

Copperstone Viscaria: Flödesdimensionering

Hydraulisk utredning avseende hantering av
höga flöden inom och nedströms planerad
anläggning

Copperstones referens: Bilaga A3:2



Uppdrag: Viscaria hantering av höga flöden
Uppdragsnummer: 30033183
Kund: Copperstone Viscaria AB
Ver: 3
Datum: 2022-03-16
Upprättad av: Julius Fritzell
Kontrollerad av: Pierre-Louis Ligier
Dokumentreferens: \\Sestofs010\projekt\25463\30033183\000\10_
DOCA\Rapport\Rapport_Hydraulisk_utredning
_avseende_hantering_av_hoga_floden_2022_
03_16.docx

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
2	Metodik	5
2.1	Anläggningsinformation.....	5
2.2	Platsbesök	6
2.3	Utredning av hydraulisk kapacitet nedströms anläggning	11
2.3.1	Underlag	11
2.3.2	Förutsättningar och antaganden	11
2.3.3	Höjdprofil längs västra järnvägen och identifiering av begränsande tvärsektion för flöde norrut längs järnvägsdikedet	12
2.3.4	Framtagning av endimensionell hydraulisk modell	14
2.3.5	Scenarier.....	16
2.4	Dimensionerande flöden	16
2.4.1	Underlag	16
2.4.2	Förutsättningar och antaganden	16
2.4.3	Avrinningsområden	19
2.4.4	Nederbörd.....	20
2.4.5	Magasinskurvor.....	23
2.4.6	Hydrologisk modell (flödesberäkningar).....	25
2.4.7	Scenarier.....	26
3	Resultat.....	27
3.1	Hydraulisk kapacitet nedströms anläggningen.....	27
3.2	Dimensionerande flöden	28
3.2.1	Nya sandmagasinet	28
3.2.2	Befintligt sandmagasin	29
3.2.3	Klarningsmagasinet.....	29
3.2.4	Avrinningsområdet nedströms dammarna	34
3.2.5	Känslighetsanalys med startnivå +519,0 i det befintliga sandmagasinet	39
3.2.6	Jämförelse innan och efter utbyggnaden av anläggningen.....	49
3.2.7	Analys av regnmängd som kan lagras i klarningsmagasinet utan att vatten börjar brädda över nödtröskeln	49
4	Slutsatser och rekommendationer.....	51
5	Referenser	52

1 Inledning

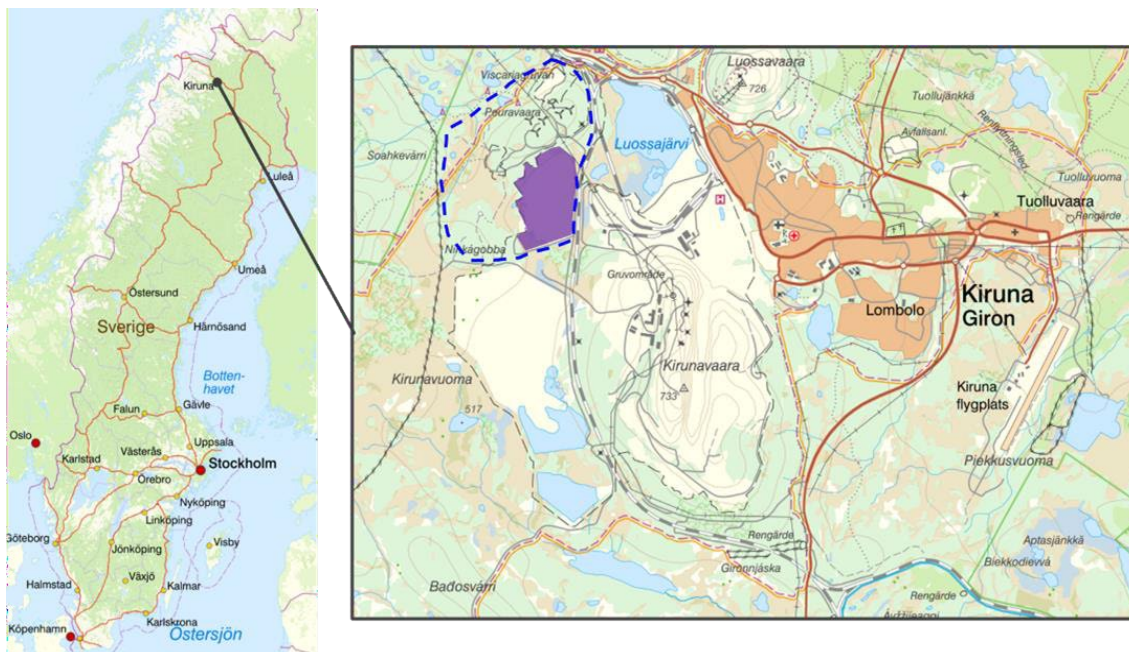
Sweco Sverige AB har fått i uppdrag av Copperstone Viscaria AB att utreda den hydrauliska kapaciteten i och nedströms Viscarias gruvdammanläggning i Kiruna och föreslå åtgärder för att hantera höga flöden inom och nedströms de planerade sand- och klarningsmagasinen. I gruvområdet bedrevs tidigare gruvverksamhet mellan åren 1983 och 1997, se Figur 1-1. Under 2019 förvärvade Copperstone Resources AB Viscaria-fyndigheten i syfte att återuppta och utvidga gruvverksamheten (Copperstone Resources, 2021).

Swecos uppdrag har bestått av två moment:

- Utredning av hydraulisk kapacitet nedströms gruvdammanläggningen Nuvarande hydraulisk kapacitet bedöms kraftigt påverkas av kulvertarna under de två järnvägarna som korsar flödesvägen nedströms gruvdammanläggningen. I detta moment har en detaljerad hydraulisk utredning utförts för att uppskatta det högsta flödet som kan avbördas i denna sträcka.
- Framtagning av dimensionerande flöden för anläggningen samt utredning om hur höga flöden kan hanteras inom de planerade sand- och klarningsmagasinen Syftet var att utifrån tillgänglig magasineringsvolym utvärdera lämpliga dimensioner på nödtrösklar för att det höga flödet ska kunna avbördas utan att vattennivån i magasinerna överskrider dammarnas överdämningsnivå. Magasinens buffringkapacitet och tröskelbredder påverkar hur högt flödet nedströms anläggningen blir.

Använt koordinatsystem är SWEREF 99 20 15.

Samtliga höjdangivelser i detta projekt anges i höjdsystem RH2000. Konverteringssamband som använts är $RH00 + 0,65 \text{ m} = RH2000$.

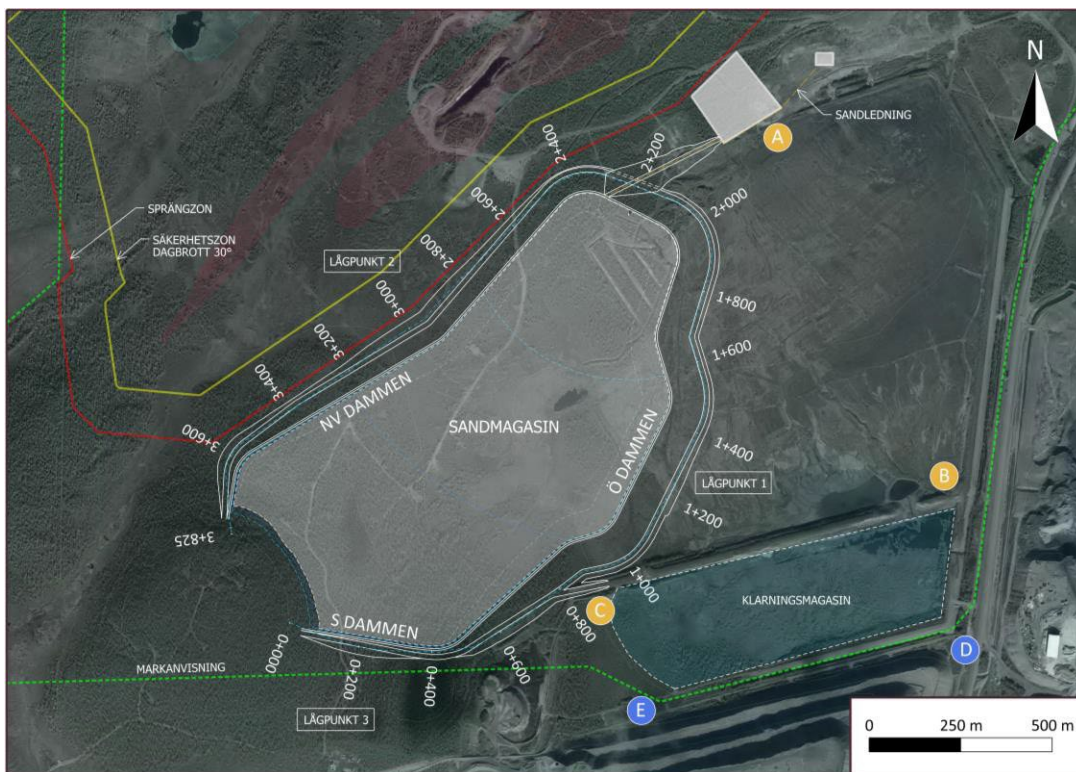


Figur 1-1. Översiktssvy. Viscarias befintliga gruvdammanläggning redovisas i lila och det ungefärliga gruvområdet enligt markanvisningen med den streckade blå linjen. Källa: TCS.

2 Metodik

2.1 Anläggningsinformation

En figur över dammanläggningen redovisas i Figur 2-1. Det nya sandmagasinet planeras att anläggas strax väster om det befintliga sandmagasinet.



Figur 2-1. Viscarias gruvdammanläggning och beteckning av dammdelarna. Källa: TCS.

Dammarna består av följande dammdelar:

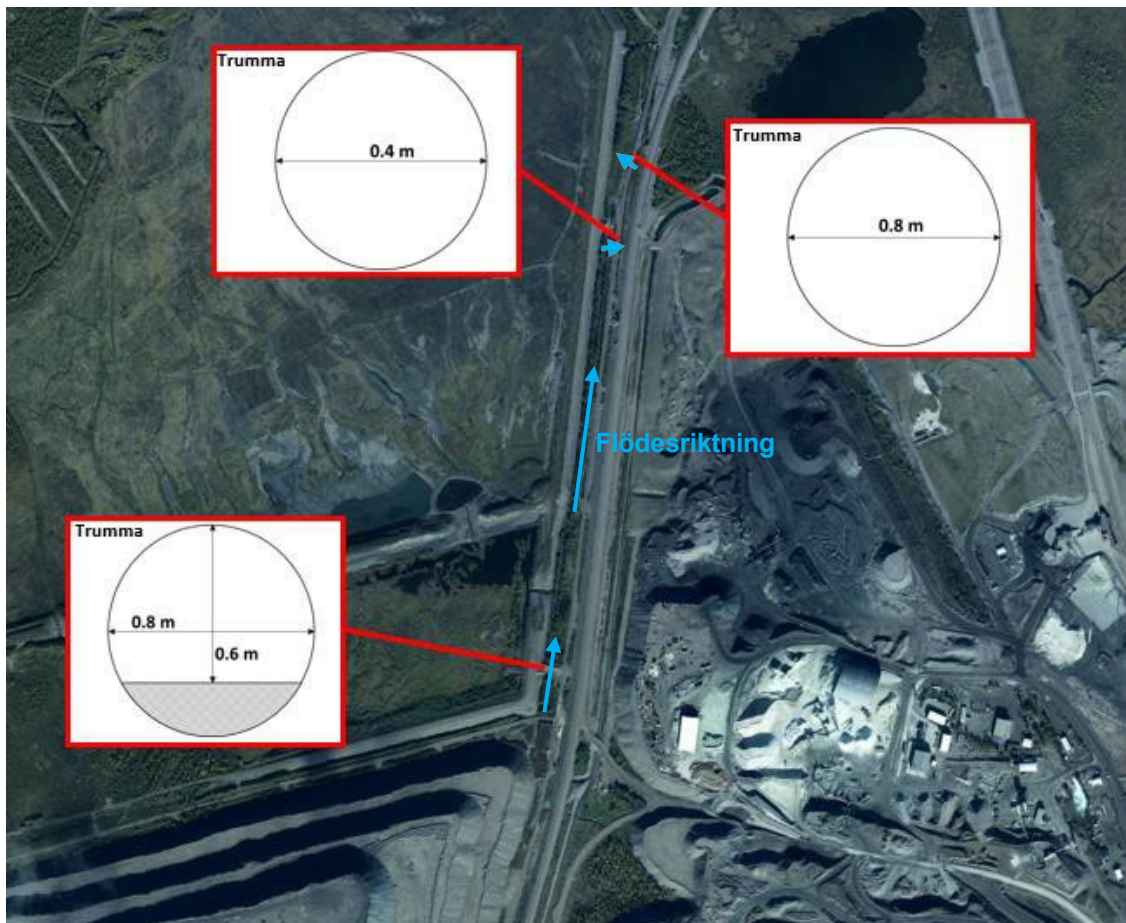
- Nya sandmagasinet:
 - o NV dammen.
 - o Ö dammen.
 - o S dammen.
- Befintliga sandmagasinet:
 - o Damm A-B.
 - o Damm B-C.
- Klarningsmagasinet:
 - o Damm B-D.
 - o Damm D-E.

2.2 Platsbesök

Sweco utförde den 13-14 oktober 2021 ett platsbesök i syfte att studera anläggningen och nedströmsområdet för att identifiera möjliga flödesvägar och för flödet begränsade sektioner. Under platsbesöket mättes också dimensionerna på ett antal trummor och kulvertar. Längs Viscariadiket som går mellan det befintliga sandmagasinet och den västra järnvägen mättes 3 trummor in, se Figur 2-2 och Figur 2-3. Dessa tre trummor går under den bilväg som löper längs med diket. Vid ett höglöde kommer dock hela denna väg att överströmmas och kapaciteten för dessa trummor kommer då inte att ha någon betydelse. Framförallt då dessa trummor går i stort sett vinkelrätt mot huvudflödesriktningen.



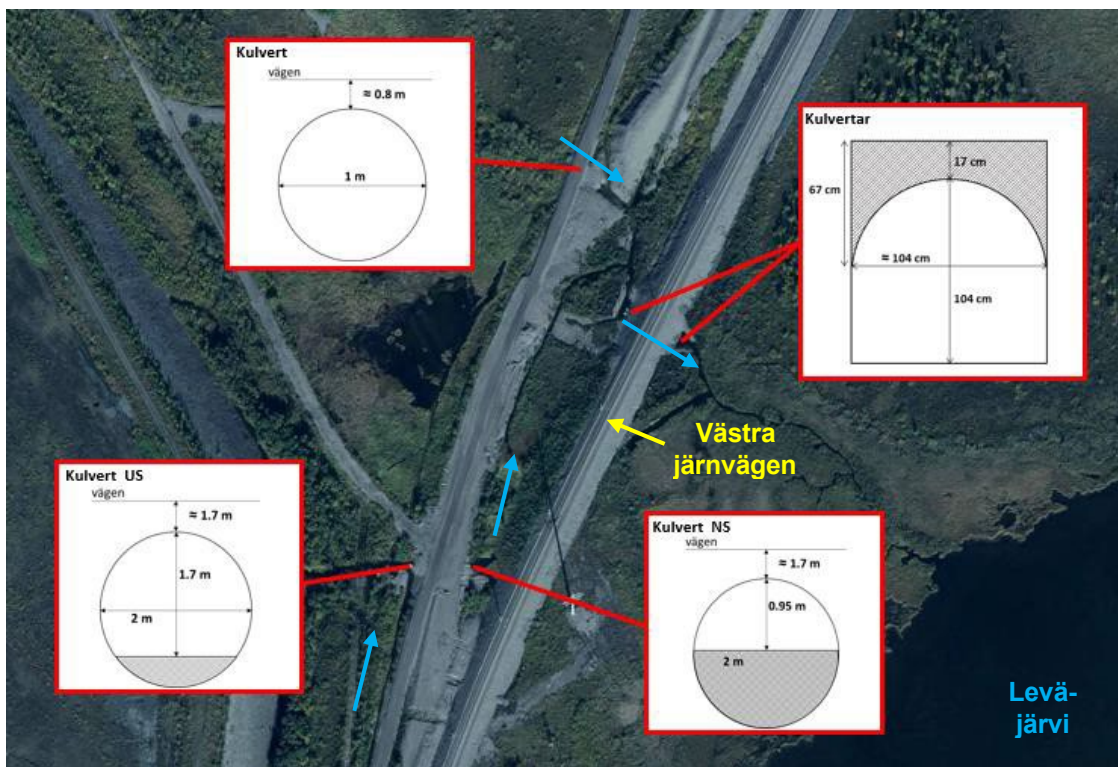
Figur 2-2. Anläggningen som den ser ut i dag med för utredningen viktiga delar utmärkta. Flygfoto taget från eniro.se.



Figur 2-3. Kulvertar som mättes in längs Viscariadiket under platsbesök 13-14 oktober 2021.

Vid ett högflöde kommer vatten att ansamlas i den lägsta punkten väster om den västra järnvägen, se Figur 2-2. Vattnet leds från denna punkt via två kulvertar under järnvägen vidare till Levjærvi. I Figur 2-4 visas inmätta kulvertar i detta område där två av de inmätta kulvertarna går under bilvägen och två går under den västra järnvägen. För den sydligaste av dessa visas inmätning både vid inloppet och utloppet då denna kulvert var delvis fylld med grus/jord i botten som täckte olika stor del av kulverten på uppströms- och nedströmssidan. Även i detta område kommer bilvägen att vara överströmmad vid en högflödeshändelse och kapacitet för de två kulvertarna under bilvägen i Figur 2-4 kommer inte att ha någon betydelse.

Flödesvägen under den västra järnvägen består av två identiska kulvertar där båda kulvertarna var i stort sett vattenfyllda vid platsbesöket, både på uppströms- och nedströmssidan, se Figur 2-5. Notera att i Figur 2-4 visas endast dimensionerna för en av de två identiska kulvertarna. Vid inloppet och utloppet av dessa kulvertar kunde man se att ovansidan var cirkulär och undersidan kvadratisk. Då det inte gick att se in i kulvertarna kunde det inte avgöras om hela kulvertlängden har samma form eller om resterande del av kulvertarna under järnvägen är helt cirkulära.

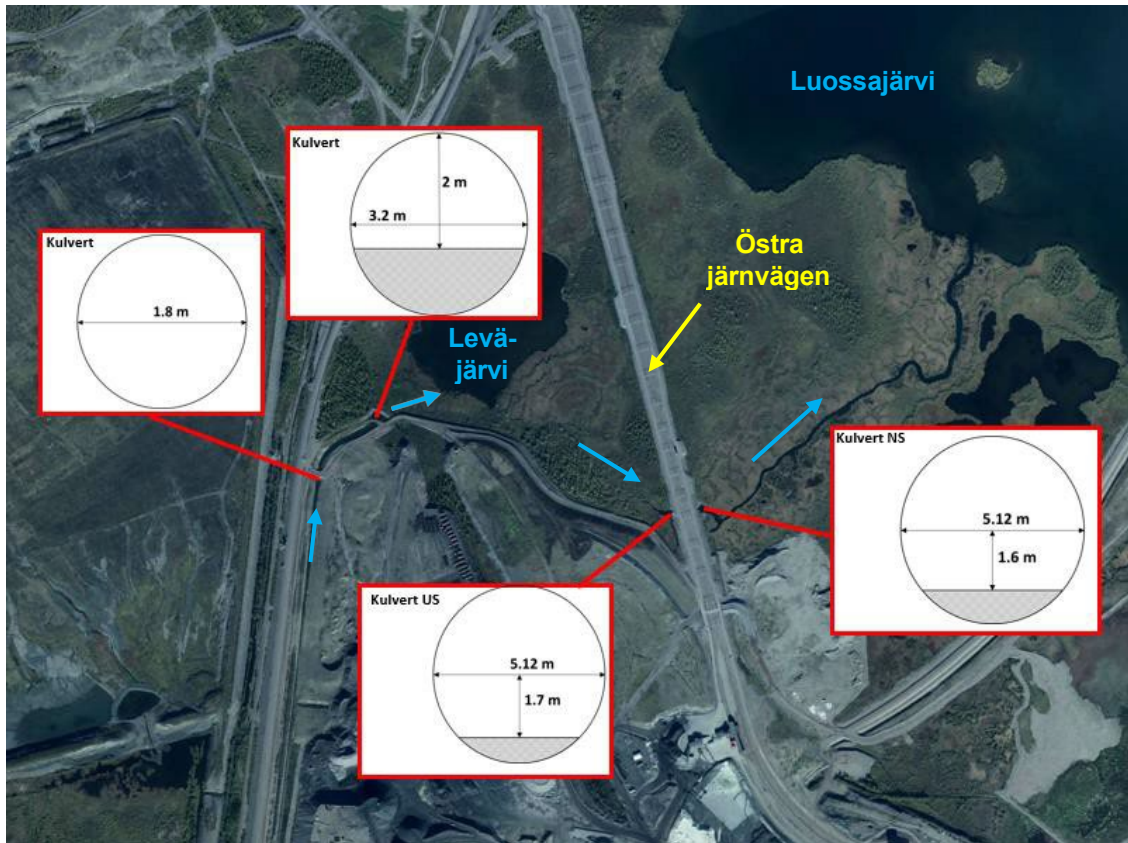


Figur 2-4. Kulvertar som mättes in uppströms den västra järnvägen under platsbesök 13-14 oktober 2021.



Figur 2-5. Bild av de två kulvertarna under den västra järnvägen sett från nedströmssidan tagen vid platsbesöket den 14 oktober 2021.

Nedströms den västra järnvägen ligger den lilla sjön Levjärvi i vilken regn från både Viscariaområdet och LKAB:s område ansamlas innan det rinner vidare till den större sjön Luossajärvi. De tre inmätta kulvertarna i detta område och deras dimensioner visas i Figur 2-6.



Figur 2-6. Kulvertar som mättes in på LKAB:s område under platsbesök 13-14 oktober 2021.

Av de tre inmätta kulvertarna i Figur 2-6 påverkar de två västra kulvertarna inte flödesvägen från Viscariaområdet, dock mättes de ändå in ifall informationen skulle behövas. Den mest betydande av dessa kulvertar är den under den östra järnvägen som vid platsbesöket var ungefär till hälften vattenfylld. Det som är värt att notera är att kulverten under den östra järnvägen är betydligt större än de två kulvertarna under den västra järnvägen. Det troliga är därför att det är de två kulvertarna under den västra järnvägen som kommer att begränsa flödet. Kulverten under den östra järnvägen visas i Figur 2-7.



Figur 2-7. Bild av kuverten under den östra järnvägen sett från NS sidan tagen vid platsbesöket den 14 oktober 2021.

Vid platsbesöket studerades även det utskov som reglerar nivån i Luossajärvi (reglering sker även med pumpning i södra delen av Luossajärvi). I Figur 2-8 visas utskovet samt den järnvägsbro som korsar vattendraget precis uppströms utskovet. För både utskovet samt för bron finns ritningar att tillgå.



Figur 2-8. Bild av utskovet som reglerar vattenflödet norrut från Luossajärvi (vänster) samt järnvägsbron precis US utskovet. Båda bilderna är tagna vid platsbesöket den 14 oktober 2021.

2.3 Utredning av hydraulisk kapacitet nedströms anläggning

2.3.1 Underlag

Följande data har använts för att utreda den hydrauliska kapaciteten nedströms gruvdammanläggningen:

- Höjddata som erhållits av Scalgo Live via Lantmäteriet i höjdsystem RH2000 och koordinatsystem SWEREF 99 TM (Scalgo Live, 2021). Upplösningen är 1 x 1 m och är en kombination av höjddata erhållet vid flygningar utförda olika år. Största delen kommer från flygningar utförda 2011 samt vissa delar, däribland triangeldeponin, från 2017. Höjdmodellen konverterades sedan till SWEREF 99 20 15.
- Inmätningar av kulvertdiameter och relativ kulverthöjd i förhållande till körbanan utförda under platsbesöket 13-14 oktober 2021.
- Inmätningar av absoluta nivåer för vattengången (botten) för trummor och kulvertar utförda av Bo Fjellborg på BLÅ Projekt, Process & GIS AB.

2.3.2 Förutsättningar och antaganden

En förutsättning för att kunna bedöma det maximala tillåtna utflödet från Viscariaområdet utan risk för skador på infrastruktur är vilken vattennivå de två järnvägarna klarar av utan att riskera att haverera. Det har i projektet inte funnits uppgifter angående överdämningsgräns eller motsvarande, men bedömningen är att risken för att de kan skadas och eventuellt haverera är påtaglig även innan de överströmmas.

För att beakta friktion i den hydrauliska modellen används Mannings koefficient. Mannings koefficient M sattes till $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ för hela sträckan vilket motsvarar en kanal med vissa buskar och större stenar. Det bedömdes överensstämma med observationer vid platsbesöket, se Figur 2-9 som visar en bild av Viscariadiket tagen under platsbesöket. Det bör dock noteras att för att korrekt definiera friktion längs med hela kanalsträckningen skulle modellen behöva kalibreras och jämföras mot faktiska flödeshändelser.



Figur 2-9. Bild över Viscariadiket tagen vid platsbesöket den 14 oktober 2021.

I analysen antas en konservativ nedströmsvattennivå (vid Luossajärvi) som sattes till nivån ÖK TK = +501,15. Analys av resultatet visar att avbördningskapaciteten under den västra järnvägen endast marginellt påverkas av detta konservativa antagande, och det anses därmed vara rimligt.

Analys av terrängen visar att två möjliga flödesvägar från Viscariaområdet finns: under den västra järnvägen genom de två kulvertarna samt utmed järnvägen norrut längs diket. Övre gräns för vattennivån uppströms den västra järnvägen innan järnvägen börjar överströmmas antas vara +506,15 (vilket motsvarar järnvägens nivå vid den begränsande sektionen, se avsnitt 2.3.3. Observera att järnvägsbanken inte antas haverera i denna modell trots att den eventuellt överströmmas. Dessutom inkluderas inte övriga trummor, utmed och under Viscariavägen då de inte bedöms ha någon betydande inverkan vid en högflödeshändelse då vägen tydligt överströmmas med flera meter.

Tillrinning från LKAB:s område beaktas inte i modellen och det kan potentiellt ha viss påverkan, men en lokal analys behöver i så fall utföras. Det bör dock noteras att vattennivån i Luossajärvi valdes konservativt (se ovan) vilket då kan anses inkludera tillflödet från LKAB:s område.

2.3.3 Höjdprofil längs västra järnvägen och identifiering av begränsande tvärsektion för flöde norrut längs järnvägsdiket

För att identifiera var den västra järnvägen eventuellt skulle överströmmas först togs en höjdprofil längs med järnvägen fram i GIS-verktyget ArcGIS. Höjdprofilen längs järnvägen redovisas i Figur 2-10 där det går att se att järnvägen konstant lutar nedåt norrut, först med en brantare lutning fram till sektion ca 2100 för att sedan sluta mindre brant. Det är viktigt att notera att övrig mark och diket väster om järnvägen är som lägst i området kring kulvertarna (sektion ca 2300) för att sedan stiga igen fram till sektion ca 2800. Vid sektion 2800 blir det därför en vattendelare och flödet kan vid höga vattennivåer börja strömma norrut längs diket. För att uppskatta flödet som

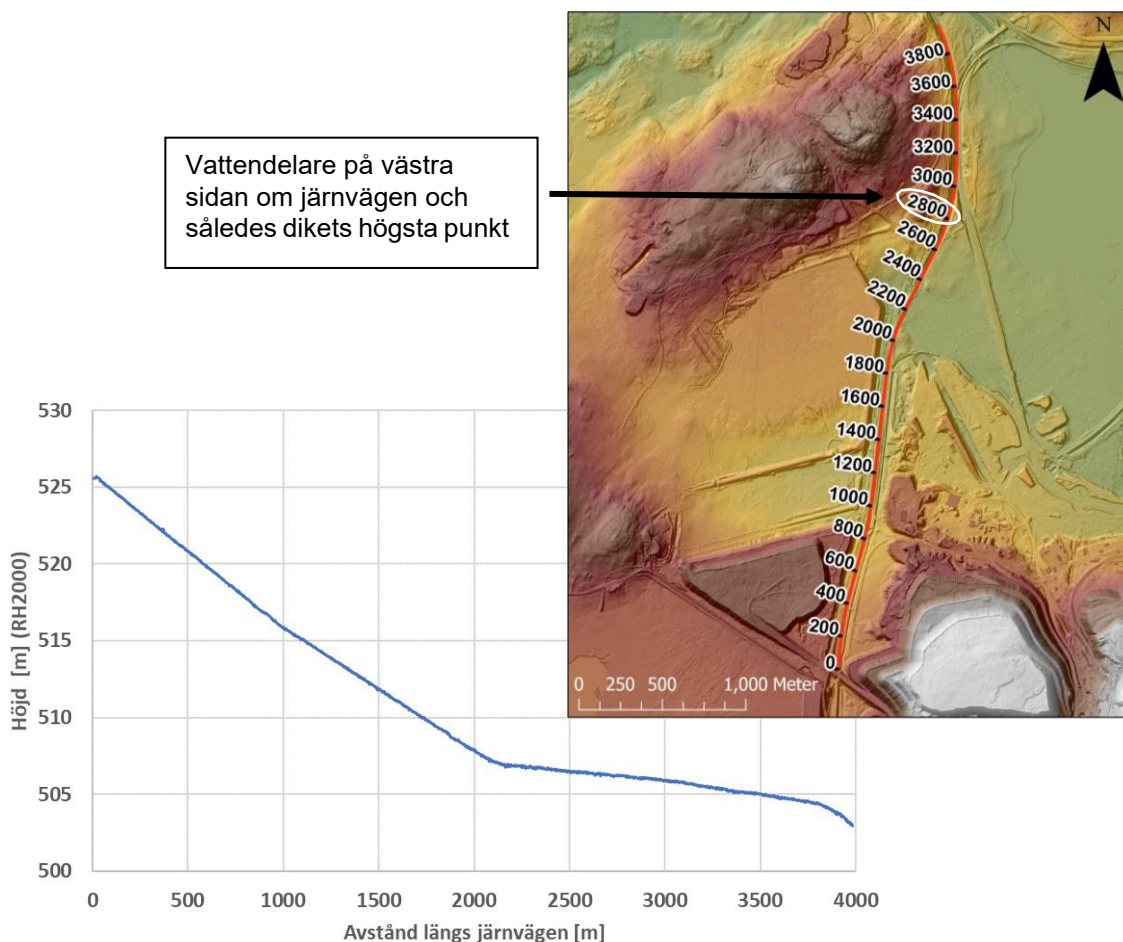
kan strömma norrut identifierades den för diket begränsande sektionen, vilket är den sektion där dikesbotten är som högst.

Den begränsande tvärsektionen för flöde norrut längs diket visas i Figur 2-11. Vid den begränsande tvärsektionen bestäms överströmningsnivån för järnvägen till +506,15. Dikets flödeskapacitet för flödet norrut kan då beräknas med hjälp av Mannings formel:

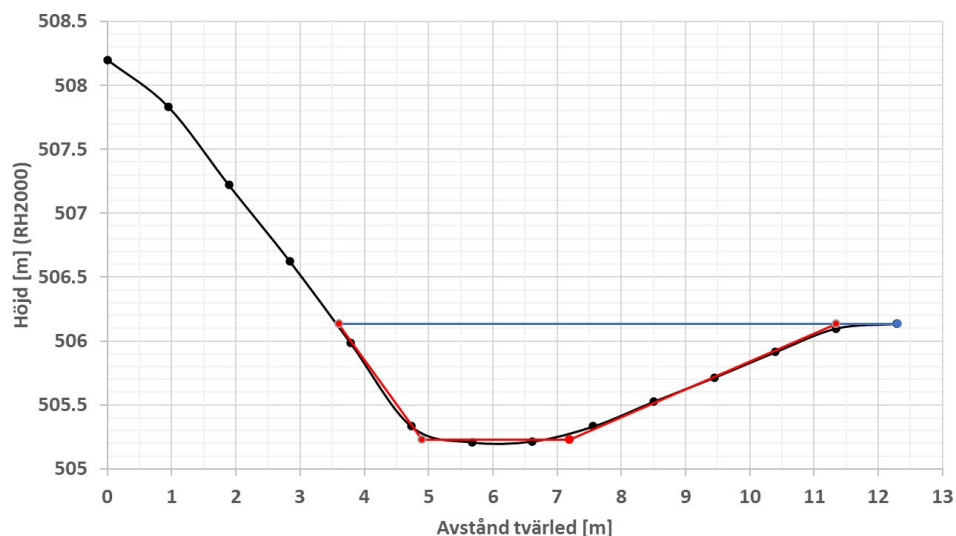
$$Q = M A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Där:

- Q: Flöde [m³/s]
- M: Mannings tal [m^{1/3}/s]
- A: Våt tvärsektionsarea [m²]
- R: Hydraulisk radie [m]
- S: Fall (lutning) [-]



Figur 2-10. Höjd- och längdprofil längs med den västra järnvägen. I bilden har även dikets högsta punkt på västra sidan om järnvägen ritats ut.

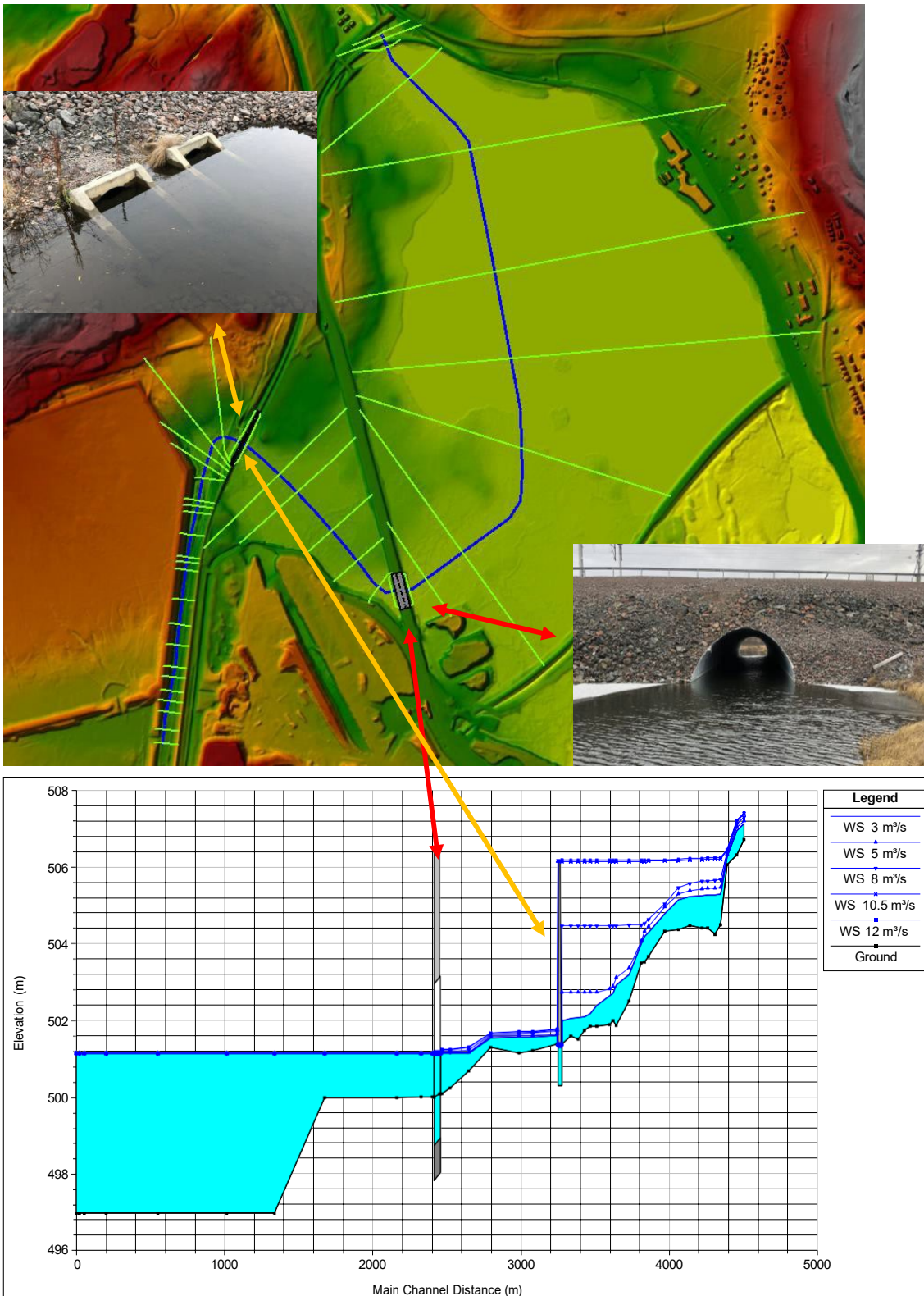


Figur 2-11. Begränsande tvärsnitt för flöde norrut längs diket. Svart linje visar dikesbotten, röd linje visar en förenklad tvärsnitt och blå linje visar vattennivån när järnvägen börjar överströmmas.

2.3.4 Framtagning av endimensionell hydraulisk modell

Den hydrauliska modellen som togs fram i detta projekt innefattar flödesvägen nedströms den planerade gruvdammanläggningen från Viscariadiket ner till Luossajärvi. En 1D-hydraulisk modell togs fram i beräkningsprogrammet HEC-RAS som utvecklats av US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC) (CEIWR-HEC, 2016).

Terrängmodellen lästes in i HEC-RAS där flödesvägen bestämdes (se blå linje i övre bilden i Figur 2-12) och 43 tvärsnitt längs med flödesvägen togs fram (se ljusgröna linjer i övre bilden i Figur 2-12). Den totala längden för den hydrauliska modellen från klarningsmagasinets nuvarande utlopp ned till Luossajärvis utlopp är ca 4500 m (se längdprofilen som visas i den undre bilden i Figur 2-12). För olika simulerade flöden beräknades vattennivån i samtliga tvärsnitt. Med hjälp av beräkningsmodellen identifieras det högsta möjliga flödet som kan avbördas nedströms den planerade gruvdammanläggningen vid maximalt acceptabel vattennivå vid järnvägen.



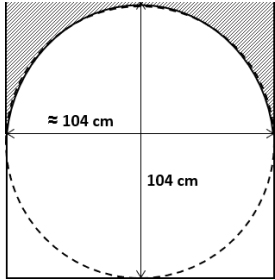
Figur 2-12. I övre bilden visas HEC-RAS 1D modellen med flödesvägen i blått och de 43 tvärsektionerna i ljusgrönt. I undre bilden visas längdprofilen med kulvertar erhållen från HEC-RAS modellen för fem olika flöden (WS= Water Surface), turkost område och blå linjer indikerar vatten och svart linje bottennivån längs flödesvägen.

2.3.5 Scenarier

Som beskrevs i avsnitt 2.2 *Platsbesök* gick det vid platsbesöket inte att se in i kulverten under den västra järnvägen då den var i stort sett helt vattenfylld. Kulvertöppningen och kulvertmynningen kunde mätas in och hade samma dimensioner, cirkulär överdel och rektangulär underdel. Det går dock inte att utesluta att själva kulverten under järnvägen är helt cirkulär, och därför modellerades båda fallen i den hydrauliska modellen. En känslighetsanalys har också utförts där kulverten antas bli halvt igensatt vid Klass I-flödet för att se hur det påverkar flödeskapaciteten. Beräkningsscenarierna redovisas i Tabell 2-1 och definierades utifrån kulvertgeometri och graden av igensättning.

Tabell 2-1. Definition av scenarier där känslighetsanalys med halvt igensatta kulvertar ingår (gäller för västra järnvägen).

Scenario	Geometri	Igensättning	Beskrivning
1	Cirkulär	Nej	Antar att cirkulärt rör med diameter $D = 1,04$ m är begränsande sektion
2	Cirkulär	50%	
3	Conspan	Nej	Antar att observerad öppningsarea är begränsande sektion
4	Conspan	50%	



2.4 Dimensionerande flöden

2.4.1 Underlag

För att kunna utreda hur ett dimensionerande flöde kan hanteras inom anläggningen behövde nederbörden vid en Klass I-händelse beräknas och avrinningsområdena bestämmas. Följande underlag har använts:

- Samma terrängmodell som användes i avsnitt 2.3 *Utredning av hydraulisk kapacitet nedströms anläggning* från Scalgo Live (Scalgo Live, 2021).
- Ritning över dammlayouten erhållen av TCS.
- Modell av slutgiltig sandnivå för dammlayout erhållen av TCS.
- Ritning över planerad schakt inne i klarningsmagasinet erhållen av TCS.
- Terrängmodell med gråbergssupplag erhållen av DHI.

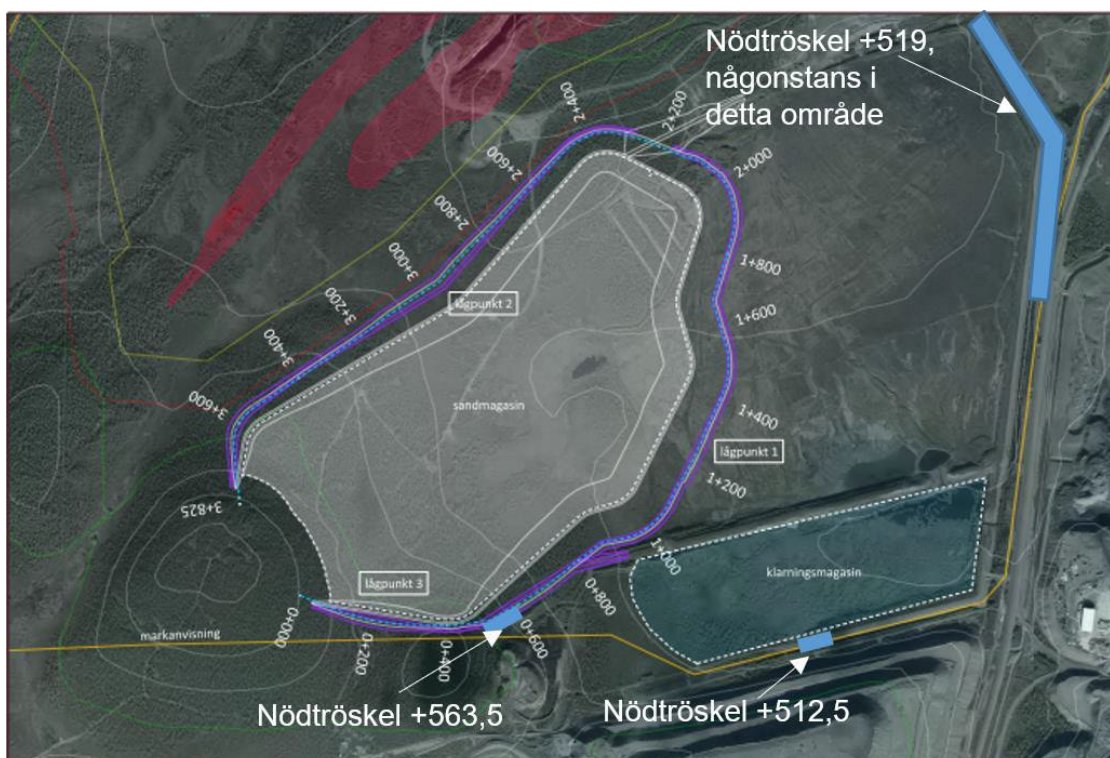
2.4.2 Förutsättningar och antaganden

Utifrån ritningar över det nya sandmagasinet, anrikningssandens slutliga nivå och höjdmodellen från Scalgo Live kunde magasineringens volymen av vatten beräknas i samtliga magasin samt nedströms anläggningen. Med samma underlag samt med höjdmodellen över gråbergssupplagen från DHI kunde avrinningsområdena bestämmas. Gråbergssupplagen kommer troligtvis att bestå av ganska löst packad sten vilket gör att dräneringen genom dem troligtvis kommer att vara god. Det skulle därför kunna antas att gråbergssupplagen inte ska påverka avrinningsområdena. Dock kan gråbergssupplagens överyta under gruvans livslängd bli mindre genomsläpplig till exempel genom efterbehandling. Sett till gruvans livslängd kan det därför inte säkerställas att gråbergssupplagen inte kommer att påverka avrinningsområdena. I de fall där gråbergssupplagen ökar avrinningsområdenas storlek har därför dessa ytor inkluderats.

Dimensionerande avrinningsområden vid analys av höga flöden har tagits fram utifrån följande principer:

- Avrinningsområdena täcker alla områden som naturligt dräneras ner till dammanläggningen utifrån analys av topografin (inkl. planerad gruvlayout osv.). Avrinningsområden togs fram ner till utloppet under den västra järnvägen.
- Hänsyn tas inte till gruvdammanläggningens vattenhanteringssystem som enligt Copperstone antas vara ur drift vid extrema, höga flöden. Processvattenflöden är därmed inte med i analysen. Detta bedöms dock ha en mindre betydelse för resultatet eftersom 30-årsprocessvattenflödet är i storleksordning 1 m³/s enligt samråd med DHI under november, vilket inte anses ha någon betydande påverkan för flödesdimensioneringen.

I de tre magasinerna planeras nödtrösklar att konstrueras där lämpliga tröskelnivåer och placeringar föreslogs av TCS, se Figur 2-13. Från figuren går det att se att flödet från nya sandmagasinets nödtröskel når klarningsmagasinet efter att ha runnit i den naturliga terrängen. Flödet från klarningsmagasinets nödtröskel släpps mot tringeldeponin för att sedan rinna österut längs diket och senare norrut längs Viscariadiket. Placeringen för det befintliga sandmagasinets nödtröskel är inte fastställd men planeras att mynna nedströms dammanläggningen antingen i Viscariadiket eller nedströms Viscariadiket, se Figur 2-13. Utöver tröskelnivåerna tillhandahölls av TCS även övriga nivåer för de tre magasinerna där en viktig nivå är överdämningsnivån ÖDG som inte får överskridas under Klass I-händelsen. Samtliga nivåer som tillhandahölls för dammarna redovisas i Tabell 2-2.



Figur 2-13. Plan över planerade positioner och höjder för nödtrösklarna erhållen av TCS.

Tabell 2-2. Viktiga nivåer för de tre magasinen.

Nivå	Nya sandmagasinet [RH2000]	Befintligt sandmagasin [RH2000]	Klarningsmagasin [RH2000]
DK	+565,0	+523,5 till +521,0	+515,0
Slutlig maximal sandnivå	+564,5	Nuvarande sandnivå	-
ÖDG	+564,0	+520,0	+513,0
Tröskelnivå nödutskov	+563,5	+519,0	+512,5
DG	+562,0	+519,0	+512,0
DN	+561,5		+511,5

Vid Klass I-händelsens start bedömdes det i samråd med TCS att nivåerna i de tre magasinen ska ligga på:

- Nya sandmagasinet: **DG +562,0**
- Befintliga sandmagasinet: **Maximal DN +513,0**
- Klarningsmagasinet: **DG +512,0**

I området nedströms dammarna men väster om den västra järnvägen där också vatten kan magasineras sattes startnivån motsvarande att magasinet är tomt (d.v.s. nivån för naturlig mark):

- Nedströms dammanläggningen: **+501,4**

För det nya sandmagasinet samt klarningsmagasinet är startnivån således 0,5 m över driftnivån men då vattennivån även under normal drift kan ligga på DG bedömdes den startnivån vara rimlig. Värt att notera är att för både nya sandmagasinet samt klarningsmagasinet finns det trots en startnivå vid DG magasinering marginal upp till tröskelnivån. Marginalen upp till tröskelnivån kan hållas med hjälp av pumpning under normal drift.

För det befintliga sandmagasinet är målet under normal drift att minimera vattennivån, vilket sker med hjälp av pumpning. Vid normal drift ska vattennivån maximalt uppgå till +513,0 enligt TCS varför denna nivå valdes som startnivå innan Klass I-händelsen.

Trots att pumpning av vatten mellan magasinen är en viktig del av den normala driften antas som beskrivits processflödet under själva Klass I-händelsen vara obefintligt. Enligt beräkningarna antas således pumparna vara aktiva fram till Klass I-händelsens start men därefter vara avstängda eller inaktiva. Detta antagande bestämdes i samråd med Copperstone och TCS.

I beräkningen antas inte heller att någon genomströmning eller infiltration sker genom dammarna mellan magasinen. Det är troligt att viss genomströmning av vatten kommer att ske från det nya sandmagasinet till det befintliga samt från det befintliga sandmagasinet antigen till klarningsmagasinet eller direkt nedströms anläggningen. Det är på förhand mycket svårt att uppskatta hur mycket vatten som kommer att kunna genomströmma dammarna då det beror på flera olika faktorer. Då det finns vissa osäkerheter vad gäller genomströmning samt processflöden kommer en marginal vad gäller nödutskovens bredder att rekommenderas.

Flödet över nödrösklarna beräknades med hjälp av överfallsformeln:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2 g h^3}$$

Där:

Q = flöde [m^3/s]

μ = avbördningskoefficient [-]

b = kulvertbredd [m]

h = överfallshöjd mellan referensmagasinsnivå och tröskelnivån [m]

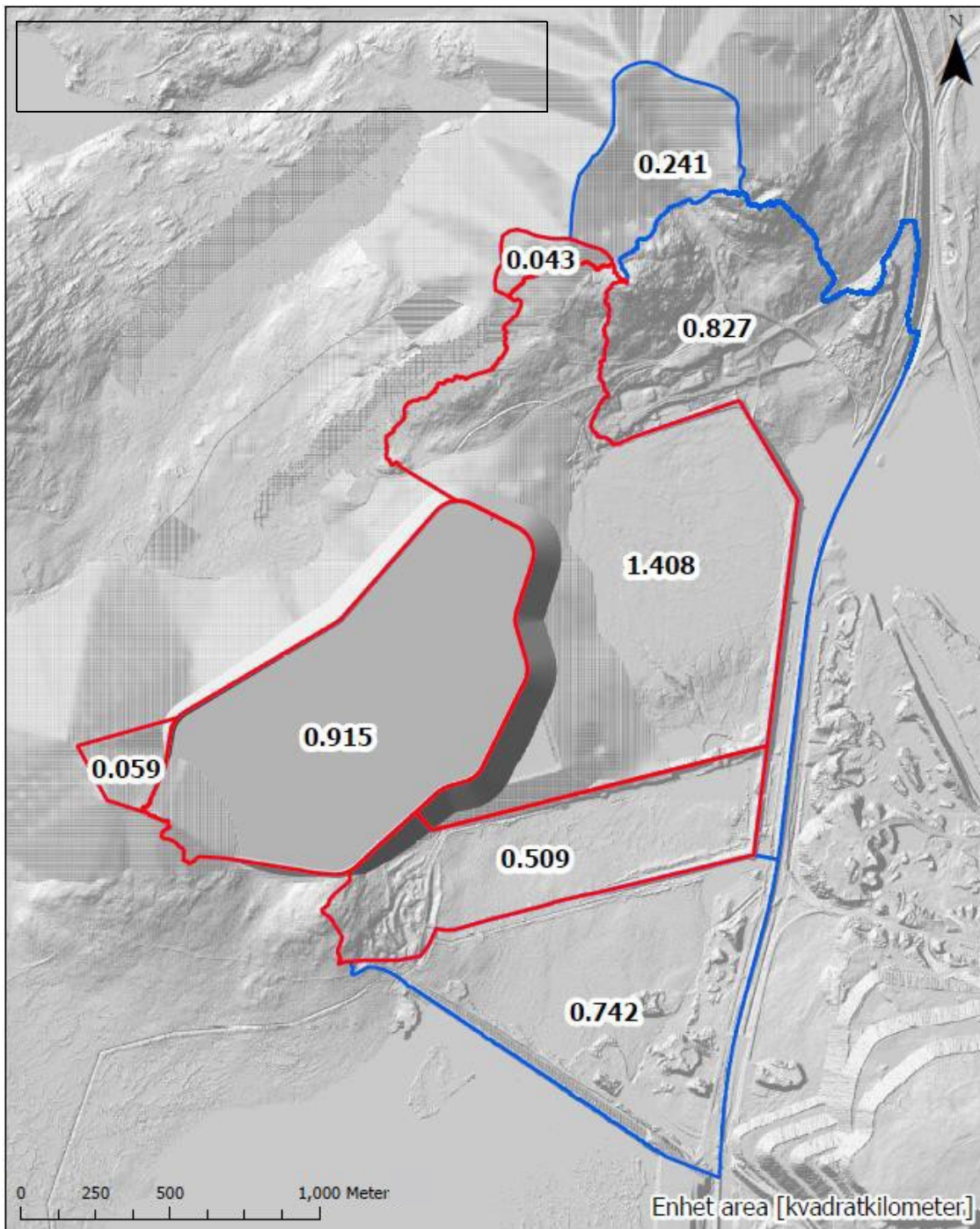
g = tyngdaccelerationen [m/s^2]

I beräkningarna antogs avbördningskoefficienten $\mu = 0,5$ för nödrösklarna i det nya sandmagasinet samt i klarningsmagasinet. För det befintliga sandmagasinet användes avbördningskoefficienten $\mu = 0,4$. Ett standardvärde för avbördningskoefficienten för grunda trösklar/överfall är $\mu = 0,577$ så viss marginal har antagits för att innefatta bl.a fallförluster inom magasinen. Det lägre värdet för det befintliga sandmagasinet är för att i detta magasin kan en kanal behöva grävas från vattenspegeln till tröskeln, vilket ger ytterligare förluster. Notera att denna avbördningsformel antar vertikala sidväggar. Om nödrösklarnas sidor i stället görs vinklade kan mer vatten avbördas för samma bottenlängd på tröskeln.

I den hydrologiska modellen som tas fram används avbördningskurvan för utskoven under den västra järnvägen (som beskrivs och beräknas i avsnitt 2.3 och 3.1) som nedströms randvillkor. Avbördningskurvan som används är den för scenario 3 med en tvärsektion med cirkulär överdel och rektangulär botten och ingen igensättning. Hänsyn tas inte till flödesvägen norrut längs järnvägsdikedet med det kan anses kompenseras av att den största flödesarean för kulverten antogs (se diskussion i avsnitt 2.2 *Platsbesök*). Ifall kulvertarna blir delvis igensatta under Klass I-händelsen blir avbördningsförmågan ännu mindre, det har inte antagits här.

2.4.3 Avrinningsområden

För att bestämma avrinningsområdenas storlek användes verktyget SWAT (Soil & Water Assessment Tool) och tillägget ArcSWAT framtaget för ArcGIS (SWAT, 2012). Med programmet kunde avrinningsområdena sett till hur terrängen ser ut idag (terrängmodellen från Scalgo Live) tas fram. För att beakta layouten för det nya sandmagasinet och gråbergsupplagen användes ritningarna och terrängmodellen över dessa. Avrinningsområdena delades upp för respektive magasin och arean beräknades i ArcGIS, avrinningsområdena visas i Figur 2-14. Det totala avrinningsområdet uppgår till 4,744 km^2 där 2,934 km^2 är inom dammanläggningen (röda linjer) och 1,810 km^2 tillkommer nedströms anläggningen (blå linjer).



Figur 2-14. Avrinningsområden som används vid flödesdimensionering.

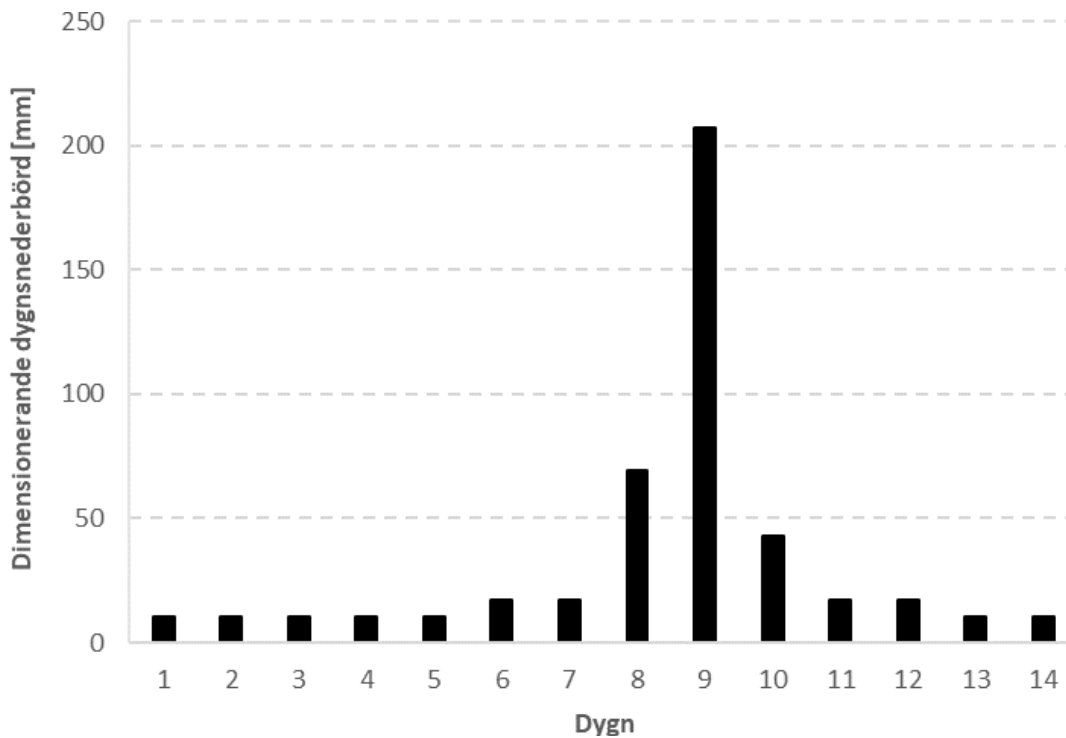
2.4.4 Nederbörd

Den dimensionerande Klass I-tillrinningen har räknats fram enligt Flödeskommitténs riktlinjer FKR (Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin, 2015) med det tillägg för små avrinningsområden som tagits fram av dels KFR (Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer, 2005) samt av SMHI (SMHI, 2020). De två olika tilläggen innebär att den totala dygnsnederbörden för Klass I-sekvensens kraftigaste dygn (dygn 9) fördelas ojämnt över dygnets timmar där som mest

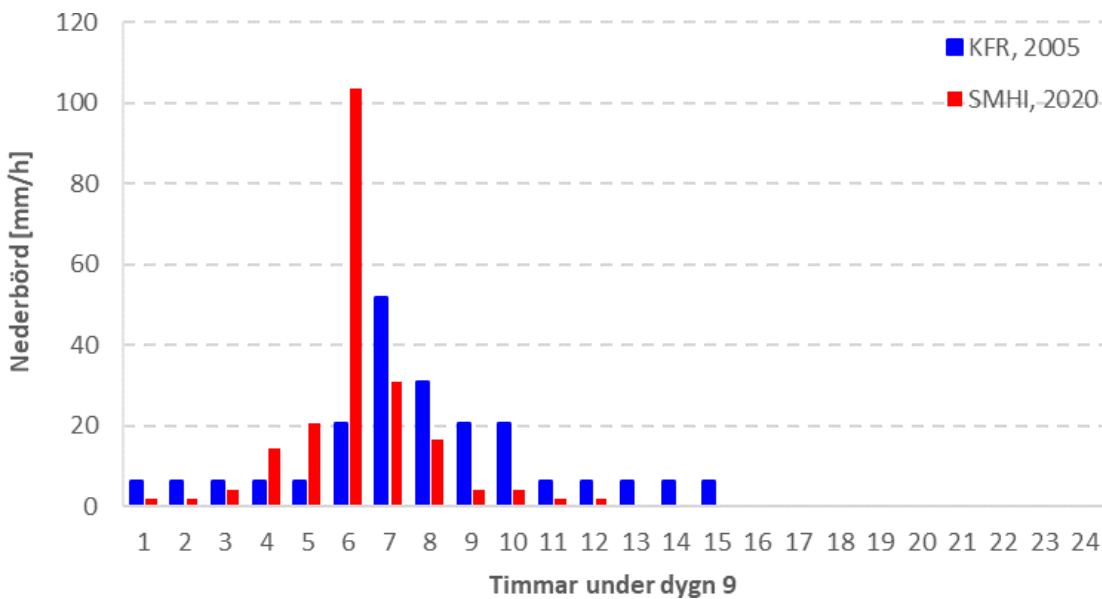
25% respektive 50 % av dygnsnederbörden sker under en och samma timme. Samtliga förutsättningar och antaganden är:

- Sandmagasinet ligger i Region 2 enligt indelning från (FKR 2015).
- Ingen årstidskorrektions tillämpas (100% av den dimensionerande nederbördsmängden används vilket motsvarar ett höstregn).
- Höjdkorrektion tillämpas då anläggningen ligger mer än 500 m ö.h. Enligt riktlinjer (FKR 2015) antas nederbördsmängden öka med 10 % per 100 m. Anläggningen ligger i medeltal ca 540 m.ö.h. vilket ger höjdkorrektionsfaktorn: 4 %.
- Ingen infiltration antas ske (konservativt dock rimligt antagande då viss andel av övriga magasin är täckta av en vattenspiegel samt att anrikningssanden förväntas vara vattenmättad med begränsad infiltrationsförmåga).
- Det totala avrinningsområdet för vattnet som ansamlas inom dammanläggningen: 2,934 km² (summan av röda områden i Figur 2-14).
- Använd arealkorrektionsfaktor AKF = 1,658 (baseras på area 2,934 km²).
- Total nederbördsmängd för Region 2 för 14-dagars nederbördssekvensen utan arealkorrektion: 267 mm.
- Korrigerad total dimensionerande nederbördsmängd inkl. arealkorrektion och höjdkorrektion: 267 mm x 1,658 x 1,04 = 460,5 mm.
- Nederbördsmängd för Region 2 under dygn 9 utan arealkorrektion: 120 mm.
- Korrigerad nederbördsmängd under dygn 9 med arealkorrektion och höjdkorrektion: 120 mm x 1,658 x 1,04 = 207,0 mm.

I Figur 2-15 visas dygnsnederbörden per dygn under 14-dagars nederbördssekvensen där summan är 460,5 mm och nederbörden under dygn 9 är 207,0 mm. Enligt riktlinjerna för små avrinningsområden säger riktlinjerna från KFR (2005) och SMHI (2020) hur dygnsnederbörden ska fördelas under dygnets timmar. Enligt KFR:s rapport fördelas nederbörden under 15 av dygnets timmar där 25 % av dygnsnederbörden faller under den värsta timmen. Enligt SMHI:s rapport fördelas dygnsnederbörden under 12 timmar där 50 % av dygnsnederbörden faller under den värsta timmen. Värt att notera är således att den totala regnmängden är densamma för båda metoderna så för magasin där hela nederbördsmängden kan magasineras kommer de inte att medföra någon skillnad. Hur dygnsnederbörden för dygn 9 på 207,0 mm fördelas under dygnets timmar för de båda metoderna visas i Figur 2-16.



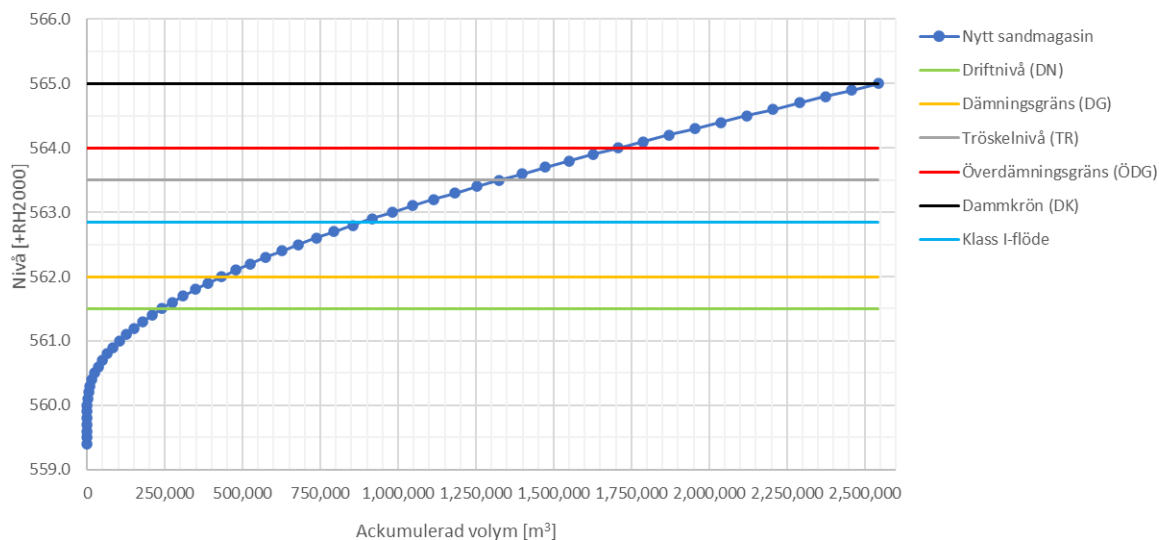
Figur 2-15. Fördelning av dygnsnederbörden under Klass I 14-dagars nederbördssekvensen.



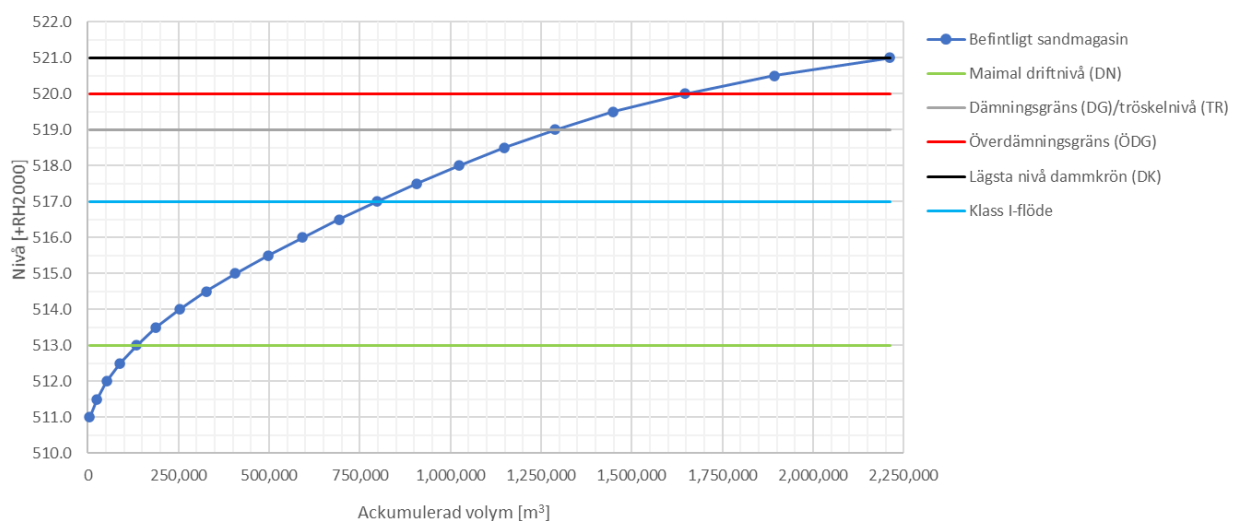
Figur 2-16. Fördelning av nederbörden per timme under dygn 9 för 14-dagars nederbördssekvensen. Fördelning enligt KFR (2005) redovisas i blått och enligt SMHI (2020) i rött.

2.4.5 Magasinskurvor

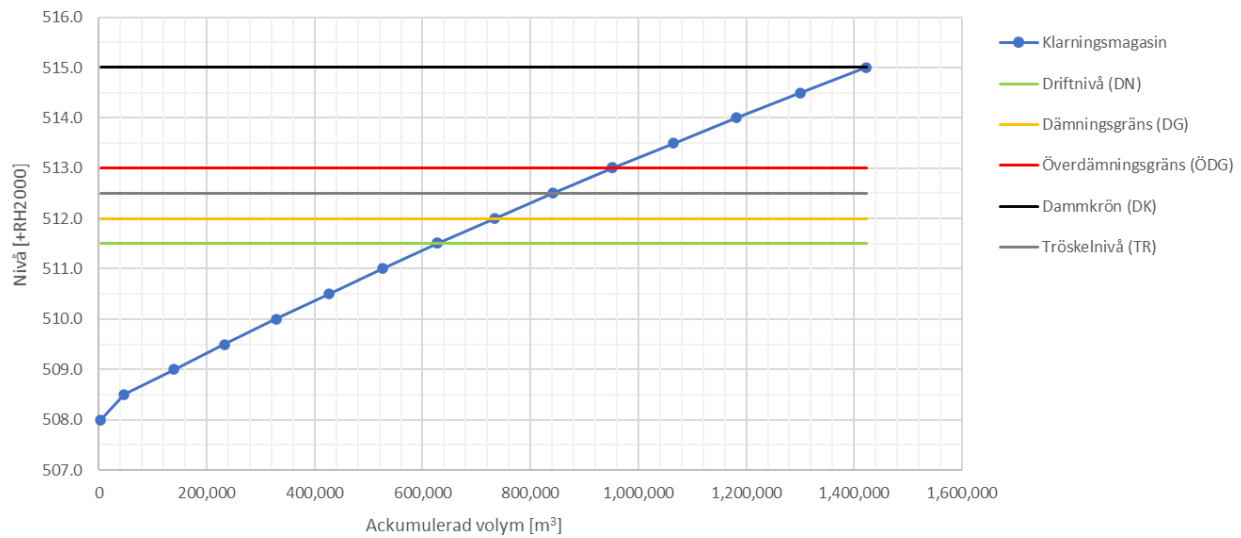
För att beräkna magasinvolymen i det nya sandmagasinet användes CAD-modell av dammen erhållen av TCS. Magasinskurvan beräknades i ArcGIS i intervall om 0,1 m från lägsta nivån i magasinet upp till dammkrönet. Magasinskurvor för det befintliga sandmagasinet samt klarningsmagasinet erhöles av TCS där den planerade schakten inne i klarningsmagasinet räknats med. Inne i klarningsmagasinet längs Damm A-B och B-C planeras också en schakt längs dammtån ner till fast morän, för att sedan anlägga en ny stödfyllning längs dammarna. Schakten och anläggningen av denna stödfyllning är inte beaktad i volymskurvan för klarningsmagasinet och kommer att påverka volymskurvan något, denna skillnad bedöms dock inte påverka resultatet på ett betydande sätt. Den tillgängliga magasineringsvolymen nedströms anläggningen som österut avgränsas av den västra järnvägen beräknades också. För det fallet beräknades magasineringsvolymen upp till nivån då järnvägen börjar överströmmas (+506,15). Magasinskurvorna för de tre magasinerna samt nedströms anläggningen redovisas i Figur 2-17 till Figur 2-20.



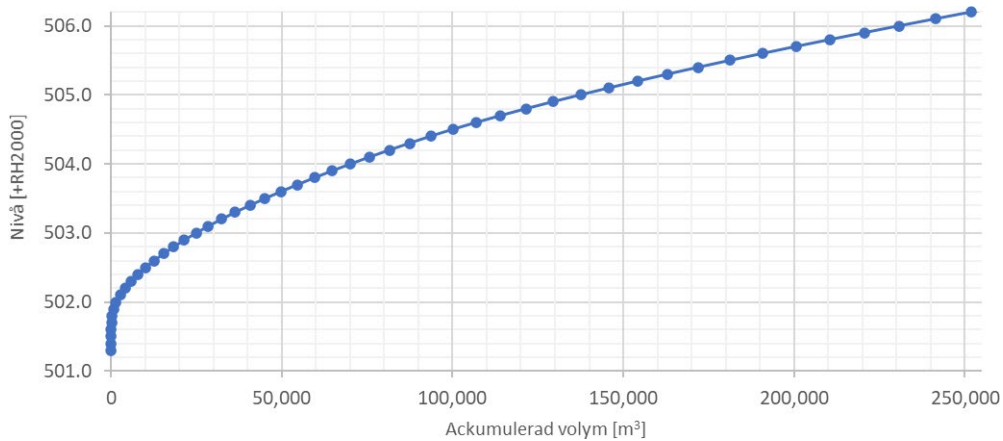
Figur 2-17. Magasinskurva för det nya sandmagasinet. Källa: TCS



Figur 2-18. Magasinskurva för det befintliga sandmagasinet. Källa: TCS



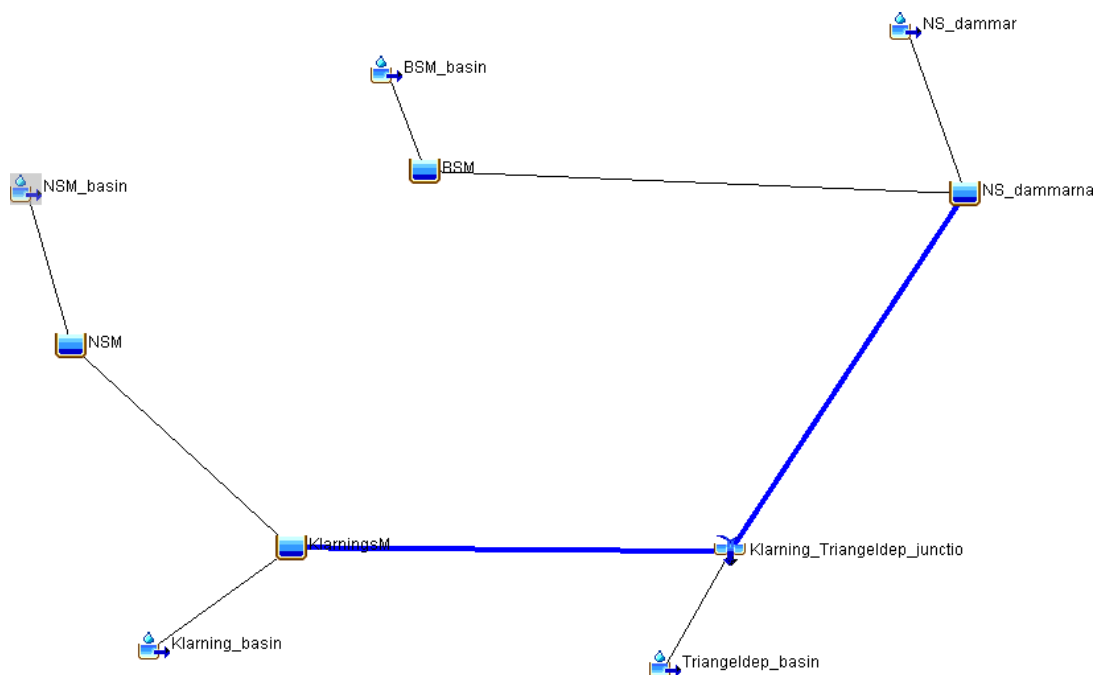
Figur 2-19. Magasinskurva för klarningsmagasinet.



Figur 2-20. Magasineringskurva för området nedströms dammarna men väster om den västra järnvägen.

2.4.6 Hydrologisk modell (flödesberäkningar)

Den hydrologiska modellen togs fram i beräkningsprogrammet HEC-HMS framtaget av US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC) (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000). Modellen redovisas grafiskt i Figur 2-21.



Figur 2-21. Grafisk bild av den hydrologiska modellen framtagen i beräkningsprogrammet HEC-HMS.

I den hydrologiska modellen inkluderas följande:

- Avrinningsområdena som redovisas i Figur 2-14.
- Framräknad 14-dagars nederbördssekvens.
- Vattennivåer/startnivåer i magasinerna innan Klass I-händelsen.
- Magasinskurvorna för magasinerna.
- Avbördningskurva för de två kulvertarna under den västra järnvägen.
- Längd för Viscariadiket samt för diket mellan klarningsmagasinet och triangeldeponin.
- Avbördningskoefficienter för nödtrösklarna.

I modellen kan sedan tröskelbredden varieras så att överdämningsgränsen i magasinerna inte överskrids.

2.4.7 Scenarier

I den hydrologiska modellen studerades ett antal scenarier. Olika scenarier för de två nederbördssekvenserna enligt SMHI och KFR. Den minsta möjliga tröskelbredden utan att överdämningsgränsen överskrids bestämdes. Resultaten visade att flera av magasinen kan magasinera hela Klass I-flödet utan att nå tröskelnivån eller att endast en mycket liten tröskelbredd behövs. För dessa fall gjordes därför också en simulering där tröskelbredden minst sattes till 5 m. Det är värt att notera att en större tröskelbredd gör att risken för att magasinets ÖDG överskrids minskar, dock medför det att det maximala utflödet genom tröskeln ökar vilket kan vara negativt för hanteringen av regnmängderna nedströms dammanläggningen.

Det utfördes också en känslighetsanalys där det i stället för att anta startnivån +513,0 i det befintliga sandmagasinet antogs att nivån låg på +519,0 (DG och Tröskelnivå) vid Klass I-händelsens början. Det ger en bild av ett värsta fall där ingen magasineringsvolym finns tillgänglig i magasinet. I Tabell 2-3 visas en sammanställning av samtliga studerade scenarier.

Tabell 2-3. Sammanställning av samtliga 8 studerade scenarier vad gäller tröskelbredd, startnivån i magasinen samt nederbördsfördelning.

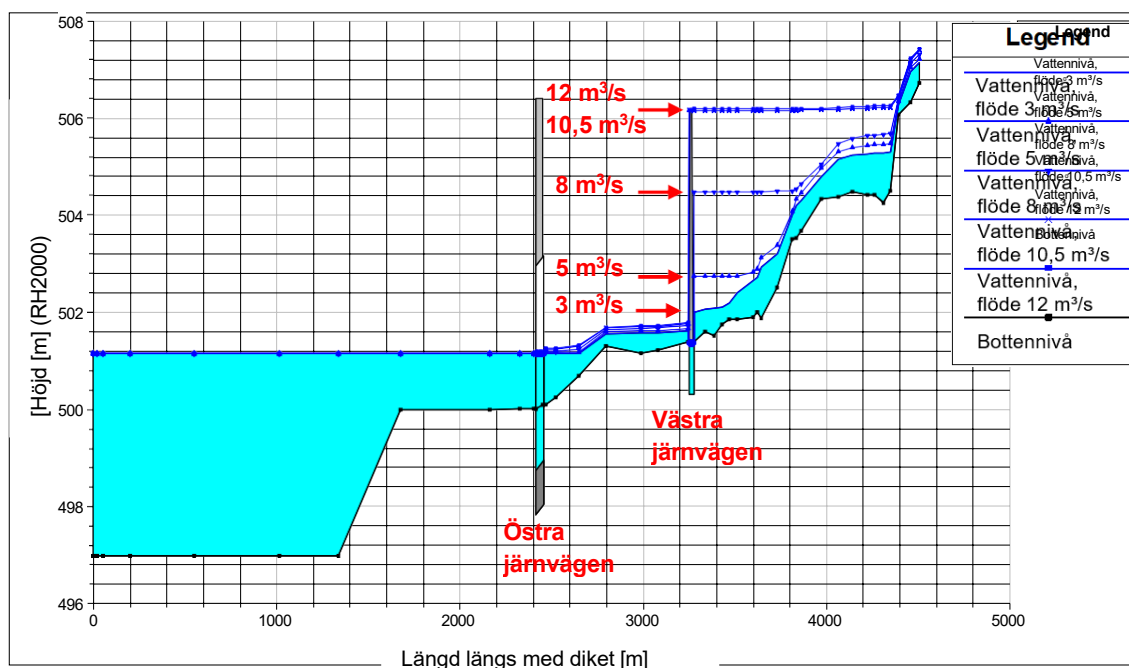
Scenario	Tröskelbredd nya sandmagasinet	Tröskelbredd befintligt sandmagasin	Tröskelbredd klarningsmagasin	Startnivå befintliga sandmagasinet	Nederbördsfördelning enligt:
1	0 m (minsta möjliga)	0 m (minsta möjliga)	1 m (minsta möjliga)	+ 513,0	SMHI
2	0 m (minsta möjliga)	0 m (minsta möjliga)	1 m (minsta möjliga)	+ 513,0	KFR
3	5 m	5 m	5 m	+ 513,0	SMHI
4	5 m	5 m	5 m	+ 513,0	KFR
5	0 m (minsta möjliga)	3 m (minsta möjliga)	1 m (minsta möjliga)	+ 519,0	SMHI
6	0 m (minsta möjliga)	3 m (minsta möjliga)	1 m (minsta möjliga)	+ 519,0	KFR
7	5 m	5 m	5 m	+ 519,0	SMHI
8	5 m	5 m	5 m	+ 519,0	KFR

3 Resultat

3.1 Hydraulisk kapacitet nedströms anläggningen

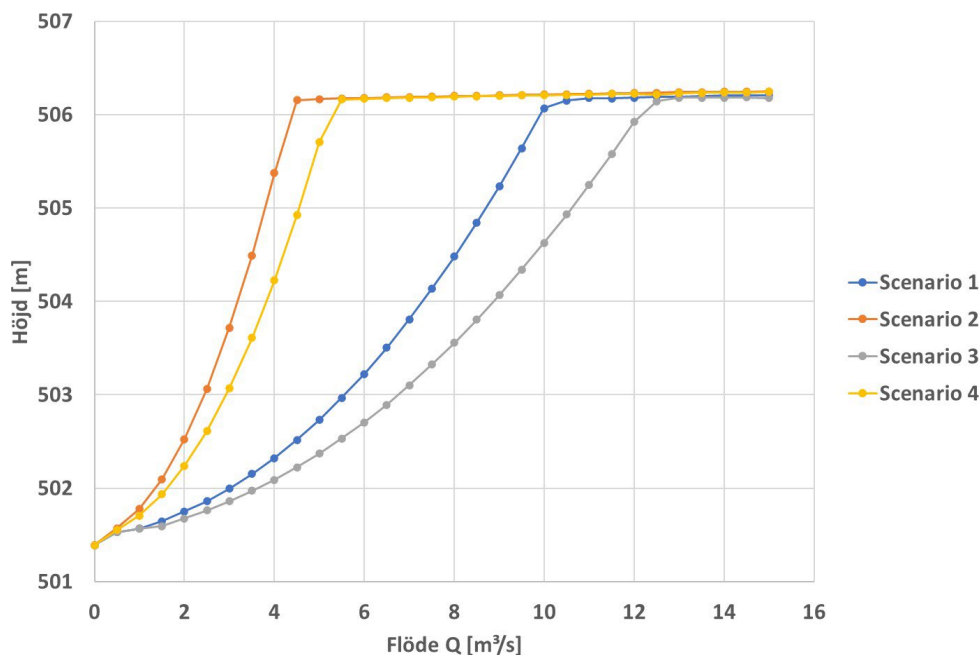
HEC-RAS simuleringarna visade att det är kulvertarna under den västra järnvägen som är den begränsande sektionen vad gäller hydraulisk kapacitet nedströms dammanläggningen. Vid höga flöden kommer därför vatten att magasineras väster om denna järnväg och bilda en vattenspegel. Uppströms järnvägssektion ca 2000 i Figur 2-10 bedöms risken för att järnvägen ska kunna överströmmas vara mycket liten då den där lutar brantare norrut. Fribordet i detta område blir flertalet meter.

I Figur 3-1 redovisas vattennivån för scenario 1 för fem olika flöden, notera att i figuren går flödet från höger till vänster. Olika flöden testades för att identifiera flödet när järnvägen börjar överströmmas. De fem flöden som redovisas i figuren har ingen koppling till nederbördsmängder eller liknande utan valdes enbart ut för att ge en bild av vad vattennivån blir längs diket för ett intervall av flöden. Från resultatet går det att se hur vattennivån stiger uppströms den västra järnvägen när flödet ökar. För scenario 1 överströmmas järnvägen vid flödet ca $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ och om flödet ökar ytterligare påverkar det vattennivån endast marginellt då vatten kan flöda över järnvägsbanken. De huvudsakliga resultaten för övriga scenarier är desamma, dock varierar det specifika flödet när järnvägen överströmmas.



Figur 3-1. Längdprofil från HEC-RAS-modellen (scenario 1) för fem olika flöden. Vattennivån för de olika flödena redovisas med blå linjer och bottenlinjen i terrängen redovisas med svart linje.

I Figur 3-2 redovisas avbördningskurvor för kulvertarna under den västra järnvägen för de fyra scenarierna definierade i avsnitt 2.3.5 *Scenarier* för olika vattennivåer uppströms den västra järnvägen.



Figur 3-2. Avbördningskurvor för scenario 1 - 4 vid tvärsektionen precis uppströms den västra järnvägen.

Resultatet från denna utredning visar att den hydrauliska kapaciteten för kulvertarna under den västra järnvägen ligger mellan 10,5 – 12,5 m³/s för scenario 1 och 3 som förutsätter kulvertar med full kapacitet. Med halvt igensatta kulvertar ligger flödeskapaciteten inom intervallet 4,5 – 5,5 m³/s, scenario 2 och 4.

För flödesvägen norrut längs diket vid den västra järnvägen som beskrevs i avsnitt 2.3.3 *Höjdprofil längs västra järnvägen och identifiering av begränsande tvärsektion för flöde norrut längs järnvägsdiket* kan maximalt ca 3,1 m³/s avbördas vid nivån +506,15 (järnvägens överströmningsnivå). Totalt kan således mellan ca 7,6 - 15,6 m³/s avbördas från området nedströms dammanläggningen utan att järnvägen överströmmas. Som tidigare nämnts är det dock mycket osäkert om järnvägen är dimensionerad för att klara en ensidig vattennivå upp till körbanan utan att riskera att haverera. Det bör då också nämnas att flödesvägen norrut längs järnvägsdiket inte kommer att avbörda något vatten alls upp till nivån ca +505,2 (dikets högsta bottennivå).

Nedströms den västra järnvägen visar resultatet att LKAB:s kulvert under den östra järnvägen klarar av att avbörda motsvarande flöden utan att överströmmas och att vattennivån uppströms kulverten snarare påverkas av vattennivån i Luossajärvi.

3.2 Dimensionerande flöden

3.2.1 Nya sandmagasinet

För det nya sandmagasinet visar resultaten att vattennivån under Klass I-händelsen maximalt stiger till +562,84 vilket således är en marginal på 0,66 m upp till tröskelnivån (+563,5) och en marginal på 1,16 m upp till ÖDG (+564,0). Inget vatten kommer därför att flöda från det nya sandmagasinet till klarningsmagasinet via nödströskeln under Klass I-händelsen. Resultatet blir således detsamma oavsett vilket scenario som studeras. Det föreslås ändå, av säkerhetsskäl, att en nödtröskel anläggs.

3.2.2 Befintligt sandmagasin

För det befintliga sandmagasinet med startnivån +513,0 visar resultaten att vattennivån under Klass I-händelsen maximalt stiger till +517,0 vilket således är en marginal på 2,0 m upp till tröskelnivån (+519,0) och en marginal på 3,0 m upp till ÖDG (+520,0). Inget vatten kommer därför att flöda från det befintliga sandmagasinet och vidare nedströms anläggningen under Klass I-händelsen. Resultatet blir således detsamma för samtliga scenarier med startnivån +513,0 i magasinet oavsett vilket scenario som studeras (scenario 1 till 4). Det föreslås ändå, av säkerhetsskäl, att en nödtröskel anläggs.

Det kan också nämnas att mellan magasinsnivån +517,0 till tröskelnivån +519,0 finns ytterligare ca 0,5 Mm³ tillgänglig volym, se magasinsskurva i Figur 2-18. Den totala nederbörds mängden som ansamlas i det nya sandmagasinet under hela nederbördssekvensen uppgår till ca 0,45 Mm³. Således skulle hela nederbördsvolymen från det nya sandmagasinet kunna magasineras i det befintliga sandmagasinet utan att tröskelnivån överskrids. Detta kan kopplas till antagandet att ingen genomströmning mellan det nya sandmagasinet och det befintliga sandmagasinet har antagits. Resultatet visar således att även om hela Klass I-flödet skulle genomströmma dammen mellan det nya sandmagasinet och det befintliga sandmagasinet skulle flödet kunna hanteras genom buffring under planerad tröskelnivå i det befintliga sandmagasinet.

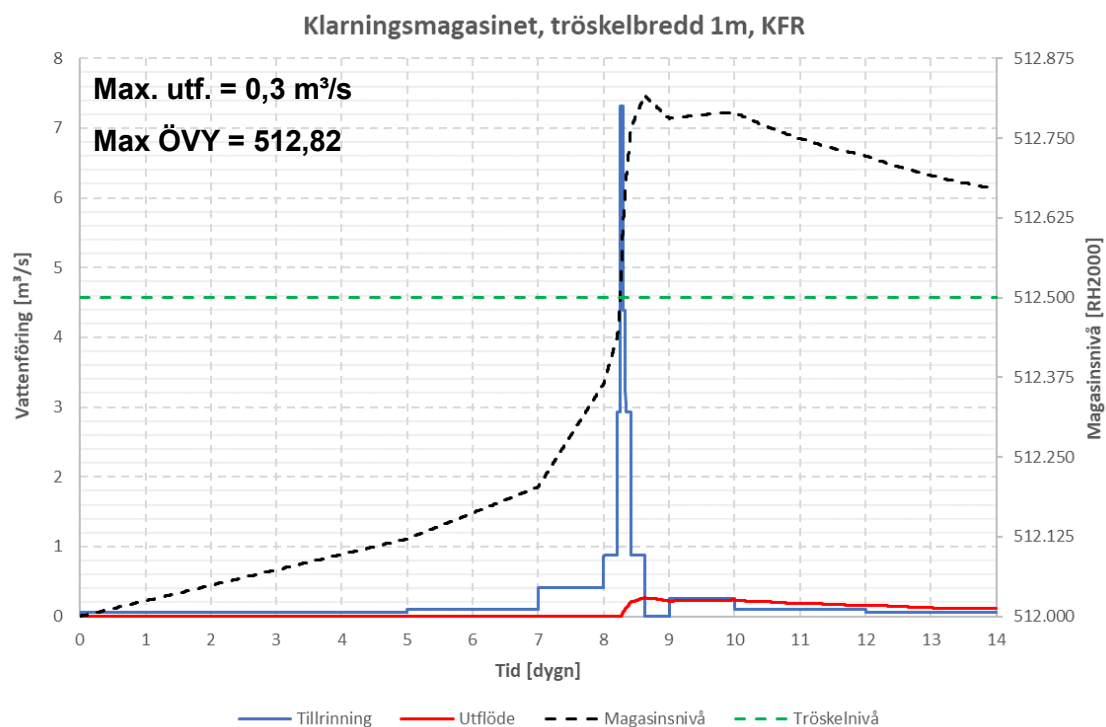
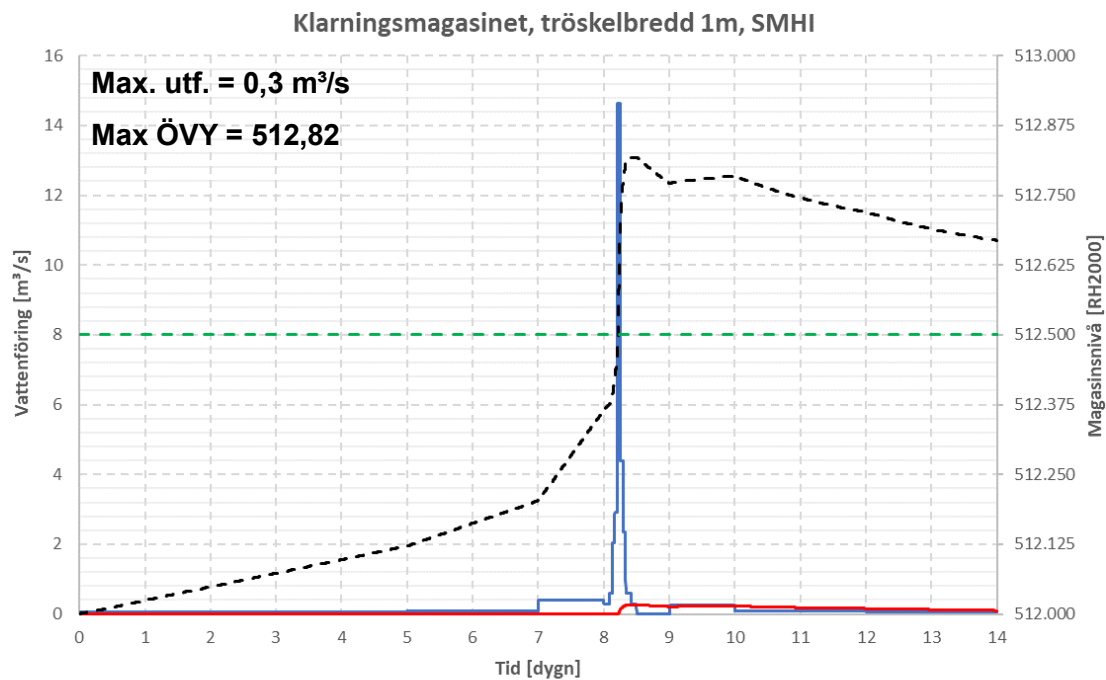
3.2.3 Klarningsmagasinet

I klarningsmagasinet stiger magasinsnivån över tröskelnivån vilket medför att specificerad tröskelbredd samt nederbördssekvens (KFR eller SMHI) har en betydelse. I Figur 3-3 visas hur tillrinningen, utflödet genom tröskeln samt vattennivån i magasinet varierar under 14-dagars nederbördssekvensen för en tröskelbredd på 1,0 m (scenario 1 och 2). Tröskelbredden 1,0 m var den minsta tröskelbredden som kunde väljas (i hela meter) utan att ÖDG överskreds. I figuren är tröskelnivån markerad. Den övre grafen i figuren visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och den undre grafen enligt KFR.

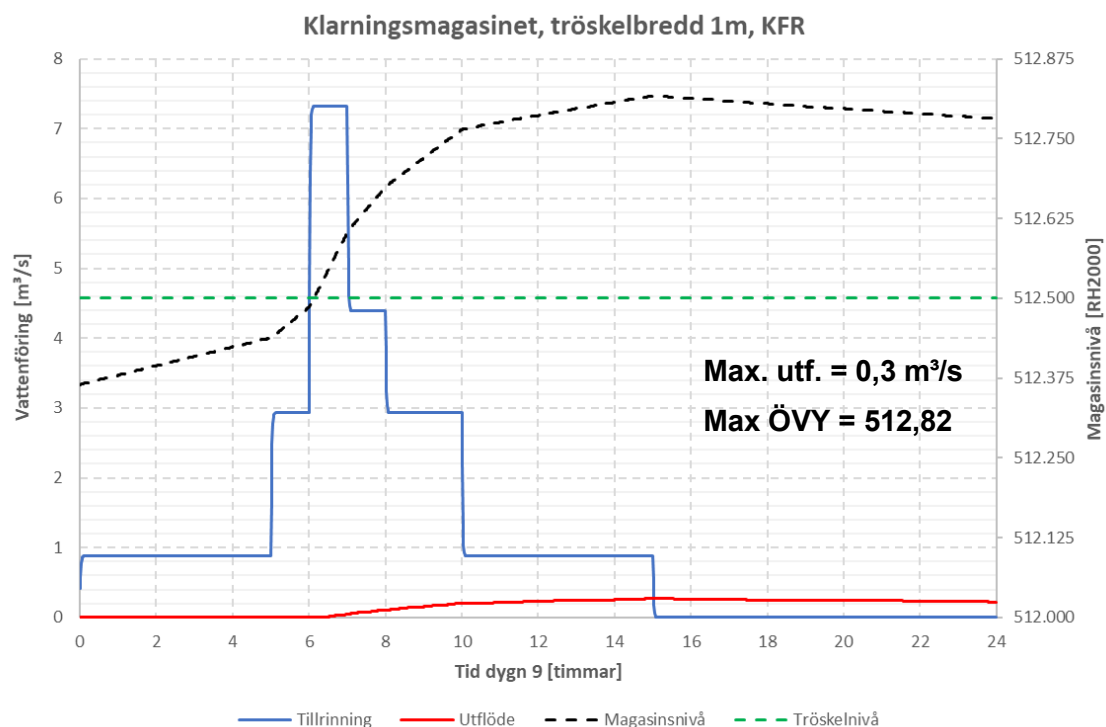
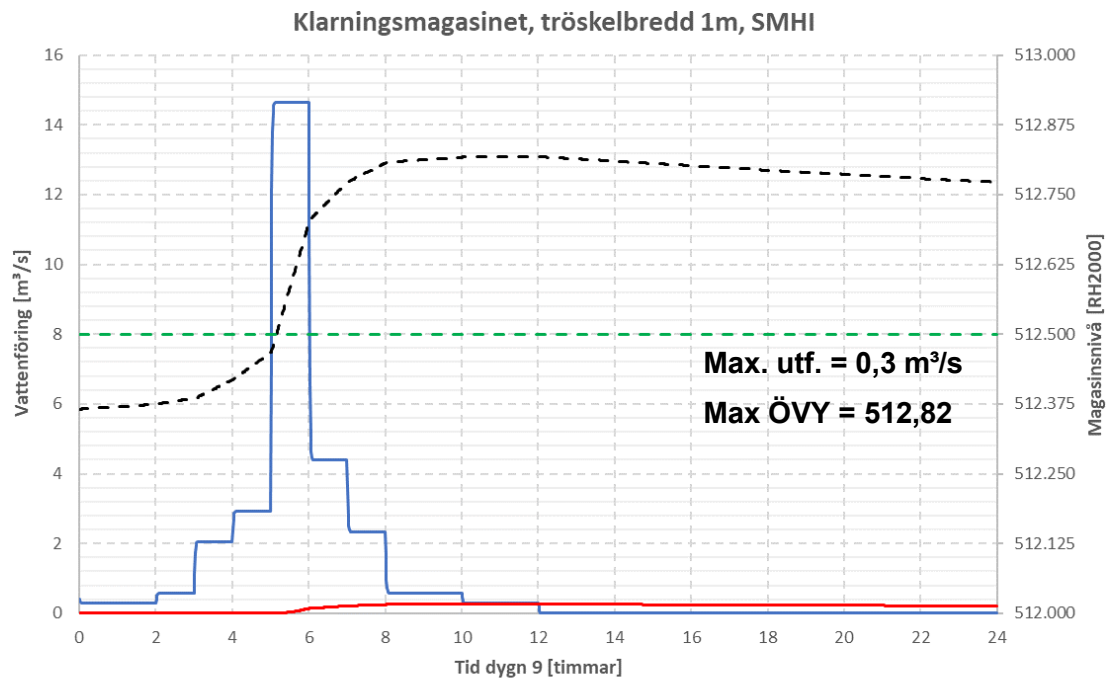
I Figur 3-4 visas samma parametrar som i Figur 3-3 men inzoomat för dygn nio under 14-dagarsperioden. Från grafen går det att se att det är först under dygn nio som magasinsnivån överskrider tröskelnivån och vatten börjar flöda via tröskeln. Fram tills dygn nio har allt vatten kunnat magasineras under klarningsmagasinets tröskelnivå. För tröskelbredden 1 m stiger magasinsnivån enligt beräkningarna som mest upp till +512,82 (samma för SMHI och KFR) vilket ger en marginal på 18 cm upp till ÖDG. Utflödet över tröskeln blir maximalt 0,3 m³/s, både för fördelning enligt SMHI och KFR. Nederbördsfördelning enligt SMHI eller KFR ger således ingen större skillnad vad gäller magasinsnivå och utflöde för detta fall.

I Figur 3-5 och Figur 3-6 visas motsvarande grafer som i Figur 3-3 och Figur 3-4 men för en tröskelbredd på 5 m (scenario 3 och 4). För dessa fall blir den maximala magasinsnivån enligt beräkningarna +512,78 (SMHI) och +512,74 (KFR). Utflödet blir maximalt 1,1 m³/s (SMHI) och 0,9 m³/s (KFR). Magasinsnivån blir således ca 4-8 cm lägre än med den minsta möjliga tröskelbredden och utflödet ökar med 0,6-0,8 m³/s. Den procentuella ökningen av utflödet är således förhållandevis stor, men storleken på utflödet bedöms ändå vara förhållandevis litet.

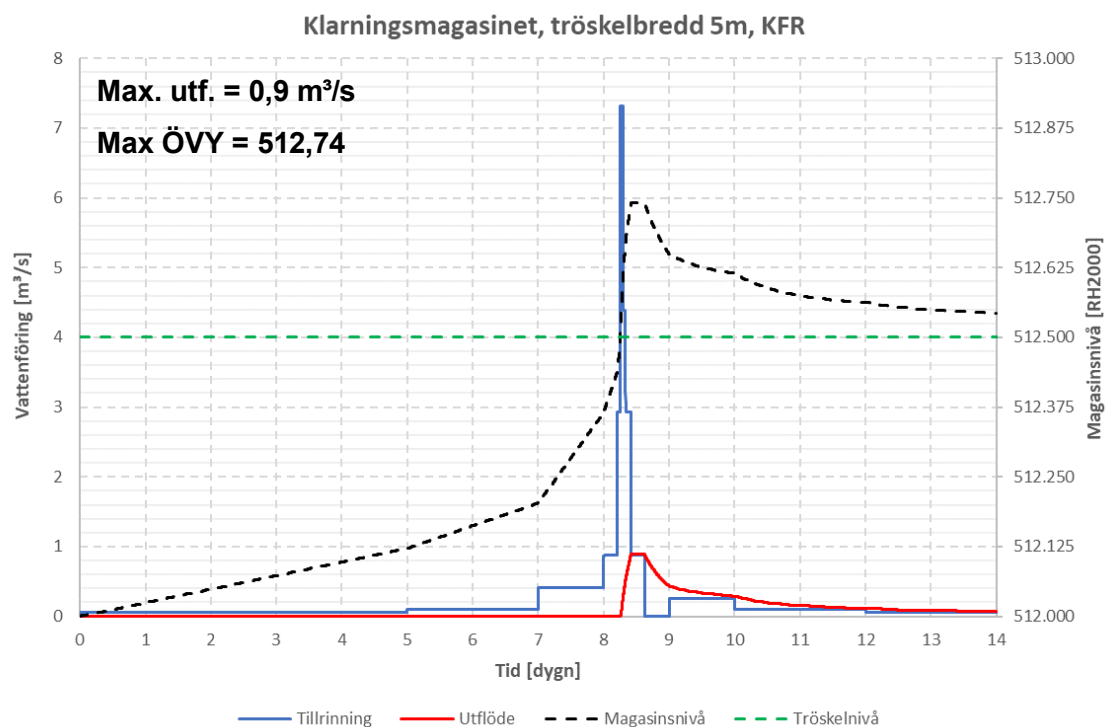
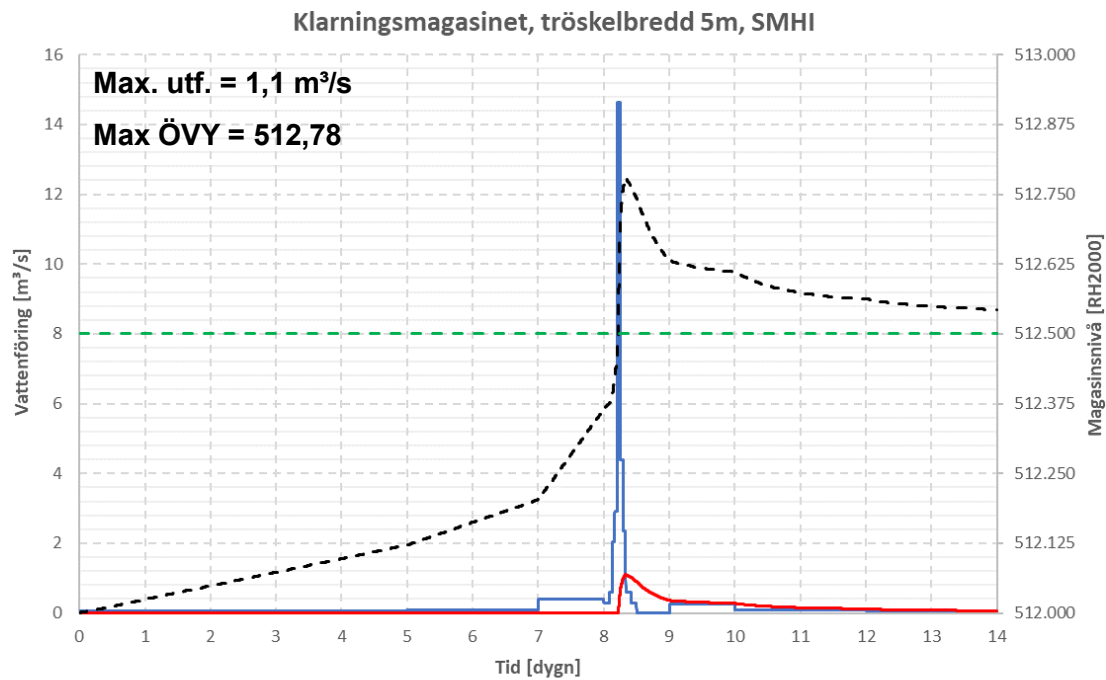
Om genomströmning från det nya sandmagasinet till klarningsmagasinet hade beaktats hade tillrinningen ökat något. Genomströmningshastigheten kan generellt antas öka med magasinsnivån. Genomströmningen skulle dock ske under en lång period och fortsätta även efter 14-dagarsnederbördssekvensen. Bedömningen är därför att genomströmning inte skulle ha en betydande effekt på storleken av flödespeaken och det maximala utflödet som sker under dygn nio.



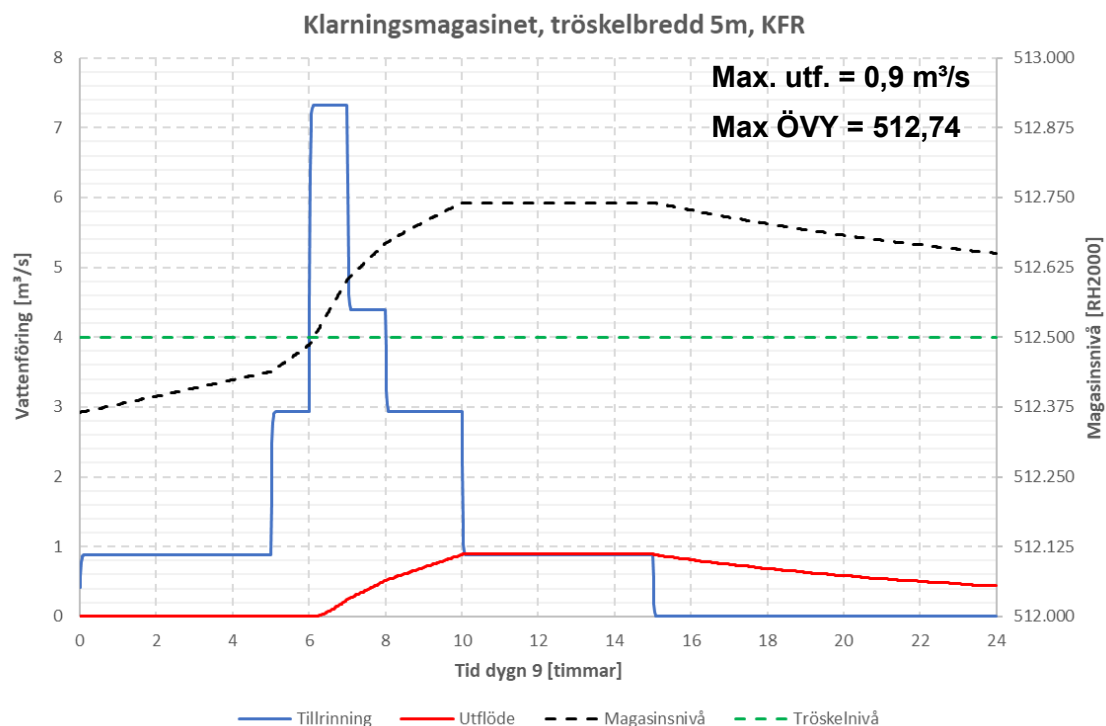
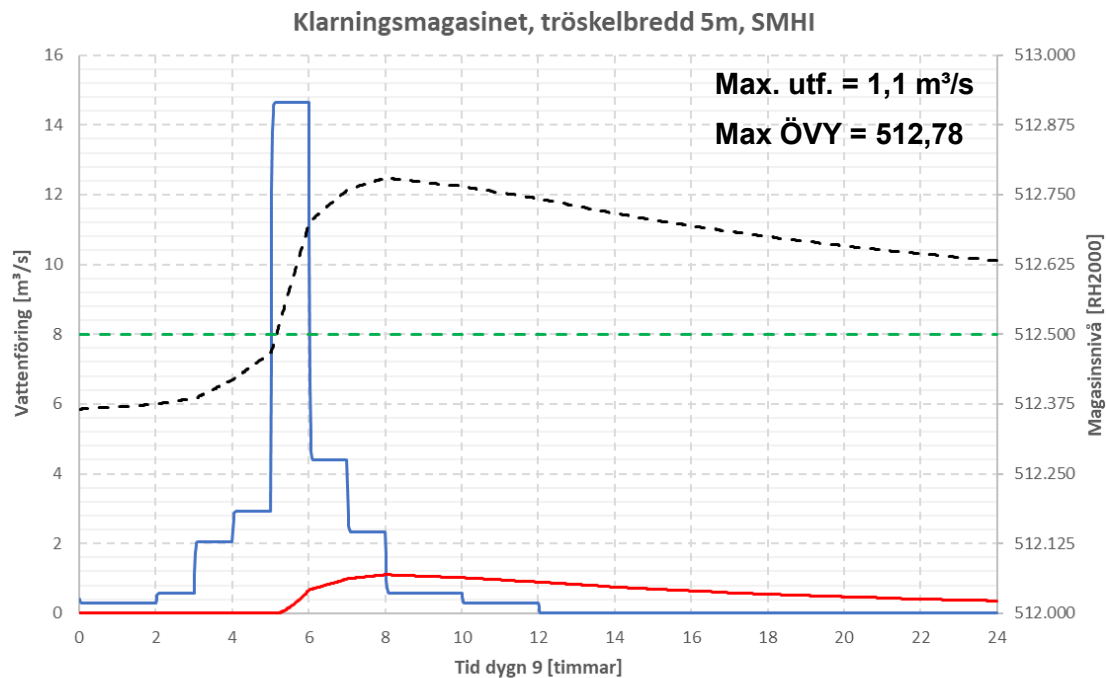
Figur 3-3. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen för klarningsmagasinet. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 1 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-4. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen för klarningsmagasinet. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 1 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-5. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen för klarningsmagasinet. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 5 m. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-6. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen för klarningsmagasinet. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 5 m. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.

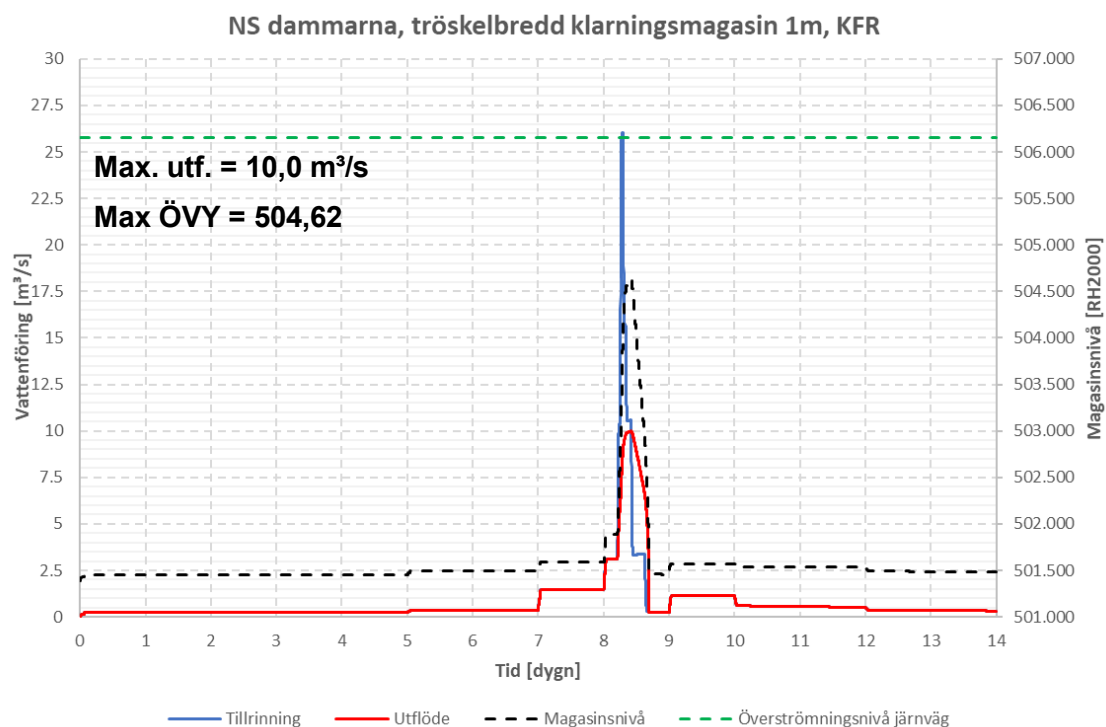
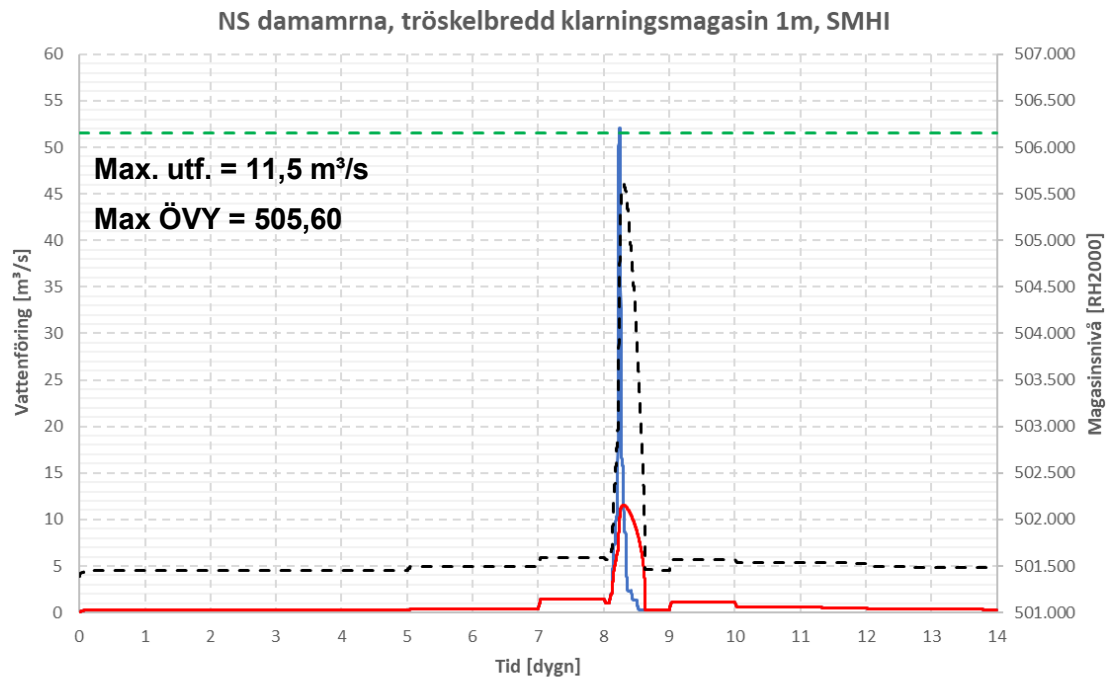
3.2.4 Avrinningsområdet nedströms dammarna

Hur högt vattennivån stiger nedströms dammarna beror dels på nederbörden som faller nedströms dammarna men också på hur mycket vatten som avbördas via nödrösklarna, där flödet över nödrösklarna bestäms av dess bredder. Då hela nederbördsmängden kan magasineras i det nya sandmagasinet samt i det befintliga sandmagasinet är det endast bredden på klarningsmagasinets tröskel som kommer att påverka flödet från dammanläggningen till nedströmsdelen. I Figur 3-7 visas hur tillrinningen, utflödet via kulverten samt vattennivån i magasinet varierar under 14-dagarsnederbördssekvensen för en tröskelbredd i klarningsmagasinet på 1,0 m (scenario 1 och 2). I figuren är järnvägens överströmningsnivå markerad. Den övre grafen i figuren visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och den undre grafen enligt KFR.

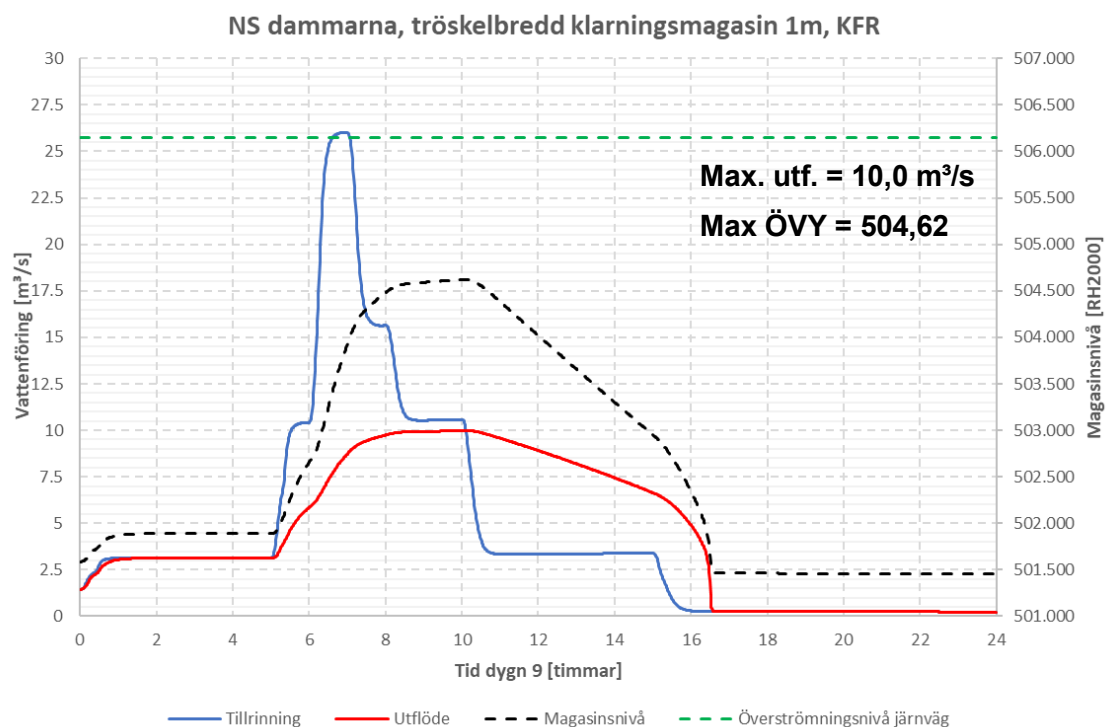
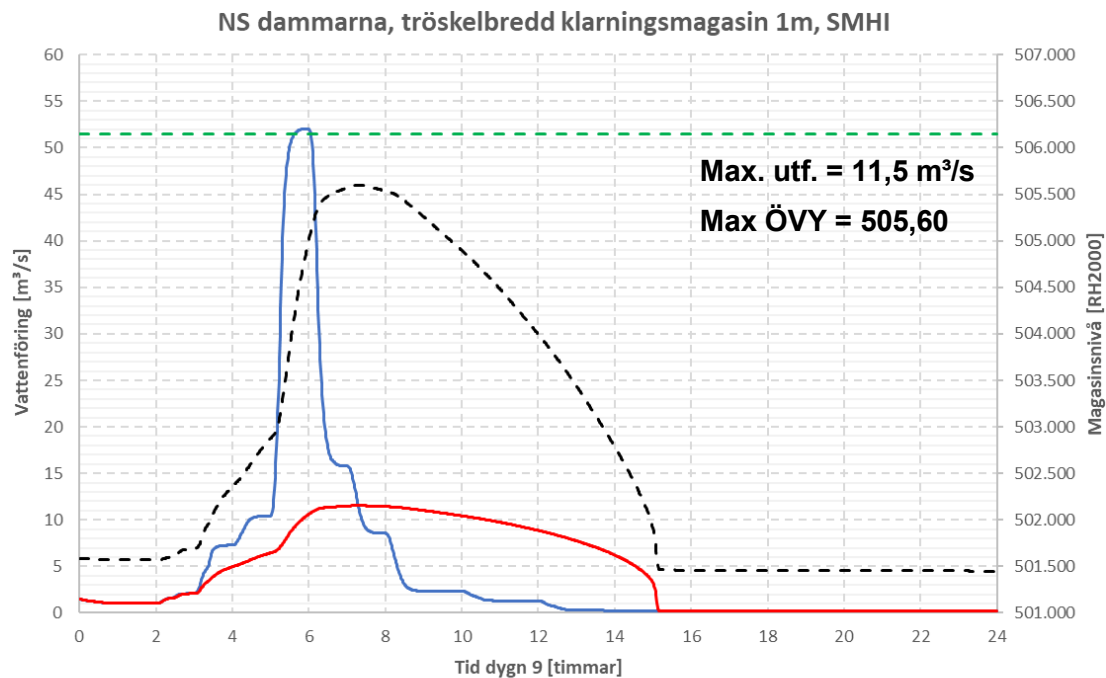
I Figur 3-8 visas samma parametrar som i Figur 3-7 men inzoomat för dygn nio under 14-dagarsperioden. Från grafen går det att se att vattennivån uppströms den västra järnvägen som mest stiger till +505,60 (SMHI) och +504,62 (KFR) vilket innebär att järnvägen med lägsta nivå ca +506,15 inte överströmmas enligt beräkningarna. Dock finns det som nämnts tidigare en risk för att järnvägsbanken skadas innan den överströmmas. Om kulvertarna under Klass I-flödet blir till hälften igensatta vilket undersöktes i avsnitt 3.1 *Hydraulisk kapacitet nedströms anläggningen* finns också risken att järnvägen kan överströmmas. Nederbördsfördelning enligt SMHI eller KFR ger för detta fall en tydlig skillnad vilket beror på att det här inte finns lika stor dämpningsförmåga och kraftigt regn under några timmar ger en kortvarig mycket hög vattennivå. Överdämning uppströms den västra järnvägen, d.v.s. vattennivåer som stiger över +502,0, pågår under drygt 10 timmar.

I Figur 3-9 och Figur 3-10 visas motsvarande grafer som i Figur 3-7 och Figur 3-8 men för en tröskelbredd (klarningsmagasinet) på 5 m (scenario 3 och 4). För dessa fall blir den maximala magasinetsnivån enligt beräkningarna +505,63 (SMHI) och +504,68 (KFR). Med klarningsmagasinets tröskelbredd 5 m i stället för 1 m blir alltså den maximala vattennivån ca 3-6 cm högre nedströms dammarna.

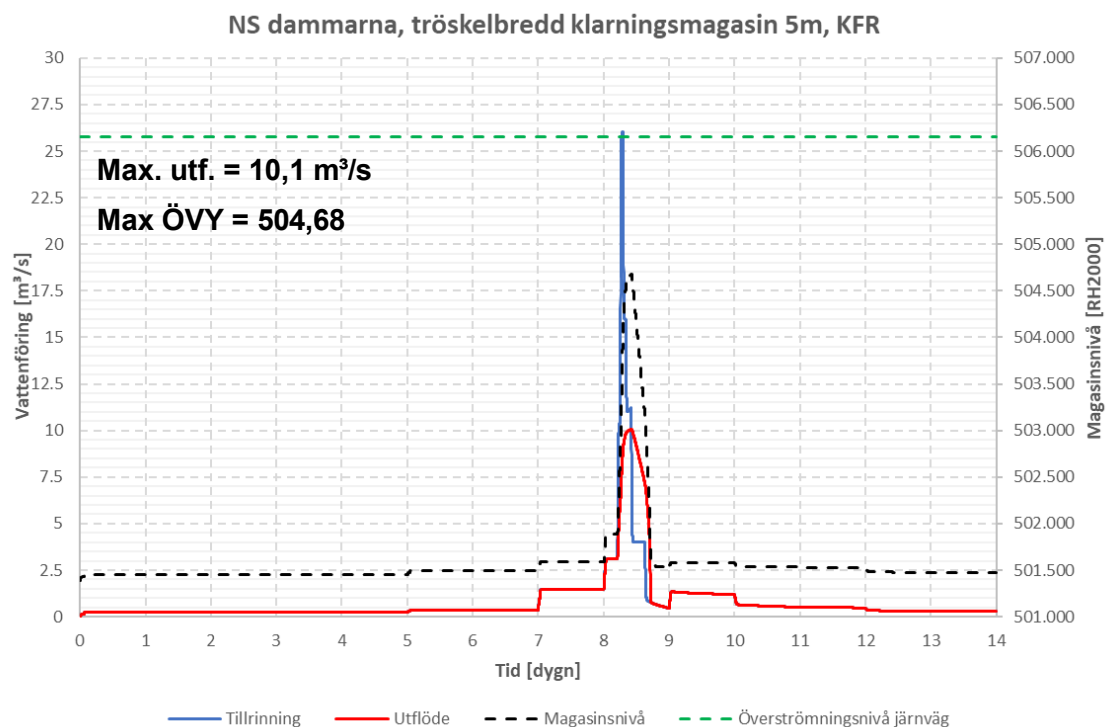
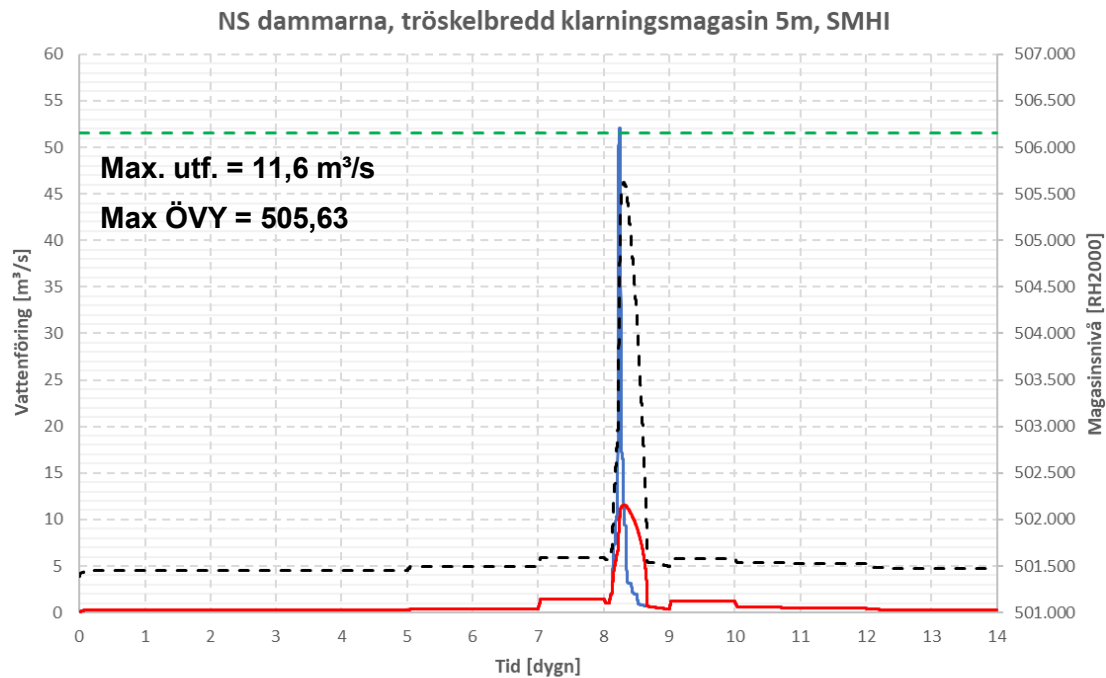
Om genomströmning genom det nya sandmagasinet hade beaktats hade tillrinningen nedströms anläggningen ökat något, via flödet genom klarningsmagasinets nödröskel. Genomströmningen skulle dock ske under en lång period och fortsätta även efter 14-dagarsnederbördssekvensen. Bedömningen är därför att genomströmning inte skulle ha en betydande effekt på storleken av flödespeaken som sker under dygn nio.



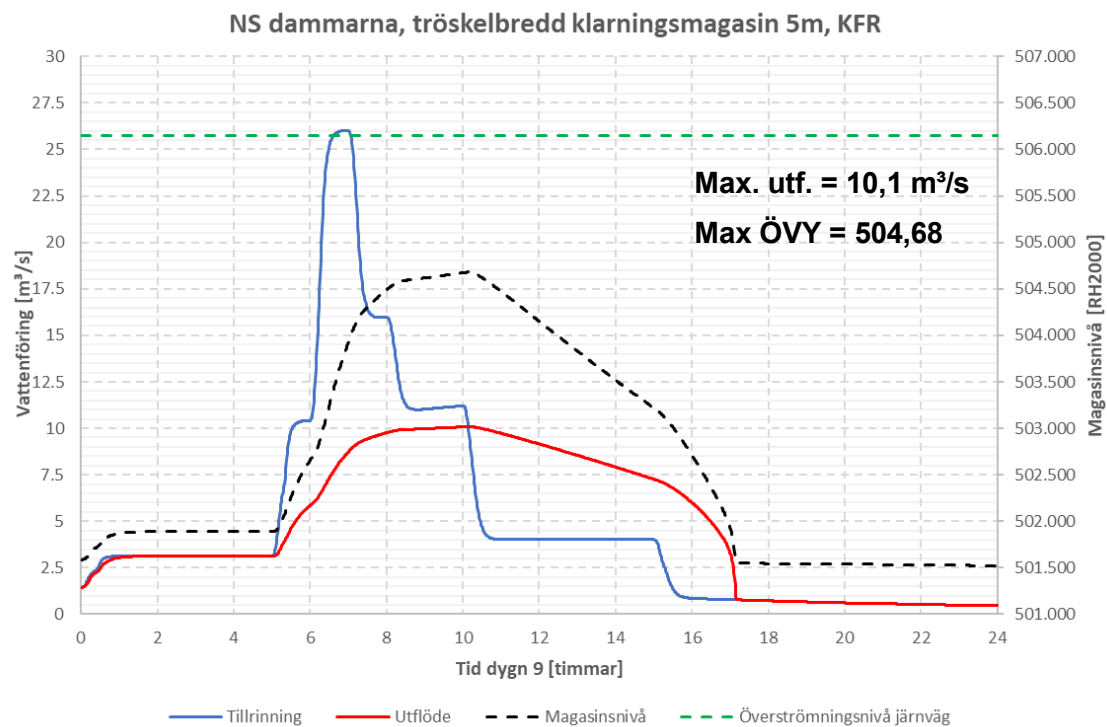
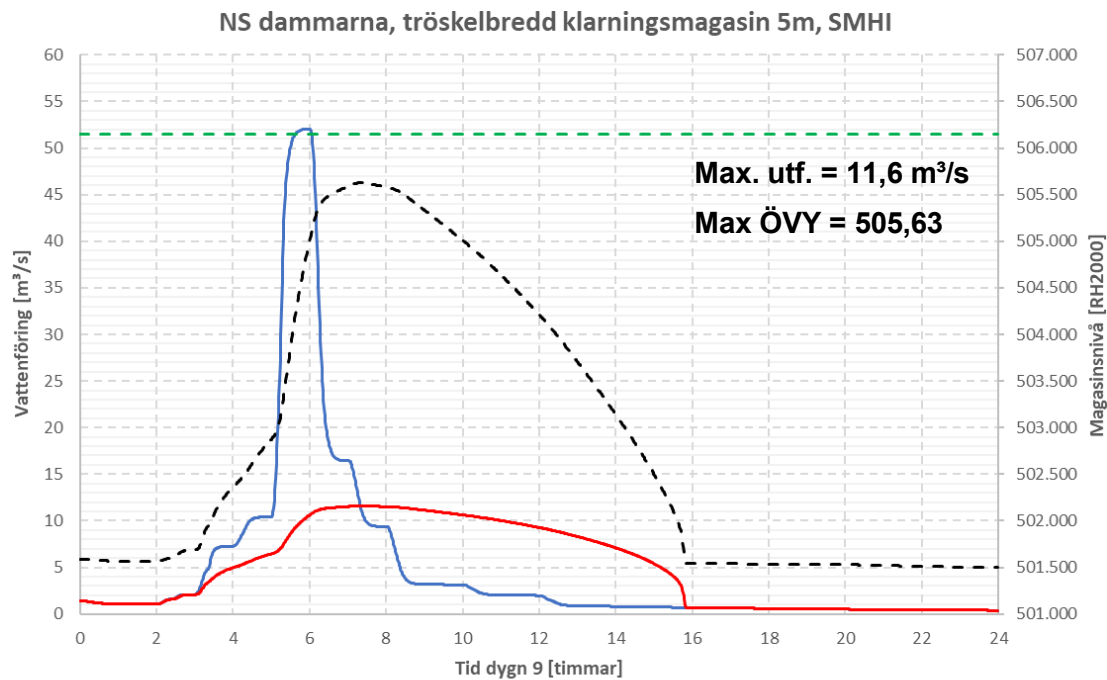
Figur 3-7. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms damnanläggningen. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 1 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG för klarningsmagasinet överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-8. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 1 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG för klarningsmagasinet överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-9. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 5 m. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-10. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredden för klarningsmagasinet är 5 m. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.

3.2.5 Känslighetsanalys med startnivå +519,0 i det befintliga sandmagasinet

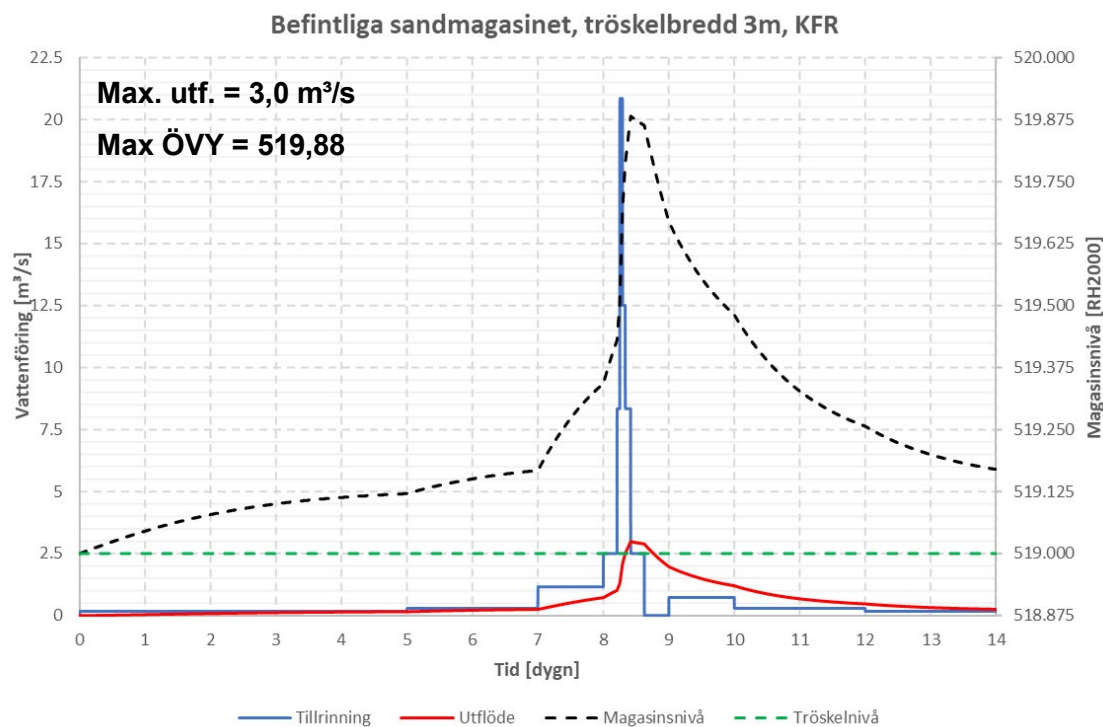
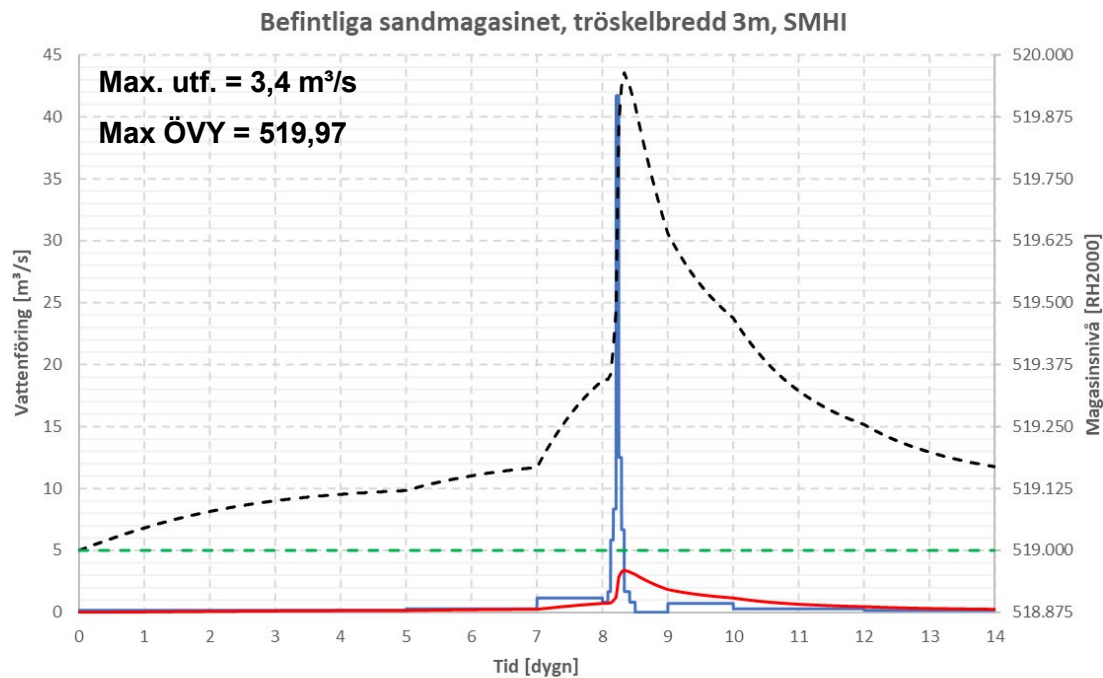
Om vattennivån i det befintliga sandmagasinet ligger på tröskelnivån +519,0 vid starten av Klass I-nederbördssekvensen kommer bredden på tröskeln i det befintliga magasinet att ha en direkt betydelse för utflödet. Vad startnivån ligger på i det befintliga sandmagasinet påverkar inte det nya sandmagasinet då det ligger uppströms. Startnivån påverkar inte heller klarningsmagasinet då utflödet från det befintliga sandmagasinet mynnar direkt nedströms dammanläggningen. Således gäller samma resultat som presenterats i avsnitt 3.2.1 *Nya sandmagasinet* samt 3.2.3 *Klarningsmagasinet* även med den nya startnivån i det befintliga sandmagasinet. I detta avsnitt presenterar därför endast resultat för det befintliga sandmagasinet samt för avrinningsområdet NS anläggningen.

Befintliga sandmagasinet

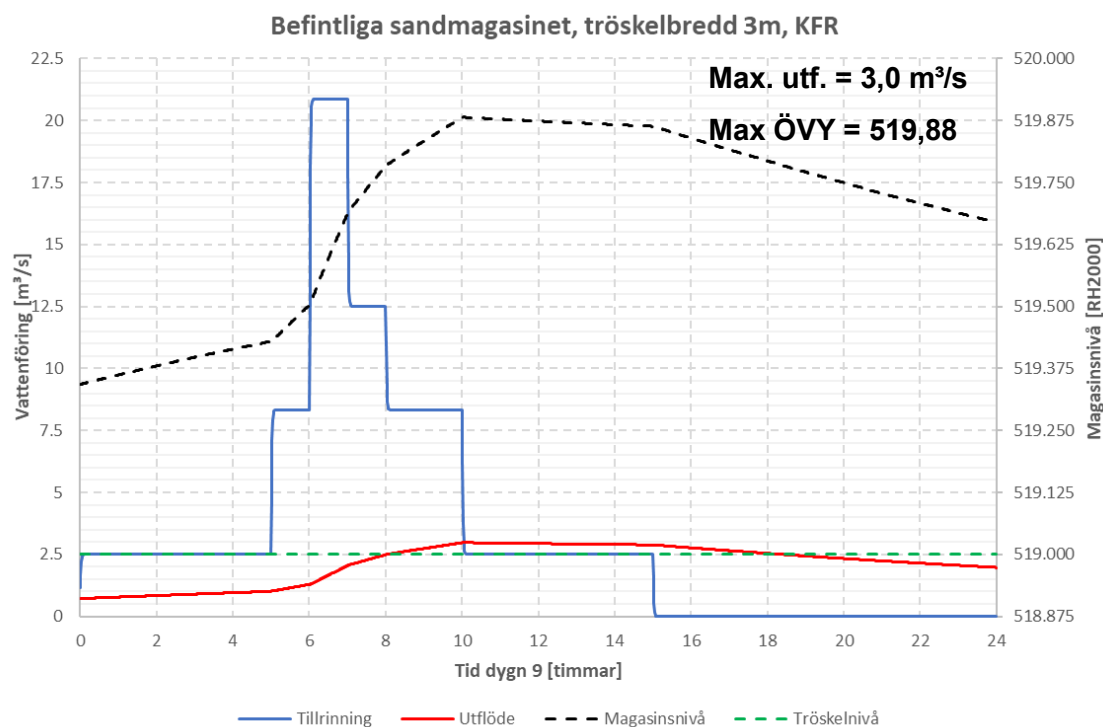
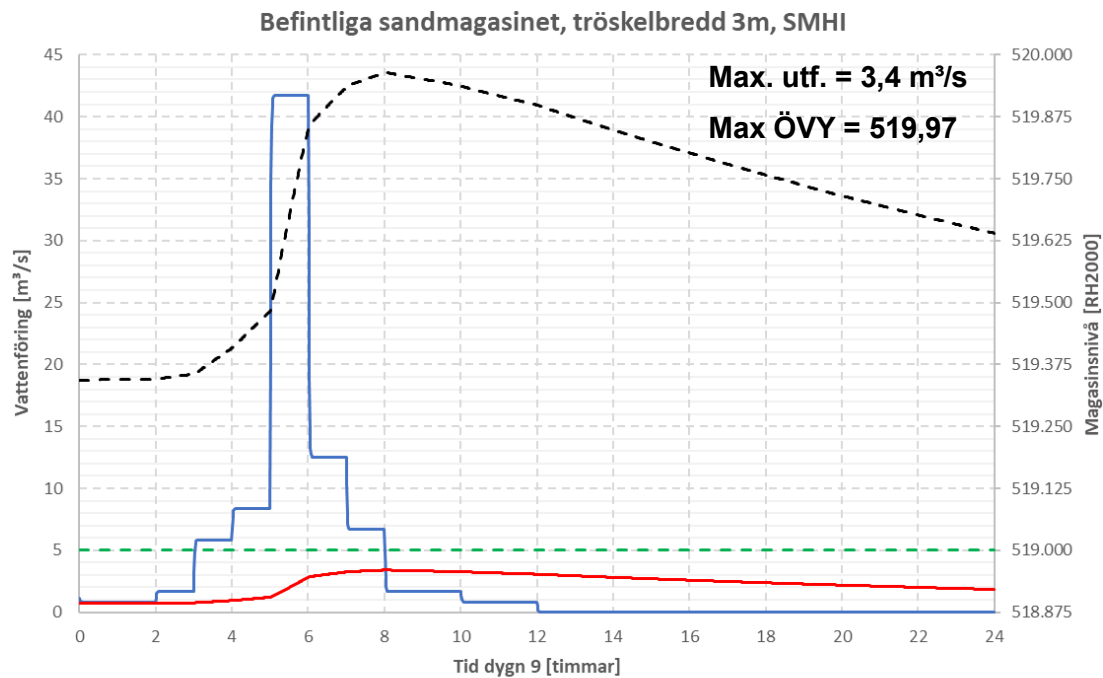
I Figur 3-11 visas hur tillrinningen, utflödet genom tröskeln samt vattennivån i magasinet varierar under 14-dagarsnederbördssekvensen för en tröskelbredd på 3,0 m (scenario 5 och 6). Tröskelbredden 3,0 m var den minsta tröskelbredden som kunde väljas (hela meter) utan att ÖDG överskreds. I figuren är tröskelnivån markerad. Den övre grafen i figuren visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och den undre grafen enligt KFR.

I Figur 3-12 visas samma parametrar som i Figur 3-11 men inzoomat för dygn nio under 14-dagarsperioden. Magasinsnivån enligt beräkningarna blir som högst +519,97 (SMHI) och +519,88 (KFR) vilket ger en marginal på ca 3-12 cm upp till ÖDG. Utflödet över tröskeln blir maximalt 3,4 m³/s (SMHI) och 3,0 m³/s (KFR).

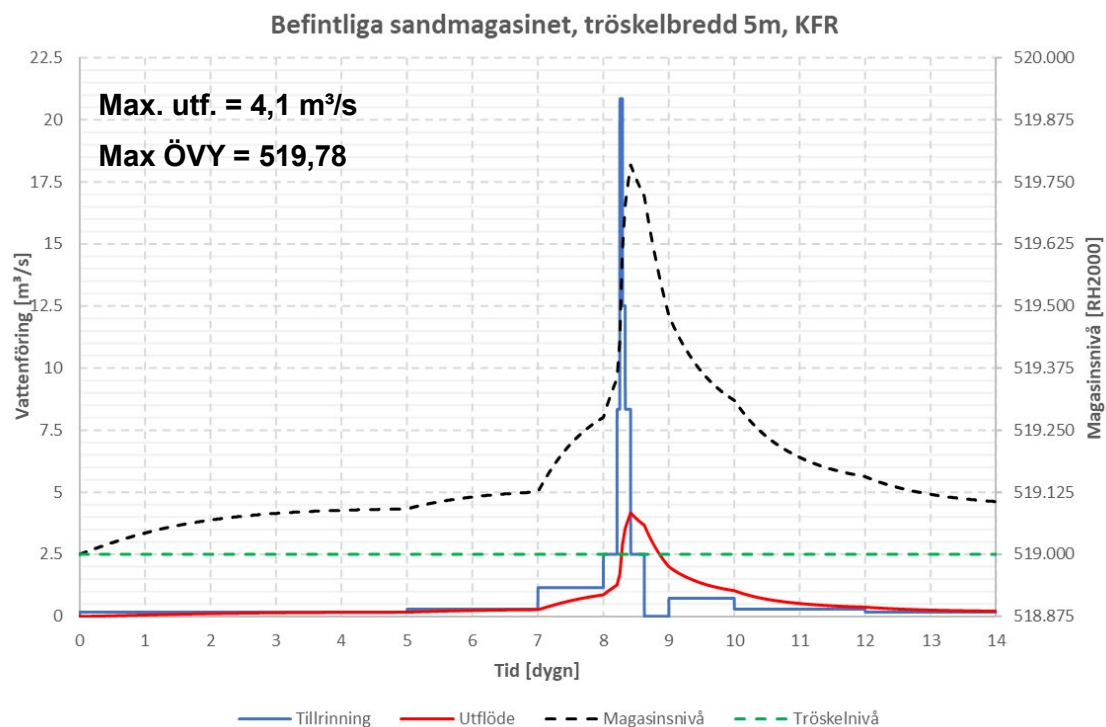
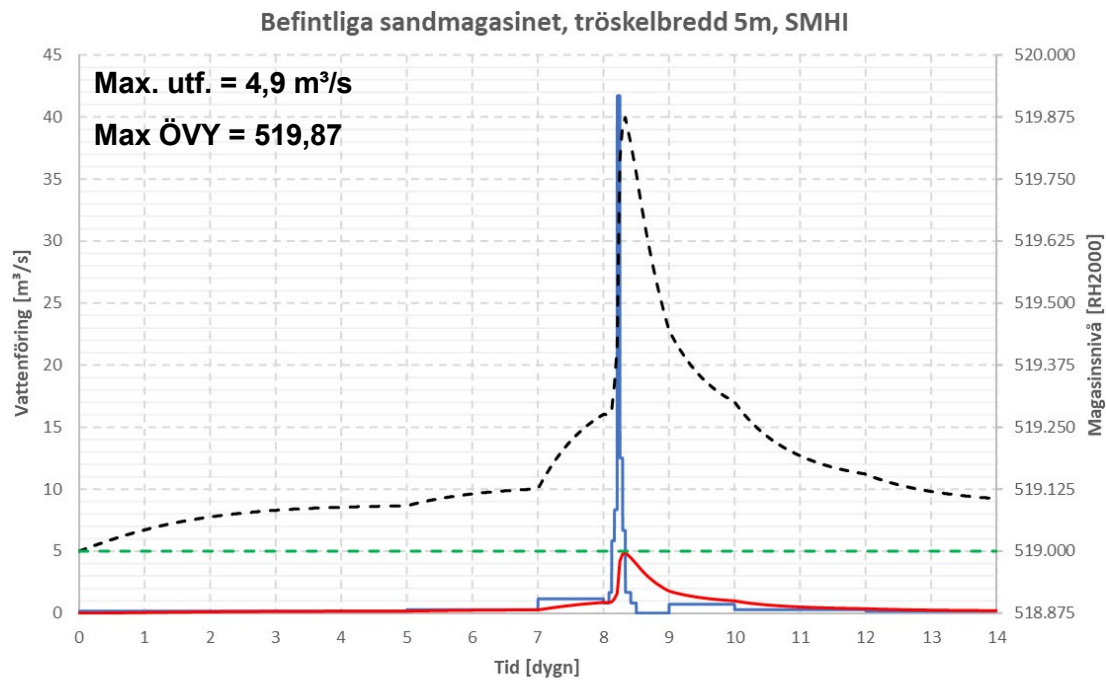
I Figur 3-13 och Figur 3-14 visas motsvarande grafer som i Figur 3-11 Figur 3-12 men för en tröskelbredd på 5 m (scenario 7 och 8). För dessa fall blir den maximala magasinsnivån enligt beräkningarna +519,87 (SMHI) och +519,78 (KFR). Utflödet blir maximalt 4,9 m³/s (SMHI) och 4,1 m³/s (KFR). Magasinsnivån blir således ca 10 cm lägre än med den minsta möjliga tröskelbredden och utflödet ökar med 1,1-1,5 m³/s.



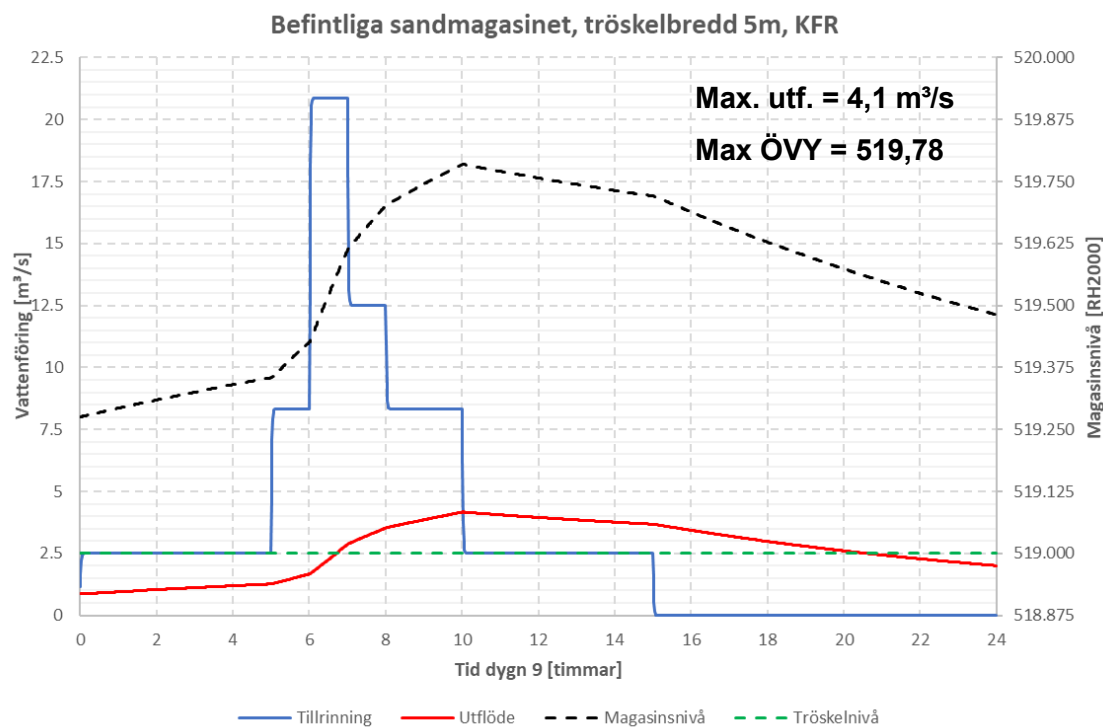
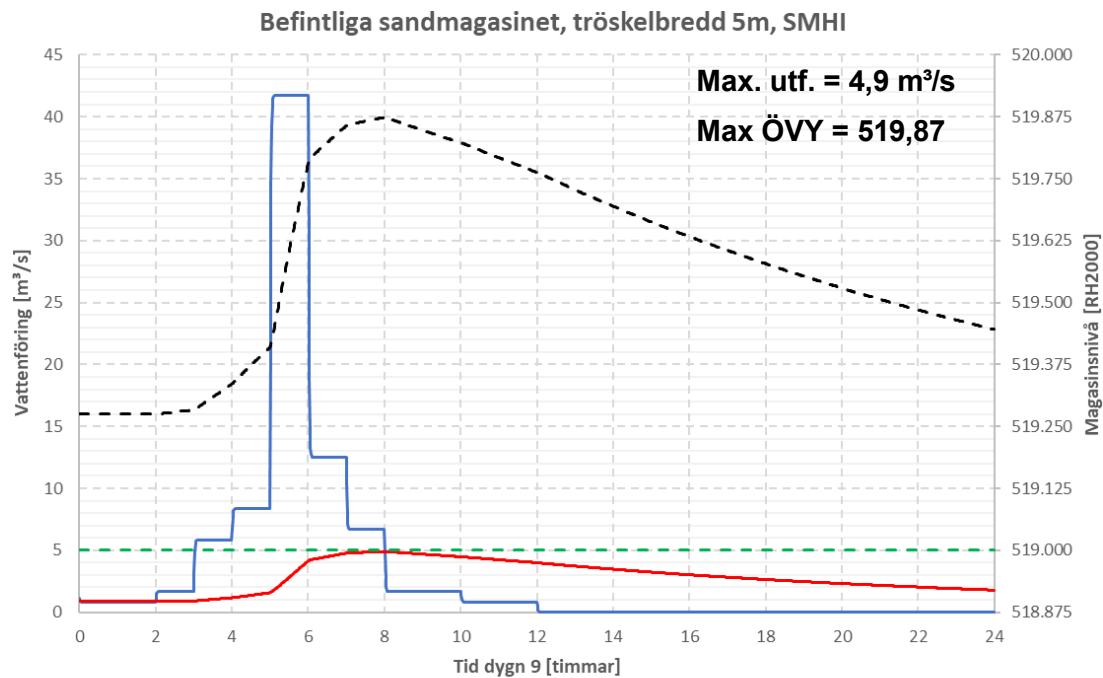
Figur 3-11. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen för det befintliga sandmagasinet. Tröskelbredden är 3 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-12. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen för det befintliga sandmagasinet. Tröskelbredden är 3 m vilket är den minsta möjliga tröskelbredden utan att ÖDG överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-13. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen för det befintliga sandmagasinet. Tröskelbredden är 5 m. Övre bilden visar nederbörfsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



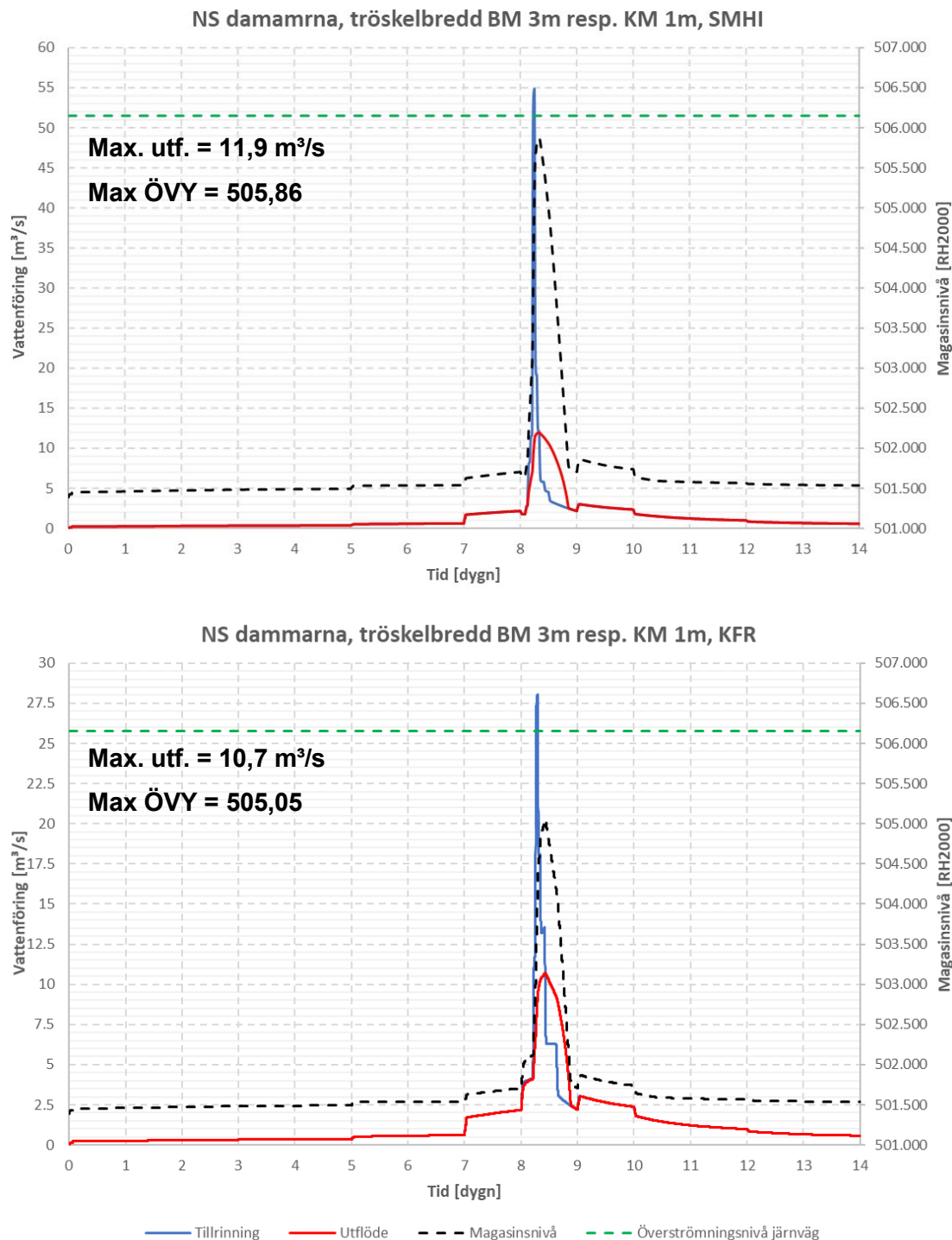
Figur 3-14. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen för det befintliga sandmagasinet. Tröskelbredden är 5 m. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.

Avrinningsområdet NS anläggningen

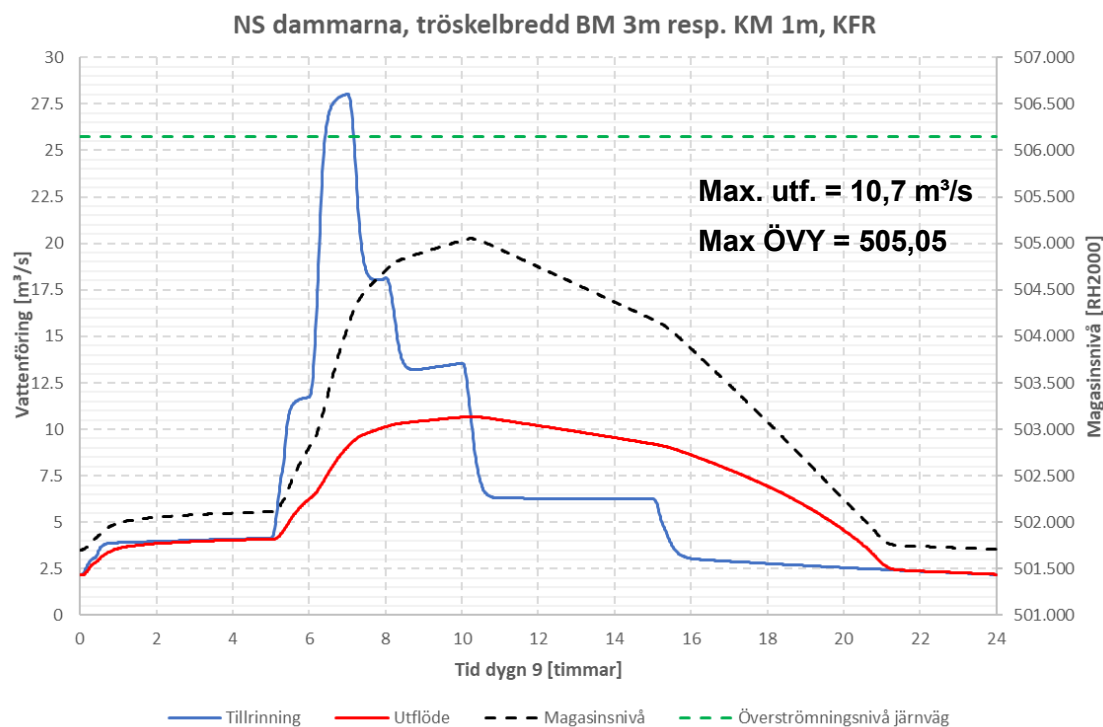
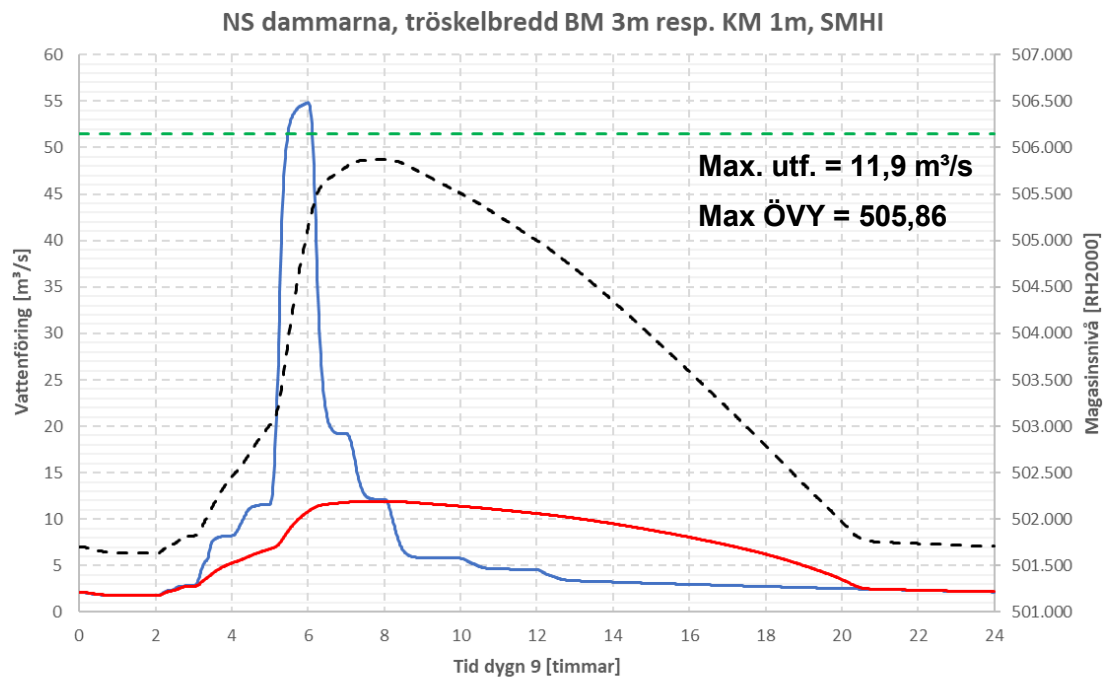
I Figur 3-15 visas hur tillrinningen, utflödet via kulverten samt vattennivån i magasinet NS dammarna varierar under 14-dagarsnederbördssekvensen för en tröskelbredd i det befintliga sandmagasinet på 3,0 m och i klarningsmagasinet på 1,0 m (scenario 5 och 6). I figuren är järnvägens överströmningsnivå markerad. Den övre grafen i figuren visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och den undre grafen enligt KFR. Denna figur kan jämföras med Figur 3-7 där skillnaden nu är att flödet via tröskeln från det befintliga sandmagasinet tillkommer.

I Figur 3-16 visas samma parametrar som i Figur 3-15 men inzoomat för dygn nio under 14-dagarsperioden. Från grafen går det att se att vattennivån uppströms den västra järnvägen som mest stiger till +505,86 (SMHI) och +505,05 (KFR) vilket innebär att järnvägen inte överströmmas enligt beräkningarna. Dock finns det som nämnts tidigare en risk för att järnvägsbanken skadas innan den överströmmas. Om kulvertarna under Klass I-flödet blir till hälften igensatta vilket undersöktes i avsnitt 3.1 *Hydraulisk kapacitet nedströms anläggningen* är risken också stor att järnvägen kan överströmmas. Detta resultat ger mellan 0,26-0,43 m högre vattennivåer än när startvattennivån var +513,0 i det befintliga magasinet.

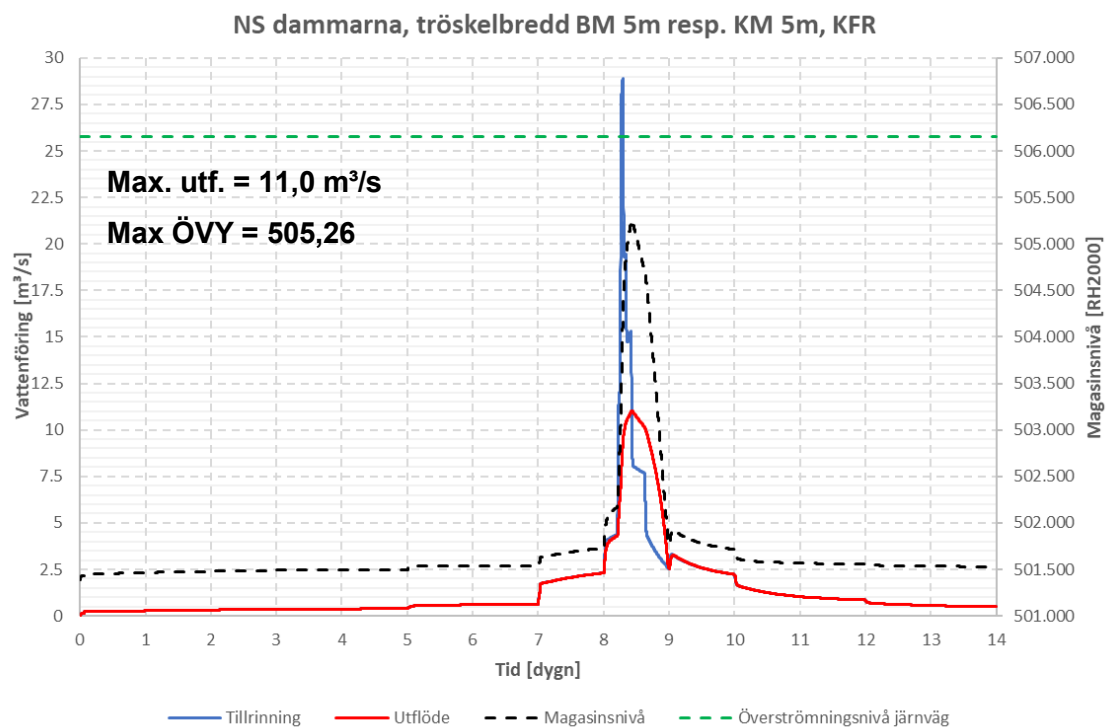
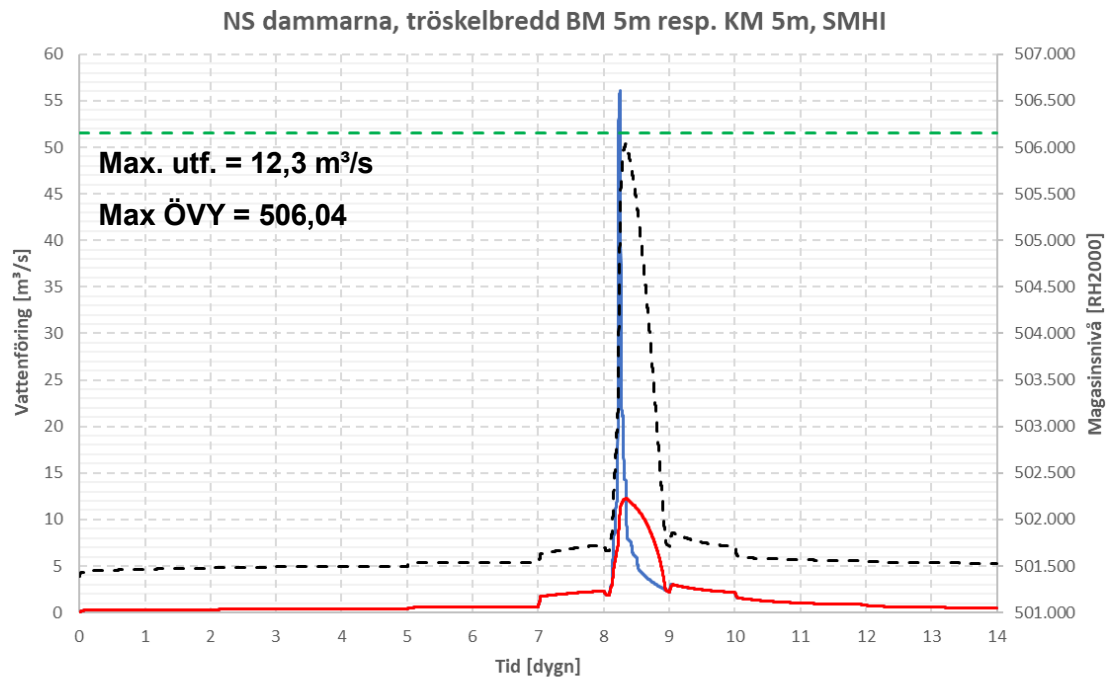
I Figur 3-17 och Figur 3-18 visas motsvarande grafer som i Figur 3-15 och Figur 3-16 men för en tröskelbredd på 5 m i både det befintliga sandmagasinet samt i klarningsmagasinet (scenario 7 och 8). För dessa fall blir den maximala magasinetsnivån enligt beräkningarna +506,04 (SMHI) och +505,26 (KFR). För detta fall är det således på gränsen att järnvägen överströmmas (överströmningsnivå ca +506,15). Detta resultat ger mellan 0,41-0,58 m högre vattennivåer än när startvattennivån var +513,0 i det befintliga magasinet. Resultatet från känslighetsanalysen visar att om inte hela nederbördsvolymen kan magasineras i det befintliga sandmagasinet utan startnivån ligger på tröskelnivån blir den maximala vattennivån nedströms dammarna i storleksordningen 0,5 m högre.



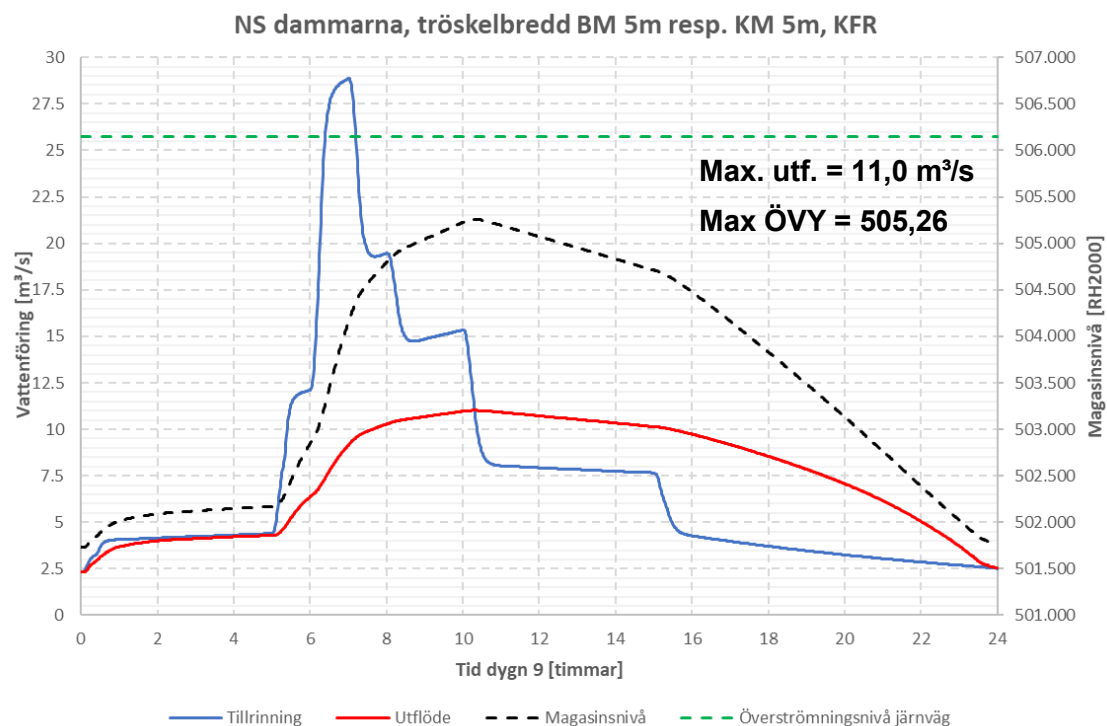
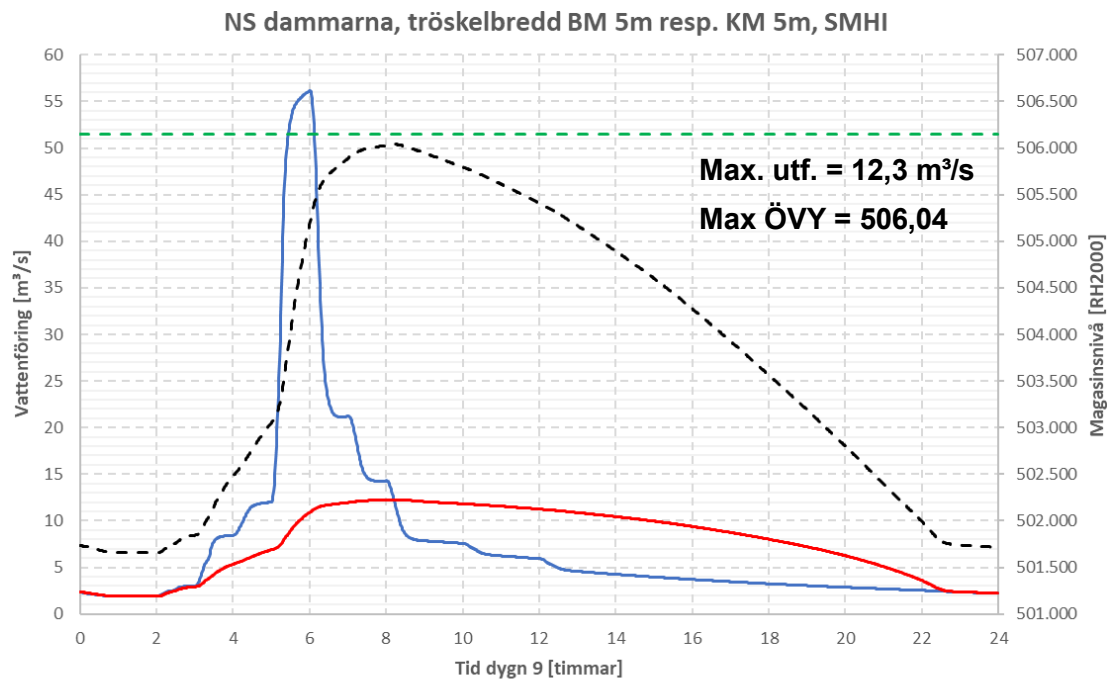
Figur 3-15. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms damanläggningen. Tröskelbredderna är 3 m för det befintliga sandmagasinet och 1 m för klarningsmagasinet vilket är de mista möjliga tröskelbredderna utan att ÖDG för magasinerna överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-16. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredderna är 3 m för det befintliga sandmagasinet och 1 m för klarningsmagasinet vilket är de minsta möjliga tröskelbredderna utan att ÖDG för magasinerna överskrids. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-17. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredden är 5 m för det befintliga sandmagasinet samt för klarningsmagasinet. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.



Figur 3-18. Graf över tillrinning, utflöde och magasinsnivå under dygn nio av den dimensionerande 14-dagarssekvensen nedströms dammanläggningen. Tröskelbredden är 5 m för det befintliga sandmagasinet samt för klarningsmagasinet. Övre bilden visar nederbördsfördelningen enligt SMHI och undre bilden enligt KFR.

3.2.6 Jämförelse innan och efter utbyggnaden av anläggningen

I denna rapport har det dimensionerande flödet tagits fram för anläggningens planerade konfiguration. Resultat visar att en stor del av nederbörds mängden kommer att kunna magasineras helt inom gruvdammanläggningen.

I anläggningens nuvarande konfiguration (innan utbygganden) sker det dock ingen magasinering eller reglering då dammdelarna som avgränsar det befintliga sandmagasinet och klarningsmagasinet är avgrävda. Beräkningar och modellering av flöden vid nuvarande förhållanden har inte utförts. Det område som efter utbyggnaden regleras med dammarna och trösklarna motsvarar $2,934 / 4,744 = \text{ca } 62\%$ av det totala avrinningsområdet. Av det reglerade området kommer som beskrivits hela Klass I-flödet att kunna magasineras i det nya sandmagasinet och i det befintliga sandmagasinet vilket motsvarar $2,425 / 4,744 = \text{ca } 51\%$ av det totala avrinningsområdet. Om man antar att avrinningsområdet innan utbyggnaden är av samma storleksordning som efter den planerade utbyggnaden ($4,744 \text{ km}^2$) skulle således mängden vatten som behöver hanteras nedströms gruvdammanläggningen minska med ca 51 % efter utbyggnaden.

Detta innebär att flödesberäkningar vid nuvarande förhållanden förväntas ge betydligt högre flöden nedströms dammanläggningen jämfört med resultatet med den planerade dammanläggningen i drift. Resultatet tyder således på att systemet efter utbyggnad kan hantera höga flöden bättre än innan den planerade utbyggnaden. Detta innebär att den planerade anläggningen kommer att bidra till att minska flödena i nedströmsliggande områden, t.ex. vid den västra järnvägen som bedöms belastas mer vid nuvarande förhållanden än efter planerad utbyggnad. Det bedöms troligt att om ett Klass-I flöde inträffade vid nuvarande förhållanden skulle järnvägen överströmmas.

3.2.7 Analys av regnmängd som kan lagras i klarningsmagasinet utan att vatten börjar brädda över nödtröskeln

I beräkningarna som utförts antogs som beskrivits att vattennivån i klarningsmagasinet när Klass I-händelsen påbörjas redan ligger på DG. Den tillgängliga lagringsvolymen mellan DG +512,0 och tröskelnivån +512,5 är enligt beräkningarna ca $108\,000 \text{ m}^3$. Om vi i stället antar att vattennivån ligger på DN +511,5 blir volymen mellan DN och tröskelnivån +512,5 ca $213\,000 \text{ m}^3$.

För klarningsmagasinets avrinningsområde som är $0,507 \text{ km}^2$ motsvarar volymen $108\,000 \text{ m}^3$ (volymen mellan DG och tröskelnivån) ca 213 mm nederbörd vid direkt avrinning (ingen infiltration).

Volymen $213\,000 \text{ m}^3$ (volymen mellan DN och tröskelnivån) motsvarar ca 420 mm nederbörd vid direkt avrinning (ingen infiltration).

I detta projekt har ingen nederbörds mängd för andra händelser än en Klass I-händelse beräknats. Enligt senaste flödesdimensioneringen för LKAB:s närliggande klarningsmagasin har ett 100-årsregn med klimatfaktor beräknats till 82 mm/dygn.

Med startnivåer vid DG respektive DN ger den en faktor:

- DG: $213 \text{ mm} / 82 \text{ mm} = 2,6$ ggr 100-årsregn med klimatfaktor.
- DN: $420 \text{ mm} / 82 \text{ mm} = 5,1$ ggr 100-årsregn med klimatfaktor.

Ett 500-årsflöde brukar vanligtvis vara i storleksordning 1,2–1,3 gånger större än ett 100-årsflöde. Detta innebär att nederbörds mängderna som krävs för att fylla upp klarningsmagasinet upp till tröskelnivån kan antas ha en återkomsttid på mer än 500 år.

Detta resonemang gäller med antagandet att pumpning både till och från klarningen antingen båda fungerar eller båda är avstängda. Situationen blir värre ifall pumpningen från klarningen upphör, medan pumpning till klarningen fortfarande är i drift under händelsen. Hur mycket värre en sådan situation blir beror på pumpkapaciteten. Viss genomströmning kan ju också antas ske genom den dammdel i det nya sandmagasinet som angränsar till klarningsmagasinet.

4 Slutsatser och rekommendationer

Resultatet från utredningen av den hydrauliska kapaciteten nedströms anläggningen visade att mellan 7,6 - 15,6 m³/s vatten kan avbördas nedströms anläggningen utan att den västra järnvägen överströmmas. Det bör dock nämnas att järnvägsbankens förmåga att tåla höga ensidiga vattennivåer inte har utretts varför det är möjligt att den riskerar att haverera även innan den överströmmas.

Enligt beräkningarna för det dimensionerande flödet kan det nya samt befintliga sandmagasinet magasinera hela nederbördsmängden som faller i respektive magasin under Klass I-händelsen. Avrinningsområdet nedströms dammarna kan således ses minska med ca 51 % i jämförelse med dagens förhållanden. Trots minskningen av avrinningsområdet och utjämningen av flödespeaken genom magasinering i samtliga magasin och nedströms anläggningen blir vattennivån uppströms den västra järnvägen hög. Det finns således risk att järnvägen kan skadas och eventuellt haverera.

Exakt hur breda nödtrösklarna görs har inte så stor betydelse och endast förhållandevis små nödtrösklar blir nödvändiga. För att erhålla en viss säkerhet mot olika faktorer så som genomströmning av vatten genom dammkropparna rekommenderas att bygga samtliga nödtrösklar i storleksordningen 5 m breda. Detta även för det nya sandmagasinet samt det befintliga magasinet där hela nederbördsmängden kan magasineras. Det rekommenderas även att kontrollera erforderlig kanalbredd mellan vattenspegeln i det befintliga sandmagasinet och dess tröskel så att fallförluster som kommer uppkomma inte begränsar avbördningskapaciteten utöver det som har antagits i denna utredning.

Trots att vattennivåerna riskerar att bli höga uppströms den västra järnvägen är förutsättningarna sämre som det ser ut idag innan utbyggnaden av anläggningen än efter. Utbyggnaden av anläggningen skulle bidra till att minska belastningen på den västra järnvägen vid höga flöden. Det rekommenderas dock att samla underlag om västra järnvägens utformning för att kunna uppskatta dess förmåga att tåla ensidig överdämning samt för att uppskatta genomförbarheten att utöka kapaciteten för kulvertarna under järnvägen oavsett om den planerade anläggningen byggs eller inte.

Viscarias planerade gruvområde ligger intill LKAB:s gruvområde som båda har utlopp i Luossajärvi vid höga flöden. Det dimensionerande flödet för Viscarias gruvdammanläggning togs fram enbart inom dammanläggningen samt ner till den västra järnvägen, resultatet anses därmed inte gälla för LKAB:s gruvområde.

5 Referenser

- CEIWR-HEC, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System User's Manual*. Davis, Kalifornien: Hydrolic Engineering Center (HEC).
- Copperstone Resources*. (2021). Hämtat från Viscaria koppaprojekt: <https://copperstone.se/sv/viscaria-copper-project/>
- Feldman, A. D. (2000). *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Davis, Kalifornien: US. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. (2005). *DAMMSÅKERHET Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. Rapport 05:17*. Elforsk.
- LKAB. (2017). *DTU-manual Kiruna*.
- Scalgo Live*. (Oktober 2021). Hämtat från <https://scalgo.com/live/>
- SMHI. (2020). *FÖRDELNING AV EXTREM DYGNSNEDERBÖRD, Rapport 2020:703*. Energiforsk.
- Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin. (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Stockholm.
- SWAT. (2012). Hämtat från ArcSWAT: <https://swat.tamu.edu/software/arcswat/>