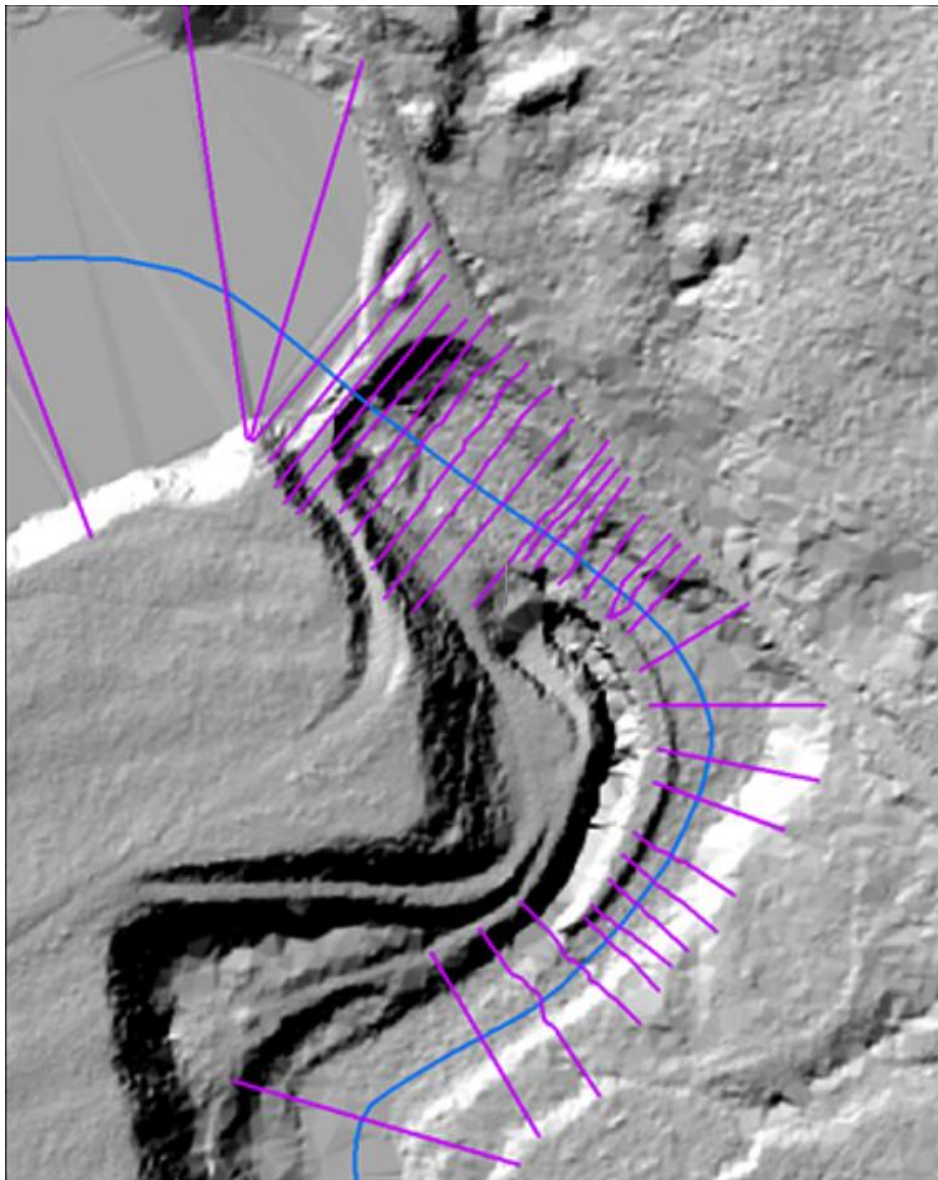


Hednäs kraftverk - Hydraulisk utredning



Sweco Sverige AB			
Uppdrag	Skellefteå kraft_Åby älv Moderna miljövillkor		
Uppdragsnummer	30028265	Granskad av	Skellefteå kraft
Kund	Skellefteå Kraftaktiebolag	Godkänd av	Skellefteå kraft
Ver	Slutversion		
Datum	2025-06-19		
Upprättad av	Lisa Orrheim		
Dokumentreferens	\\sesdlfs004\projekt\21583\30028265\000\19 original\slutversion 250619\250619 hydraulisk utredning hednäs kraftverk slutversion.docx		

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Syfte	4
1.2	Beräkningsscenario	4
1.2.1	Flödesscenario	4
1.2.2	Utrivningsalternativ	4
2	Beskrivning av modelluppbyggnad	6
2.1	Mjukvara	6
2.2	Inmätningar	6
2.3	Höjdmodell	7
2.4	Stomlinje och tvärsektioner	7
2.5	Manning (strömningsmotstånd)	10
2.6	Randvillkor	11
2.7	Antaganden och begränsningar	11
3	Resultat	12
3.1	Strömningsförhållanden vid forsnacken vid den utrivna dammen	12
3.2	Maximala vattenhastigheter och vattendjup under hela simulationsperioden maj – september	12
3.3	Vattenhastigheter och vattendjup vid MQ	13
3.4	Vattenhastigheter och vattendjup vid MLQ	14
3.5	Påverkan på området uppströms den utrivna dammen	16
4	Slutsats	17
5	Referenser	18

1 Inledning

I samband med den planerade utrivningen av Hednäs Kraftverk har en hydraulisk utredning utförts gällande strömningsförhållanden vid platsen för anläggningen samt i spillfåran.

Arbetet har omfattats av upprättandet av en endimensionell hydraulisk vattendragsmodell som sträcker sig från ca 1,5 km uppströms kraftverket till ca 3,1 km nedströms kraftverket. Beräkningar har utförts för att undersöka de framtida strömningsförhållandena som kan tänkas råda efter det att utrivningen av Hednäs kraftverk har genomförts.

Föreliggande PM beskriver metodiken och resultatet från ett förslag på utformning av utrivningen. Den föreslagna utformningen innefattar den forsacke som återstår efter den utrivna dammen, baserad på den kvarvarande marknivån, samt innefattar justering av geometrin i spillfåran.

I föreliggande PM redovisas alla nivåer i höjdsystemet RH2000 om inget annat anges. Valet av höjdsystem har gjorts med bakgrund av att erhållen terrängdata var i RH2000. Inom uppdraget har konvertering mellan RH70 och RH2000 utförts enligt följande: $RH70\text{ (m)} + 0,244\text{ (m)} = RH2000\text{ (m)}$.

1.1 Syfte

Syftet med föreliggande utredning är att beräkna vattennivåer, vattendjup och medelvattenhastigheter vid den forsacke som återstår efter utrivningen av dammen samt vid spillfåran. Beräkningsresultatet kommer att utgöra underlag för bedömning av målarternas möjlighet att vandra förbi den återstående forsacken och spillfåran samt underlag för framtagning av förslag på åtgärder för återställning av vattendraget.

1.2 Beräkningsscenario

1.2.1 Flödesscenario

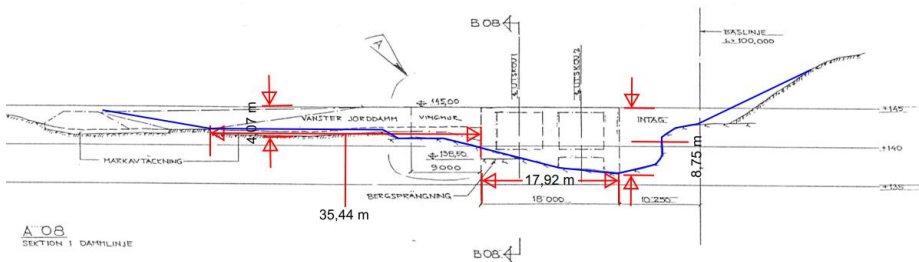
Flödesscenarioerna som har studerats är följande:

- *Dygnsmedelflöde från maj till september* – Simulationsperioden sträcker sig från början av maj till och med slutet av september. Flödesscenarioet som ska analyseras motsvarar ett beräknat dygnsmedelflöde som varierar under simulationsperioden.
- *Medelvattenföringen (MQ)* – statiskt flöde.
- *Medellågvattenföringen (MLQ)* – statiskt flöde.

För utförlig beskrivning om härkomsten av flödena hänvisas till kapitel 2.6.

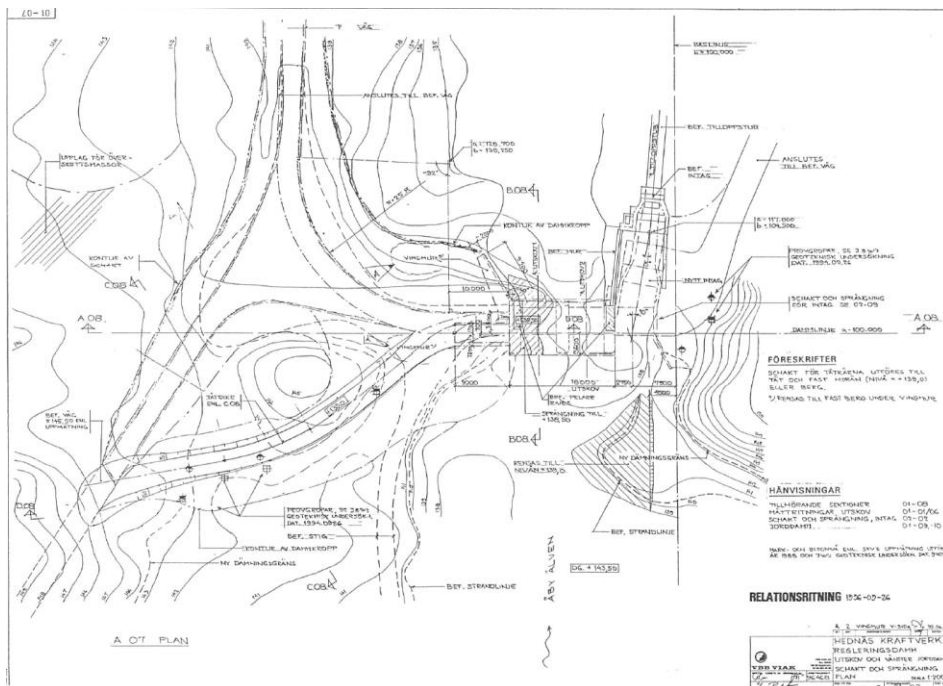
1.2.2 Utrivningsalternativ

Beräkningsscenarioet syftar att beskriva den framtida utformningen av den aktuella flödessträckan efter att dammen har rivits ut. I vattendragsmodellen kommer forsacken vid den utrivna dammen beskrivas med en tvärsektion enligt den blå linjen i Figur 1 nedan. Den lägsta bottennivån är belägen på +136,49 m (RH2000).



Figur 1. Forsnacken som kvarstår efter utrivning av dammen. Bottennivåerna är markerad med blå linje och är ritad i dammlinjen. Höjdnivåerna i ritningen är angivna i RH70.

Topografin strax uppströms och nedströms dammen efter utrivningen antas efterlikna den tidigare som fanns innan dammen byggdes. I modellen har de två närliggande tvärsektionerna uppströms och nedströms forsnacken vid den utrivna dammen beskrivits utifrån höjdkurvorna i en planritning över regleringsdammen från uppförandet av dammen, se Figur 2.



Figur 2. Planritning med höjdkurvor för uppförandet av regleringsdammen. Höjdkurvorna användes som underlag för att i vattendragsmodellen beskriva den omgivande topografin efter att dammen har rivits ut. Höjdnivåerna i ritningen är angivna i RH70.

Stödmuren belägen i spillfårans högra strandkant sett i strömriktningen, se blå markering i Figur 3, planeras att rivas och har rensats bort från topografin i vattendragsmodellen.



Figur 3. Stödmuren (blå markering) som förväntas avlägsnas från spillfåran har rensats bort från topografin i vattendragsmodellen.

2 Beskrivning av modelluppbyggnad

2.1 Mjukvara

Vattendragsmodellen har upprättats i det hydrodynamiska modellverktyget MIKE 11 som har utvecklats av DHI Water & Environment. MIKE 11 är en endimensionell modell som bygger på Saint-Venants ekvationer. För en ingående beskrivning av hur modellverktyget fungerar hänvisas till MIKE11 Reference Manual (DHI, 2019).

2.2 Inmätningar

För att öka kvaliteten hos underlaget som används för att beskriva vattendraget är det oftast önskvärt att använda inmätningar av batymetrin, särskilt på de platser där osäkerheterna kan bli kritiska för resultaten. I föreliggande utredning fanns det tillgång till inmätningar längs tvärsektioner i spillfåran utförda av Norconsult augusti 2017. Underlaget utgjordes av inmätta bottennivåer samt av omgivande terrängnivåer, se Figur 4 för platserna av inmätta höjdpunkter.



Figur 4. Inmätta höjdpunkter längs spillfåran.

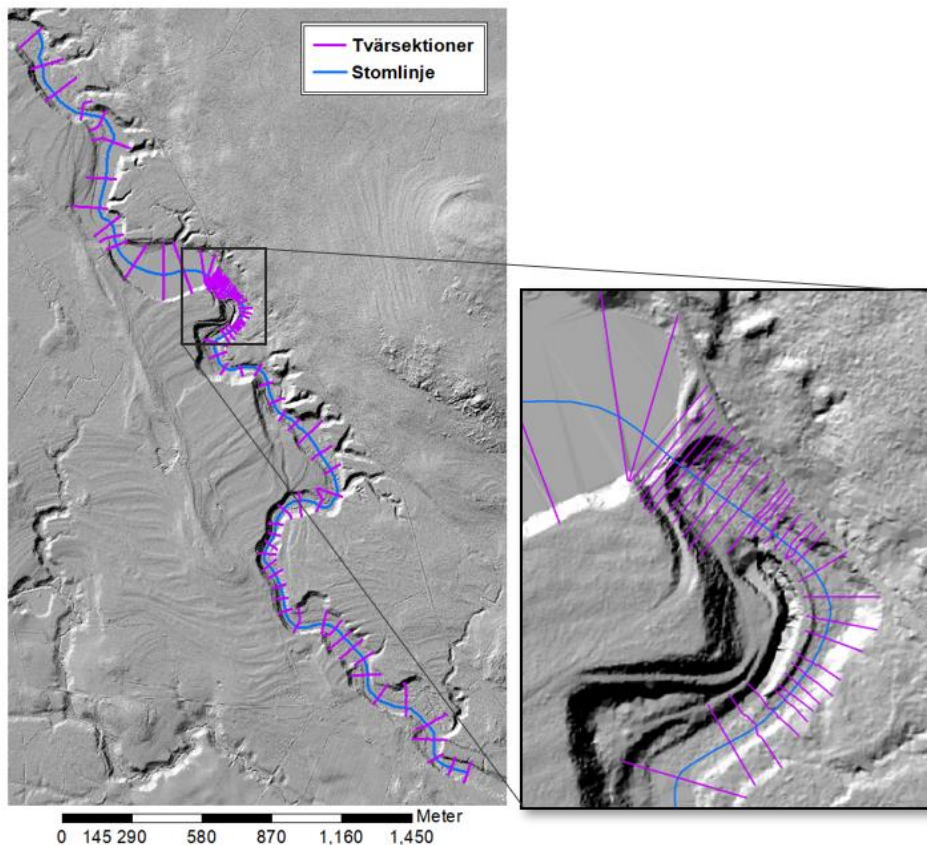
2.3 Höjdmodell

En viktig komponent vid beräkningsmodellering av vattendrag är framtagandet av en höjdmodell då det är denna som ligger till grund för topografin som beskrivs i modellen. Höjdmodellen består av ett rutnät, ett så kallat raster, där varje rastercell erhåller en höjdnivå. Upplösningen är 1 x 1 m, det vill säga varje rastercell representerar höjdförhållandena i ett 1 m² stort kvadratisk område. Höjdnivåerna är baserade på laserskannad höjddata (Laserdata från Lantmäteriet) som generellt har en noggrannhet på < 0,1 m på plana hårdgjorda ytor. Emellertid kan noggrannheten lokalt bli sämre i sluttande terräng eller svårdefinierad marknivå. Höjdmodellen illustreras i Figur 5.

2.4 Stomlinje och tvärsektioner

Vattendragets längd beskrivs med en stomlinje i den endimensionella modellen medan dess geometri representeras av tvärsektioner som placeras vinkelrätt mot stomlinjen. Varje tvärsektion representerar en kort delsträcka av vattendraget. Tvärsektionerna sträcker sig över vattenfåran samt längre ut i landskapet så att vattnets utbredning vid höga nivåer täcks in. När modellen körs beräknas vattennivån och vattnets medelhastighet i varje tvärsektion varpå en vattenståndsprofil längs med vattendraget erhålls.

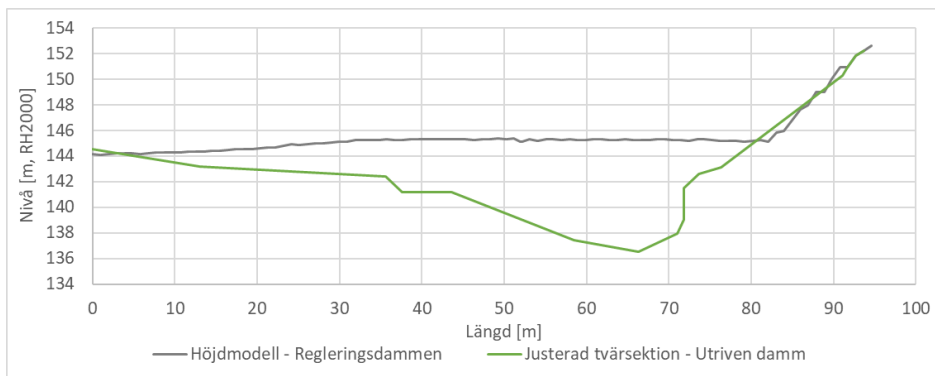
I programmet ArcMap upprättades stomlinjen och tvärsektioner för vattendragssträckan, se Figur 5. Modellen har sin start strax nedströms Borgforsen, 1570 m uppströms Hednäs kraftverk och har sitt slut 3140 m nedströms Hednäs kraftverk, strax uppströms Hällforsen. Totalt utgörs modellen av 85 tvärsektioner och en ca 4,7 km lång stomlinje. Tättare antal tvärsektioner har placerats vid dammen samt i spillfåran för att beskriva topografin mer noggrant i modellen.



Figur 5. Illustrerar tvärsektionerna (lila linjer), stomlinjen (blå linje) samt den bakgrundliggande höjdmappen. Den inzoomade bilden till höger visar hur tvärsektioner har placerats tätare vid dammläget samt i spillfåran för att noggrannare beskriva topografin i den aktuella platsen.

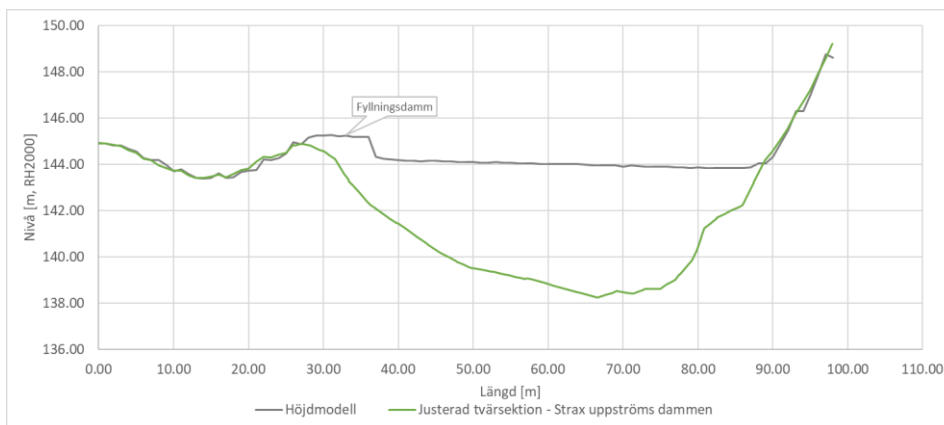
Därefter extraherades höjdmodellens nivåer till tvärsektionerna i Mike11. Eftersom höjdmappen enbart fångar vattenytans höjdnivåer innehåller denna ej information om hur vattendragets botten ser ut. Därför har vattendraget i tvärsektionerna sänkts ned manuellt.

Forsnacken vid den utrivna dammen beskrivs som en tvärsektion där marknivåerna har sänkts ned enligt den föreslagna utformningen, se Figur 1. Efter att höjdmodellens sektion över regleringsdammen sänkts ned ser forsnacken ut enligt grön linje illustrerad i Figur 6.



Figur 6. Illustrerar forsnacken efter utrivningen av dammen som har lagts in i modellen.

De två tvärsektionerna belägna strax uppströms och nedströms den utrivna dammen har justerats baserat på höjdkurvor från en planritning av regleringsdammen som beskriver terrängen innan byggnationen av Hednäs kraftverk, se Figur 2. Ett exempel på där fyllningsdammen har rensats bort från en tvärsektion redovisas i Figur 7.



Figur 7. Illustrerar hur en tvärsektion uppströms den utrivna dammen har justerats baserat på höjdkurvor från planritning av regleringsdammen.

I området uppströms Hednäs kraftverk fanns det ej några botteninmätningar att tillgå. Istället har tvärsektionerna belägna uppströms Hednäs kraftverk sänkts ned i en GIS-analys. Analysen baseras på okulär bedömning av vattendjupet på ett historiska ortofoto från 1960 sett i relation till utskovsdammens tröskelnivå. Likaså har tvärsektionerna nedströms spillfåran sänkts ned baserat på okulär bedömning av ortofoto.



Figur 8. Visar historiskt ortofoto från 1960 samt nutida ortofoto för modellområdet uppströms Hednäs kraftverk.

2.5 Manning (strömningsmotstånd)

Mannings tal; M , används för att beskriva vattendragets sammanvägda råhet (bottenfriktion), och är en av flera faktorer som påverkar hur snabbt vattnet flödar i åfåran. Ett större M representerar en åbotten med mindre skrovlighet såsom vegetation och buskage och därmed lägre strömningsförluster i vattendraget. Ansättning av Mannings tal har gjorts genom okulär jämförelse med ortofoto mot exempelbilder från olika källor (Chow, 1959) (Coon, 1998).

Längs med vattendraget ansattes Mannings tal till 29 M vilket bedöms representativt för ett vindlande vattendrag med stenig botten och med växtlighet längs stränderna. För vissa sträckor där strömningsmotståndet antas öka har Mannings tal ansatts till lägre värden, se specificering i Tabell 1.

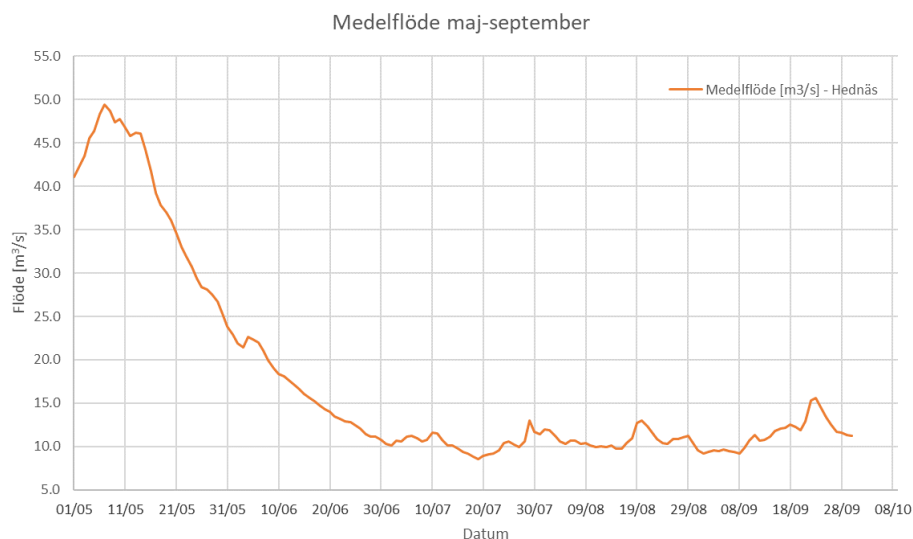
Tabell 1. Mannings tal som ansatts i sträckor längs modellen.

Plats	Avstånd start	Avstånd slut	Mannings tal M ($m^{1/3}/s$)
Hela vattendraget	0	4710	29
Forsande sträcka	0	153	24
Forsande sträcka	518	635	24
Berg strax nedströms dammen	1535	1687	17
Krök med ansamling av sten ca 150 m nedströms dammen	1689	1857	22
Forsande sträcka	2941	3026	24
Forsande sträcka	3262	4414	24

2.6 Randvillkor

Randvillkor beskriver hur områden utanför modellområdet påverkar modellen. Uppströms randvillkor utgörs av ett inflöde till modellen och nedströms randvillkor utgörs av en bestämd vattennivå.

Flödet som beskriver dygnsmedelflöde för perioden från början av maj till och med september utgörs av en hydrograf. Hydrografen har tagits fram genom statistisk analys av uppmätt flödesdata inhämtad av SMHIs mätstation Lillänget som är belägen längre nedströms i Åbyälven. Baserat på en mätserie med dygnsvärden som sträcker sig från år 1981 har medelvattenföringen per dygn under månaderna maj - september tagits fram. Flödena har därefter skalerats till platsen för Hednäs kraftverk med hänsyn till avrinningsareans storlek. För förtydligande så beskriver hydrografen ej vattenföringen för ett specifikt år utan medelvattenföringen för de senaste 40 åren. Nedan redovisas flödeshydrografen som använts som övre randvillkor i modellen.



Figur 9. Inflöde till modellen. Hydrograf som beskriver dygnsmedelvattenföringen vid modellområdet från maj till och med september.

Flödet vid medelvattenföringen (MQ) samt lågmedelvattenföringen (MLQ) är ett statiska flöden som uppgick till 12 m³/s respektive 2,5 m³/s. Dessa har tagits fram baserat på flödesdata beskriven ovan och sedan kontrollerats mot SMHIs modellerade flöden på *Vattenwebb* (SMHI, 2022)

Vattennivån som utgör nedströms rand i modellen är baserad på vattennivån i terrängmodellen på motsvarande plats och ansattes till +117,1 m (RH2000).

2.7 Antaganden och begränsningar

Inom vattendragsmodelleringen har ett antal antaganden genomförts varav de viktigaste anges nedan:

- Simuleringarna bygger på att vattnet är rent. I verkligheten kan grenar, buskar och sediment transporteras längs vattendraget och påverka strömningsförhållandena.
- Modellens utformningen av spillfåran är helt avhängiga på placeringen av de inmätta sektionerna. I verkligheten kan marklutningar eller

oregelbundenheter i bottengeometrin som inte syns i inmätningarna ha en påverkan på strömningsförhållandena vilka ej återfinns i modellresultat.

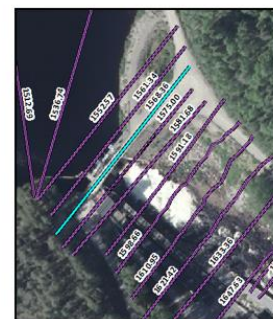
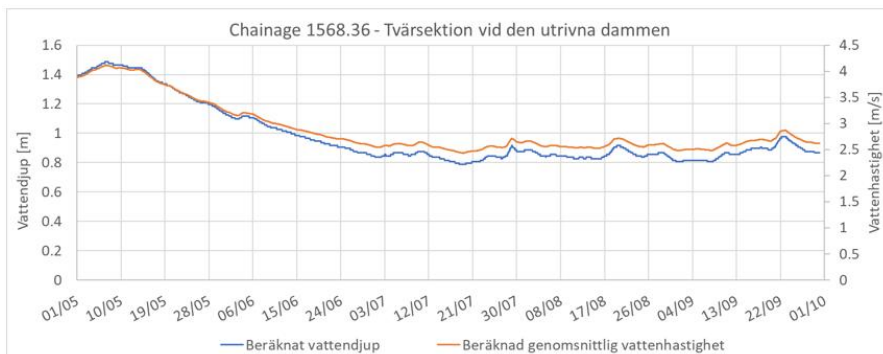
- Bottennivåerna uppströms Hednäs kraftverk är uppskattade och har ej mätts in.
- Modellen har ej kalibrerats då det inte finns några uppmätta vattennivåer med tillhörande flödesdata att tillgå.

3 Resultat

För varje tvärsektion beräknas vattennivå, vattendjup, och genomsnittlig vattenhastighet under simulationsperioden. Nedan redovisas resultatet från de olika simuleringarna.

3.1 Strömningsförhållanden vid forsnacken vid den utrivna dammen

I Figur 10 redovisas beräknat vattendjup samt vattenhastighet i tvärsektionen som är belägen i linje med den, i modellen, utrivna dammen under hela simulationsperioden. Förändringen i vattenhastigheten står i direkt korrelation med flödet, se Figur 9. Vid toppflödet ($49 \text{ m}^3/\text{s}$) i början av maj beräknas den maximala vattenhastigheten upp gå till ca 4 m/s . Observera att vattenhastigheten motsvarar den genomsnittliga vattenhastigheten längs hela flödesarean i tvärsektionen. Det beräknade vattendjupet beräknas variera mellan ca $0,8$ och $1,5 \text{ m}$.



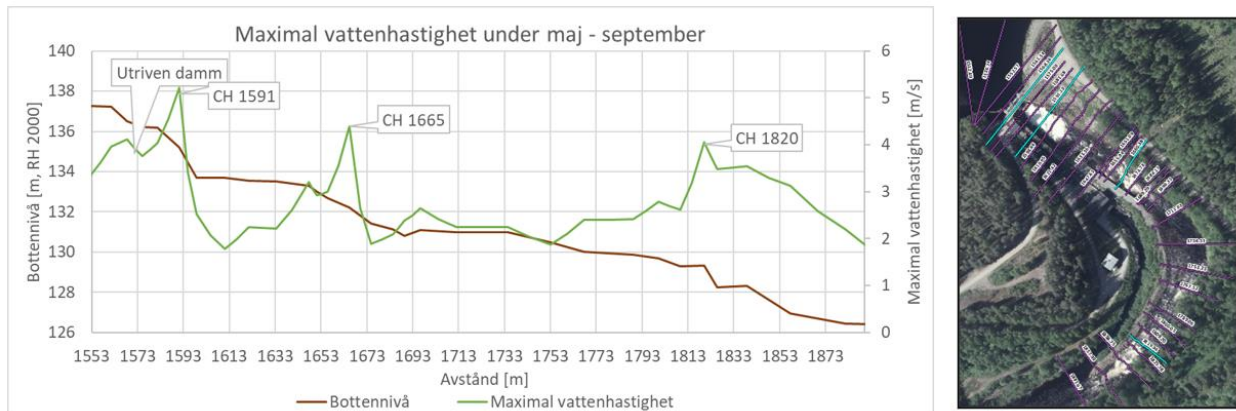
Figur 10. Beräknat vattendjup samt genomsnittlig vattenhastighet i tvärsektionen belägen i linje med den utrivna dammen, se den höga bilden för lokalisering.

3.2 Maximala vattenhastigheter och vattendjup under hela simulationsperioden maj – september

I spillfåran beräknas de maximala vattenhastigheterna uppgå till $1,8 - 5,2 \text{ m/s}$ och beräknas inträffa i samband med högre flöden i början av maj.

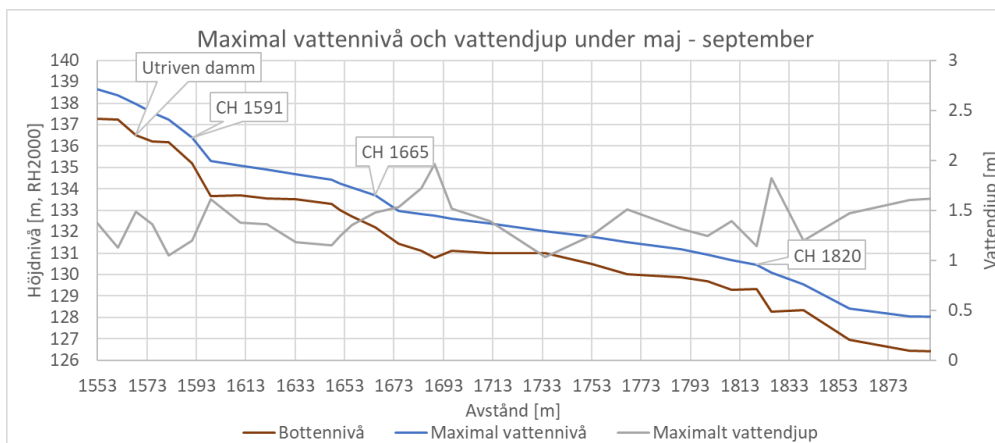
Det är särskilt vid tre sektioner som vattenhastigheterna ökar: CH 1591, CH 1665 samt CH 1822. Ökningen i vattenhastighet på dessa tre platser är i direkt korrelation med skarpare bottenlutningen mellan uppströms- och nedströmsliggande tvärsektioner. Figur 11 redovisar en vattenhastighetsprofil av spillfåran där grön linje representerar beräknade maximala vattenhastigheter och brun linje representerar lägsta bottennivå. Till höger i bild visas spillfåran i

plan där tvärsektionen vid den utrivna dammen samt de tre tvärsektionerna med högre vattenhastigheter är markerade med turkos färg. Observera att vattenhastigheten motsvarar den genomsnittliga vattenhastigheten längs hela flödesarean i varje tvärsektion.



Figur 11. Beräknad maximal vattenhastighet längs spillfåran under simulationstiden maj till september.

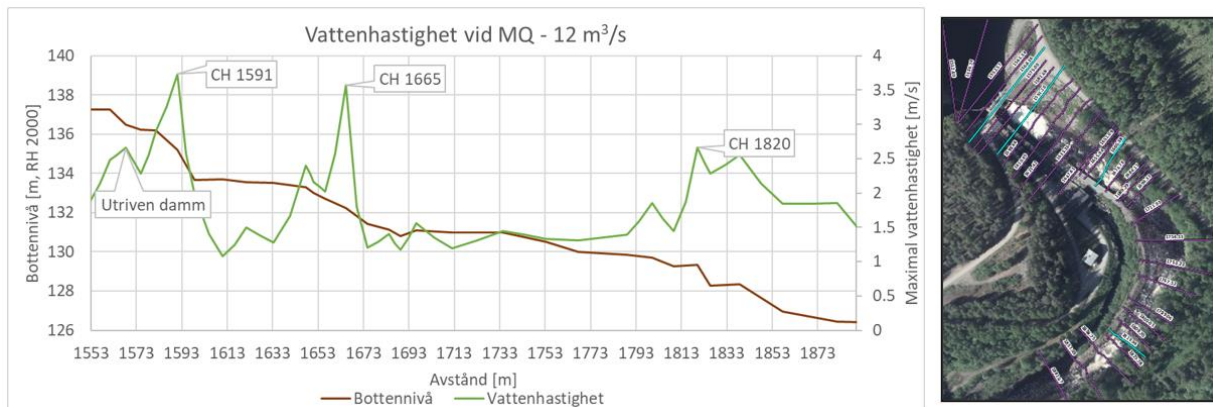
Maximala vattendjup i spillfåran uppgår till 1 – 2 m. I Figur 12 nedan redovisas beräknade maximala vattennivåer (blå linje) tillsammans med lägsta bottennivå (brun linje) längs med spillfåran. Det beräknade maximala vattendjupet (skillnaden mellan blå och brun linje) redovisas med grå linje. Vattennivå samt vattendjup är de maximala värdena som inträffar under simulationsperioden.



Figur 12. Beräknad maximal vattendjup längs spillfåran under simulationstiden maj till september.

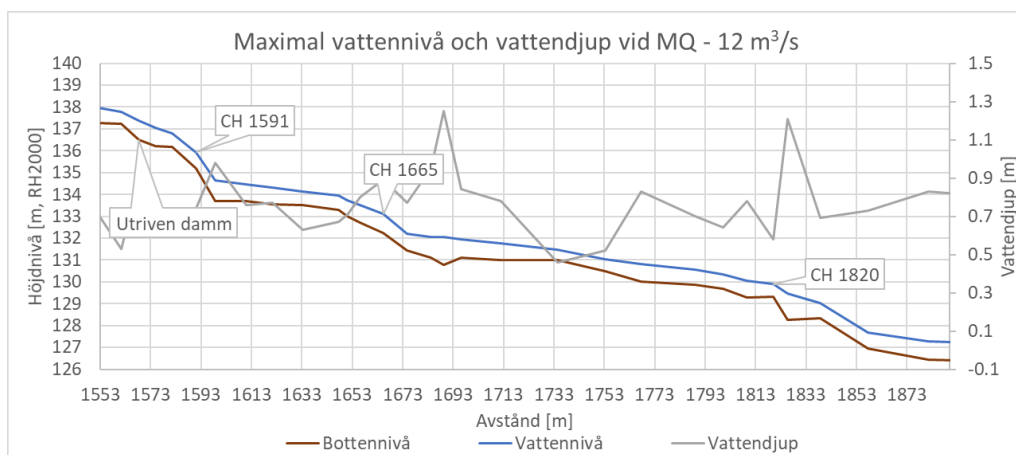
3.3 Vattenhastigheter och vattendjup vid MQ

Vattenhastigheter vid medelvattenföringen ($12 \text{ m}^3/\text{s}$) i spillfåran redovisas i Figur 13. I spillfåran beräknas vattenhastigheterna uppgå till 1,1 – 3,7 m/s. Återigen syns de största vattenhastigheterna vid CH 1591, CH 1665 samt CH 1822. Observera att vattenhastigheten motsvarar den genomsnittliga vattenhastigheten längs hela flödesarean i varje tvärsektion.



Figur 13. Beräknade vattenhastigheter vid medelvattenföringen längs spillfåran.

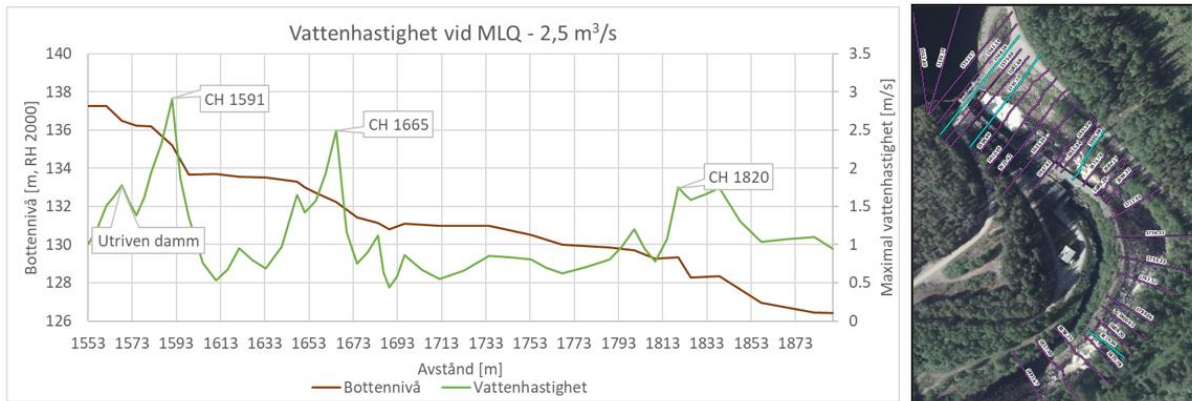
Vattendjupen vid medelvattenföringen ($12 \text{ m}^3/\text{s}$) i spillfåran redovisas i Figur 14. Beräknade vattennivåer redovisas med blå linje tillsammans med lägsta bottenivå (brun linje) längs med spillfåran. Det beräknade vattendjupet (skillnaden mellan blå och brun linje) redovisas med grå linje. I spillfåran beräknas vattendjupen uppgå till 0,5 – 1,3 m.



Figur 14. Beräknade vattendjup vid medelvattenföringen längs spillfåran.

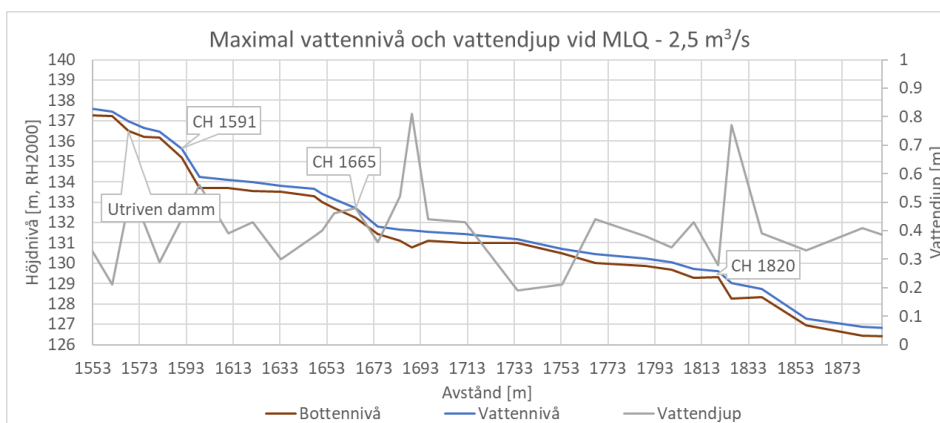
3.4 Vattenhastigheter och vattendjup vid MLQ

Vattenhastigheter vid medellågvattenföringen ($2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) i spillfåran redovisas i Figur 15. I spillfåran beräknas vattenhastigheterna uppgå till 0,4 – 2,9 m/s. Återigen syns de största vattenhastigheterna vid CH 1591, CH 1665 samt CH 1822. Observera att vattenhastigheten motsvarar den genomsnittliga vattenhastigheten längs hela flödesarean i varje tvärsektion.



Figur 15. Beräknade vattenhastigheter vid medellågvattenföringen längs spillfåran.

Vattendjupen vid medellågvattenföringen ($2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) i spillfåran redovisas i Figur 16. Beräknade vattennivåer redovisas med blå linje tillsammans med lägsta bottenivå (brun linje) längs med spillfåran. Det beräknade vattendjupet (skillnaden mellan blå och brun linje) redovisas med grå linje. I spillfåran beräknas vattendjupen uppgå till 0,2-0,8 m.



Figur 16. Beräknade vattendjup vid medellågvattenföringen längs spillfåran.

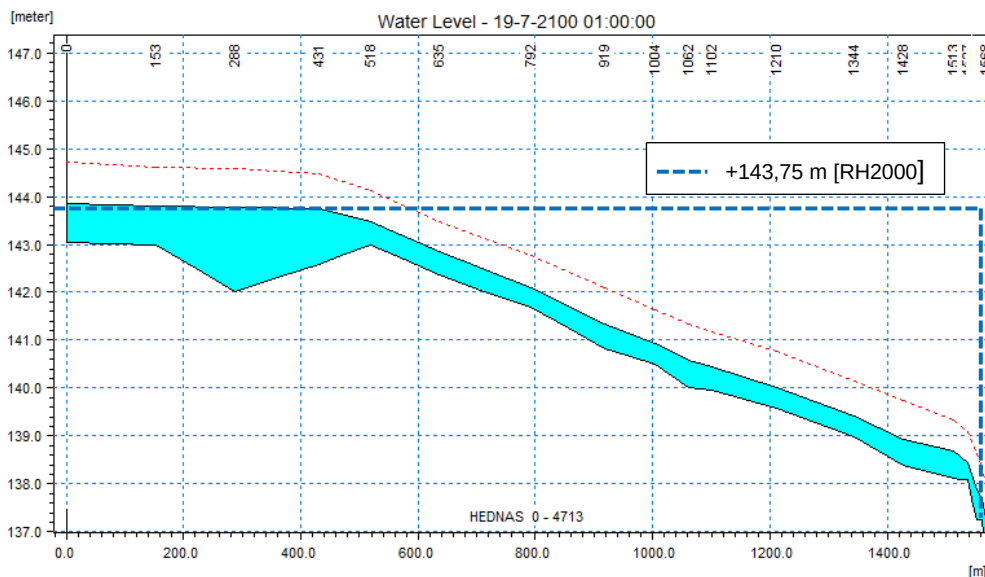
De tre platserna (CH 1591, CH 1665 samt CH 1822) där högre hastigheter beräknas i spillfåran kan identifieras i foton tagna vid ett platsbesök den 7 oktober 2022. I Figur 17 syns forsnackar och berghällar som skapar dessa vattenhastigheter. Vid tidpunkten för platsbesöket tappades ca $2 \text{ m}^3/\text{s}$ i spillfåran vilket är i storleksordning med MLQ i älven.



Figur 17. De tre platserna där modellen producerar högre vattenhastigheter identifierade i bilder från platsbesöket 7 oktober 2022.

3.5 Påverkan på området uppströms den utrivna dammen

Gällande området ovan den utrivna dammen visar resultatet på att påverkansområdet sträcker sig upp till nedströms Borgforsen. Resultatet för uppströms sida om den utrivna dammen illustreras i Figur 18. Figuren visar en vattenståndsprofil från starten av modellen (dvs nedströms Borgforsen) ned till den utrivna dammen. Den blå arean motsvarar det beräknade vattenståndet då flödet motsvarar 12 m³/s och visar en ögonblicksbild över längdprofilen från modellen. Den röda streckade linjen visar den maximala vattennivån under simulationstiden maj – september. Den blå streckade linjen är vattennivån hämtad från höjdmodellen. Höjdmodellen visar att magasinsnivån om +143,75 m sträcker sig upp till tån av Borgforsen. Höjdmodellen är i höjdsystemet RH2000 och är ca 25 cm högre än RH70 som används i vattendomen. Observera att stor försiktighet ska tas gällande beräknade vattennivåer uppströms den utrivna dammen eftersom det saknas underlag gällande faktiska bottenivåer.



Figur 18. Beräknade vattennivåer uppströms den utrivna dammen. Den blå arean motsvarar vattenståndet då flödet motsvarar 12 m³/s och visar en ögonblicksbild över längdprofilen. Den röda streckade linjen visar den maximala vattennivån under simulationstiden. Den blå streckade linjen är vattennivån hämtad från höjdmodellen (+143,75 m RH2000).

4 Slutsats

Hydrauliska simuleringar har utförts längs med sträckan vid Hednäs kraftverk för att utreda strömningsförhållandena i spillfåran. Resultatet ska användas som underlag till bedömning av målarternas möjlighet att vandra förbi sträckan efter utrivningen av dammen samt som underlag för framtagning av förslag på åtgärder för återställning av vattendraget.

Resultatet visar på att störst vattenhastigheter ej uppstår vid forsnacken som återskapas efter utrivningen utan i sektioner nedströms i spillfåran där det finns branta partier. Vattenhastigheternas storlek korrelerar med flödet i spillfåran. I början av maj då vårfloeden inträffar är vattenhastigheterna som störst längs spillfåran där maximala vattenhastigheten uppgår till 1,8 – 5,2 m/s.

Från mitten av juni till oktober antas flödet vara i storleksordning vid medelvattenföringen. Vid medelvattenföringen beräknas vattenhastigheterna uppgå till 1,1 – 3,7 m/s längs spillfåran.

Simuleringar med medellågvattenföring utfördes för att beräkna vattendjup i spillfåran. Resultat visade att vattendjupen uppgick till 0,2 – 0,8 m i vattendraget.

Bedömningen görs att utrivningen av dammen kommer att ha ett påverkansområde gällande strömningsförhållandena som sträcker sig upp till nedströms av Borgforsen. För att beräkna tillförlitliga värden för vattennivåer uppströms dammen erfordras information om bottennivåer på sträckan mellan Borgforsen och Hednäs kraftverk, särskilt vid den djupa delen av vattendragssträckan.

5 Referenser

- Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Coon, W. F. (1998). *Estimation of Roughness Coefficients for Natural Stream Channels with Vegetated Banks*. U.S. Geological Survey.
- DHI. (2019). *MIKE 11, A modelling system for rivers and channels: Reference Manual*. Hørsholm, Danmark. Hämtat från https://manuals.mikepoweredbydhi.help//2019/Water_Resources/Mike_11_ref.pdf
- SMHI. (den 9 Februari 2022). *Vattenwebb*. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>