

VÄXJÖ TINGSRÄTT
3:5 2023-07-05

INKOM: 2023-08-31 Ver 1.4

Upprättad av Kristoffer Pettersson, Julius Fritzell,
MALNR: W 4403-23

AKTBIL: 4 Baptiste Delattre

Granskad av Per Öhrner

Godkänd av Patrick Hansson

PM Masshantering – vattenhantering

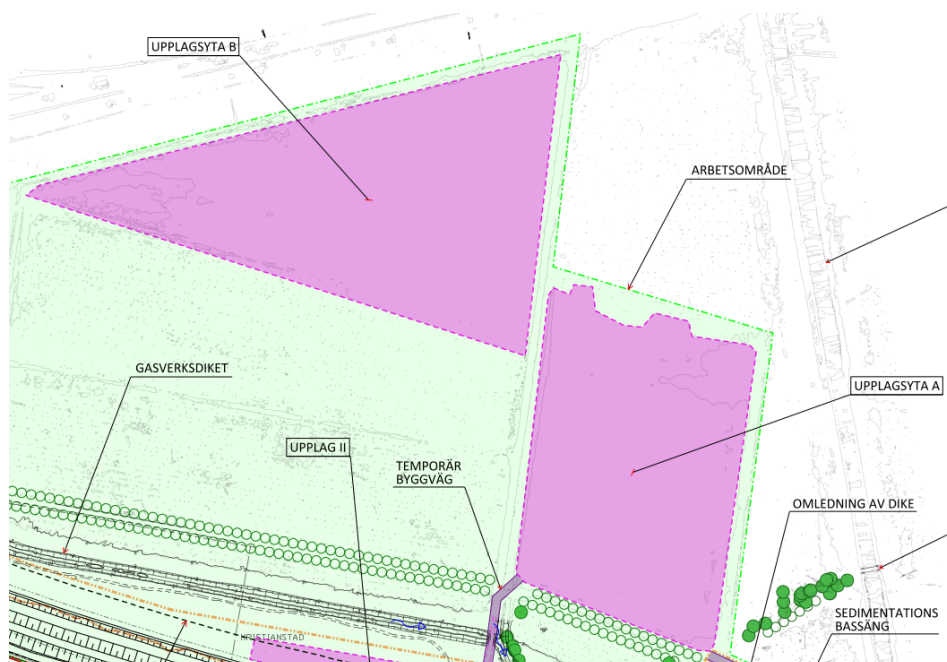
I detta PM redogörs för preliminära mängder för masshantering under anläggandet av Nya Vallen i Hammarlund samt vilka flöden från nederbörd samt läckage från Hammarsjön (uppströms) och grundvatten från området nedströms schakt för vallen (nedströms) som är att vänta under byggskedet och som behöver omhändertas och renas i sedimentationsbassänger innan utsläpp i recipient.

1 Masshantering

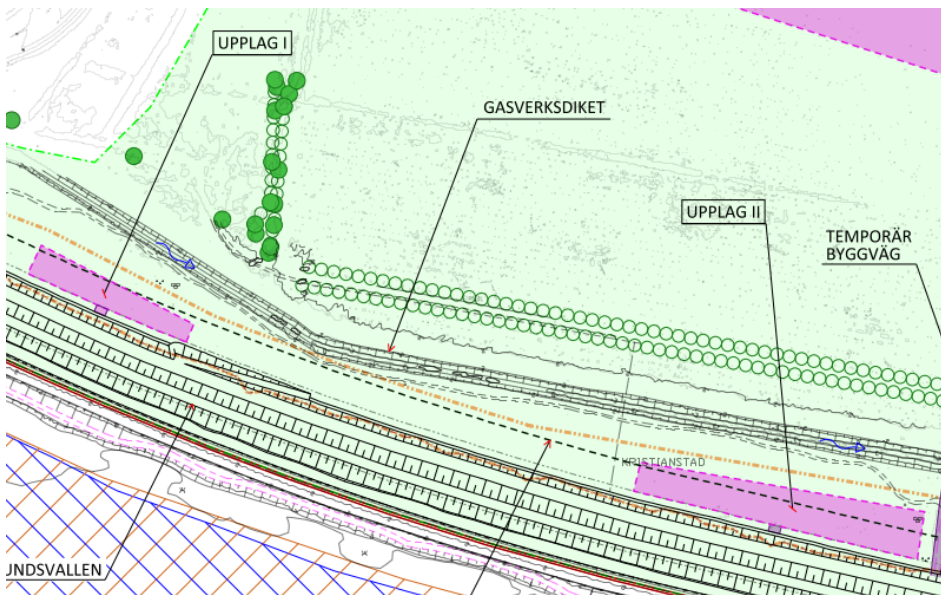
Under byggskedet kommer schakt- och fyllningsmassor dels att uppehållas på större upplagsytor för långvarig hantering, dels utgöra mindre upplag invid dammbygget för tillfällig hantering innan vidaretransport till annan plats.

Öster och norr om Nya Björket kommer större områden nyttjas som upplagsytor (A och B), se Figur 1. Eventuellt utgår området norr om Nya Björket (B) om det bedöms vara överflödigt.

Längs med sträckningen av den nya dammkroppen kommer ett par mindre områden användas som tillfälliga upplagsytor av schaktmassor för avrinning (I och II), se ungefärliga placeringar i Figur 2.



Figur 1 Planerade upplagsytor A och B inom arbetsområdet (urklipp från APD-planen).



Figur 2 Ungefärliga lägen för tillfälliga upplagsytor I och II längs med den nya dammkroppens sträckning (urklipp från APD-planen).

De större upplagsytorna har areor på:

- Upplagsyta A: ca 39 000 m²
- Upplagsyta B: ca 49 500 m²

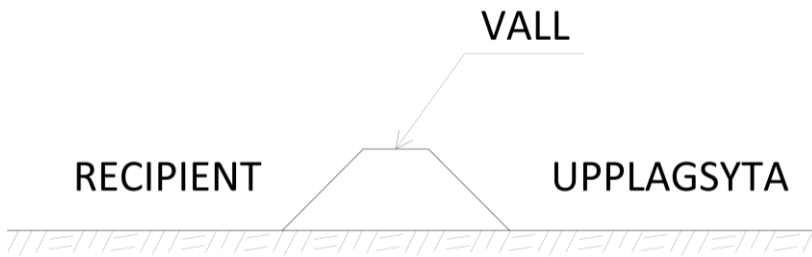
De mindre områdena som kommer att användas som tillfälliga upplagsytor kan få andra utbredningar/placeringar men har på APD-planen erhållit areor på:

- Upplag I: ca 1 600 m²
- Upplag II: ca 4 100 m²

Upplagsytorna (A och B) kommer användas både för jungfruliga, externa massor och för avvattnade gytjemassor och massor av annan karaktär från schaktarbeten.

Både upplagsytor (A och B) och upplag (I och II) kommer att vallas in genom anläggande av mindre vallar längs respektive områdes yttre gräns, se schematisk typsektion i Figur 3. Vallarna hindrar vatten inom områdena från att rinna ut till recipient på annat än angivet ställe, inte minst i händelse av skyfall. Vattnet avses ledas till en per upplagsyta/upplag gemensam utsläppspunkt. Från upplagsytor A och B sker utsläpp till Stordiket eller Gasverksdiket (via nya eller befintliga anslutande mindre diken) eller pumpning (kräver försedimentering). Utsläpp från upplag I och II leds i ett första steg antingen via dike eller pumpning (kräver försedimentering) till en större sedimentationsbassäng för att sedan ledas vidare till något av de två större diken. Försedimentering innan pumpning syftar till att skydda pumparna från onödigt slitage från sediment och partiklar i det uppsamlade vattnet.

Schaktmassor som läggs på upplagsytor A och B bedöms ha avvattnats på upplag I och II inom fjorton dagar och behöver inte avvattnas på nytt när de flyttats till upplagsytor A och B. Därav bedöms avrunnet vatten från upplagsytor A och B kunna släppas ut direkt i recipient.



Figur 3 Vall längs upplagsytor och upplags yttre gräns.

Antaget att upplag med massor inte ska göras högre än 2-3 m kan det i teorin rymmas följande volymer på Upplagsyta A och B respektive Upplag I och II:

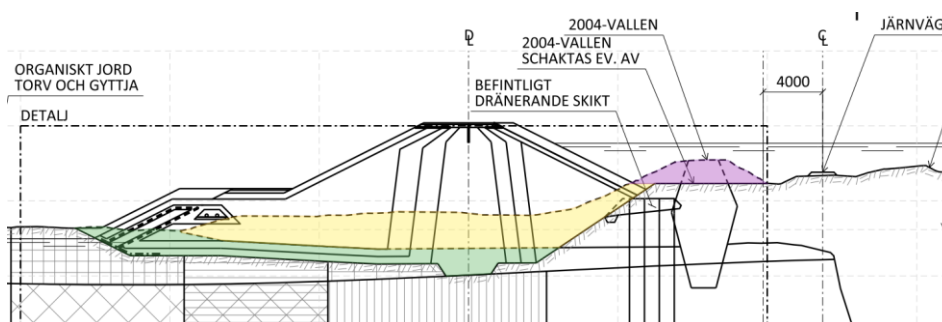
- Upplagsyta A: ca 78 000-117 000 m³
- Upplagsyta B: ca 99 000-148 500 m³
- Upplag I: 3 200-4 800 m³
- Upplag II: 8 200-12 300 m³

1.1 Schaktmassor

Volym schaktmassor för anläggande av den nya dammkroppen har beräknats utifrån den geomodell som finns framtagen för området. I geomodellen finns tolkade lager för befintliga fyllningsmassor samt organisk jord i vilka schakt planeras att utföras. Se typsektion i Figur 4.

För indelning av fyllningsmassor i "grSa, sten, mull, bärlager" respektive "Sprängsten" har beräknade medelvärden av mäktigheter för respektive geologiskt lager från (WSP, 2022) nyttjats, se Tabell 1.

Någon uppdelning mellan fyllningsmassor norr respektive söder om befintlig gång- och cykelväg (driftväg) har inte gjorts.



Figur 4 Schakt av befintliga fyllningsmassor (gult), schakt av 2004-vallen (lila) samt schakt av organisk jord (grönt).

Tabell 1 Beräknade medelvärden av mäktigheter för lager med fyllningsmassor.

| Geologiskt lager | Mäktighet (m) | Andel av lager (%) |
|--|---------------|--------------------|
| Fyllningsmassor: ~grSa, sten, mull, bärlager | 0,71 | 30 |
| Sprängsten | 1,64 | 70 |
| Totalt | 2,35 | 100 |

Den övre delen av vallen från 2004 kommer eventuellt att schaktas av och framtagen mängd för detta redovisas som en separat post.

Schakt av organisk jord kommer att ske först efter att KC-pelare är installerade vilket medför att bortschaktade massor kommer att bestå av organisk jord med inblandning av bindemedel i form av kalk och cement. Beräknade mängder schaktmassor framgår av Tabell 2.

Tabell 2 Volym schaktmassor.

| Material | Volym (m ³) |
|---|-------------------------|
| Fyllningsmassor: ~grSa, sten, mull, bärlager | 26 700 |
| Sprängsten | 62 200 |
| Övre del av 2004-vallen (fyllningsmassor) | 10 600 |
| Organisk jord med inblandning av bindemedel för KC-pelare | 59 600 |
| Totalt | 159 100 |

Totalt rör det sig om 159 100 m³ schaktmassor från anläggandet av Hammarlundsvallen och som kommer att behöva kunna hanteras på de upplagsytor och upplag som planeras inom arbetsområdet.

Schaktmassor från anläggningsarbetet planeras inte att återanvändas till byggnation av dammkroppen däremot i varierande utsträckning till GC-vägar, motionsspår och ridstigar i området Nya Björket, service-/driftväg samt andra mindre närliggande konstruktioner.

1.2 Fyllningsmassor

Till byggnation av Hammarlundsvallen kommer fyllningsmassor främst i form av sprängsten i olika fraktioner att nyttjas. Utöver dessa tillkommer morän, även kallat tätjord, som används till dammkonstruktionens tatkärna, tätdike och eventuellt nedströms tätning för uppdämning av dammens dränagesystem. Beräknade mängder fyllningsmassor framgår av Tabell 3.

Tabell 3 Volym fyllningsmassor.

| Material | Volym (m ³) |
|--------------------|-------------------------|
| Morän | 56 100 |
| Finfilter | 38 700 |
| Grovfilter | 41 900 |
| Stödfyllning | 128 800 |
| Övergångslager | 4 100 |
| Erosionsskydd | 16 100 |
| Tåsten | 6 000 |
| Förstärkningslager | 3 100 |
| Körlager | 1 500 |
| Kringfyllning | 1 000 |
| Ledningsbädd | 500 |
| Totalt | 297 800 |

Totalt rör det sig om 297 800 m³ fyllningsmassor som ska utgöra Hammarlundsvallen och som kommer att behöva kunna hanteras på de upplagsytor och upplag som planeras inom arbetsområdet.

Mängder för GC-vägar, motionsspår och ridstigar samt ytliga lager på ramper ingår inte i volymerna redovisade i Tabell 3 utan tillkommer.

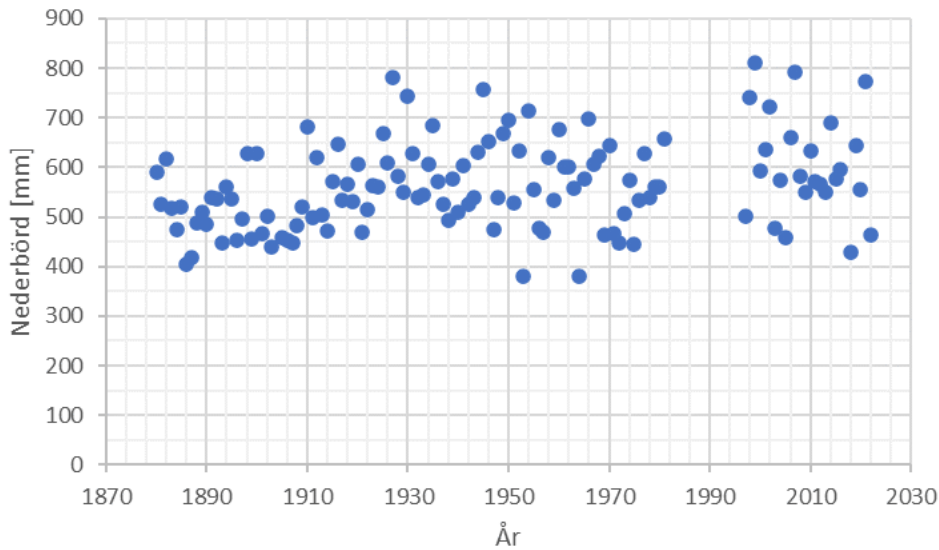
2 Vattenhantering

Under anläggandet av Hammarlundsvallen behöver vattenflöden från nederbörd över upplagsområden och området för schakt för vallen samt inkommande läckage från Hammarsjön och grundvatten från området utanför schakt för vallen hanteras. Beroende på flödenas ursprung ska vattenmängderna ledas antingen genom självfall eller via pumpning till sedimentationsbassäng(er) inom arbetsområdet eller direkt ut i recipient, se vidare kap 1 Masshantering. Efter rening genom sedimentation pumpas vattnet vidare till recipient (Stordiket som går norr om den nya pumpstationen) och slutligen till Natura 2000-området Hammarsjön.

Avseende förväntat flöde från nederbörd är det av intresse att beräkna hur stor nederbörd och avrinning det blir under ett normalår för att se hur mycket vatten som totalt sett når recipienten. Det är också av intresse att systemet med sedimentationsbassäng(er) inom området klarar av normala skyfall utan att vatten behöver bräddas utan att först ha renats. Både beräkningar för total årsnederbörd och avrinning samt för skyfall har därför utförts.

2.1 Nederbörd och avrinning över hela året

För att kunna beräkna årsnederbörden och avrinningen för ett normalår användes nederbördsobservationer över total dygnsnederbörd utförda vid SMHI:s mätstation i Kristianstad som har nederbördsdata för hela år från 1879 till 2022. Under perioden var det ett uppehåll mellan 1982-1996 samt att år 1904 och 2017 saknar ett antal mätningar varför de inte heller tagits med i analysen. Totalt finns 127 års data med minst 365 dygn av mätningar, vilket är ett mycket bra underlag för att kunna utföra statistiska analyser och har legat till grund för analysen i detta projekt. I Figur 5 redovisas den totala nederbörden för de 127 år med fullständiga mätningar. Utifrån mätningarna går det att se att den totala årsnederbörden har varierat mellan ca 400-800 mm.



Figur 5 Total årsnederbörd för SMHI:s mätstation i Kristianstad mellan år 1882 och 2022 där år med data med minst 365 dygn redovisas.

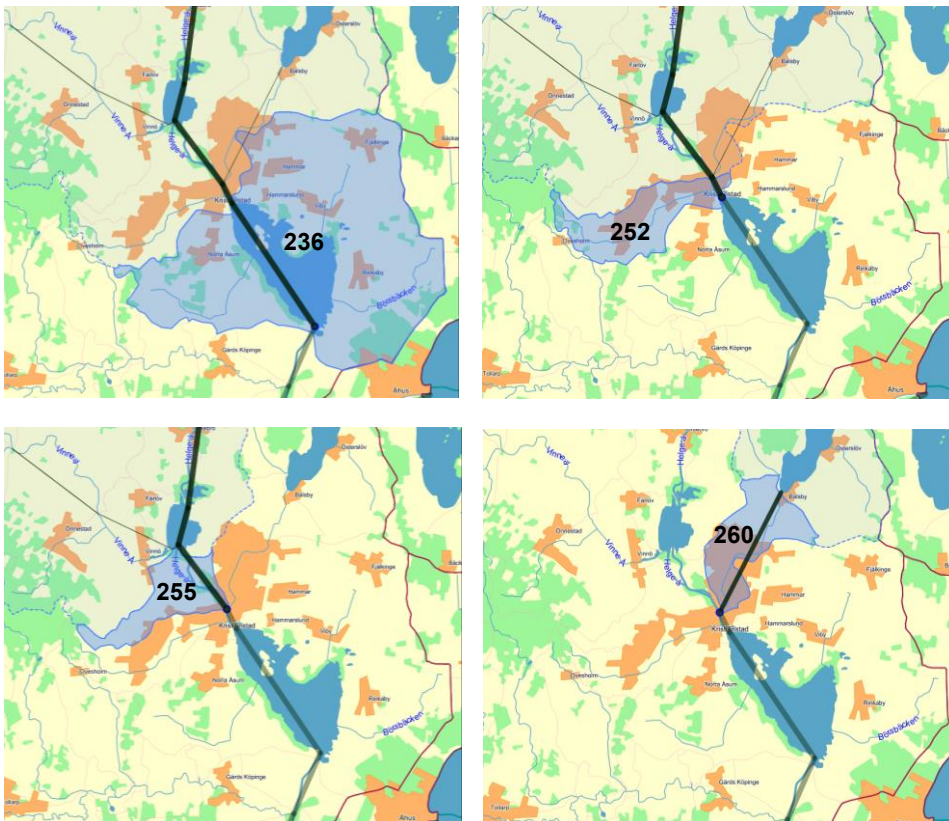
Hur stor del av nederbörden som infiltreras i marken och avdunstar är mycket platsspecifikt och beror på många olika faktorer. Det berörda området ligger också mycket lågt sett till havsnivån vilket också kan påverka markens vattenmättad och hur stor avrinningen blir.

Då det är så många faktorer som påverkar avrinningen över året bedöms det inte vara relevant att göra en avancerad hydrologisk modell för området för att beräkna avrinningen ett normalår. Då årsnederbörden varierar mellan ca 400-800 mm kommer även avrinningen att variera i samma storleksordning år från år. Detta medför att även med en mycket detaljerad hydrologisk modell skulle variationerna mellan olika år vara mycket stor och det är svårt att ge ett värde för ett normalår utan att ge ett intervall.

För att ge ett intervall för den totala avrinningen under ett år användes i stället den av SMHI framtagna modellen, S-HYPE, som modellerat avrinningen för ca 38 000 delavrinningsområden i hela Sverige (SMHI, 2023). I modellen finns fyra delavrinningsområden som angränsar till Kristianstad vilka har analyserats. Modelldata för de fyra delavrinningsområdena och deras geografiska utsträckning redovisas i Tabell 4 och Figur 6.

Tabell 4 Sammanställning av modelldata från SMHI:s modell S-HYPE för de fyra närliggande delavrinningsområdena.

| Delavrinningsområde ID | 236 | 252 | 255 | 260 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Area [km ²]: | 131 | 18 | 14 | 16 |
| Nederbörd [mm/år] | 659 | 694 | 685 | 679 |
| Evapotranspiration [mm/år] | 496 | 468 | 476 | 468 |
| Avrinning [mm/år] | 163 | 226 | 210 | 211 |

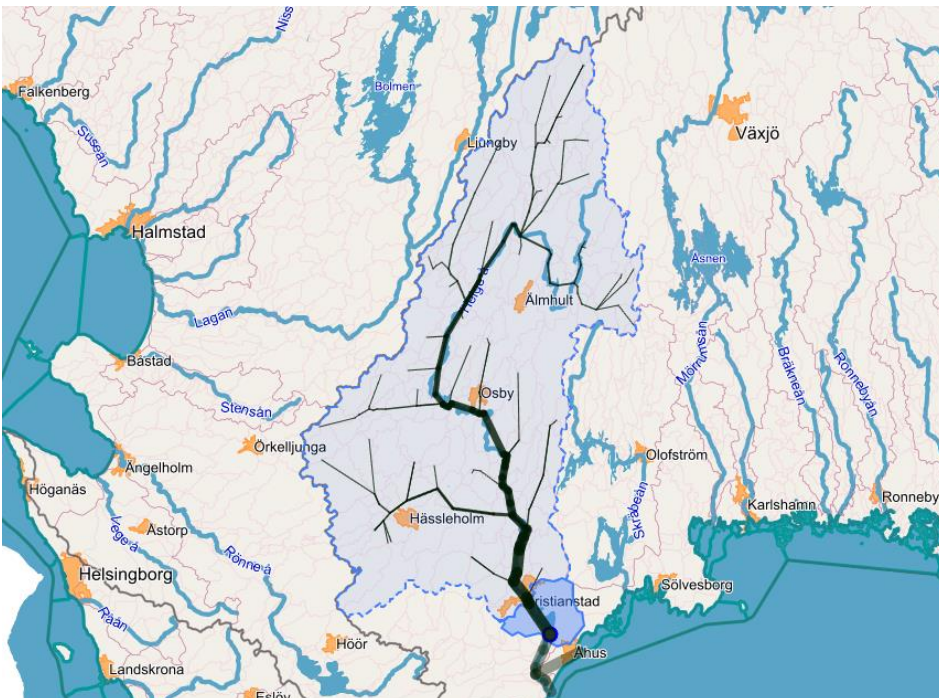


Figur 6 De fyra delavrinningsområdena från SMHI:s modell, S-HYPE, som angränsar till Kristianstad.

När de fyra delavrinningsområdena i Tabell 4 analyseras går det att se att årsnederbörden ligger mellan 659-694 mm/år vilket överensstämmer med den analyserade nederbördsdatan från SMHI:s mätstation i Kristianstad, se Figur 5. Om man bortser från delavrinningsområde 236, som sticker ut något, ligger den totala avrinningen för övriga delavrinningsområden mellan 210-226 mm/år. Varför område 236 avviker och har en lägre avrinning beror troligtvis på att det området har en förhållandevis stor andel sjöarea där evaporationen normalt sett är större. Då sjöarea inte är relevant för tillämpningen i detta projekt bortses från område 236 i analysen. Då det specifika området vid Hammarslundvallen kan skilja sig något från de större delavrinningsområdena i SMHI:s modell, då det ligger under havsnivån, bedöms det att avrinningen kan bli något större och ett intervall för avrinnings för ett normalår bedöms ligga mellan 200-300 mm/år.

Notera dock att intervallet 200-300 mm/år bedöms gälla för ett normalår, avrinningen för mer extrema år kan vara både lägre och högre. Vilket totalt årsflöde som genereras beror på arean för det intressanta området. Om upplagsområdena avses multipliceras upplagsområdets area med nederbörden för att få flödet.

Notera också att en avrinning på 200-300 mm/år gäller för området kring Hammarslundvallen. Om den totala avrinningen för all nederbörd som har Hammarsjön som avrinningsområde avses blir avrinningen högre. Storleken på det totala avrinningsområdet är ca 4 100 km² och har enligt SMHI:s modell, S-HYPE, en normal årsnederbörd på ca 860 mm/år och en avrinning på ca 340 mm/år, se Figur 7.



Figur 7. Hammarsjöns totala avrinningsområde utifrån SMHI:s modell S-HYPE.

2.2 Nederbörd skyfall

Bygget av den nya dammkroppen beräknas pågå under tre (3) års tid och det bör därför tas höjd för potentiella skyfall som kan ske under byggtiden. Om dimensionering av konstruktioner med allvarliga konsekvenser (t.ex. risk för människoliv) ska utföras skulle en betydligt längre återkomsttid än 3 år behöva användas. Om det är rening av förorenat vatten som avses där konsekvenserna vid ett kraftigare regn blir att allt vatten inte hinner renas kan en kortare återkomsttid användas beroende på vilka konsekvenser som anses vara acceptabla. I denna studie har dimensionering av nederbörd och flöden gjorts utifrån pumpning och rening och förorenat vatten och inte utifrån dammsäkerhetsmässiga aspekter. Enligt kundens önskemål har fokus lagts på flöden med en något längre återkomsttid än byggtiden på 3 år. Således händelser med 5- och 10-års återkomsttid, men även 3 års återkomsttid har inkluderats.

För att kunna beräkna återkomsttider för nederbörd användes nederbördsobservationer över dygnsnederbörd utförda vid SMHI:s mätstation i Kristianstad som har nederbördsdata för hela år från 1879 till 2022. Alltså samma station vars totala årsnederbörd redovisas i Figur 5. När statistiska data ligger till grund för prognoser finns alltid en osäkerhet i vad som händer kommande år. I Tabell 5 redovisas för ett antal återkomsttider på mellan 2-100 år hur stor sannolikheten är att en sådan händelse inträffar under en specifik period. Till exempel är det ca 70% sannolikhet att en nederbördshändelse med 3 års återkomsttid inträffar under en treårsperiod och ca 27% sannolikhet att en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid inträffar under samma period. Exakt vad som sker under den period då bygget pågår går inte att veta men med statistisk analys går det i alla fall att uppskatta sannolikheten.

För att ligga inom ett rimligt intervall vad gäller återkomsttid har det i den fortsatta analysen fokuserats på nederbördshändelser med 3-, 5- och 10-års återkomsttid då det för längre perioder inte bedöms rimligt att det ska behöva kunna hanteras utan att viss nederbörd kan behöva bräddas över vallar och

brunnar. Vid en händelse av kraftig nederbörd blir också föroreningarna betydligt mer utspädda än vid normala förhållanden.

Tabell 5 Sannolikheten att en nederbörds händelse med olika återkomsttid inträffar under ett antal perioder av sammanhängande år.

| | | Återkomsttid (år) | | | | | | |
|--------------|----|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| Period av år | 1 | 50,0% | 33,3% | 20,0% | 10,0% | 5,0% | 2,0% | 1,0% |
| | 2 | 75,0% | 55,6% | 36,0% | 19,0% | 9,8% | 4,0% | 2,0% |
| | 3 | 87,5% | 70,4% | 48,8% | 27,1% | 14,3% | 5,9% | 3,0% |
| | 5 | 96,9% | 86,8% | 67,2% | 41,0% | 22,6% | 9,6% | 4,9% |
| | 10 | 99,9% | 98,3% | 89,3% | 65,1% | 40,1% | 18,3% | 9,6% |

Årsnederbörden faller generellt sett inte jämt under året och det finns perioder då sannolikheten för kraftig nederbörd är större. I denna analys har därför återkomsttider dels sett över hela året samt separat för de olika årstiderna och månaderna tagits fram.

Nederbörds mätningarna vid Kristianstad mätstation från 1982 och framåt är över total dygnsnederbörd. Regn faller dock vanligtvis inte jämnt över dygnet utan med kraftiga skyfall under en kortare period. I denna analys har därför hänsyn tagits till hur mycket nederbörd som kan tänkas komma under den värsta av dygnets timmar. Beroende på hur upplagsytor, brunnar och sedimentationsbassäng utformas behöver dock inte pumpkapaciteten nödvändigtvis vara så stor att den kan hantera det maximala flödet vid ett skyfall. Under ett skyfall kan vattennivån stiga något i dessa brunnar och bassänger för att sedan pumpas bort under lite längre tid. Det är dock viktigt att ha i åtanke hur stora de maximala flödena blir. Om mycket stora flöden uppstår kan t.ex. pumpkapaciteter som är dimensionerade för ett visst flöde vara otillräckliga och översvämningar kan uppstå.

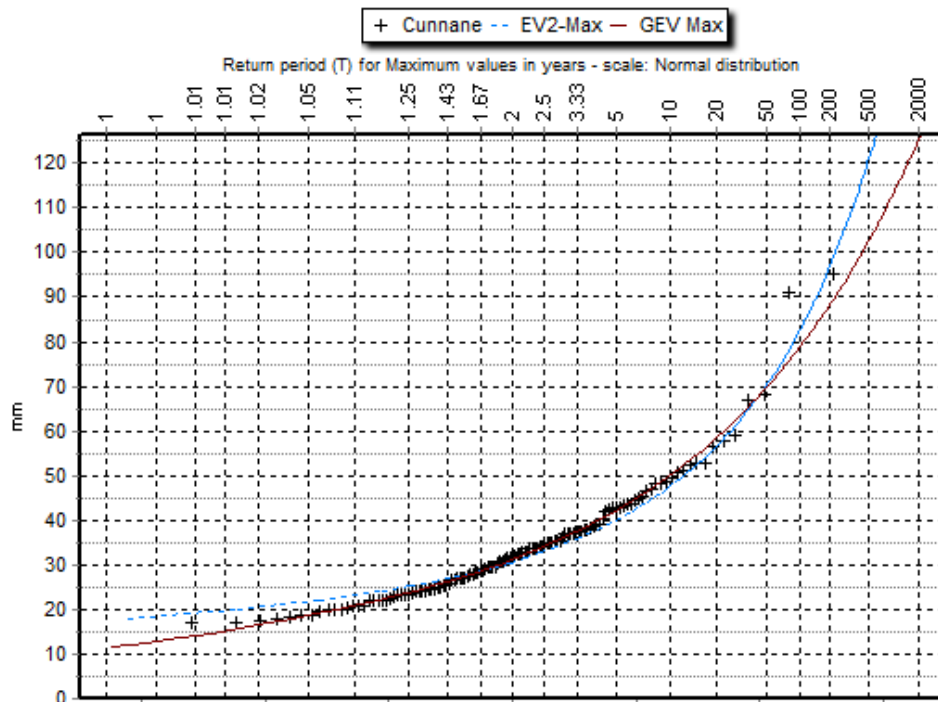
Då klimatet förändras finns det också en osäkerhet i om de historiska nederbörds mätningarna från 1982 och framåt är direkt applicerbara på vad som sker de kommande åren. För att beakta detta gjordes en separat analys för de senaste 25 årens mätningar och jämfördes mot samtliga mätningar för att se om det var några betydande skillnader.

För att verifiera och jämföra resultaten som tagits fram i detta uppdrag utifrån mätningar vid Kristianstad mätstation jämfördes resultatet med en omfattande analys av kraftig nederbörd för hela Sverige som utförts av SMHI. I den rapporten redovisas till exempel data för södra Sverige vad gäller kraftig nederbörd under 1 h med en återkomsttid på 10 år (Olsson, Södling, Berg, & Wern, 2019).

2.2.1 Beräknade återkomsttider

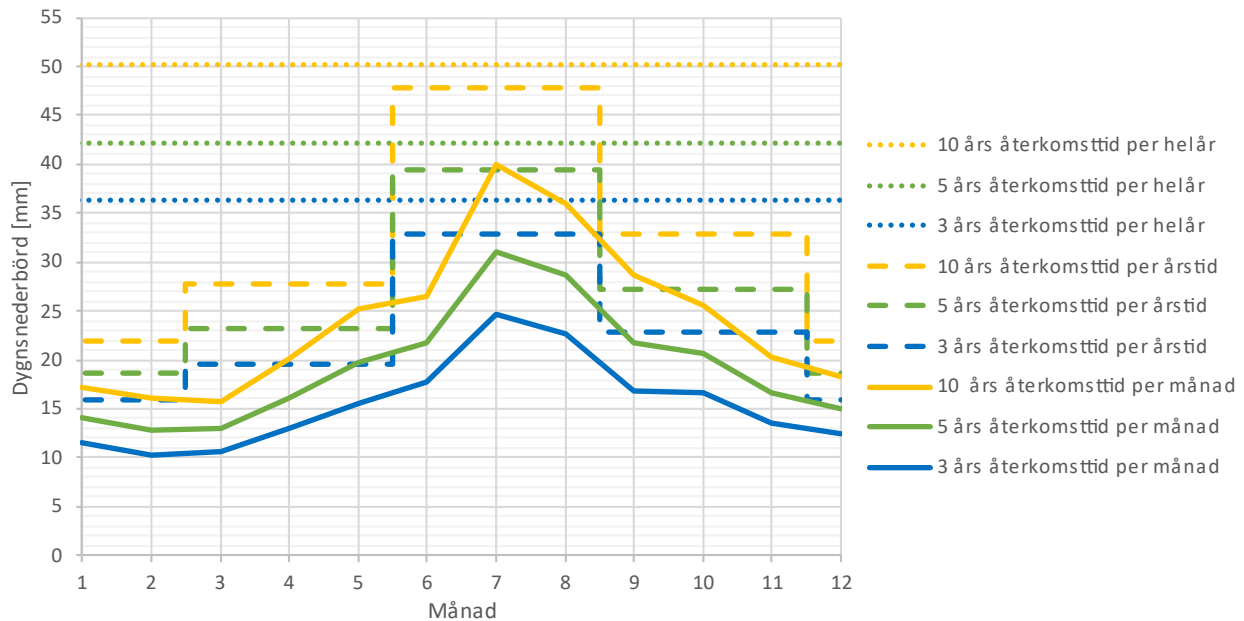
Utifrån nederbörds mätningarna vid Kristianstad mätstation sorterades det högsta värdet för varje år ut. För varje år sorterades också det högsta uppmätta värdet för varje månad ut så att den utökade analysen för månader och årstider kunde utföras. Frekvensanalys av varje års maximala dygnsnederbörd redovisas i Figur 8 där två olika funktioner som ger en god anpassning till mätvärdena redovisas. På grafens x-axel redovisas återkomsttiden och på y-

axeln redovisas den motsvarande dygnsnederbörden i mm. Den funktion som ger den bästa anpassningen till mätvärdena för återkomsttider på mellan 2-10 år är den så kallade GEV Max funktionen (röd linje i figuren). Därför har den funktioner använts för att ta fram återkomsttiderna, samma funktion visade också en god anpassning för månadsmaxvärdena och årstidsmaxvärdena varför samma funktion använts i hela analysen.



Figur 8 Frekvensanalys för dygnsnederbörd vid SMHI:s mätstation Kristianstad. Kryssen är observerade årsmaxvärdena mot vilken anpassningen har skett. Värdena baseras på mätningar och ingen klimatfaktor eller likande är inkluderad.

Samtliga nederbörds mängder för de tre olika återkomsttiderna 3, 5 respektive 10 år redovisas i Figur 9 och i Tabell 6. Utifrån figuren och tabellen går det att se att de största nederbörds mängderna vanligtvis faller under sommaren i juli och augusti. Notera dock att återkomsttiderna som redovisas för respektive månad eller årstid ger en sannolikhet för hur troligt det är att ett kraftigt regn sker just den månaden eller årstiden. Det kraftigaste regnet ett visst år kan ske vilken månad som helst, det är bara mindre sannolikt att det sker under vintern än under till exempel sommaren. Det kan därför bli så att de kraftigaste regnen för ett år underskattas om man ser till årstids- eller månadsvärden i stället för att se till årsvärden som alltid visar högre värden än de separata perioderna.



Figur 9 Sammanställning av nederbördsmängder med återkomsttid 3, 5 och 10 år. Analysen är utförd sett till maximal nederbörd över hela året, för varje årstid samt för varje månad.

Tabell 6 Sammanställning av nederbördsmängder med återkomsttid 3, 5 och 10 år. Analysen är utförd sett till maximal nederbörd över hela året, för varje årstid samt för varje månad.

| Återkomsttid [år] | Nederbörd [mm] | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----|-----|------------|-----|-----|---------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | dec | jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | aug | sep | okt | nov |
| 3 | 12 | 12 | 10 | 11 | 13 | 16 | 18 | 25 | 23 | 17 | 17 | 14 |
| 5 | 15 | 14 | 13 | 13 | 16 | 20 | 22 | 31 | 29 | 22 | 21 | 17 |
| 10 | 18 | 17 | 16 | 16 | 20 | 25 | 26 | 40 | 36 | 29 | 26 | 20 |
| | Vinter | | | Vår | | | Sommar | | | Höst | | |
| 3 | 16 | | | 20 | | | 33 | | | 23 | | |
| 5 | 19 | | | 23 | | | 39 | | | 27 | | |
| 10 | 22 | | | 28 | | | 48 | | | 33 | | |
| | Helår | | | | | | | | | | | |
| 3 | 36 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 42 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 50 | | | | | | | | | | | |

2.2.2 Klimatfaktor

När de 25 senaste åren (1997-2022) jämfördes mot nederbördsdatan för samtliga 127 år (1879-2022) kunde en viss ökning av nederbördsmängderna för de tre undersökta återkomsttiderna utläsas. Beroende på studerad återkomsttid har nederbördsmängden ökat med mellan 7-9% sett till de senaste 25 åren, se Tabell 7.

Tabell 7 Jämförelse mellan nederbördsmängder med återkomsttid 3, 5 och 10 år sett till hela mätserien och för de senaste 25 åren separat. I tabellen presenteras också den procentuella ökningen.

| Återkomsttid | 1879-2022 | 1997-2022 | Faktor | Procentuell ökning |
|--------------|-----------|-----------|--------|--------------------|
| 3 | 36,3 | 39,7 | 1,094 | 9,4% |
| 5 | 42,2 | 46,0 | 1,089 | 8,9% |
| 10 | 50,2 | 53,9 | 1,074 | 7,4% |

Analysen i Tabell 7 tyder således på att sannolikheten för kraftig nederbörd har ökat de senaste åren och det rekommenderas därför att räkna med 10% tillägg på de nederbördsmängder som tagits fram i den statistiska analysen över historiska data för att korrigera för det klimat som råder idag.

2.2.3 Fördelning av dygnsnederbörd

Med hjälp av en nederbördsformel framtagen av Dahlström (Svenskt vatten, 2011) kan en trolig fördelning av dygnsnederbörden tas fram. För en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid ges till exempel av formeln att ca 40 % av dygnsnederbörden kan falla under den värsta timmen. Applicerar vi det på den i detta uppdrag beräknade nederbördsmängden med 10 års återkomsttid (helår) och applicerar faktorn 10% för dagens klimat får vi att den totala dygnsnederbörden är $50,2 \cdot 1,1 = 55,2$ mm och att nederbördsmängden under den värsta timmen blir $55,2 \cdot 0,4 = 22,1$ mm.

Siffran 22,1 mm kan jämföras med motsvarande värde från analysen över kraftig nederbörd i Sverige utförd av SMHI (Olsson, Södling, Berg, & Wern, 2019). I den rapporten redovisas data dels för sydvästra Sverige (Region SW) och för sydöstra Sverige (Region SE) där Kristianstad i princip ligger på gränsen mellan regionerna. För region SW ges att $24,5 \pm 1,4$ mm nederbörd faller under 1h med en återkomsttid på 10 år. Motsvarande siffra för region SE är $22,6 \pm 1,3$ mm. Det i denna rapport beräknade värdet på 22,1 mm ligger således inom intervallet för region SE och precis under värdet för region SW. Överlag är detta en god överensstämmelse där lokala avvikelser självklart förekommer och de beräknade nederbördsmängderna för Kristianstad bedöms ge en god uppskattning för sannolikheten av kraftigt regn i Kristianstad.

2.2.4 Avrinningskoefficient

Av den nederbörd som faller över området kommer en viss del av nederbörden att infiltreras. Hur mycket regn som infiltrerar beror på olika faktorer som markens beskaffenhet och hur torr eller vattenmättat den är. Vid kraftigt skyfall medför markens infiltrationsförmåga att det resulterande flödet blir betydligt lägre än om ingen hänsyn till infiltration tas.

På marken i de områden som ska fungera som upplagsplatser växer inga träd och marken kan liknas vid åker, se Figur 10. För kultiverad mark och en återkomsttid för skyfall på 5 och 10 år anges värdet på avrinningskoefficienten till 0,34 respektive 0,36 (Chow, Maidment, & Mays, 1988). För en återkomsttid på 2 år skulle den vara något lägre, omkring 0,32.



Figur 10 Flygfoto hämtat från Lantmäteriets tjänst Min Karta (Lantmäteriet, 2023).

2.2.5 Upplagsområden

Inom arbetsområdet kommer det att finnas upplagsområden av olika storlekar på vilka nederbörd faller som behöver samlas upp för rening innan utsläpp sker till recipient.

2.2.5.1 *Upplagsytor*

Upplagsytorna öster och norr om Nya Björket (se Figur 1) behöver beredas på så sätt att nederbörd som faller på dessa rinner ut mot områdenas yttre gränser längs vilka diken anläggs för uppsamling av vatten. Vattenflödena och vattenvolymerna från respektive upplagsyta har beräknats och redovisas nedan. Dessa beräkningar baseras på den värsta nederbörden per helår vad gäller dygnsvärden för nederbörd (42 mm och 50 mm för 5 års respektive 10 års återkomsttid). I dessa beräkningar har en klimatkoefficient på 1,1 (ökning med 10 %) utifrån de historiska nederbördsmätningarna från 1879-2022 använts och en avrinningskoefficient på 0,34 för en nederbördshändelse med 5 års återkomsttid och 0,36 för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid. I Tabell 8 redovisas den volym avrunnet vatten som behöver hanteras vid en händelse med 5 års återkomsttid för respektive upplag under hela dygnet och under den värsta timmen (40% av dygnsnederbörden) och vilka flöden det genererar. I Tabell 9 redovisas motsvarande tabell för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid.

Tabell 8 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 5 år.

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|---|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Upplagsyta A: ca 39 000 m ² | 1802 | 613 | 7,1 | 721 | 245 | 68 |
| Upplagsyta B: ca 49 500 m ² | 2287 | 778 | 9,0 | 915 | 311 | 86 |

Tabell 9 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 10 år.

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|---|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Upplagsyta A: ca 39 000 m ² | 2145 | 772 | 8,9 | 858 | 309 | 86 |
| Upplagsyta B: ca 49 500 m ² | 2723 | 980 | 11 | 1089 | 392 | 109 |

2.2.5.2 Upplag (tillfälliga upplagsytor)

Avrunnet vatten från de tillfälliga upplagsytorna (upplag I och II) angivna i Figur 2 bedöms behöva försedimentera innan vidarepumpning till sedimentationsbassängen om det inte kan avledas via diken (försedimentering innan pumpning syftar till att skydda pumparna från onödigt slitage från sediment och partiklar i det uppsamlade vattnet). Vattenflöden från upplag i storleksordningen angivna i Figur 2 har beräknats och redovisas nedan. Dessa beräkningar baseras på den värsta nederbörden per helår vad gäller dygnsvärden för nederbörd (42 mm och 50 mm för 5 års respektive 10 års återkomsttid). I dessa beräkningar har en klimatfaktor på 1,1 (ökning med 10 %) utifrån de historiska nederbördsmätningarna från 1879-2022 använts och en avrinningskoefficient på 0,34 för en nederbördshändelse med 5 års återkomsttid och 0,36 för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid. I Tabell 10 redovisas den volym avrunnet vatten som behöver hanteras vid en händelse med 5 års återkomsttid för respektive upplag under hela dygnet och under den värsta timmen (40% av dygnsnederbörden) och vilka flöden det genererar. I Tabell 11 redovisas motsvarande tabell för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid.

Tabell 10 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 5 år.

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|---|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Upplagsyta I: ca 2 100 m ² | 97 | 33 | 0,4 | 39 | 13 | 3,7 |
| Upplagsyta II: ca 4 600 m ² | 213 | 72 | 0,8 | 85 | 29 | 8,0 |

Tabell 11 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 10 år.

2023-07-05

Ver 1.4

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|--|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Upplagsyta I: ca 2 100 m ² | 116 | 42 | 0,5 | 46 | 17 | 4,6 |
| Upplagsyta II: ca 4 600 m ² | 253 | 91 | 1,1 | 101 | 36 | 10 |

2.2.6 Schaktytor för dammkropp

Nederbörd som faller över framschaktade ytor för anläggning av den nya dammkroppen behöver omhändertas genom länshållning för att skapa goda förutsättningar för grundläggning av tätjärna, tätdike och bottenfilter i torrhet. Vattenflödena från nederbörd som faller över schaktytor för dammkroppen har beräknats och redovisas nedan. Dessa beräkningar baseras på den värsta nederbörden per helår vad gäller dygnsvärden för nederbörd (42 mm och 50 mm för 5 års respektive 10 års återkomsttid). I dessa beräkningar har en klimatkoefficient på 1,1 (ökning med 10 %) utifrån de historiska nederbörds- och avrinningsmätningarna från 1879-2022 använts och en avrinningskoefficient på 0,34 för en nederbördshändelse med 5 års återkomsttid och 0,36 för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid. I Tabell 12 redovisas den volym avrunnet vatten som behöver hanteras vid en händelse med 5 års återkomsttid för respektive upplag under hela dygnet och under den värsta timmen (40% av dygnsnederbörden) och vilka flöden det genererar. I Tabell 13 redovisas motsvarande tabell för en nederbördshändelse med 10 års återkomsttid.

Tabell 12 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 5 år.

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Dammkropp: ca 35 000 m ² | 1617 | 550 | 6.4 | 647 | 220 | 61 |

Tabell 13 Beräknade volymer nederbörd, avrunnet vatten och det resulterande flödet vid en nederbördshändelse med återkomsttid 10 år.

| Upplag | Volym nederbörd under dygnet [m ³] | Avrunnen dygnsnederbördsvolym [m ³] | Dygnsmedelflöde avrunnet vatten [l/s] | Volym nederbörd värsta timmen [m ³] | Avrunnen volym värsta timmen [m ³] | Medelflöde avrunnet vatten värsta timmen [l/s] |
|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| Dammkropp: ca 35 000 m ² | 1925 | 693 | 8.0 | 770 | 277 | 77 |

2.3 Läckage

Under anläggandet av Hammarslundsvallen kommer även läckage från Hammarsjön (uppströms) och grundvatten från området Nya Björket (nedströms) att behöva länshållas. Läckage har beräknats per meter längs dess sträckning under förutsättning att befintliga fyllningsmassor samt organisk jord har schaktats bort enligt sektion i Figur 4. Det bedöms ge upphov till förutsättningar för maximalt läckage under anläggandet av den nya dammkroppen.

Beräkning av läckage per meter damm har utförts i sektion 0+530 längs med den nya dammkroppens längdmätning med programvaran SEEP/W utgiven av GeoStudio. Denna sektion har valts eftersom den representerar den djupaste schakten för grundläggning av vallens tätkärna på lerlager. För lagerindelning har jordlagergränser från modell G100GB201 (tolkad jordlagerföljd i 3D) använts. Ny jordmodell som är under framtagande har ej ännu beaktats i detta PM. I Figur 11 visas den modell som använts samt ingående material. Den hydrauliska konduktiviteten hos organisk jord och lermaterial har erhållits från (Sweco, 2020). Trots brist på tydliga uppgifter om deras utformning har de befintliga vallarna (2004-vallen och Milners vall) antagits ha byggts upp med en homogen tätkärna av morän och med stödfyllning.

Två fall med olika hydraulisk konduktivitet hos tätkärnan har utvärderats.







Det första fallet (Fall 1) är ett teoretiskt normalfall där en konduktivitet på $k=1e-6$ m/s har använts. Detta värde motsvarar en hyfsat genomsläpplig tätkärna och har valts eftersom det är okänt i vilket tillstånd de båda befintliga vallarnas tätkärnor är.

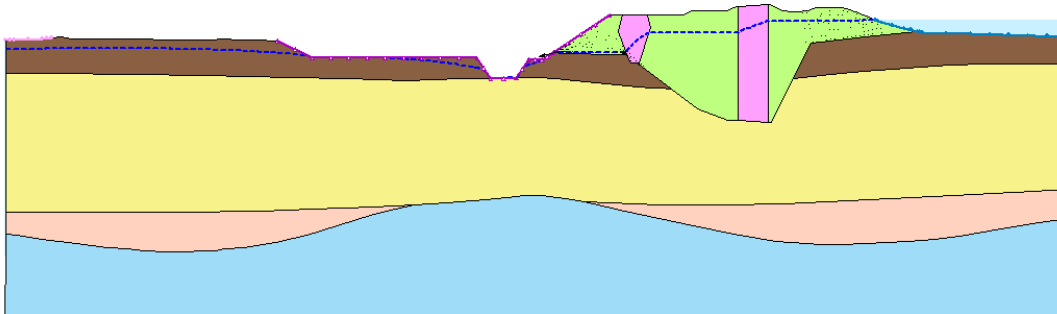
Det andra fallet (Fall 2) simulerar en lokal anomali eller skada i de båda tätkärnorna med en antagen hydraulisk konduktivitet på $k=1e-3$ m/s. Resterande fyllningsmaterial i dessa vallar antas vara en fyllning med grusig sand och har erhållit en hydraulisk konduktivitet motsvarande $k=1e-3$ m/s i de båda fallen.

Två scenarier har också beaktats angående uppströmsvattenytan:

- a) vattennivån i Hammarsjön har satts till +0,5 i beräkningarna vilket motsvarar medelvattenytan, MVY;
- b) vattennivån i Hammarsjön har satts till +2,0 i beräkningarna för att inkludera möjligheten till ett betydligt högre vattenflöde i samband med schaktningsarbeten.

Ett gränsvillkor motsvarande en nedströmsvattennivå på -2.8 har använts på vänster sida av modellen. Denna vattennivå mättes i gasverksdiket nära sektion 0+400 den 2009-03-31.

| Color | Name | Material Model | SatKx (m/sec) | Ky/Kx' Ratio | Volumetric Water Content |
|---|-------------------|----------------|---------------|--------------|--------------------------|
|  | 01. Fyllning 1e-3 | Saturated Only | 0.001 | 1 | 0.333 |
|  | 02. GYTTJA | Saturated Only | 6.1e-10 | 1 | 0.571 |
|  | 03. LERA | Saturated Only | 2.2e-10 | 1 | 0.389 |
|  | 04. SILT | Saturated Only | 1e-09 | 1 | 0.375 |
|  | 05. MORÅN | Saturated Only | 1e-07 | 1 | 0.259 |
|  | 06. TÅTJORD 1e-6 | Saturated Only | 1e-06 | 1 | 0.5 |



Figur 11 Modell för beräkning av läckage genom befintlig dammkropp.

2.3.1 Fall 1

I alla resultaten av fall 1 är läckage som kommer från Gasverksdiket (nedström) avsevärt mindre än läckage från Hammarsjön (uppström).

Scenario a)

Det beräknade läckaget vid normala förhållanden uppgår till ca 5,2e-3 l/s,m.

Schakt av befintliga fyllningsmassor samt organisk jord i den omedelbara närheten av vallen kan behöva ske i etapper om 50 m i taget innan återfyllning med ingående fyllningsmassor i den nya dammkonstruktionen sker. Det kommer därmed vara begränsade öppna schakter längs vilka läckage genom vallen kommer att ske och behöva länshållas. I detta PM görs uppskattningen att den sträcka längs vilken läckage behöver hanteras i samband med varje 50 m-schakt uppgår till dels de 50 m öppna schakt, dels 100 m åt varje håll längs med dammens sträckning vilket ger en total sträcka om 250 m. Beräknat läckage på denna sträcka tar hänsyn till en schaktbotten som eventuellt blir något längre än 50 m samt schaktslänterna utanför schaktbotten och läckageflöden från sidorna. Uppskattat läckageflöde i behov av länshållning uppgår på så vis till ca 1,3 l/s.

Scenario b)

Det beräknade läckaget för en uppströms vattennivån vid +2,0 uppgår till ca 7,3e-3 l/s,m.

Läckageflödet som erhålls över ett 50 m-sträcka motsvarande den öppna schakten och 100 m åt varje håll längs med dammens sträckning blir ca 1,8 l/s.

2.3.2 Fall 2

I alla resultaten av fall 2 är läckage som kommer från Gasverksdiket (nedströms) avsevärt mindre än läckage från Hammarsjön (uppströms).

Scenario a)

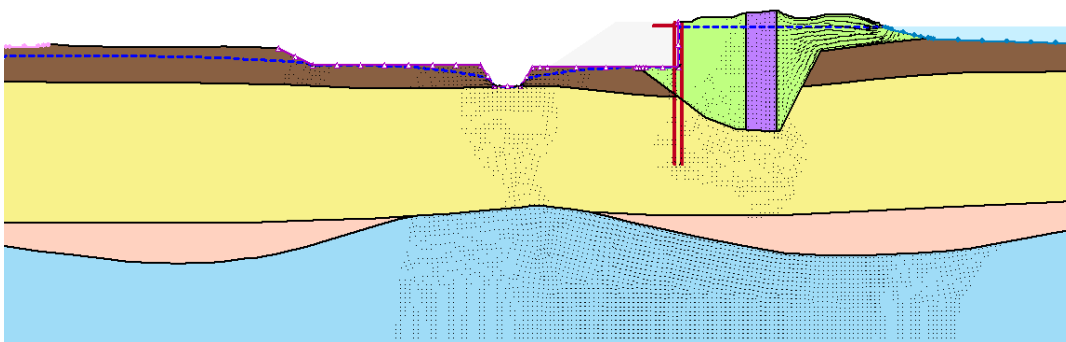
Det beräknade läckaget med skadad tätkärna uppgår till ca $3,4 \cdot 10^{-1}$ l/s,m. Eftersom vallen är så lång kan en rimlig anomalis utbredning på 50 m antas vilket ger ett läckageflöde på 17 l/s.

Scenario b)

Det beräknade läckaget med skadad tätkärna uppgår till ca $8,1 \cdot 10^{-1}$ l/s,m. Eftersom vallen är så lång kan en rimlig anomalis utbredning på 50 m antas vilket ger ett läckageflöde på 40,5 l/s.

2.3.3 Spont

Ett ytterligare alternativ har studerats, som består i att använda spont för att utföra schaktningen som krävs för att installera KC-pelarna, se Figur 12. Detta alternativ skulle kunna väljas om läckageflödet blir för högt under schaktningen. Sponten anses i princip vara helt tät. Det erhållna läckageflödet blir mycket lågt. Alla beräknade flöden redovisas i Tabell 14.



Figur 12 Modell för beräkning av läckage med användning av en spont för att utföra schaktningen.

Tabell 14 Beräknade flöden som erhållits för de olika scenarierna.

| Fall | scenario | q [l/s,m] | q [l/s,m] med spont |
|--------|-------------|---------------------|---------------------|
| Fall 1 | scenario a) | $5,2 \cdot 10^{-3}$ | $1,9 \cdot 10^{-6}$ |
| | scenario b) | $7,3 \cdot 10^{-3}$ | $2,4 \cdot 10^{-6}$ |
| Fall 2 | scenario a) | $3,4 \cdot 10^{-1}$ | $1,9 \cdot 10^{-6}$ |
| | scenario b) | $8,1 \cdot 10^{-1}$ | $2,4 \cdot 10^{-6}$ |

2.3.4 Slutsats

De teoretiska läckagen som erhålls i fall 1 är låga på grund av antagandet om förhållandevis täta jordlager. Om spont inte används för att utföra schakten behöver dock pumpar dimensioneras för om det skulle finnas anomalier i jordlagren vilka kan orsaka stora inläckage (teoretiskt framräknade värden är avsevärt mindre än om ett enda punktläckage uppkommer). Den befintliga vallen är lång och har ett okontrollerat utförande. Sannolikheten för en anomali någonstans längs sträckan anses då vara hög. Det rekommenderas att anta ett 50 l/s läckageflöde mot ett 50 m öppen schakt för val av pumpkapacitet samt ha minst en extra pump i reserv.

Om mycket stora inläckage skulle uppstå kan schakten skyndsamt behöva läggas igen med täta massor vilka erosionsskyddas. En handlingsplan för hantering av oväntade händelser under schaktarbetena behöver tas fram.

Utifrån beräknade vattenmängder från nederbörd för olika återkomsttider och uppskattat läckageflöde i samband med schakt för grundläggning av ny damm kan erforderlig storlek/kapacitet hos pumpar, ledningar och sedimentationsbassäng utformas för att undvika okontrollerad bräddning till recipienten.

Även temporär magasinering inom schakter skulle kunna tillåtas och att pumpning återupptas när nederbörden upphört. Detta för att inte överbelasta sedimenteringsanläggningen.