



Geoteknik Viscaria

Tolkning av geotekniska utredningar

UPPDRAGSNUMMER 3142102-500	ANLÄGGNING Viscaria	DATUM 2022-03-14
UPPRÄTTAD AV Roger Knutsson	MOTTAGARE Johan Taaveniku, Copperstone AB	STATUS SLUTVERSION
PROJEKTLEDARE Niklas Östberg	TEKNISK GRANSKNING Annika Bjelkevik	GODKÄND AV Niklas Östberg

Sammanfattning

Detta dokument innehåller en tolkning av de geotekniska förhållandena i och intill Viscarias nya sandmagasin samt befintliga sand- och klarningsmagasin.

De geotekniska tolkningarna baseras primärt på utförda geotekniska undersökningar. Huvudsakliga underlag är geotekniska undersökningar som utförts under 2021, men även äldre undersökningar har inkluderats i aktuell sammanställning.

Resultatet från detta dokument avses nyttjas vid dimensionering och projektering av Viscarias nya sandmagasin, dess dammkonstruktioner och tillhörande grundläggningsarbete, samt för dimensionering av förstärkningsarbeten vid befintliga dammar.

TAILINGS CONSULTANTS SCANDINAVIA AB

Roger Knutsson
Ph.D. Soil Mechanics, M.Sc. Civil Eng
+46 (0) 706 – 022 158
roger.knutsson@tailings.se

Kungsgatan 37
111 56 Stockholm
SWEDEN
www.tailings.se

Inledning

Viscaria är en gruva i Kiruna kommun, strax nordväst om Kiruna stad och norr om LKABs gruvområde. Viscariagruvan öppnade 1982 och var aktiv fram till 1997. Gruvan ägs idag av Copperstone Resources AB, vilka har till avsikt att återuppta brytningen. TCS har till uppdrag att med en designrapport beskriva utformning, funktion och syfte med de planerade och befintliga anläggningar som erfordras för hantering av anrikningssand när gruvan återupptas.

En översikt av tänkt utformning på dammarna redovisas i Figur 1.



Figur 1. Översiktsplan för nytt (planerat) sandmagasin och tillhörande dammar i Viscaria samt befintliga dammar (sandmagasin: A-B, B-C och klarningsmagasin: B-D och D-E).

Syfte och avgränsningar

Som en del av aktuell projektering har det för området kring Viscaria utförts geotekniska undersökningar. Syfte med detta PM är att ge en samlad tolkning av de geotekniska förhållandena kring Viscarias befintliga sand- och klarningsmagasin och tilltänkta (nya) sandmagasin. Tolkningen avses nyttjas som underlag för projektering av nya dammar samt förstärkning av befintliga dammar.

Av utförda utredningar berör detta PM huvudsakligen naturliga jordformationer, men även deponerad anrikningssand i befintligt sandmagasin.

I detta projekt används koordinatsystemet SWEREF 99 (20:15). För höjdsystem används RH2000. Det bör noteras att det i äldre utredningar nyttjats flertalet andra system, såsom RT90 2,5gonV, SWEREF99, SWEREF 99 (21:45) för

plankoordinater, och RH70 i höjdsystem. Vid nyttjandet av resultat från andra källor bör således stor försiktighet råda.

Underlag för tolkning

För denna geotekniska tolkning nyttjas underlag från följande utredningar:

- Karakterisering av anrikningssand 1987 (Outokumpo, 1987)
- Kiruna ny järnväg, Järnvägsplan JP04 (Banverket, 2008)
- Geoteknisk utredning 2010 (Golder, 2011)
- Kvartärgeologisk bedömning 2018 (SGU, 2018)
- Karakterisering av anrikningssand 2021 (Walder, 2021)
- Geoteknisk utredning dammar 2021 (MITTA, 2021a)
- Geoteknisk utredning nytt industriområde 2021 (MITTA, 2021b)
- Kornstorleksfördelning ny anrikningssand (AFRY, 2022)

Därutöver har öppna data från Sveriges geologiska utredning (SGU) nyttjas via deras karttjänst (SGU, 2021). Även Lantmäteriets karttjänst *Min karta* (Lantmäteriet, 2021) har nyttjats för kartunderlag.

Tolkning

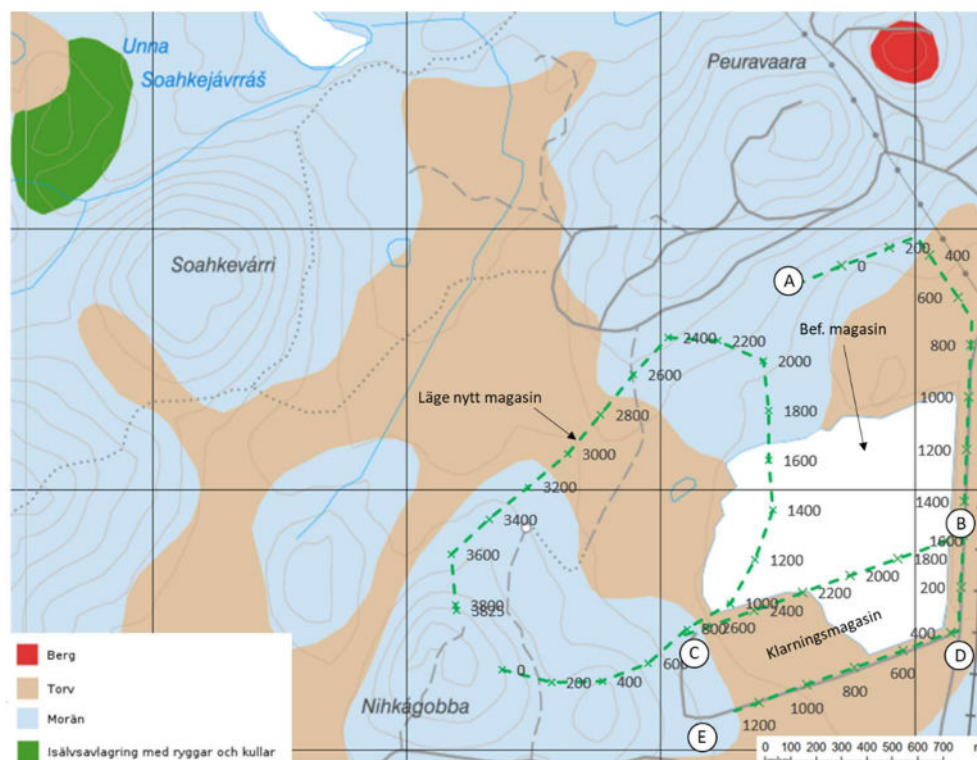
Kvartärgeologi

En översiktlig beskrivning av kvartärgeologin kring Kiruna och Viscariagruvan gavs av Colby Smith på SGU (2018). Jordlagerna i norra Sverige deponerades under olika faser av den senaste istiden. Detta har lett till att jordlagerföljden idag kan vara komplex där moränlager överlagrar äldre moränlager alternativt inbäddade skikt av isälvsavlagringar såsom sorterade skikt av silt, sand eller grus.

I området kring Kiruna finns flertalet bevis på att jordformationer finns bevarade från tidig fas av Weichsel-nedisningen (den senaste istiden). Strömlinjeformade landformer går att utläsa i högupplösta höjdmodeller (typ LIDAR) som indikerar ett isflöde från nordväst. Bl.a. finns en drumlin ca 2km norr om Vicarias magasin. Sydväst om Kiruna finns även spår av platåer, vilka består av sjöar på bottenfrost undergrund. De genererade moränformationer som ofta benämns Veiki-moräner innefattar ofta inbäddade skikt av finkorniga sediment mellan enheter av morän. Från Kirunatrakten finns dessutom borrhållsdata vilka indikerar lager av sorterade sediment underlagrat moränen.

Även om det inte finns några dokumenterade fall av inbäddade sedimentskikt i närheten av Viscarias sandmagasin så ligger dammarna i ett område där sådana formationer mycket väl kan förekomma. Detta faktum har således legat till grund för det grundundersökningsprogram som upprättats för aktuell projektering.

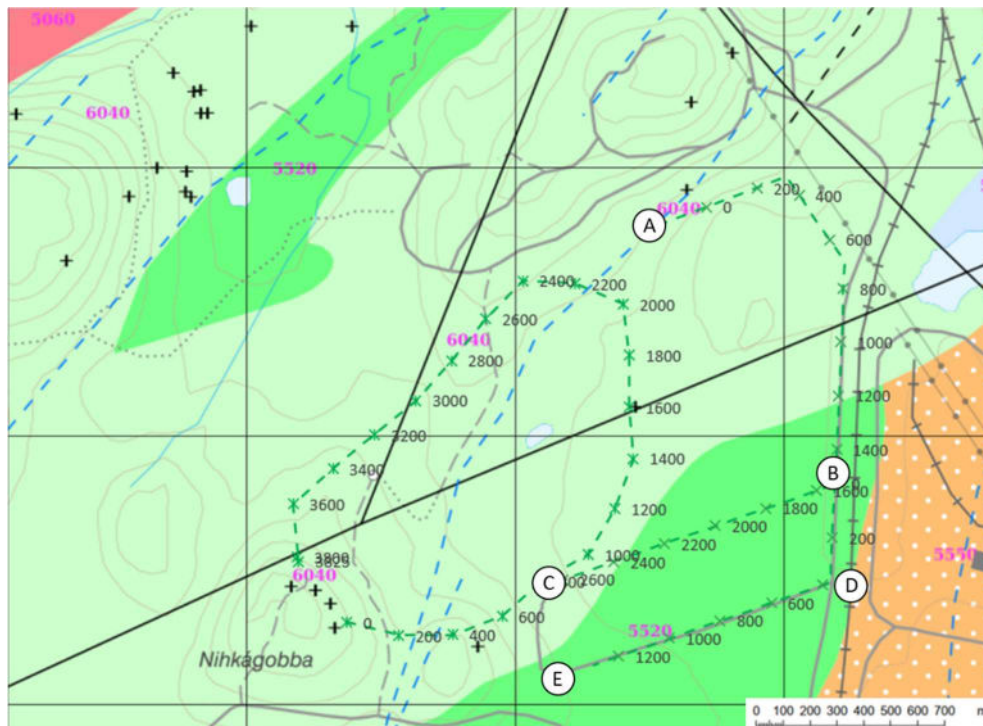
Enligt SGUs karta över jordarter berörs nytt magasin huvudsakligen av morän och torv, se Figur 2.



Figur 2. Jordartskarta (SGU, 2021) med läge för dammar. Dammlinjer för befintliga och nya dammar illustreras i grönt (siffrorna vid nytt magasin representerar dammarnas längdmätning). Vita områden är oklassificerade enligt SGU, men representerar här vatten i nordväst, och anrikningssand i befintligt magasin.

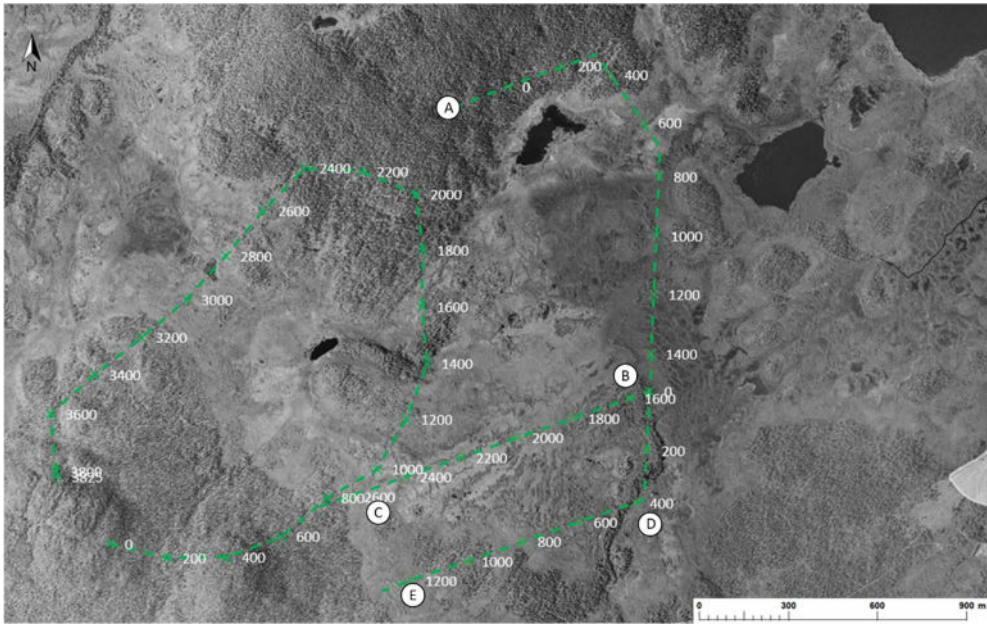
Tolkning av jordlagerföljder

Berggrunden i området kring Viscariagruvan redovisas i Figur 3, enligt SGU (2021). Under nytt magasin består berggrunden av basalt-andesit, en metamorf ytbergart. Under klarningsmagasinet och södra delar av sandmagasinet består berggrunden av en gabbroid-dioritoid, en delvis metamorf intrusiv- och ytbergart. I området för dammarna finns två lokala deformationslinjer (svarta linjer), vilka sammanstrålar i det sydvästra hörnet av nytt magasin. Deformationslinjerna är tolkade utifrån magnetfältsdata, och bedöms som "starkt uppsprucken" (SGU, 2021). Vid höjdpartiet Nihkágobba finns ett antal punkter med berg i dagen (+). En liknande håll uppges finnas (eller har funnits innan anrikningssanden deponerades) vid längdmätning 1600.



Figur 3. Berggrundskarta med läge för dammar.

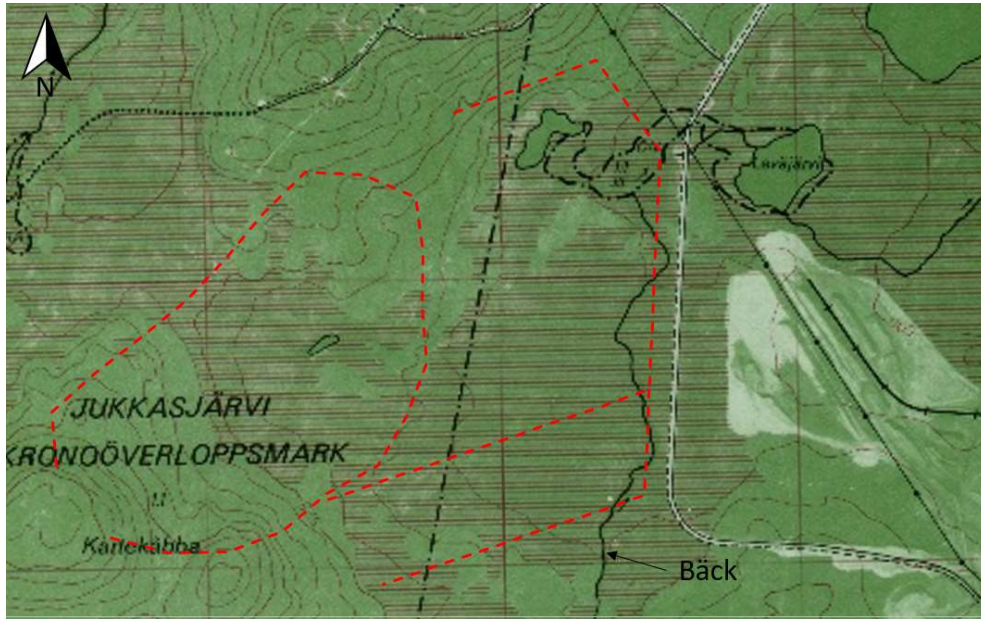
I Figur 4 redovisas ett flygfoto från 1960 och i Figur 5 ett flygfoto med nuvarande utformning (Lantmäteriet, 2021) där dammlinjer för befintliga och nya dammar illustreras. Även om nuvarande flygfoto ger en tydlighet avseende infrastruktur, magasinsutbredning etc., så ger flygfotot från 1960 en bättre bild över den terräng som rådde innan Viscariagruvan öppnades. I Figur 4 blir det tydligt att stora delar av damm A-B till befintligt sandmagasin ligger där det tidigare varit myrmark (längdmätning ca 800 till 1600). Även vid Ö dammen, dvs östra delarna av nytt magasin (där det idag finns deponerad anrikningssand) fanns ett parti med myrmark (sektion ca 700 till 1300) mellan mindre kullar, troligen med fastmark. I Figur 6 redovisas utdrag ur Ekonomiska kartan från Kiruna 1979 (Lantmäteriet, 2021), dvs innan Viscariagruvan öppnades. Ur denna karta framgår det att det tidigare har gått en bäck med flöde norrut ungefär i läget för Viscarias befintliga damm A-B. Bäckens läge går till viss del även att utläsa i Figur 4, där det i läget för bäcken finns ökad växtlighet jämfört med omgivningen.



Figur 4. Flygfoto från 1960 med läge för dammar (grönstreckade linjer).

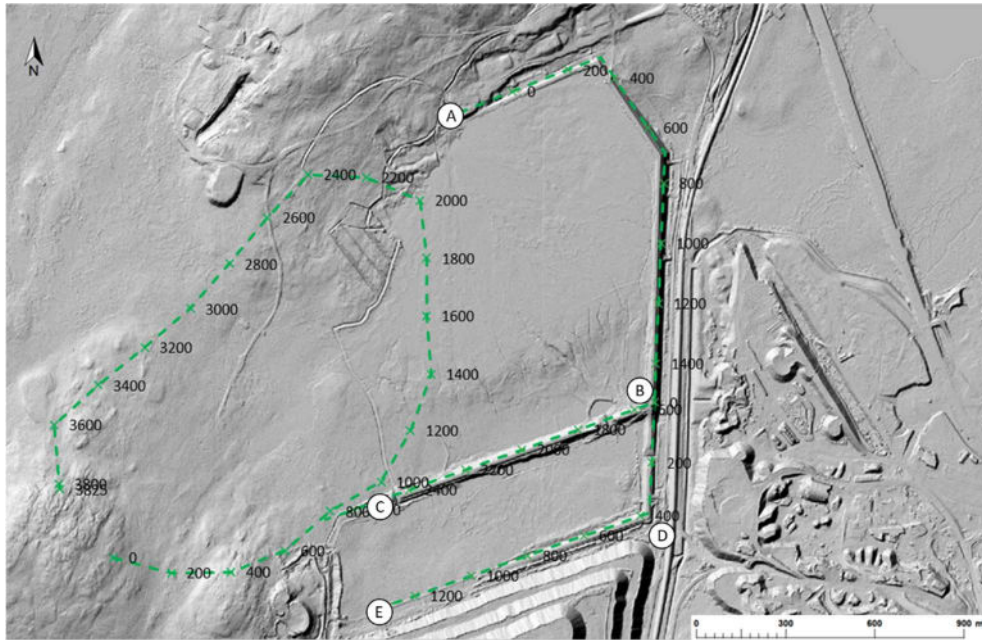


Figur 5. Flygfoto (2021) med läge för dammar (grönstreckade linjer).



Figur 6. Utdrag ur Ekonomiska kartan över Kiruna från 1979. I läget med Viscarias befintliga damm A-B har det tidigare gått en bäck (flöde norrut).

Ett ytterligare sätt att översiktligt bedöma jordlagerföljder är med hjälp av kartor med högupplöst terrängskuggning. För Viscarias fall redovisas detta i Figur 7. För de västra delarna av nytt magasin (längdmätning ca 3200-3600) framträder mindre kullar, någorlunda runda till formen. Med hänsyn till jordlager enligt Figur 2 är dessa belägna i ett område med morän. Dessa kullar är naturligtvis intressanta med hänsyn till den kvartärgeologiska bedömning utförd av SGU (2018), som antydde att det mycket väl kan finnas flera enheter av morän, där det mellan dessa kan finnas inbäddade skikt av sorterade sediment. Ytterligare detaljer kring detta ges i följande redogörelse av fältundersökningsresultat.



Figur 7. Terrängskuggning med läge för dammar (grönstreckade linjer).

Sammanfattning av äldre utredningar

Strax öster om Viscarias befintliga sand- och klarningsmagasin sträcker sig ett förhållandevis nytt järnvägsspår (driftsatt 2012). I samband med att järnvägen projekterades utfördes geotekniska utredningar i läget för den nya järnvägen. En delmängd av de utförda undersökningarna redovisas av Banverket (2008). Av de undersökningar som utfördes i närheten av dammarna bestod sonderingarna främst av skruvprovtagning. En fördel med skruvprovtagning är att jordlagerföljd kan bestämmas relativt enkelt. I aktuella provtagningspunkter påträffades flera punkter med lager av grus, sand och silt, vilka överlagrade moränen. En nackdel med metoden är dock att provtagningsdjupet är begränsad, vilket i detta fall enbart innebar en provtagningspunkt där bergytan påträffades. Läge för sonderingspunkterna redovisas i Figur 8 (blå kryss).

Under 2010 utfördes en geoteknisk utredning kring Viscarias sandmagasin, ledd av Golder (2011). I Golders utredning tolkades de geotekniska förhållandena, dels med hjälp av utförda undersökningar från 2010, dels med hjälp av underlag från SGU samt Banverkets utredning (från 2008).

Bland de Golder-ledda fältförsöken ingick geofysiska undersökningar (refraktionsseismik samt resistivitetmätningar), provgroppar, hejarsonderingar, skruvprovtagning och foderrörsborrningar. Därutöver studerades jordprover på lab. En översikt av Golders fältförsök redovisas i Figur 8, där grönstreckade kurvor motsvarar dammlinjer.



Figur 8. Översikt av tidigare utförda fältförsök (grönstreckade linjer = dammlinjer).

Av de undersökningar som gjordes 2010 fanns få spår av sedimentskikt (ler, silt, sand eller grus) i området. 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 sandig morän.

Nordväst om befintligt sandmagasin nådde ingen av provgroparna (>4m) bergnivå. Torvdjupet varierade mellan 0,5-3m. I partier med torv var även tillrinning av ytvatten stor, vilket försvårade provgropsgrävningen.

I området för befintligt sandmagasin bestod jordlagerföljden av ca 0,1m efterbehandlingsmassor överlagrat anrikningssand. Djupet på anrikningssanden varierade för olika lägen, men under anrikningssanden kunde skruvprovtagning bekräfta bevarandet av ca 30cm (troligen sammanpressad) torv, överlagrat sandiga moränen.

I området för befintligt klarningsmagasin bestod överytan främst av matjord (organisk), överlagrat sandig morän. Även torv påträffades i en av provgroparna med 1,5m torv över moränen. Berg påträffades inte vid någon av provgroparna (ca >4m).

I området nedströms dammarna tydde undersökningarna på att det i norr fanns betydande lager av fyllning (grus och stenfyllning) som överlagrar torv och sandig morän. Där ingen fyllning påträffades fanns ett tunt skikt av matjord (organiskt). En notering som gjordes i fält var ett (möjligan artesiskt) högt vattentryck i samband med grundvattenmätning. Vid installation av grundvattenrör nedströms damm A-B, vid längdmätning ca 975, uppmättes ett vattentryck motsvarande en vattenpelare 55cm ovanför markytan. Via sondering bedömdes bergmassan vara starkt uppsprucken i detta läge. (Golder, 2011)

Även vid den geofysiska mätningen noterades vid damm A-B anomali i bergmassan kring längdmätning 50, dvs i magasinets norra del. Möjligen finns det en form av mineralisering i berget i detta område. Jämfört med berggrundskartan i Figur 3 är detta läge i närheten av både en berghäll, och en strukturell formlinje.

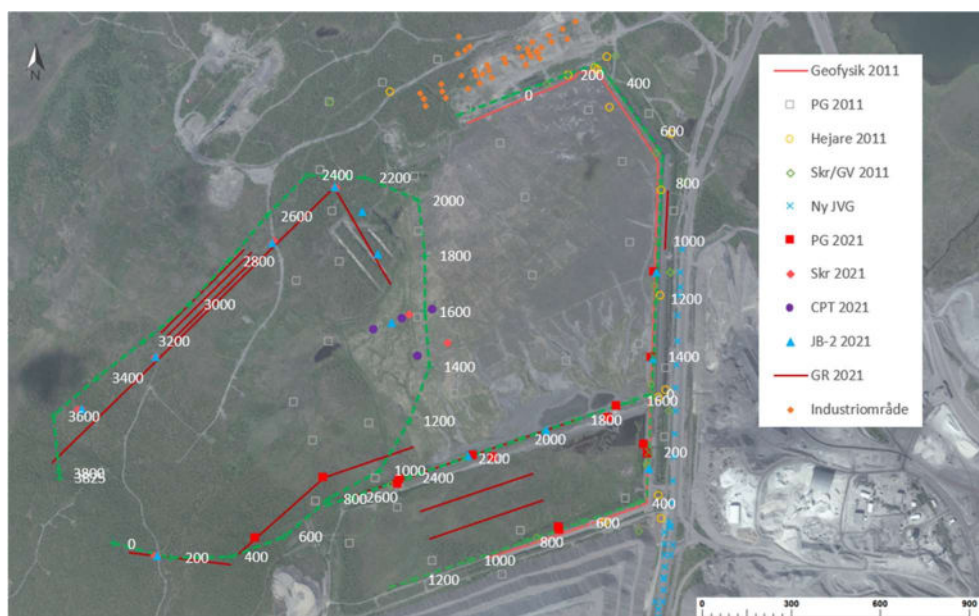
Sammanfattning av utredningar 2021

Under 2021 utfördes en ny geoteknisk utredning av Viscarias magasin och dammar. Jämfört med tidigare utredningar hade denna utredning större fokus på terrängen i läget för nytt sandmagasin. Men även de befintliga dammarnas utformning (tätkärna, filter, grundläggningsnivå) studerades. Här ingick försök såsom jord-bergsondering (JB2), skruvprovtagning, CPTu-försök, provgroppsgrävning samt en geofysisk metod kallad Georadar. Borrprogrammet upprättades av TCS, och utfördes av MITTA (2021a).

Förutom undersökningar avseende sand- och klarningsmagasinen så utfördes dessutom undersökningar av området avsett för nytt industriområde. Dessa undersökningar utfördes av MITTA, beställda av Copperstone Resources. Undersökningarna bestod främst av jord-bergsondering (JB2) och hejarsondering.

Lägen för de utförda undersökningarna redovisas i Figur 9 som fyllda punkter (där även de äldre undersökningspunkterna finns redovisade som "öppna" punkter).

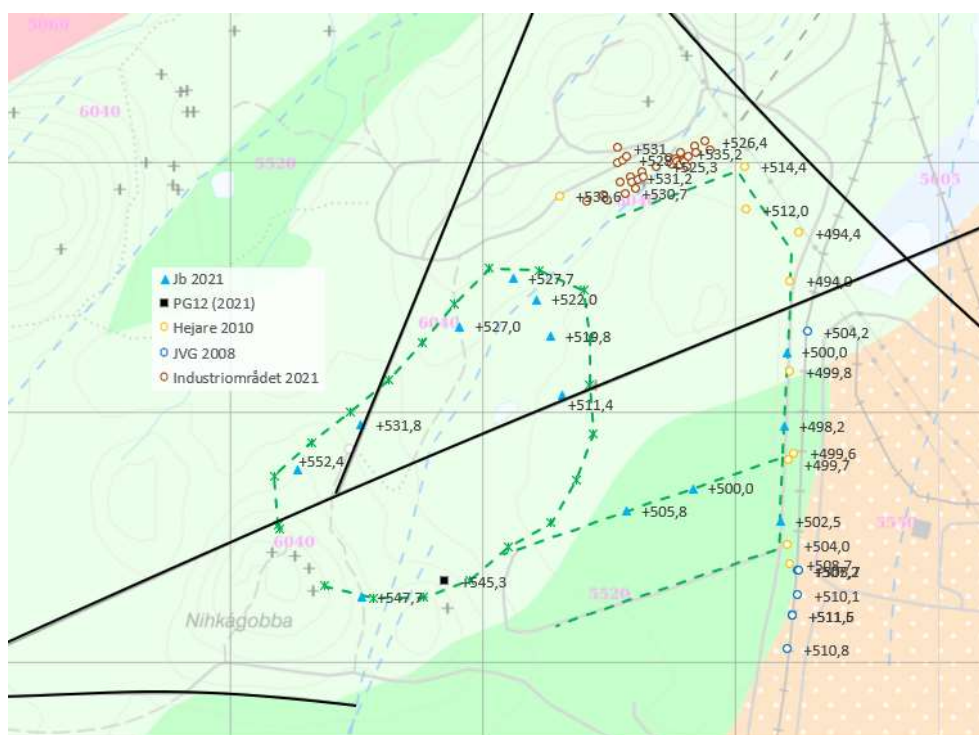
Provgroparna som utförts i/intill befintliga dammkroppar har främst nyttjats för att avgöra bredd, nivå och kvalitet på de ingående konstruktionsmaterialen. Denna information har utelämnats i detta PM, som fokuserar på naturlig mark i första hand för grundläggning av dammar.



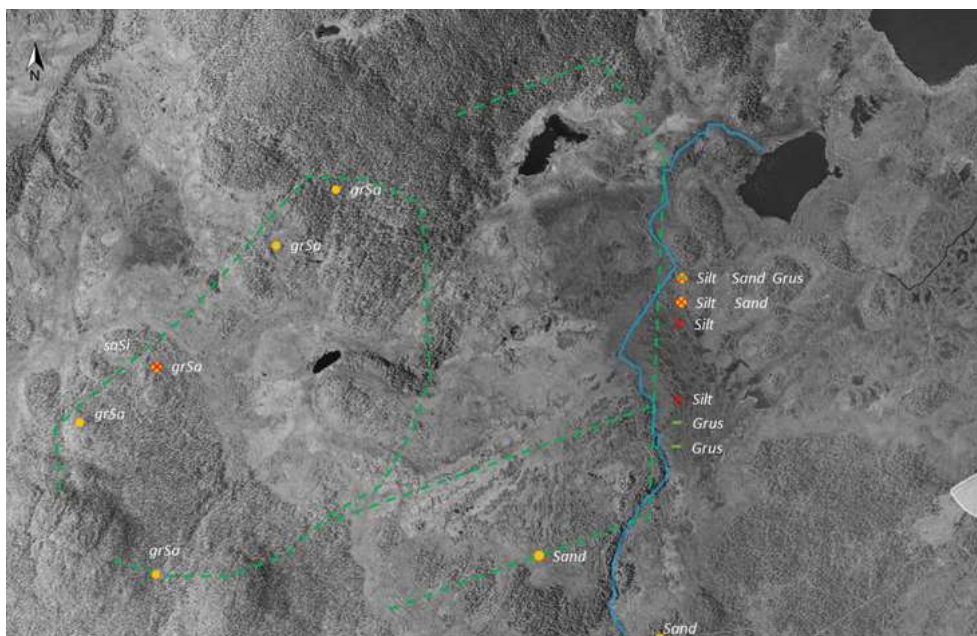
Figur 9. Översikt av fältförsök. Fyllda punkter visar lägen för försök utförda 2021, och öppna punkter lägen för äldre försök.

I Figur 10 redovisas punkter där bergnivån fastställts, både från 2021 års fältkampanjer och även från äldre undersökningar. Siffrorna intill respektive punkt (ex. +552,4) representerar bergnivån i den punkten. För de punkter som utfördes i läget för nytt industriområde (bruna punkter, norr om befintligt magasin) redovisas enbart en delmängd av bergnivåerna eftersom det annars skulle bli mycket svårutläst i figuren. Tydligt är att bergnivån varierar mycket i området. Högsta bergnivån ligger på +552,4 (sydväst) och lägsta ligger på +494,0 (nordost), dvs. 58,4m skillnad. De svarta linjerna visar läge för lokala deformationszoner, och tyder på lägre bergnivåer jämfört med omgivande terräng.

Från 2021 års kampanj kunde det utifrån skruvprovtagning konstateras att det finns lägen i terrängen med sedimentskikt. I fem lägen påträffades ett skikt med grusig sand, samtliga överlagrad moränen. Tjockleken på dessa varierade mellan 0,3-0,6m. I en punkt påfanns även sandig silt med tjocklek 0,2m. Lägena för dessa punkter redovisas i Figur 11. I Figur 11 redovisas även lägen för sedimentskikt i samband med äldre undersökningar. De påfunna sedimenten öster om befintligt magasin är troligen spår av den bäckfåra som tidigare gått i området (jämför Figur 6).



Figur 10. Undersökningspunkter där bergytan påträffats. Bergnivå (RH2000) anges intill respektive punkt. Bakgrundsbild utgörs av bergartskartan från SGU. Svarta linjer representerar lokala deformationszoner.



Figur 11. Undersökningspunkter 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 visar dammlinje.

Vid myrmarken i nordväst, ungefär mellan längdmätning 2750 och 3200 för NV dammen bestämdes torvdjupet till ca 1m. I läget där nytt magasin växer in över befintligt sandmagasin, ca längdmätning 900 för Ö dammen, har torvdjupet uppskattats till ca 3-4m utifrån resultat från georadarundersökningarna.

Från CPT-undersökningarna i anrikningssanden i befintliga sandmagasinets västra del fastställdes djupet till fast mark till ca 5m. Anrikningssanden är mycket finkornig, och bedöms ej vara lämplig för grundläggning av dammar. Under anrikningssanden finns dessutom torven kvarlämnad (gäller mellan ca 1100 och 1600 för Ö dammen).

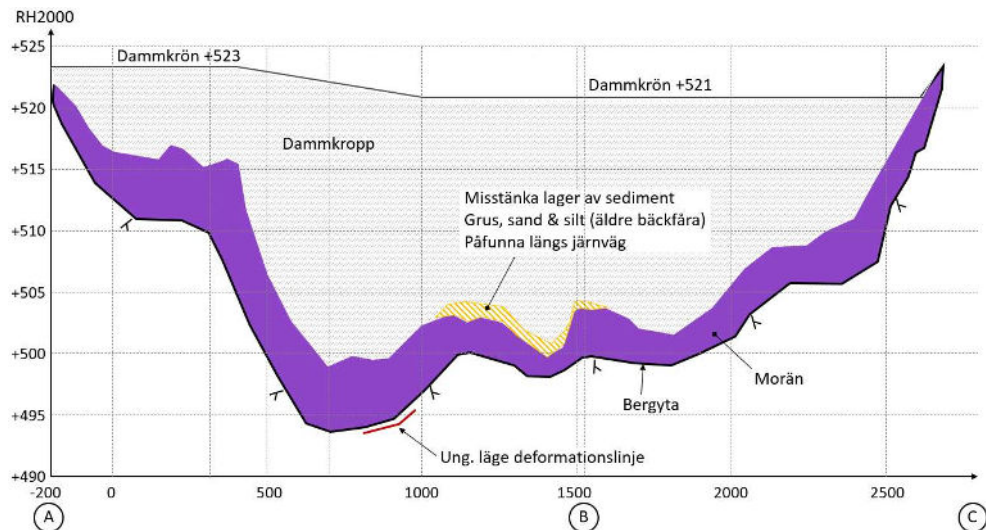
I det befintliga sandmagasinets nordöstra del, där Golder uppmärksammat osäkerheter i berget (bl a misstänkt artesiskt grundvattentryck) gav georadarn från 2021 tyvärr inget resultat. Huruvida berget är i behov av förstärkning i detta område är således fortfarande outredd.

Tolkad jordlagerföljd och förslag på grundläggningsnivå

De utförda fältförsöken har gett insikt i detaljer som inte tillgodoses enligt de översiktliga kartorna från SGU. Både jorrdjup, jordlagerföljd och till viss del kvalitet på bergytan kan nu tolkas på ett bättre sätt.

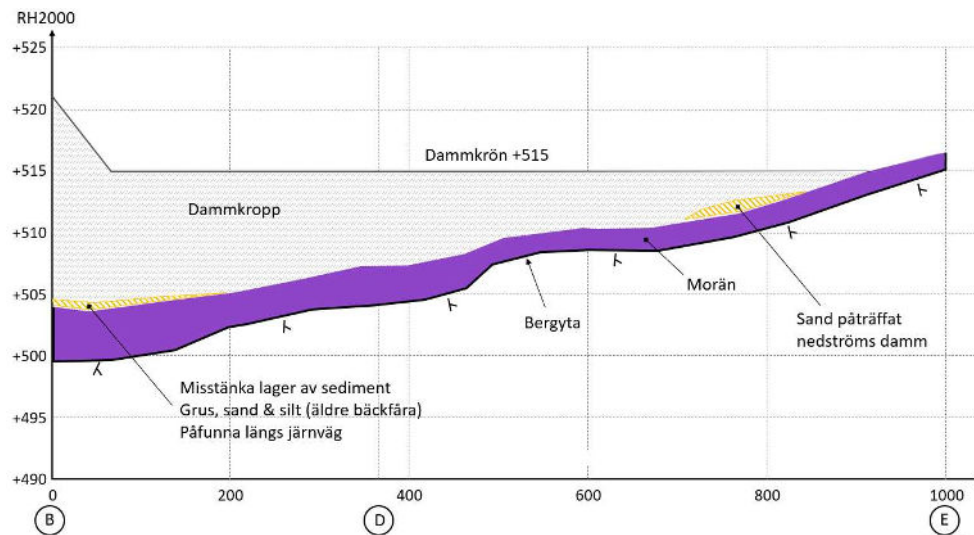
En tolkad jordlagerföljd längs dammarna A-B och B-C till befintligt sandmagasin illustreras i Figur 12. Det finns relativt många punkter att tillgå för att uppskatta bergnivån (jämför Figur 10). För uppskattning av grundläggningsytan, vilket här bedöms ha skett på fast morän, finns flertalet punkter för uppskattning av moränytan. Dock är många av punkterna lokaliserade strax nedströms dammen, vilket försvårar tolkningen av grundläggningsnivån i dammens läge under befintlig

damm. I aktuell tolkning har stark tilltro getts till äldre ritningsunderlag avseende grundläggningsyta. Källan till de misstänkta sedimentskikten är skruvprovtagning i läge för järnvägen. Sedimentskikten utgör troligen spår av den bäckfåra som finns i området. Huruvida det har funnits liknande skikt av sediment under befintlig damm är ej känd, men TCS bedömer risken för detta som stor. Om dessa avlägsnats vid dammens grundläggning är dock ej känt. Vid de geofysiska undersökningarna som utfördes 2010 (Golder, 2011), uppmättes betydande variation i undergrundens resistivitet vid B-punkten. Denna variation bedömer TCS kan förklaras av eventuellt vattenförande sediment. Vid förstärkning av dammens nedströmsslänt (schakt och fyllarbeten) bör extra uppmärksamhet ges dessa fenomen.



Figur 12. Tolkad jordlagerföljd under dammarna A-B och C-D till befintligt sandmagasin

För profilen i Figur 13, som motsvarar damm B-D-E runt befintligt klarningsmagasin, har det funnits färre punkter att tillgå jämfört med profilen i Figur 12. Till damm B-D-E finns det ej ritningsunderlag avseende dess grundläggning. Störst tilltro bakom tolkningen har således getts undersökningar som utförts strax nedströms dammen. Även längs denna damm bedömer TCS att eventuella sedimentskikt funnits (äldre bäckfåra). Huruvida de avlägsnats vid grundläggning av dammen är okänd, och bör ges stor uppmärksamhet vid förstärkning av dammen.

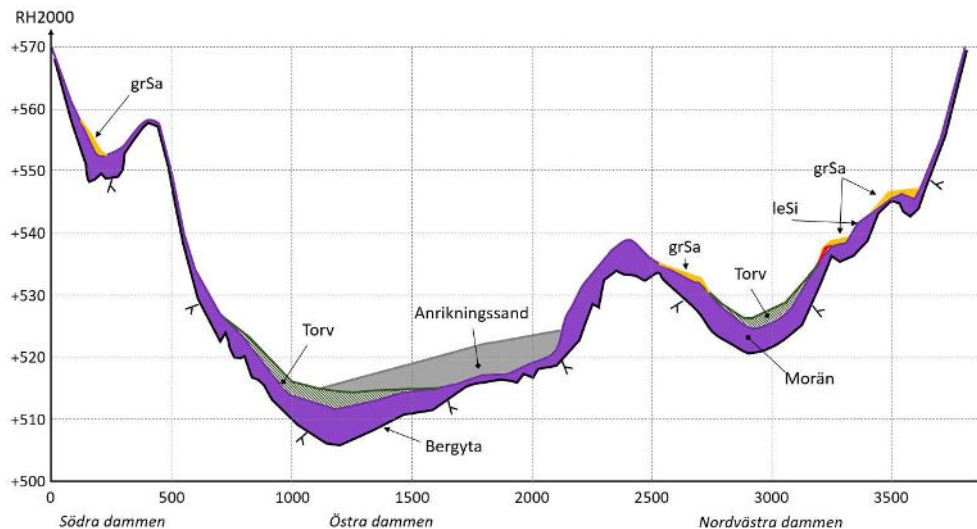


Figur 13. Tolkad jordlagerföljd under dammarna B-D och D-E till befintligt klarningsmagasin

En tolkad jordlagerföljd längs dammlinjen för nytt sandmagasin illustreras i Figur 14, där längdmätningen motsvarar läget för ny damm. Tolkningen är baserad på ett flertal punkter. De områden som dock innefattar störst osäkerheter är områdena med myrmark. Dels i läge ca 1100 (Ö dammen) och ca 2900 (NV dammen) baseras bergnivån på ett fåtal mätningar, där georadarn (utan kalibrering med borr- eller sonderingspunkter) nyttjats som huvudsaklig källa för tolkning.

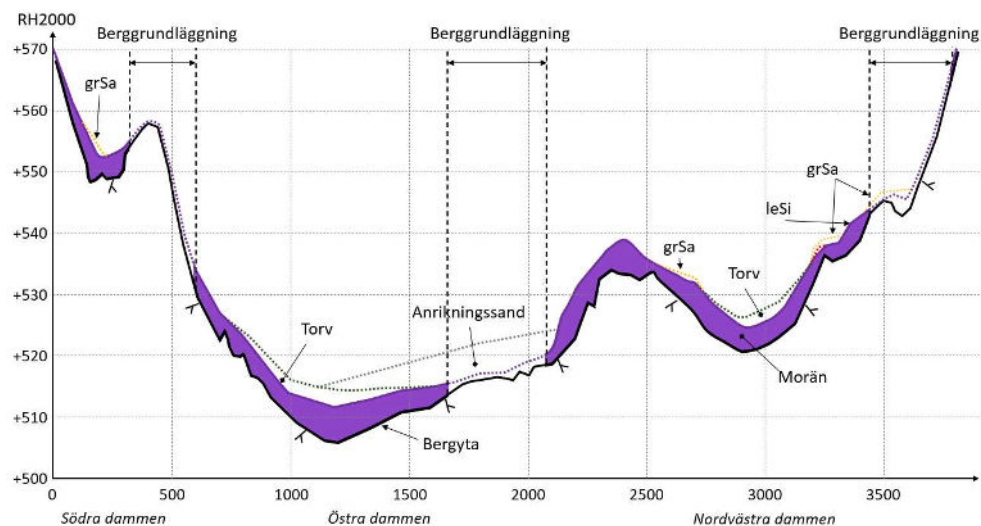
En ytterligare osäkerhet kring bergnivå gäller för området ca 1600 (Ö dammen). Berggrundskartan indikerar en berghäll i detta område, och äldre flygfoto tyder på varierad terräng. De utförda undersökningarna tyder på ca 5m morändjup. De olika uppgifterna tyder på att det finns en risk för att marken (under anrikningssanden) varierar kraftigt i nivå. De utförda sonderingarna blir således mycket känsliga för extrapolering över omgivande nivåer.

Avseende bergkvalitet finns enbart resultat från jord-bergsonderingar att tillgå som underlag. Dessa försök har utförts ner till ca 3m i berg. Av de utförda sonderingarna tyder nästintill samtliga resultat på någon form av sprickighet i bergets översta yta. För sonderingar som utförts öster om befintligt sandmagasin bekräftar resultatet den misstanke som lyftes av Golder (2011) om att det finns risk för uppsprucken (ytlig) bergmassa. Liknande förhållande, dock med aningen högre neddrivningsmotstånd, uppmärksammades i befintliga sandmagasinet mitt. Resultaten hör rimligen ihop med den sprickzon som går tvärs genom magasinet i nordostlig-sydvästlig riktning. Sprickzonen kan innebära en läckväg för vatten från befintligt sandmagasin (och således även nytt magasin), österut och ut ur magasinet. Det finns således en betydande risk att berggrunden under Ö dammen i samband med grundläggning behöver ridåinjekteras. I samband med detta bör liknande insatser övervägas under befintlig damm A-B i läget för sprickzonen, ca längdmätning 1100.



Figur 14. Tolkad profil med jordlagerföljd längs dammar till nytt sandmagasin.

Förslag på grundläggningsnivåer redovisas i Figur 15. Dammarna grundläggs primärt på fast morän. För att nå ner till fast morän krävs en del schakt av torv, anrikningssand, sand och siltskikt. En del dammsträckor bör dessutom grundläggas på berg. Dessa ytor är valda för de områden som har ett tunt moräntäcke, och gäller framför allt norra och östra delen av Nihkágobba. Därutöver föreslås berggrundläggning längs en sträcka på Ö dammen, mellan ca längdmätning 1600 och 2020. Dels är moräntäcket relativt tunt längs denna sträcka, men valet av berggrundläggning är i huvudsak taget med hänsyn till den förväntade sprickzon som går i detta läge. Eftersom schakten för att ta bort den deponerade anrikningssanden är förhållandevis stor längs denna del bedöms merarbetet för att även ta bort moränen som förhållandevis lågt. Nyttan med att nå berg längs denna sträcka är att en bergklassificering kan ske, och nödvändiga åtgärder (troligen injektering av bergytan) kan vidtas innan dammen grundläggs. Visserligen skulle bevarande av morän innebära en tätande funktion, men samtidigt skulle detta innebära att bergets kvalitet lämnas osäker. Huruvida berget blir en risk för dammens stabilitet och/eller läckage blir således obesvarad om inte berget klassificeras i samband med grundläggning. Därav föreslås att moränen bör schaktas bort.



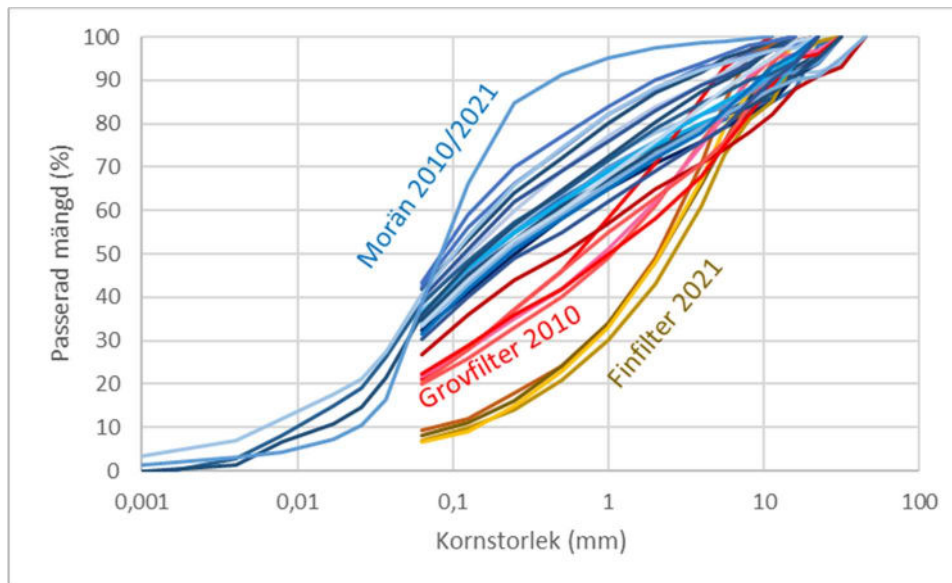
Figur 15. Föreslagen grundläggningsnivå för dammar till nytt sandmagasin. Primär grundläggning av dammarna sker på fast morän, men där berggrundläggning föreslås inom markerade sträckor.

För grundläggning av dammarna bedömer TCS att störst utmaning råder för Ö dammen mellan ca längdmätning 1100 och 2100, dvs sträckan över myrmark och deponerad anrikningssand. I detta område krävs en djup schakt på ca 5-7m. Materialen, dvs anrikningssand och torv, må vara förhållandevis lättschaktade, men medför stort behov av vattenavledande (länshållande) åtgärder samt stabiliserande åtgärder av de djupa schaktslänterna. Att upprätthålla en god arbetsmiljö blir en central fråga under dessa arbeten. Eftersom vissa sträckor kommer att behöva bergrensas, klassificeras, och eventuellt injekteras så kommer schakten troligen att behöva stå öppna under lång tid (månader).

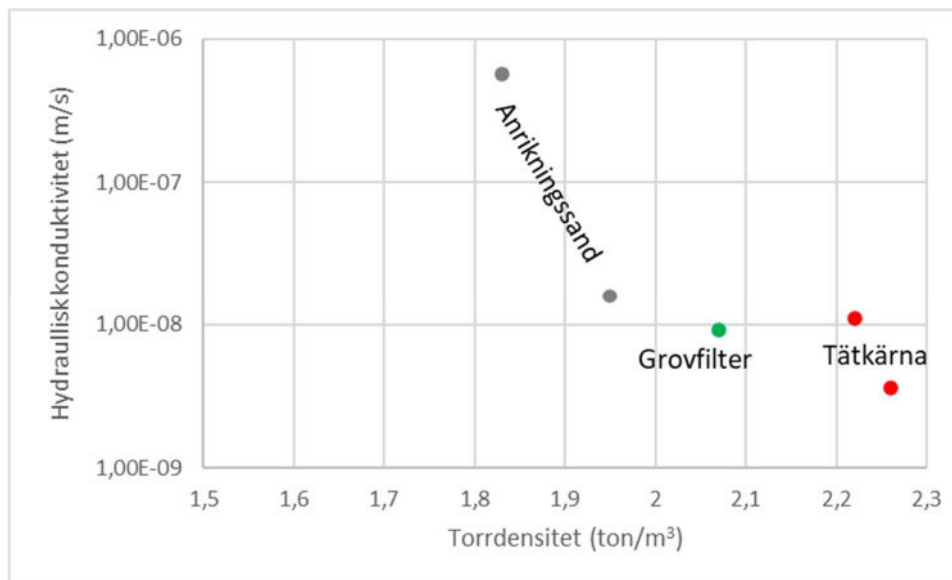
Dammyggnadsmaterial

I undersökningarna från 2010 (Golder, 2011) och 2021 (MITTA, 2021a) har prover tagits på morän, finfilter och grovfilter från de befintliga dammarna. Kornstorleksfördelning för dessa material redovisas i Figur 16. Blå kurvor representerar morän/tätkärna, röda kurvor representerar grovfilter och gula kurvor representerar finfilter. Notera att studerade grovfilterkurvor är mer finkorniga än finfilterkurvorna. Huruvida grovfilterkurvorna är felaktiga (felaktigt provtagna) är ej känt i dagsläget. Rimligen borde grovfiltret vara mer grovkornigt än finfiltret. En ytterligare kontroll av dessa två material är därför lämpligt.

Hydraulisk konduktivitet för anrikningssand, grovfilter och tätkärna redovisas i Figur 17 (inga resultat på finfilter finns tillgängliga). Även här bedöms grovfiltret ha felaktigheter, då den hydrauliska konduktiviteten är likvärdig moränens. Grovfilter borde rimligen vara mer väl-dränerande än både moränen och anrikningssanden.



Figur 16. Kornstorleksfördelning morän, grovfilter och finfilter.

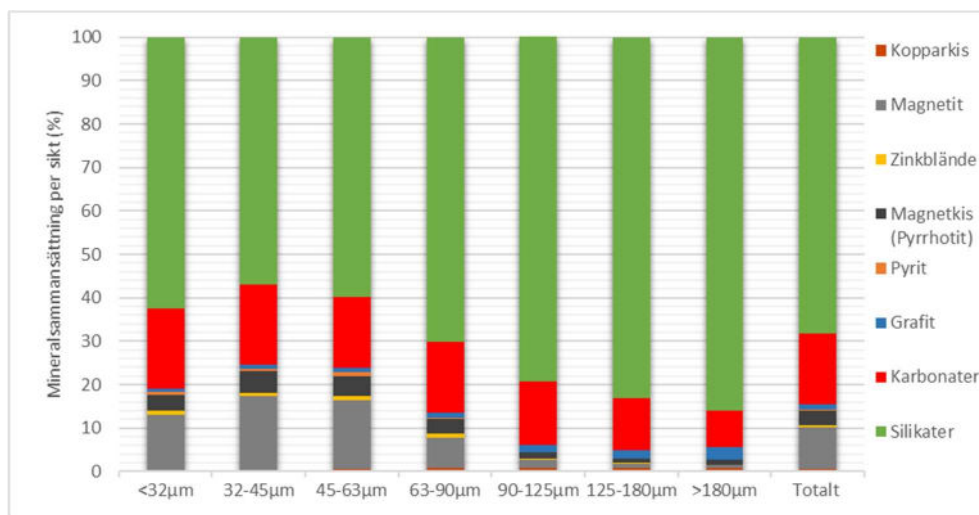


Figur 17. Hydraulisk konduktivitet för anrikningssand (grå), grovfilter (grön) och tätjärna (röd) (Golder, 2011)

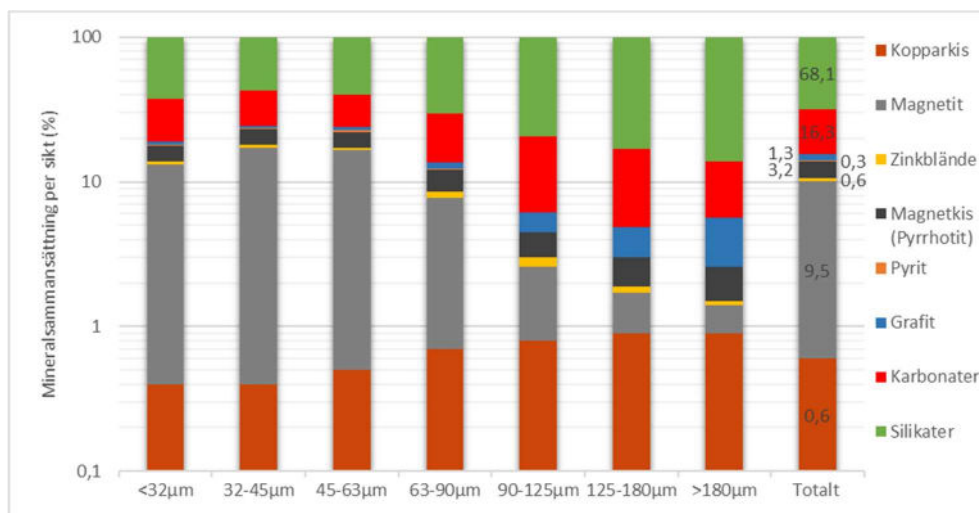
Anrikningssand

Anrikningssandens mineralsammansättning såg 1987 ut enligt Figur 18 och Figur 19. Vertikala axlar representerar den procentuella mineralsammansättningen, och respektive stapel representerar material för en viss kornstorlek. Stapeln till höger representerar mineralsammansättningen för samtliga fraktioner i anrikningssanden. I Figur 18 redovisas vertikal axel i naturlig skala, vilket tydligt illustrerar hur stor del som utges av silikater (gröna staplar, totalt 68,1%). Silikater kan visserligen innebära flertalet olika mineral med olika egenskaper, men någon ytterligare indelning har ej gjorts här. Silikatmineral är mycket vanlig i jordskorpan, och är en anledning till den höga siffran silikater i Figur 18. I Figur 19 redovisas vertikal axel i logaritmisk skala för att underlätta jämförelsen av mineralen med låga

koncentrationer. Tydligt är att mineralerna 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.



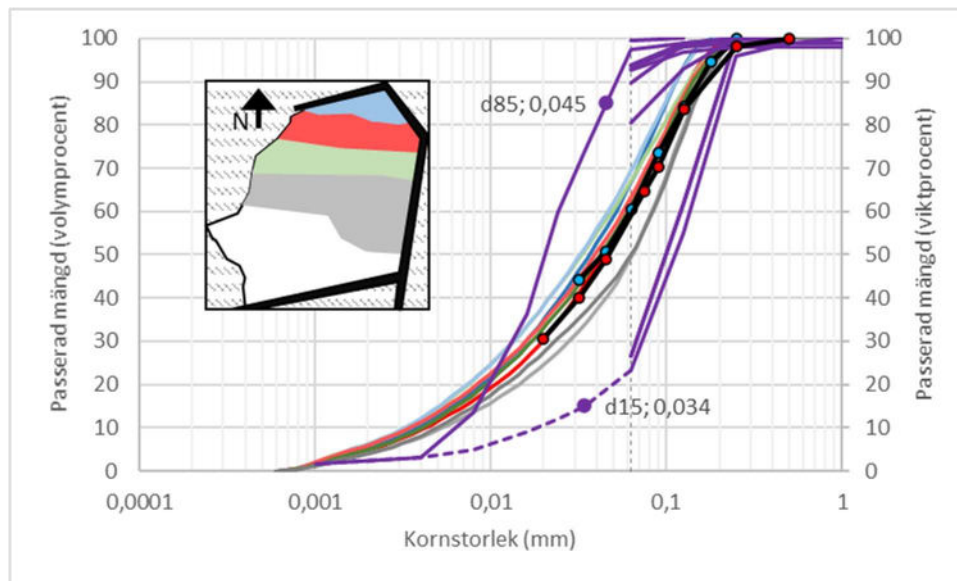
Figur 18. Mineralsammansättning anrikningssand – per sikt. Naturlig skala.



Figur 19. Mineralsammansättning anrikningssand – per sikt. Logaritmisk skala för att underlätta jämförelse mellan mineral med hög resp. låg koncentration.

En sammanställning av anrikningssandens kornstorlek presenteras i Figur 20. Färgade kurvor (blåa, röda, gröna och gråa) representerar olika lägen i deponin (se infälld skiss) (Walder, 2021). 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 ca 50 och 70%, vilket är att betrakta som högt, dvs ett finkornigt material. Viss spridning går att utläsa, med något grövre fraktioner i magasinets södra delar. En sådan sortering är dock anmärkningsvärd, då det rimligen borde vara grövst korn i närheten av tidigare utsläppspunkt, dvs. i norr. Lila kurvor representerar anrikningssand från

provgropar i kampanjen från 2010 (Golder, 2011). Dessa kurvor är uttryckta via viktprocent (höger axel). Den svarta kurvan med blå brytpunkter representerar anrikningssand som studerades 1987 (studie avseende mineralsammansättning) och motsvarar förhållanden innan deponering. Denna kurva är uttryckt via viktprocent (höger axel), men stämmer väl överens med kurvorna från magasinet. En ytterligare kurva motsvarande anrikningssandens totalfraktion (förväntad från nya verket), daterad 2021 (AFRY, 2022) illustreras som svart kurva med röda brytpunkter. Att döma av dessa resultat 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 20. Kornstorleksfördelning anrikningssand. Cirklar motsvarar finaste d85 och grövsta d15, vilka nyttjas för filterdimensionering (ej detta dokument).

Summering

En tolkning av geotekniska markförhållanden i och intill Viscarias sandmagasin samt konstruktionsmaterial för befintliga dammar har utförts. Tillgängligt underlag har överlag varit bra, men i vissa partier råder ännu osäkerhet kring jordlagerföljd (och dess tjocklek) samt eventuell förväxling av fin- och grovfilter. Det är främst i botten av myrområden som djupet till berg varit svårt att uppskatta, men även förhållandena vid konstaterad sprickzon är svårtolkade. Huruvida det ännu finns spår av sediment under de befintliga dammarna är mycket svårt att avgöra. Tydligt från äldre undersökningar är dock att det ännu finns spår av bäckfåran (med silt, sand och grus) nedströms dammarna.

Grundläggning av dammar för nytt sandmagasin kräver både moränggrundläggning och berggrundläggning. En uppskattning av rekommenderade lägen för respektive grundläggningsmetod har getts i detta PM. Från utförda undersökningar är det svårt att få en uppskattning om bergytans utseende och kvalitet, vilket gör det svårt att uppskatta behovet av åtgärder (bergrensning, injektering etc.) vid berggrundläggning.

Vid grundläggning av dammarna krävs omfattande schaktarbeten och länshållning av grund- och ytvatten. Störst utmaning förväntas ske vid respektive dammsträckas lågpunkt. I nordväst finns ett myrområde där påträffade torv- och sedimentlager finns. Torven bedöms som olämplig att bevara under dammarna och bör avlägsnas. Vid dessa arbeten krävs troligen grundvattensänkande och/eller ytvattenavledande åtgärder. Längs Ö dammen krävs schaktarbeten inom delar av befintligt sandmagasin, där lös (och vattenmättad) anrikningssand finns. Anrikningssanden bedöms som mycket olämplig för bevarande under dammarna och behöver avlägsnas. Risken för flytjord är stor i samband med schaktning av anrikningssand. Under anrikningssanden finns dessutom torv som måste avlägsnas innan grundläggning av ny damm. Schaktslänter av anrikningssand bör hållas flacka (ej brantare än ca 1:2) och snabbt skyddsfyllas med grusfraktioner.

För sträckor med föreslagen grundläggning på morän bedöms moränen vara fast lagrad. Inga tester avseende hållfasthet har utförts, men TCS bedömer utifrån erfarenhet, att moränens skjuvhållfasthet bör beskrivas med dränerade egenskaper, förslagsvis med en friktionsvinkel kring 35°.

För sträckor med grundläggning på berg kan det krävas injektering av bergmassan. Huruvida det krävs djupgående injektering eller ytlig injektering är mycket svårt att bedöma i dagsläget. TCS rekommenderar att friläggning av dessa ytor sker med god framförhållning (innan fyllarbeten påbörjas) för att med en berggrundsgeolog avgöra injekteringens omfattning.

De sedimentskikt som påträffats har enbart överlagrat morän, och inte varit inbäddade i morän. Risken att de nya dammarna kommer grundläggas på jord med inbäddade skikt av sediment bedöms därför som låg. Särskild uppmärksamhet bör dock i samband med schakt- och grundläggningsarbeten hållas avseende dessa fenomen eftersom de geologiskt sett kan förväntas påträffas i området.

Referenser

- AFRY. (den 04 01 2022). Mail: Siktkurvor anrikningssnad - Erik Niva, AFRY.
- Banverket. (2008). *Kiruna, ny järnväg, Järnvägsplan 04, Viscaria-Peuravaara, Del 1*. Banverket.
- Golder. (2011). *Existing Tailings Facility - Geotechnical investigation*. Stockholm: Golder Associates.
- Lantmäteriet. (den 10 12 2021). *Lantmäteriet - Min karta*. Hämtat från <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Lantmäteriet. (den 21 12 2021). *Lantmäteriet Historiska kartor*. Hämtat från <https://historiskakartor.lantmateriet.se/hk/mapsearch>
- MITTA. (2021a). *Markteknisk undersökningsrapport (MUR) - Viscaria dammar*. Mitta.
- MITTA. (2021b). *Markteknisk undersökningsrapport (MUR) - Industriområde Viscaria*. Mitta.
- Outokumpo. (1987). *Rapport om mineralogin och kemin av cu-sliget och avfallet från Viscaria Cu-anrikningsverket*.
- SGU. (2018). *Overview of the Quaternary geology of the Viscaria mine area - Diarie-nr: 35-856/2018*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- SGU. (den 10 12 2021). *SGUs kartvisare*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/>
- Walder, I. (2021). *PM Grain size distribution Viscaria tailings*.

TCS - Tailings Consultants Scandinavia AB

Roger Knutsson