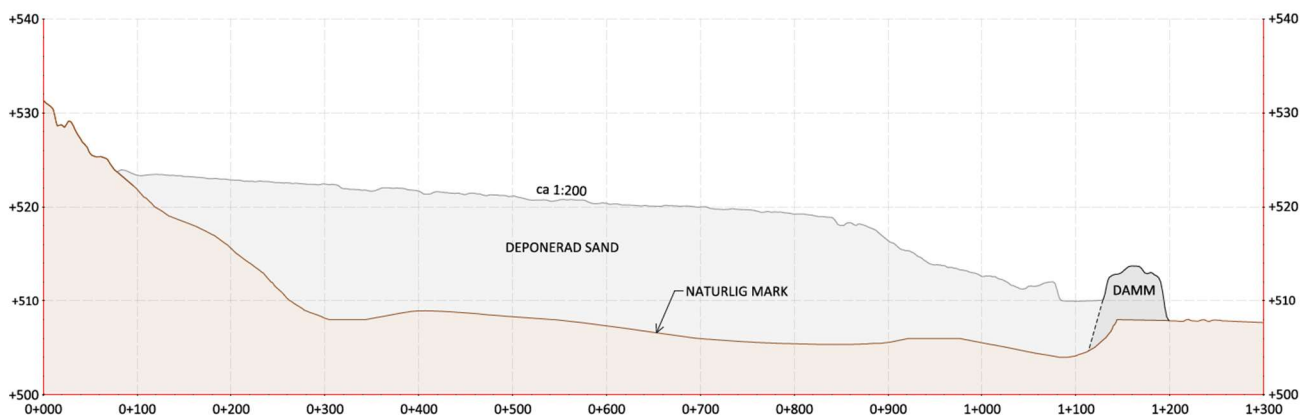
Sandmagasinet avgränsas av en damm i norr och öster (damm A-B) samt en damm mot klarningsmagasinet i söder (damm B-C), se Figur 3. Sandens utbredning västerut begränsas av naturligt stigande terräng. Magasinet upptar en yta av ca 1,3 km<sup>2</sup>. Under dess drifttid (1982 och 1997) deponerades ca 13 Mton, vilket motsvarar ca 9,3 Mton anrikningssand i sandmagasinet med antagande om en torrdensitet om 1,4 t/m<sup>3</sup> (Golder redovisar enligt (Golder, 2011a) ca 7,7 Mm<sup>3</sup>, vilket baseras på antagande om en högre torrdensitet jämfört med vad TCS antagit).

Anrikningssandens yta är relativt plan (lutning 1:200) över ungefär tre fjärdedelar av magasinet. I den "sista fjärdedelen", dvs den södra delen, innehölls ursprungligen vatten varför avsevärt mindre mängd anrikningssand har sedimenterat i detta område. Se Figur 24 som visar en plan med höjdkurvor över sandmagasinets yta baserat på data från flygscanning utförd i juli (Hexagon, 2021).

I planen visas även läget för den profil som visas i Figur 25. Profilen visar ungefärligt läge för naturlig mark, dammen i hörnet B och sandytan från flygscanningen. Anrikningssandens mäktighet uppgår som mest till ca 18 m. (Golder, 2011a)



**Figur 24 Sandlutning i befintligt sandmagasin (Hexagon, 2021) och läge för profil som visas i Figur 25 (streckad vit linje)**



**Figur 25 Profil genom magasinet (läge enligt Figur 24) som visar naturlig mark, deponerad sand och damm vid punkt B**

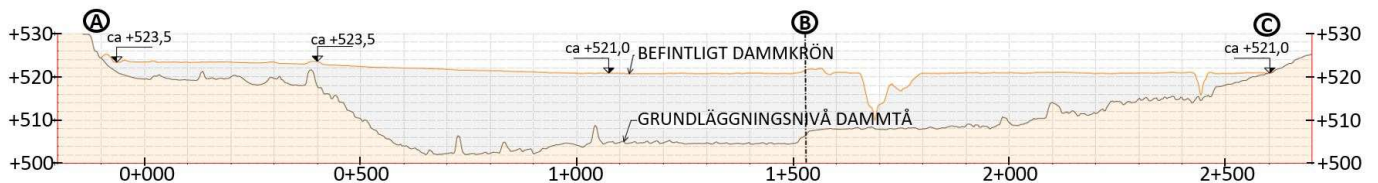
### 3.6.1.2 Dammar

Två fyllningsdammar omger sandmagasinet, damm A-B och damm B-C (se Figur 26). Damarna är drygt 1500 m respektive drygt 1100 m långa, vilket ger en total längd av knappt 2 700 m. Damm A-B lutar med en krönnivå i norr på ca +523,5 och ca +521 i söder och damm B-C är horisontell med en krönnivå på ca +521 m (Hexagon, 2021), se Figur 27 och Figur 26.





Figur 26 Plan befintligt sandmagasin som visar längdmätning för damm A-B och B-C



Figur 27 Längprofil damm A-B och B-C till befintligt sandmagasin (längdmätning enligt Figur 26)

Dammarnas krönbredd varierar mellan ca 8-12 m och högsta dammhöjd (mätt mellan dammkrön och tät kärnans grundläggning) är ca 22 m. Uppströms dammslänt har en lutning om ca 1:1,8, medan nedströmsslänten är något brantare med en lutning om 1:1,4 (LKAB, 1985). Dessa lutningar har inte kunnat bekräftas baserat flygscanning (Hexagon, 2021) som visar att både uppströms och nedströms slänter varierar mellan 1:1 – 1:2. Aktuella krönbredder och släntlutningar ger dammarna en basbredd vid grundläggningsnivå på upp till ca 70 meter (Golder, 2011a).

Dammarna utgörs generellt av fyllningsdammar med vertikal tät kärna av morän, filter och stödfyllning. En säker dokumentation av de befintliga dammarnas zonindelning saknas dock. Golder har gjort två något olika tolkningar av dammsektionen (Golder, 2011a). Dessa båda redovisas nedan.

Tolkad **trolig typsektion** av damm A-B visas i Figur 28 (Golder, 2011a) och damm B-C har bedömts ha en liknande utformning. Tolkningen är baserad på; tillgängliga

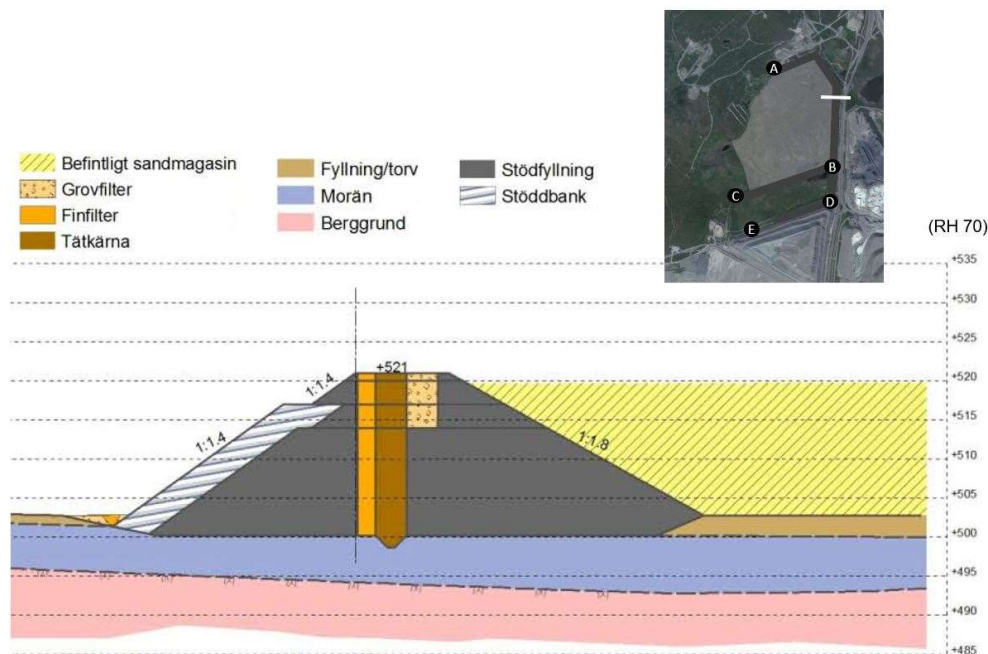
äldre referensdokument från LKAB, platsbesök samt genomförda geotekniska undersökningar. Det förekommer dock osäkerheter kring gränserna mellan de ingående fyllnadsmaterialen då dessa inte varit tydligt definierade på ritningar från byggnationen.

Enligt denna tolkning är den vertikala tät kärnan 4,0 m bred, finfilterzonen 2,3 m och grovfilterzonen 4,0 m, vilket ger en total bredd på 10,3 meter. Denna bredd anges på äldre ritningar från LKAB (LKAB, 1985). Då den vertikala tät kärnan är uppbyggd i ett ”julgransmönster” utgör måttet 4,0 m troligen tät kärnans minsta mått, vilket innebär att basen på varje pall har en bredd av ca 5,6 m. Filtrena bör däremot ha konstant bredd om respektive pall följer samma släntlutning som tät kärnans pall. Genomförda provgropsgrävningar i dammkrönet visar dock följande materialbredder:

- tät kärnans bredd: 3,0 – 4,0 m,
- grovfilterets bredd: 2,0 – 4,1 m och
- finfilterets bredd: min 1,7 (materialgräns mellan finfilter och utanpåliggande material är svårdefinierad).

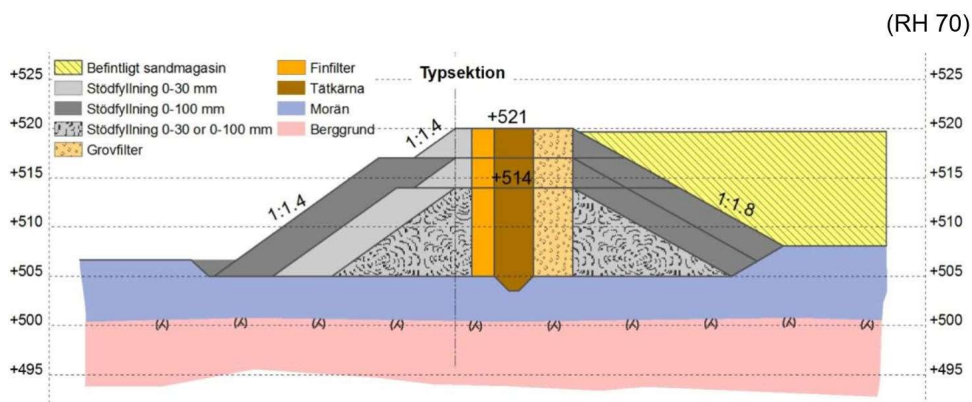
Genomförda provgropsgrävningar visar de olika materialzonernas bredd vid dammkrönet. I (Golder, 2011a) anges att geofysiska undersökningar i området har visat att tät kärnans bredd kan variera med djupet, med en bredare tät kärna närmare grundläggningsnivån.

Under 2021 utfördes provgropsgrävningar i dammkrön (MITTA, 2021a) vilka visade att materialzonernas bredd varierar längs med dammarnas sträckning och måtten avviker i viss utsträckning från Golders tolkning och äldre ritningar.



**Figur 28 Tolkad trolig typsektion damm A-B (Golder, 2011a) där läge för tvärsnittslinjen visas med vitt streck i flygfotot uppe till höger (liknande utformning antas gälla även för damm B-C).**

En **alternativ tolkning** (Golder, 2011a) av utformningen av sandmagasinets dammar presenteras i Figur 29. Skillnaden mot den tidigare presenterade "troliga tolkningen" är att; grovfiltret uppströms går ned till grundläggningen, stödfyllningen är indelad i olika fraktioner samt avsaknad av stödbank på nedströmssidan.



**Figur 29 Alternativ tolkning av typsektionen dammarna till befintligt sandmagasin (Golder, 2011a), vilken antas gälla för både damm A-B och B-C**

För att få en mer korrekt bild av dammarnas faktiska uppbyggnad krävs ytterligare undersökningar. Därför rekommenderas inför detaljprojektering att ytterligare undersökningar utförs utöver de som utförts efter Golders tolkning 2011.

Som nämnts ovan föreligger dock stora osäkerheter i dammens uppbyggnad och lagertjocklekar av dammens ingående materialzoner. Detta hanteras i designen, då genomströmnings- och stabilitetsberäkningar genomförs för olika bredder på dammens tatkärna och filterzoner (se avsnitt 4.8). Dessutom görs konservativa antaganden angående materialens hållfasthetsgenskaper.

### 3.6.2 Befintligt klarningsmagasin

Befintligt klarningsmagasin togs ur drift 1997 då gruvan lades ner. Ingen omfattande efterbehandling utfördes, utan magasinet tömdes på vatten och ytan gräsbesåddes (Törmä, 1996). För vattenhantering grävdes damm B-D av så att magasinet ej skulle dämna vatten. Inga egentliga åtgärder utfördes på dammarna eftersom de inte skulle dämna något vatten.

#### 3.6.2.1 Magasin

Klarningsmagasinet ligger söder om befintligt sandmagasin och avgränsas av tre dammar; sandmagasinets damm B-C, damm B-D i öster mot järnvägen samt damm D-E i söder mot LKAB:s gråbergsupplag "Trekanten". Naturlig terräng avgränsar magasinet i väster. Se Figur 3 för magasinets utformning i plan och dammarnas placering.

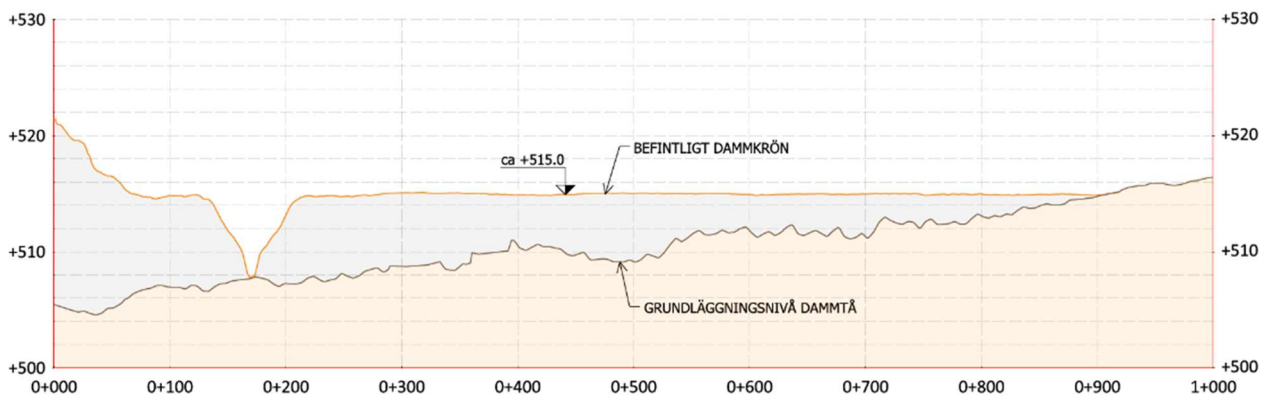
Klarningsmagasinet upptar en area av ca 0,2 km<sup>2</sup> och har en kapacitet på ca 0,6 Mm<sup>3</sup> vid dämninggräns (DG) +513 m. (Golder, 2011a)

#### 3.6.2.2 Dammar

Till klarningsmagasinets fyllningsdammar räknas damm B-D och D-E. De är ca 370 respektive 470 m långa, vilket ger en total längd av ca 840 m, se Figur 30. Bortsett från sektionen där dammen har grävts av (ca 0+180) ligger dammkrön på ca +515 (flygskanning, 2021), se Figur 31.



Figur 30. Plan befintligt klarningsmagasin som visar längdmätning för dammarna: B-D och D-E samt sandmagasinets damm B-C



Figur 31 Längdprofil damm B-C, B-D och D-E till befintligt klarningsmagasin (längdmätning enligt Figur 30)

Dammarnas krönbredd varierar mellan ca 14-17 m och högsta dammhöjd (mätt mellan dammkrön och tätkärnans underkant) är ca 11 m. Uppströms dammslänt har en lutning om ca 1:1,8, medan nedströmsslänten är något brantare med en lutning om 1:1,4 (LKAB, 1985). Dessa lutningar har inte kunnat bekräftats baserat flygscanning (Hexagon, 2021) som visar att både uppströms och nedströms slänter varierar mellan 1:1 – 1:2. Aktuella krönbredder och släntlutningar ger dammarna en basbredd vid grundläggningsnivå på upp till ca 40 meter. (Golder, 2011a)

Dammarna till klarningsmagasinet har en liknande uppbyggnad som sandmagasinets dammar, d v s att de består av en vertikal tätkärna av morän, filter och stödfyllning. En säker dokumentation av de befintliga dammarnas zonindelning saknas dock. Golder har gjort en tolkning av dammsektionen (Golder, 2011a), vilken redovisas nedan:

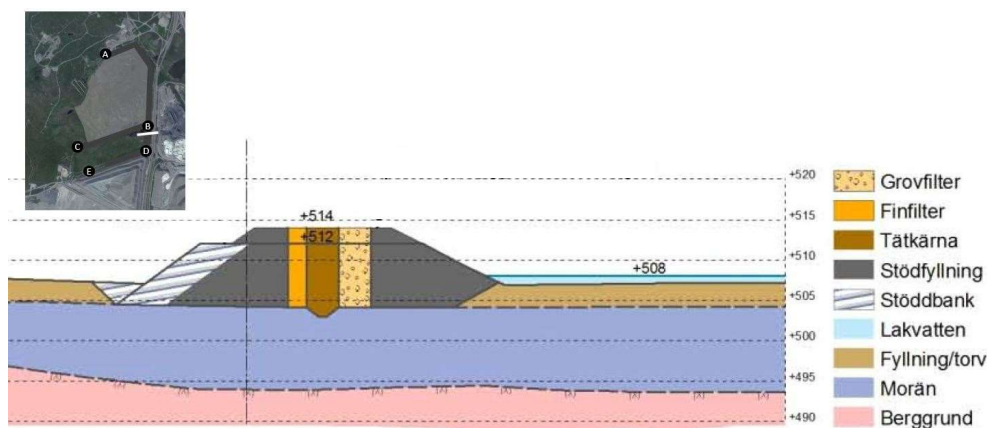
Tolkad **trolig typsektion** av damm B-D visas i Figur 32 (Golder, 2011a) och damm D-E har bedömts ha en liknande utformning. Tolkningen baseras, precis som för sandmagasinet, på; äldre referensdokument från LKAB, platsbesök samt genomförda geotekniska undersökningar. Det förekommer även här osäkerheter



kring gränserna mellan de ingående fyllnadsmaterialen då dessa inte varit tydligt definierade på ritningar från byggnationen.

Enligt denna tolkning är den vertikala tätkärnan 4,0 m bred, grovfiltret 4,0 m brett och finfiltret 2,3 m. De tre zonerna blir då totalt 10,3 m breda. Samma totala bredd uppges i ritning från LKAB (LKAB, 1981). På samma sätt som för sandmagasinets dammar är den vertikala tätkärnan uppbyggd i ett "julgransmönster" varför måttet 4,0 m troligen utgör tätkärnans minsta mått, vilket innebär att basen på varje pall har en bredd av ca 5,6 m. Filtrena bör däremot ha konstant bredd om respektive pall följer samma släntlutning som tätkärnans pall.

Provgropsgrävningar har genomförts i dammkrön på damm B-D och D-E under 2021 (MITTA, 2021a). Uppmätt bredd på tätkärnan (4,4 – 5,5 m) stämde relativt bra överens med ritning (4,0 – 5,6 m). Uppmätt mått på filter uppgick till 1,0 – 1,7 m för grovfilter och som minst till 1,3 m (materialgräns mot utanpåliggande material svårbestämt) för finfilter, vilket är betydligt smalare än 4,0 m respektive 2,3 m som angetts i handlingar.



**Figur 32. Tolkad typsektion damm B-D (Golder, 2011a) där läge för tvärsektionen visas med vitt streck i flygfotot uppe till vänster (liknande utformning antas gälla även för damm D-E)**

För att få en mer korrekt bild av dammarnas faktiska uppbyggnad krävs ytterligare undersökningar. Därför rekommenderas inför detaljprojektering att ytterligare undersökningar utförs utöver de som utförts efter Golders tolkning 2011.

På samma sätt som för sandmagasinets dammar finns det även för klarningsmagasinets dammar stora osäkerheter i dammarnas uppbyggnad och lagertjocklekar av ingående materialzoner. Detta hanteras i designen, då påverkan av olika bredder av dammens tätkärna och filterzoner på genomströmnings- och stabilitetsberäkningar undersöks (se avsnitt 4.8). Dessutom görs konservativa antaganden av materialens hållfasthetsegenskaper.

### **3.6.3 Material i dammarna**

Undersökningar av dammarna i befintligt sand- och klarningsmagasin har genomförts av Golder i november 2010 (Golder, 2011b) och av Mitta<sup>1</sup> 2021

<sup>1</sup> Undersökningsprogram upprättat av TCS.

(MITTA, 2021a). Nedan sammanfattas kort resultaten av undersökningarna. För mer detaljer hänvisas till Golders rapport med bilagor och MUR från Mitta.

Enligt laboratorieförsök som har genomförts av Golder (Golder, 2011a) på materialet i dammarnas tätkärna utgörs den av en sandig siltig morän till grusig sandig siltig morän med en siltandel av ca 35 % och i princip ingen lerfraktion. Resultat från laboratoriepackning visar att materialet i tätkärnan kan nå en torrdensitet som uppgår till 2,22 ton/m<sup>3</sup> vid en optimal vattenkvot av ca 6 %. Tätjorden klassificeras som ett mycket tjälfarligt material. Det befintliga skyddet mot tjäle längs dammkrönet har emellertid bedömts vara tunt (ca 0,2 meter enligt konstruktionsritningar). Siktanalys genomförd av Mitta<sup>1</sup> (MITTA, 2021a) visar också på att tätkärnan klassas som en grusig sandig siltig morän, med en finjordsandel av ca 35 %.

I både sand- och klarningsmagasinets dammar är ett finfilter anlagt nedströms tätkärnan och ett grovfilter uppströms tätkärnan (se Figur 28, Figur 29 och Figur 32). Syftet med filtrena är främst att förhindra materialtransport i dammarna och på så sätt motverka inre erosion.

Enligt konstruktionsritningar består finfiltret nedströms tätkärnan av ett material där kornstorleken ligger inom intervallet 0-6 mm (LKAB, 1981; LKAB, 1985). Siktanalys har genomförts på prover från finfiltret vid undersökningar genomförda 2021 (MITTA, 2021a). Enligt resultaten från undersökningarna har finfiltret en finjordshalt av ca 7-9 % och klassas som sandigt grus. Kornstorleken uppgår till som mest ca 22 mm, men är generellt sett mindre än 16 mm.

Enligt konstruktionsritningar har grovfiltret i dammarna en kornstorlek i intervallet 0-30 mm. Enligt laboratorieförsök som genomfördes 2011 utgörs materialet av siltigt sandgrus med en finjordshalt av ca 20 % och ungefär lika stora andelar sand och grus. Kornstorleken uppgår till som mest ca 50 mm, men är generellt sett mindre än 30 mm (Golder, 2011a).

Det finns ingen information tillgänglig om stödfyllningens kornstorleksfördelning, bortsett från en notering i en äldre ritning om att materialets kornstorlek ska ligga mellan 0–30 mm (åtminstone i de övre delarna av dammen) (LKAB, 1985).

### **3.7 Egenskaper befintlig anrikningssand**

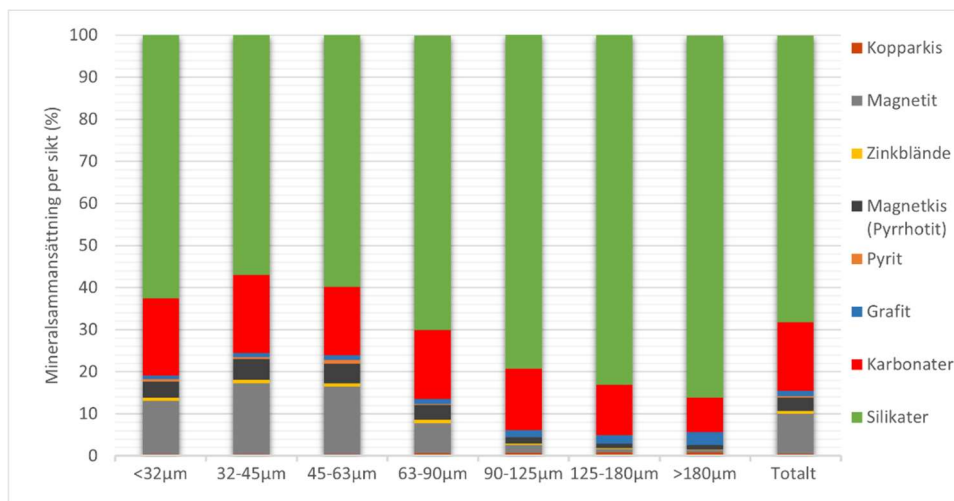
I det följande beskrivs egenskaperna för befintlig anrikningssand som ligger deponerad i befintligt sandmagasin. Informationen baseras på följande rapporter och undersökningar;

- *Existing Tailings Facility Geotechnical Investigation* (Golder, 2011b)
- *PM Grain Size Distribution Viscaria Tailings* (KREC, 2021)
- *Markteknisk undersökningsrapport (MUR) – Viscaria dammar* (MITTA, 2021a)
- *Rapport om mineralogin och Cu-sliget och avfallet från Viscaria Cu-anrikningsverket* (Outokumpu mining, 1987)

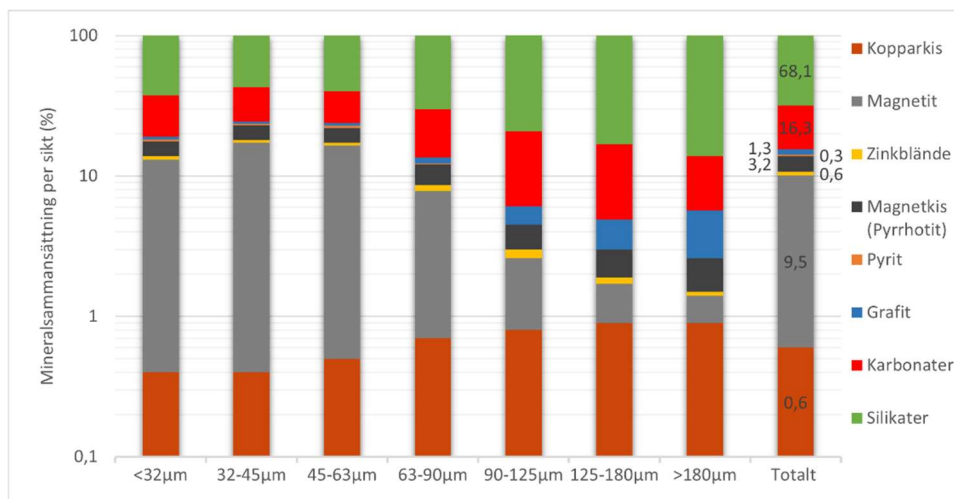
När sandmagasinet var i drift deponerades anrikningssanden från magasinets norra del ner mot klarningsmagasinet genom direktutsläpp.

### 3.7.1 Mineralogi och geokemi

Mineralsammansättningen av anrikningssanden som har deponerats i befintligt sandmagasin undersöktes i februari år 1987 (Outokumpu mining, 1987). Resultatet presenteras i Figur 33 och Figur 34, där varje stapel representerar material för en viss kornstorleksfördelning. Stapeln till höger representerar mineralsammansättningen för samtliga fraktioner i anrikningssanden. I Figur 33 redovisas vertikal axel i linjär skala, vilket tydligt illustrerar hur stor andel som utgörs av silikater (gröna staplar, totalt 68,1 %). I Figur 34 redovisas vertikal axel i logaritmisk skala för att underlätta jämförelse av mineral med låga koncentrationer. Tydligt är att kopparkis och magnetit (som är intressanta ur utvinningsperspektiv) har omvänd fördelning mellan de olika kornstorlekarna. Högst koncentration av kopparkis återfinns i anrikningssandens grövre fraktioner, medan högst koncentration av magnetit återfinns i anrikningssandens finare fraktioner.



**Figur 33. Mineralsammansättning av anrikningssanden som gick ut från anrikningsverket år 1987 (Outokumpu mining, 1987) uppdelat för olika kornstorleksfördelningar (vertikal skala linjär)**



**Figur 34. Mineralsammansättning av anrikningssanden som gick ut från anrikningsverket år 1987 (Outokumpu mining, 1987) uppdelat för olika kornstorleksfördelningar (vertikal skala logaritmisk för att underlätta jämförelse mellan mineral med låg koncentration)**

### 3.7.2 Geotekniska egenskaper

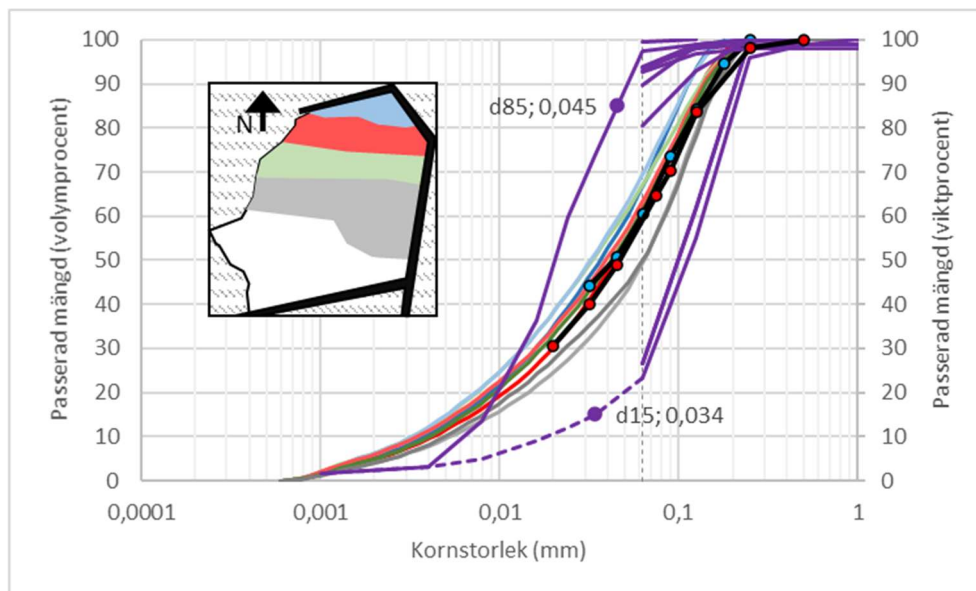
#### 3.7.2.1 Beach

All deponering av anrikningssand har skett från en utsläppspunkt från norr. Den genomsnittliga lutningen på deponerad anrikningssand är ca 1:200. Det är dock oklart vilken fastgodshalt och vilket flöde som rådde vid tidpunkten för deponeringen.

#### 3.7.2.2 Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningskurvor för anrikningssand i befintligt sandmagasin i Viscaria har tagits fram under 1987 (Outokumpu mining, 1987), i januari 2011 (Golder, 2011b) och i mars 2021 (KREC, 2021).

En sammanställning av anrikningssandens kornstorlek presenteras i Figur 35. Färgade kurvor (blåa, röda, gröna och gråa) är resultat från KREC (KREC, 2021) och representerar olika lägen i deponin (se infälld skiss). Dessa kurvor är bestämda via laserdiffraktion och anges därmed som volymprocent (vänster axel). Kurvorna ligger i ett samlat band (därav svårt att se skillnad på färgerna), med finjordshalter mellan 50 och 70%. Viss spridning går att utläsa, med något grövre fraktioner i magasinets södra delar. Lila kurvor är bestämda på anrikningssand från provgropar i kampanjen från 2010 (Golder, 2011b). Dessa kurvor är uttryckta via viktprocent (höger axel). Den svarta kurvan (blå brytpunkter) representerar anrikningssand som studerades 1987 (studie avseende mineralsammansättning) och motsvarar förhållanden innan deponering (Outokumpu mining, 1987). Denna kurva är uttryckt via viktprocent (höger axel), men stämmer väl överens med kurvorna från magasinet. En ytterligare kurva motsvarande anrikningssandens totalfraktion (från verket), daterad 2021 (AFRY, 2022a) illustreras som svart kurva med röda brytpunkter. Att döma ur dessa resultat så har hittills utförd deponering genererat en kornstorleksfördelning som är lik den kurva som lämnat anrikningsverket. Den hydrauliska deponeringen har ej inneburit någon betydande sortering av anrikningssandens fraktioner.



**Figur 35 Kornstorleksfördelning anrikningssand, där cirklar motsvarar finaste  $d_{85}$  och grövsta  $d_{15}$ , vilka nyttjas för filterdimensionering**



#### 3.7.2.3 Densitet och lagringstäthet

Enligt observationer i provgropar genomförda av Golder i november 2010 var anrikningssanden skiktad i 0,1-0,5 m tjocka lager. Vattenhalten ökade generellt sett med djupet och varierade från "torr" vid ytan till "våt" jord. Schaktväggarna bestående av anrikningssand var instabila och kollapsade i nästan samtliga fall. (Golder, 2011b)

I januari 2011 genomförde Golder proctorpackning på anrikningssanden från befintligt sandmagasin. Vid testerna varierade anrikningssandens torrdensitet mellan ca 1,75 och 1,95 ton/m<sup>3</sup>, men den optimala vattenkvoten var ca 14 % i båda fallen. (Golder, 2011b)

Anrikningssandens hydrauliska konduktivitet har, baserat på laboratorieundersökningar (Golder, 2011b), uppskattats till  $5 \cdot 10^{-7}$ - $10^{-8}$  m/s (inpackade prover till torrdensitet mellan ca 1,85-1,95 ton/m<sup>3</sup>). På grund av skiktningar i anrikningssanden har Golder bedömt att den hydrauliska konduktiviteten förväntas vara något större i horisontell riktning än i vertikal riktning och att de angivna värdena på den hydrauliska konduktiviteten sannolikt motsvarar egenskaperna i vertikal riktning. (Golder, 2011a)

#### 3.7.2.4 Hållfasthet

Anrikningssandens skjuvhållfasthet undersöktes 2011 genom direkta skjuvförsök. Försöken utfördes på finare anrikningssand under odränerade förhållanden och grövre anrikningssand under dränerade förhållanden. Friktionsvinkeln utvärderades till 22,2° för det finare materialet och till 26,5° för det grövre materialet. Enligt resultaten uppvisar även anrikningssanden en viss grad av kohesion (3-14 kPa). (Golder, 2011a)

Anrikningssandens kompressionsegenskaper undersöktes 2011 genom ödometerförsök med konstant deformationshastighet (CRS). Enligt Golder var resultaten inte helt tillförlitliga och endast framtagna kompressionsmodul ansågs vara pålitlig. Denna bestämdes till  $M' = 25,9$ - $30,4$  MPa. (Golder, 2011a)

Eftersom dammarna till befintligt sandmagasin ej planeras höjas utgör anrikningssandens egenskaper, dess hållfasthet, ej kritiska information. Anrikningssanden ingår ej som en del i dammkroppen och påverkar därmed ej dammarnas stabilitet.

#### 3.7.2.5 Övriga egenskaper

Vad det gäller övriga egenskaper för anrikningssanden så bedöms damning, eller risken för damning, utgöra en viktig parameter. För befintligt sandmagasin bedöms risken för damning ej vara stor. Detta med anledning av att sandytan efterbehandlats och numer täcks av växtlighet. Erfarenheter från åren sedan efterbehandlingen utfördes tyder inte på att damning från magasinet har utgjort något problem.

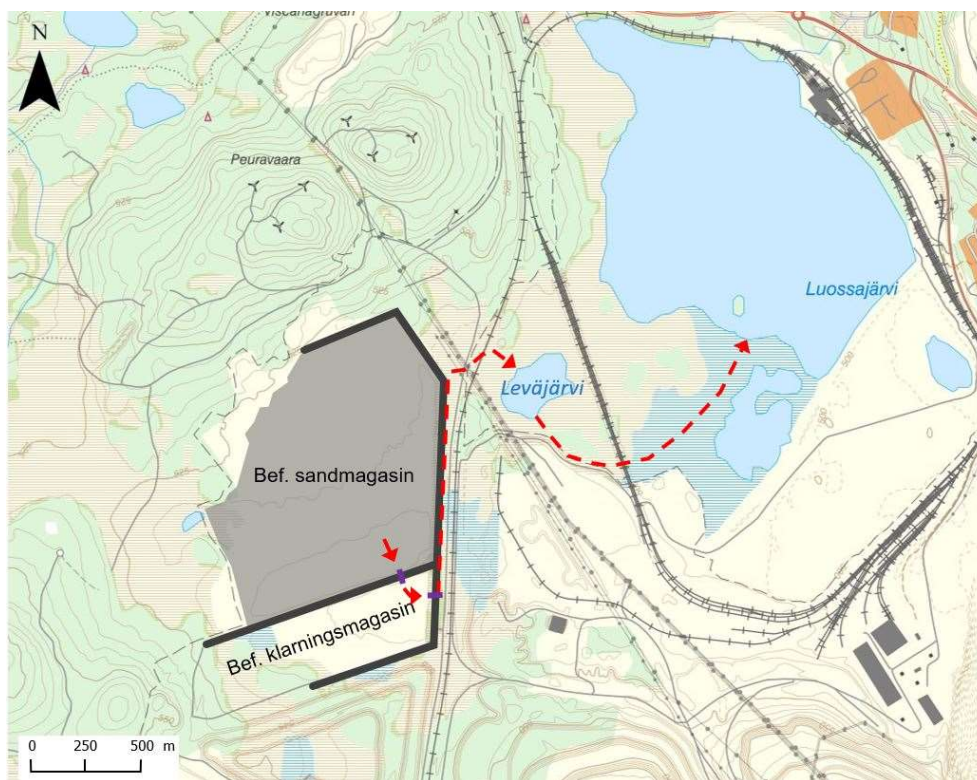
### 3.8 Vattenhantering befintligt system

Det vatten som hanteras i befintligt sand- och klarningsmagasin kommer från nederbörd i magasinens tillrinningsområden. En illustration av vattenhanteringen visas i Figur 36. Det finns idag inga utskovskonstruktioner i dammarna som reglerar flödena ut från magasinerna. I samband med efterbehandlingen av området

på 1990-talet grävdes dammarna av. Vattnet rinner därmed ut från sandmagasinet genom damm B-C (dammen mellan sand- och klarningsmagasinet) och damm B-D (klarningsmagasinets damm). I Figur 36 visas avgrävningarna med lila linjer.

Vatten som tillrinner sandmagasinet kommer, på grund av sandytans lutning, att rinna mot magasinets sydöstra del. Där har dammen mot klarningsmagasinet grävts av i en tvärsnitt, så att vattnet kan rinna över till klarningsmagasinet. Det finns emellertid en del vatten uppsamlat i både sand- och klarningsmagasinet i anslutning till avgrävningen.

Dammen i klarningsmagasinets östra del har också grävts av i en tvärsnitt, så att vattnet kan flöda ut i ett dike som löper längs med sand- och klarningsmagasinets östra damm (se röstreckad linje i Figur 36). Diket går vid sandmagasinets nordöstra del genom en kulvert under tågspåret och mynnar därefter ut i sjön Levjärv. Från Levjärv går det ett mindre vattendrag som leder ut till sjön Luossajärvi, med en kulvert under järnvägsspåret.



**Figur 36. Översiktlig bild över hur vattnet idag leds från sandmagasinet i Viscaria till klarningsmagasinet och vidare via ett dike till sjön Levjärv. Därifrån leds vattnet vidare ut i sjön Luossajärvi via ett mindre vattendrag (vatten flödar längs röstreckade linjer). Lila linjer markerar avgrävningar i dammarna. Kartan är hämtad från Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2021).**

Som nämnts ovan finns det inga utskovsanordningar i dagens sand- eller klarningsmagasin. Det innebär att det inte finns någon möjlighet till reglering av flöden i systemet varken vid normala eller extrema flöden.

## 4 Hantering av anrikningssand – nytt tillstånd

I detta avsnitt beskrivs förutsättningar för och processen fram till vald utformning, liksom den valda utformningen av magasin, dammar, deponering och avbördningsanordningar för hantering av anrikningssand vid planerad gruvbrytning i Viscaria.

Arbetet har i stora drag omfattat följande moment:

- Genomgång av tillgänglig dokumentation om de befintliga magasinerna och dammanläggningarna
- Kompletterande geotekniska undersökningar i fält av befintlig deponerad anrikningssand, dammar tillhörande befintligt sand- och klarningsmagasin samt område för nytt sandmagasin (Bilaga C)
- Lokaliseringsutredning för nytt sandmagasin (Bilaga A)
- Alternativstudie för val av magasinutformning, dammdesign och deponeringsmetod vid vald lokalisering
- Beskrivning av utformning av valt alternativ
- Vattenhantering under normala och extrema flödessituationer
- Beskrivning av anläggande och drift av valt alternativ
- Analys av konsekvenser i händelse av dammbrott

### 4.1 Styrande dokument

För att säkerställa säkerhet och stabilitet för planerade och befintliga anläggningar (inklusive dammkroppar) styrs design, konstruktion, drift och efterbehandling av gruvdammsanläggningar i Sverige av ett antal obligatoriska och ett antal vägledande dokument. De viktigaste dokumenten som bedöms vara relevanta för beskriven hantering av anrikningssand är:

- Lagstiftning: *Miljöbalken* (MB, 2021) samt *Förordning om utvinningsavfall* (Regeringen, 2012) och *Förordning om dammsäkerhet* (Regeringen, 2014)
- *RIDAS* (RIDAS, 2019) och *GruvRIDAS* (Huvuddokument, HD (GruvRIDAS, 2021), Tillämpningsvägledning, TV (GruvRIDAS, 2012)) ger riktlinjer för dammdesign, konstruktion och drift. GruvRIDAS är utvecklat och överenskommet av dammägarna i branschorganisationen SveMin, där Copperstone Resources är en av medlemmarna.
- *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin (SveMin et.al., 2015) beskriver hur man beräknar lämpliga dimensionerande flöden för både små och stora dammanläggningar.

- *Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM, 2020)* framtagen av ICMM, UNEP och PRI<sup>2</sup> efter det förödande dammbrottet i Brumadinho i Brasilien 2019. Även om Copperstone inte är medlem i ICMM avses hänsyn tas till denna standard. (Pågående uppdatering av GruvRIDAS förväntas inkludera krav från GISTM).
- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC (EU, 2018) är ett referensdokument som presenterar vad som anses vara bästa tillgängliga teknik för hantering av utvinningsavfall för att minimera gruvindustrins miljöpåverkan.

Det designarbete som utförs i detta skede (förprojektering till ansökan om miljötillstånd) följer ovanstående dokument i den mån det är möjligt. I kommande projekteringsfaser kommer utformningen successivt att förfinas och beslut att fattas för att säkerställa att så bra utformning som möjligt erhålls.

## 4.2 Planerad produktion

Möjligheterna vid återöppning av Viscariagruvan är flera. Fyndigheterna utgörs av:

- Befintlig, redan deponerad, anrikningssand som innehåller både magnetit och rester av kopparkis
- Obruten malm i dagbrott och under jord (samtliga brytznier; A [utökning av befintlig gruva], B och D, omfattar brytning i dagbrott och under jord)

För utvinning av koppar från befintlig anrikningssand pågår en separat process för ansökan om bearbetningskoncession, se Bilaga B (AFRY, 2022c).

Utifrån gällande produktionsplanering (hösten 2021) föreligger ett behov av att kunna deponera 30 Mton anrikningssand från gruvbrytning under en 10-årsperiod. Detta bedöms motsvara en volym av deponerad anrikningssand i sandmagasinet om ca 22 Mm<sup>3</sup>. Denna mängd kan inkludera upp till 13 Mton (9 Mm<sup>3</sup>) anrikningssand från återanrikning. Återanrikad anrikningssand behöver deponeras i ett nytt sandmagasin med hänsyn till att det logistiskt sett inte går att återanrika och deponera anrikningssand i samma magasin samtidigt. För att möjliggöra återanrikning föreligger två krav:

- anrikningssand kan ej deponeras i befintligt sandmagasin förrän återanrikningen har avslutats och
- kapacitet för deponering av anrikningssand måste skapas utanför befintligt sandmagasin.

Detta innebär att ny mark måste tas i anspråk för ett nytt sandmagasin för deponering fram till dess att återanrikningen avslutats. Då återanrikningen är slutförd finns dock en kapacitet som motsvarar den återanrikade volymen i befintligt sandmagasin tillgängligt för deponering av anrikningssand från gruvbrytning. Därmed finns det ett kapacitetsöverskott för deponering av

<sup>2</sup> Principles for Responsible Investments (PRI) är en FN-stödd organisation som arbetar för hållbara investeringar

anrikningssand om maximalt 9 Mm<sup>3</sup> i det befintliga sandmagasinet om återanrikning sker fullt ut.

Ett ytterligare kapacitetsöverskott utgörs av att målsättningen är att återfylla samtliga bergrum och dagbrott med gråberg och/ eller anrikningssand i så stor utsträckning som möjligt i syfte att:

- 1) Säkerställa stabiliteten i utbrutna bergrum och dagbrott
- 2) Minimera påverkan "över" markytan genom att minimera gråbergsupplag och sandmagasin

Utifrån kapaciteten i befintligt sandmagasin samt gruvan, liksom möjligheten att expandera nytt och befintligt sandmagasin, bedöms goda möjligheter finnas för en LOMP (Life of Mine Plan) längre än 10 år. Gränsen för anläggande av dammar, dvs vattenverksamhet, utgörs dock at 10 år varför denna produktionstid valts för dimensionering av nytt sandmagasin.

### 4.3 Dimensioneringsförutsättningar

Dimensioneringsförutsättningar utgörs av all data och information som ligger till grund för vald design. I många fall information som ej kan påverkas eller ändras, men som i ett framtida skede när verksamheten är i gång, kommer att behöva verifieras. Förutsättningarna listas i Tabell 2 nedan och har grupperats enligt följande;

- **Tidplan** – uppgifter har erhållits från Copperstone.
- **Dammsäkerhetsklass (DSK)** enligt miljöbalken (MB, 1998) bedömd av TCS i samråd med Copperstone med hänsyn till nedströmsliggande infrastruktur, vilket i detta fall framför allt utgörs av dagbrott och järnväg. DSK ligger till grund för vilka designkriterier som ska gälla. (Dammbrottsberäkningar har sedan utförts i syfte att ge underlag till beredskapsplanering.)
- **Anrikningssand** – uppgifter har erhållits från tidigare underlag samt utförda undersökningar. TCS har utifrån tillgängliga data gjort uppskattningar där data har saknats. Data kommer att kompletteras och verifieras i den fortsatta designprocessen. TCS bedömer dock att tillgängliga data utgör erforderligt underlag för denna designrapport.
- **Dammdesign** har delats upp i några undergrupper:
  - Stabilitet dammar – lastfall och erforderliga säkerhetsfaktorer har valts utifrån GruvRIDAS, RIDAS och i de fall svenska riktlinjer ej täcker in lastfallen utifrån ICOLD Bulletin Dam Safety (som publiceras 2022).
  - Dimensionerande flöde – Klass 1-flöde (motsvarar ungefär 1/10 000 år) har valts med hänsyn till dammsäkerhetsklass (DSK) B (vilket motsvarar Konsekvensklass "Extreme" enligt GISTM).



- Deponering – vald deponeringsmetod har valts utifrån utförd alternativstudie (se avsnitt 4)
- Dammkonstruktion – vald dammkonstruktion för nytt sandmagasin har valts utifrån utförd alternativstudie (se avsnitt 4).  
Dammkonstruktionen för befintliga dammar avses bibehållas.
- **Grundläggning** – Nya dammar avses grundläggas på bra undergrund, vilket här bedöms vara berg och/ eller fast morän.
- **Konstruktionsmaterial** – för att minimera klimat- och miljöpåverkan ska utformningen av dammarna sträva efter att använda så mycket egenproducerade material som möjligt, dvs minimera nyttjandet av naturliga material (så som t.ex. morän och naturgrus) och även minimera transporter av material. Med hänsyn till detta är utgångspunkten att använda krossmaterial från den egna gruvverksamheten, alternativt vid behov från LKAB.

Artificiell liner bedöms ej erfordras under nytt magasin, se motivering under avsnitt 4.6.5.1.1.

- **Vattenhantering** – allt vatten i systemet ska hanteras och bräddning av vatten ska under normala förhållanden endast ske efter rening. Således kommer läckagevatten från dammarna till nytt sandmagasin att hanteras och pumpas till klarningsmagasinet från vilket det sedan kommer att pumpas till processen eller reningsverket.
- **Efterbehandling** – Gråbergssupplag och sandmagasin avses efterbehandlas ihop. Gråberg och täckning ska användas för att skapa geomorfologiskt stabila formationer för att minimera risken för erosion i täckningen i ett långtidsperspektiv. Eftersom gråberg kommer att läggas utanpå dammarna behöver dessa ej anpassas till efterbehandlingen mer än att det under drift ska vara möjligt att lägga ut gråberg nedströms dammarna.

**Tabell 2 Sammanställning av förutsättning som utgör grund för utformning av sand- och klarningsmagasin med tillhörande anläggningar**

Tidplan	Gruvans livslängd ("Life of Mine", LOM)	>10 år	
	Planerad produktionstid för deponering av anrikningssand (i ansökan)	10 år	
	Möjlighet till expansion (deponeringskapacitet)	Ja	
	Anläggande	Start år 0	Dammhöjningar i etapper under LOM
	Produktion/ driftsättning/ deponeringsstart	Start år 2	Slut år 11
DSK, enl. Miljöbalken	Nytt magasin	B	M h t dagbrott och järnväg
	Befintligt sandmagasin	B	M h t järnväg
	Klarningsmagasin	B	M h t järnväg
Anrikningssand – bef. sand	Total mängd (deponerad i bef. magasin)	ca 13 Mt	ca 9,3 Mm <sup>3</sup>
	Torrdensitet in-situ (deponerad sand)	1,4 t/m <sup>3</sup> (uppskattad)	
	Max kornstorlek	ca 1 mm	
	Kornstorlek för K <sub>80</sub>	ca 125 µm	
	Finjordshalt (< 0,063 mm)	ca 60 vikt %	
Anrikningssand – ny sand	Total mängd (LOM, inkl. återanrikning)	30 Mt	22 Mm <sup>3</sup>
	Mängd/år (inkl. återanrikning)	3 Mt/år	2,2 Mm <sup>3</sup>
	Torrdensitet in-situ (deponerad sand)	1,4 t/m <sup>3</sup> (uppskattad)	Antagande för kapacitetsbedömning
	Fastgodshalt från verket	10,5 - 16,2 vikt % (normalår)	14,2 - 16,4 vikt % (våtår)
	Max kornstorlek	1,0 mm	
	Kornstorlek för K <sub>80</sub>	60-100 µm	
	Finjordshalt (< 0,063 mm)	min 70 vikt %	max 90 vikt %
Dammdesign	Stabilitet	Normalt driftförhållande	SF>1,5
		Extremt lastfall	SF>1,3
		Dimensionerande läckage (DSK B)	SF>1,1
	Dimensionerande flöden	Klass 1-flöde	Hanteras under ÖDG

TAILINGS CONSULTANTS SCANDINAVIA AB

Niklas Östberg  
Project manager  
+46 (0) 706 – 022 157  
niklas.ostberg@tailings.se

Kungsgatan 37  
111 56 Stockholm  
SWEDEN  
www.tailings.se

	Deponering	Hydraulisk med direktutsläpp	
		Sandlutning deponerad sand: 1:300	
		Inbindning av porvatten i sanden: 15%	
	Dammkonstruktion	Nya dammar: dränerande	
		Befintliga dammar: täta med moräntätkärna	
Grundläggning	Nytt sandmagasin	Magasin: avtäcks ej	Damm: avtäckning till bra morän alt. berg
	Klarningsmagasin	Magasin: schakt för att skapa erforderlig volym	Damm: avtäckning under ev. stödbank
	Befintligt sandmagasin		Damm: avtäckning under ev. stödbank
Konstruktionsmaterial	Nyttja tillgängliga krossmaterial	Egenproducerade	LKAB-producerade
	Betong	Till trösklar, brunnar etc.	
	Geotextil	T.ex. i damm för att reducera krav på finfilter	
	Liner	Artificiell liner ej nödvändig	
Vattenhantering	Generellt	Påverkat vatten: blandas om möjligt med sandslurryn i sandpumphon Bräddvatten: renas innan bräddning	
	Processvatten	Till sandpumphon	
	Gruvvatten	Till sandpumphon	
	Gråbergsupplag	Norra upplaget till sandpumphon	Södra upplaget pumpas till Sandpumphon
	Industriområde	Till sandpumphon	
	Nederbörd	Normalflöde (för dammdesign = 30-års) hanteras	Klass 1-flöde buffras & bräddas
	Läckage genomdammar	Omhändertas i lågpunkt 1-3 och pumpas till klarningsmagasinet	
	Bräddning till recipient	Under normala förhållanden från reningsverk	Vid klass 1-flöden
Efterbehandling (EBH)	Geomorfologiskt anpassad geometri	Gråberg används "utanpå" dammsektionen	⇒ EBH anpassas till dammdesign
	Vattenhantering	Inga utskov eller trösklar	Ytvatten hanteras genom geomorfologisk geometri och täcksikt

En begränsning till vald design (4.6) av anläggningar för hantering av anrikningssand är kopplad till att verksamheten inte pågår och visst underlag kan därmed ej bekräftas. För utformningen använd information bör därför, när verksamheten startat upp, verifieras.

### **4.3.1 Dammsäkerhetsklassificering**

#### 4.3.1.1 Inledning

Dammsäkerhetsklassificering utförs i Sverige enligt miljöbalken (Dammsäkerhetsklass A, B och C) och RIDAS/ GruvRIDAS (Dammsäkerhetsklass D och E). Om en damm ej faller inom ramarna för klassificeringen benämns den U, dvs damm utan dammsäkerhetsklass (DSK).

Sedan augusti 2020 har svenska gruvföretag även börjat implementera Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM), varför en klassificering enligt detta system även redovisas.

Dammsäkerhetsklassificeringen styr och påverkar arbetet med dammsäkerhet i flera avseenden, till exempel följande:

- Dimensionering av dammarna
- Omfattning och frekvens av erforderligt underhåll av dammarna
- Myndighetsrapportering
- Tillsynsavgiftens storlek för anläggningen
- Kompetenskraven för den som utför arbetsuppgifter avseende dammsäkerhet

#### 4.3.1.2 Viscaria

Dammanläggningarna i Viscaria kommer att bestå av tre magasin (se Figur 37 och även 4.6):

- Nytt sandmagasin med tre dammar; nordvästra (NV) dammen, östra (Ö) dammen och södra (S) dammen.
- Befintligt sandmagasin med två dammar; damm A-B och B-C
- Befintligt klarningsmagasin med två dammar; damm B-D och D-E

Samtliga befintliga dammar samt Ö dammen till det nya sandmagasinet ligger uppströms Trafikverkets järnväg, vilken sträcker sig i nord-sydlig riktning från LKAB-området, alldeles nedströms de befintliga magasinens östra dammar ner till sjön Luossajärvi. Som går att utläsa av Figur 37 är utrymmet i terrängen nedströms dammarna mycket begränsat och kapaciteten att hantera höga flöden såsom dammbrottsflöden är låg. Risk för att järnvägen överströmmas och helt eller delvis spolats bort som följd av ett dammbrott är därför stor. Kapaciteten ytterligare nedströms är också begränsad av infrastruktur såsom kulvert under järnvägen till Luossajärvi, infartsvägar, E10 etc.

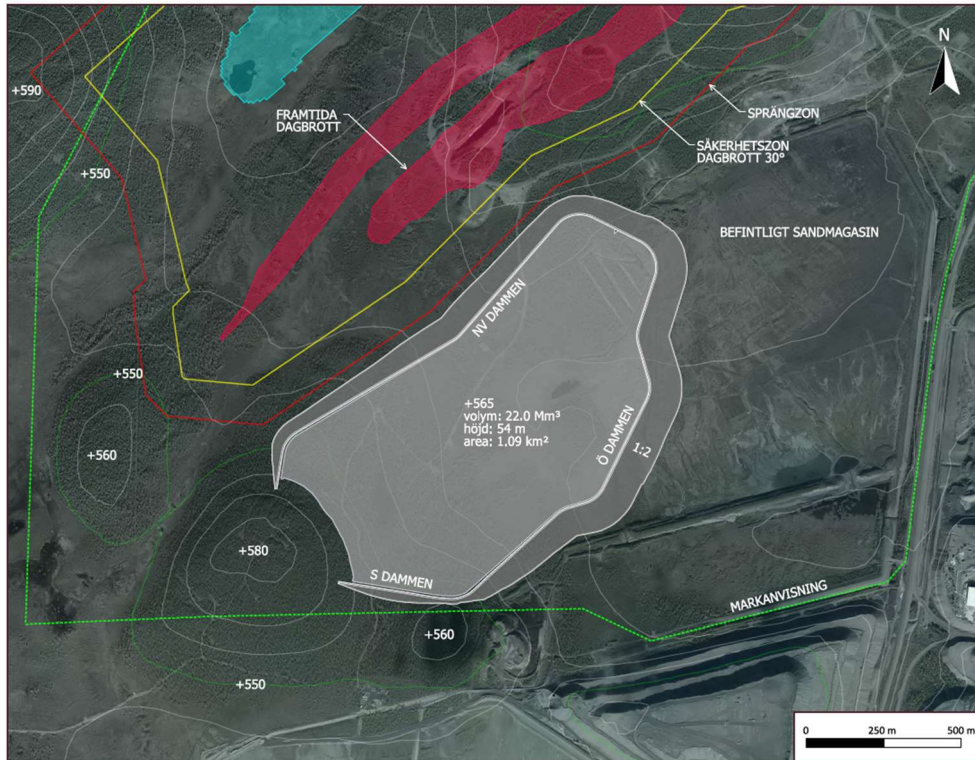
TAILINGS CONSULTANTS SCANDINAVIA AB

Niklas Östberg  
Project manager  
+46 (0) 706 – 022 157  
niklas.ostberg@tailings.se

Kungsgatan 37  
111 56 Stockholm  
SWEDEN  
www.tailings.se

Den NV dammen till nytt sandmagasin ligger uppströms framtida dagbrott i vilka det kommer att finnas personal under hela drifttiden.

Den S dammen till nytt sandmagasin bedöms ej medföra risk för människoliv vid dammhaveri, då det normalt sett ej vistas människor i området nedströms. Den potentiellt utströmmande volymen kommer för denna damm också att vara mindre, då dammens grundläggning ligger ca 40 m över grundläggningen för den Ö dammen.



**Figur 37 Översiktsplan som visar nytt sandmagasin, befintligt sand- och klarningsmagasin, Trafikverkets järnväg samt gruvans dagbrott (rött)**

Baserat på ovanstående föreslås för Viscarias dammar DSK B, enligt svenska riktlinjer och "Very high" enligt GISTM och motiveringen till detta val redovisas i följande avsnitt. Beslut om DSK A, B eller C fattas av länsstyrelsen, medan D och E fattas av dammägaren.

Dammsäkerhetsklassificeringen har utförts utan djupare utredningar eller dammbrottsberäkning. Detta då det, med hänsyn till risk för människoliv, bedöms vara tydligt vilken DSK anläggningarna bör tillhöra. En översiktlig bedömning är dock att övriga parametrar som ska beaktas, såsom påverkan på miljö, hälsosamhälle-kultur och infrastruktur-ekonomi, inte föranleder att dammarna skulle komma att klassas i en högre konsekvensklass, varför dessa ej har utretts vidare för själva dammsäkerhetsklassificeringen. En dammbrottsberäkning har dock utförts (efter att dammsäkerhetsklassificeringen gjorts) med syfte att tydligt beskriva vilka konsekvenser ett eventuellt dammbrott skulle kunna medföra, se vidare avsnitt 4.10 Dammhaveriberäkning och Bilaga A3-1 (Sweco, 2022c).



#### 4.3.1.3 Miljöbalken

Enligt miljöbalken 11 kap. 24 § ska en damm vara klassificerad i en dammsäkerhetsklass (DSK) om dammen vid ett haveri kan medföra

1. förlust av människoliv,
2. förstörelse av områden som är av riksintresse för kulturmiljövården,
3. störning i elförsörjningen,
4. förstörelse av infrastruktur,
5. förstörelse av eller störning i samhällsviktig verksamhet,
6. miljöskada, eller
7. ekonomisk skada.

Vidare, enligt 25 §, ska dammen, om haveri kan medföra någon av ovanstående, vara klassificerad i

- DSK A, om ett dammhaveri kan leda till en kris som drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner,
- DSK B, om ett dammhaveri kan leda till stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar och dammen inte ska vara klassificerad i dammsäkerhetsklass A, och
- DSK C, om dammen inte ska vara klassificerad i dammsäkerhetsklass A eller B.

Om ett dammhaveri kan medföra förlust av människoliv och risken för detta inte är försumbar, ska dammen klassificeras i DSK A eller B.

#### Motivering till val av DSK enligt Miljöbalken för dammarna i Viscaria:

Samtliga dammar, med undantag av S dammen till nytt sandmagasin, bedöms medföra risk för människoliv till följd av ett dammbrott, vilket ger att de måste tillhöra DSK A eller B. Då ett dammbrott inte bedöms "*leda till en kris som drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner*" föreslås DSK B, vilket innebär att ett dammhaveri "*kan leda till stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar*". Den tredje dammen, S dammen till nytt sandmagasin, bedöms ej leda till risk för människoliv i samband med dammbrott, varför den föreslås få DSK C. Samtliga magasin bedöms dock som helhet tillhöra DSK B och all dimensionering, för samtliga dammar, kommer att utgå från detta antagande.

#### 4.3.1.4 RIDAS/GruvRIDAS

I RIDAS redovisas DSK A-E enligt följande:

##### DSK A

Mycket stor betydelse från samhällelig synpunkt, när ett haveri kan leda till:

- En nationell kris som drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner.
- Risk för förlust av människoliv som inte är försumbar.

## DSK B

Stor betydelse från samhällelig synpunkt, när ett haveri kan leda till:

- Stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar.
- Risk för förlust av människoliv som inte är försumbar.

## DSK C

Måttlig betydelse från samhällelig synpunkt, när ett haveri kan leda till:

- Betydande lokala konsekvenser och störningar, men när
- Risken för förlust av människoliv är försumbar.

## DSK D

Liten betydelse från samhällelig synpunkt men stor betydelse för medlemsföretaget, när ett haveri kan leda till stor skada för medlemsföretaget eller enskilda intressen vad gäller egendom och andra värden.

## DSK E

Liten betydelse från samhällelig synpunkt och för medlemsföretaget när ett haveri ej kan leda till stor skada för medlemsföretaget eller enskilda intressen.

Det framgår även av RIDAS att en lång förvarningstid till områden där människor vistas som kan ge förutsättningar för dem att sätta sig i säkerhet eller bli evakuerade kan medföra att risken för människoliv kan bedömas vara försumbar (DSK C). För att så ska kunna ske bör förvarningstiden och antalet förväntade personer i översvämningssområdet vara enligt Tabell 3.

**Tabell 3 Förvarningstid och antal personer som bedöms kunna befinna sig i översvämningssområdet för att förlusten av människoliv ska kunna bedömas vara försumbar (RIDAS, 2019)**

<b>Förvarningstid</b>	<b>Förväntat antal personer i översvämningssområdet</b>
12 h	Några 10-tals personer
24 h	Några 100-tals personer
2-3 dygn	500-1 000 personer
5-7 dygn	10 000 personer

### Motivering till val av DSK enligt RIDAS för dammarna i Viscaria:

Ett dammhaveri i NV eller Ö dammen till nytt sandmagasin och samtliga dammar till befintliga magasin bedöms medföra "stor betydelse från samhällelig synpunkt med stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar samt risk för förlust av människoliv som inte är försumbar", vilket, på samma sätt som miljöbalken, ger DSK B även enligt RIDAS. Med hänsyn till att järnvägen ligger så nära dammarna är bedömningen att förvarningstiden riskeras bli kortare än 12 h och då bedöms risken för människoliv inte kunna bli försumbar. För dammbrott i S dammen

bedöms risk för människoliv vara försumbar även om ett haveri kan ge upphov till betydande lokala konsekvenser och störningar.

#### 4.3.1.5 Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM)

I det följande redovisas tabell 1 från GISTM, se Tabell 4 och Tabell 5 nedan.

**Tabell 4 Utklipp från GISTM (Table 1 Consequence Classification Matrix) som visar antal personer som potentiellt finns i utströmningsområdet (Potential Population at Risk (PAR)) respektive förlust av människoliv (Potential Loss of Life (LOL)) i samband med ett dammhaveri för respektive konsekvensklass; låg (Low) till extrem (Extreme).**

Dam Failure Consequence Classification	Potential Population at Risk	Potential Loss of Life
Low	None	None expected
Significant	1-10	Unspecified
High	10-100	Possible (1-10)
Very High	100-1 000	Likely (10-100)
Extreme	> 1 000	Many (>100)

Bedömningen av risken för människoliv har framför allt baserats på risken kopplat till järnvägen. Värsta tänkbara situation i samband med ett dammhaveri bedöms vara att ett fullsatt persontåg passerar strax efter eller när ett dammhaveri inträffar. Friluftslederna, med skidspår, skoter- och vandringsled nedströms NV dammen utgör också ett riskområde då människor regelbundet vistas där och det kan ta tid att sätta sig i

säkerhet på grund av tät björkskog och myrmark. För gruvans dagbrott förutsätts personer befinnas sig i dagbrottet under hela drifttiden.

**Tabell 5 Utklipp från GISTM (Table 1 Consequence Classification Matrix) som för respektive konsekvensklass visar nivå för skador på; miljö, hälsa-samhälle-kultur samt infrastruktur-ekonomi**

Dam Failure Consequence Classification	Incremental Losses		
	Environment	Health, Social and Cultural	Infrastructure and Economics
Low	Minimal short-term loss or deterioration of habitat or rare and endangered species.	Minimal effects and disruption of business and livelihoods. No measurable effect on human health. No disruption of heritage, recreation, community or cultural assets.	Low economic losses: area contains limited infrastructure or services. <US\$1M.
Significant	No significant loss or deterioration of habitat. Potential contamination of livestock/fauna water supply with no health effects. Process water low potential toxicity. Tailings not potentially acid generating and have low neutral leaching potential. Restoration possible within 1 to 5 years.	Significant disruption of business, service or social dislocation. Low likelihood of loss of regional heritage, recreation, community, or cultural assets. Low likelihood of health effects.	Losses to recreational facilities, seasonal workplaces, and infrequently used transportation routes. <US\$10M.
High	Significant loss or deterioration of critical habitat or rare and endangered species. Potential contamination of livestock/fauna water supply with no health effects. Process water moderately toxic. Low potential for acid rock drainage or metal leaching effects of released tailings. Potential area of impact 10 km <sup>2</sup> – 20 km <sup>2</sup> . Restoration possible but difficult and could take > 5 years.	500-1,000 people affected by disruption of business, services or social dislocation. Disruption of regional heritage, recreation, community or cultural assets. Potential for short term human health effects.	High economic losses affecting infrastructure, public transportation, and commercial facilities, or employment. Moderate relocation/compensation to communities. <US\$100M.
Very High	Major loss or deterioration of critical habitat or rare and endangered species. Process water highly toxic. High potential for acid rock drainage or metal leaching effects from released tailings. Potential area of impact > 20 km <sup>2</sup> . Restoration or compensation possible but very difficult and requires a long time (5 years to 20 years).	1,000 people affected by disruption of business, services or social dislocation for more than one year. Significant loss of national heritage, community or cultural assets. Potential for significant long-term human health effects.	Very high economic losses affecting important infrastructure or services (e.g., highway, industrial facility, storage facilities, for dangerous substances), or employment. High relocation/compensation to communities. < US\$1B.
Extreme	Catastrophic loss of critical habitat or rare and endangered species. Process water highly toxic. Very high potential for acid rock drainage or metal leaching effects from released tailings. Potential area of impact > 20 km <sup>2</sup> . Restoration or compensation in kind impossible or requires a very long time (> 20 years).	5,000 people affected by disruption of business, services or social dislocation for years. Significant National heritage or community facilities or cultural assets destroyed. Potential for severe and/or long-term human health effects.	Extreme economic losses affecting critical infrastructure or services, (e.g., hospital, major industrial complex, major storage facilities for dangerous substances) or employment. Very high relocation/compensation to communities and very high social readjustment costs. >US\$1B.

#### Motivering till val av konsekvensklass enligt GISTM för dammarna i Viscaria:

Värsta scenario för ett dammbrott med utflöde åt öster bedöms medföra risk för i storleksordningen 100-1 000 personer i ett fullsatt tåg som passerar utströmningsområdet i samband med ett haveri och därmed bedöms ca 10-100 personers liv vara i fara. Därmed föreslås dammanläggningarna ges konsekvensklass "Very High".

För NV dammen till befintligt sandmagasin kan antalet personer i riskzonen antas vara lägre med hänsyn till att det inte kommer att vara lika många människor i friluftsområdet eller i dagbrotten som på ett fullsatt persontåg. Det skulle kunna motivera konsekvensklassen "High" under förutsättning att det befinner sig mer än 10 personer i dessa områden.

För S dammen till nya sandmagasinet föreslås konsekvensklass "Significant", med hänsyn till att eventuellt 1-10 personer skulle kunna befinna sig i utströmningsområdet men att ingen bedöms riskera livet. Med hänsyn till miljökonsekvenser så bedöms ett utflöde kunna hanteras inom 1-5 år och ej lämna bestående skador.

#### 4.3.1.6 Sammanfattning dammsäkerhetsklassificering

I Tabell 6 nedan sammanfattas föreslagna dammsäkerhetsklassningar och konsekvensklassningar enligt Miljöbalken, RIDAS/GruvRIDAS och GISTM.

**Tabell 6 Sammanfattning av föreslagna dammsäkerhetsklassningar och konsekvensklassningar enligt Miljöbalken, RIDAS/GruvRIDAS och GISTM**

Magasin	Damm	Miljöbalken	RIDAS	GISTM
Nytt sandmag.	Ö dammen	B	B	High
	NV dammen	B	B	Very High
	S dammen	C	C	Significant
Bef. sandmag.	Damm A-B	B	B	Very High
	Damm B-C	B	B	Very High
Bef. klarningsmag.	Damm B-D	B	B	Very High
	Damm D-E	B	B	Very High

#### 4.3.2 Efterbehandling

Planerad efterbehandling avser torr efterbehandling, dvs samtliga magasin kommer att utformas så att ytvatten på planerat täckskikt hanteras utan utskov eller trösklar. All framtida nederbörd kommer således att hanteras som avrinning och diken på ytan kommer att ges en geomorfologisk utformning för att efterlikna naturliga bäckar och skapa erosionsstabila ytor i ett långtidsperspektiv. Därmed kommer troliga framtida klimatförändringar inte att ha någon stor inverkan på utformningen av efterbehandlingen.

Täckningen utgörs av ett tunt lager morän under ett växtetableringsskikt som vegeteras i syfte att skapa ett hedlandskap med ris, se Bilaga E2 (Geosyntec, 2022).

Dammarna för nytt sandmagasin kommer successivt att kläs in med gråberg för att skapa en geomorfologisk yttre geometri. Dammarna för befintligt sandmagasin kläs på samma sätt som nytt sandmagasin in med gråberg, där så är möjligt, efter att klarningsmagasinet tagits ur drift. Där infrastruktur utanför Copperstones område (t ex järnvägen nedströms damm A-B) påverkar möjligheten till utläggning av gråberg kommer endast begränsade åtgärder att kunna utföras.

Funktionen hos dränagesystemet för det nya sandmagasinet kommer ej krävas i ett långtidsperspektiv, varför långtidskrav ej ställs på detta. Ledningar på dammarna kommer att avlägsnas innan efterbehandling sker, medan ledningar inbyggda i dammarna kommer att lämnas kvar, även om de ej längre behövs, då dessa ej kommer att påverka efterbehandlingen.

Om sandmagasinens kapacitet ej nyttjas fullt ut kommer dammarna att grävas av så att ytvatten kan avledas. Beroende på uppfyllnadsgraden i magasinerna kommer nivån på avgrävningen av dammvallarna att variera då den anpassas efter sandytans nivå. Även klarningsmagasinets damm kommer att grävas av för att undvika att vatten däms inne.

Med detta upplägg för efterbehandlingen kommer utformningen av dammarna under driftskedet ej att anpassas till efterbehandlingen, utan gråbergsdeponeringen kommer att anpassa dammarna till efterbehandlingen.

För ytterligare information om efterbehandlingen, se Bilaga E2 (Geosyntec, 2022).

#### **4.3.3 Egenskaper ny anrikningssand**

Anrikningssanden som avses deponeras i nytt magasin kommer ej ha en bärande funktion i dammkonstruktionen. I följande stycken ges därför enbart en översiktlig beskrivning av anrikningssandens förväntade egenskaper.

##### 4.3.3.1 Mineralogi och geokemi

Den anrikningssand som kommer från den planerade brytningen i A-, B- och D-zonen kommer redan från början att innehålla lägre metallhalter (eftersom effektiviteten i anrikningsprocessen har ökat) och en högre karbonathalt (eftersom D-zonen innehåller större mängd karbonater) vilket ger en högre kvot mellan buffrande och potentiellt syrabildande egenskaper. Anrikningssanden är mycket finkornig ( $d_{80}$  ca 40-45  $\mu\text{m}$ ) och har en hög vattenhållande förmåga och är väl buffrad varför vittring efter avslutad deponering sker relativt långsamt och med en relativt hög sekundär fastläggning. Detta är visat genom de tidigare utredningar som utförts på sandmagasinet samt inom kontrollprogrammet utförda vattenprovtagningar, se Bilaga E2. (Geosyntec, 2022)

##### 4.3.3.2 Kornstorleksfördelning

Anrikningssandens kornstorleksfördelning förväntas bli densamma som anrikningssanden i befintligt sandmagasin. Kurvor för anrikningssand i befintligt magasin, samt kurvor på anrikningssand efter anrikning, redovisas Figur 35.

##### 4.3.3.3 Geotekniska egenskaper

Avseende anrikningssandens geotekniska egenskaper har det i detta projekt ej utförts nya geotekniska labförsök.



I tidigare utredningar har packningsegenskaper (Mod. Proctor), hållfasthet (via direkta skjuvförsök) och kompressionsegenskaper (via CRS) studerats på anrikningssand i befintligt sandmagasin. Resultaten sammanfattas i avsnitt 3.7.

Under 2021 utfördes CPTu-försök i de västra delarna av befintligt sandmagasin (MITTA, 2021a). Anrikningssanden påvisade mycket låga motstånd i samband med neddrivning. Av resultaten att döma är anrikningssanden mycket olämplig att använda som byggmaterial, och kommer avlägsnas inför anläggandet av nya dammar.

#### **4.4 Lokaliseringsutredning nytt magasin**

Fullständig redogörelse av lokaliseringsutredningen återfinns i rapporten: Lokaliseringsutredning – Sandmagasin vid Viscariagruvan som återfinns i Bilaga A. I följande avsnitt presenteras en sammanfattning av utredningen och en beskrivning av vald lokalisering. Den valda lokaliseringen utreds sedan vidare, vilket redovisas i avsnitt 4.5.

##### **4.4.1 Bakgrund**

Alla som bedriver en verksamhet som kan påverka mark- och/eller vattenområde är skyldiga att välja en plats som är lämplig för detta ändamål (2 kap. 6 § miljöbalken) (MB, 2021). Samma krav återkommer i den nyupprättade branschstandard Global Industry Standard on Tailings Management (Req. 3.2) (GISTM, 2020) och i BAT-kraven i EU:s Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (EU, 2018)

##### **4.4.2 Inledning**

I den lokaliseringsutredning som TCS utfört på uppdrag av Copperstone under 2021 jämförs möjliga placeringar av ett sandmagasin (inkl. klarningsmagasin) i området runt Viscariagruvan. Placeringarna bedöms därefter baserat på ett antal på förhand valda tekniska, ekonomiska och miljömässiga kriterier. Bedömningen är avsedd att utgöra stöd för Copperstone AB att fatta beslut om lämpligt huvudalternativ för placering av en anläggning för hantering av producerad anrikningssand i ett sandmagasin.

Lokaliseringsutredningen utfördes i två delar;

- del 1 – val av område och
- del 2 – placering av sandmagasin.

##### **4.4.3 Del 1 – val av område**

I utredningen utvärderades sex olika möjliga lokaliseringar för placering av ett nytt sandmagasin (inkl. klarningsmagasin), se Figur 38. Alla lokaliseringarna bedömdes utifrån följande kriterier:

- Natura 2000 och vattenförekomster samt
- avstånd till anrikningsverket, ej påverka områden med potentiellt brytvärd malm, geologiska förhållanden för anläggande av sandmagasin och påverkan på; rennärings, befintlig infrastruktur, skyddsvärd miljö,

närboende och vattenrecipient samt konsekvenser vid potentiellt dammbrott.

Den samlade bedömningen är att det är mest fördelaktigt ur både teknisk, ekonomisk och miljömässig synvinkel att nyttja befintligt sandmagasin med anslutande område i väster även för framtida deponering. TCS rekommenderar därför område 1, dvs inom området för Viscariagruvans markanvisning, se Figur 39. På detta sätt bedöms miljöpåverkan av den nya verksamheten minimeras.



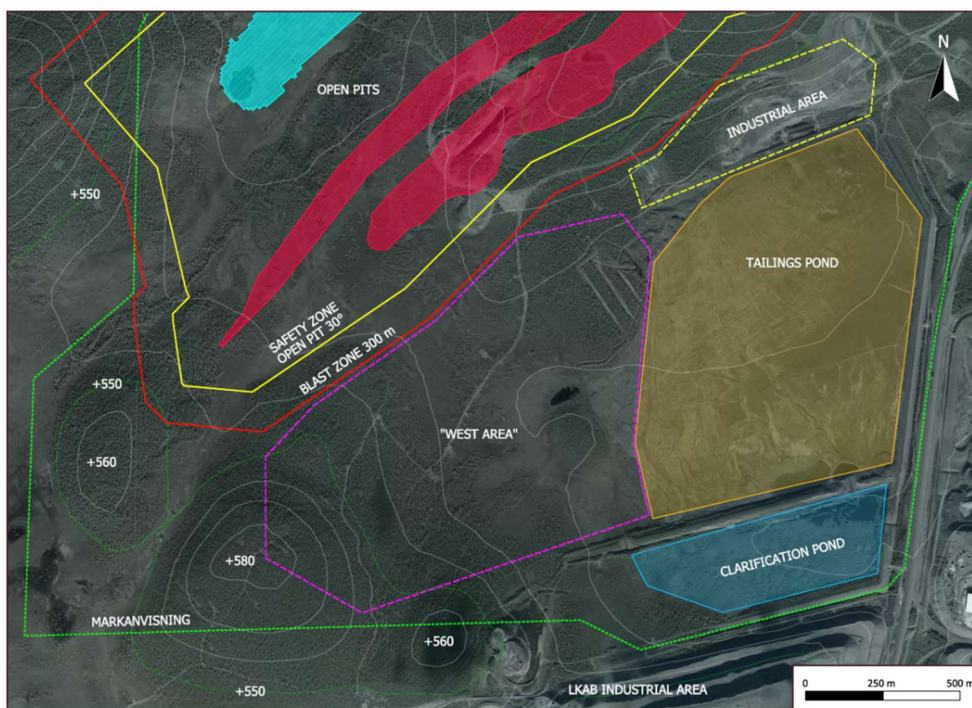
Figur 38 Studerade områden för lämplig lokalisering av sandmagasin



Figur 39 Översikt över rekommenderad lokalisering, område 1

#### 4.4.4 Del 2 – Placering av sandmagasin i område 1

Utrymmet väster om befintligt sandmagasin inom område 1 (markanvisningen), är begränsat av gruvans utbredning (inklusive säkerhetszon) i väster, industriområdet i norr, befintligt sandmagasin i öster och naturliga höjdparter i söder, se Figur 40.



**Figur 40** Översikt område 1, dvs markanvisningsområdet med; gruva/dagbrott, industriområde, befintligt sandmagasin, befintligt klarningsmagasin, järnväg, LKABs gråbergsupplag "trekanten", LKABs sandmagasin

Ett nytt sandmagasin i område 1 skulle antingen kunna nyttja befintliga dammar för deponering eller (om åtkomst önskas till befintlig sand för återanrikning) placeras utanför befintligt magasin, men nyttja befintligt klarningsmagasin för vattenhantering. Området är påverkat av tidigare gruvdrift och utgörs inte av skyddad natur. Avbördning skulle, precis som idag, kunna ske till Luossajärvi, vilket är en vattenförekomst.

Berggrunden i området utgörs huvudsakligen av basalt. Utöver den deponerade sanden utgörs jordlagret av morän och torv med lågt jorddjup (<5 m).

En renled utmärkt som svår passage löper längs västra delen av området. Området tillhör Laevas sameby.

Ett magasin placerat i område 1 blir troligen synligt från Kiruna stad och ger potentiellt damningspåverkan på närliggande bostadsområden på andra sidan Luossajärvi.

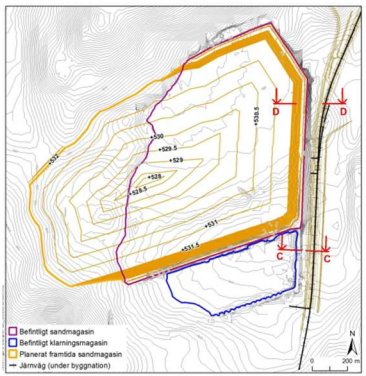
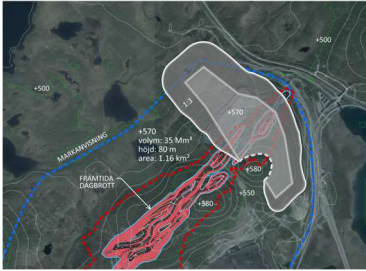



Ett potentiellt dammhaveri har potential att påverka nedströms liggande gruva och/eller järnväg med risk för förlust av människoliv som följd. Det bör dock påpekas att risken för järnvägen redan föreligger med befintliga dammar.

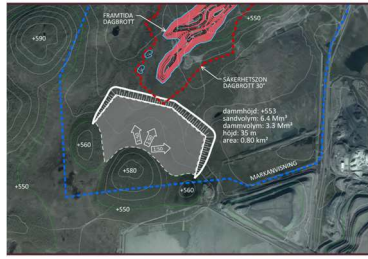
Deponering av anrikningssand inom område 1 har studerats tidigare i flera olika omgångar av tidigare ägare och nu av Copperstone. Studierna har inkluderat olika



placeringar inom området och har baserats på olika kapacitetsbehov och olika deponeringsmetoder. Samtliga alternativ, 8 st, redovisas i kronologisk ordning i Tabell 7.

**Tabell 7 Sammanställning alternativ studerade i område 1, redovisade med plan och kort fakta**

Plan för respektive alternativ	Kort fakta om respektive alternativ
 <p>Legend:  <span style="border: 1px solid purple; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Befintligt sandmagasin  <span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Befintligt slämmmagasin  <span style="border: 1px solid yellow; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Planerat fämsida sandmagasin  <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px;"></span> Järnväg (under byggnation)</p>	<p><u>Befintligt sandmagasin #1</u>            Volym: 14 Mm<sup>3</sup>            Krönhöjd: +532 m            Högsta dammhöjd: ca 33 m            Dammtyp: Inåtdamm            Deponering: förtjockad (50 vikt-%)            (Golder, 2011)</p>
	<p><u>Samdeponering norr</u>            Volym: 7,4 Mm<sup>3</sup>            Krönhöjd: +570 m            Högsta dammhöjd: ca 80 m            Dammtyp: -            Deponering: samdeponering gråberg &amp; filterpressad sand (75-85 vikt-%)            (Knighth Piesold, 2015)</p>
	<p><u>Förtjockad deponering väst #1</u>            Volym: 3,5 Mm<sup>3</sup>            Krönhöjd: +562 m            Högsta dammhöjd: ca 45 m            Dammtyp: Utåtdamm            Deponering: förtjockad (50-65 vikt-%)            (Knighth Piesold, 2015)</p>
	<p><u>Befintligt magasin #2</u>            Volym: 8,3 Mm<sup>3</sup>            Krönhöjd: +529 m            Högsta dammhöjd: ca 30 m            Dammtyp: utåtdamm (delvis anlagd på bef sand)            Deponering: förtjockad (50-65 vikt-%)            (Knighth Piesold, 2017)</p>
	<p><u>Hydraulisk deponering väst</u>            Volym: 6,4 Mm<sup>3</sup>            Krönhöjd: +553 m            Högsta dammhöjd: ca 35 m            Dammtyp: utåt/uppåtdamm            Deponering: hydraulisk deponering (&lt;40 vikt-%)            (TCS, 2018)</p>



#### Förtjockad deponering väst #2

Volym: 7 Mm<sup>3</sup>

Krönhöjd: +553 m

Högsta dammhöjd: ca 35 m

Dammtyp: utåt/uppåtbyggd

Deponering: förtjockad deponering (>50 vikt-%)

(TCS, 2018)



#### Samdeponering väst

Volym: 21,5 Mm<sup>3</sup> (anrikningssand och gråberg)

Krönhöjd: +580 m

Högsta dammhöjd: ca 62 m

Dammtyp: -

Deponering: samdeponering gråberg & filterpressad sand (>85 vikt-%)

(TCS, 2021)



#### Hydraulisk deponering väst #2

Volym: 22 Mm<sup>3</sup>

Krönhöjd: +565 m

Högsta dammhöjd: ca 54 m

Dammtyp: Utåtdamm

Deponering: hydraulisk deponering (ca 20 vikt-%)

(TCS, 2021)

Av ovanstående alternativ är det endast ett alternativ, "Hydraulisk deponering väst #2", som uppfyller kraven vad det gäller;

- Placering utanför dagbrottets utbredning
- Kapacitet för deponering av total volym för LOMP (22 Mm<sup>3</sup>)
- Möjlighet att utöka kapaciteten utöver LOMP
- Möjlighet att återanrika befintlig anrikningssand

Kapaciteten för LOMP (22 Mm<sup>3</sup>) inkluderar en säkerhetsmarginal i form av att man så långt som möjligt avser att återfylla utbrutna bergrum och dagbrott med gråberg och/ eller anrikningssand. Detta för att optimera stabiliteten under jord samt för att minimera kapacitetsbehovet vad det gäller deponering av gråberg och anrikningssand i upplag respektive sandmagasin.

#### **4.5 Alternativstudie nytt magasin**

Alternativstudien omfattar en vidare optimering av nytt sandmagasin enligt lokaliseringstudien alternativ: "Hydraulisk deponering väst #2" för kapacitetsbehovet 22 Mm<sup>3</sup>.

Tanken med det nya sandmagasinet är att det ska utgöra en utökning av befintligt sandmagasin. Hur det nya sandmagasinet samverkar med befintliga magasin (sand- och klarningsmagasin) beskrivs vidare under avsnitt 4.6. I detta avsnitt



beskrivs processen vad det gäller optimering av magasinutformning samt val av deponeringsmetod och dammdesign för det nya sandmagasinet.

#### 4.5.1 Deponeringsmetoder

Alternativstudien för magasinets utformning baserades inledningsvis på deponeringsmetod, varför de deponeringsmetoder som inkluderats i studien beskrivs först. De deponeringsmetoder som utvärderats är; förtjockad, filterpressad, hydraulisk och samdeponering med gråberg. Förtjockad och hydraulisk deponering har vidare kombinerats med olika utsläppsmetoder som direktutsläpp och spigottering. I följande avsnitt redogörs för- och nackdelar med respektive metod kopplat till förutsättningarna för Viscaria samt motivering till varför metoden valts respektive inte valts.

##### 4.5.1.1 Förtjockad deponering

Huvuddelen av tidigare genomförda studier förutsatte avvattning av slurryn genom förtjockning till en fastgodshalt >50 vikt-%. Därför undersökte även TCS möjligheten att förtjockad deponering kunde vara aktuellt för nuvarande projekt.

Under projektets gång har magnetitutvinning utretts, även om projektet tills vidare baseras på att magnetitutvinning ej kommer att ske. För magnetitutvinning krävs en förtjockare i anrikningsverket för att recirkulera så mycket vatten som möjligt inom processen. Mängden anrikningssand påverkas även vid magnetitutvinning genom att en avsevärt större mängd produkt tas ut och mängden anrikningssand då minskar. Genom att designa systemet för enbart kopparutvinning, dvs ingen magnetitutvinning, så erhålls dock en konservativ lösning som kan hantera en större mängd vatten och anrikningssand ut från anrikningsverket jämfört med om magnetitutvinning blir aktuellt. En omställning i efterhand till magnetitutvinning är sedan vid behov möjlig.

För projektet studerades förtjockad deponering genom placering av förtjockare på tre ställen; invid anrikningsverket, höjden Nikhågobba (i magasinets sydvästra del) och på dammkrön i magasinets norra del (närmst anrikningsverket). Dessa tre placeringar kombinerades sedan med olika utsläppspunkter; direktutsläpp från Nikhågobba och/eller från norra dammkrönet samt spigottering från nordvästra delen av magasinet. Se vidare under avsnitt 4.5.2.

För deponering av förtjockad anrikningssand har en genomsnittlig sandlutning för deponerad anrikningssand om 3% antagits. Vilken lutning som erhålls beror till stor del på fastgodshalten ut från förtjockaren och hur konstant den kan hållas, vilket i sin tur beror på flödet in till förtjockaren.

Förtjockad deponering innebär en stor investeringskostnad initialt samt en relativt hög driftkostnad i form av personal som kan sköta den. Vid problem med förtjockaren, driftstopp och/eller underhåll måste ett backup-system finnas, vilket gör systemet för förtjockad deponering mer känsligt än till exempel hydraulisk deponering.

Vid förtjockad deponering behöver övrigt påverkat vatten i verksamheten (gruvvatten och vatten från industriområde och gråbergssupplag) hanteras separat, dvs man vill inte blanda detta vatten med anrikningssanden.

Slutsats: Förtjockad deponering bedöms, trots den höga investeringskostnaden, vara ett möjligt alternativ, varför metoden tas vidare till utredningen om magasinalternativ, se vidare 4.5.2.

#### 4.5.1.2 Filterpressad anrikningssand

Anrikningssanden från den planerade produktionen förväntas ha samma egenskaper som befintlig anrikningssand deponerad i befintligt sandmagasin. Det innebär att den kommer att ha en hög finjordshalt, vilket medför att det blir svårt att filtrera sanden så pass mycket att fastgodshalten på deponeringsmaterialet blir tillräckligt hög för att kunna transportera materialet på lastbil/truck alternativt transportband. Det har också visat sig att anrikningssanden har förhållandevis höga halter av talk, vilket i sig också riskerar att försvåra filterpressningsprocessen.

Systemet för filterpressad deponering kräver en förtjockare och filterpressar, vilket medför att det är ett relativt känsligt system. Vid problem med förtjockaren eller filterpressarna, driftstopp och/eller underhåll blir det stopp i produktionen om det inte finns ett backup-system.

Slutligen innebär transport av materialet upp till sandmagasinet med dumper och utläggning med hjälp av schaktmaskin och vält en förhållandevis dyr hantering jämfört med att pumpa ut det på magasinet. Utlagt material måste omgående packas och överytan bomberas för att säkerställa att minimal nederbörd infiltrerar i materialet och gör det vattenmättat. Vattenmättad, packad filterpressad sand kan vid ökad belastning riskera att förlora sin hållfasthet och liquifiera.

Damningsrisken med ett torrt upplag måste även hanteras, även om det kan förväntas att välpackad filterpressad anrikningssand ej orsakar damning i någon större omfattning.

Slutsats: Metoden filterpressad anrikningssand bedöms vara svår med hänsyn till anrikningssandens egenskaper, d v s risken bedöms vara mycket hög för att önskat resultat ej kan uppnås (truckbar sand), samtidigt som investeringskostnaden är hög. Därför utesluts filterpressad sand som lämplig deponeringsmetod.

#### 4.5.1.3 Hydraulisk deponering

Hydraulisk deponering är den enklaste formen för deponering av anrikningssand. Den innebär en deponering med relativt sett låg fastgodshalt, vilken kan variera mellan ca 10-50-vikt%. Normalt sett används minst två ledningar för att ge redundans och möjlighet att flytta deponeringspunkten vid behov, vilket ger ett flexibelt system med hänsyn till driftstörningar. Utrustningen, ledningar och pumpar, medför relativt sett låga investeringskostnader. Hydraulisk deponering innebär att sandslurryn släpps ut i en punkt från vilket flödet sprids och sandkornen sedimenterar successivt från utsläppspunkten beroende på flödesmängd, flödes hastighet, fastgodshalt och korndensitet.

Hydraulisk deponering är ett enkelt system, även om det kan utvecklas genom att utöka antalet deponeringspunkter till deponering med spigotter och spraybar. Spigottering används idag vid flera anläggningar i Sverige, medan spraybards inte förekommer i Sverige. Spraybar innebär att flödet från en spigott delas upp på ytterligare delflöden. Detta för att minska flödet och flödes hastigheten ytterligare och därmed öka andelen sandkorn som sedimenterar nära utsläppspunkten.

Hydraulisk deponering medför, relativt sett, låga investeringskostnader och, genom att det är ett enkelt system, även relativt sett låga driftkostnader. Stopp, driftstörningar och underhåll bedöms kunna ha en liten inverkan på driften av deponeringen.

Beroende på vilka krav som ställs på den deponerade anrikningssanden, främst om den (beachen) ingår som en del i dammkroppen eller ej, kan deponering även ske med en låg fastgodshalt. I Viscaria, där deponerad anrikningssand ej ingår som en del i dammkroppen (jämför avsnitt 4.5.3), bedöms det vara en fördel om övrigt påverkat vatten i verksamheten kan blandas med sanden för att på så sätt erhålla en viss fastläggning av partiklar i vattnet på sandkornen och därmed erhålla en viss rening av vattnet.

För Viscariaprojektet har hydraulisk deponering utretts som ett alternativ till förtjockad deponering. Potentiella utsläppspunkter har på samma sätt som för förtjockad deponering bedömts vara; direktutsläpp från Nikhågobba och/eller från norra dammkrönet samt spigottering från nordvästra delen av magasinet. Vid en, eller få, utsläppspunkter kan en låg fastgodshalt vara fördelaktigt med hänsyn till att en flackare sandlutning då erhålls vilket ger ett mer effektivt utnyttjande av magasinskapaciteten. Fler utsläppspunkter är normalt ett sätt att effektivare fördela sanden i magasinet om det inte är för att bygga upp en stabil beach om denna ingår som en del i dammens konstruktion.

Slutsats: Hydraulisk deponering bedöms vara ett intressant alternativ till förtjockad deponering med hänsyn till investeringskostnader, men framför allt driftsäkerhet. Deponeringssystemet är även flexibelt vad det gäller fastgodshalt och flöden även om pumparna har vissa begränsningar.

#### 4.5.1.4 Samdeponering av anrikningssand och gråberg

Inom gruvindustrin används vanligtvis samdeponering som ett samlingsbegrepp för deponeringsmetoder där anrikningssand på något sätt deponeras tillsammans med gråberg. Det finns flera olika metoder för hur detta kan genomföras. På engelska förekommer flera begrepp som beskriver olika typer av samdeponeringsmetoder. De tre vanligaste begreppen är "co-disposal", "co-placement" och "co-mingling". Definitionen av de olika begreppen skiljer sig dock i olika källor. Det går däremot att dela in samdeponeringsmetoderna i tre olika huvudtyper. Principerna för dessa är:

- 1) Anrikningssand blandas med gråberg innan transport till ett upplag, där blandningen av materialen deponeras,
- 2) Anrikningssand och gråberg transporteras separat till ett gemensamt upplag och blandas innan det deponeras på upplaget,
- 3) Anrikningssand och gråberg deponeras separat på ett upplag invid varandra, så de tillåts blandas på deponiområdet (utan aktiv blandning).

En fördel med samdeponering är att det kan begränsa uppkomsten av surt lakvatten genom att minska permeabiliteten för gråberget (om sanden blandas in i gråberget). Dessutom kan samdeponering ge ett mindre fotavtryck jämfört med när två separata upplag används genom att anrikningssanden fyller ut gråbergets

porvolym. Generellt kan man säga att syftet med samdeponering är att skapa ett material med gråbergets hållfasthet och anrikningssandens permeabilitet.

Teoretiskt sett är samdeponering en mycket bra lösning, men en nackdel är att det i praktiken ofta är svårt att uppnå ett system för samdeponering som är kostnadseffektivt.

**Slutsats:** Samdeponering skulle kunna vara en lämplig metod för Viscaria med hänsyn till att projektet genererar stora mängder gråberg. Svårigheten ligger dock i anrikningssanden, vilken är mycket finkornig. Normalt sett bör anrikningssanden filterpressas (avsnitt 4.5.1.2) för att kunna transporteras till upplaget för samdeponering. Med hänsyn till svårigheterna att filterpressa anrikningssanden samt svårigheten att erhålla ett kostnadseffektivt system, i kombination med att det inte finns så många anläggningar i praktiken som nyttjar denna metod och därmed begränsad kunskap och erfarenhet, så togs beslut att inte utreda denna metod ytterligare.

#### 4.5.1.5 Slutsats deponeringsmetod

För magasinsutformningen valdes i samråd med Copperstone att vidare utreda;

- förtjockad deponering med tre olika placeringar av förtjockaren i kombination med tre olika utsläppspunkter, samt
- hydraulisk deponering med låg fastgodshalt (ca <20-vikt% med hänsyn till inblandning av påverkat vatten) med tre olika utsläppspunkter.

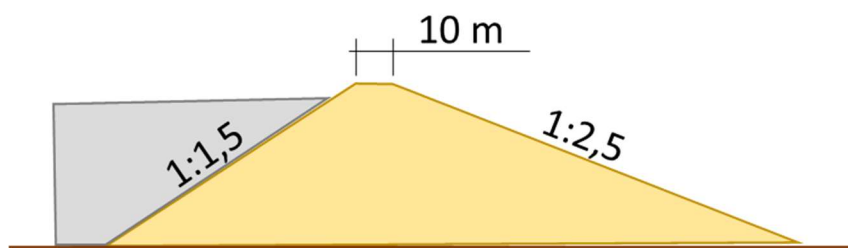
Kombinationerna av dessa gav de alternativ som studerades för magasinsutformningen, se efterföljande avsnitt.

### 4.5.2 Magasinsutformning

Studien av alternativa magasinsutformningar har skett i ett antal steg, vilka redovisas i kronologisk ordning i följande avsnitt.

#### 4.5.2.1 Fas 1 – 6 olika alternativ med förtjockad deponering



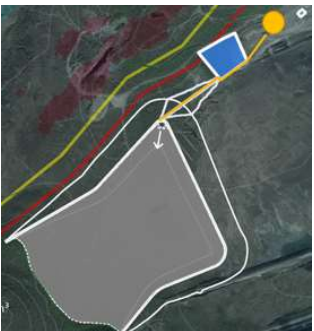

I denna första delstudie studerades sex olika alternativ med förtjockad deponering där följande parametrar kombinerades på olika sätt; förtjockarens placering, utsläppspunkt och deponering med direktutsläpp eller genom spigottering. I denna fas har omgivande dammar antagits en ytterkontur med 10 m brett dammkrön, uppströmsslänt 1:1,5 och nedströmsslänt 1:2,5, se Figur 41.





**Figur 41 Schematisk sektion av, i denna fas, antagen dammsektion**

I Tabell 8 nedan redovisas kortfattade fakta för respektive alternativ.

**Tabell 8 Sammanställning av fakta för sex studerade alternativ i fas 1**

Nr	Översiktsplan alternativ	Fakta om alternativ
1		<p>Placering förtjockare: Nikhågobba (söder/kulle)                      Deponeringsmetod: direktutsläpp                      Sandledningslängd: 2,3 km                      Sandlutning: 3%                      Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)                      Högsta dammhöjd: ca 35 m                      Dammkroppsvolym: 5,2 Mm<sup>3</sup></p>
2		<p>Placering förtjockare: Dammkrön (norr/damm)                      Deponeringsmetod: direktutsläpp                      Sandledningslängd: 0,8 km                      Sandlutning: 3%                      Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)                      Högsta dammhöjd: ca 62 m                      Dammkroppsvolym: 11,3 Mm<sup>3</sup></p>
3		<p>Placering förtjockare: Anrikningsverk (norr/verk)                      Deponeringsmetod: direktutsläpp                      Sandledningslängd: 0,8 km                      Sandlutning: 3%                      Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)                      Högsta dammhöjd: ca 62 m                      Dammkroppsvolym: 11,3 Mm<sup>3</sup></p>
4		<p>Placering förtjockare: Dammkrön (norr/damm)                      Deponeringsmetod: spigottering NV dammen                      Sandledningslängd: 2,2 km                      Sandlutning: 3%                      Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)                      Högsta dammhöjd: ca 55 m                      Dammkroppsvolym: 11,8 Mm<sup>3</sup></p>



5		<p>Placering förtjockare: Dammkrön (norr/damm)  Deponeringsmetod: spigottering NV dammen &amp; Nikhågobba  Sandledningslängd: 2,5 km  Sandlutning: 3%  Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)  Högsta dammhöjd: ca 54 m  Dammkroppsvolym: 11,3 Mm<sup>3</sup></p>
6		<p>Placering förtjockare: Nikhågobba (söder/kulle)  Deponeringsmetod: spigottering Nikhågobba &amp; NV dammen  Sandledningslängd: 2,4 km  Sandlutning: 3%  Fribord dammkrön-sand: min 0,5 m, max 5 m (lutande dammkrön efter sandyta)  Högsta dammhöjd: ca 43 m  Dammkroppsvolym: 8,0 Mm<sup>3</sup></p>

En utvärdering i form av en relativ jämförelse av ovanstående alternativ redovisas i Tabell 9 nedan. Utifrån gemensamma diskussioner med Copperstone fattades beslutet att det var intressant att vidare studera alternativ 1 och 3 med hydraulisk deponering med direktutsläpp, se fas 2 (4.5.2.2). Motiveringen till detta beslut var främst att:

- Hydraulisk deponering är en enkel och flexibel lösning som dessutom ger möjlighet till inblandning av övrigt påverkat vatten i verksamheten och på så sätt erhålla en viss rening av vattnet genom fastläggning på sandkornen.
- Direktutsläpp ger enklast möjliga driftförutsättningar och med inblandning av vatten och en låg fastgodshalt erhållas en flack sandlutning och därmed ett effektivt utnyttjande av magasinskapaciteten utan att använda många utsläppspunkter.

**Tabell 9 Sammanställning av relativ utvärdering av sex alternativ i fas 1.**  
(Grön = bäst, ljusorange = näst bäst, orange = mindre bra, mörkorange = minst bra)

Nr	Placering förtjockare	Nivå	Deponering	Lednings-längd	Höjd damm	Volym damm	Grundläggningsarea
1	Söder/kulle	+580	direktutsläpp	2,3 km	35 m	5,2 Mm <sup>3</sup>	0,370 Mm <sup>2</sup>
2	Norr/damm	+584	direktutsläpp	0,8 km	62 m	11,3 Mm <sup>3</sup>	0,470 Mm <sup>2</sup>
3	Norr/verk	+532	direktutsläpp	0,8 km	62 m	11,3 Mm <sup>3</sup>	0,470 Mm <sup>2</sup>
4	Norr/damm	+532/ +584	Spigottering	2,2 km	55 m	11,8 Mm <sup>3</sup>	0,520 Mm <sup>2</sup>
5	Norr/damm	+532/ +584	Spigottering	2,5 km	54 m	11,3 Mm <sup>3</sup>	0,515 Mm <sup>2</sup>
6	Söder/kulle	+573	Spigottering	2,4 km	43 m	8,0 Mm <sup>3</sup>	0,450 Mm <sup>2</sup>

#### 4.5.2.2 Fas 2 – utveckling av alternativ 1 och 3

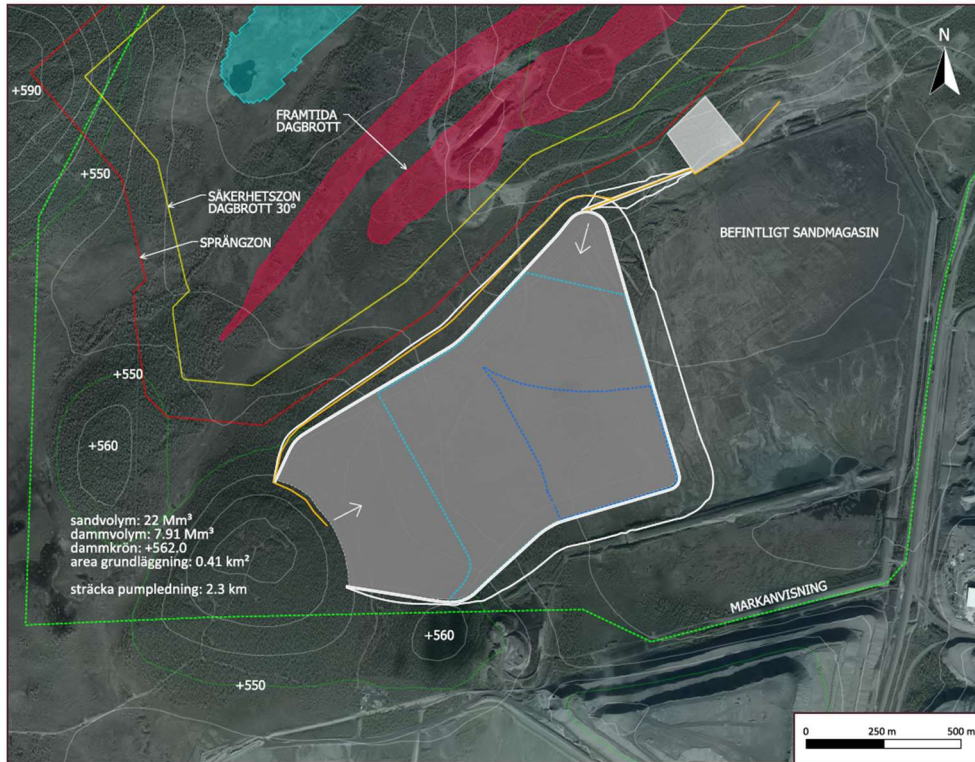
I fas 2 av alternativstudien studerades hydraulisk deponering genom direktutsläpp. Konventionell hydraulisk deponering med direktutsläpp är den enklaste och mest effektiva deponeringsmetoden. Den är även enklare och billigare i drift och spigottering ger inte direkt några egentliga fördelar (jämför Tabell 9).

De två alternativen som tagits vidare; alternativ 1 och 3, studeras här för samma kapacitet, dvs 22 Mm<sup>3</sup>. Alternativen har justerats till följande:

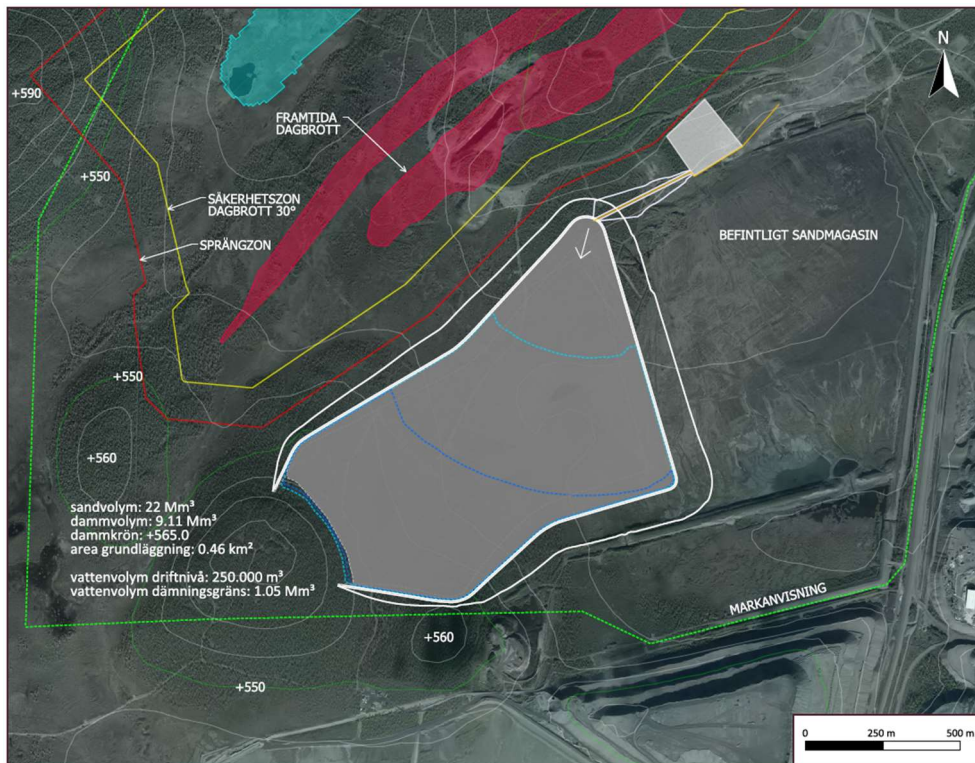
- Alternativ 1: Hydraulisk deponering från både Nikhågobba i söder och dammkrön i norr ger ett magasin med en vattenspegel i öster, se Figur 42.
- Alternativ 3: Hydraulisk deponering från dammkrön i norr ger ett magasin med en vattenspegel i söder, se Figur 43.

I Tabell 10 nedan redovisas kortfattat fakta för de båda alternativen och i Tabell 11 en utvärdering i form av en relativ jämförelse av alternativen. I den senare tabellen (Tabell 11) har både startdamm och slutlig damm jämförts. Startdammen har dimensionerats för att ge en kapacitet för 3 års deponering. Vattenvolymer vid driftnivå (DN) och dämningssgräns (DG) har också tagits fram i syfte att bedöma och jämföra möjligheten att buffra vatten i samband med ett dimensionerande flöde (Klass 1-flöde). Driftnivå har definierats som 3,5 m under dammkrön och dämningssgränsen som 2,0 m under. Regleringsmöjligheten däremellan blir således 1,5 m och bedöms vara stor i båda fallen, dock som störst för alternativ 3 med deponering endast från en utsläppspunkt i norr.

För att eventuellt kunna särskålla anrikningssand från D-malmen, vilken eventuellt skulle kunna bli aktuell att återanrika för utvinning av magnetit, har en avdelande vall i magasinet studerats. I aktuell utredning har den benämns för "OPTION". Vallens syfte är att vara en genomsläpplig vall av gråberg för att särskålla anrikningssand med respektive utan magnetit för potentiell återanrikning av den senare. Vallen, om den anläggs, ska klara 3 års produktion, därefter kan magnetit utvinnas direkt i processen i samband med kopparutvinningen, innan deponering av anrikningssanden sker. För alternativ 1 med två utsläppspunkter blir vallen något mindre genom att den kan dras tvärs över magasinet, medan den för alternativ 3 blir lite längre då den måste dras diagonalt över magasinet för att deponering av båda typerna av anrikningssand ska kunna deponeras från samma utsläppspunkt i norr. Se Figur 44 som visar vallens placering i alternativ 1 och 3.



**Figur 42** Översiktsplan alternativ 1, hydraulisk deponering, direktutsläpp från söder och norr



**Figur 43** Översiktsplan alternativ 3, hydraulisk deponering, direktutsläpp från norr



Tabell 10 Sammanställning av fakta för alternativ 1 och 2 i alternativstudiens fas 2

Nr	Översiktsplan alternativ	Fakta om alternativ
1		<p>Deponering från: dammkrön i norr och Nihågobba (Norr &amp; kulle)</p> <p>Deponeringsmetod: direktutsläpp från 2 punkter</p> <p>Sandledningslängd: 2,3 km</p> <p>Sandlutning: 1:200</p> <p>Krönnivå damm: +562 m</p> <p>Dammkroppsvoly: 9,2 Mm<sup>3</sup></p>
3		<p>Deponering från: Dammkrön i norr (Norr)</p> <p>Deponeringsmetod: direktutsläpp från 1 punkt</p> <p>Sandledningslängd: 0,8 km</p> <p>Sandlutning: 1:200</p> <p>Krönnivå damm: +565 m</p> <p>Dammkroppsvoly: 10,6 Mm<sup>3</sup></p>

Tabell 11 Sammanställning av relativ utvärdering av alternativ 1 och 3 i alternativstudie fas 2. (Grön = bäst, ljusorange = näst bäst, orange = mindre bra, mörkorange = minst bra)

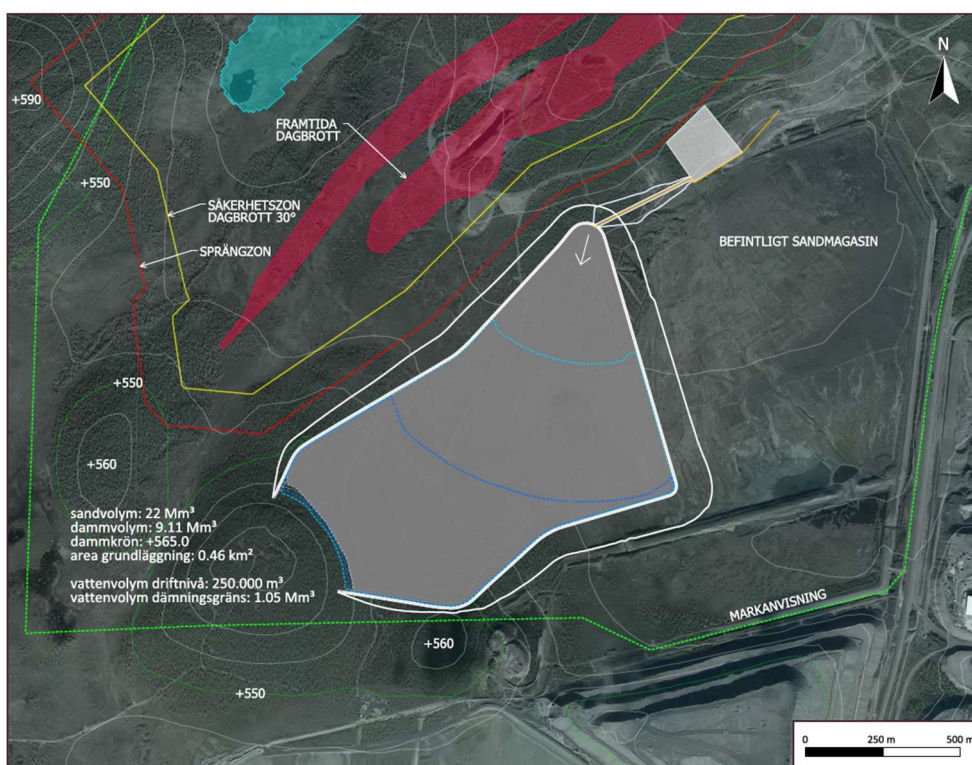
Alt	Dep punkt	Damm-krön	Sand volym	Krön-nivå	Damm-voly	OPTION vall	Vatten volym DN	Vatten volym DG	Längd ledning
1	Norr & kulle	Start-damm	6,5 Mm <sup>3</sup>	+539	5,4 Mm <sup>3</sup>	0,55 Mm <sup>3</sup>			
		Slutligt dammkrön	22 Mm <sup>3</sup>	+562	9,2 Mm <sup>3</sup>		0,09 Mm <sup>3</sup>	0,66 Mm <sup>3</sup>	2,3 km
3	Norr	Start-damm	6,5 Mm <sup>3</sup>	+539	5,8 Mm <sup>3</sup>	0,65 Mm <sup>3</sup>			
		Slutligt dammkrön	22 Mm <sup>3</sup>	+565	10,6 Mm <sup>3</sup>		1,0 Mm <sup>3</sup>	2,0 Mm <sup>3</sup>	0,8 km



Figur 44 Översiktsplan startdammar (3 års produktion) för alternativ 1 och 3 – OPTION vall för eventuell sårhållen deponering av anrikningssand från D-malmen under de inledande 3 åren

Utifrån gemensamma diskussioner och utvärdering av alternativen med Copperstone fattades beslutet att det var intressant att vidare studera och optimera alternativ 3. Fördelen med två utsläppspunkter, dvs en jämnare deponering i magasinet och därmed en något lägre nivå för dammkrönet, bedömdes inte väga upp kostnaden för en längre sandledning till höjdpartiet i söder, Nikhågobba. Alternativ 3 ger också en något bättre lagringskapacitet för höga flöden, dvs dämpning av vatten i samband med dimensionerande flöde, vilket bedöms vara viktigt med hänsyn till de begränsade flödesvägar som finns nedströms befintliga magasin. Befintligt sand- och klarningsmagasin har begränsade möjligheter att dämpa höga flöden.

Slutlig utformning från fas 2 har i projektet benämnts layout 1.31, se Figur 45.



**Figur 45 Översiktlig plan för designalternativ 1.31**

#### 4.5.2.3 Fas 3 – optimering av alternativ 3

Det är framför allt två delar som har lett till en justering av magasinutformningen för alternativ 3:

- Spetsigt dammhörn i norr
- Grundläggning i sydost

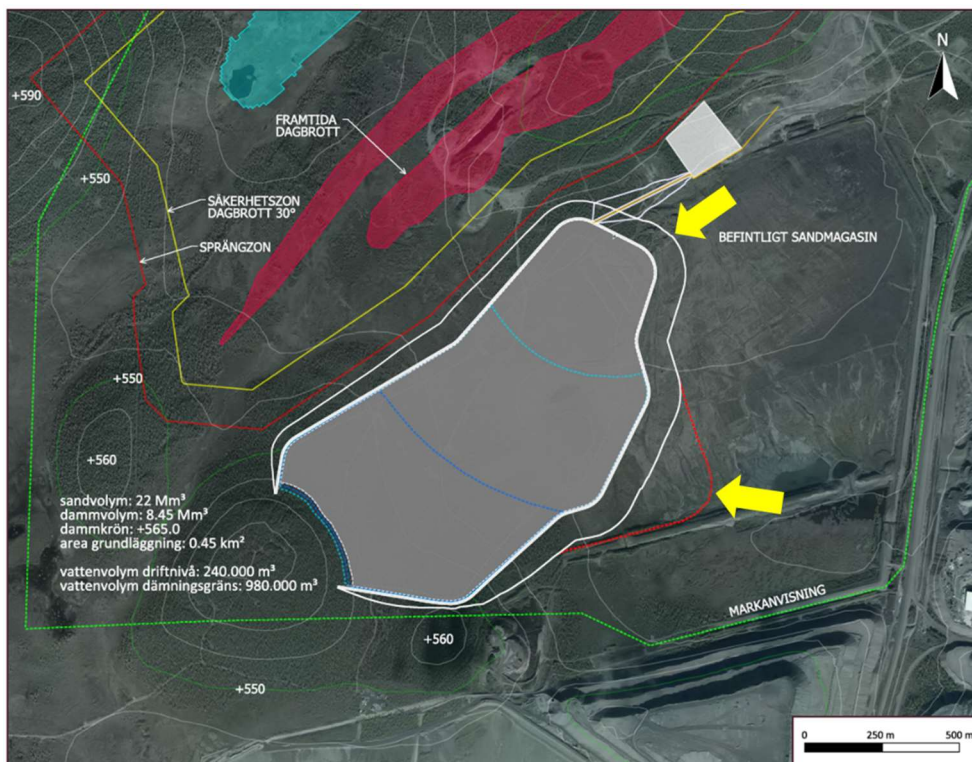
Spetsiga hörn på dammar medför en risk för att dragspänningar kan uppstå i hörnet vilka reducerar hållfastheten för dammen genom att dammen kan ta upp lägre spänningar. Dammsträckningen har därför justerats så att hörn med vinklar mindre än 90° undviks.

Utifrån utförda markundersökningar (se avsnitt 3.5) så konstaterades det att befintlig deponerad anrikningssand i området för det nya sandmagasinet sydöstra



hörn har relativt tjock mäktighet. För att undvika en dyr grundläggning med flera meters schakt justerades dammsträckningen även i detta område.

Justerad utformning av magasinet visas i Figur 46. Detta designalternativ benämns 1.41 inom projektet. En jämförelse av de två alternativen (layout 1.31 och 1.41) visar att de har båda samma kapacitet för deponerad anrikningssand, men det senare alternativet har något sämre kapacitet att hålla vatten (dvs buffra ett dimensionerande flöde). Det senare alternativet är dock bättre ekonomiskt då den totala dammkroppsvolymen är ca 0,5 Mm<sup>3</sup> lägre. I Tabell 12 redovisas en jämförelse av några parametrar för alternativ 3 (layout 1.31) och optimeringen av alternativ 3 (layout 1.41).



**Figur 46** Översiktlig plan för optimerat alternativ 3, även benämnd layout 1.41 (gula pilarna pekar på de områden som justerats utifrån designalternativ 1.31)

**Tabell 12** Jämförelse av alternativ 3 (layout 1.31) och optimering av alternativ 3 (layout 1.41) i alternativstudie fas 3. Grön = bättre, orange = sämre

Alt	Sand volym	Krön-nivå	Dammkroppsvolym	Area grundläggning	Vatten volym DN	Vatten volym DG
1.31	22 Mm <sup>3</sup>	+565	9,11 Mm <sup>3</sup>	0,46 Mm <sup>3</sup>	0,25 Mm <sup>3</sup>	1,05 Mm <sup>3</sup>
1.41	22 Mm <sup>3</sup>	+565	8,45 Mm <sup>3</sup>	0,45 Mm <sup>3</sup>	0,24 Mm <sup>3</sup>	0,98 Mm <sup>3</sup>

#### 4.5.2.4 Slutsats magasinsutformning

Utformningen av det nya sandmagasinet har tagit hänsyn till yttre begränsningar (i enlighet med lokaliseringsstudien, se avsnitt 4.4), erforderlig kapacitet, deponeringsmetod (i enlighet med avsnitt 4.5.1), markförhållanden och grundläggning samt dammstabilitet (undvika spetsiga hörn). Den optimerade

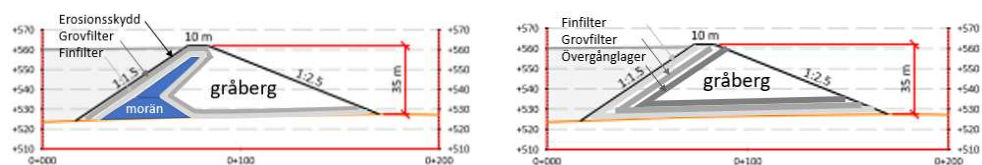
utformningen av alternativ 3 visas i Figur 46 och benämns inom projektet: layout 1.41.

### 4.5.3 Dammdesign

Den anrikningssand som ska deponeras är finkornig (jämför avsnitt 4.3.3) och bedöms ha en för hög finjordshalt för att användas som konstruktionsmaterial i den strukturella delen av dammkroppen. Inåt- eller uppåtdamm har därför ej tagits med i alternativstudien. De två basalternativ som studerats har varit två varianter av utåtdamm;

- a) Tät utåtdamm med tätkärna av morän
- b) Dränerande utåtdamm med filter av krossmaterial

Principiella sektioner för dessa två alternativ visas i Figur 47. Den täta sektionen omfattar en tätkärna av morän (blå zon) med fin- och grovfilter uppströms och nedströms samt under stödfyll, d v s mellan grundläggning (morän) och stödfyll. Stödfyllen utgörs av osorterat gråberg och uppströms erosionskydd av sorterat gråberg. Den dränerande sektionen omfattar från uppströmssidan räknat; finfilter, grovfilter, dränagelager och osorterat gråberg. Uppströmsslätten kommer, även för denna sektion, att behöva ett skyddslager för att förhindra skador på finfiltret.



Figur 47 Principiella typsektioner för tät respektive dränerande utåtdamm

Med hänsyn till att bra morän är tidskrävande (och dyrt) att få fram samt att anläggningssäsongen för morän är kort i Kiruna, så beslutades att en dränerande sektion är bästa lösningen. Deponeringen av anrikningssand är ej beroende av om dammen är dränerande eller tät. Den finkorniga anrikningssanden kommer att binda porvatten oavsett, vilket baseras på erfarenhet från befintligt deponerad sand (även om dammen har grävts av så dräneras inte sanden ut). En optimering av denna sektion har därför utförts.

#### 4.5.3.1 Optimering av dränerande dammsektion

Optimering av dammsektionen har utförts i två steg där det första steget är optimering inför stabilitetsberäkningar (avsnitt 4.8) och det andra steget efter utförda stabilitetsberäkningar.

Den dränerade dammens funktion för det nya sandmagasinet kan generellt beskrivas utifrån följande fyra punkter, dvs att dammen ska:

- innehålla deponerad anrikningssand
- dränera ut process- och nederbördsvatten
- dämna, dvs dämpa, dimensionerande flöde (Klass 1-flöde)
- uppfylla gällande stabilitetskrav (se vidare avsnitt 4.8)

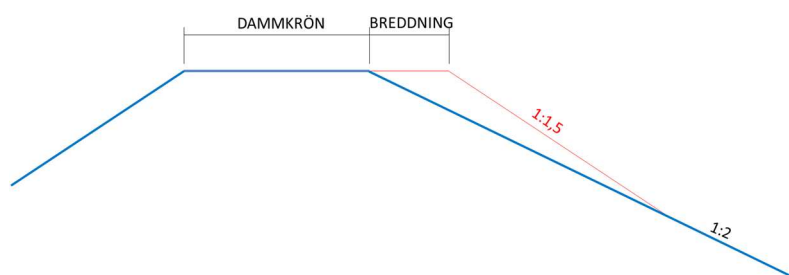
Under normala driftförhållanden föreligger inte något behov av att sandmagasinet ska hålla vatten. Dammen föreslås därför utformas för att det normala vattentillflödet ska kunna dränera genom dammen. Dränagevattnet samlas upp i ett dränagesystem för att därifrån kunna pumpas till klarningsmagasinet för vidare hantering (se vidare avsnitt 4.6.7). Detta medför att dammen behöver ha ett dränagesystem med följande funktioner:

- Säkerställa uppsamling av allt dränagevatten
- Ha tillräcklig dränagekapacitet, inklusive viss redundans
- Tillgänglighet för underhåll

Baserat på ovanstående underlag har den dränerande dammen optimerats framför allt med hänsyn till:

- Bredd på dammkrön, baserat på verksamhetens behov
- Nedströmssläntlutning, vad behövs med hänsyn till stabilitet (då nedströmsslänt för efterbehandlingen utgörs av att gråbergssupplag ansluts mot dammens nedströmsslänt)
- Filtrerande funktion, med hänsyn till att det är svårt att krossa fram finfilter som uppfyller gällande filterkriterier samt att deponerad anrikningssand har hög finjordshalt, dvs är finkornig
- Tåstenens utformning och behov av körbana/ledningsvall nedströms dammen

Vad det gäller dammkrönets bredd anses 5 m vara minimum. Utöver 5 m bredd, och tidigare antagen krönbredd om 10 m bredd, har även 7 m studerats. Dammkrönets bredd påverkar dammens totala volym, relativt sett, mycket, dvs om krönet breddas 1 m så medför det att hela nedströmsslänten breddas 1 m. Med hänsyn till att den extra stödfyllen inte erfordras för dammens stabilitet har en alternativ utformning av krönet enligt Figur 48 föreslagits, dvs att erforderligt dammkrön för stabiliteten breddas genom att nedströmsslänten tillåts vara brantare lokalt i anslutning till dammkrönet (röd linje i Figur 48). Med denna utformning föreslås dammkrönets bredd vara 5 + 2 m brett, dvs total 7 m.



**Figur 48 Principiell utformning av dammkrön där erforderlig krönbredd erhålls genom att nedströmsslänten brantas upp (röd linje) lokalt i anslutning till krönet**

Nedströms släntlutning antogs inledningsvis ha en lutning 1:2,5. Med hänsyn till att stabiliteten ej kräver så flack lutning och att den inte är tillräckligt flack för efterbehandling beslutades att slänten kan brantas upp till lutning 1:2. För den geomorfologiska efterbehandlingen, med gråbergssupplag som ansluter mot

dammen, kommer en genomsnittlig släntlutning om ca 1:5 eftersträvas, se Bilaga A4 (VAST, 2022). Därmed har dammens nedströms släntlutning under drift inte någon betydelse får ett längre tidsperspektiv.

Inledningsvis valdes att lägga en geotextil uppströms finfiltret för att kunna minska något på kraven på finfiltret med anledning av att det ofta är svårt, och dyrt, att krossa fram finfilter samt att nyttja naturgrus inte är en hållbar lösning. Geotextilens funktion avsågs då vara att säkerställa att anrikningssand ej kunde transporteras genom dammen. Med hänsyn till att anrikningssanden är så finkornig bedömdes det finnas risk för att sanden skulle kunna sätta igen geotextilen. Detta bedömdes dock inte påverka dammen eller geotextilens funktion med hänsyn till att "igensättningen" inte kan bli tätare än den deponerade anrikningssanden. I ett långtidsperspektiv behövs inte längre geotextilens funktion, varför det inte gör något om den degraderar över tid. Sandmagasinet kommer att täckas och det vatten som kan dräneras ut från sanden kommer att tillåtas dränera. Efter att täckningen av magasinet och omgivande gråbergsslänter är klar kommer infiltreringen, och därmed läckaget ut från magasinet, att vara låg.

Senare bedöms geotextilens funktion snarare vara att skydda finfiltret från urspolning in i magasinet genom erosionsskyddet. Finfiltrets funktion blir då att ha fullgod filterfunktion mot den deponerade anrikningssanden. Kravet på dränerande funktion kan dock frångås med hänsyn till att det är en dränerande damm där nedströmsliggande material (grovfilter, dräneringslager och stödfyllning) kommer att kunna uppfylla önskad dräneringsförmåga. På detta sätt kan finfiltret på uppströmsslätten tillåtas frångå filterkraven (RIDAS, 2019) något vad det gäller dränerande förmåga. Grovfiltret nedströms finfiltret, samt de horisontella filtren, bör dock följa de krav som ställs i gällande riktlinjer (RIDAS, 2019).

Tåstenens utformning, både geometrisk (framför allt höjd) och vad gäller stenstorlek, styrs av dimensionerande flöde genom dammen, vilket bestäms med en genomströmningsberäkning (se avsnitt 4.9.2). Upp längs med slänten kan dränerande stödfyllning läggas innan för tåstenen då den senare kan vara kostsam att sortera ut. Minsta bredd för tåstenen föreslås vara ca 4 m. Tåstenens funktion är att motstå det högsta tänkbara flöde som kan tänkas uppstå genom dammen i syfte att förhindra ett bakåtskridande dammbrottsförlopp. Här antas tåsten erfordras till en nivå motsvarande halva dammens höjd. Då dammhöjden varierar längsmed dammsträckningen kan det utförandemässigt vara enklare att "jämna ut" nivån för tåstenen så att minst en höjd om halva dammhöjden erhålls i stället för att följa undergrundens nivå. Det blir dock en fråga för detaljprojekteringen.

I Figur 49 visas en principiell typsektion för optimerad damm. Från uppströmssidan räknat ingår följande material i dammen;

- erosionsskydd,
- geotextil,
- finfilter, slänt
- finfilter, botten
- grovfilter,
- dränagelager,
- osorterad stödfyllning och
- tåsten.





## 2. Stabilitet för befintliga dammar vid höjning av dessa

Återanrikning av tidigare deponerad anrikningssand utreds inom projektet med avseende på magnetit och/eller kopparkis, vilket redan nämnts i avsnitt 4.2. Genom att anlägga ett nytt sandmagasin i anslutning till, och som en utökning av, befintligt sandmagasin kvarstår möjligheten för återanrikning.

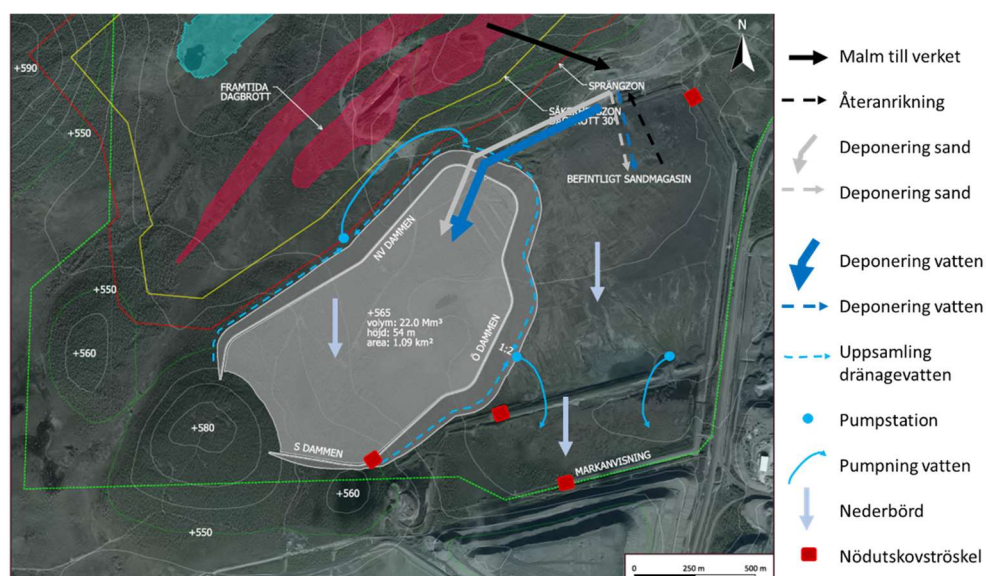
Dammarna till befintligt sandmagasin utformades och anlades innan dagens riktlinjer publicerades, vilket innebär att de inte uppfyller alla krav. Järnvägen direkt nedströms damm A-B, tillsammans med det dike som går mellan dammen och järnvägen, utgör också en begränsning för vilka åtgärder som är möjliga att vidta. Att stabilisera befintliga dammar kräver dock mindre åtgärder jämfört med om dessa dammar skulle höjas ytterligare. Därmed inte sagt att det inte går att höja de befintliga dammarna.

I de följande avsnitten beskrivs de anläggningar som Copperstone avser att söka miljötillstånd för. Bakgrunden och basen till här presenterad design utgörs av designarbetet presenterat i tidigare avsnitt (4.6.1 - 4.6.7) och rådande förutsättningar presenterade i avsnitt 3.

### 4.6.1 Översiktlig systembeskrivning

I anrikningsprocessen avses producerad anrikningssand hanteras i ett nytt sandmagasin. Om återanrikning av sand från befintligt sandmagasin utförs kan anrikningssand, när återanrikningen avslutats, till motsvarande mängd deponeras i befintligt sandmagasin för att återfylla den volym som tagits ut. Nytt magasin har dock kapacitet för den totala mängden planerad produktion med hänsyn till att återanrikning eventuellt ej kommer att ske.

En generell systembeskrivning av hur anrikningssand och vatten är tänkta att hanteras i de båda sandmagasinen och klarningsmagasinet beskrivs kort i Figur 50 och Tabell 13 nedan.



**Figur 50 Schematisk översikt som visar systembeskrivningen, dvs den generella principen, för hantering av anrikningssand**

Tabell 13 Översiktlig beskrivning av hur producerad anrikningssand avses hanteras

	Nytt sandmagasin	Befintligt sandmagasin (om aktuellt)
Påverkat vatten (processvatten, gruvvatten samt vatten från gråbergssupplag och industriområde)	Allt påverkat vatten pumpas till sandpumphon där det blandas med anrikningssanden som ska deponeras. På detta sätt sker en del fastläggning av föroreningar på sanden, vilket medför att en viss rening av vattnet erhålls.	
Deponering	Anrikningssanden deponeras hydrauliskt som en slurry med direktutsläpp i sandmagasinets norra del.	Anrikningssanden deponeras som en slurry i de områden där sand tagits ut för återanrikning.
Nederbörd	Magasinen omges av dammar nästan runt om, vilket innebär att den nederbörd som tillförs magasinen faller mer eller mindre direkt på dessa, dvs tillrinning från omgivningen är relativt liten.	
Vattenhantering	Allt vatten från magasinet rinner som ytavrinning till magasinets lågområde i sydost där det dränerar genom dammarna till dränagesystemet i dammtån från vilket det pumpas till klarningsmagasinet.	Allt vatten från magasinet rinner som ytavrinning till magasinets lågpunkt i söder där det samlas upp och pumpas till klarningsmagasinet.
Klarning av vatten	I klarningsmagasinet får vattnet klarna innan det pumpas till reningsverket (intill anrikningsverket). Renat vatten återanvänds i processen eller bräddas, vid överskott, till recipient.	
Hantering av högflöden (Klass1-flöden)	En nödutskovströskel anläggs strax över dämningensgräns i magasinets södra del med bräddning direkt till klarningsmagasinet för att kunna brädda högflöden om dessa ej dämpas i magasinet.	En nödutskovströskel anläggs på dämningensgräns i magasinets norra eller sydvästra del med bräddning till recipient (N alt.) eller klarningsmagasinet (SV alt.) för att kunna brädda högflöden om dessa ej dämpas i magasinet.
	Båda magasinen har kapacitet att buffra ett Klass 1-flöde under föreslagna tröskelnivåer, varför nödutskovströsklarna endast utgör en försiktighetsåtgärd. Detta innebär att inget vatten går från sandmagasinen till klarningsmagasinet vid en högflödessituation.	
	Från <b>klarningsmagasinet</b> hanteras endast nederbörd som kommer direkt till klarningsmagasinet. Klass 1-flödet magasineras delvis och bräddas delvis till recipient via en nödutskovströskel strax över dämningensgräns i sydvästra anfanget.	
Efterbehandling	Anslutning av gråbergssupplag mot dammarna med geomorfologisk utformning och sedan torr täckning	Justering av dammslänter och torr täckning.

#### 4.6.2 Grundläggningförhållanden

Grundläggningförhållandena för planerat nytt sandmagasin och befintliga dammar har utvärderats från kartunderlag, tidigare undersökning och för denna projektering genomförda undersökningar. Se 3.5 för sammanställning av data för området i

stort. Under detta avsnitt redovisas endast den information som är av direkt intresse för grundläggningen av dammar.

#### 4.6.2.1 Tolkning av kartmaterial

Utifrån kartunderlag (jämför avsnitt 3.5) över området för dammarna konstateras att naturlig markyta framför allt utgörs av morän och torv, se Figur 17. Utifrån flygfoton (jämför avsnitt 3.5.1) kan man se att stora delar av damm A-B (befintligt sandmagasin) har grundlagts i ett område, som tidigare bestått av myrmark. Även i grundläggningsytan för det nya sandmagasinets Ö damm fanns tidigare ett parti med myrmark, vilken numera är överdeponerad med anrikningssand. Man kan dock förvänta sig att torv ligger kvar under den deponerade sanden och denna måste då schaktas bort innan grundläggning av ny damm. Utifrån den terrängkuggade kartan (Figur 21) går det att utläsa att längs längdmätning 3200 – 3600 för nytt sandmagasin (NV dammen) återfinns rundade, mindre kullar i moränområdet, vilket medför att man kan förvänta sig att det kan finnas inbäddade skikt av sediment då de påminner om moränkullar i vilka flera moränheter förväntas.

Berg underlagrar moränen som i området för nytt sandmagasin består av basalt-andesit (en metamorf ytbergart), medan under södra delarna av befintligt sand- och klarningsmagasin består berggrunden av gabbroid-dioritoid (en delvis metamorf intrusiv- och ytbergart).

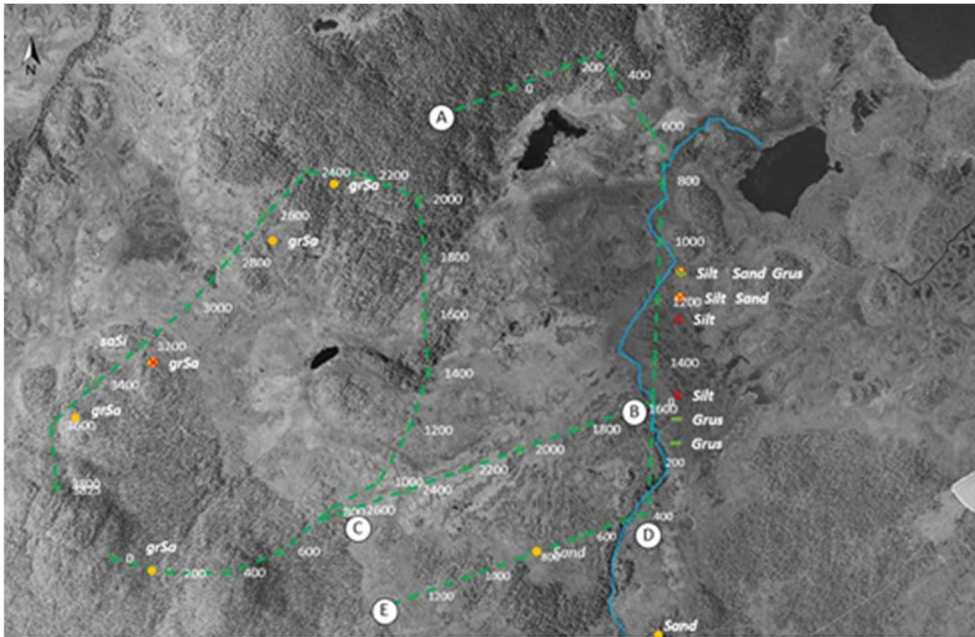
Två lokala, ”starkt uppspruckna”, deformationslinjer (svarta linjer i Figur 18) går genom området för dammarna. Den ena, som går nästan i syd-nordlig riktning korsar nya sandmagasinets NV damm, medan den andra som går i sydväst-nordostlig riktning korsar både nya sandmagasinets Ö damm och damm A-B till befintligt sandmagasin.

En berghäll uppges finnas under deponerad anrikningssand i befintligt sandmagasin vid längdmätning 1600 för nya sandmagasinets Ö damm. Denna kan komma att påverka grundläggningsförfarandet med anledning av att deformationszonen med sprucket berg går rakt genom området för berghällen. Beroende på bergets kvalitet kan injektering eventuellt komma att krävas.

#### 4.6.2.2 Geotekniska undersökningar

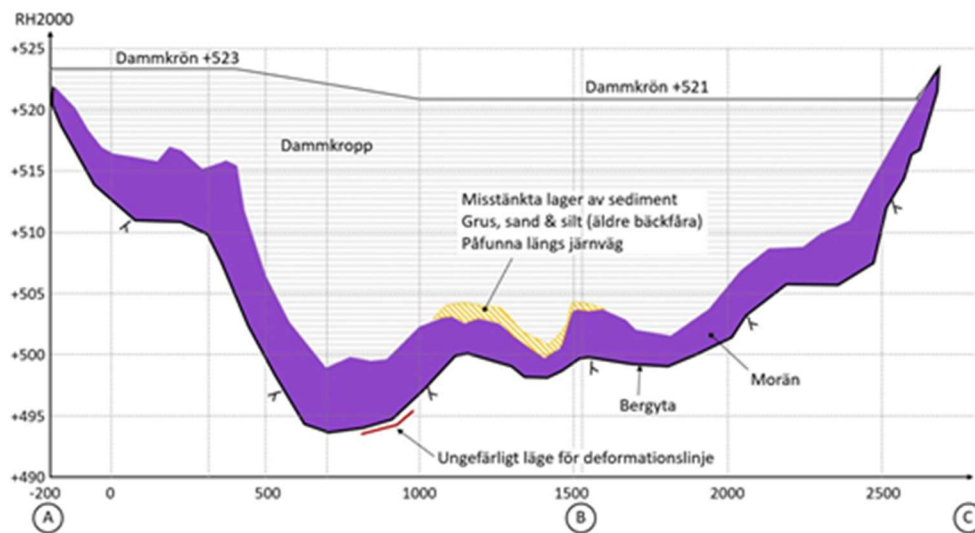
Moränen i området har klassats som sandig morän. Inga undersökningar visar på sediment (silt-, ler- eller sandlager) under moränen. Med hänsyn till vad man utifrån kvartärgeologin kan förvänta sig i området (jämför avsnitt 3.2.2), kan man inte utesluta att linser av sediment kan förekomma.

Däremot har det i undersökningar påträffats flera områden med sedimentskikt i form av silt, sand eller grus som överlagrar moränen. Lägena för dessa illustreras i Figur 51. Sedimenten som påträffats kring befintliga dammar är troligen spår av den bäckfåra som tidigare gått i området.

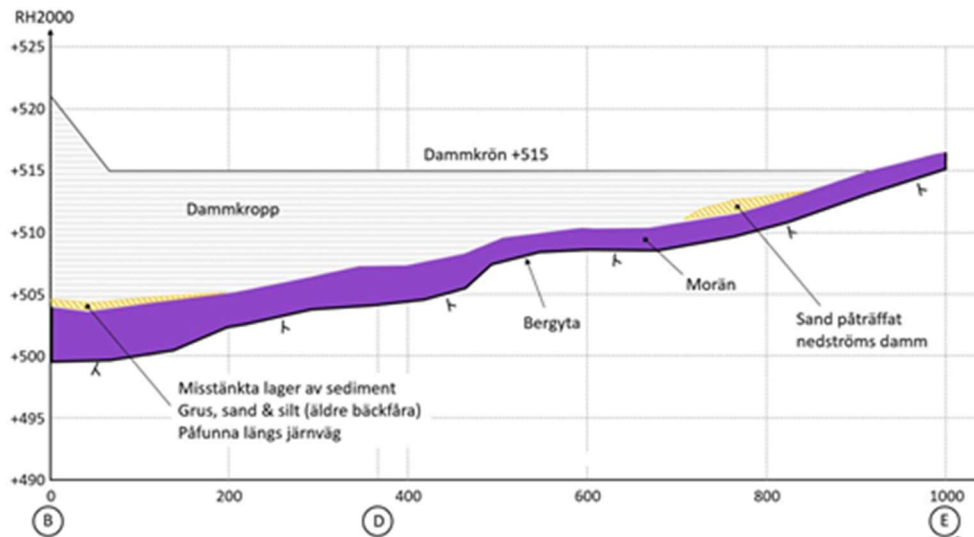


**Figur 51.** Lägen där sedimentskikt påträffats. Gula cirklar representerar sand, rött kryss representerar silt och grönt streck representerar grus. Blå kurva illustrerar läget för en bäck innan dammarna anlades och grönstreckade linjer representerar dammlinjer. Grundkarta enligt (Lantmäteriet, 2021).

Utifrån de geotekniska undersökningarna bedömer TCS att befintliga dammar är grundlagda på morän. Moräns mäktighet bedöms till djup mellan 2-7 meter. Bergnivån varierar mycket på sträckan för dammen, på ett flertal ställen ca 5-10 m skillnad i bergnivå på en sträcka av ca 20-30 m. TCS har tolkat dammarnas grundläggningsförhållande (Bilaga C), vilka presenteras i Figur 52 (damm A-B-C) samt Figur 53 (damm B-D-E).

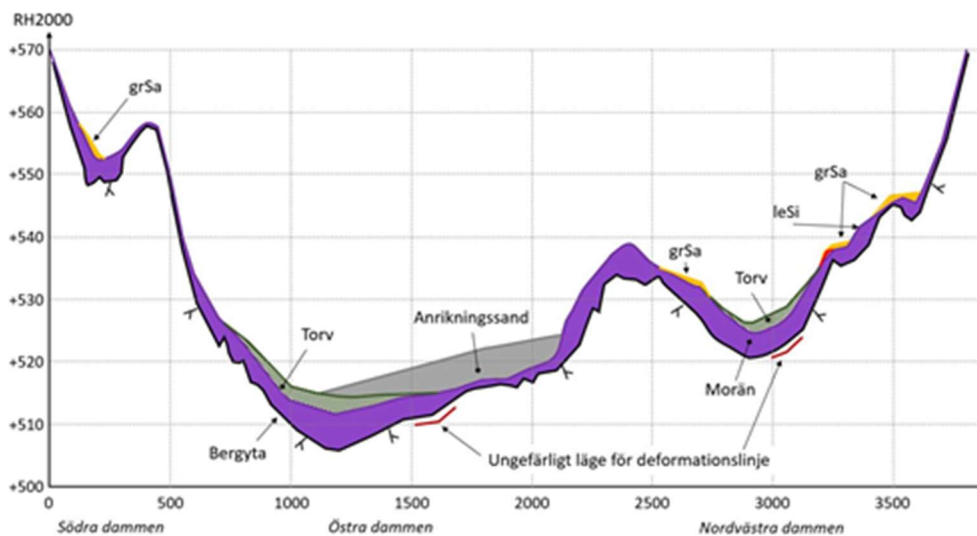


**Figur 52.** Tolkad jordlagerföljd under dammar – befintligt sandmagasin



**Figur 53. Tolkad jordlagerföljd under dammar – befintligt klarningsmagasin**

Undergrunden för nytt sandmagasin beskrivs utifrån tolkning av resultaten från utförda geotekniska undersökningar. I Figur 54 (Bilaga C) redovisas en tolkad jordlagerföljd längs dammarnas sträckning. Det framgår av profilen att morändjupets mäktighet är varierande från tunt vid NV och Ö dammarnas södra anfang till dryga 5 m vid djupaste grundläggningsnivån (Ö dammen).



**Figur 54 Tolkad profil med jordlagerföljd för grundläggningsområdet för dammar till nytt sandmagasin (Bilaga C)**

#### 4.6.2.3 Föreslagen grundläggning

De nya dammarna föreslås i huvudsak grundläggas på fast morän. Vissa sträckor kommer dock mest troligt att kräva grundläggning på berg. Dessa sträckor utgörs av områden där moränskiktet är tunt och i områden för den förväntade sprickzonen. Områden som i nuläget bedöms omfattas av berggrundläggning är mellan sektionerna:

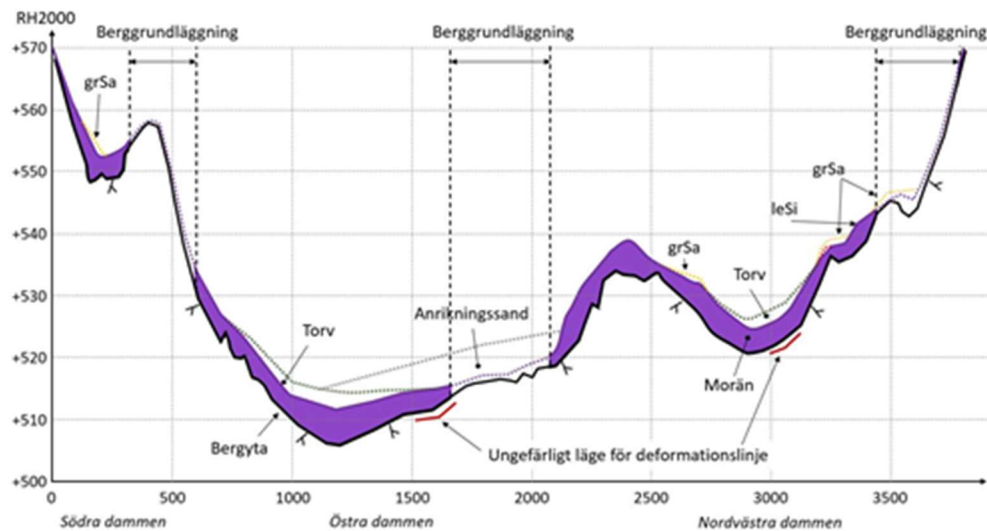
- ca 0+300 och 0+600, vilket utgör anslutande anfang för S och Ö dammen.
- ca 1+600 och 2+020, vilket utgörs av den norra delen av Ö dammen.



- ca 3+450 och 3+800, vilket utgör södra anfanget för NV dammen mot Nihkágobba.

Se Figur 55 som visar föreslagen grundläggningsnivå utifrån den tolkade jordlagerföljden för både morän- och berggrundläggning.

Det är av stor vikt att berget vid avtäckning klassificeras för bedömning av behov av eventuella åtgärder för att täta och/ eller jämna ut berget erfordras. TCS rekommenderar att friläggning av bergytor sker så tidigt som möjligt för bedömning av erforderlig omfattning av eventuella åtgärder, till exempel injektering.



**Figur 55 Föreslagen grundläggningsnivå samt sträckor för morän respektive berggrundläggning (Bilaga C)**

Ungefär halva sträckan av Ö dammen (ca 1 000 m) täcks idag av deponerad anrikningssand med en mäktighet upp till ca 5 m. Den deponerade anrikningssanden täcker området för krosszonen och föreslagen berggrundläggning. Då den deponerade anrikningssanden är vattenmättad och relativt löst lagrad finns det risk för att anrikningssanden uppvisar flytjordsbeteende, vilket, om så sker, kommer att medföra svårigheter vad det gäller schakt och framför allt transport av schaktmassor. Schaktslänter i anrikningssand bör hållas flacka och snabbt skyddsfyllas med erosionsmaterial. Eftersom schakten är förhållandevis stor för att ta bort den deponerade anrikningssanden längs denna del bedöms merarbetet för att ta bort moränen som förhållandevis lågt. Nyttan med att nå berg längs denna sträcka är att en bergklassificering kan ske, och bergytan kan injekteras innan dammen grundläggs. Visserligen skulle bevarande av morän innebära en tätande funktion, men skulle innebära att bergets kvalitet lämnas osäker. Huruvida bergytans beskaffenhet blir en risk för dammens stabilitet (och läckage) blir således obesvarad om inte berget bedöms i samband med grundläggning.

Myrområdet i nordväst har torv- och sedimentlager som måste avlägsnas, vilket troligen innebär att omfattande åtgärder för grundvattensänkning kommer att krävas. Även generellt omfattar grundläggningen av dammarna för nytt sandmagasin omfattande schaktarbeten varför länshållning av grund- och ytvatten kommer att krävas.

#### 4.6.2.4 Rekommendationer grundläggning

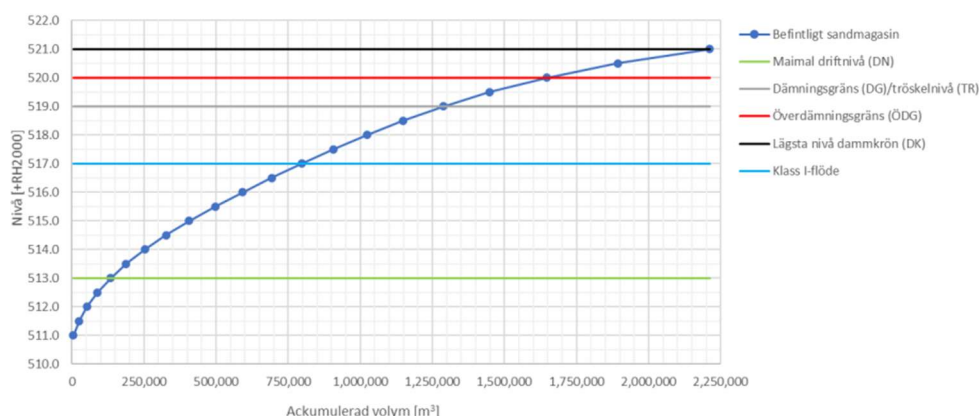
Över lag har tillgängligt underlag varit bra, men det finns fortfarande osäkerheter kring tolkningen av jordlagerföljd i vissa partier, främst i botten av myrmarksområden, där det har varit svårt att uppskatta djupet ned till berg. Även förhållandena vid konstaterad sprickzon är svårtolkade. Huruvida det ännu finns spår av sediment under de sydöstra/östra dammarna är mycket svårt att avgöra. Inför detaljprojektering föreslås ytterligare geotekniska undersökningar utföras för en mer detaljerad karakterisering av undergrunden. En noggrannare karakterisering av undergrunden ger ett bättre underlag för detaljprojektering och minskar risken för överraskningar under entreprenaden.

#### 4.6.3 Befintligt sandmagasin

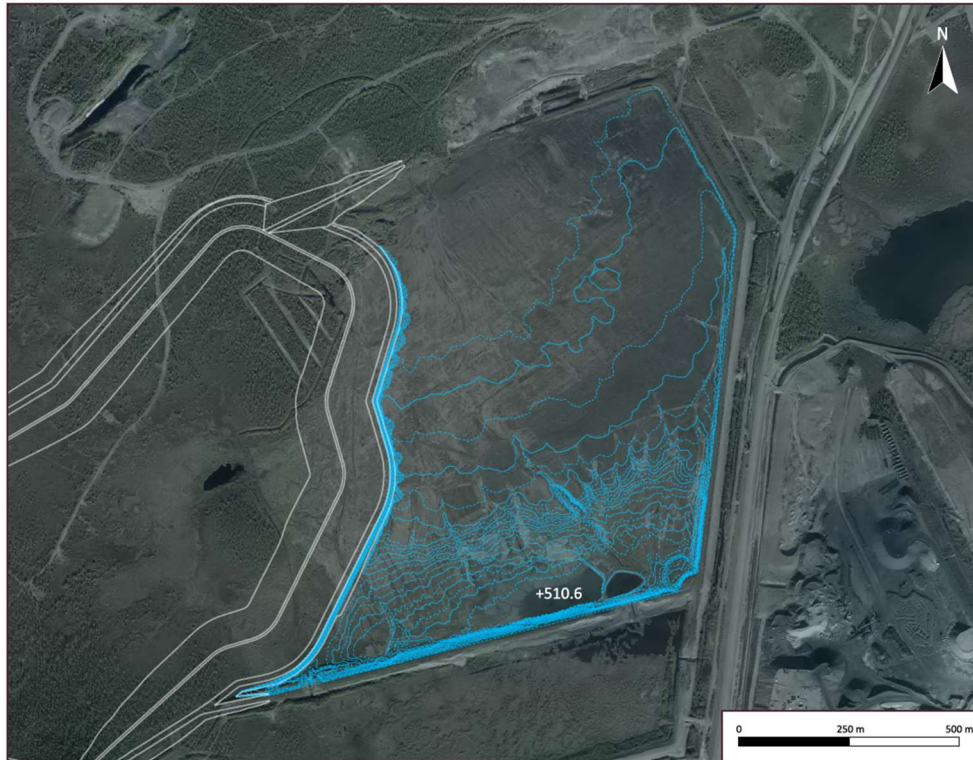
Det finns två scenarion för befintligt sandmagasin:

- 1) Det nyttjas enbart för vattenhantering genom att extremflöden, upp till Klass 1-flöde, dämpas för att minska belastningen på nedströmsliggande områden.
- 2) Det nyttjas för återanrikning av den befintliga anrikningssanden, vilket ger möjlighet till deponering av motsvarande mängd anrikningssand efter att återanrikningen avslutats. Även för detta scenario avses magasinet nyttjas för vattenhantering.

Kapaciteten, volymen, i magasinet då dammarna har uppgraderats (och avgrävda delar åter byggts upp) är vid normal nivå (under +513) drygt 100 000 m<sup>3</sup>. Vid dämmningsgräns (DG) +519, respektive överdämmningsgräns (ÖDG) +520, ca 1,3 Mm<sup>3</sup> och 1,6 Mm<sup>3</sup>. Se magasinsskurvan (*stage-storage*) nedan (Figur 56) för volym vid respektive nivå samt plan med höjdkurvor (Figur 57). Som Figur 56 visar är kapaciteten att lagra vatten god då ett Klass 1-flöde kan innehållas i magasinet utan bräddning (se vidare under avsnitt 4.7).



**Figur 56 Magasinsskurva (*stage-storage*) för befintligt sandmagasin inklusive nivåer för; normal driftnivå (grön), nivå vid Klass 1-flöde (blå), dämmningsgräns och tröskelnivå (grå), överdämmningsgräns (röd) och dammkrön (svart)**



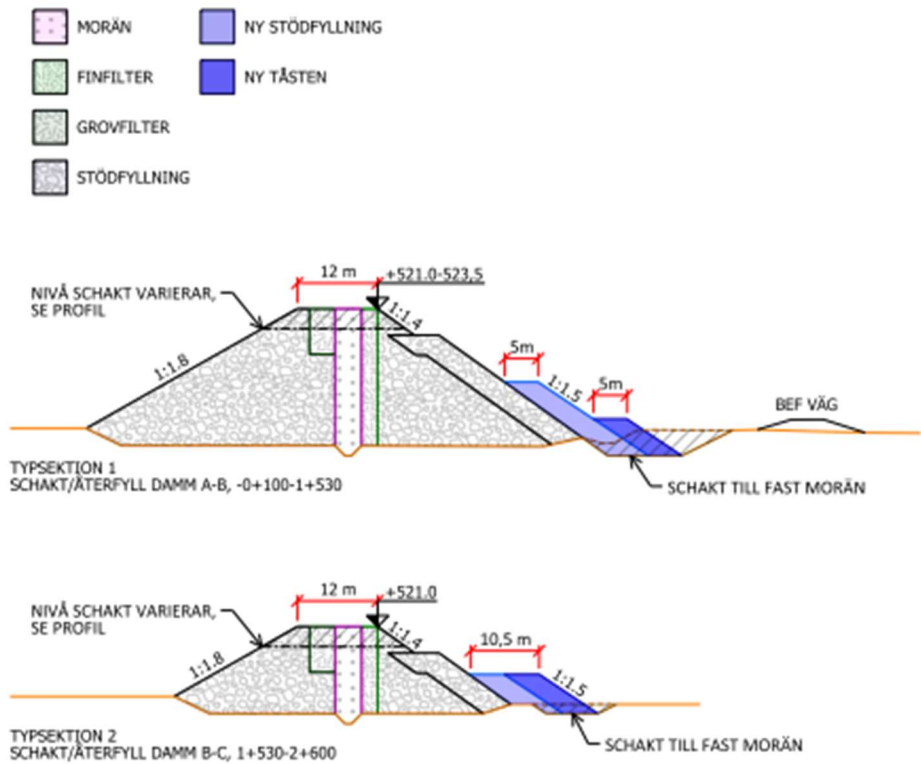
**Figur 57 Plan befintligt sandmagasin med nivåkurvor**

Vid scenario 2 (återanrikning) och eventuell deponering av ny anrikningssand i magasinet bör deponeringen anpassas till att fylla ut de delar i magasinet från vilka sand tagits för återanrikning. Innan planerna för eventuell återanrikning är klara kan inte deponering av ny anrikningssand beskrivas mer i detalj.

#### 4.6.3.1 Dammdesign

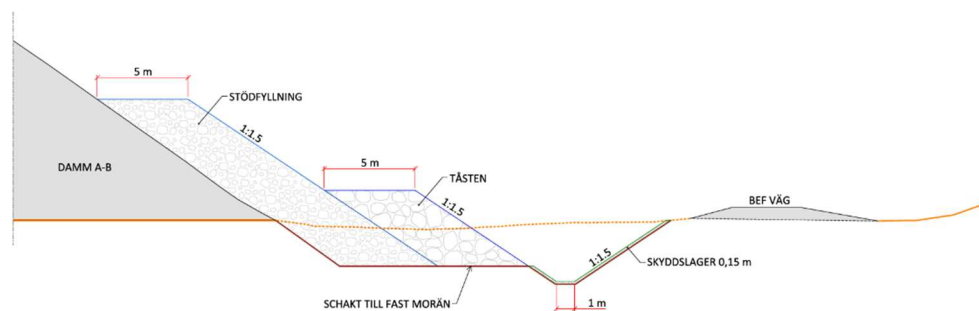
Det befintliga sandmagasinet omges idag av dammarna A-B och B-C. När nya sandmagasinet anlagts kommer till viss del Ö Dammen att begränsa magasinet mot nordväst. De befintliga dammarna beskrivs i avsnitt 3.6.1. För att uppgradera dammarna utifrån dagens riktlinjer föreslås dessa kompletteras med en stödbank och tåsten på nedströmssidan, se Figur 58. För damm A-B gäller att stödfyllningen (den övre banken) ska ha en höjd om ca 50% av dammhöjden, medan tåsten (den lägre banken) om ca 25% av dammhöjden. För damm B-C gäller att kompletterande stödfyll ska ha en höjd om ca 45% av dammhöjden.

De befintliga dammarnas tätkärna bedöms ha skadats under årens lopp med hänsyn till packningsgrad på grund av tjälnedträngning då dammarna saknar tjälskydd. I anslutning till att avgrävda sträckor på dammarna återuppbyggs bör dammkrön för båda dammarna schaktas ner ca 3 m, och åter byggs upp. Nivån 3 m bedöms utgöra förväntad nivå för tjälnedträngning. Genom packningskontroll kan dock minsta nivå för ompackning identifieras så att inte onödiga mängder morän schaktas bort och packas om.



**Figur 58** Typsektion damm A-B och damm B-C som visar föreslagen utökning av stödbank ("NY STÖDFYLLNING") och tåsten ("NY TÅSTEN")

Det befintliga diket som idag går mellan vägen väster om järnvägen och dammarna A-B kommer att påverkas av utläggningen av stödbank och tåsten nedströms damm A-B. För att det flöde (nederbörd) som rinner där idag ska kunna fortsätta rinna samma väg måste ett nytt dike närmare vägen anläggas. I skiss i Figur 59 visas en typsektion för den del av dammen (sektion ca 1+400) där utrymmet är som mest begränsat. Med ett antaget schaktdjup om 2 m för grundläggning av ny stödbank och tåsten kan ett dike med erforderliga dimensioner anläggas. Vid djupare schakt kan det bli svårt att få plats med diket.



**Figur 59** Typsektion som visar nytt dike nedströms damm A-B där utrymmet är som mest begränsat (sektion ca 1+400)

Hantering av dränage bedöms inte vara nödvändigt för det befintliga sandmagasinet med hänsyn till att:

- magasinet under normala förutsättningar ej avses hålla någon egentlig mängd vatten
- för damm A-B går ett dike längs med dammtån och utrymmet är begränsat, vilket gör det svårt att särhålla läckagevatten från dikesvatten
- för damm B-C ligger klarningsmagasinet nedströms och dämmer upp vatten mot nedströmsslätten

#### 4.6.3.2 Avbördningskonstruktioner

Avbördning kommer ej att ske från det befintliga sandmagasinet under normala förhållanden då allt vatten pumpas till klarningsmagasinet. Även vid extremflöden, så som Klass 1-flödet, kommer vattnet att kunna magasineras i sandmagasinet för att sedan pumpas till klarningsmagasinet över än längre tid.

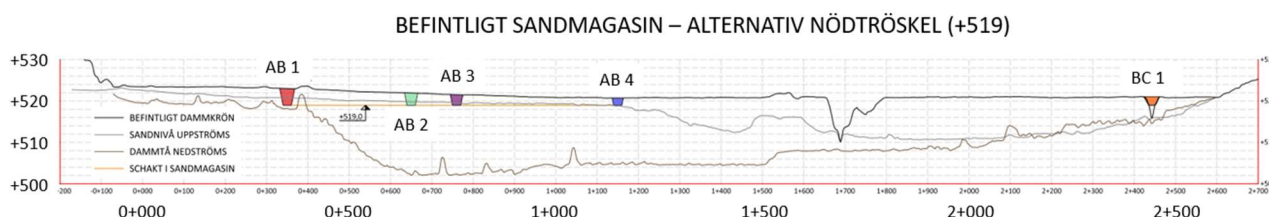
En nödutskovströskel föreslås anläggas i dammkrön för att säkerställa att en situation där dammkrön överströmmas okontrollerat inte inträffar. Tröskelnivån föreslås på en nivå 2 m under lägsta dammkrön med en bredd som säkerställer att överdämningsgräns (ÖDG) aldrig överskrids även om nivån i magasinet ligger på DG då klass 1-flödet inträffar. För detta rekommenderas en bredd av 5 m.

Fem placeringar för nödutskovströskeln har studerats, se Figur 60 (plan) och Figur 61 (profil). Två av dessa, längst i norr på damm A-B respektive i söder på damm B-C bedöms vara de två bästa. Fördelen med tröskeln i norr är att bräddningen då sker direkt till recipient i stället för via klarningsmagasinet. Nackdelen är att dammkrönet är högre i norr, vilket ger en djupare tröskel samt behov av en kanal i befintlig anrikningssand för att vattnet ska kunna ta sig från den södra, lägre delen, till den norra. Det är detta alternativ som Sweco har tittat på och redogör för i Bilaga A3-2 (Sweco, 2022b). Fördelen med den södra lokaliseringen är att dammkrönet är som lägst här och vattenspegeln finns i denna del av magasinet. Nackdelen är att bräddningen sker till klarningsmagasinet. Men med hänsyn till att sannolikheten är mycket låg att vattennivån alls når upp till tröskelnivån (då två Klass 1-flöden kan lagras i magasinet) så bedöms denna nackdel inte väga så tungt. Slutlig placering bör utvärderas och beslutas under detaljprojekteringen då information om nackdelarna med det norra alternativet kan studeras mer i detalj.





**Figur 60** Plan som visar studerade alternativ för placering av nödutskovströskel i befintligt sandmagasin



**Figur 61** Profil som visar alternativa lägen för nödutskovströskel i befintligt sandmagasin

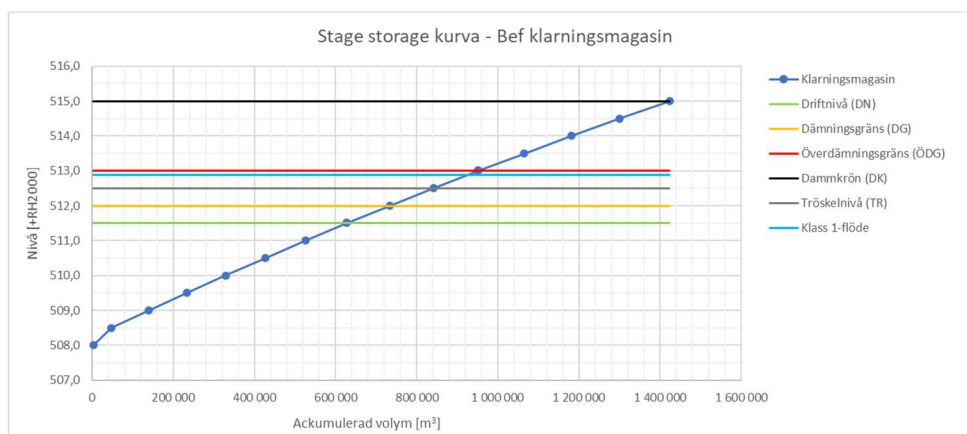
#### 4.6.4 Befintligt klarningsmagasin

Befintligt klarningsmagasin är tänkt att nyttjas som klarningsmagasin för verksamheten genom att allt påverkat vatten pumpas dit innan det pumpas tillbaka till process och/eller rening. Överskottsvatten bräddas således inte från klarningsmagasinet, utan endast efter rening i reningsverket.

Kapaciteten, volymen, i magasinet efter att dammarna har uppgraderats (och den avgrävda delen åter byggts upp) och magasinet schaktats ur är vid driftnivå (DN +511,5) drygt 600 000 m<sup>3</sup>. Vid dämningegräns (DG) respektive överdämningegräns (ÖDG) ca 0,95 Mm<sup>3</sup> och 1,2 Mm<sup>3</sup>. Se magasinskurva (*stage-storage*) nedan för volym (Figur 62) vid respektive nivå samt plan med höjdkurvor (Figur 63). I samband med ett Klass 1-flöde kommer vatten att bräddas över nödutskovströskeln (se vidare under avsnitt 4.7).

Urschaktningen av klarningsmagasinet utförs för att skapa erforderlig volym (drygt 0,6 Mm<sup>3</sup>) utan att behöva höja dammarna, vilket är svårt med hänsyn till omgivande infrastruktur. Den framschaktade moränbotten skyddas lämpligen med

ett lager krossmaterial (ca 10-20 cm) som packas lätt för att motverka erosion i samband med uppfyllnad. Slutlig utformning att bestämmas vid detaljprojektering.



**Figur 62** Magasinskurva (stage-storage kurva) för befintligt klarningsmagasin inklusive nivåer för; normal driftnivå (grön), dämningsgräns (gul), tröskelnivå (grå), nivå vid Klass 1-flöde (blå), överdämningsgräns (röd) och dammkrön (svart)



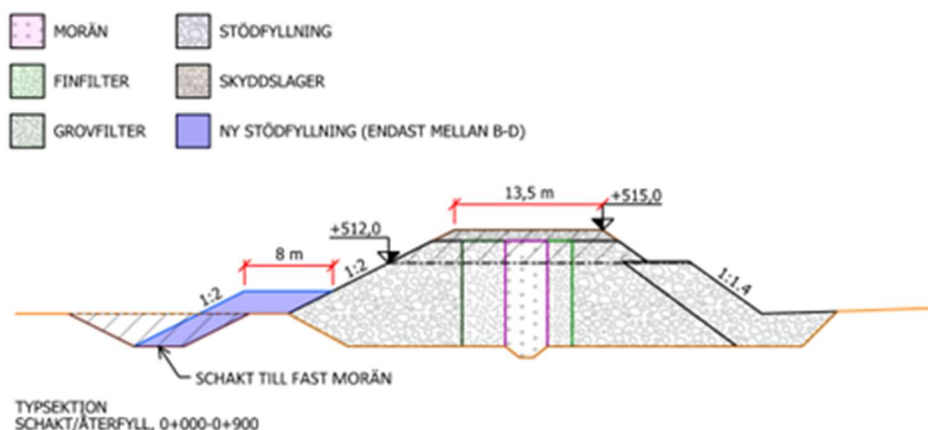
**Figur 63** Plan befintligt klarningsmagasin med nivåkurvor inklusive schakt (gråskraffering)

#### 4.6.4.1 Dammdesign

Det befintliga klarningsmagasinet omges idag av dammarna B-D och D-E samt sandmagasinets damm B-C. De befintliga dammarna beskrivs i avsnitt 3.6.2. För att uppgradera dammarna utifrån dagens riktlinjer föreslås att damm B-D kompletteras med en stödbank på uppströmssidan, se Figur 64. Den kompletterande stödbanken anläggs till en nivå som motsvarar 50% av dammhöjden. Nedströms behövs, enligt utförda stabilitetsberäkningar, inte någon

förstärkning av dammen. För damm D-E erfordras inte heller någon komplettering med stödbank på uppströmssidan.

De befintliga dammarnas tätkärna bedöms ha skadats under årens lopp med hänsyn till packningsgrad på grund av tjälnedträngning då dammarna saknar tjälskydd. I anslutning till att den avgrävda sträckan på damm B-D återuppbyggs bör dammkrön för båda dammarna schaktas ner ca 3 m, och åter byggs upp. Nivån 3 m bedöms utgöra förväntad nivå för tjälnedträngning. Genom packningskontroll kan dock minsta nivå för ompackning identifieras så att inte onödiga mängder morän schaktas bort och packas om.



**Figur 64** Typsektion damm B-D och D-E som visar föreslagen utökning av stödbank uppströms ("NY STÖDFYLLNING")

Hantering av dränage sker ej idag, och bedöms inte vara nödvändigt att lägga till för det befintliga klarningsmagasinet med hänsyn till att

- dammarna är låga
- det går ett dike längs med dammtån och utrymmet är begränsat, vilket gör det svårt att särhålla läckagevatten från dikesvatten
- övervakning föreslås istället ske av portryck i dammen

#### 4.6.4.2 Avbördningskonstruktioner

Klarningsmagasinet kommer ej att ha ett konventionellt utskov då vatten ej ska avbördas under normala förhållanden, utan pumpas till reningsverket innan bräddning till recipient. För extremflöden upp till Klass 1-flöde anläggs en nödutskovströskel. Nivån för tröskeln läggs mellan dämningegräns (DG) och överdämningegräns (ÖDG). På så sätt kommer vatten inte börja brädda ut från klarningsmagasinet förrän nivån når 0,5 m över dämningegräns. Under normala förhållanden ska nivån ligga på driftnivå (DN) och vid kraftigare nederbörd tillfälligt kunna stiga till dämningegräns (DG).

#### 4.6.5 Nytt sandmagasin

Det nya sandmagasinet utgör, geografiskt, en utökning av befintligt sandmagasin. I magasinet planeras anrikningssand från nybruten malm (från malmkropparna A, B och D) att deponeras samt eventuellt anrikningssand från återanrikning av sand i befintligt sandmagasin.

”Design for closure” (designa för efterbehandling) kan numera betraktas som god praxis. I detta fall har dock efterbehandlingen utformats på ett sätt så att sandmagasinet och tillhörande dammar ej styrs av efterbehandlingen under anläggande och drift, utan efterbehandlingen anpassas till sandmagasin och dammar. Därmed tas hänsyn indirekt till efterbehandling, medan den i praktiken egentligen inte styr val av design för sandmagasin och dammar. Jämför avsnitt 4.3.2 och Efterbehandlingsplanen för Viscaria, Bilaga E2 (Geosyntec, 2022).

#### 4.6.5.1 Magasin

Val av lokalisering för nytt sandmagasin redovisas i avsnitt 4.4 samt Lokaliseringsutredningen (Bilaga A). Magasinsutformningen har sedan anpassats efter topografin och övrig kringliggande infrastruktur, se avsnitt 4.5.2.

Magasinet kan klassas som ett släntmagasin med dammar på tre sidor och naturliga höjdparter i form av två kullar (Nikhågobba till väster och en mindre kulle till öster) i söder. I slutet av magasinets livslängd behövs även en damm i söder mellan dessa kullar. Med hänsyn till eventuell särhållning av anrikningssand från olika malmzoner finns det möjlighet anlägga en gråbergsvall diagonalt genom magasinet. Genom denna utformning kan anrikningssand av olika kvalitet deponeras från samma utsläppsområde och ändå särhållas. Syftet med särhållningen är om det i ett senare skede visar sig vara möjligt att även utvinna magnetit. Gråbergsvallen genom magasinet har inte någon påverkan på magasinets dammar, deras stabilitet, vattenhantering eller magasinet i övrigt. Huruvida magasinet behöver delas av eller ej bör beslutas i samband med detaljprojekteringen.

Syftet med magasinet är att dämna in anrikningssand. Processvatten och nederbörd avses ej under normala förhållanden däckas i magasinet, se vidare avsnitt 4.7, varför dränerande dammar valts, se vidare avsnitt 4.6.5.2.

##### 4.6.5.1.1 Bottentätning

En artificiell bottentätning krävs ej med hänsyn till att den potentiella infiltrationen ner i undergrunden bedöms vara mycket låg, vilket baseras på följande resonemang:

- Anrikningssandens egenskaper (avsnitt 4.3.3 och 3.7);
  - Framför allt finkornigheten, medför att materialet förväntas hålla en hög grundvattenyta samt vattenmättnadsgrad över denna (kapillärt vatten), vilket begränsar både vittring i och flöde genom materialet. Finkornighet medför också att materialet har hög täthet (låg permeabilitet), vilket medför att genom deponeringen av anrikningssanden i magasinet kommer denna att lägga som ett tätt lager över naturlig mark och begränsa framtida infiltration ytterligare.
  - Den kemiska sammansättningen visar att anrikningssanden är nettobuffrande med låg mobilitet vad det gäller metaller (undantaget i huvudsak zink), varför materialet ej bedöms vara reaktivt eller miljöfarligt, vilket i sin tur medför att den begränsade infiltration som inledningsvis kan förekomma inte bedöms medföra

någon skadlig påverkan på undergrunden. Se Bilaga E2 för mer information. (Geosyntec, 2022)

- Deponeringen av anrikningssand planeras ske från en punkt (jämför avsnitt 4.6.6), vilket medför att den deponerade sandytan kommer att luta, med lutning mot de omgivande dränerande dammarna. Ytvatten, processvatten, nederbörd och smältvatten, kommer därför i stor utsträckning att rinna av på ytan mot dammkropparna och dräneras ut genom dessa.
- Naturlig mark i området för det nya sandmagasinet liknar marken i området för befintliga magasin, dvs den består av torv som överlagrar morän. Utförda undersökningar vid befintliga magasin har visat att:
  - Moränen under klarningsmagasinet ej är påverkad av det processvatten som tidigare magasineras. (AFRY, 2022b)
  - Torven under befintligt sandmagasin har pressats ihop och fungerar som en "liner" mellan deponerad anrikningssand och underliggande morän. Material över torven är vattenmättad och material under torven är relativt torr. (Golder, 2021c)
  - Jordlagren i området, och framför allt avsaknaden av isälvsavlagringar (jämför Figur 12), medför ett relativt lokalt system av flödesvägar i det ytliga vattensystemet, vilket innebär att vatten som tar sig igenom torv och morän sprids inte över långa sträckor. Se Bilaga B3 för närmare beskrivning (DHI, 2022).

Ytterligare undersökningar i området för nytt sandmagasin krävs (och planeras) för att verifiera att förhållandena motsvarar de för befintliga magasin. Om så är fallet kan en naturlig tätning av magasinbotten erhållas med hjälp av de naturliga materialen (torv och morän) i området för nytt sandmagasin.

- Läckagemängd (infiltration till undergrunden i detta fall) styrs ej av den absoluta tätheten i ett material, utan av den relativa tätheten mellan aktuella material samt gradient och läckväg. Två situationer med samma tryckhöjd, t ex: två magasin på samma undergrund; ett vattenmagasin fullt med vatten och ett sandmagasin fullt med vattenmättad anrikningssand, ger inte samma läckagebelastning på undergrunden. I det senare fallet utgörs den tillgängliga vattenmängden av porvatten, vilket är en avsevärt mindre mängd jämfört med fallet vattenmagasin. Till skillnad från vattenmagasinet, där tryckfall ej sker över vattenvolymen, sker ett tryckfall över den deponerade anrikningssanden, vilket medför att tryckfallet tas över en längre sträcka som i sin tur ger en flackare gradient. Detta medför att läckage till undergrunden begränsas för fallet sandmagasinet jämfört med fallet vattenmagasinet.
- Om infiltration till undergrunden skulle ske och om kvaliteten på detta infiltrationsvatten skulle vara skadligt så finns det egentligen inte några skyddsvärda objekt (vattenförekomster, skyddsvärda arter etc. (Pelagia, 2022) nedströms det nya sandmagasinet. Åt nordost går eventuellt läckage till Viscariagruvan, åt öster till befintligt sandmagasin och åt söder till LKAB:s sandmagasin. Alla dessa är områden påverkade av tidigare eller pågående gruvverksamhet.

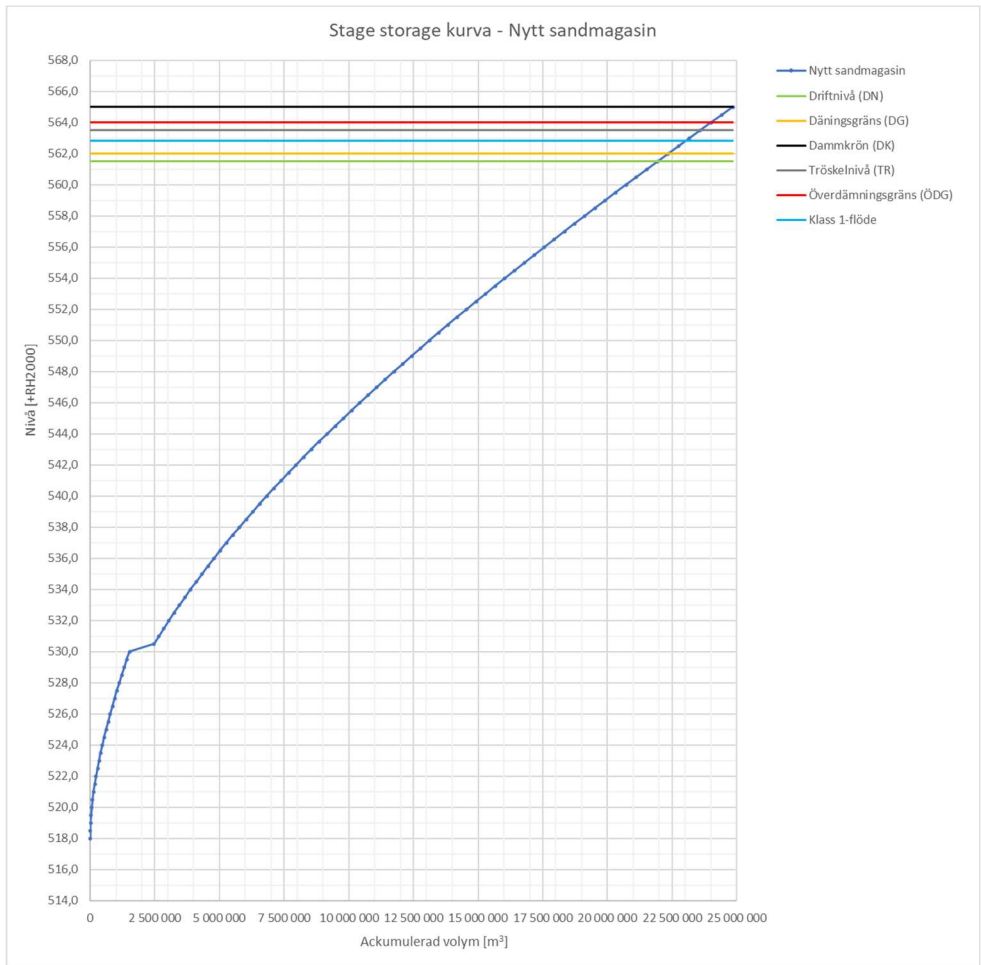


En artificiell liner bedöms, utifrån ovanstående, inte tillföra någon förbättring vad det gäller påverkan på grundvatten och miljö, varför kostnaden för installation av en sådan inte kan motiveras. Undergrundens täthet relativt omgivande dammar och anrikningssanden bedöms vara tillräcklig för att minimera infiltration, läckage, till denna. Detta oavsett om torv täcker hela ytan för magasinet eller ej, under förutsättning att moränen då har tillräcklig täthet. Ytterligare undersökningar planeras för att verifiera detta. Kontroll av infiltration till och påverkan på undergrunden kommer att utföras, se vidare avsnitt 7.5.2. Den torv och morän som finns i området får dock inte schaktas bort för att användas för andra ändamål, utan ingår som en del i magasinets bottendesign.

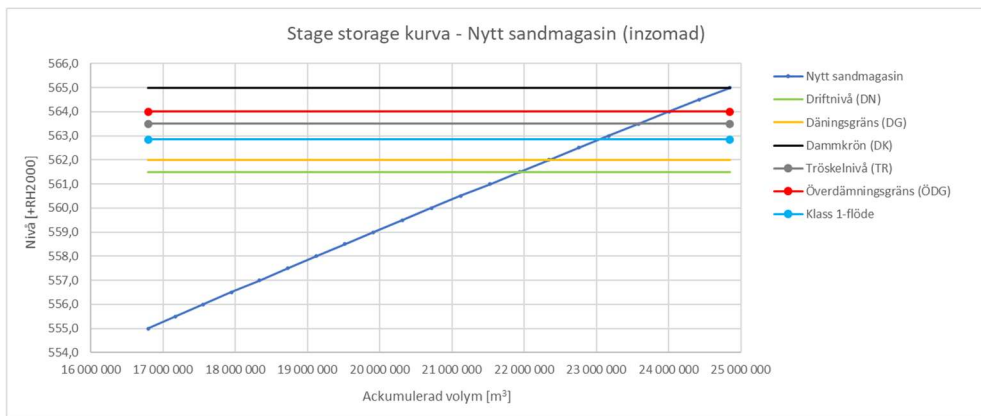
Potentiellt skulle ett bottendränage kunna anläggas för att garantera att magasinsvatten dräneras bort i stället för att infiltrera. Detta bedöms dock inte vara nödvändigt och endast fylla en funktion initialt innan den deponerade anrikningssanden som är mycket finkornig kommer att lägga sig som "ett lock" över bottendränaget. En sådan tätning av anrikningssand kommer även ske utan dränage, dvs att den finkorniga anrikningssanden kommer att täta botten och vattnet i huvudsak rinna av på ytan och dränera ut genom dammarna.

Magasinet täcker totalt en yta om 1,16 km<sup>2</sup>, utav vilken 0,5 km<sup>2</sup> utgörs av dammarnas grundläggning. Det ger en inre magasinbotten om ca 0,66 km<sup>2</sup>. Den maximala sandytan, med antagen sandlutning om 1:300 från deponeringspunkten (jämför avsnitt 4.6.6), uppgår till 0,82 km<sup>2</sup> utan något vatten i magasinet.

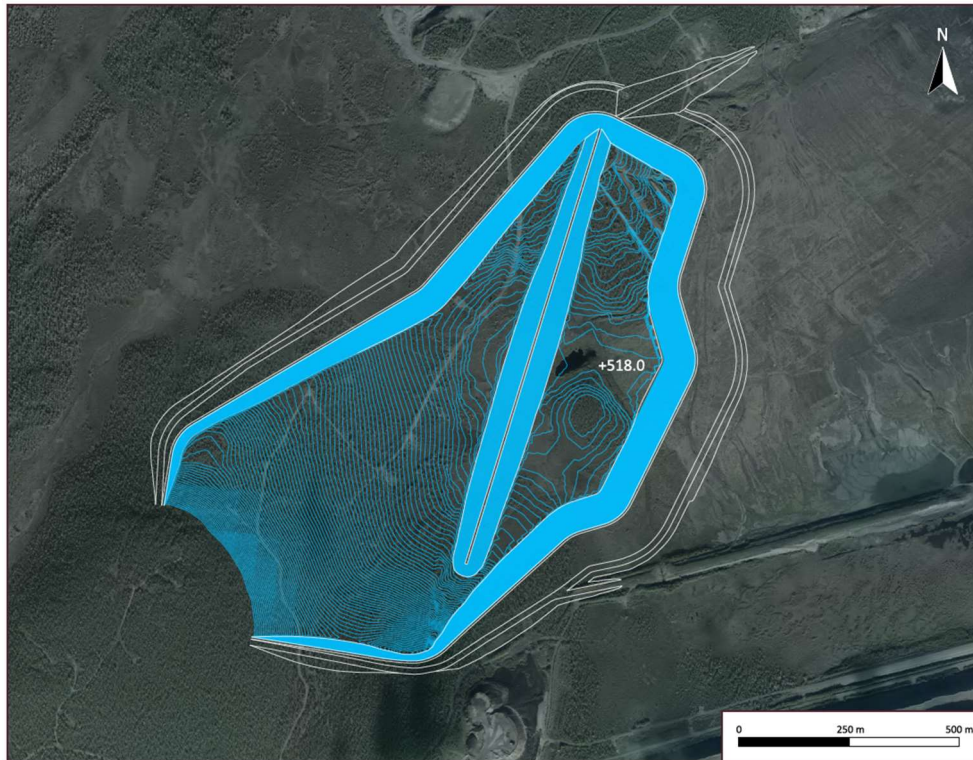
En plan med nivåkurvor för det nya sandmagasinet visas i Figur 67 och volymen visas mot nivån i diagrammet i Figur 65 nedan. I figuren har även aktuella nivåer för dammkrön (DK), överdämningsgräns (ÖDG), tröskelnivå nödröskel (TR), dämningsgräns (DG), driftnivå (DN) samt nivå vid klass 1-flöde markerats. Nivån för klass 1-flöde gäller om magasinshöjden ligger på DG då Klass 1-flödet inträffar. I normalfallet kommer nivån att vara betydligt lägre.



**Figur 65 Magasinskurva (stage-storage kurva) för nytt sandmagasin inklusive nivåer för; normal driftnivå (grön), dämningsgräns (gul), nivå vid Klass 1-flöde (blå), tröskelnivå (grå), överdämningsgräns (röd) och dammkrön (svart)**



**Figur 66 Förstoring av Figur 65:s övre del**



**Figur 67 Plan nytt sandmagasin med nivåkurvor (tomt magasin) inklusive eventuell avdelande gråbergspir tvärs genom magasinet**

#### 4.6.5.2 Dammdesign

För samtliga dammar till nytt sandmagasin har dammtypen dränerande dammar valts. Bakgrunden till detta är främst att nyttja tillgängliga material och anläggningsförutsättningar. Klimatet är den förutsättning som har störst påverkan med hänsyn till att t ex morän har en mycket kort anläggningssäsong eftersom det materialet kräver frostfri temperatur och begränsad nederbörd.

Vald utformning visas i Figur 68 Det kommer att krävas stora mängder dammbyggnadsmaterial av olika fraktioner för att bygga de nya dammkropparna och återuppbygga och förstärka de befintliga dammarna. I Tabell 14 beskrivs de olika materialen och vilka krav de ska uppfylla för byggnation av nya dammar. Från dammens uppströmssida sett ingår följande material i dammdesignen:

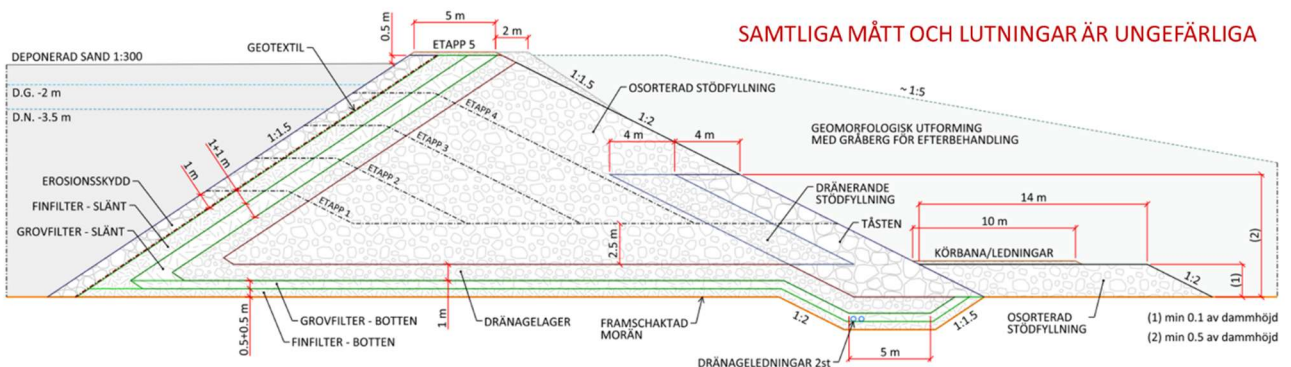
- Erosionsskydd ska skydda uppströmsslätten mot främst nederbörd, men även tillfälliga vågor.
- Geotextil ska skydda uppströmsslätten mot urspolning vid kraftig nederbörd, eller stigande/sjunkande vattenyta i samband med extremflöden.
- Finfilter på uppströmsslätten ska uppfylla filtereffekt mot deponerad anrikningssand, men ej krav på att uppfylla dräneringsförmåga då dränering kan ske i grovfilter och dränagelager.
- Finfilter mot grundläggningen ska uppfylla filtrerande och dränerande effekt mot grundläggningsmorän. För områden med grundläggning på berg kan finfilter mot grundläggningytan utelämnas.

- Grovfilter på uppströmsslänt och mot grundläggningen kan troligtvis utgöras av samma material och ska uppfylla filtrerande och dränerande effekt mot finfiltrena.
- Dränagelager ska säkerställa erforderlig dränagekapacitet genom dammen och uppfylla filtrerande och dränerande effekt mot grovfiltret.
- Osorterad stödfyllning ska genom sin vikt stabilisera dammen. Inga specifika materialkrav ställs utöver att det är ett material som kan klassas i storleksordningen grusig sten.
- Dränerande stödfyllning utgörs av krossmaterial med låg finjordshalt för att säkerställa att portryck ej byggs upp innanför tåstenen. Kan ersättas av tåstensmaterial.
- Tåsten ska skydda dammen mot bakåtskridande skred vid dimensionerande läckage. Minsta stenstorlek viktigt för att förhindra att sten spolats bort.
- Körlager anläggs på dammkrön för att göra dammkrönet körbart för fordon som används exempelvis vid rondering.

Släntlutningar har valts utifrån att dammen är dränerande. Uppströms släntlutning är relativt sett brant och kan eventuellt, med hänsyn till utläggning av geotextilen, behöva flackas ut. Beslut bör tas i samband med detaljprojektering. Nedströmssläntlutning har i anslutning till dammkrönet gjorts brantare för att ge utrymme för ett 7 m brett dammkrön, utan att ge upphov till onödigt mycket stödfyllning. Krönbredden 7 m bedöms vara lämpligt för den trafik som förväntas på dammkrönet.

Geomorfologisk utformning av nedströmsslänten med gråberg för efterbehandlingen är inget som krävs för driftfasen. Gråberget kommer dock att läggas ut löpande baserat på gråbergsproduktion och utbyggnad av gråbergsupplagen.

Samtliga, i sektionen, angivna mått och lutningar ska ses som ungefärliga och kan komma att justeras i samband med detaljprojektering.



Figur 68 Typsektion dammar (NV, Ö och S dammarna) till nytt sandmagasin

#### 4.6.5.3 Avbördningskonstruktioner

Avbördning kommer ej att ske via traditionellt utskov från det nya sandmagasinet under normala förhållanden då allt vatten som lämnar magasinet dräneras ut genom dammarna och pumpas till klarningsmagasinet. Även vid extremflöden, så som Klass 1-flödet, kommer vattnet att kunna magasineras i sandmagasinet för att sedan pumpas till klarningsmagasinet över än längre tid.

En nödutskovströskel föreslås anläggas med syfte att säkerställa att en situation där dammkrön överströmmas okontrollerat inte inträffar. Tröskelnivån föreslås på en nivå 1,5 m under lägsta dammkrön med en bredd av 5 m.

#### **4.6.6 Deponering - anrikningssand**

Deponering av anrikningssand kommer att ske i det nya sandmagasinet från det norra hörnet. Sandledningarna kommer att dras upp på dammkrön genom anläggande av en ledningsramp i lämplig lutning. Från dammkrönet kommer deponering att ske med direktutsläpp.

Genom direktutsläpp kommer sandslurryn att spridas så långt från utsläppspunkten som det är möjligt, vilket är målsättningen. Den förväntade sandlutningen antas bli ca 1:300, vilket är flackare än i befintligt sandmagasin. Detta med hänsyn till att fastgodshalten bedöms vara lägre än då sanden i befintligt magasin deponerades. Eftersom data för fastgodshalt och flöde då inte är tillgänglig utgör en sandlutning om 1:300 en "bästa gissning". Anledningen till den låga fastgodshalten är att allt inom industriområdet påverkat vatten kommer att ledas till sandpumphon och blandas med anrikningssanden innan den pumpas upp till magasinet för deponering. En flack sandlutning ger maximal utfyllnad i magasinet och är således bra.

Höjningstakten vid full produktion bedöms, efter de första inledande åren, uppgå till ca 1 m/år. Då den deponerade anrikningssanden ej ingår i dammkonstruktionen, utgör dock inte höjningstakten någon för dammstabilitet relevant faktor. Anrikningssand tillåts deponeras upp till nivån 0,5 m under dammkrön vid området för deponering. Fribordet till sand i detta område är således 0,5 m.

Då all sand deponeras från magasinets norra hörn kommer den fria vattenspegeln att ansamlas i sydost. I söder begränsas magasinet av högre terräng. Från magasinets sydöstra del är avståndet till klarningsmagasinet som kortas, varför det är gynnsamt att vatten (om det ansamlas) ansamlas i denna del av magasinet.

#### **4.6.7 Dammbyggnadsmaterial**

Det kommer att krävas stora mängder dammbyggnadsmaterial av olika fraktioner för att bygga de nya dammkropparna och återuppbygga och förstärka de befintliga dammarna. I Tabell 14 beskrivs de olika materialen och vilka krav de ska uppfylla för byggnation av nya dammar.



**Tabell 14 Ingående material i byggnation av dammar kring nytt sandmagasin**

Material	Funktion	Krav
Anrikningssand	Begränsar läckage genom dammen där den täcker slänten.	
Erosionsskydd	Skydda geotextil mot yttre påverkan, t.ex. nederbörd, vind eller tillfälliga ansamlingar av vatten mot dammkropp.	Ej för grov m.h.t. till geotextilen, t.ex. material motsvarande dränagelager.
Geotextil	Filtrerande egenskaper mot erosionsskydd uppströms åt, dvs skydda finfiltret mot urspolning in i magasinet.	Lämplig kvalitet m.h.t. erosionsskydd.
Finfilter, slänt	Filtrerande egenskaper mellan anrikningssand och grovfilter.	Uppfylla filtrerande krav enligt riktlinjer.
Finfilter, botten	Filtrerande och dränerande egenskaper mellan undergrund av morän samt grovfilter.	Uppfylla filtrerande och dränerande krav enligt riktlinjer.
Grovfilter	Filtrerande och dränerande egenskaper mellan finfilter och dränagelager.	Uppfylla filtrerande och dränerande krav enligt riktlinjer.
Dränagelager	Säkerställa dränagekapacitet och skydda grovfiltret.	Uppfylla filtrerande och dränerande krav enligt riktlinjer.
Osorterad stödfyllning	Stabiliserande och dränerande funktion.	
Tåsten	Stabiliserande funktion.	Uppfylla stabiliserande egenskaper vid dimensionerande läckage (minsta stenstorlek ca 350 mm)

Av kostnads- och utrymmesmässiga skäl har Viscariagruvan en målsättning att producera så mycket dammbyggnadsmaterial som möjligt internt. Detta kan ske genom krossning, av gråberg från fallande produktion eller upplag, till lämpliga fraktioner. I nuläget finns gråberg tillgängligt i det norra befintliga gråbergsupplaget. Detta material, från tidigare gruvbrytning, har dock i nuläget inte undersökts eller provkrossats i syfte att används som dammbyggnadsmaterial.

Viscaria har möjlighet att köpa in krossmaterial för dammbyggnad från extern aktör, t.ex. från LKAB Berg och Betong. Tabell 15 nedan redovisar tillgängliga material och uppskattad densitet i upplag för dessa material (LKAB, 2021).

**Tabell 15 LKAB Berg och Betongs krossmaterial – uppskattad densitet i upplag**

Material (fraktion) [mm]	Densitet [ton/m <sup>3</sup> ]	Material (fraktion) [mm]	Densitet [ton/m <sup>3</sup> ]
0-4	1,60	LK 0-200	1,75
0-12	-	4-16	1,45
LK 0-30	2,10	4-32	1,50
0-70	-	30-200	1,70
0-90	1,65	300-600	2,00

OBS - Packat material i dammkropp bedöms ha högre densitet än i Tabell 15 angivna densiteter.

Fraktionerna för de olika krossmaterialen till nya sandmagasinets dammar är inte fastställda ännu, vilket utförs under detaljprojekteringsfasen. Vid återuppbyggnad av de befintliga dammarna kommer material liknande de som dammarna byggts upp av att användas. Det innebär tätmorän, finfilter, grovfilter och stödfyllning. I den mån det är möjligt kan avschaktade material återanvändas. Om moränen som schaktas bort från klarningsmagasinets botten uppfyller kraven för tätkärna kan detta användas som tätkärna i damm B-C, B-D samt D-E under etapp 1. Dammkrön för damm A-B schaktas och ompackas vid senare etapp.

Preliminära mängder för samtliga material för nya dammar samt återuppbyggnad av de befintliga dammkropparna är framtagna och redovisas under avsnitt 5.

## 4.7 Vattenhantering

### 4.7.1 Vattenbalans – sand- & klarningsmagasin

Sweco har upprättat en vattenbalans för hela systemet (Sweco, 2022a). Den baseras på normalflöden, våtår och 30-årsflöden vad det gäller nederbörd och övriga vattenflöden som ingår i planerad verksamhet där gruvvatten (från länshållning av dagbrotten), processvatten och dränagevatten genom dammarna till nya sandmagasinet utgör de största flödena.

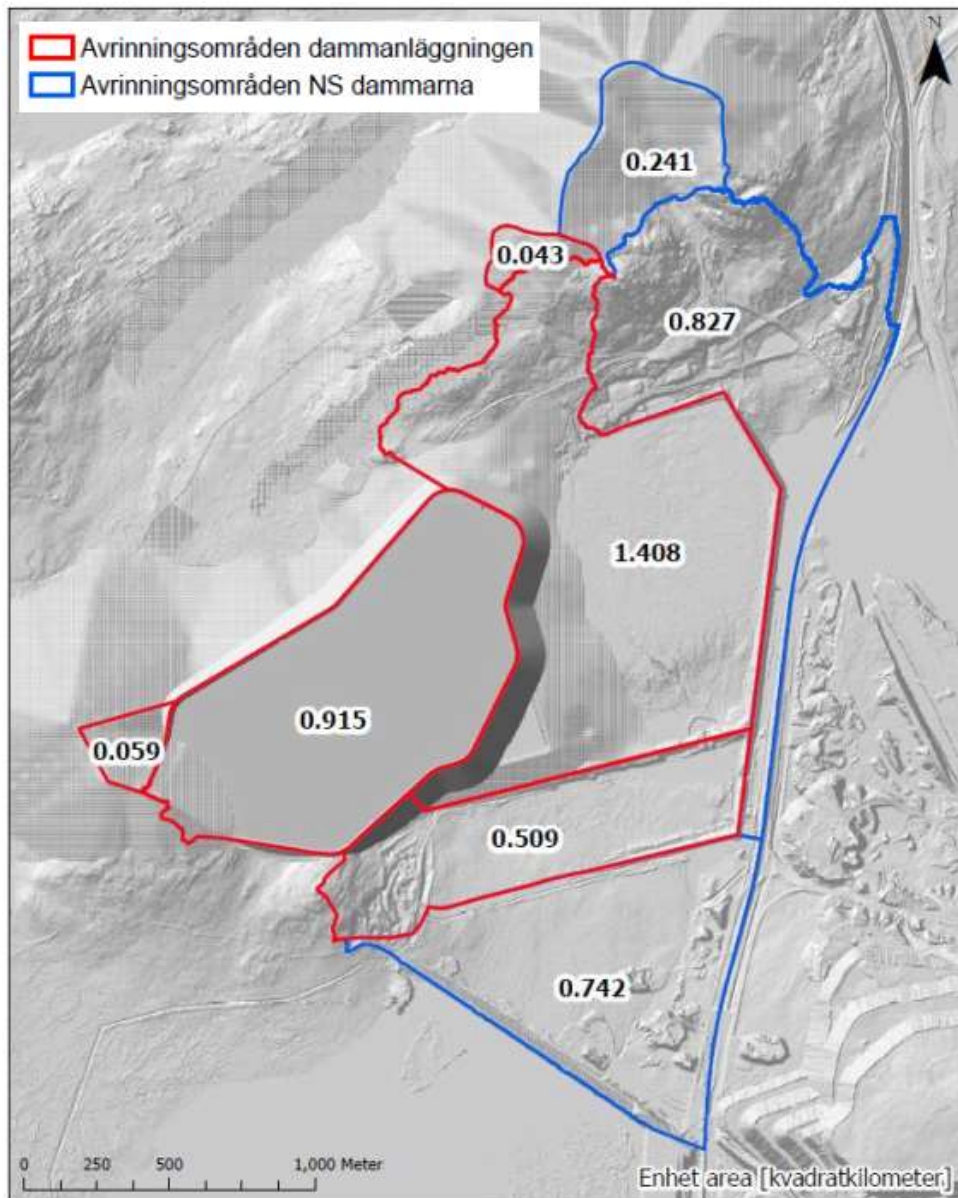
Allt vatten som påverkats av verksamheten pumpas till klarningsmagasinet. Detta är utformat så att flöden upp till 30-årsflödet kan hanteras utan behov av att brädda vatten direkt till recipienten. För att optimera vattenreningen genom ett så konstant tillflöde som möjligt har ett styrschema för pumpning från klarningsmagasinet tagits fram. Vattenvolymen i klarningsmagasinet, vars syfte är att säkerställa tillgången till processvatten året runt, kan även nyttjas för att buffra vatten vid flödestoppar med hänsyn till vattenreningen.

Det innebär att varken sand- eller klarningsmagasin har några konventionella utskov, utan allt vatten som samlas i magasinerna pumpas till klarningsmagasinet och från klarningsmagasinet till processvattentanken i verket.

Den södra delen av det befintliga sandmagasinet, lågpunkten, kan eventuellt även vid behov nyttjas som fördröjningsvolym. Det område som nyttjas för detta kommer vid behov erosionsskyddas.

Avrinningsområden inom industriområdet, verksamhetsområdet, visas i Figur 14 (under avsnitt 3.3). Medan de avrinningsområden som påverkar gruvdammanläggningarna samt området nedströms, dvs mellan befintliga magasin och västra järnvägen visas i Figur 69 och utgörs av:

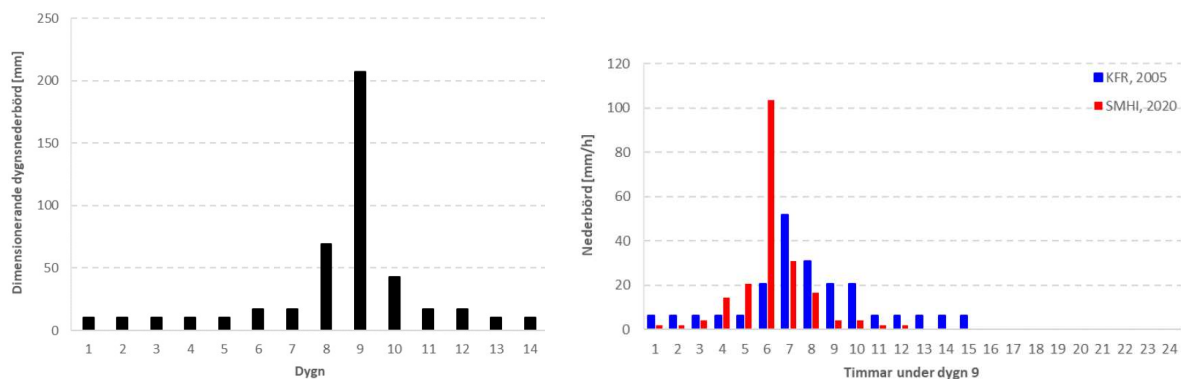
- Nytt sandmagasin inklusive del av södra gråbergssupplaget
- Befintligt sandmagasin inklusive del av norra gråbergssupplaget
- Befintligt klarningsmagasin inklusive uppströms liggande naturlig mark
- Industriområde inklusive del av norra gråbergssupplaget
- LKABs gråbergssupplag ("trekanten")



*Figur 69 Avrinningsområden för gruvdammanläggningarna och området nedströms mellan befintliga magasin och västra järnvägen (Sweco, 2022b).*

#### **4.7.2 Dimensionerande flöden**

Sweco har beräknat dimensionerande flöden för samtliga magasin (Sweco, 2022b). Dimensionerande flöden baseras på Klass 1-flöden med dygns- och timupplösning, se Figur 70. Timupplösning används för små nederbördsområden, vilket Viscaria utgör, och det finns två tillägg till Flödeskommitténs riktlinjer för att beakta timupplösning; Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer (KFR) från 2005 och SMHI från 2020. Sweco har kontrollerat båda metoderna.



**Figur 70 Dimensionerande flöden (Klass 1-flöden) med dygnsupplösning till vänster och timmupplösning till höger**

Då Klass 1-flödets 14-dagarssekvens inleds har magasin nivåerna antagits ligga på följande nivåer:

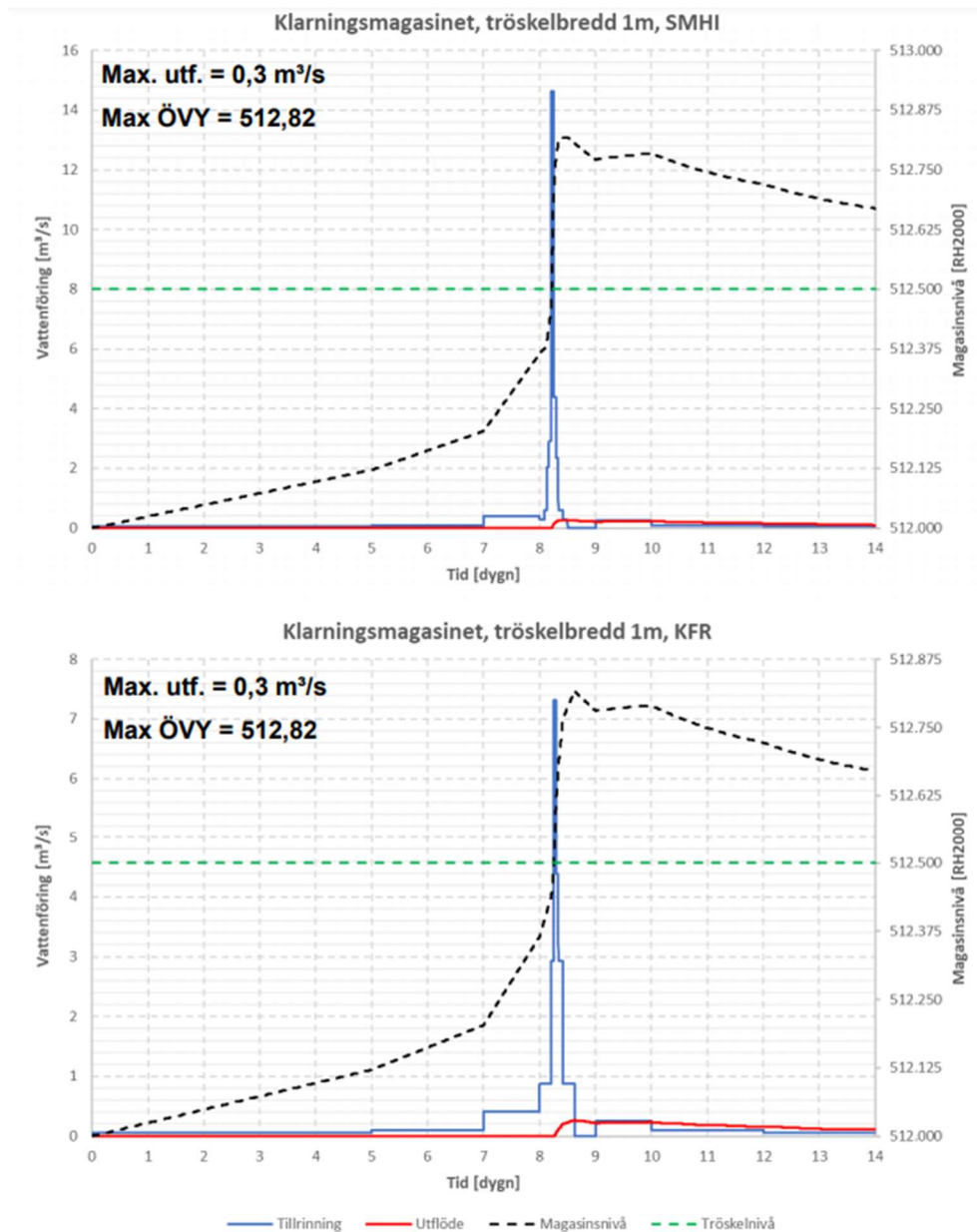
- Nya sandmagasinet: DG +562,0 (vilket är mycket konservativt m.h.t. att magasinet normalt inte ska dämna vatten)
- Befintliga sandmagasinet: Maximal DN +513,0
- Klarningsmagasinet: DG +512,0

Och området nedströms dammarna (lågpunkten vid industriplan) antas ligga på nivån +501,4. Alla tre magasinerna har en överdämningsgräns (ÖDG) till vilken magasin nivån tillåts stiga i samband med dimensionerande flöde, dvs Klass 1-flödet. I Tabell 16 nedan sammanställs resultaten för respektive magasin. För båda sandmagasinen når inte Klass 1-flödet upp till nödutskovets tröskelnivå. Inte ens för nytt sandmagasin där startnivån antas vara på DG, vilket innebär att magasineringsskapaciteten i praktiken är ännu större. För befintligt sandmagasin utfördes även en känslighetsanalys som visar att även om startnivån för magasin sytan sätts DG (+519) så överskrids inte överdämningsgränsen (ÖDG). Bräddning kommer dock att ske från magasinet eftersom nivån för nödutskovströskeln också är +519.

Från klarningsmagasinet kommer bräddning dock att ske från dygn 9, se Figur 71 som visar tillrinning, utflöde och magasin nivå för klarningsmagasinet med en 5 m bred nödutskovströskel. Dag 14 ligger magasin nivå några cm över tröskelnivån (<5 cm).

**Tabell 16 Sammanställning av nivåer för Klass 1-flöden i respektive magasin tillsammans med; krönnivå, överdämningsgräns (ÖDG) och nivå för nödutskovströskel**

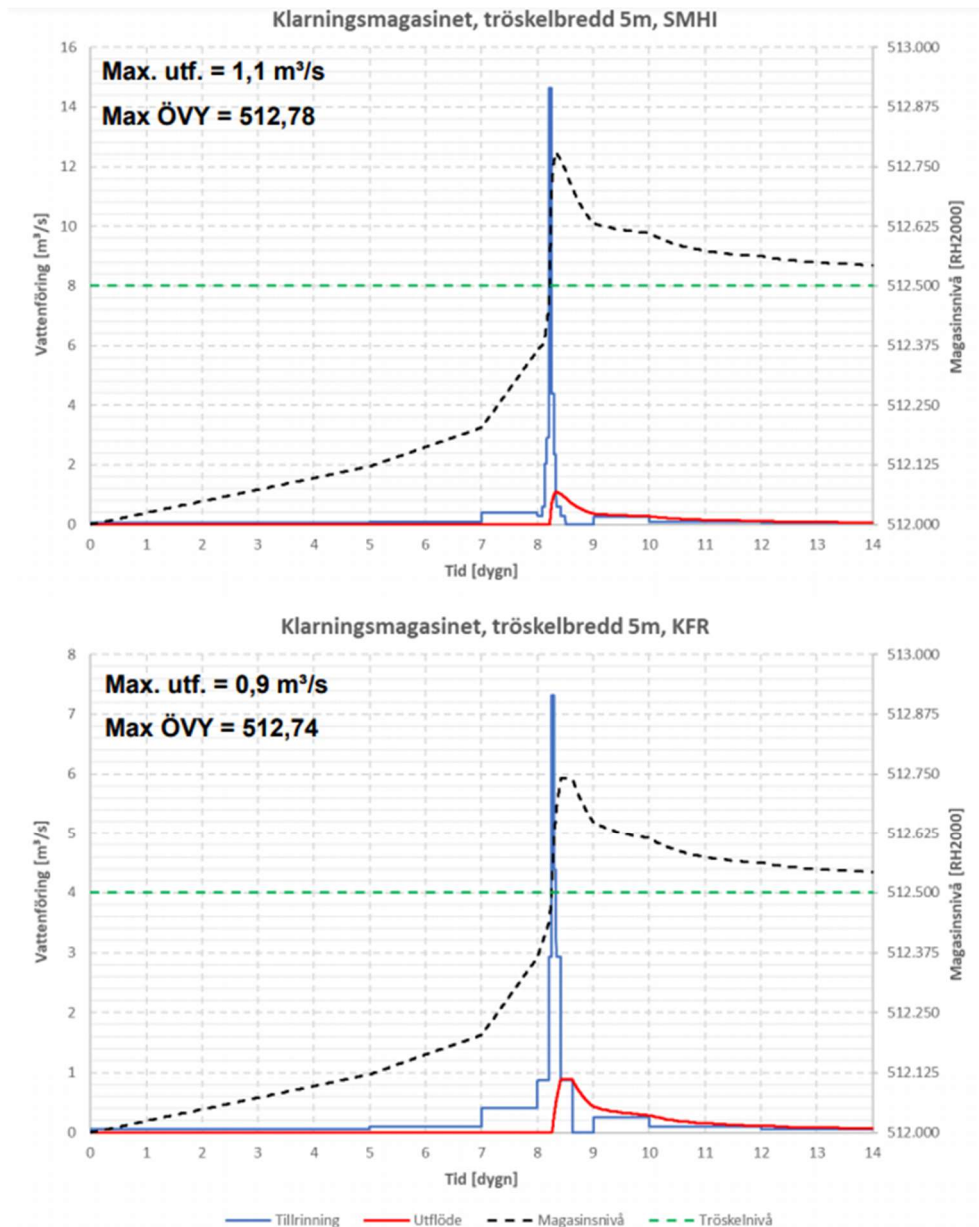
Magasin	Dammkrön	Överdämningsgräns (ÖDG)	Nivå nödutskovströskel	Nivå vid Klass 1-flöde
Nya sandmagasinet	+565,0	+564,0	+563,5	+562,84
Befintliga sandmagasinet	+521,0	+520,0	+519,0	+517,00
Klarningsmagasinet	+515,0	513,0	+512,5	+512,88



**Figur 71** Graf som visar tillrinning, utflöde och magasinsnivå i klarningsmagasinet vid Klass 1-flöde med en 5 m bred nödutskovströskel på nivå +512. Överst timflöden beräknade enligt SMHI och nederst timflöden beräknade enligt KFR

Området nedanför dammarna begränsas av kulvertar under järnvägsbanken. Om kulvertarna ej är igensatta, utan har full kapacitet, visar resultaten att järnvägsbanken ej kommer att överströmmas vid Klass 1-flödet och en 5 m bred nödutskovströskel i klarningsmagasinet, se Figur 72. Beroende på vilken metod som används för timflöden erhålls en maximal vattennivå om ca 0,5 – 1,5 m under järnvägsbankens överkant. Huruvida järnvägen klarar belastning från ensidigt vattentryck till dessa nivåer är EJ utrett.





**Figur 72** Graf som visar tillrinning, utflöde och magasinivå nedströms dammanläggningarna, uppströms kulvertarna under västra järnvägen vid Klass 1-flöde. Överst timflöden beräknade enligt SMHI och nederst timflöden beräknade enligt KFR

Med hänsyn till att Klass 1-flödena kan magasineras i respektive sandmagasin har flöden för lägre återkomsttid ej kontrollerats, dvs allt under Klass 1-flöde kan magasineras i dessa. För klarningsmagasinet sker dock en bräddning vid Klass 1-flöde med knappt 40 cm över den fasta nödutskovströskeln på nivå +512,5. Tröskelnivån ligger dock 0,5 m över dämningens gränns (DG), vilket medför att vattennivån måste stiga ca 0,9 m över DG för bräddning av Klass 1-flödet, varför tillfällen då bräddning kommer att ske bedöms vara få.

#### 4.7.3 Avbördning

Som nämnts tidigare, så kommer bräddning ej att ske under normala förhållanden, upp till 30-årsflöde. Då kommer vatten att pumpas till reningsverket innan

överskottsvatten bräddas till recipienten. Vid flöden över 30-årsflödet finns dock en viss lagringskapacitet i klarningsmagasinet. Mellan DN och nödutskovströskel kan i storleksordningen en volym motsvarande ca 4100-årsflöden lagras och motsvarande kapacitet mellan DG och tröskelnivå är ca 2 100-årsflöden. Då ett 500-årsflöde normalt ligger i storleksordningen 1,2-1,3 gånger 100-årsflödet så görs bedömningen klarningsmagasinet kan innehålla minst ett 500-års flöde innan bräddning sker till recipient, se Bilaga A3-2 (Sweco, 2022b).

I samband med dimensionerande flöde, Klass 1-flöde, (jämför avsnitt 4.7.2) kommer vatten att behöva bräddas från klarningsmagasinet, varför en fast nödutskovströskel anläggs i södra anfanget av damm D-E. Även i sandmagasinen anläggs nödutskovströsklar för att säkerställa att vatten bräddas kontrollerat även från dessa om vattennivåerna av någon anledning skulle stiga över dämningens gräns (DG). Trösklarna i sandmagasinen ska, teoretiskt sett, dock aldrig nyttjas. Lagringskapaciteterna i båda sandmagasinen är mycket stor i förhållande till dimensionerande flöde.

Med hänsyn till anläggningspraktiska aspekter föreslås samtliga nödutskovströsklar anläggas med en bredd av 5 m. Detta bör kunna utformas som en överkörningsbar nedsänkning i dammkrönet. Detaljerad utformning för detta föreslås ske i samband med detaljprojektering.

För att säkerställa avbördningen i området nedströms dammarna bör befintliga diken ses över och rensas, kanske eventuellt även breddas om det är möjligt. Trummorna under järnvägarna, främst den västra, bör rensas för att säkerställa maximal kapacitet. Dessa delar bör ingå i den regelbundna tillståndskontrollen av gruvdammanläggningarna.

## **4.8 Stabilitet och läckage befintliga magasin**

I detta avsnitt redovisas beräkningar utförda för dammar i befintligt sand- och klarningsmagasin.

Tre olika typsektioner har studerats. En sektion är för sandmagasinets dammdel A-B, en sektion är för dammen mellan sand- och klarningsmagasinet (dammdel B-C) och en sektion är för klarningsmagasinets dammar (dammdel B-D och D-E).

### **4.8.1 Geometri**

Underlag som har använts vid tolkning av de befintliga dammarnas uppbyggnad är:

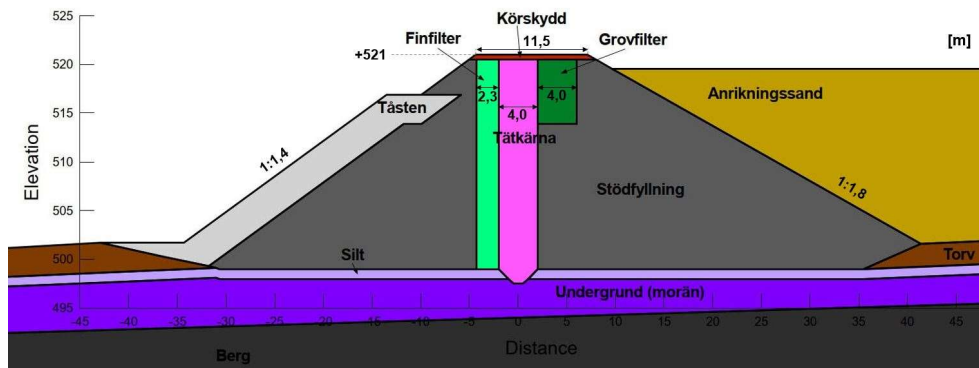
- Tolkning gjord av Golder (Golder, 2011a),
- Äldre kartmaterial från LKAB (LKAB, 1981; LKAB, 1985),
- Inmätning genom flygskanning (Hexagon, 2021),
- Provgropsgrävningar på dammarnas krön (MITTA, 2021a).

Som nämnts i avsnitt 3.6.1.2 och 3.6.2.2 finns det en del motstridigheter i tillgängligt underlag vad gäller bredden på dammarnas tät kärna och filterzoner. Därför har beräkningar initialt gjorts för två olika bredder av dessa zoner för varje typsektion; ett fall med en tolkad bred zon och ett fall med en tolkad smal zon.

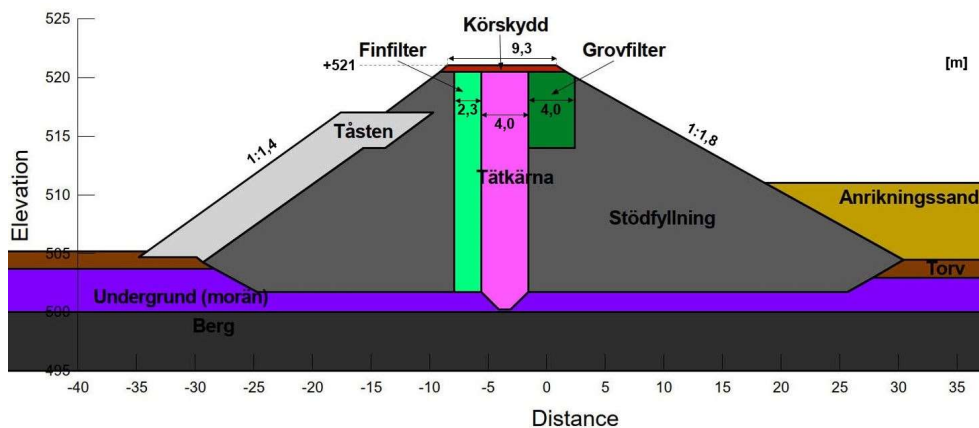
Resultaten skilde sig dock inte märkbart mellan de olika utformningarna. Därför genomfördes vidare beräkningar endast med den bredare zonen på filter och tätkärna, vilken över lag gav något lägre säkerhetsfaktor (skillnaden i säkerhetsfaktor var som mest några tusendelar). De olika tvärsektionerna som har använts i beräkningarna visas i Figur 73-Figur 75. Valda tvärsektioner har bedömts som mest kritiska ur stabilitetssynpunkt.

Det har även funnits motstridigheter i tillgängligt underlag vad gäller dammarnas krönnivåer. Skillnaderna har emellertid varit mindre än en meter. Krönnivån som har använts i beräkningarna är den som uppmättes vid flygskanning av magasinerna och dammarna år 2021 (Hexagon, 2021). Dessa uppgifter har betraktats som mest tillförlitliga i tillgängligt underlag och har dessutom varit de högsta nivåerna som angivits.

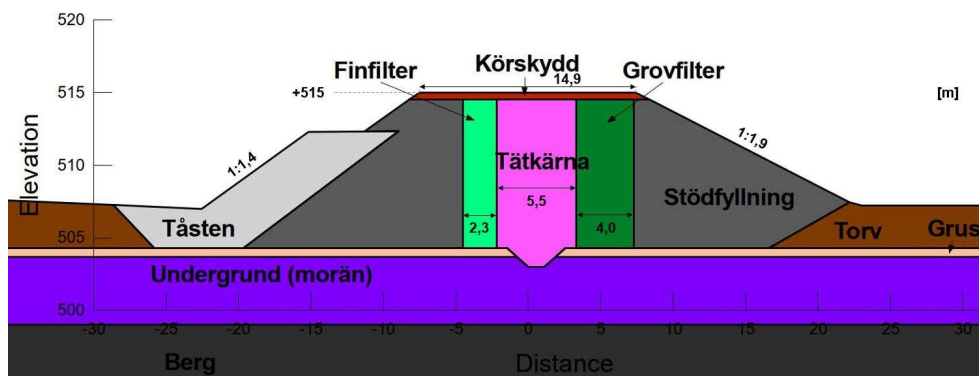
Tolkning av undergrundens uppbyggnad bygger på uppgifter från PM Geoteknik, Bilaga C. Vid Trafikverkets undersökningar längs den nya järnvägen har det påträffats silt med en mäktighet om upp till 1 m i närheten av damm A-B. Dock har silt inte påträffats vid undersökningar av dammens undergrund. Det är därför osäkert om huruvida det kan förekomma avsnitt under och invid damm A-B med skikt av silt. Därför har två beräkningsfall genomförts för den dammen; ett fall där ett lager silt med en mäktighet om 1 m förekommer och ett fall utan silt.



**Figur 73. Beräkningssektion för dammdel A-B (sektion 0+850), med tolkad bred zon på tätkärna och intilliggande filter. Det har undersökts ett beräkningsfall där det förekommer silt i undergrunden (som visas i figuren) och ett fall utan silt.**



**Figur 74. Beräkningssektion för dammdel B-C (sektion 1+800), med tolkad bred zon på tätkärna och intilliggande filter**



Figur 75. Beräkningssektion för dammdel B-D och D-E (sektion 0+150), med tolkad bred zon på tät kärna och intilliggande filter

#### 4.8.2 Genomströmningsberäkningar

Genomströmningsberäkningar har genomförts i GeoStudios programvara SEEP/W. Som materialmodell har mättad/omättad (*Saturated/Unsaturated*) valts för samtliga material. Detta innebär att materialen inte i förväg antas vara vattenmättade, utan vattenmättnadsgraden för olika delar av geometrin beräknas av programmet.

##### 4.8.2.1 Beräkningsfall

I genomströmningsberäkningarna har tre olika beräkningsfall undersökts:

- Dränerade förhållanden i dammen, vattennivån i magasinet vid DG (under DG för damm B-C, se förklaring nedan),
- Dränerade förhållanden i dammen, vattennivån i magasinet vid ÖDG,
- Dimensionerande läckage.

I befintligt sandmagasin är DG satt till nivån +519 och ÖDG till +520. I klarningsmagasinet är DG och ÖDG satt till nivåerna +512 respektive +513.

För det första beräkningsfallet som listas ovan har vattennivån i sandmagasinet satts till nivån +517, vilket är lägre än DG. Anledningen till detta är att sandnivån i sandmagasinet uppströms damm B-C ligger vid nivån ca +511 (sandnivån varierar något längs dammen). Inget vatten avses lagras i sandmagasinet, varför det anses vara ett extremfall att vattenytan ligger uppe vid dämningens gräns (ca 8 m vatten över sandytan uppströms damm BC). Därför väljs istället en lägre vattennivå, som här motsvarar vattennivån i sandmagasinet mot damm B-C vid lagring av ett klass I-flöde (nivån +517). Även denna vattennivå kan betraktas som ett extremfall, men används här i beräkningarna som ett konservativt fall.

För samtliga tre beräkningsfall som listas ovan beräknas porvattentryck i dammarna och undergrunden, vilket används i släntstabilitetsberäkningarna (se avsnitt 4.8.3).

##### 4.8.2.2 Materialparametrar

I Tabell 17 presenteras värden på den hydrauliska konduktiviteten som har använts i genomströmningsberäkningarna. Värdena som används är erfarenhetsbaserade.

**Tabell 17. Hydraulisk konduktivitet som används i genomströmningsberäkningarna**

Material	Hydraulisk konduktivitet
Anrikningssand	$1,6 \cdot 10^{-8}$ m/s
Berggrund	<i>Impermeable</i>
Körskydd	$10^{-3}$ m/s
Finfilter	$10^{-5}$ m/s
Grovfilter	$10^{-3}$ m/s
Grus	$10^{-3}$ m/s
Osorterad stödfyllning	$10^{-3}$ m/s
Silt	$10^{-8}$ m/s
Torv	$10^{-10}$ m/s
Tåsten	$10^{-1}$ m/s
Ny stödbank	$10^{-1}$ m/s
Tätkärna	$10^{-8}$ m/s
Undergrund (morän)	$10^{-8}$ m/s

I genomströmningsberäkningarna antas det för båda beräkningsfallen att samtliga material är isotropa, där den hydrauliska konduktiviteten är densamma i både horisontell och vertikal riktning.

#### 4.8.2.3 Läckage under drift

I genomströmningsberäkningarna har porvattentryck i dammarna och undergrunden beräknats. Beräknat porvattentryck har sedan nyttjats i släntstabilitetsberäkningarna, som presenteras i avsnitt 4.8.3.

Resultat från genomströmningsberäkningarna för befintliga magasin återfinns i Bilaga B.

#### 4.8.2.4 Dimensionerande läckage

För beräkningsfallet dimensionerande läckage antas att dammens filter, dränagelager och andra material har förlorat sina egenskaper, så hela dammen betraktas som en homogen damm med samma egenskaper som stödfyllningen bortsett från tåstenen. Stödfyllningens hydrauliska konduktivitet sätts till  $10^{-3}$  m/s. Ingen hänsyn tas till anrikningssandens genomsläpplighet, utan sandmagasinet betraktas som en damm fylld med vatten upp till DG.

Även för fallet dimensionerande läckage har porvattentrycket i dammarna och undergrunden beräknats, vilket sedan har nyttjats i släntstabilitetsberäkningen för motsvarande fall.

Flödet har även beräknats vid dammarnas tåsten och undergrund för fallet dimensionerande läckage. Beräknade värden presenteras i Tabell 18.

**Tabell 18 Flöden vid dammarnas tåsten och undergrund vid dimensionerande läckage för ny dammutformning**

Damm	Flöde [ $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ]
A-B	$5,3 \cdot 10^{-3}$
B-C (inget vatten i klarningsmagasinet)	$4,6 \cdot 10^{-3}$
B-C (vattennivån i klarningsmagasinet vid DG)	$1,1 \cdot 10^{-4}$



### 4.8.3 Stabilitetsberäkningar

Samtliga släntstabilitetsberäkningar har gjorts i GeoStudios programvara SLOPE/W. En jämviktsanalys används i programmet som baseras på Morgenstern-Prices metod. Som materialmodell används Mohr-Coulomb. Samtliga material i dammen samt undergrunden antas vara dränerande. Eftersom anrikningssanden ej avses ha en bärande funktion i dammen så har anrikningssanden ansatts en obefintlig skjuvhållfasthet.

Släntstabilitetsberäkningar har genomförts för nuvarande utformning av de befintliga magasinens dammarna. Typsektioner för dessa dammar presenteras i avsnitt 4.8.1. Om erforderlig säkerhetsfaktor inte uppnåddes för nuvarande utformning, genomfördes ytterligare beräkningar med förstärkningsåtgärder i form av tillagd stödfyllning/tåsten i dammslänten. Utformningen av tillagd stödfyllning/tåsten justerades i en iterativ process, där nya genomströmnings- och släntstabilitetsberäkningar genomfördes för varje ny utformning till dess att erforderlig säkerhetsfaktor uppnåddes.

Dammarna har ej studerats för jordbävningsslaster. Detta motiveras i dagsläget av att dammkropparna bedöms förhållandevis okänsliga gentemot dynamisk påverkan. TCS anser att, även vid kraftiga dynamiska laster, förväntas dammarna vara föga påverkade. Någon betydande dammsäkerhetsrisk föreligger således ej.

#### 4.8.3.1 Förutsättningar

De lastfall som har undersökts och krav på säkerhetsfaktor för släntstabilitetsberäkningarna står i enlighet med Tabell 2.

En glidyta är kritisk för en damms stabilitet först då den är så pass djup att den går genom en betydande del av dammkrönet och på så sätt direkt kan påverka den dämmande förmågan. Exakt läge för glidytan som motsvarar gränsen till en kritisk glidyta finns inte redovisat i GruvRIDAS. Generellt brukar sägas att krönet fortfarande ska vara framkomligt efter en skada för åtgärd. Vidare ska den dämmande förmågan inte påverkas. Detta innebär generellt att ett skred som lämnar större delen av dammkrönet och filterzonen intakt inte hotar dammens övergripande stabilitet. Därmed kan lokala glidytor av denna karaktär tillåtas ha lägre säkerhetsfaktor än vad som anges i GruvRIDAS.

#### 4.8.3.2 Lastfall

Släntstabilitetsberäkningar har gjorts för samtliga fall där genomströmningsberäkningar har genomförts. Portryckslinjen är i släntstabilitetsberäkningarna hämtad från genomströmningsberäkningarna. Beräkningsfallen är följande, där krav på säkerhetsfaktor anges inom parentes (i enlighet med Tabell 2):

- Dränerade förhållanden i dammen, vattenyta vid DG (annan vattennivå uppströms damm B-C, se avsnitt 4.8.2.1) ( $SF \geq 1,5$ ).
- Dränerade förhållanden i dammen, vattenyta vid ÖDG ( $SF \geq 1,3$ ).
- Dimensionerande läckage, vattenyta vid DG ( $SF \geq 1,1$ ).

#### 4.8.3.3 Materialparametrar

Hållfasthetsegenskaperna för de ingående materialen i dammen samt i undergrunden har i dagsläget inte undersökts och är således okända. I släntstabilitetsberäkningarna används därför erfarenhetsbaserade värden utifrån liknande material i andra dammanläggningar med ett konservativt antagande om hållfasthetsegenskaperna.

I Tabell 19 presenteras de parametervärden som används med Mohr-Coulombs modell i släntstabilitetsberäkningarna. För anrikningssanden har friktionsvinkeln satts till  $0,1^\circ$ . Anledningen till det låga värdet är att anrikningssanden i dammdesignen inte ska bära någon last. I stället betraktas anrikningssanden endast som en pådrivande last, utan någon egentlig bärande förmåga.

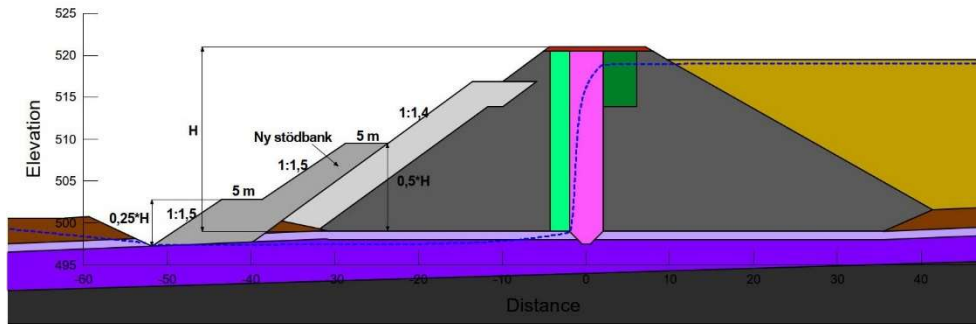
**Tabell 19. Valda materialparametrar som används i Mohr-Coulombs modell i släntstabilitetsberäkningarna för de befintliga magasinens dammar**

Material	Tunghet	Materialparametrar
Anrikningssand	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 0,1^\circ$ $c' = 0$ kPa
Berggrund	-	<i>Bedrock (Impenetrable)</i>
Körskydd	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Finfilter	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 30^\circ$ $c' = 0$ kPa
Grovfilter	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 32^\circ$ $c' = 0$ kPa
Grus	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 32^\circ$ $c' = 0$ kPa
Osorterad stödfyllning	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Silt	19 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 16,7^\circ$ $c' = 0$ kPa
Torv	12 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 21,8^\circ$ $c' = 0$ kPa
Tåsten	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Ny stödbank	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Tätkärna	20 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Undergrund (morän)	22 kN/m <sup>3</sup>	$\varphi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa

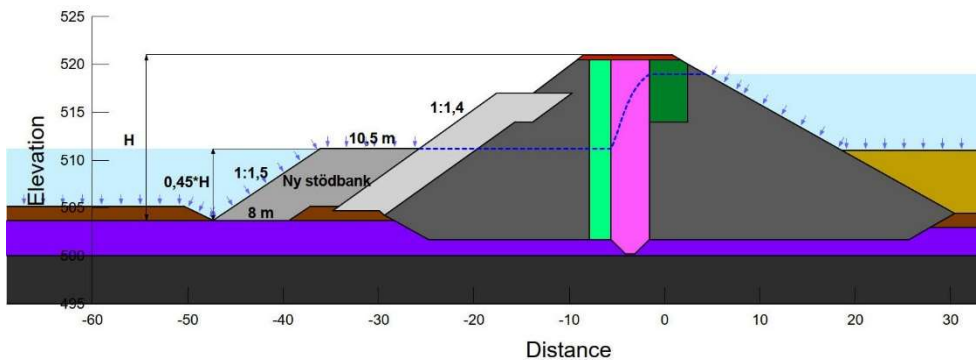
#### 4.8.3.4 Resultat

Genomförda släntstabilitetsberäkningar visar att erforderlig säkerhetsfaktor inte uppnås för alla lastfall som listas i avsnitt 4.8.3.2 för någon av dammsektionerna med nuvarande dammutformning. Således behövs förstärkningsåtgärder vid samtliga dammar. Förstärkningarna föreslås ske med en stödbank av väl-dränerande material. För dammsträckorna A-B och B-C krävs en stödbank längs dammfoten (nedströms) och längs dammsträcka B-D och D-E krävs en stödbank på dammens uppströmssida. Framtagna utformningar av de olika förstärkningsåtgärderna för respektive dammdel visas i Figur 76-Figur 78.

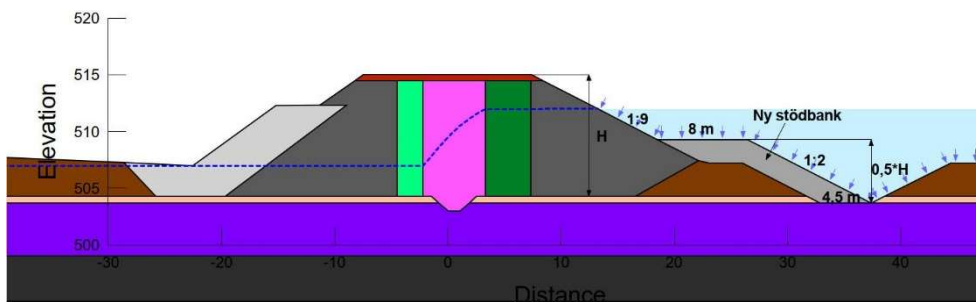
Med de föreslagna förstärkningsåtgärderna visade det sig att lastfallet med normala drifförhållanden (det första fallet som listas i avsnitt 4.8.3.2) var det dimensionerande lastfallet. Vid detta fall är säkerhetsfaktorn 1,5 för samtliga tre beräkningssektioner. För de övriga två lastfallen är beräknade säkerhetsfaktorer högre än erforderliga.



**Figur 76 Förstärkningsåtgärder vid damm A-B (sektion ca 0+850), där den nya stödbankens utformning iterativt har tagits fram utifrån resultaten från släntstabilitetsberäkningarna**



**Figur 77 Förstärkningsåtgärder vid damm B-C (sektion ca 1+800), där den nya stödbankens utformning iterativt har tagits fram utifrån resultaten från släntstabilitetsberäkningarna**



**Figur 78 Förstärkningsåtgärder vid damm B-D och D-E (sektion ca 0+150), där den nya stödbankens utformning iterativt har tagits fram utifrån resultaten från släntstabilitetsberäkningarna**

Det förutsätts att stödbankarna grundläggs på fast morän. Eventuella skikt av torv, silt och/eller grus ska avlägsnas från grundläggningsytan.

Som nämnts i avsnitt 4.8.1 finns det osäkerheter om huruvida silt kan förekomma i undergrunden vid damm A-B. I utformningen som visas i Figur 76 har ett siltlager med en mäktighet om 1 m modellerats. Släntstabilitetsberäkningarna visar emellertid att beräkningsfallet utan silt i undergrunden ger en motsvarande säkerhetsfaktor för samma utformning, med skillnaden att den nya stödbanken grundläggs 1 m högre upp (ty silten ersätts med morän i det beräkningsfallet).

Det är oklart hur nära dammen det går att schakta bort torv i klarningsmagasinet. I beräkningarna antas det att schakt av torv kan ske 3 m från den punkt där klarningsdammen möter torven i undergrunden. Det är emellertid önskvärt att

schakta bort torv så nära dammen som möjligt. Om det visar sig att schakt av torv måste ske mer än 3 m från klarningsdammen, så att mer torv lämnas kvar än i beräkningarna, behöver nya beräkningar genomföras för att undersöka hur detta påverkar stabiliteten. Eventuellt kommer det innebära att mer stödbank behöver läggas ut. Samma gäller om mer torv eller andra svaga skikt i undergrunden lämnas kvar än vad som presenteras i genomförda beräkningar vid någon av de andra dammarna.

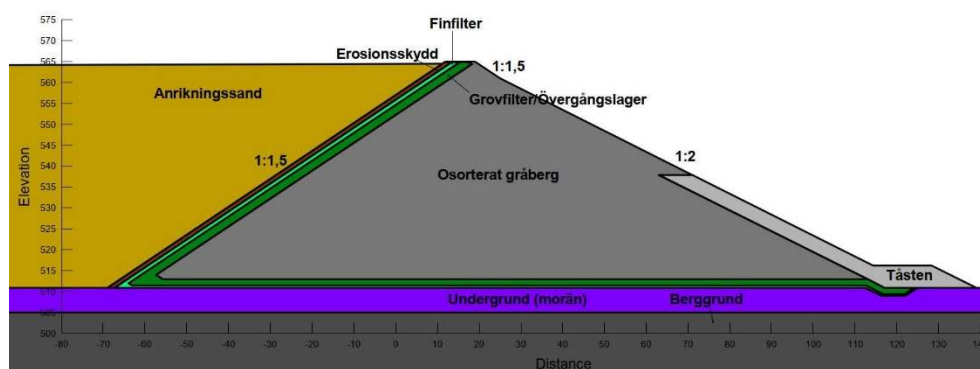
## 4.9 Stabilitet och läckage nytt magasin

I detta avsnitt redovisas beräkningar utförda för dammar vid nytt sandmagasin.

### 4.9.1 Geometri

Den modellerade dammen för det nya sandmagasinet har en liknande utformning längs hela dammlinjen. Det som skiljer dammen åt är dess höjd och bredd i olika tvärsnitt, då terrängen i området inte är helt plan. I genomströmnings- och släntstabilitetsberäkningarna har en tvärsnitt för dammens högsta del använts, vilken har bedömts vara som mest kritisk för dammens stabilitet.

Den beräkningssektion som används i genomströmnings- och släntstabilitetsberäkningarna visas i Figur 79. Dammen är designad som en dränerande fyllningsdamm och har en maximal höjd på 54 m (vid magasinets östra del, sektion ca 1+200). Ett erosionsskydd anläggs mellan anrikningssanden och ett filterlager, som består av ett finfilter och ett grovfilter. Filtren anläggs även mot undergrunden. Mellan filtren och stödfyllningen, som består av osorterat gråberg, ligger ett dränagelager. I beräkningarna betraktas grovfiltret och dränagelagret som en zon med samma genomsläpplighets- och hållfasthetsegenskaper. I dammtån ska tåsten anläggas. Dammen grundläggs på fast morän med en mäktighet om ca 6 m (se tolkning och förslag på grundläggning i Figur 55), som ligger ovan berg.



Figur 79. Typsektion för framtagen dammdesign som används i beräkningarna för nytt magasin

Utformningen av dammens tåsten justeras under arbetets gång med hänsyn till resultaten i genomförda släntstabilitetsberäkningar, så att erforderlig säkerhetsfaktor uppnås för samtliga genomförda beräkningsfall.

### 4.9.2 Genomströmningsberäkningar

Genomströmningsberäkningar för en typsektion av dammen till nytt sandmagasin har genomförts i GeoStudios programvara SEEP/W. Samma materialmodell har använts som för de befintliga magasinens dammar (se avsnitt 4.8.2).

#### 4.9.2.1 Beräkningsfall

I genomströmningsberäkningarna har följande beräkningsfall undersökts:

- Dimensionerande läckage.
- Dränerade förhållanden i dammen, anrikningssand 0,5 m under dammkrön och vattenyta vid DG. Åtta olika kombinationer med olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet beaktas.
- Dränerade förhållanden i dammen, anrikningssand vid vattnets driftnivå (DN) och vattenyta vid ÖDG. Åtta kombinationer med olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet beaktas.
- Dränerade förhållanden i dammen, anrikningssand upp till halva dammhöjden och vattenyta vid DG. Åtta kombinationer med olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet beaktas.

I det nya sandmagasinet är driftnivån satt till +561,5, dämmningsgräns till nivån +562 och överdämmningsgräns till nivån +564 då magasinets damm har nått sin högsta höjd (+565).

För samtliga fyra beräkningsfall som listas ovan beräknas porvattentrycket genom dammen, vilket nyttjas i släntstabilitetsberäkningarna.

#### 4.9.2.2 Materialparametrar

I Tabell 20 presenteras värden på den hydrauliska konduktiviteten som har använts i genomströmningsberäkningarna. I dagsläget har det inte genomförts några undersökningar av de ingående materialen med avseende på hydraulisk konduktivitet. Värdena som presenteras i Tabell 20 är erfarenhetsbaserade, och bedöms rimliga. Som känslighetsanalys har även parametervärdena på anrikningssanden och stödfyllningen varierats inom givna intervall (bortsett från dimensionerande läckage), där åtta kombinationer av olika värden har undersökts för varje beräkningsfall.

**Tabell 20. Hydraulisk konduktivitet som används i genomströmningsberäkningarna**

Material	Hydraulisk konduktivitet
Anrikningssand	$10^{-8}$ - $10^{-5}$ m/s
Erosionsskydd	$10^{-1}$ m/s
Finfilter	$10^{-5}$ m/s
Grovfilter/Dränagelager	$10^{-4}$ m/s
Osorтерad stödfyllning	$10^{-3}$ - $10^{-2}$ m/s
Tåsten	$10^{-1}$ m/s
Undergrund (morän)	$10^{-8}$ m/s

De värden på anrikningssandens hydrauliska konduktivitet som har undersökts vid känslighetsanalysen är  $10^{-8}$  m/s,  $10^{-7}$  m/s,  $10^{-6}$  m/s och  $10^{-5}$  m/s. För den osorterade stödfyllningen är motsvarande värden  $10^{-3}$  m/s och  $10^{-2}$  m/s.



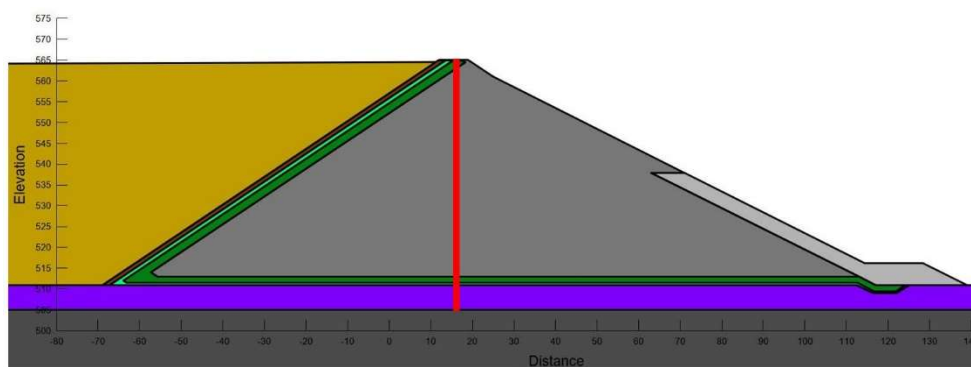
I genomströmningsberäkningarna antas det för båda beräkningsfallen att samtliga material är isotropa där den hydrauliska konduktiviteten är densamma i både horisontell och vertikal riktning.

#### 4.9.2.3 Läckage under drift

I genomströmningsberäkningarna har en portryckslinje räknats fram, vilken har nyttjats i släntstabilitetsberäkningar av dammen (se avsnitt 4.9.3). Resultat från genomströmningsberäkningarna för nytt magasin återfinns i Bilaga B.

Som nämnts i avsnitt 4.9.2.2 så är de hydrauliska konduktiviteter för materialen i dammen huvudsakligen erfarenhetsbaserade. För att hantera osäkerheten kring värdena har en känslighetsanalys utförts. I känslighetsanalysen undersöks olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet, då dessa bedöms kunna ha stor påverkan på portryckslinjens form och läckaget genom dammen.

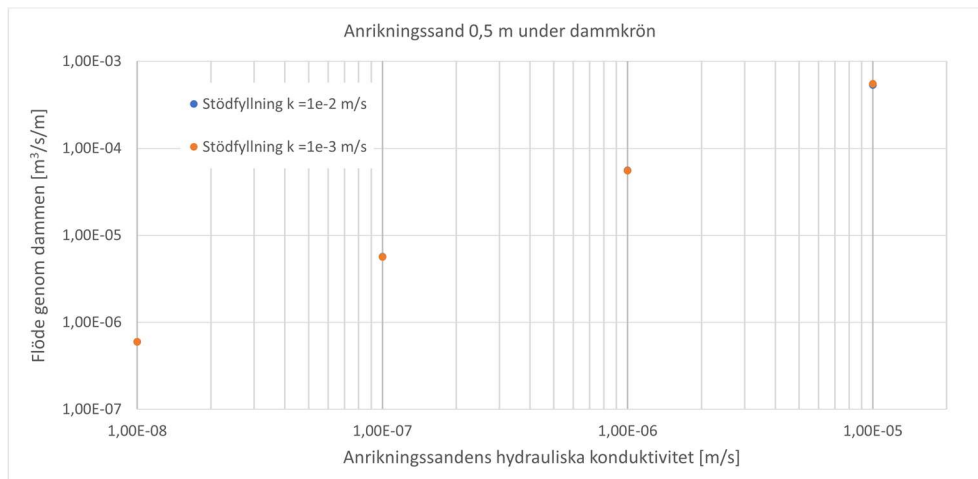
Läckaget genom dammen och undergrunden har beräknats vid den röda linjen som visas i Figur 80.



**Figur 80. Linje genom vilken flödet genom dammen och undergrunden redovisas**

I Figur 81 redovisas beräknat flöde genom dammsektionen och undergrunden för de åtta olika kombinationerna av anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet. Det kan observeras att det främst är anrikningssandens hydrauliska konduktivitet som här styr storleken på läckaget genom dammen. Dessutom är spridningen på beräknat läckage stort, då det som mest skiljer sig med nästan en faktor 1 000 (eftersom anrikningssandens hydrauliska konduktivitet varierats med en faktor 1 000). Detta innebär att, utifrån erhållna resultat, kommer det förväntade flödet genom dammen i huvudsak komma bero på den i magasinet deponerade anrikningssandens hydrauliska konduktivitet.

Det bör nämnas att läckaget har beräknats för en tvärsnitt där dammen är som högst. Dessutom har beräkningarna gjorts för den slutliga höjningen av dammen, alltså då dammen har nått sin högsta höjd. Flödet genom dammen förväntas vara mindre vid tvärsnitt med en lägre höjd eller vid tidigare etapper då dammen inte har nått upp till sin högsta höjd. Vidare har det i beräkningarna antagits att anrikningssanden har deponerats upp till sin maximala nivå, vilken ligger 0,5 m under dammkron, och att vattennivån i magasinet ligger under sandytan. Om anrikningssanden ligger vid en lägre nivå mot dammkroppen och om vattenytan ligger ovan anrikningssanden, så förväntas flödet genom dammen att öka.



**Figur 81. Beräknat läckage genom dammen och undergrunden då anrikningssanden ligger 0,5 m under dammkrön och vattennivån i sandmagasinet vid DG. Läckaget är beräknat genom röd linje som visas i Figur 80**

För det fjärde beräkningsfallet som listas i avsnitt 4.9.2.1, alltså då anrikningssanden ligger upp till halva dammhöjden och vattennivån i magasinet vid dämningssgräns, undersöktes även ett tidsberoende problem. Vattenytan låg uppe vid dämningssgräns som initialtillstånd. Vattnet tilläts sedan dränera ut genom dammen och undergrunden utan tillförsel av nytt vatten. Stödfyllningens och anrikningssandens hydrauliska konduktivitet sattes till  $10^{-3}$  m/s respektive  $10^{-8}$  m/s. Efter mellan 12 och 16 timmar hade vattenytan i magasinet sänkts till anrikningssandens nivå, vilket innebär en sänkning med 24 m. Detta visar på att dammen är väl dränerande. Att vattenytan stiger upp till dämningssgräns när anrikningssanden endast ligger vid halva dammhöjden kräver därför ett mycket stort inflöde av vatten (eftersom det samtidigt dränerar ut med hög kapacitet). En bedömning görs således att detta kan betraktas som ett extremfall, vilket innebär ett lägre krav på säkerhetsfaktorn vid släntstabilitetsberäkningarna för detta fall (1,3 i stället för 1,5).

#### 4.9.2.4 Dimensionerande läckage

Från den dimensionerande läckageberäkningen beräknas porvattentrycket i dammen och undergrunden, vilket nyttjas i släntstabilitetsberäkningarna.

För fallet dimensionerande läckage beräknas även flödet genom den nedre delen av dammens tåsten och undergrunden till  $1,4 \cdot 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s.

### 4.9.3 Stabilitetsberäkningar

Samtliga släntstabilitetsberäkningar för det nya magasinets dammar har gjorts i samma programvara och med samma metoder och materialmodeller som för de befintliga magasinens dammar, se avsnitt 4.8.3.

Processen har vid släntstabilitetsberäkningarna varit ett iterativt arbete. Utformningen av dammens tåsten har i beräkningarna justerats med hänsyn till beräkningsresultatet. Om en viss utformning har inneburit att otillräcklig säkerhetsfaktor uppnås för något av lastfallen som presenteras i avsnitt 4.9.3.2, så har utformningen justerats och nya genomströmnings- och släntstabilitetsberäkningar har genomförts. Denna process har upprepats till dess att erforderlig säkerhetsfaktor uppnås för samtliga beräkningsfall.

Dammarna har ej studerats för jordbävningslaster. Detta motiveras i dagsläget av att dammkropparna avses byggas med material vilka är förhållandevis okänsliga gentemot dynamisk påverkan. TCS anser att, även vid kraftiga dynamiska laster, förväntas dammarna vara föga påverkade. Någon betydande dammsäkerhetsrisk föreligger således ej.

#### 4.9.3.1 Förutsättningar

Samma förutsättningar gäller vid släntstabilitetsberäkningar för det nya magasinets dammar som för de befintliga magasinens dammar, vilka presenteras i avsnitt 4.8.3.1.

#### 4.9.3.2 Lastfall

Släntstabilitetsberäkningar har gjorts för samtliga fall där genomströmningsberäkningar har genomförts. Beräkningsfallen är följande, där krav på säkerhetsfaktor anges inom parentes (i enlighet med Tabell 21):

- Dimensionerande läckage ( $SF \geq 1,1$ ).
- Dränerade förhållanden i dammen, anrikningssand 0,5 m under dammkrön och vattenyta vid DG. Åtta olika portryckslinjer beaktas, som är beräknade för olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet ( $SF \geq 1,5$ ).
- Dränerade förhållanden i dammen, anrikningssand vid vattnets DN och vattenyta vid ÖDG. Åtta olika portryckslinjer beaktas, som är beräknade för olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet ( $SF \geq 1,3$ ).
- Dränerade förhållanden, anrikningssand upp till halva dammhöjden och vattenyta vid DG. Åtta olika portryckslinjer beaktas, som är beräknade för olika parametervärden på anrikningssandens och stödfyllningens hydrauliska konduktivitet ( $SF \geq 1,3$ ).

#### 4.9.3.3 Materialparametrar

Hållfasthetsegenskaperna av de ingående materialen i dammen samt i undergrunden har i dagsläget inte undersökts och är således erfarenhetsbaserade. Värdena bedöms som konservativt valda.

presenteras de parametervärden som används i Mohr-Coulombs modell i släntstabilitetsberäkningarna för nytt sandmagasin. För anrikningssanden har friktionsvinkeln satts till  $0,1^\circ$ . Anledningen till det låga värdet är att anrikningssanden i dammdesignen inte ska bära någon last. I stället betraktas anrikningssanden endast som en pådrivande last, utan i princip någon bärande förmåga.

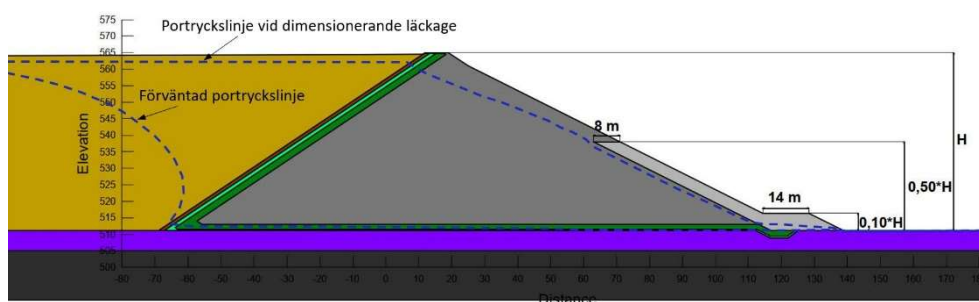
**Tabell 21 Valda materialparametrar som används i Mohr-Coulombs modell i släntstabilitetsberäkningarna för nytt magasin**

Material	Tunghet	Materialparametrar
Anrikningssand	20 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 0,1^\circ$ $c' = 0$ kPa
Erosionsskydd	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa
Finfilter	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 33^\circ$ $c' = 0$ kPa
Grovfilter/Dränagelager	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 33^\circ$ $c' = 0$ kPa
Osorterad stödfyllning	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 38^\circ$ $c' = 0$ kPa
Tåsten	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 38^\circ$ $c' = 0$ kPa
Undergrund (morän)	18 kN/m <sup>3</sup>	$\phi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa

#### 4.9.3.4 Resultat

Av de fyra lastfallen som har studerats visade sig fallet dimensionerande läckage vara dimensionerande för dammens utformning. Genom en iterativ process justerades tåstens utformning till dess att erforderlig säkerhetsfaktor uppnåddes, det vill säga 1,1. Den fastställda dammutformningen beräknades därefter för de tre andra lastfallen. För dessa fall uppfyller de beräknade säkerhetsfaktorerna de erforderliga.

Dammens slutliga utformning efter genomförda beräkningar visas i Figur 82.



**Figur 82 Typsektion av dammen till det nya sandmagasinet (sektion ca 1+200), där tåstens utformning iterativt har tagits fram utifrån resultaten från släntstabilitetsberäkningarna samt beräknade portryckslinjer vid dimensionerande läckage och för ett förväntat driftfall**

En beräkning genomfördes även för fallet dimensionerande läckage där dammens höjd halverades till 27 meter samtidigt som även tåstens höjder halverades. Tåstens bredder (8 m och 14 m, se Figur 82) ändrades inte. Säkerhetsfaktorn för den kritiska glidytan var då större än erforderlig (säkerhetsfaktorn var då drygt 1,4). Detta visar på att kravet på tåstens höjder kan uttryckas som en funktion av dammens totala höjd i stället för att ge dem absoluta värden.

## 4.10 Dammhaveriberäkning

Sweco har på uppdrag av Copperstone Viscaria AB utfört dammhaveriberäkningar i syfte att visa på vilka skador ett eventuellt dammhaveri kan komma att orsaka vid den planerade hanteringen av anrikningssand i Viscaria. Utredningen har utförts i linje med nationella riktlinjer, RIDAS tillämpningsvägledning 3 (RIDAS, 2019) och GISTM krav 2.3 (GISTM, 2020).

Dammhaveri som ger värsta möjliga konsekvenser studeras. Därför omfattar genomförd utredning dammhaveri i a) NV dammen b) Ö dammen och c) S dammen till nytt sandmagasin. För Ö dammen inkluderas även följdhaveri i dammarna till befintliga magasin (sand- och klarningsmagasin). Dammhaveri endast i befintliga dammar har ej studerats med hänsyn till att dammhaveri i dessa ger mindre konsekvenser jämfört med dammhaveri i dammarna vid nytt sandmagasin. För den mer detaljerade nödlägesberedskapen (som tas fram inför idrifttagande) kan det eventuellt vara av intresse att även studera scenarion som orsakar mindre konsekvenser än de två scenarion som studerats här.

Fullständig rapport av dammhaveriberäkningarna återfinns i Bilaga A3-1 (Sweco, 2022c).

#### **4.10.1 Förutsättningar**

Geometri för beräkningarna i enlighet med avsnitt 4.6 vad det gäller magasinens och dammarnas utformning. Dammarna antas vara anlagda till slutlig dammhöjd. Dammhaveribräschen antas utvecklas där dammen är som högst. Beräkningarna baseras på konservativa, men teoretiskt möjliga, antaganden vad det gäller utströmmande volym i syfte att redogöra för största tänkbara konsekvenser av ett dammhaveri. Den deponerade anrikningssandens egenskaper (finkornig med hög vattenmättnadsgrad) medför att sannolikheten för att deponerad sand liquifierar, dvs förvätskas, som följd av ett dammhaveri ej kan uteslutas. Med hänsyn till dammarnas konstruktion (utåtdammar) kan dock liquifiering av anrikningssanden EJ förorsaka ett dammhaveri.

Trolig haverimod bedöms utgöras av ett stabilitetsproblem som orsakar en glidyta som i sin tur leder till att en bräschen utvecklas. Tänkt scenario för dammhaveri och utveckling av en bräschen skulle kunna tänkas ske enligt följande steg;

1. Våt period som leder till förhöjda portryck i naturlig mark och dammarnas grundläggning.
2. Stabilitetsproblem i undergrunden orsakar en glidyta genom denna.
3. En bräschen utvecklas i dammkroppen.
4. Det dynamiska förloppet orsakat av glidytan förorsakar liquefaction av den deponerade anrikningssanden alternativt att det fria vattnet "bär med sig anrikningssand" genom erosion.
5. Utströmning av liquifierad anrikningssand och/eller vatten med eroderad anrikningssand driver på utvecklingen av bräschen.
6. Utvecklingen av bräschen antas fortgå till grundläggningsnivån och utströmning av liquifierad anrikningssand medför att erosionskonen når den fria vattenspegeln i magasinet och allt magasinerat vatten strömmar ut.

Magasinen dimensioneras för att klara ett Klass 1-flöde. För beräkningen har två scenarion studerats; 1) Klass 1-flödesscenario samt 2) bedömd normal vattennivå i magasinen, vilket för sandmagasinen innebär en låg vattennivå. Vid klass 1-flöde



kan båda sandmagasinen lagra hela klass 1-flödet under tröskelnivån för nödskovströsklarna, dvs hela flödessekvensen kan buffras (jämför avsnitt 4.6.7).

Vattenhanteringssystemet antas vara ur funktion under högflödessituation, d.v.s inget vatten pumpas till/från magasinen.

Basflödet i nedströmsliggande älvsystem har antagits motsvara medelhög vattenföring (MHQ). Detta antagande bedöms vara rimligt, då det är osannolikt att följande scenarion inträffar samtidigt:

- ett Klass 1-flöde över Viscarias industriområde (som är litet, knappt 3 km<sup>2</sup>) och
- ett Klass 1-flöde över hela älvsystemets avrinningsområde (som är stort, flera tusentals km<sup>2</sup>).

Här har därför ett antagande gjorts att Klass 1-flödet inträffar över Viscarias område och endast den del av älvsystemet som tillhör detta område, medan den största delen av älvsystemet ej får ett Klass 1-flöde.

Höjdmodell för kringliggande områden hämtades från Scalgo Live, vilket utgör en kombination av data från flygscanningar utförda 2011 och 2017. Underlag om bottennivåer i älvsystemet saknas, varför nivåerna i älvarna endast sänkts schablonmässigt, vilket medför en viss osäkerhet i modellerade nivåer i älvsystemet.

Norr och nordväst om det nya sandmagasinet ligger planerade dagbrott (A-, B- och D-zonerna). Under drifttiden planeras dessa återfyllas i så stor grad som möjligt. För att illustrera största maximala konsekvenser av ett dammhaveri utanför Viscarias område antas samtliga dagbrott vara 100% återfyllda.

Utifrån ovanstående har två olika situationer för dammhaveri studerats:

- 1A) Potentiellt liquifierbar eller potentiellt eroderbar anrikningssand med fritt vatten lagrat i magasinet
- 2A) Potentiellt liquifierbar eller potentiellt eroderbar anrikningssand utan fritt vatten i magasinet (eller en mycket liten vattenvolym)

#### **4.10.2 Beräkningsmodell**

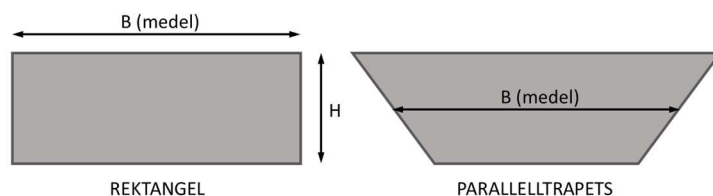
En hydrodynamisk modellering har utförts för att simulera dammhaveri och tillhörande utströmningsområde. Programmet TELEMAC-2D med Bingham-modellen för simulering av icke-newtonska vätskor har använts.

I det följande sammanställs de antaganden som gjorts för modellering av dammhaveri. För ytterligare detaljer hänvisas till Swecos rapport, Bilaga A3-1 (Sweco, 2022c).

##### 4.10.2.1 Bräschdimensioner

Dammhaveribräschen antas kunna utvecklas ner till naturlig mark nedströms den aktuella dammen, vilket ger den maximala höjden på bräschen. Bräschens bredd är svårare att förutse, varför olika metoder (studier av dokumenterade haverier, internationella riktlinjer och empiriska formler) har studerats. Bräschens dimensioner anges ofta av bräschkvoten, dvs förhållandet mellan bräschens medelbredd och dess höjd; B/H. Ett rimligt intervall bedöms vara en bräschkvot

mellan 3 till 5, vilket har baserats på dammtyp och ingående konstruktionsmaterial samt vad som strömmar ut vid ett dammhaveri, i detta fall liquifierad anrikningssand och vatten. Det innebär att bräschens medelbredd antas vara 3 till 5 gånger större än bräschens höjd. I modellen antas bräschens vara rektangulär med en höjd, H, och medelbredden, B. I verkligheten kommer en bräsch troligen att utvecklas som en parallelltrapets. Figur 83 visar schematiskt TCS tolkning av teoretisk bräschform (rektangel) och trolig bräschform (parallelltrapets).



**Figur 83 Schematisk bild av modellerad bräsch (rektangel) och trolig bräsch (parallelltrapets)**

Utifrån utförd känslighetsanalys konstaterades att bräschkvoten inte har så stor påverkan på resultatet (den totala utströmmande volymen), varför bräschkvoten 5 valts att användas i modelleringen.

#### 4.10.2.2 Bräschens utvecklingstid

Hur lång tid det tar för bräschens att utvecklas är svårt att uppskatta med hänsyn till att det inte finns så mycket underlag tillgängligt. Internationella riktlinjer och empiriska formler ger dock för det nya sandmagasinets dammar ett intervall mellan 0,4 till 1,0 timmar för NV dammen, 0,4 till 1,2 för Ö dammen och 0,5 till 1,0 för S dammen till nytt sandmagasin. Baserat på detta har 15 min respektive 1 h valts för modelleringen av NV dammen och 30 min respektive 1 h för Ö och S dammen.

För sekundära haverier i dammar till de befintliga magasinerna valdes en utvecklingstid om 15 min baserat på den modellerade överströmningens varaktighet.

#### 4.10.2.3 Utströmmande volym

Dammhaveri i gruvdammar brukar inte resultera i att hela den magasinerade volymen (över bräschens lägsta nivå) strömmar ut vad det gäller den deponerade anrikningssanden. Ett antal faktorer påverkar den totala volymen, t.ex.: anrikningssandens egenskaper, mängden vatten i magasinet, magasinets geometri, topografin under magasinet m.fl. För detta fall har en metod som baseras på inträffade haverier i gruvdammar använts. Denna metod innebär att en geometrisk uppskattning av en erosionskon görs utifrån en trolig lutning på konen, se Figur 84 som visar erosionskonens lutning i sektion. Erosionskonen, dvs den mängd anrikningssand som frisläpps vid ett dammhaveri, beror då främst på bräschkvoten samt lutningen på konen. För Viscaria utfördes en känslighetsanalys för en lutning mellan 3,5 och 5 grader, vilket resulterade i att lutningen 4 grader valdes i kombination med bräschkvoten 5.



**Figur 84 Sektion som principiellt visar erosionskonens lutning**

För S dammen där vattenvolymen i förhållande till sandvolymen intill dammen är omvänd, dvs den vattenvolym som potentiellt kan frisläppas vid dammhaveri är betydligt större än sandvolymen, så har även en annan metod använts där man tittar på hur mycket sand den fria vattenvolymen kan bära med sig då den strömmar ut ur magasinet. Denna metod ger för S dammen en större sandmängd jämfört med att titta på en erosionskon. En sandkoncentration mellan 20-30 volymprocent (motsvarande ca 40-55 viktprocent) har studerats.

#### 4.10.2.4 Anrikningssandens reologiska egenskaper

Förvätskad anrikningssand beter sig som en icke-newtonsk vätska, vilken kan karaktäriseras med den s.k. Bingham-modellen för vilken parametrar enligt Tabell 22 används. Val av parametrar baseras i detta fall på relativt sett begränsad information om egenskaperna för befintlig, redan deponerad, anrikningssand. Ännu ej deponerad, ny, anrikningssand förutsätts ha samma egenskaper.

**Tabell 22 Sammanställning av reologiska egenskaper för anrikningssanden**

Parameter	Enhet	Valt värde
In-situ densitet (vattenmättad) $\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1902
Volymetrisk materialkoncentration $C_v$		
anrikningssand	[-]	0,498
vatten	[-]	0
Flytspänning $\tau_y$	[Pa]	200 till 1 000 <sup>1</sup>
Viskositet $\mu$	[Pa.s]	50

<sup>1</sup> Två värden används för känslighetsanalys.

För modelleringen har för bottenfriktion Mannings koefficient, M, antagit vara 20 m<sup>1/3</sup>/s.

#### 4.10.3 Resultat

Data för bräsch och erosionskon för respektive damm till nya sandmagasinet (NV, Ö och S dammen) sammanställs i Tabell 23 och Figur 85. För sekundära haverier i befintliga magasin (sand- och klarningsmagasin) sammanställs i Tabell 24 utströmmande volymer och i Figur 86 visas potentiell erosionskon i damm A-B.

**Tabell 23 Sammanställning av data för bräsch och erosionskon som använts vid modellering av dammhaverier i dammarna (NV, Ö, och S dammen) till nya sandmagasinet**

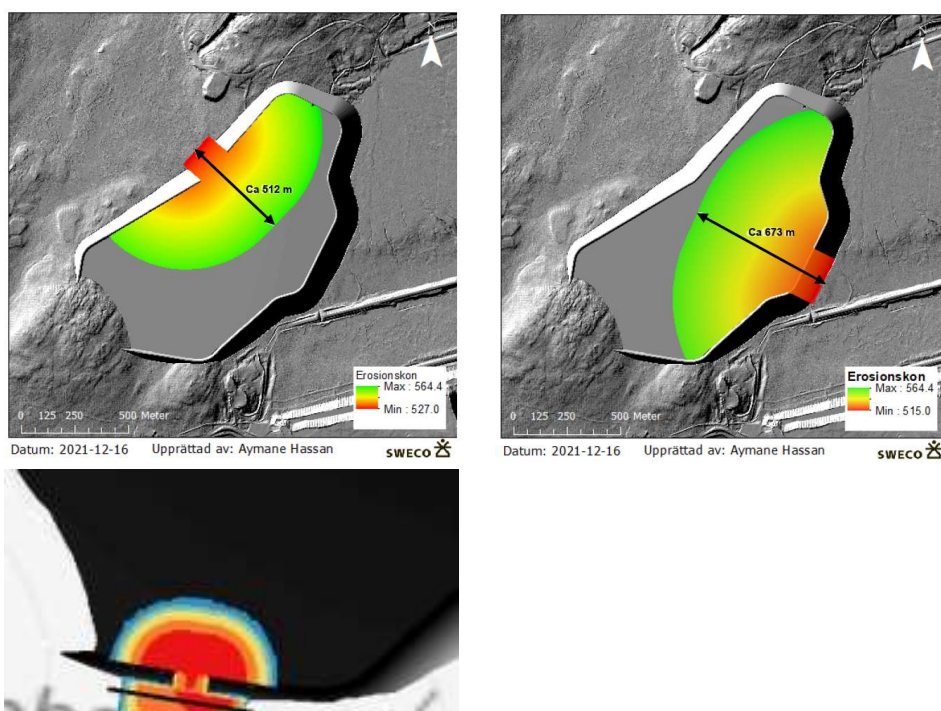
Damm	Bräsch			Erosionskon			
	H [m]	B/H [-]	B [m]	Lutning [grader]	Volym <sup>1</sup> [Mm <sup>3</sup> ]		
					Sand <sup>2</sup>	vatten	totalt
NV	36	5	180	4	4,2	0,88	<b>5,1</b>
Ö	47,3	5	236	4	7,7	0,88	<b>8,6</b>
S	9,8	5	49	4 / $C_v=26,6^3$	0,05 / <b>1,0</b>	0,88	0,93 / <b>1,88</b>

<sup>1</sup> Dammkroppens volym inkluderas ej i den totala utströmmande volymen med hänsyn till materialet ej bedöms transporteras långt från bräschen och därmed inte påverkar översvämningsutbredningen.

<sup>2</sup> Volym sand utgörs av vattenmättad anrikningssand, dvs 50% anrikningssand och 50% porvatten.

<sup>3</sup> För S dammen erhålls en större volym sand med beräkning av hur mycket sand den fria

vattenvolymen kan föra med sig (jämfört med metoden erosionskon) varför även en sandkoncentration anges.

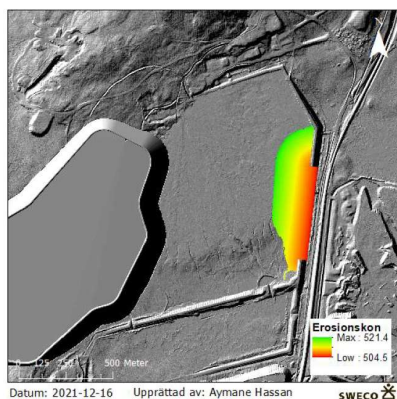


Figur 85 Plan som visar erosionskon vid dammhaverier i nya sandmagasinets NV (övre vänster), Ö (övre höger) och S (nedre) damm

Tabell 24 Sammanställning av data för bräsch och erosionskon som använts vid modellering av följdhaverier i dammarna till befintliga magasin efter ett dammhaveri i Ö dammen

Magasin	Bräsch bredd [m]	Volym <sup>1</sup> [Mm <sup>3</sup> ]			
		A-sand	Vatten	Total volym	
				A-sand med vatten	A-sand utan vatten
Nytt sandmagasin	236	7,70	0,88	8,58	7,70
Bef. sandmagasin	500 <sup>1</sup>	0,50	0,80	1,30	0,50
Bef. klarningsmagasin	280 <sup>1</sup>	0	0,31	0,31	0,31
<b>Totalt:</b>		<b>8,20</b>	<b>1,99</b>	<b>10,20</b>	<b>8,50</b>

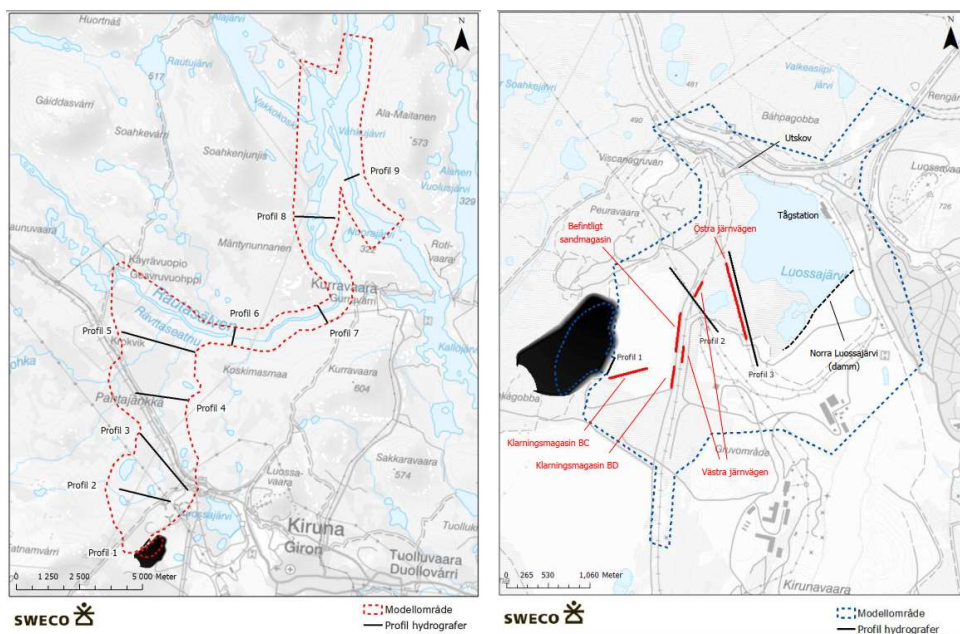
<sup>1</sup> Bräschens bredd bestäms för de sekundära dammhaverierna av den sträcka av dammen som överströmmas med 1 m eller mer.



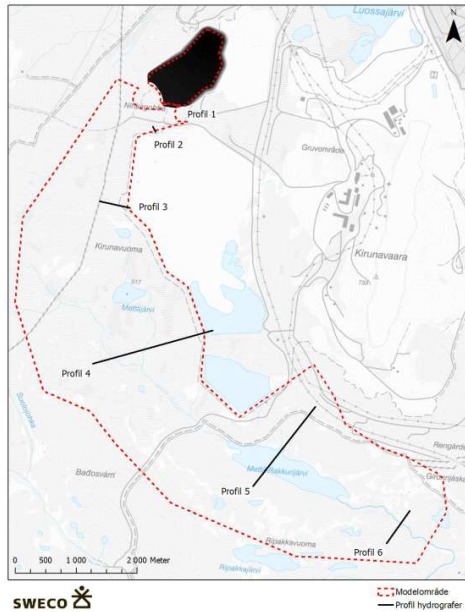
**Figur 86 Plan som visar erosionskon vid dammhaveri i damm A-B till befintligt sandmagasin**

I Figur 87 visas modelleringsområdena för de tre beräknade dammhaverierna;

- a) Dammhaveri i nya sandmagasinet, NV dammen
- b) Dammhaveri i nya sandmagasinet, Ö dammen inklusive följdhaverier i dammar till befintliga magasin
- c) Dammhaveri i nya sandmagasinet, S dammen







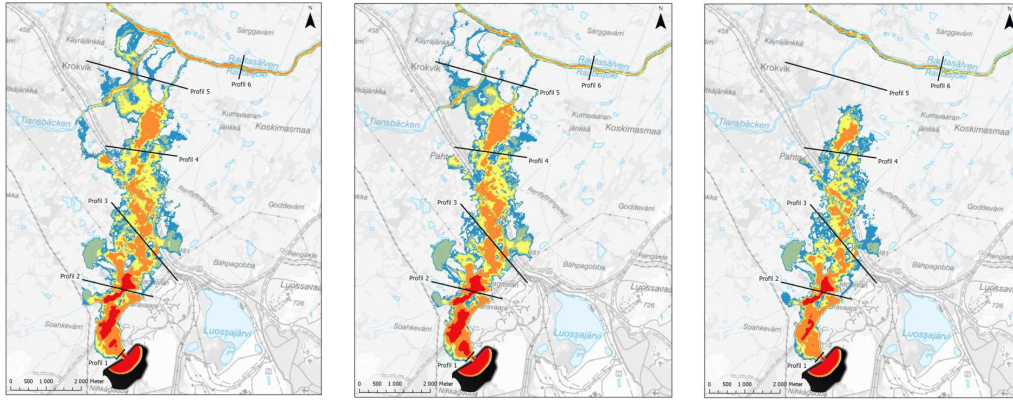
**Figur 87 Planer som visar modelleringsområde för dammhaveri i nytt sandmagasin i NV dammen (övre t.v.), Ö dammen (övre t.h) inklusive följdhaverier i dammar till befintliga magasin respektive S dammen (nedre t.v.)**

Dammhaveri i NV dammen modellerades först för 5 olika scenarion. Fyra kombinationer av två värden för utvecklingstid och flytspänning samt ett scenario utan vatten i sandmagasinen. Utifrån dessa resultat kunde antalet scenarion för dammhaverier i Ö dammen minskas till 3 olika där de två mest extrema kombinationerna av utvecklingstid och flytspänning valdes tillsammans med ett scenario utan vatten i sandmagasinen. Dammhaveri i S dammen modellerades slutligen för 5 olika scenarion. Två med sandvolym beräknad enligt erosionskonen för två olika tider för bräschens utveckling, två med sandvolym beräknad med hjälp av sandkoncentration för två olika tider för bräschens utveckling samt ett scenario utan vatten i sandmagasinet. Resultaten för dammhaveriberäkningarna redovisas för respektive damm i följande avsnitt.

#### 4.10.3.1 Resultat utströmningsområden och skadeobjekt – NV dammen

För dammhaveri i NV dammen i nytt sandmagasin studerades 5 scenarion av vilka scenario 1 och 4 täcker in de allvarligaste konsekvenserna och scenario 5 visar konsekvenserna av ett dammhaveri utan vatten i magasinet, se Figur 88. Lägre flytgräns ( $\tau_y$ ) medför att flödet når längre medan högre att mer sand sedimenterar i området närmare dammen. För scenario 5 når flödet inte Rautasälven, medan samtliga scenarion medför att järnvägen och väg E10 överspölas med 2-5 m på en sträcka av drygt 2 km.

Scenario 1	Scenario 4	Scenario 5	Maximalt djup [m] <span style="color: blue;">■</span> < 0,5 <span style="color: green;">■</span> 0,5 - 1 <span style="color: yellow;">■</span> 1 - 2 <span style="color: orange;">■</span> 2 - 5 <span style="color: red;">■</span> > 5
$\tau_y=200$ Pa	$\tau_y=1000$ Pa	$\tau_y=200$ Pa	
Utv. tid=15 min	Utv. tid=1 h	Utv. tid=1 h	



**Figur 88 Utströmningskartor vid dammhaveri i NV dammen till nya sandmagasinet för scenario 1, 4 och 5**

Tiden för flodvågen att nå dagbrotten, järnvägen/E10 och Rautasälven redovisas i Tabell 25. Flodvågen når dagbrotten efter några minuter, vilket medför väldigt lite tid att varna arbetare i gruvan. Järnvägen och väg E10 nås av flodvågen efter i storleksordningen 30-60 min och Rautasälven efter dryga 2-5 h. Här bedöms det därför möjligt att hinna varna trafikanter. Området som påverkas i anslutning till Rautasälven (efter profil 5) påverkas i mindre omfattning och människoliv bedöms ej vara i fara.

**Tabell 25 Sammanställning av maxflöde, tid då flödesmax uppnås och passerande volym för profil 1, 3 och 5 i modellen för dammhaveri i NV dammen till nytt sandmagasin**

Skadeobjekt	Profil us	Scenario	Max flöde [m <sup>3</sup> /s]	Tid till maxflöde	Passerande volym [Mm <sup>3</sup> ]
Dagbrott	1	1	10 421	6 min	5,1
		4	6 197	13 min	5,1
		5	6 117	12 min	4,2
Järnväg/E10	3	1	1 836	29 min	3,8
		4	834	1 h 9 min	3,1
		5	754	39 min	1,4
Rautasälven	5	1	389	2 h 9 min	2,6
		4	76	5 h 36 min	1,6
		5	0	-	0

Konsekvenserna av ett dammhaveri i NV dammen utgörs av risk för människoliv, skador på infrastruktur och miljöskaador. Dessa listas nedan.

Risk för människoliv föreligger framför allt för:

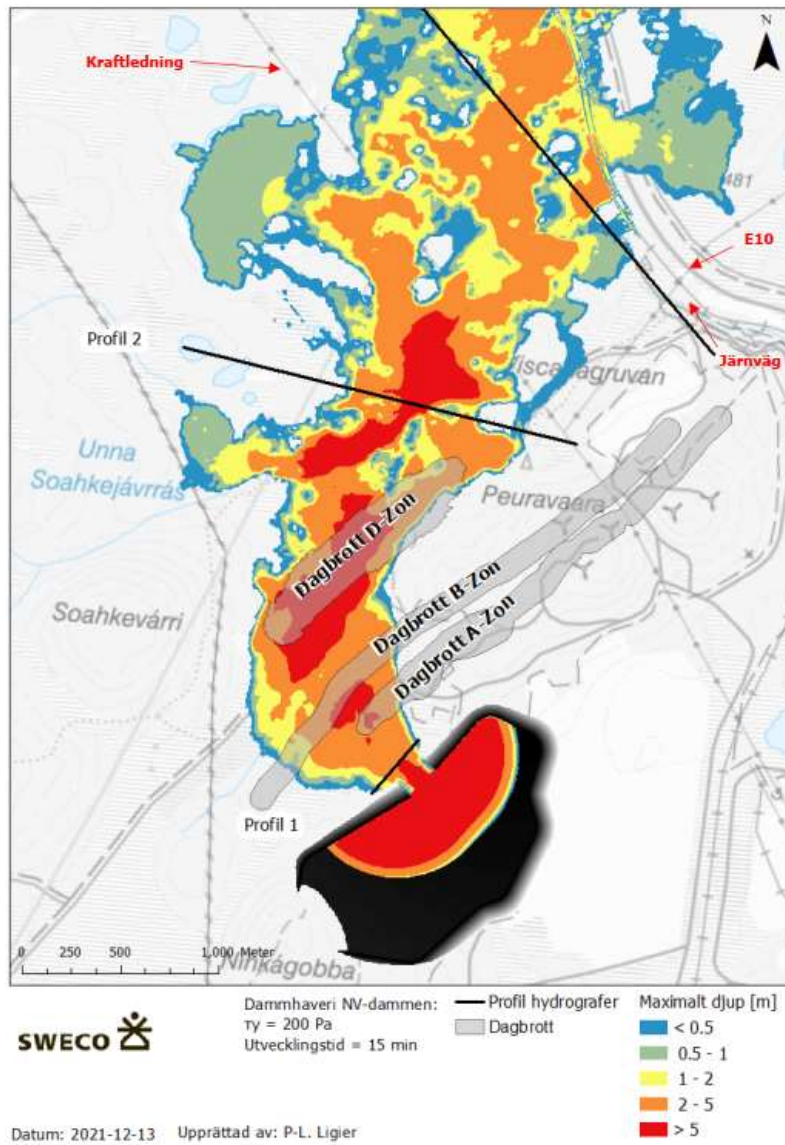
- dagbrotten och gruvområdet nedströms dammen
- friluftsleden nedströms dammen
- järnvägen och väg E10 (kan översvämmas på en sträcka upp till ca 2 km)

Skador på infrastruktur och elförsörjning gäller:

- järnvägen och väg E10 som bedöms kunna spolas bort
- Kraftledningen och elstolpar mellan gruvområdet och järnväg/E10 förväntas spolas bort

Miljöskaador gäller i första hand avsättning av anrikningssand och erosionsskaador i utströmningsområdet och nedströms liggande vattendrag som ligger inom naturreservat och Natura 2000-områden, framför allt Rautasälven, men eventuellt även till viss del i Torneälven. De kulturmiljövärden som ligger inom utströmningsområdet bedöms kunna skadas.

Vid ett dammhaveri i NV dammen kommer flodvågen att passera samtliga dagbrott, se Figur 89. Den utbrutna volymen är i storleksordningen 5-10 gånger större än den utströmmade sand- och vattenvolymen. Detta innebär att konsekvenserna utanför gruvområdet kommer att reduceras avsevärt så länge 10-20% av dagbrottsvolymen ej har återfyllts. Hög risk för personal i gruvan föreligger dock, jämfört med vid 100% återfyllda dagbrott då risken är låg under förutsättning att ingen arbetar i de återfyllda dagbrotten.



**Figur 89 Utströmningskarta Scenario 1 med dagbrotten (A-zon, B-zon och D-zon) redovisade för dammhaveri i NV dammen till nytt sandmagasin**

#### 4.10.3.2 Resultat utströmningsområden och skadeobjekt – Ö dammen

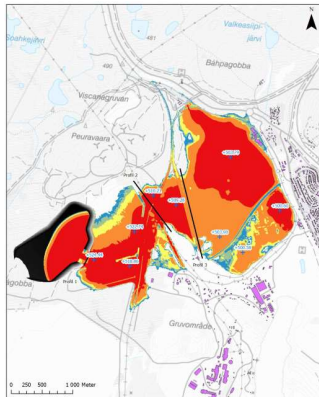
För dammhaveri i Ö dammen i nytt sandmagasin och följdhaveri i dammar till befintliga magasin studerades 3 scenarion motsvarande scenario 1, 2 och 5 för NV dammen, se Figur 90. Flytspänning 1 000 Pa studerades ej med hänsyn till utströmningsområdets relativt korta sträcka och flytspänningens därmed marginella inverkan, liksom att utspädningseffekterna också begränsar dess inverkan.

För scenario 3 minskar utströmningen söder om Luossajärvidammen i förhållande till scenario 1 och 2, då sandmagasinen är fulla med vatten.

Scenario 1

$\tau_y=200$  Pa

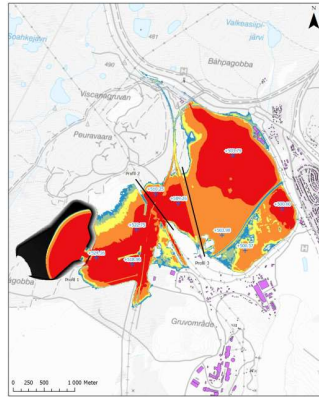
Utv. tid=30 min



Scenario 2

$\tau_y=200$  Pa

Utv. tid=1 h



Scenario 3

(motsv. 5 för NV)

$\tau_y=200$  Pa

Utv. tid=1 h

Maximalt djup [m]

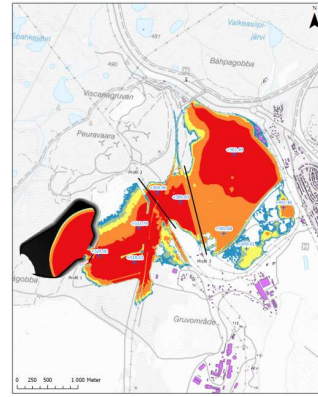
< 0.5

0.5 - 1

1 - 2

2 - 5

> 5



**Figur 90 Utströmningskartor vid dammhaveri i Ö dammen till nya sandmagasinet för scenario 1, 2 och 3**

Tiden för flodvågen, oavsett scenario, att nå järnvägen, via befintligt sandmagasin, uppgår till ca 5-10 min och att nå Luossajärvi till ca 15 min. vilket medför väldigt lite tid att varna människor som kan befinna sig i området. Scenario 3, utan vatten i sandmagasinen, medför dock en något mindre (ca 0,4 m lägre) överdämning i Luossajärvi, men risk för ett sekundärt haveri vid Norra Luossajärvi bedöms föreligga för samtliga scenarier.

Konsekvenserna av ett dammhaveri i Ö dammen utgörs av risk för människoliv, skador på infrastruktur och miljöskador. Dessa listas nedan.

Risk för människoliv föreligger framför allt för:

- Viscarias och LKAB:s industriområden nedströms Ö dammen och befintligt sand- och klarningsmagasin med hänsyn till omfattande översvämning
- västra järnvägen (används för persontrafik) som överströmmas utmed en längre sträcka
- östra järnvägen (används för gruvtransporter) som överströmmas utmed en längre sträcka
- följdbrott i dammen vid Norra Luossajärvi, vilket i sin tur kan leda till haveri i den tidigare dammen, vilket i sin tur kan leda till ett inflöde i LKAB:s gruva med risk för personalen i gruvan

Skador på infrastruktur och elförsörjning gäller:

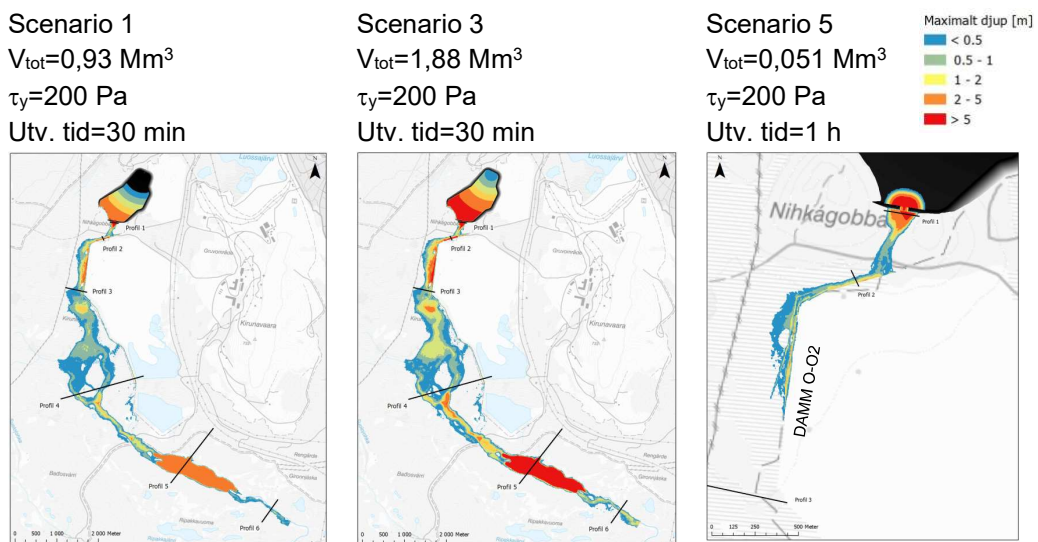
- båda järnvägarna (västra och östra), bedöms kunna spolats bort
- kraftledningen och elstolparna, strax nordost om befintligt sandmagasin, som korsar den västra järnvägen, förväntas spolats bort
- risk för att utskovsdammen i norra delen av Luossajärvi riskerar att gå till haveri



Inga miljö- eller kulturvärden har identifierats inom utströmningsområdet. Vissa miljöskador kan dock erhållas om utskovsdammen i norr går till haveri. Ett eventuellt dammhaveri vid denna damm bedöms dock kunna orsaka ett begränsat utflöde norrut eftersom tilloppskanalen uppströms kommer att utgöra den bestämmande sektionen för flödet. Det medför att potentiella skador i området mellan Luossajärvi och Rautasälven bedöms vara av mindre omfattning jämfört med dammhaveri i NV dammen.

#### 4.10.3.3 Resultat utströmningsområden och skadeobjekt – S dammen

För dammhaveri i S dammen i nytt sandmagasin studerades 5 scenarion av vilka scenario 3 och 4 täcker in de allvarligaste konsekvenserna och scenario 5 visar konsekvenserna av ett dammhaveri utan vatten i magasinet. I Figur 91 visas utströmningsområdet för scenario 1, 3 och 5, vilka representerar de tre olika volymer som studerats i kombination med den kortaste utvecklingstiden för bräsch. Kort bräschtid ger högre flödestopp, dvs det maximala flödet blir högre. För scenario 5 når flödet inte förbi LKABs damm O-O2, medan övriga scenarion når Mettä Rakkurijärvi och passerar sjön.



**Figur 91 Utströmningskartor vid dammhaveri i S dammen till nya sandmagasinet för scenario 1, 3 och 5**

Maximala flöden direkt nedströms dammen (profil 1 och 2) uppgår till maximalt  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  för scenario 3 (max volym, min tid) och ca  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  för scenario 5 (normala förhållanden utan vatten i sandmagasinet). Maximala utflödet från sjön Mettä Rakkurijärvi uppgår till  $88 \text{ m}^3/\text{s}$  för scenario 3 och 4 samt  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  för scenario 1 och 2 (vilket kan jämföras med ett flöde orsakat av dammhaveri i LKABs klarningsmagasin som ger upphov till ca  $740 \text{ m}^3/\text{s}$ , dvs storleksordningen ca 10-40 gånger högre flöde). Tiden för flodvägen att nå Mettä Rakkurijärvi är ca 2 h för scenario 1 och 2 respektive drygt 1,5 h för scenario 3 och 4.

Konsekvenserna av ett dammhaveri i S dammen utgörs av skador på infrastruktur och miljöskador. Risk för människoliv bedöms vara försumbar baserat på att människor inte frekvent vistas i utströmningsområdet.

Skador på infrastruktur gäller:

- LKABs sandmagasin, damm O-O2, genom erosion av dammtån
- Tillfartsvägen till LKABs klarningsmagasin (uppströms inloppet till Mettä Rakkurijärvi)

För att klara de flödes hastigheter som ett dammhaveri i S dammen kan ge upphov till längs med damm O-O2 utan några skador på dammen krävs erforderlig stenstorlek (>500 mm) i dammtån. Flödets varaktighet är dock kort (<2 h) varför stora skador bedöms vara osannolika även vid för liten stenstorlek.

Miljöskador gäller i första hand avsättning av anrikningssand och erosionsskador i utströmningsområdet och nedströms liggande vattendrag som ligger inom Kalixälvens Natura 2000-område.

#### **4.10.4 Möjligheter**

Möjliga åtgärder som identifierats för att eventuellt minska konsekvenserna vid ett eventuellt dammhaveri är:

- Minimera vattenvolymen i sandmagasinen för att på så sätt minska den totala utströmmande volymen anrikningssand och vatten. Detta inkluderas i vald design, med dränerande dammar.
- Säkerställa tillräcklig volym i dagbrotten för att kunna fånga upp ett potentiellt dammhaveriflöde. Detta minskar konsekvenserna utanför Viscarias industriområde, men minskar ej risken för människoliv inom industriområdet.
- Dammhaveriberäkningar tar ingen hänsyn till sannolikheten för att en damm kan gå till haveri. Med åtgärder kan sannolikheten minimeras för att ett dammhaveri ska inträffa. Denna aspekt inkluderas i vald design, med dränerande dammar som ej är beroende av anrikningssandens hållfasthet. Robustheten i vald dammdesign medför att undergrunden i nuläget utgör den mest osäkra faktorn. Inför detaljprojektering och anläggande av nya dammar, samt uppgradering av befintliga dammar, planeras ytterligare undersökningar av undergrunden. Utifrån den informationen bör dammdesignen justeras utifrån t ex svaga lager påträffas.
- För eventuella konsekvenser på LKABs damm O-O2 kan planering och samverkan med LKAB ske.

## 5 Mängder

I avsnitt 4 beskriven design av nytt sandmagasin och åtgärder på befintliga dammar resulterar i ett behov av material. I detta avsnitt redogörs för en uppskattning av de mängder material och den schakt som erfordras för att genomföra erforderliga anläggningsarbeten inför återöppnandet av Viscariagruvan.

För befintligt sand- och klarningsmagasin krävs anläggningsarbeten för att; bygga upp nu avgrävda delar av dammarna, åtgärda skador från tjälnedträngning i tät kärna och viss förstärkning av dammarna med hänsyn till stabilitet. Dessutom behöver klarningsmagasinets volym ökas genom en urschaktning.

### 5.1 Befintligt sandmagasin – dammar

Krönet för damm A-B varierar från ca +523,5 i norr ner till ca +521 i söder. Tatkärnan på dammarna har skadats av tjälnedträngning och den övre delen av dammarna behöver därför schaktas ned och byggas upp igen. För mängdberäkningen har ett schaktdjup om 3 m antagits för dammarna A-B och B-E, vilket blir till nivå +520,5 i norr och +518 i söder för att sedan återuppbyggas upp till +523,5 respektive +521.

Vidare har stabilitetsberäkningar visat på att dammarna behöver förstärkas med en stödbank i nedströms dammtå, vilket medför att befintligt dike behöver flyttas något nedströms. Schakt förutsätts ske ner till fast morän för grundläggning av kompletterande stödbank. För utformning av dammtåns förstärkning och dränagedike, se Figur 58 och Figur 59.

Total volym schakt och total volym fyll uppgår till knappt 440 000 m<sup>3</sup> respektive 340 000 m<sup>3</sup>. För mer detaljerad mängduppskattning av schakt och fyll, se Tabell 26.

**Tabell 26 Modellerade mängder för reparation och förstärkning av dammar runt befintligt sandmagasin**

Schakt och fyll befintligt sandmagasin			
Material/moment	Volym	Material/moment	Volym
Punkt A-B (damm sandmagasin)	(m <sup>3</sup> )	Punkt B-C (damm sandmagasin)	(m <sup>3</sup> )
Schakt befintligt krön	80 480	Schakt befintligt krön	73 850
Schakt kanal till tröskel	16 650	Schakt dammtå	16 800
Schakt dammtå	120 620	Avtäckning slänter	35 175
Schakt dränagedike	20 375	Morän	16 845
Avtäckning slänter	73 350	Finfilter	10 295
Morän	19 040	Grovfilter	13 530
Finfilter	11 520	Stödfyllning	58 680
Grovfilter	18 240	Stödfyllning stödbank	24 675
Stödfyllning	31 520	Tåsten	27 300
Stödfyllning stödbank	70 090		
Tåsten	32 600		
Släntskydd dränagedike	2 445		

## 5.2 Klarningsmagasin – anläggande

Damm B-D och D-E (+515) har i samband med efterbehandlingen grävts av för att kunna avbörda vatten vidare ner till Luossajärvi. Urschaktning av dammkrön m.h.t. tjälksador sker enligt samma metod som för sandmagasinet, d v s med 3 m schakt för att ta bort tjälkskadad morän, för att därefter byggas upp till ursprunglig nivå igen. För mängdberäkningen har ett schaktdjup om 3 m antagits för dammarna B-D och D-E, vilket blir till nivå +512 för att sedan återuppbyggas upp till +515.

Stabilitetsberäkningarna visade att dammarna behöver förstärkas med en uppströms stödbank i dammtån. Schakt för grundläggning av stödbank förutsätts ske ner till fast morän. För utformning av dammtåns förstärkning, se Figur 78. Total volym schakt och total volym fyll uppgår till knappt 80 000 m<sup>3</sup> respektive ca 65 000 m<sup>3</sup>. För mer detaljerad mängduppskattning av schakt och fyll, se Tabell 27.

Tabell 27 Modellerade mängder för reparation av dammar runt klarningsmagasinet

Schakt och fyll befintligt klarningsmagasin	
Material/moment	Volym
Punkt B-D-E (damm klarningsmagasin)	(m <sup>3</sup> )
Schakt befintligt krön	56 250
Schakt uppströms dammtå	12 710
Avtäckning slänter	9 610
Morän	7 300
Finfilter	4 290
Grofilter	7 450
Stödfyllning	25 030
Stödfyllning stödbank	9 300
Skyddslager	12 180

## 5.3 Klarningsmagasin – schakt

Klarningsmagasinets buffrande kapacitet behöver utökas. Denna kapacitetsökning genomförs genom en schakt av ca 420 000 m<sup>3</sup> i magasinet på ner till nivå +508,0. Se Figur 63 för plan över schaktarbeten och Tabell 28 för mängder för urschaktning av klarningsmagasinsbotten.

Viss andel av moränen kan läggas på upplag vid västra delen av klarningsmagasinet för att kunna användas vid återuppbyggnad av tåtkärnan på klarningsmagasinets dammar samt eventuellt till efterbehandling.

Tabell 28 Modellerade mängder för urschaktning av klarningsmagasinets botten

Urschaktning klarningsmagasinets botten	
Material/moment	Volym
Schakt klarningsmagasin	(m <sup>3</sup> )
Schakt magasinets botten	420 000

## 5.4 Dammar kring nytt sandmagasin

Nytt sandmagasin skall anläggas väster om befintligt sandmagasin. Dammen är av dränerande typ. Se Figur 68 för utformning av dammen. Total volym schakt och total volym fyll uppgår till drygt 0,9 Mm<sup>3</sup> respektive knappt 10,3 Mm<sup>3</sup>. För mer detaljerad mängduppskattning av schakt och fyll, se Tabell 29.

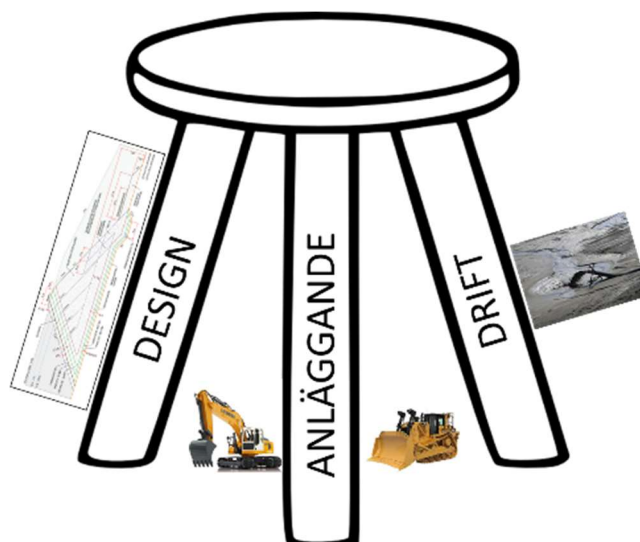
Tabell 29 Modellerade mängder för dammarna kring nytt sandmagasin

Schakt och fyll dammar kring nytt sandmagasin	
Material/moment	Volym (m <sup>3</sup> )
Schakt befintligt körlager	11 255
Schakt ny grundläggning	820 000
Schakt dränagedike	75 800
Berggrundläggning (m <sup>2</sup> )	171 500
Erosionsskydd	225 875
Finfilter slänt	222 400
Finfilter botten	225 875
Grovfilter slänt	222 400
Grovfilter botten	225 875
Dränagelager	608 125
Osorterad stödfyllning	6 321 025
Osorterad stödfyllning stödbank	340 550
Osorterad stödfyllning vall i magasin	1 055 000
Stödfyllning breddning krön	58 920
Dränerande stödfyllning	222 400
Ramp sandledning	249 515
Tåsten	278 000
Körlager dammkrön (m <sup>2</sup> )	20 000
Körlager stödbank (m <sup>2</sup> )	7 170
Fiberduk (m <sup>2</sup> )	225 875
Dränageledning (m)	7 580



## 6 Anläggande

Anläggandefasen utgör en av tre fundamentala delar för att uppnå en säker damm. De tre fundamentala delarna är god design, korrekt anläggande och bra drift, vilka symboliskt visas som varsitt ben till en trebent pall i Figur 92. Ett "fel" på ett av benen kommer att resultera i att pallen tipsar, dvs skador på dammen.



*Figur 92 De tre fundamentala delarna – god design, korrekt anläggande och bra drift – som alla krävs för att uppnå en bra damm illustrerade med hjälp av en trebent pall – "fel" inom ett av områdena (dvs ett pallben) kan resultera i skador på dammen (dvs pallen tipsar)*

Under anläggandefasen är det därför av stor vikt att samtliga designkrav uppfylls, liksom att designen vid behov justeras utifrån nya förutsättningar erhållna under anläggandet.

Med hänsyn till det geografiska läget är det viktigt att entreprenadarbetena planeras efter klimatförutsättningarna på platsen. Detta gäller främst material som är känsliga för nederbörd och kalla temperaturer så som morän och finfilter. Dessa material bör anläggas under frost- och regnfria perioder.

Bygghandlingar bör enligt (GruvRIDAS, 2021) godkännas av dammtekniskt sakkunnig (DS) eller tekniskt ansvarig (om dessa inte är samma person). Anläggningsägaren bör också anlita en oberoende kontrollant som, utöver entreprenörens egenkontroll, ansvarar för att kontrollera att anläggande av dammarna utförs enligt handling. Exempel på kontroller som bör utföras är:

- Godkännande och inmätning av schakt och grundläggningsytor innan fyll utförs
- Lagertjocklek för fyllningsmaterial, vilken bör bestämmas utifrån packningsförsök innan fyllarbeten påbörjas
- Packningsgrad, gäller framför allt morän (i detta fall befintliga dammar) och finfilter (i detta fall alla dammar)
- Kornfördelning, speciellt för filtermaterialen där denna egenskap är mest kritisk

All kontroll ska dokumenteras på ett strukturerat sätt för att ge ett bra underlag för dammarnas dokumentation tillsammans med relationsritningar och övriga relationshandlingar. Förutom att denna dokumentation utgör underlag för beskrivning av dammarnas uppbyggnad utgör den även underlag för instrumenteringsbehov och driftinstruktioner.

Under projekteringen bör en riskanalys utföras, vilken bör inkludera en del om arbetsmiljörisker under anläggandet som Bas-P arbetar in i arbetsmiljöplanen som sedan överlämnas till Bas-U inför anläggandestarten.

## 7 Drift

Drift utgör det tredje "benet" för att erhålla en säker damm, jämför Figur 92. Nedan redogörs för vad som, enligt gällande lagstiftning och riktlinjer, gäller för drift av en gruvdammanläggning.

Enligt *Förordningen om dammsäkerhet* 3§ skall den underhållsskyldige anläggningsägaren utarbeta metoder, rutiner och instruktioner i fråga om drift, tillståndskontroll och underhåll (Regeringen, 2014).

En grundförutsättning för att säker drift uppnås på en gruvdammanläggning är att driftorganisationen har erforderlig kompetens och förståelse för anläggningens funktion. Det är också av stor vikt att anläggningsägaren utvecklar och dokumenterar rutiner för drift, underhåll och beredskap vid anläggningen.

Arbetet med dammsäkerhet planeras utifrån analys av risker och utvärdering av säkerheten i verksamheten. Analysen baseras på kunskap om och utvärdering av gruvdammanläggningens utformning, prestanda och tillstånd samt potentiella konsekvensers omfattning i händelse av haveri. Dammsäkerhetsarbetets inriktning är att både reducera sannolikheten för att dammhaveri inträffar och att om möjligt reducera konsekvenser därav. Osäkerheter föreligger vad gäller bedömning av gruvdammanläggningars beskaffenhet och de belastningar som de kan utsättas för. Därför bör generell försiktighet och säkerhetsmarginaler tillämpas i dammsäkerhetsarbetet.

För gruvdammsanläggningar ska en manual upprättas med rutiner och instruktioner för drift, tillståndskontroll, underhåll och beredskap, en s k DTU-manual. Innehåll och omfattning beskrivs mer i detalj i avsnitt 6.2.1 i *GruvRIDAS* (*GruvRIDAS*, 2021) och i Requirement 6.4 i *GISTM* (*GISTM*, 2020).

I stort avses DTU-manualen för Viscaria beskriva följande delar:

1. Dammsäkerhetsorganisation, inklusive ansvar och befogenheter
2. Aktuella tillstånd och beslut för anläggningen
3. Dammarnas konstruktion och förutsättningar
4. Konsekvensutredning samt dammarnas individuella klassificering
5. Drift-, tillsyns- och underhållsrutiner
6. Beredskapsplan, inkluderande beredskapsåtgärder, strategi för sanering samt specifik handlingsplan för överskridande av kritiska kontrollpunkter.

### 7.1 Tillståndskontroll

Tillståndskontrollen syftar till att kontrollera dammarnas fysiska tillstånd och kommer att bestå både av interna och externa kontroller samt mätningar, datainsamling och utvärdering. Intervallerna för kontrollerna styrs av dammsäkerhetsklassningen, dvs DSK B för de aktuella dammarna. Följande planeras för dammarna i Viscaria:

- Driftmässig inspektion (rondering) utförs som en okulär kontroll av dammarnas fysiska tillstånd där alla delar med betydelse för dammsäkerheten ingår. Kontrollen utförs av personal som känner till och förstår anläggningens konstruktion och funktion. Uppgiften utförs enligt framtagna instruktioner där en checklista följs. Genomförd rondering dokumenteras. Eventuella avvikelser rapporteras till ansvarig person och åtgärdas och/eller följs upp.
- Inspektion utförs av dammtekniskt sakkunnig (DS), eller person med motsvarande kompetens tillsammans med driftpersonal och driftledare. Inspektionen innebär att dammdelar med betydelse för dammsäkerheten inspekteras okulärt. Inspektionen kombineras med analys av mätvärden och en jämförelse av aktuellt tillstånd med avsedd utformning och funktion utförs. Inspektionen utförs enligt upprättad rutin och dokumenteras. För DSK B utförs inspektionerna varje kvartal.
- Tillståndsovervakning inkluderar aktiviteter som avser att, vid förutbestämda intervall, mäta en enhets egenskaper och parametrar för det aktuella fysiska tillståndet. Detta inkluderar dammätning, för analys av gruvdammanläggningens tillstånd och funktion, och även driftövervakning. Tillståndsovervakningen utförs, dokumenteras och följs upp enligt framtagna rutiner.
  - Dammätningen (anpassad efter DSK B) kommer att omfatta mätning av vattennivåer, portryck i dammkropp och undergrund, läckage samt rörelser, se vidare avsnitt 7.5.
- Fördjupad dammsäkerhetsutvärdering (FDU) avser att ge en oberoende och samlad bedömning av dammsäkerheten för anläggningen som helhet baserat på en jämförelse mot aktuella felmoder och förhållanden enligt gällande krav. FDU:n omfattar utöver en inspektion, även heltäckande och systematisk genomgång och analys av arkivmaterial, mätresultat, driftsrapporter, DTU-manual samt ett dammsäkerhetsutlåtande. För DSK B ska FDU utföras minst en gång vart femte år.

## 7.2 Deponering

För deponering av anrikningssand ska en deponeringsplan upprättas, vilken kan ingå i DTU-manualen alternativt vara en bilaga till denna. Den ska beskriva målsättningen med deponeringen samt hur denna ska följas upp. Arbetet med deponeringen kommer att omfatta driften av deponeringsutrustningen (sandledningar och pumpar) samt vid behov justering av utsläppspunkten.

Organisationen som sköter deponeringen kan vara den egna driftorganisationen, alternativt en entreprenör.

### 7.3 Vattenhantering

För dammanläggningarna i Viscaria pumpas allt vatten i systemet. Det inkluderar läckagevatten från dammar och pumpning av vatten till och från klarningsmagasinet. Även pumpning av, vid högflöden magasinerat vatten, från sandmagasinen till klarningsmagasinet. Från klarningsmagasinet pumpas allt vatten till reningsanläggningen. (jämför avsnitt 4.7). Beskrivning av reningsanläggningen ingår ej i denna rapport. Detta betyder att det är av stor vikt att pumpsystemen fungerar, vilket innebär att driftpersonalen måste ha erforderlig kompetens för aktuell utrustning.

Exempel på sådana uppgifter som driftpersonalen ska utföra är följande:

- Drift och skötsel av pumpar
- Kontroll av nödutskovströsklar
- Kontroll av vattennivåer
- Drift, skötsel och kontroll av dränagesystemet i dammkropparna

### 7.4 Damning

Ytor med anrikningssand som ligger öppna har en tendens att damma när det blåser. Risken för damning beror på anrikningssandens kornfördelning, vattenmättnadsgrad, vindstyrka, vindriktning och typ av vind, dvs om den är laminär eller turbulent. Det senare har en mycket stor påverkan på risken för damning. Vid laminär vind över sandytan kan vinden inte "plocka upp" sandkorn från ytan, medan vid turbulent vind "lyfts" sandkorn upp och förs i väg av vinden.

Damm från sandmagasin kan påverka kringliggande miljö och även vara en arbetsmiljörisk för personal på anläggningen. Även för närboende vid perioder av stark vind med vindriktning mot Kiruna stad kan bli en olägenhet. Det är därför viktigt att begränsa damningen så att så lite luftburna partiklar och eventuella föroreningar som möjligt sprids.

Befintligt sandmagasin, som på 1990-talet täcktes med 5 cm morän, är nu täckt av växtlighet och dammar ej. Nytt sandmagasin som omges av dränerande dammar förväntas ha en begränsad vattenspiegel och därmed en stor andel torrlagt sandyta under drifttiden risker att ge upphov till damning. Med hänsyn till att den sand som ska deponeras är mycket finkornig så bedöms dock vattenmättnadsgraden kunna vara hög i sanden, även med en begränsad vattenspiegel, och därmed ej ge upphov till omfattande damning.

Med hänsyn till risken för damning kommer en plan för hantering av damning, inkluderande damningsförebyggande åtgärder, upprättas. Exempel på åtgärder som eventuellt kan komma att vidtas vid problem med damning är:

- Bevattning av torra sandytor
- Inblandning av t ex saltlake i slurryn för att få en hård skorpa ovanpå sandens överyta



- Sprutsådd med snabbväxande gräs
- Bespruta ytan med kemiska bindemedel
- Täcka ytan med ett tunt lager av t ex flis, grövre krossmaterial eller annat material

Med hänsyn till att den deponerade anrikningssanden är mycket finkornig kan bärigheten vara begränsad vilket innebär att metoder som inte kräver tillträde till den yta som riskerar att damma är att föredra.

För bäst resultat bekämpas damning genom förebyggande åtgärder. Detta kräver god planering baserat på information om väderprognos, erfarenhet av vilka konsekvenser olika väderförutsättningar (tort väder, vindriktning och styrka) har på damning. Insamling av klimatdata är därför viktigt, liksom dokumentation av damning om den uppstår. Kontroll av damning kommer därför utgöra en del av tillståndskontrollen för dammarna.

## 7.5 Instrumentering och övervakning

Generellt baseras övervakning och instrumentering på rekommendationer som återfinns i RIDAS och GruvRIDAS, vilket innebär mätning och övervakning av porttryck, erosion, sättningar/deformationer samt läckage genom dammar och undergrund. Mätningarna kan generellt delas upp i två kategorier; kritiska och informativa mätningar. Syftet med den första kategorin, de så kallade "kritiska kontrollerna" (eller Critical Controls), är att förhindra dammbrott och för dessa instrument tas larmnivåer fram liksom en "Trigger Action Response Plan" (TARP). Det är en plan för instrumentering och vad som ska ske om larm erhålls. Syftet är att TARPs ska utgöra ett tydligt underlag samt en tydlig instruktion och beskrivning för hur driftpersonalen ska hantera olika situationer som kan tänkas uppstå.

Syftet med så kallade "informativa mätningar" är att samla in information om hur anläggningen beter sig, varför larmnivåer eventuellt inte är relevant även om dessa instrument också kan ha larmnivåer. En förändring i mätresultat kan antingen vara orsaken till en förändring i konstruktionen eller konsekvens av en förändring. Genom att förstå hur anläggningen fungerar kan mätresultaten tolkas på rätt sätt.

För att kunna anpassa instrumenteringen till de specifika förhållanden som råder för gruvdammanläggningen bör slutlig utformning av instrumentering baseras på den information som ges från anläggandet, t ex vad det gäller grundläggningsförhållanden och eventuellt upptäckta svagheter. En detaljerad beskrivning av instrumenteringen, inklusive syfte, förväntade resultat och larmnivåer kommer att tas fram i samband med detaljprojektering som färdigställs efter anläggandet.

I följande avsnitt återges inte detaljer för planerad instrumentering, utan snarare en allmän beskrivning av aspekter och funktioner för den kommande instrumenteringen. Både automatiserad och manuell avläsning av instrument kommer att utföras beroende på syfte med mätningen.

### **7.5.1 Vattennivåer**

En förändring i vattennivå utgör normalt sett en konsekvens av t ex en högflödessituation som i sin tur kan utgöra orsak till förändringar i konstruktionen, t ex överströmning av dammkrön eller förhöjda portryck.

Vattennivåer kommer att mätas i samtliga magasin för att verifiera att nivåerna ligger inom förväntade intervall med hänsyn till designen. Vattennivån i klarningsmagasinet bör ske med automatisk mätning, loggning och redovisning med hänsyn till att det kan betraktas som en kritisk mätning med hänsyn till att bekräfta ett dammbrott. Om nivån plötsligt sjunker kraftigt kan det bero på att damm B-D eller D-E har rasat och om vattennivån plötsligt stiger snabbt kan det bero på att sandmagasinets damm B-C har. För sandmagasinen, där vattenvolymen kommer att vara liten, kommer troligen en kombination av automatiska mätningar att erfordras för att säkert, via instrumentering, kunna konstatera dammbrott.

### **7.5.2 Läckage**

För att mäta läckaget genom de nya dammarna kommer läckagevattnet samlas upp i dränagerör och ledas till mätbrunnar i respektive lågpunkt. Mätbrunnarna förses med flödesövervakning. Med hänsyn till att dränaget utgör det nya sandmagasinets "avbördningsfunktion" så föreslås övervakningen ske genom automatiserad mätning.

Vad det gäller läckagemätning för befintliga dammar så försvåras den av nedströmsliggande befintligt dike (damm A-B, B-D och D-E) samt klarningsmagasinet (damm B-C). Läckagemätning kommer därför inte att ske vid dessa dammar, utan kompenseras genom annan mätning.

Vad det gäller läckage genom undergrunden så förväntas det i detta fall ej ske något egentligt läckage. För att kunna verifiera att eventuell infiltration (läckage) till undergrund ej sker avses grundvattenrör installeras i naturlig mark utanför magasin/dammarna från vilka vattenprover regelbundet tas för kontroll av vattenkvalitet. Var denna kontroll ska ingå, dvs i dammsäkerhetskontrollen eller miljökontrollprogrammet, beslutar dammägare om.

### **7.5.3 Rörelser & deformationer**

Rörelser sker som en konsekvens av en förändring i konstruktionen. Då det är svårt att sätta larmvärden på rörelser är det viktigt att förstå hur konstruktionen fungerar och förväntas bete sig så att uppmätta rörelser kan jämföras med förväntade.

Rörelsemätning bör ske i varje damm i högsta sektionen samt i områden med särskilda grundläggningsförhållanden, t ex den kända deformationszonen. Rörelsemätningen bör minst täcka in horisontella rörelser över en djupprofil, vilket kan mätas med t ex inklinometer.

### **7.5.4 Portryck**

Portryck mäts för att få en bild av hur trycksituationen ser ut i och under dammkroppen. En förändring i portryck är en konsekvens av en förändring i konstruktionen, t ex förhöjd vattennivå i magasinet eller ökad belastning i form av

dammhöjning. Instrumenteringspunkter ska kopplas till dammens avsedda funktion, d v s jämförelse med teoretiska eller förväntade trycknivåer för att säkerställa avsedd funktion på dammen med avseende på portryck.

För dammarna till nytt sandmagasin föreslås portrycksmätning i undergrund, filter/dränagelager och efter hand i uppströms deponerad anrikningssand. För dammar till befintliga magasin föreslås portrycksmätning även utföras på fler nivåer i höjdded och på respektive sida om tätkärnan.

#### **7.5.5 Erosion**

Övervakning av erosion bedöms kunna ske okulärt genom regelbunden tillståndskontroll.

#### **7.5.6 Materialegenskaper**

Uppföljning av anrikningssandens egenskaper är ej nödvändigt med hänsyn till att materialet ej ingår i dammarnas bärande delar. Övriga material avses kontrolleras genom normala kontrollrutiner för entreprenadarbeten.

#### **7.5.7 Damning**

Till att börja med föreslås dokumentation av visuell kontroll av damning. Om det visar sig att damning utgör ett problem kan det bli aktuellt att mäta damningen på olika platser runt anläggningen t ex med hjälp av PM10-mätare.

## 8 Risker

Alla projekt omfattar risker och riskhantering är en process som ska inkluderas under projektets samtliga faser från planering till drift och efterbehandling, vilket omnämns i bl a:

- Förordningen om dammsäkerhet (2§) som anger att dammägaren skall arbeta fram rutiner och metoder som skall tillämpas för att identifiera och bedöma faror för allvarliga olyckor (Regeringen, 2014).
- GruvRIDAS (kap 4) där riskbedömning ingår som en del i dammsäkerhetsutvärderingen (GruvRIDAS, 2021).
- *Global industry standard on tailings management* (GISTM) som i "princip 4" trycker på att all design ska ske med syfte att minimera tillhörande risker och att riskhanteringssystem skall implementeras, i "princip 5" att riskanalys skall utföras och i "princip 6" att risker skall hanteras (GISTM, 2020).

Riskerna upptagna här utgör enbart de risker som identifierats av TCS i samband med arbetet som utförts och presenterats i denna rapport. Nästa steg bör vara att utföra en komplett riskanalys och upprätta ett riskregister som sedan fortlöpande uppdateras. Här redovisade risker kan användas som ett första underlag för detta arbete.

Här identifierade risker har delats in i tre kategorier: anläggnings-, drifts- samt miljö- och efterbehandlingsrelaterade risker för att särskilja riskerna under gruvdammsanläggningens olika faser.

### 8.1 Anläggningsrelaterade risker

Vad gäller risker vid anläggande, se Tabell 30, har TCS initialt uppmärksammat framför allt risker som i förlängningen kan påverka tidplanen för anläggande och därigenom påverka kostnader menligt. T ex vid grundläggning finns risk för att svaga lager måste schaktas bort, vilket ger mer schakt, samt svårigheter kopplade till berggrundläggning, vilket påverkar tidplan och kostnader i form av potentiellt merarbete för bergrensning, behov av och mängd injektering liksom eventuellt entreprenörernas brist på erfarenhet vid sådan grundläggning.

Säkerhetsrisker har också identifierats i samband med schakt av grundläggningsområden och tillhörande vattenhantering, framför allt i lågpunkter i terrängen.

Arbetet med identifiering av anläggningsrelaterade risker bör kontinuerligt utvärderas och hållas aktuellt och vid detaljprojekteringen behöver detta arbete intensifieras och dessa risker bör vid anläggande hanteras i entreprenadhandlingarna.

**Tabell 30 Anläggningsrelaterade risker identifierade för dammanläggningarna; nytt sandmagasin, befintligt sand- och klarningsmagasin**

#	Risk	Riskhantering - förslag
1	Tidplan – risk att det är svårt att hålla tidplanen för anläggande => driftstart förskjuts framåt i tid.	Hålltider för E, säkerställa att E är införstådd med vad som ska genomföras.
2	Byggmaterial är inte lättillgängliga – kvalitet och mängder.	Påverkar kostnad och eventuell tidplan. Byggplanen ska synkroniseras med produktionsplanen för gråberg för att säkerställa att material finns tillgängligt vid behov. Om externa material, till exempel filterkomponenter behövs, bör dessa säkras innan konstruktionen påbörjas.
3	Felbedömda mängder - Antagit för små mängder till återuppbyggnad av befintliga dammar (avgrävda sektioner och tjälskadad tät kärna).	Uppföljning i samband med schakt och anläggande.
4	Svårighet vid berggrundläggning. Risk för omfattande bergrensning, eventuell injektering etc.	Mer undersökningar innan anläggande kan till viss del ge mer information, men viktigast att ge tid för bergklassificering och förstärkning i tidplanen för anläggande.
5	Vattenhantering vid grundläggning av de nya dammarna i lågpunkter, där mycket vatten förväntas förekomma och omfattande schaktning av anrikningssand.	Noggrann planering av fångdammar och pumpning, samt tydliga krav på schaktslänter.
6	Risk för omfattande svaga lager i grundläggningen.	Ökat schaktbehov med risk för att tidplan ej kan hållas. Ha marginal i tidplanen för grundläggning och rätt resurser tillgängliga.
7	Djupa lager av anrikningssand i området för grundläggningen av dammkroppen mellan det befintliga och den utökade delen av sandmagasinet.	Grundläggningsområdet för dammen bör optimeras med hjälp av resultaten från markutredningarna. Och/eller gräva bort sanden innan grundläggning.
8	Schakt klarningsmagasin	Risk att schakt blir svår med hänsyn till nivå och vattenhantering och att berg påträffas och/eller för tunt moräntäcke finns kvar.
9	Utrymme för dike ns damm A-B	Vid behov av schakt djupare än 2 m kan det bli svårt att få plats med diket mellan dammtån och befintlig väg.
10	Stora osäkerheter i befintliga dammars uppbyggnad och lagertjocklekar av dammens ingående materialzoner.	Detta hanteras i designen genom att genomströmnings- och stabilitetsberäkningar genomförs för olika bredder på dammens tät kärna och filterzoner. Dessutom görs konservativa antaganden angående materialens hållfasthetsegenskaper.
11	Stor mängd osorterat gråberg totalt sett, vilket är ett material som kommer att ha olika fraktion över tid => svårare att dokumentera	För att säkerställa dokumentation av vilket material som lagts ut i dammen bör dokumentation av just osorterat gråberg ske löpande i text, foton och inmätning av pallar
12	Kostnader	Känslighetsanalyser av kostnader och uppföljning av volymer, mängder och a-priser



## 8.2 Driftrelaterade risker

Driftsrelaterade risker ska hanteras av anläggningsägaren (GruvRIDAS 2020), dvs Copperstone Resources AB. När det initiala anläggningsarbetet är genomfört och driftfasen inleds är det viktigt att driftsrelaterade risker har identifierats och metoder i form av kontrollprogram utarbetats för att hantera dessa risker. Exempel på driftrelaterade risker är damning är vanliga risker som driften dagligen arbetar med. För underlag kring driftsrelaterade risker, se Tabell 31.

**Tabell 31 Driftsrelaterade risker identifierade för dammanläggningarna; nytt sandmagasin, befintligt sand- och klarningsmagasin**

#	Risk	Riskhantering - förslag
1	Stor dammkropp, hög damm, uppströms dagbrott skapar en stor konsekvens vid fel (i värsta fall förlust av liv).	Dammbröttsberäkning utförd. Varningssystem. Materialet anrikningssand ingår ej som konstruktionsmaterial i dammkroppen, vilket innebär att deponerad anrikningssanden ej påverkar dammens stabilitet. Dammdesignen är den dränerande damm med god stabilitet och gråberg kommer dessutom att läggas ut på ns slänten m.h.t. efterbehandlingen och geomorfologisk utformning som ger en genomsnittlig släntlutning om 1:5. Så snart dagbrottet är helt utgrävd bör den stängas för att minska risken för förlust av liv.
2	Under designfasen gjorda designantaganden och/eller design-förutsättningar stämmer ej med utfall.	Verifiering av designantaganden utförs under anläggande och därefter regelbundet under drifttiden. Vid behov justeras designen.
3	Erhållen lutningen på beachen är brantare än vad som antas i designen.	Påverkar kapaciteten. Brantare beachlutning medför att volymen för deponerad anrikningssand minskar. Kontroll av kapacitet med verklig beachlutning utförs och nivåer för dammkrön justeras vid behov därefter (vilket kan medföra behov av nytt miljötillstånd).
4	Damning från sandmagasinet.	Åtgärder för att reducera damning från bör ingå i driftplaneringen. Utrustning (t ex dumprar, reservoarer eller bindemedelskemikalier) för eventuell damningsbekämpning bör inkluderas i driftbudgeten.
5	Osäkerhet i hantering av högflöden i nya sandmagasinet vad det gäller genomströmning; a) för stor genomströmning => inre erosion eller b) ingen genomströmning => vatten behöver eventuellt pumpas bort.	Vid kraftig genomströmning genom dammen finns risk för att inre erosion inträffar. Åtgärder är därefter svåra att vidta, varför det är av stor vikt att specificerade materialkrav uppfylls. Om genomströmningen är för låg kommer vatten att ansamlas i magasinet under lång tid, vilket leder till att vatten kan behöva pumpas bort. Lagringskapaciteten är dock stor, vilket ger tid till att lösa eventuell pumpning.
6	Problem med pumphuset (till och från klarningsmagasinet) => risk att vattennivåerna stiger i befintliga magasin.	Kontroll av nivåmätning i samtliga magasin och eventuellt backupsystem, redundans, i pumphuset.
7	Infrysning i klarningsmagasinet vintertid.	Säkerställa att istjockleken i magasinet ej blir för mäktig. Intagsnivå för pumpstation bör förläggas på isfritt djup. Eventuellt bör propeller/värmeslinga installeras för att hålla del av magasinet isfritt.
8	Omsättningstid i dammsystemet, dvs tiden för vattnet att komma tillbaka till processen blir för lång => risk att processen står utan vatten	Räkna med ett initialt underskott i vattenbalansen.
9	Stabilitet för järnvägsbankar i samband med högflöden (ensidigt vattentryck)	Översyn av järnvägsbankarnas uppbyggnad och grundläggning för att verifiera stabilitet vid ensidigt vattentryck.

### 8.3 Risker relaterade till miljö och efterbehandling

Anläggningsägaren är även skyldig att hantera miljö- och efterbehandlingsrelaterade risker. I nedanstående Tabell 32, tar TCS upp risker med läckage och utmaningen med en utsläppspunkt, liksom förslag till hantering av dessa risker.

**Tabell 32 Miljö- och efterbehandlingsrelaterade risker identifierade för dammanläggningarna; nytt sandmagasin, befintligt sand- och klarningsmagasin**

#	Risk	Riskhantering - förslag
1	Läckage genom dammarna till framför allt nytt sandmagasin kan påverka omgivande miljö.	Allt läckage samlas upp och pumpas tillbaka till magasinet alternativt till klarningsmagasinet. För befintligt sandmagasin kommer läckaget att vara minimalt då det kommer att dämna en mycket begränsad vattenvolym. Denna kommer dessutom däckas av damm B-C, vilken ligger uppströms klarningsmagasinet. För klarningsmagasinet kommer visst läckage att dräneras ut genom dammarna B-D och D-E. Detta kommer att samlas upp i befintligt dike och gå till recipienten.
2	Deponering med direktutsläpp från en punkt riskerar ge en sandbeach med låg bärighet som ej kan beträddas => eventuella svårigheter att täcka magasinet i samband med efterbehandling.	Omfattande förstärkningslager av gråberg kan komma att krävas vid efterbehandling för att möjliggöra täckning av magasinet.

## Referenser

- AFRY. (2021). *Framtagande av jorddjup och jordlager kring Viscariagruvan, Kiruna*. Petrone, J. Falun, 2021-05-04.
- AFRY. (2022a). *Mail: Siktkurvor anrikningssand. Niva, E till Östberg, N, TCS*. 2022-01-04.
- AFRY. (2022b). *Översiktlig miljöteknisk markundersökning på klarningsmagasinet, Viscaria*. Asplund, M. Projekt ID 208 711. Kiruna, 2022-01-20.
- AFRY. (2022c). *Miljökonsekvensbeskrivning för bearbetningskoncession avseende befintligt sandmagasin tillhörande Viscariagruvan*. Kiruna, 2022-01-27.
- DHI. (2022). *Integrerad yt- och grundvattenmodellering Viscaria*. Lindborg, E. Version 1.0. Stockholm, 2022-03-17.
- EU. (2018). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC*. . European Union, JRC109657. ISBN: 978-92-79-77179-8, 978-92-79-77178-1. ISSN: 1018-5593 , 1831-9424. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109657>.
- Geosyntec. (2022). *Konceptuell Efterbehandlingsplan Viscaria*. Karlsson, E. Geosyntec Consultants AB. Projektnummer: SE2100075. Luleå, 2022-03-02.
- GISTM. (2020). *Global Industry Standard och Tailings Management*. GlobalTailingsReview.org: International Council on Mining & Metals (ICMM), UN Environmental Programme, Principles for Responsible Investment (PRI).
- Golder. (2011a). *Viscaria kopparkopparprojekt: Sandmagasin - genomförbarhetsstudie*. Girard, R. Rapportnummer: 10512450581/A0. April 2011.
- Golder. (2011b). *Existing Tailings Facility Geotechnical Investigation*. Girard, R. Rapportnummer 10512450581. Februari 2011.
- Golder. (2021c). *Fältrapport - installation av grundvattenrör*. Karlsson, E. Uppdragsnummer 20394078. Luleå, 2021-07-14.
- GruvRIDAS. (2012). *Gruvindustrins riktlinjer för dammsäkerhet. SveMin*. Stockholm. November 2012. (HD 2012, TV 2013).
- GruvRIDAS. (2021). *Riktlinjer för dammsäkerhet för gruvdammanläggningar och tillhörande tillämpningsvägledningar. SveMin*. Stockholm (HD).
- Hexagon. (2021). *Flygscanning utförd 2021-07-01 - 2021-07-02*.
- KREC. (2021). *PM Grain Size Distribution Viscaria Tailings*. Walder, I. 2021-03-11.
- Lantmäteriet. (2021). *Lantmäteriet - Min karta*. Hämtat från <https://minkarta.lantmateriet.se/> den 26 januari 2022
- LKAB. (1981). *Viscaria - Typsektion genom dammar för avfallsmagasin och klarningsjö*. Ritning 144024. Rev 1985-03-02.
- LKAB. (1985). *Viscaria avfallsdamm - Typsektion över påbyggnad av damm för avfallsmagasin*. Ritning 157021. Rev. 1988-01-19.

- LKAB. (2021). *Mail: Material - Niva, B, Produktionschef LBB till Östberg, N, TCS.* . 2021-11-09.
- MB. (2021). *Miljöbalken (SFS nr: 1998:808, reviderad SFS nr: 2021:1018).* Regeringskansliet. Stockholm.
- MITTA. (2021a). *Markteknisk undersökningsrapport (MUR) - Viscaria dammar.* Sundström, N. MITTA. 2021-09-17.
- MITTA. (2021b). *Markteknisk undersökningsrapport (MUR) - Industriområde Viscaria.* Sundström, N. MITTA. 2021-09-17.
- Outokumpu mining. (1987). *Rapport om mineralogin och kemin av Cu-sliget och avfallet från Viscaria Cu-anrikningsverket.* Björnfot, B, Norberg, A. 1987-03-31.
- Pelagia. (2022). *Bedömning av påverkan på naturmiljö, skyddade arter samt Natura 2000 vid återupptagande av gruvdrift i Viscariagruvan, Kiruna kommun. Arbetsrapport.* Sarac, I. Pelagia Nature & Environment AB. 2022-03-01.
- Regeringen. (2012). *Förordning (2013:319) om utvinningsavfall.* Regeringskansliet, Miljödepartementet. SFS 2020:692. 2013-05-16.
- Regeringen. (2014). *Förordning (2014:214) om dammsäkerhet.* Regeringskansliet, Infrastrukturdepartementet. RSED E. 2014-04-10.
- RIDAS. (2019). *Riktlinjer för dammsäkerhet med tillhörande tillämpningsvägledningar (TV).* Stockholm,(HD 2019 TV 2019-2021): Svensk Energi. doi:ISBN 978-91-985291-0-4
- SGU. (2018). *Overview of the Quaternary geology of the Viscaria mine area - Diarie-nr: 35-856/2018.* Uppsala: Sveriges geologiska undersökning. April 2018.
- SGU. (2021a). *Våra data i visningstjänster (WMS).* Hämtat från <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-i-visningstjanster/> den 7 december 2021
- SGU. (2021b). *SGUs kartvisare.* Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/> den 10 december 2021
- SMHI. (2021a). *SMHI - Data.* Hämtat från <https://www.smhi.se/data> den 15 april 2021
- SMHI. (2021b). *Klimatscenarier.* Hämtat från SMHI: <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/info/haag> den 15 april 2021
- SMHI. (2021c). *Klimatscenarier Sverige RCP 8,5.* Hämtat från SMHI: <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/sweden/county/norrbottnens/rcp85/winter/temperatur> den 15 april 2021
- SMHI. (den 15 oktober 2021d). *Dataserier med normalvärden för perioden 1961-1990.* Hämtat från SMHI: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/dataserier-med-normalvarden-1.7354> den 13 december 2021

- SveMin et.al. (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Utgåva 2015 ISBN 978-91-976721-6-0. Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. Mars 2015.
- Sweco. (2022a). *Processvatten, systembeskrivning med kalkyler*. Uppdragsnummer 30021854. Luleå, 2022-01-18.
- Sweco. (2022b). *Copperstone Viscaria: Flödesdimensionering. Hydraulisk utredning avseende hantering av höga flöden inom och nedströms planerad anläggning*. Uppdragsnummer: 30033183, Stockholm, 2022-03-16.
- Sweco. (2022c). *Copperstone Viscaria: Dammhaveri. Utredning av påverkan från dammhaveri vid det nya sandmagasinet*. Uppdragsnummer: 30034300, Stockholm, 2022-03-16.
- Trafikverket. (2022). *Mail: Moritz, A, senior projektledare UHdnj till Östberg, N, TCS. 2022-01-21*.
- Törmä, K. (1996). *Viscaria - Historien om hur en blomma blev ett gruvföretag*. Viscaria AB. Gällivare.
- VAST. (2022). *Geomorphic Design Report Viscaria*. Stockholm, 2022-02-25.
- WSP. (2008). *Kiruna ny järnväg Viscaria - Peuravaara km 1414+000 - 1417+1350 - Järnvägsplan tekniskt PM geoteknik*. Banverket. Andersson, A.