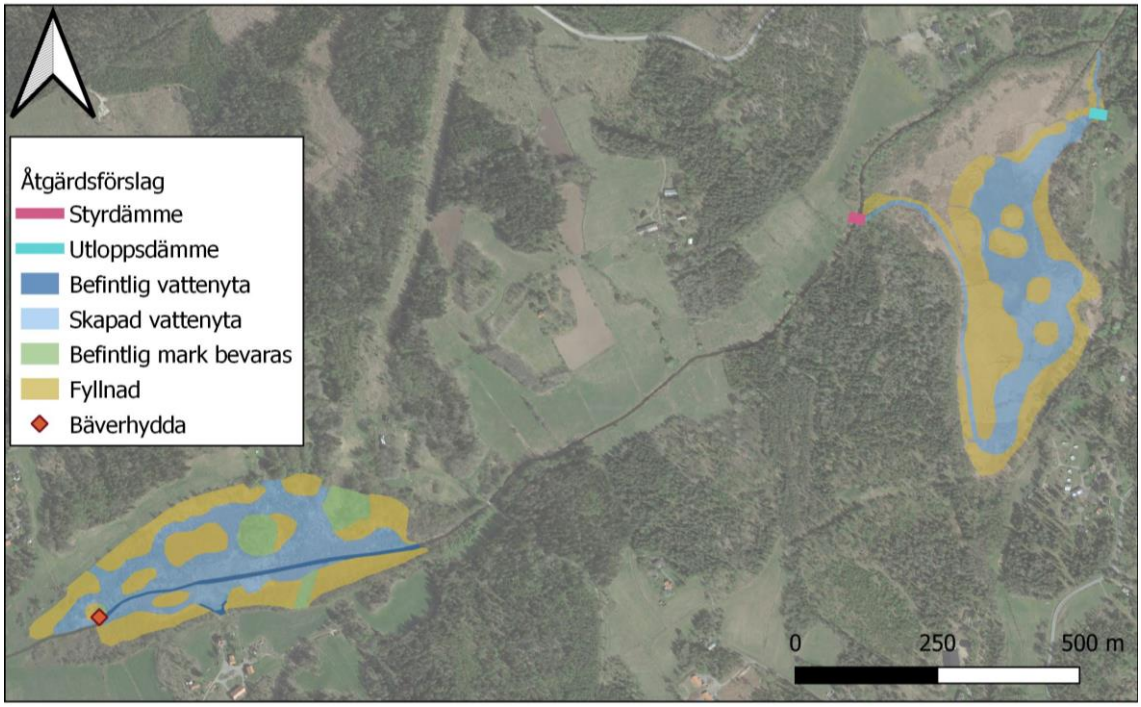
Uppsala 13 december 2023

PM

Hydrologisk modellering i Svartingen och Björknässjön

Inledning

I detta PM sammanfattas resultaten av en hydrologisk modellering för att fastställa effekterna av åtgärdsförslag för sjöarna Svartingen och Björknässjön. Åtgärdsförslaget omfattar två dämmen, nedströms respektive uppströms Svartingen, utgrävning av vattenytor och upplägg av massor runt vattenytorna (Figur 1). Den hydrologiska modellen byggdes upp i programmet HEC-RAS. HEC-RAS är en programvara för hydrologisk och hydraulisk modellering utvecklad av militärens ingenjörskår i USA[1]. Sjön Svartingens befintliga skick syns i Figur 2.



Figur 1. Åtgärdsförslag för restaurering av Svartingen och Björknässjön. Ortofoto: Google Satellite.

[1] https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

Figur 2. Den igenvuxna sjön Svartingen, sedd västerifrån. Diket som leder vattnet förbi ses sjön ses i de vänstra delarna av fotot. Foto: WRS, 2023.

Använda underlag

Följande underlag har använts för modelleringen:

- Digital höjdmodell (DEM) från Lantmäteriet från 2023 (höjder angivna i RH 2000)
- Manuella inmätningar med GPS av höjdnivåer i diket runt Svartingen samt i och uppströms Björknässjön, utförda 2023-05-09
- Åsystemets och sjöarnas utsträckning, baserat på Lantmäteriets hydrografi från 2022
- Tabellvärden för Mannings skrovlighetskoefficienter från HEC-RAS användarmanual
- SMHI:s modellerade S-HYPE-data från Vattenwebben över vattenföring i delavrinningsområde 8921 (S-HYPE version 16i, hämtade 2023-05-15)
- Handlingar från markavvattningsföretaget Bergshamra-Eneby vattenavledningsföretag år 1957

Flödesdata

Ingen mätstation för uppmätta flöden finns i Bergshamraån. Den flödesdata som användes i modelleringen baserades på SMHI:s modellerade data som bygger på uppmätta flöden i Sverige under perioden 1991 till 2020. Data baserades på SMHI:s område 8921 som motsvarar hela Bergshamraåns avrinningsområde. Området som rinner till Björknässjön och Svartingen utgör endast en del av detta avrinningsområde, så flödesdata justerades så att endast avrinnings-området uppströms Vadbron (uppströms Björknässjön) modellerades. SMHI:s data är modellerade och bör inte tolkas som exakt de flöden som uppstår i vattendraget utan ger snarare en fingervisning om flödenas storleksordning. Medellåg- (MLQ), medel- (MQ), medelhög- (MHQ) och 10-årsvattenföring (HQ10) redovisas i detta PM. MLQ och MHQ motsvarar medelvärdet av varje års lägsta respektive högsta dygnsvattenföringen, MQ motsvarar

medelvärdet av hela periodens dygnsvattenföring och HQ10 motsvarar högvattenföring med en återkomsttid av 10 år (som statistiskt kan förväntas förekomma en gång per 10 år).

Modelleringen gjordes som en ”*steady-state*-modellering”, vilket innebär att ett och samma flöde läggs på modellen under oändligt lång tid så att vattennivåerna ställer in sig på en viss nivå för varje vattenföring. Den här typen av modellering är lämplig för att ge en indikation på hur vattennivåerna ställer in sig när flödet är relativt stabilt en längre tid samt för att bedöma den maximala vattennivån som kan uppträda vid ett visst flöde. I praktiken fluktuerar flödena, men de modellerade flödena ger en god illustration av vilka spann av vattennivåer som kan förväntas förekomma.

Tabell 1. Vattenföring [m³/s] från SMHI:s modellerade S-HYPE-data för område 8921 samt modellerad vattenföring i modellen

Flödeskategori		**SMHI:s område 8921 [m³/s]**	**Flöden i modellen i HEC-RAS [m³/s]**
10-årsvattenföring	(HQ10)	4,67	4,24
Medelhögvattenföring	(MHQ)	3,22	2,93
Medelvattenföring	(MQ)	0,56	0,51
Medellågvattenföring	(MLQ)	0,03	0,027

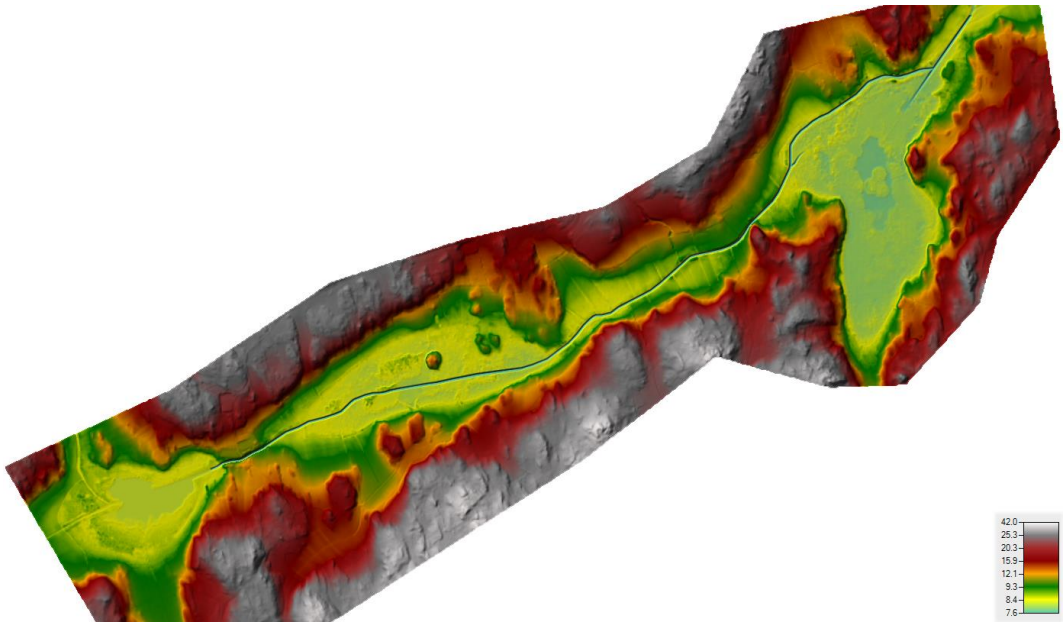
Modellering i HEC-RAS

Vattendraget modellerades från en punkt nedströms Svartingens utlopp (men uppströms Bergshamravägen) till en punkt strax norr om Vadbron uppströms Björknässjön. Modelleringen utgick ifrån SMHI:s modellerade flöden, en modifierad version av Lantmäteriets höjdmodell (se nedan) och uppskattade värden på Mannings tal. En modell togs fram för befintlig situation och en för planerad situation. För planerad situation skapades två delmodeller, en där allt vatten går genom Svartingen och en där diket runt Svartingen inkluderades. Detta gjordes eftersom de initiala iterationerna av modellen visade att vattennivåerna vid MLQ och MQ vid styrdämmet uppströms Svartingen var lägre än dämmets föreslagna höjdnivå så att inget vatten passerar över dämmet. Vid högre flöden passerar vatten över både styrdämmet och genom sjön, varför båda flödesvägar inkluderades för MHQ och HQ10. De modellerade momenten beskrivs nedan.

Höjdmodell för befintlig situation

Lantmäteriets höjdmodell modifierades baserat på inmätningar av vattendragets profil och information från markavvattningsföretagets kartor (Figur 3). Inmätningarna visade på att vattendraget idag är sänkt med cirka 0,5 meter till 1 meter jämfört med markavvattnings-företagets nivåer. För att ge en representativ bild av nuläget baserades justeringarna av modellen på inmätningarna som gjordes i fält, men markavvattningsföretagets kartor användes för att utforma formen på tvärsektionerna.

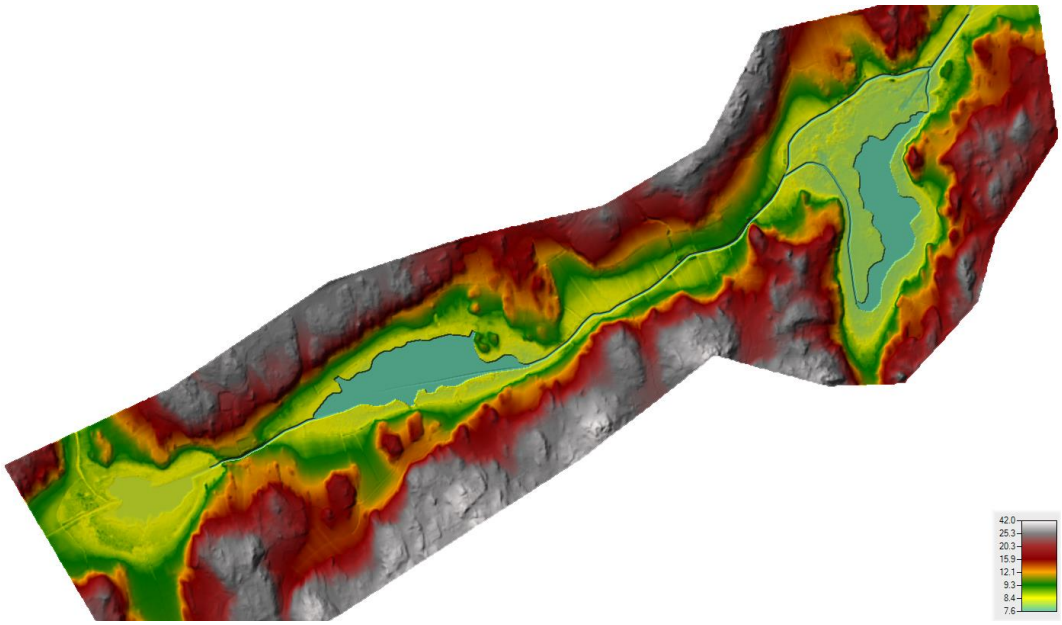
Vadbron inkluderas inte i modellen eftersom denna ligger på en mycket högre höjdnivå än själva vattendraget och inte riskerar att påverka flödet. Värnbron som ligger strax nedströms Björknässjön inkluderades dock i modellen eftersom denna bedöms kunna påverka vattennivåerna vid högre vattenföring.



Figur 3. Höjdmodell för nuläget i Björknässjön och Svartingen baserad på Lantmäteriets höjdmodell (2023). Ursprunglig höjdmodell har modifierats genom att ändra vattendragets djup och utformning baserat på inmätningar och markavvattningsföretagets kartor.

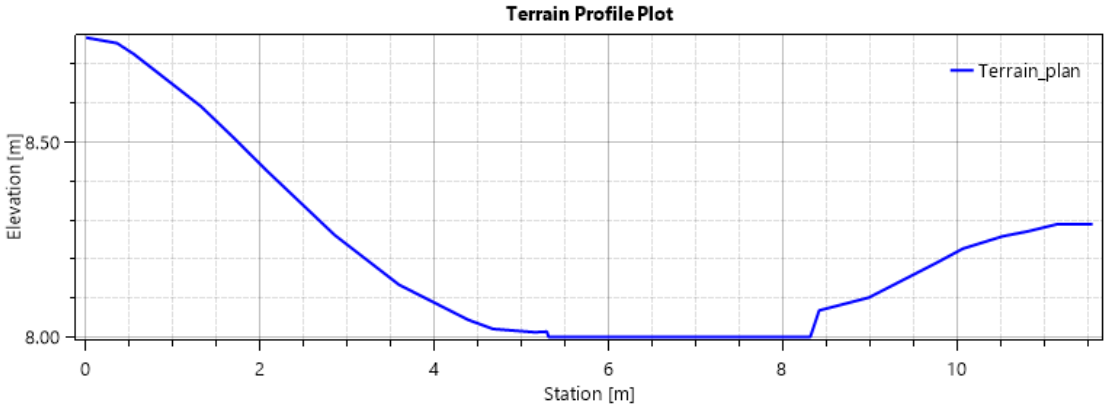
Höjdmodell för planerad situation

För att modellera den framtida, planerade situationen modifierades modellen på tre sätt: marknivåerna i båda sjöarna sänktes för att grovt motsvara de bottendjup och utsträckningar som föreslås i åtgärdsförslagen, vattendraget delades upp så att flöde kan gå både runt och genom sjön Svartingen, och föreslagna dämmen och tillhörande sjönacke (utloppsdämmet) och erosionsskydd (styrdämmet) inkluderades (Figur 4). Olika nivåer testades för både styrdämmet uppströms och utloppsdämmet nedströms Svartingen för att skapa den önskade dämningseffekten och samtidigt minimera påverkan på mark uppströms Vadbron.

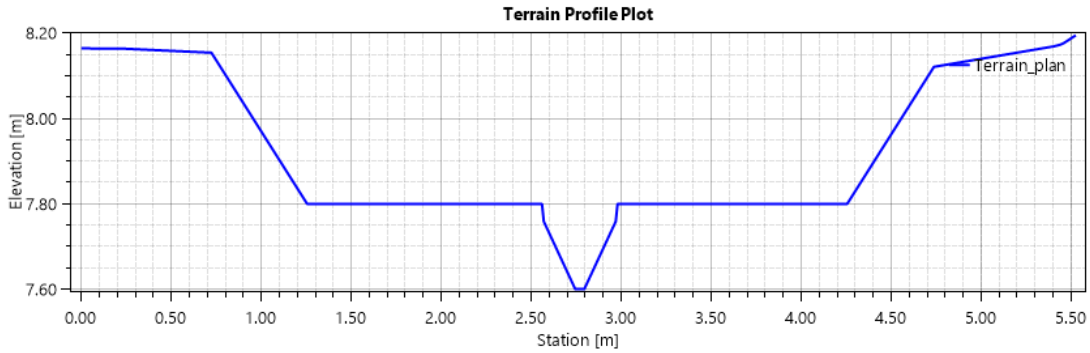


Figur 4. Höjdmodell för planerad situation i Björknässjön och Svartingen baserad på Lantmäteriets höjdmodell (2023). Ursprunglig höjdmodell har modifierats genom att ändra vattendragets djup och utformning baserat på inmätningar och markavvattningsföretagets kartor.

Styrdämmet (vid Svartingens inlopp) modellerades slutligen med en nivå på + 8 meter (Figur 5), och utloppsdämmet med en nivå på +7,8 meter (Figur 6). I utloppsdämmet modellerades även ett cirka 20 cm djupt och 50 cm brett utskov. Utskovets form och dimensioner valdes för att tillåta medellågvatten-föringen på 0,027 m^3/s passera genom utskovet med hastighet 1 m/s utan att höja vattenytan över dämmets överkant. Detta gör det möjligt för flödet att vara kanaliserat i fåran så att fisk kan vandra förbi dämmet även vid lägre vattenföring. Utloppsdämmet modellerades även med en cirka 40 meter lång sjönacke nedströms med en lutning på 2,5 procent för att skapa förutsättningar för fiskvandring.



Figur 5. Höjdnivå för styrdämmet uppströms Svartingen.



Figur 6. Höjdnivå för utloppsdämmet nedströms Svartingen, inklusive ett 20 cm djupt och 50 cm brett utskov för att möjliggöra för fiskpassage även vid lågvattenföring.

Vattendragets geometri

För nuläget modellerades 17 tvärsektioner i vattendraget, medan planerad situation inkluderade 46 tvärsektioner. Fler sektioner krävdes för att modellera planerad situation eftersom större noggrannhet krävs vid dämmena, och eftersom både sträckan genom Svartingen och diket som löper runt Svartingen i norr behövde inkluderas. Modellen för befintlig situation är lite kortare, cirka 2800 meter, medan modellen för planerad situation är lite längre, cirka 3600 meter. Det beror på att sträckan genom Svartingen är cirka 800 meter längre än diket som löper norr om sjön.

Mannings tal

De Mannings tal som användes visas i Tabell 2. Mannings tal är skrovlighetskoefficienter som representerar flödesmotståndet som uppstår i vattendrag på grund av växtlighet, stenar, meandring med mera. Ett lägre Mannings tal motsvarar ett större flödesmotstånd och ett trögare flöde. Modellen testades med olika Mannings tal och resultaten jämfördes med uppmätta vattennivåer för att hitta de mest rimliga värdena.

Tabell 2. Använda Mannings tal, deras korresponderande kategorier i HEC-RAS och specificering av vilken del av modellen som värdet användes för.

Kategori i HEC-RAS	Mannings tal	Del av modellområde
Main Channels *"Clean, straight, full, no rifts or deep pools"*	33	Åfåra uppströms och mellan sjöarna, innanför banklinjer
Main Channels *"Clean, winding, some pools and shoals, lower stages, more ineffective slopes and sections"*	20	Åfåra vid sjöarna, innanför banklinjer
Flood Plains *"Light brush and trees, in winter"*	20	Strandängar uppströms och mellan sjöarna, utanför banklinjer
Flood Plains *"Medium to dense brush, in winter"*	14	Strandängar, utanför banklinjer

Resulterande vattennivåer

Modellens resulterande vattennivåer för befintlig situation redovisas i Figur 7. Vattennivåer för framtida situation med implementerade åtgärdsförslag redovisas i Figur 8. I Figur 9 jämförs

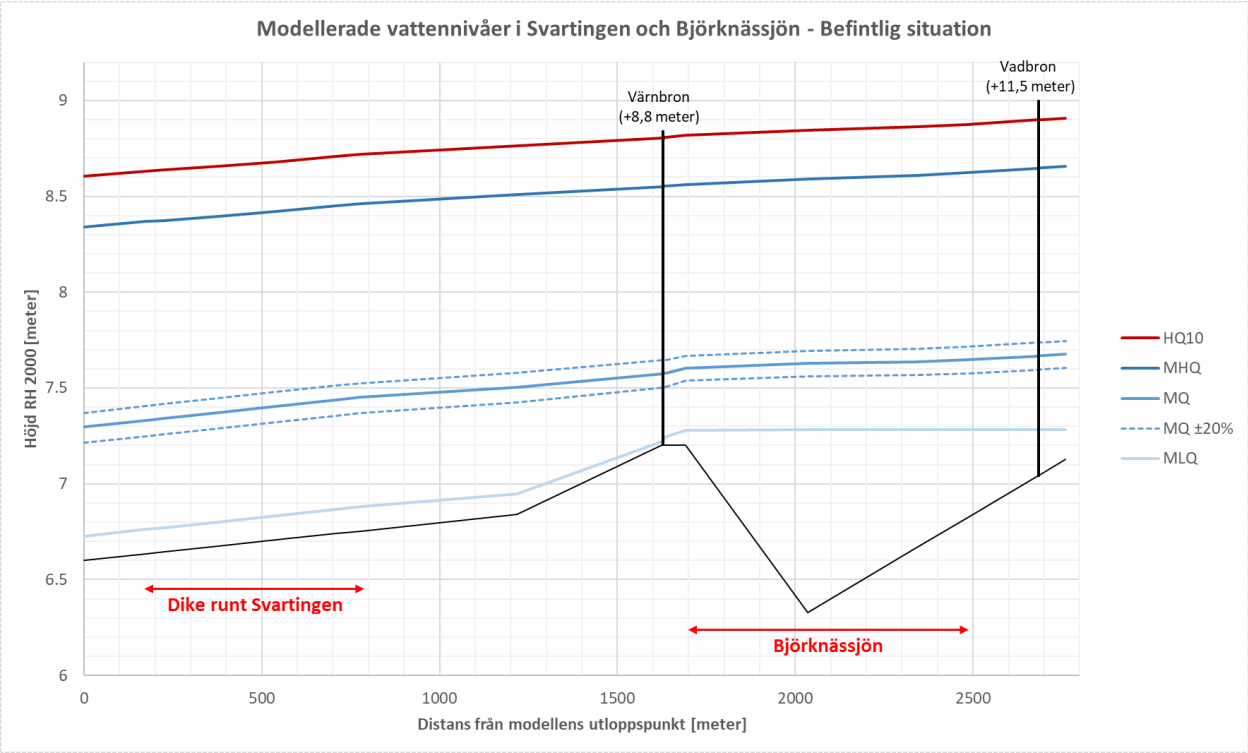
medelvattenföring för befintlig och framtida situation. Resultaten visar på att vattennivåer vid medellågvattenföring och medelvattenföring kommer att öka med förslagen, upp till utloppsdämmets nivå på +7,8 meter eller högre. Vattennivåer för respektive situation och flödeskategori presenteras i Tabell 3, för fyra platser i modellen: nedströms Svartingen, uppströms Svartingen (strax uppströms styrdämmet), nedströms Björknässjön samt uppströms Vadbron (uppströms Björknässjön).

För medelvattenföring har resultaten även modellerats med flöde ± 20 procent. Osäkerheterna i modelleringen är stora, både för indata i form av flöden och för själva modelluppbyggnaden. Genom att lägga till en osäkerhet på 20 procent så ges ett spann av rimliga värden för medelvattenföringen. För modelleringen av nuläget varierade vattennivåerna i modellen med cirka 6 till 8 cm när medelvattenföringen justerades med 20 procent (detta syns i Figur 7 och Figur 9). För modelleringen av framtida situation varierade vattennivåerna i modellen med cirka 7 till 8 cm nedströms Svartingens utloppsdämme till följd av den justerade medelvattenföringen, men endast cirka 2 till 4 cm uppströms utloppsdämmet (detta syns i Figur 8 och Figur 9). Eftersom en justering av flöden med 20 procent medför en förändring med endast några centimeter i vattennivå så tyder detta på att modellen är robust och att osäkerheter i flödesdata har en relativt liten påverkan på resultaten.

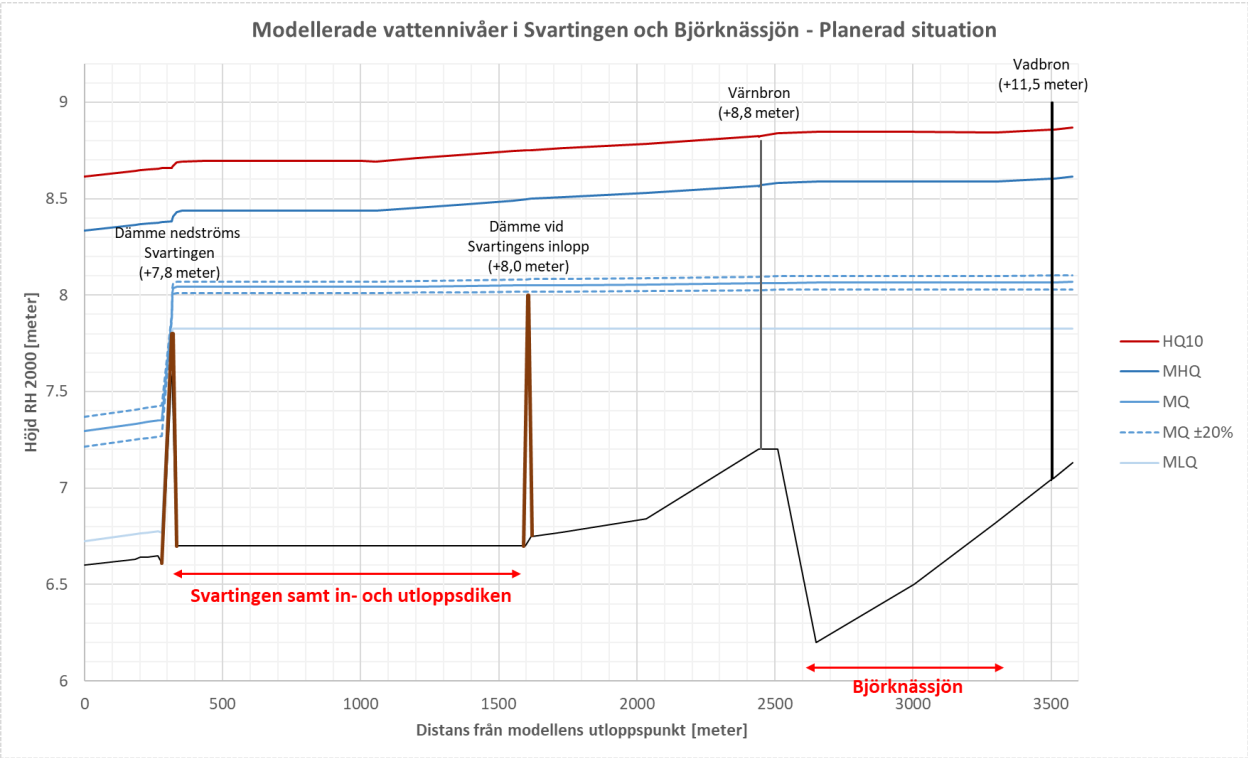
Modellens resultat tyder på att inget eller väldigt lite vatten kommer att passera över styrdämmet vid medelvattenföring eftersom vattennivån vid dämmet ligger runt +8 meter, vilket alltså är samma som dämmet. Vid högre flöden kommer vattennivån vid styrdämmet att överstiga +8 meter och dämmet kommer att bli vattenförande, medan lägre flöden än medelvattenföring sannolikt medför att styrdämmet blir helt torrt. Det är värt att notera att även om dämmet i sig kommer att vara torrt vid lågvattenföring så är det troligt att vatten kommer att trycka upp bakåt från Bergshamraån nedströms Svartingen, så att diket inte blir torrt i praktiken.

Tabell 3. Vattennivåer för fyra platser i det modellerade systemet, vid olika flöden.

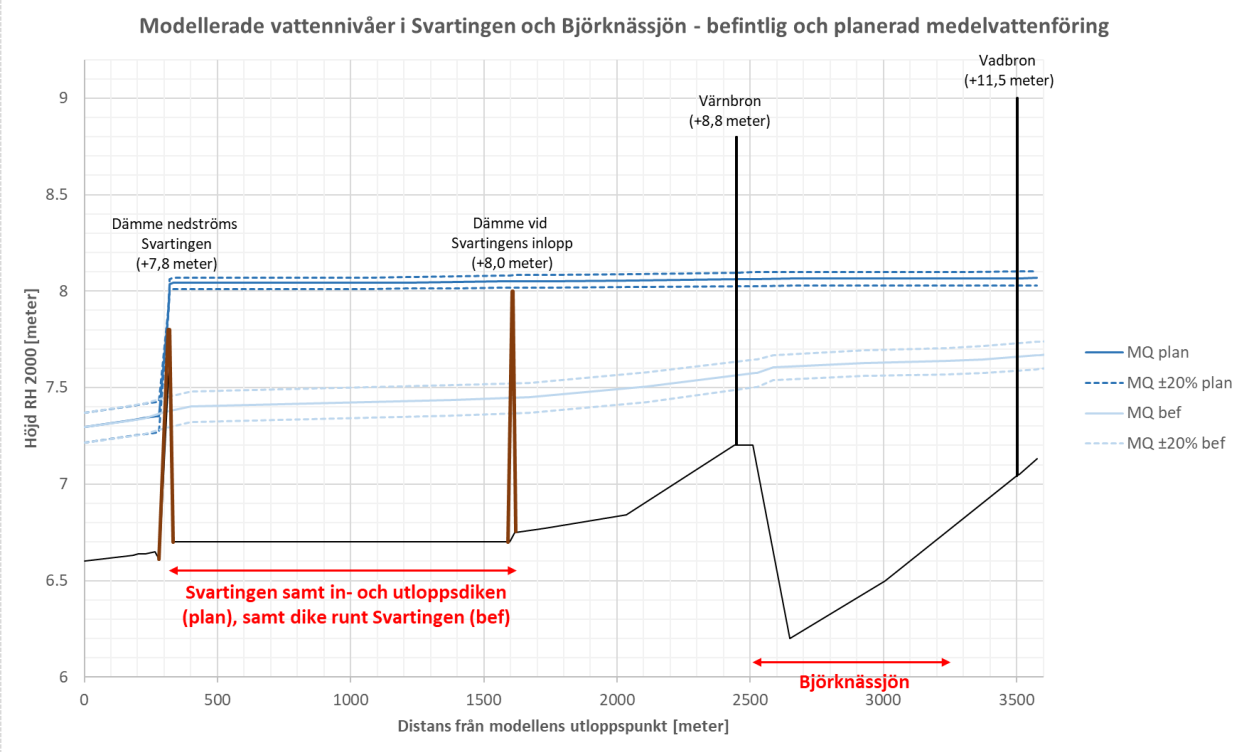
Flödeskategori	**Nedströms Svartingen [m]**	**Uppströms Svartingen [m]**	**Nedströms Björknässjön [m]**	**Uppströms Vadbron [m]**
Nuläge				
HQ10	+8,63	+8,76	+8,82	+8,91
MHQ	+8,37	+8,51	+8,56	+8,66
MQ	+7,33	+7,51	+7,60	+7,68
MLQ	+6,76	+6,95	+7,28	+7,28
Framtid, med dämme				
HQ10	+8,65	+8,75	+8,84	+8,87
MHQ	+8,36	+8,50	+8,58	+8,61
MQ	+7,33	+8,05	+8,06	+8,07
MLQ	+6,76	+7,83	+7,83	+7,83



Figur 7. Vattennivåer för befintlig situation i det modellerade systemet vid medellågvattenföring MLQ, medelvattenföring MQ, MQ ± 20 procent, medelhögvattenföring MHQ och högvattenföring med 10 års återkomsttid HQ10.



Figur 8. Vattennivåer för planerad situation i det modellerade systemet vid medellågvattenföring MLQ, medelvattenföring MQ, MQ ± 20 procent, medelhögvattenföring MHQ och högvattenföring med 10 års återkomsttid HQ10.



Figur 9. Jämförelse mellan medelvattenföring MQ för befintlig och planerad situation, inklusive MQ ± 20 procent.

Lukas Rehn
WRS AB