

Skagerak Kraft AS

► **Vilkårsrevisjon av Hjartdal-Tuddalsvassdraget**

Vannstandsvariasjon og risiko for stranding

Vurderinger

Oppdragsnr.: 52202626 Dokumentnr.: R02 Versjon: A03 Dato: 2022-06-21



Oppdragsgiver: Skagerak Kraft AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Bjarte Guddal
Rådgiver: Norconsult AS
Oppdragsleder: Lars Bendixby
Fagansvarlig: Lars Bendixby
Andre nøkkelpersoner: Francoise Bigillon, Kjetil Sandem

A03	2022-06-21	Til bruk	L. Bendixby, F. Bigillon	L. Bendixby, F. Bigillon	L. Bendixby
A02	2022-06-16	Andre kommentarrunde	L. Bendixby, F. Bigillon	L. Bendixby, F. Bigillon	L. Bendixby
A01	2022-06-02	Til kommentarer	L. Bendixby, F. Bigillon	K. Sandem, J.O. Stranden	L. Bendixby
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

I forbindelse med vilkårsrevisjon for Hjartdal-Tuddalsvassdraget er det gjort en hydrologisk analyse for å vurdere risiko for stranding av fisk og ferskvannsorganismer som følge av dagens effektkjøring ved Hjartsjø kraftverk. Hensikten er å skaffe en oversikt over problemet, samt beskrive eventuelle tiltak som kan gjennomføres for å minske faren for stranding av fisk og elvemusling i Hjartdøla og Heddøla. Utredningen er basert på eksisterende kunnskap.

Konsekvensene av effektkjøring for laksefisk kan forstås utfra adferd og habitatbruk i de ulike livsfasene. Den yngste fisken rammes kraftigst av stranding som følge av rask variasjon i vannstand og vinterperioden er ekstra sårbar. Effektkjøring skader også eldre ungfisk og elvemusling og kan medføre svært negative effekter under og etter gyteperioden.

For å danne et bilde av omfanget er det viktig å identifisere både tørrlagt areal og tørrleggingshastighet ved synkende vannføring. Det er utført hydrologiske analyser basert på batymetrimodeller av fire områder i Hjartdøla og tre områder i Heddøla. Analysene viser som forventet at reduksjonen i vanddekt areal er størst i områder med grunn og flat elvebunnsprofil. Dypere områder i elva som har en traufomet profil er mindre utsatt for tørrlegging ved lav vannføring. Analysene viser også at tørrlegging av elvebunn forekommer både i Hjartdøla og i Heddøla som følge av effektkjøring.

Generelt viser studier av tilgjengelig ortofoto at Hjartdøla har lengre sammenhengende områder hvor elvebunnsprofilen er dyp og traufomet, og at denne delen av vassdraget har flere og større sammenhengende områder som er mindre utsatt for tørrleggingseffekter. Bildet er likevel mer nyansert, og det finnes flere områder med grunnere elvebunnsprofil i Hjartdøla også som vil være utsatt for tørrleggingseffekter.

I Heddøla domineres elva mellom Omnesfossen og Heddalsvatnet av lange sammenhengende, grunne områder hvor elvebunnsprofilen er relativt slak og grunn. Selv om det også finnes rikelig med kulper og dype områder, vil den delen av vassdraget som ligger nedstrøms Omnesfossen åpenbart være utsatt for tørrleggingseffekter når vannstanden synker raskt.

Dagens kunnskap miljøkonsekvenser av effektkjøring tilsier at gjennomsnittlig vannstandsreduksjon, generelt bør skje langsommere enn 10 cm/time for å unngå stranding av fisk og andre organismer. Basert på den hydrologiske analysen fra de undersøkte områdene i Heddøla og Hjartdøla betyr dette at reduksjonen i vannføring ved tilsvarende områder bør skje langsommere enn:

- 1-2 m³/s per time mellom 5 m³/s og 1 m³/s
- 3 m³/s per time mellom 10 m³/s og 5 m³/s
- 4-5 m³/s per time mellom 17 m³/s og 10 m³/s

Det er viktig å understreke at disse resultatene er basert på et relativt begrenset utvalg av områder som er modellert i denne utredningen. Terskelverdiene kan benyttes som en god rettesnor for tilpasning av kraftverksdriften ved Hjartdøla kraftverk. I videre planlegging av tiltak for å redusere risikoen for stranding anbefales det likevel å se nærmere på om analysen kan utvides for å nyansere hvordan strandingsrisikoen opptrer i en større utstrekning av elva, og videre planlegge mer målrettede tiltak for å redusere risikoen for stranding.

► Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Kunnskapsgrunnlag	5
1.3	Generelt om effektkjøring og fisk	5
1.4	Generelt om effektkjøring og elvemusling	5
2	Metode	7
2.1.1	<i>Hydrologisk grunnlag</i>	7
2.2	Batymetrimodell og hydraulisk modellering	7
2.2.1	<i>Om utvalgte områder</i>	7
2.2.2	<i>Heddøla (nedstrøms Omnesfossen)</i>	8
2.2.3	<i>Hjartdøla</i>	11
3	Analyser av vanddekt areal	13
3.1	Heddøla	13
3.1.1	<i>Område 1 (Heddøla 02)</i>	13
3.1.2	<i>Område 2 (Heddøla 0103)</i>	18
3.1.3	<i>Område 3 (Heddøla 0405)</i>	22
3.2	Hjartdøla	24
4	Analyse av effektkjøring	27
4.1	Tørrlegging av elva	28
4.1.1	<i>Område 1 (Heddøla 02)</i>	28
4.1.2	<i>Område 2 (Heddøla 0103)</i>	29
4.2	Oversikt over alle hendelser med raske og hyppige endringer i vannføring	30
4.3	Eksempel på hendelser i 2018	31
4.3.1	<i>Hendelser i sommerperioden</i>	31
4.3.2	<i>Hendelser om vinteren og høsten</i>	33
5	Vurderinger	34
5.1	Strandingsrisiko for ungfisk og elvemusling	34
5.2	Generelt om gyting og tørrlegging av gyteområder	34
5.3	Generelt om tiltak	35
5.4	Anbefalte tiltak	35
5.5	Realisering av Sauland kraftverk	36
6	Referanser	37

Vedlegg

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

NVE har bedt Skagerak Kraft AS om å beskrive eventuelle tiltak som kan gjennomføres for å minske faren for stranding av fisk og elvemusling i Hjartdøla og Heddøla. Vurderinger skal også inkludere annen strandingsproblematikk som tørrlegging av gyteområder. Denne utredningen gir en beskrivelse av omfanget og risiko for stranding av fisk i Hjartdøla og Heddøla. I tillegg er det omtalt i korte trekk hvordan denne problematikken vil være gjeldende ved realisering av Sauland kraftverk.

1.2 Kunnskapsgrunnlag

Denne utredningen er basert på eksisterende kunnskap, slik praksisen er i revisjonssaker. Vurderinger knyttet til virkninger av effektkjøring på fisk og ferskvannsorganismer er basert på kunnskapsoppsummeringen gitt i NINA rapport 62, *Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri* (Bakken, et al., 2016). Grunnlag for hydrologiske vurderinger i beskrevet i kapittel 2. Det vises for øvrig til referanseliste bakerst i rapporten for aktuelle kartlegginger og litteratur.

1.3 Generelt om effektkjøring og fisk

Effektkjøring er en situasjon som karakteriseres av raskere og hyppigere endringer i vannføring og vannstand enn i uregulerte vassdrag eller i vassdrag nedstrøms kraftverket som drives med stort sett stabil energiproduksjon (Bakken, et al., 2016). Konsekvensene av effektkjøring for laksefisk kan forstås utfra adferd og habitatbruk i de ulike livsfasene. Stranding er ofte et hovedproblem ved effektkjøring og den rammer den yngste fisken kraftigst fordi de oftere bruker de grunneste områdene av elva og er relativt dårlig til å svømme. Egg og plommeseekyngel er i liten grad eller ikke mobile i det hele tatt. Eldre årsklasser bruker i større grad de dypere områdene, er bedre til å svømme og har følgelig mindre risiko for å strande enn de yngste individene.

Det er størst risiko for stranding på dagtid om vinteren, noe som forklares med en atferd der fisken er i skjul mellom steinene i elvebunnen på dagtid om vinteren, mens den er mer aktiv og mer ute av skjul om natta. Om sommeren, når temperaturen er høyere, er strandingsfaren generelt lavere og forskjellen i aktivitet mellom dag og natt mindre. Det er ikke gjort observasjoner eller undersøkelser av fisk og strandingsproblematikk i Hjartdøla og Heddøla i forbindelse med denne utredningen, men det antas og legges til grunn at tilsvarende mekanismer vil være gjeldende her.

Effektkjøring kan forstyrre gyting og (for) lave vannføringer kan hindre tilgang til gyteområder. Ved økt vannføring (oppstart kraftverk) og ellers gunstige gyteforhold vil gyting ofte starte raskt. Ved gyting på høye vannføringer er det en risiko for at eggene tørrlegges når vannføringen reduseres. Tørrlagte egg er dessuten eksponert for frost med økt risiko for dødelighet.

1.4 Generelt om effektkjøring og elvemusling

Bakken, et al. (2016) skriver at elvemuslinger som blir tørrlagte viser større vandringsuro enn de som oppholder seg i permanent vanddekkede områder. Samtidig har forsøk vist at elvemuslinger eksponert for effektkjøring, men som ikke ble tørrlagte, også hadde større vandringsuro enn muslinger som ikke ble eksponert for effektkjøring. Forsøkene dokumenterte imidlertid ingen dødelighet. Studier fra utlandet viser at bestander av muslinger som blir eksponert for kraftig effektkjøring reduseres betydelig. Mest skadelig var jevnlig tørrlegging og fare for tilfeldige forflytninger (avdrift) og mekanisk påvirkning ved økende vannføring (Bakken, et al., 2016).

Ved undersøkelser som ble gjort i forbindelse med planlegging av Sauland Kraftverk i Hjartdøla i 2014 ble det registrert elvemusling på vanddyp fra 22 cm og til vadbart dyp (109 cm) (Bendixby, et al., 2014). Majoriteten av muslingene ble påvist i dybdeintervallet 40-90 cm, og det var en signifikant trend at antall muslinger per kvadratmeter økte med økende vanddybde. I de grunneste områdene langs elvebredden ble det i all hovedsak ikke påvist levende muslinger, som trolig kan forklares med at de grunneste partiene er utsatt for tørrfall.

2 Metode

2.1.1 Hydrologisk grunnlag

Skagerak Kraft har oversendt data med 1 times oppløsning som er benyttet til vurderinger. Dataene omfatter:

- driftsvannføring fra Hjartdøla kraftverk
- regulering av damluka i utløpet av Hjartsjø
- vannstand i Hjartsjø
- tapping gjennom luke Hjartsjø
- vannføring fra målestasjon 16.31 Omnesfossen og 16.155 Sønderlandsvatn.

Det er ikke sett på betydningen av vannføringen fra det uregulerte restfeltet mellom Hjartsjø og Omnesfossen, eller nedstrøms Omnesfossen. Det er kun vurdert endringer i vannstand lokalt ved de modellerte områdene.

NVE anbefaler at det innføres nye og moderne standard konsesjonsvilkår for reguleringen med slipp av minstevannføring på:

- 1,0 m³/s sommer og 0,5 m³/s vinter ut fra Hjartsjø.
- 2,5 m³/s sommer og 1,0 m³/s vinter i Omnesfossen (formalisere dagens ordning)

2.2 Batymetrimodell og hydraulisk modellering

2.2.1 Om utvalgte områder

Områdene som er valgt ut i Hjartdøla og Heddøla representerer deler av elva som har ulik karakter. Det vil være områder hvor elvebunnsprofilen er grunn og med lav gradient ut mot breddene, samt områder hvor elva har mer trauform. Førstnevnte vil ha større utslag av tørrleggingseffekter når vannføringen synker, sammenliknet med de dypere områdene hvor tørrleggingseffekter vil være mindre. De modellerte områdene representerer en variasjon av stryk, glattstrøm og kulp og de representerer også en variasjon i ulike funksjonsområder for fisk og ferskvannsorganismer.

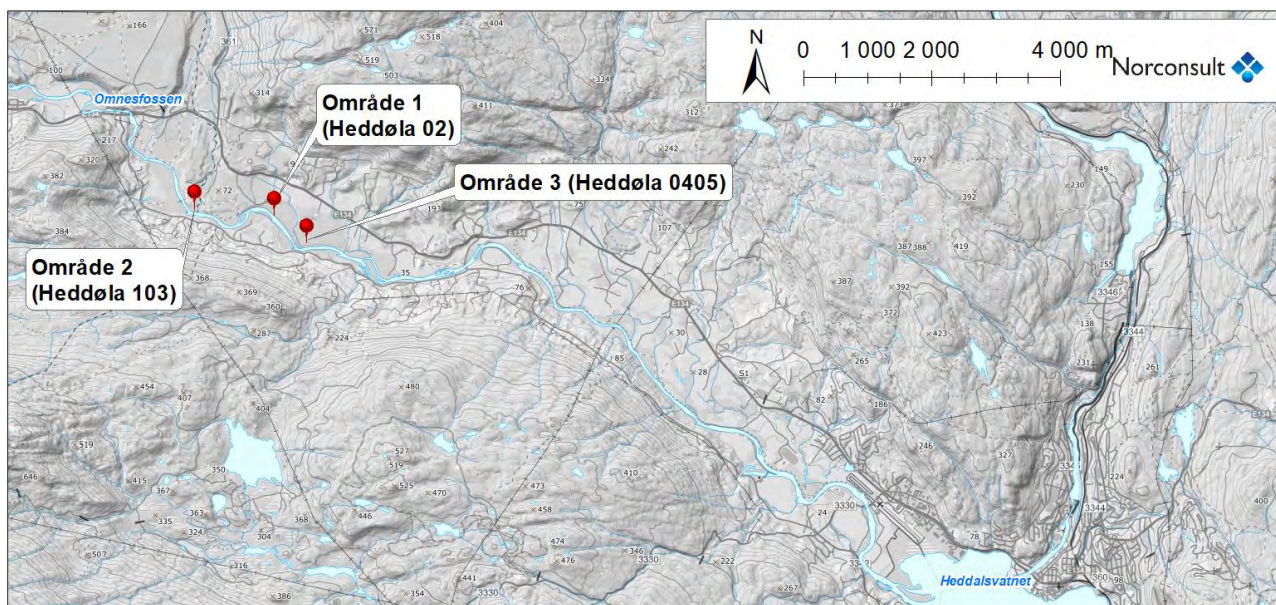
Totalt er det analysert fire områder i Hjartdøla og tre områder i Heddøla. Spredningen på de modellerte områdene i Hjartdøla strekker seg fra Eikesmoen (ca 4 kilometer nedstrøms utløp fra Hjartsjø) til Omnesøy (ca 1 kilometer oppstrøms Omnesfossen). De modellerte områdene i Heddøla er valgt litt tilfeldig, fordi det var her det fantes eksisterende data om bunnforhold (dronescan). Områdene ligger ca. 1,7-4,3 kilometer nedstrøms Omnesfossen. Det er derfor ikke modellert områder som ligger lenger ned i Heddøla. Generelt kan man anta at effektkjøring fra Hjartdøla kraftverk vil medføre størst risiko for tørrlegging lenger opp i vassdraget enn lenger ned pga. bidrag fra restfeltene.

Vi har ikke gjort en inngående vurdering av andre områder i elvene som er mer eller mindre utsatt for tørrleggingseffekter enn hva som fremgår av våre analyser. Studier av ortofoto tilgjengelig på norgebilder.no tilsier likevel at de utvalgte områdene representerer variasjonen i karakteristikk i de to elveavsnittene og vil være representative for grunnere segmenter som er særlig utsatt for tørrleggingseffekter.

2.2.2 Heddøla (nedstrøms Omnesfossen)

I forbindelse med kartleggingsarbeid av laks og størørret i Heddøla på oppdrag for Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, har Norconsult samlet inn fotomateriale med drone på tre delstrekninger i Heddøla som ligger ca. 1,7-4,3 kilometer nedstrøms Omnesfossen (Gregersen, et al., 2021). Innsamling av dronefoto ble utført 19. august 2021 på et tidspunkt da det var relativt lav vannføring i Heddøla (ca. 4,5 m³/s i Omnesfossen), samtidig med at vannsikten var god (sol og lyse forhold). Dette materialet er benyttet for å lage fotogrammetriske modeller av elvebunnen i Heddøla til videre hydrauliske analyser i dette oppdraget. Ortofoto og terrengmodell er generert fra foto tatt med DJI Phantom 4 RTK drone. Bildematerialet er videre bearbeidet i programvaren Pix4D. Dronemodellen er korrigert mot eksisterende LIDAR-data tilgjengelig fra kartverket.

Til tross for at elva er humøs, var det meget god sikt i elva, og bildematchingen har derfor fått definert opp elvebunnen ned til ca. 1-1,5 meter vanddyb (ved vannføring = 4,5 m³/s). Prosesseringsverktøyet har ingen mulighet til å korrigere for brytningsindeks for punkt under vannspeil og man må påregne noe feil som funksjon av dybde. Ved de relativt lave vanddybdene det her er arbeidet med vil effekten av lysbrytning være liten og mindre enn absolutt nøyaktighet på hele punktskyen. Modellene gir derfor et godt grunnlag for å vurdere effekter av varierende vannføring, særlig fordi det er grunnere områder som er mest interessante i denne sammenhengen. De modellerte områdene er vist i kart og tabellen under.






Figur 1. Oversikt over de analyserte områdene i Heddøla.



Figur 2. Oversikt over de analyserte områdene i Heddøla.

Tabell 1. Oversikt over stasjoner og modellerte vannføringsintervaller i Heddøla.

Strekningsnavn/ nr.	Lengde	Beskrivelse	Utsnitt (norgebilder.no/ dronemodell)
Område 1 (Heddøla 02) (3,8 km nedstrøms Omnesfossen)	330 m	Glattstrøm/ grunn kulp	
Område 2 (Heddøla 0103) (4,3 km nedstrøms Omnesfossen)	490 m	Glattstrøm/ kulp	
Område 3 (Heddøla 0405) (1,7 km nedstrøms Omnesfossen)	750 m	Glattstrøm/ kulp	

Det er satt opp en hydraulisk modell med programvaren HEC-RAS. Beregningen er kjørt 2-dimensjonalt basert på terreng i elva (til elveløpet) (20 cm oppløsning) og på høydedata.no utenfor selve elveløpet (50 cm oppløsning). Høydedatum er NN2000. Vannføring dagens skanninger ble utført var ca. 17 m³/s ved Omnesfossen.

Den hydrauliske modellen i HEC-RAS er satt opp med et beregnings-mesh på 1*1 m². Øvre grensebetingelse er vannføring inn i modellen og nedre grensebetingelse er normal vannstand beregnet ut fra elvehelning. Mannings tall er satt til 21, da vanddybden i elva ved de aktuelle vannføringene er liten (Vassdragshåndboka: rett, ren elv uten svinger og kulper, delvis tørrlagt, lav vannføring).

Det er de lavere vannføringene som er av interesse ved vurdering av vanndekning. Siden vannet til dels vil forsvinne mellom steiner i elveløpet ved de laveste vannføringene, vil det bli unøyaktigheter i modellen, da denne ikke er av fin nok oppløsning til modellering på nivå av enkeltsteiner i elva. Resultatene må derfor betraktes som et gjennomsnitt for strekningen, og ikke korrekt på detaljnivå. Usikkerheten reduseres imidlertid av en terrengmodell av elveløpet med 20 cm oppløsning, og dette gjør at den hydrauliske 2D-modellen i HEC-RAS får en større detaljgrad enn det 1 m mesh-oppløsning skulle tilsi.

En større detaljgrad på vanndekt areal vil alltid kunne oppnås ved dronemotografiering og eksakt kartlegging på kjente vannføringsnivåer. Detaljgraden på kartleggingen av elva i den hydrauliske modellen er imidlertid såpass høy at vi ville forvente en begrenset merverdi av motografiering og kobling mot målt vannføring i dette tilfellet. Hovedresultatene fra den hydrauliske analysen forventes derfor å være representative for de faktiske forholdene i elva med hensyn til vanndekning, selv om analyser ikke vil kunne gjøres på detaljnivå.

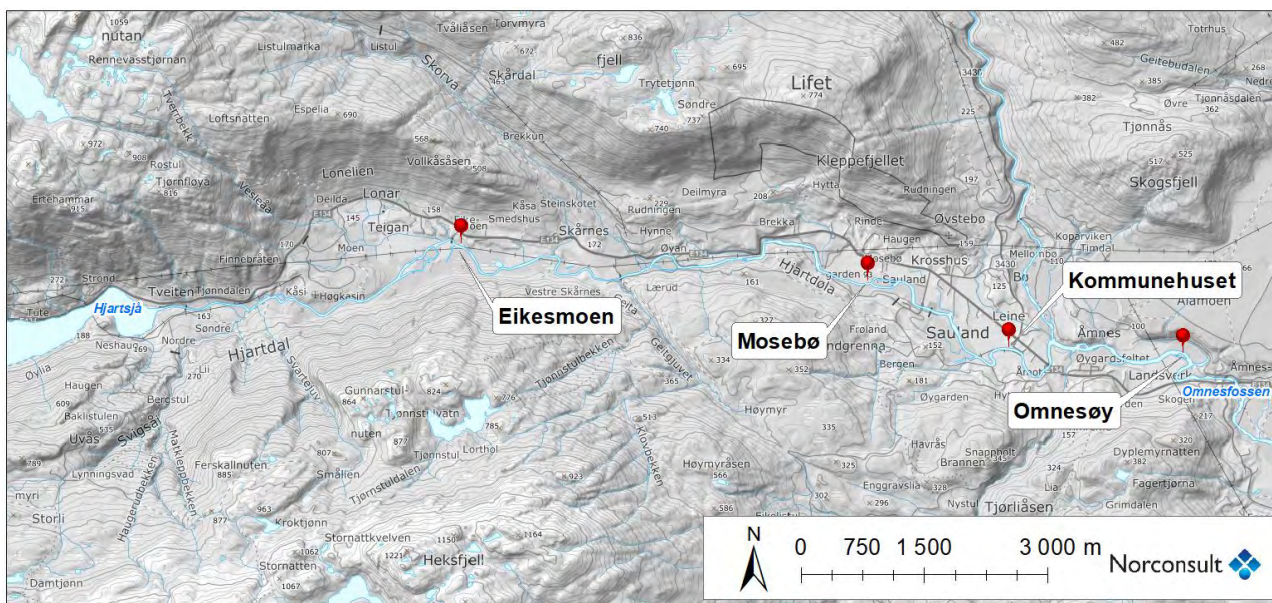
Det er analysert vanndekt areal for vannføring mellom 1 og 17 m³/s i Heddøla. Dette tilsvarer mindre vannføring ved Hjartdøla/Omnesfossen siden vil det være et visst lokaltilsig fra spesielt Ørvella. Beregning av areal er utført i ArcGIS. Grunnen til at 17 m³/s er valgt som øvre grense for modellering, er basert på den vannføringen som var i Omnesfossen på tidspunktet da det aktuelle LIDAR-grunnlaget fra kartverket ble kartlagt.

2.2.3 Hjartdøla

I forbindelse med planer om Sauland kraftverk ble det utført en detaljert modellering av strømningsforhold i elva med hjelp av en 2D-modell (Uribe, 2014). Det ble gjort oppmåling av elvebunn med bruk av ADCP og differensiell GPS som grunnlag for batymetrimodell.





Beregning av vanddekte arealer, vanddybder og vannhastigheter ble utført ved hjelp av programmet MIKE-21 som er et todimensjonalt program som foretar dynamiske beregninger. Elvebunnen ble delt i celler og det ble beregnet hydrauliske forhold for hver celle. Det ble brukt en raster-modell med 0,5 x 0,5 m celler. Nedstrøms grensebetingelser for områder ved Mosebø, Kommunehuset og Omnesøy ble vurdert ut fra den tilgjengelig Hec-Ras modellen utarbeidet av NVE i forbindelse med flomsonekartlegging i Sauland (NVE, 2007). Det henvises til egen fagrapport for detaljer omkring oppmåling og modellering (Uribe, 2014).

Modelleringene er utgangspunktet beregnet i forbindelse med vurderinger av ulike minstevannslipp ved planer om Sauland kraftverk. Det er ikke beregnet eller modellert hvor raskt effektkjøring påvirker endret vanddekt areal i Hjartdøla. Det er ikke sett på vanddekt areal ved høyere vannføringer. Modelleringene er utført i intervallene som er beskrevet i tabellen under. De modellerte områdene er vist i kartet under.



Figur 3. Oversiktskart viser oppmålte og modellerte stasjoner i Hjartdøla.

Tabell 2. Oversikt over stasjoner og modellerte vannføringsintervaller i Hjartdøla (Uribe, 2014).

Strekingsnavn	Lengde	Beskrivelse	Modellerte vannføringer	Utsnitt (norgebilder.no/ dronemodell)
Omneseøy	800 m	Glattstrøm/ kulp/ elvør	0,5-5 m ³ /s	 <p><i>Figur 9 Flyfoto av Omneseøy ved ca. 4,5 m³/s.</i></p>
Kommunehuset	1500 m	Glattstrøm/ kulp/ sakteflytende. Kanalisert	0,5-3,7 m ³ /s	 <p><i>Figur 7 Flyfoto fra 2005 - kommunehuset med lav vannføring</i></p>
Mosebø	1000 m	Glattstrøm/ kulp/ elvør. To elveløp ved Mosebøya	0,5-3,7 m ³ /s	 <p><i>Figur 5 Flyfoto fra 2005 - Mosebo med lav vannføring</i></p>
Eikesmoen	1300 m	Glattstrøm/ kulp/ elvør	0,5-2,35 m ³ /s	 <p><i>Figur 2 Flyfoto fra 2005 - Eikesmoen med lav vannføring</i></p>

3 Analyser av vanddekt areal

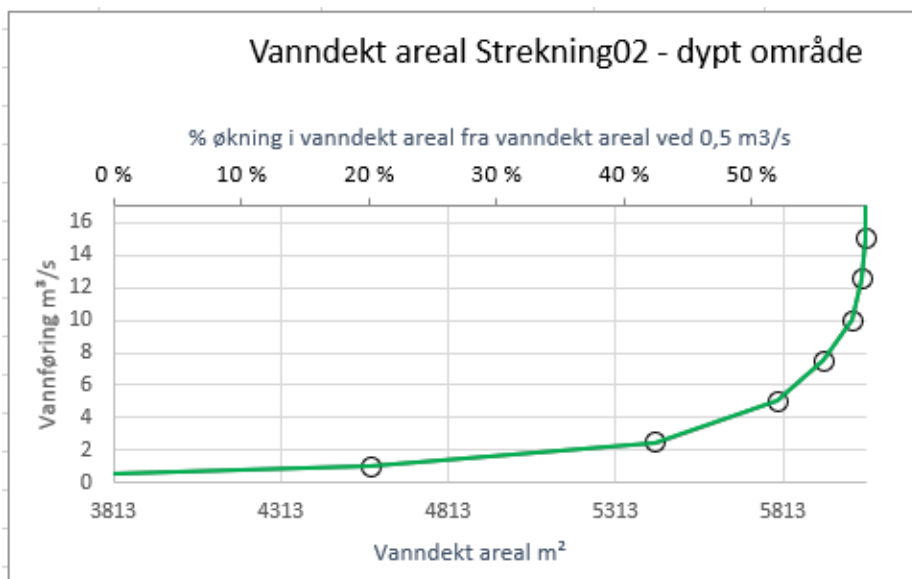
3.1 Heddøla

3.1.1 Område 1 (Heddøla 02)

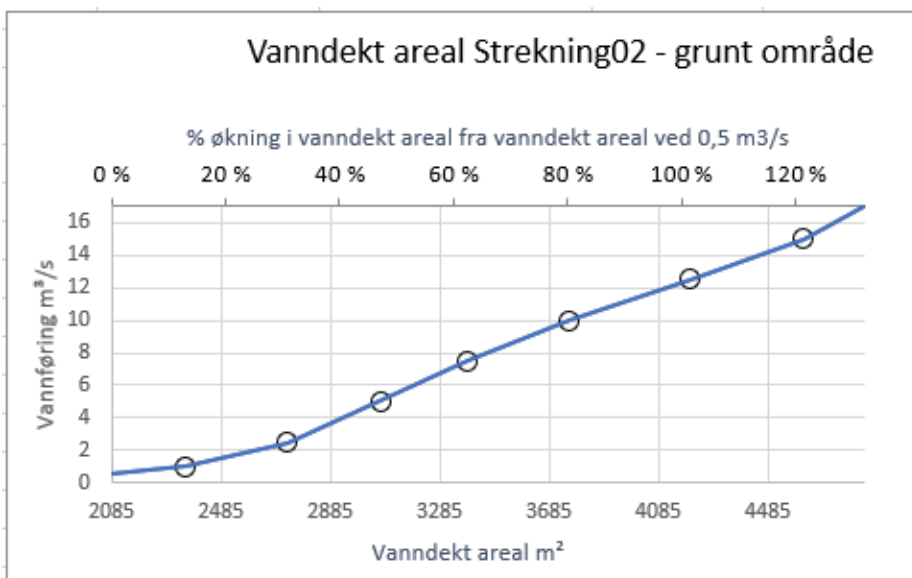
Området er ca 330 meter i utstrekning og er en kombinasjon av glattstrøm/ grunnområde øverst (grunn) og kulp nederst (dyp). Figur 5 (dypt område) viser at det er en økning på ca 17% i vanddekt areal fra 2,5 til 15 m³/s, der elvetverrsnittet er mer eller mindre helt fylt opp ved vannføringer over ca 5 m³/s. I figur 6 (grunt område) er det ca 90 % økning i vanddekt areal ved de samme vannføringene, og vannføringen påvirker vanddekt areal også på relativt høye nivåer. Dette illustrerer i hvor stor grad grunne og brede elvesegmenter er utsatt for tørrleggingseffekter sammenlignet med kulper og mer innsnevrete elvearealer med brattere sidekanter. Det grunne området krysser over en elvør som blir oversvømt først ved høyere vannføringer enn hva som er modellert, men illustrerer like fullt at elvas karakter i dette og mange andre områder er utsatt for tørrlegging. Merk at det er ulike prosentskalaer på de to figurene.



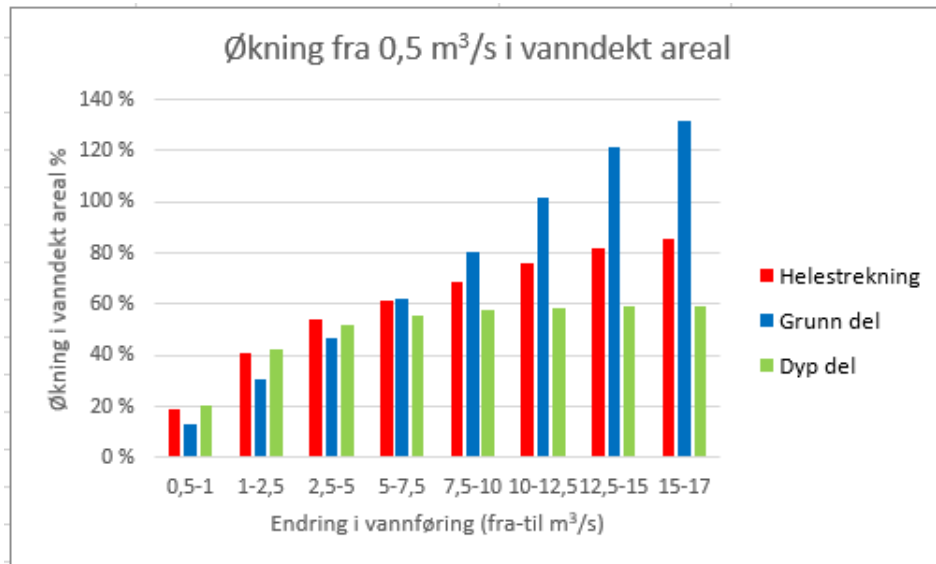
Figur 4. Område 1 (Heddøla 02).



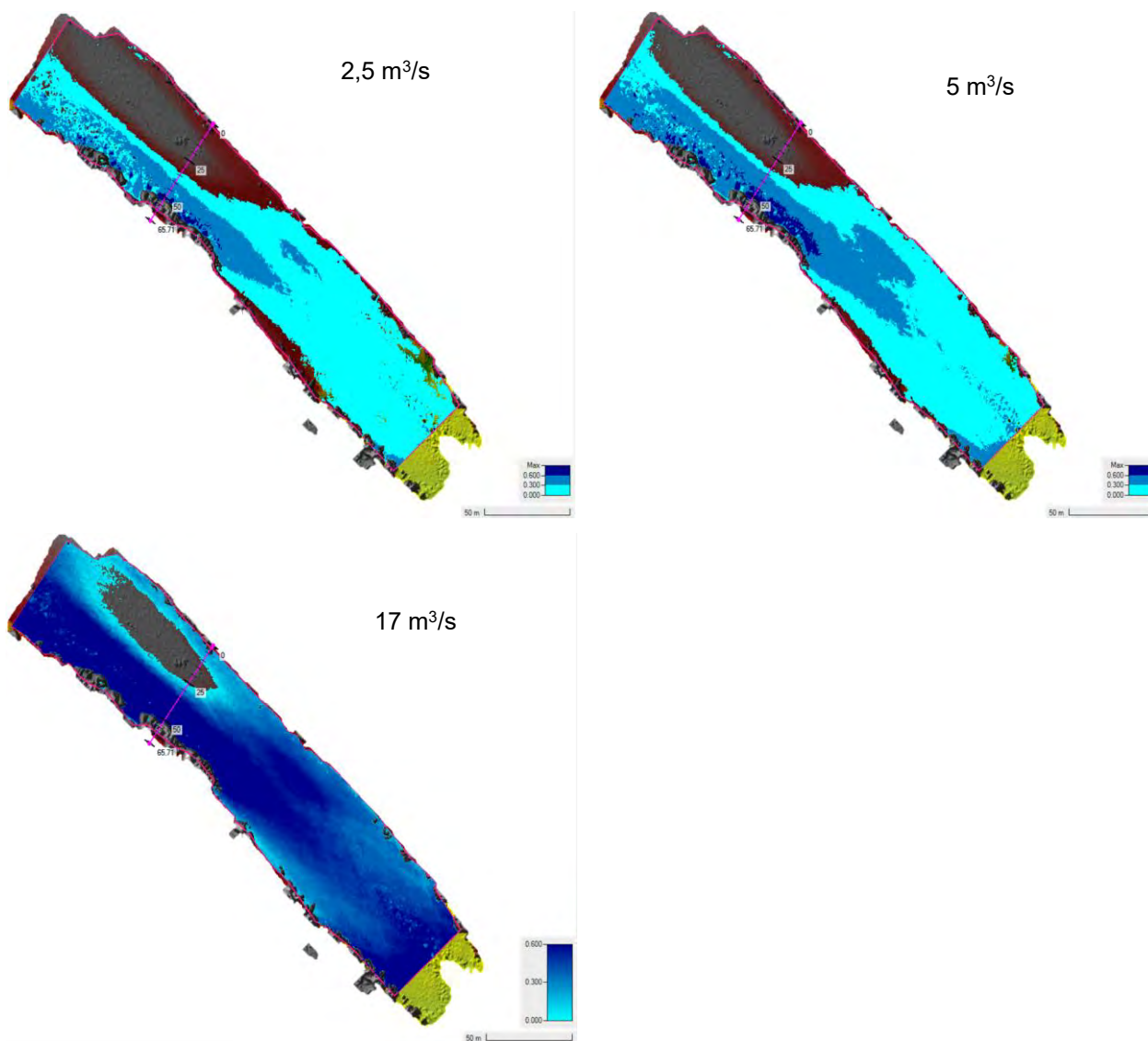
Figur 5. Vanndekt areal (m^2 og %) ved varierende vannføringer (m^3/s) i dypt område.



Figur 6. Vanndekt areal (m^2 og %) ved varierende vannføringer (m^3/s) i grunt område.

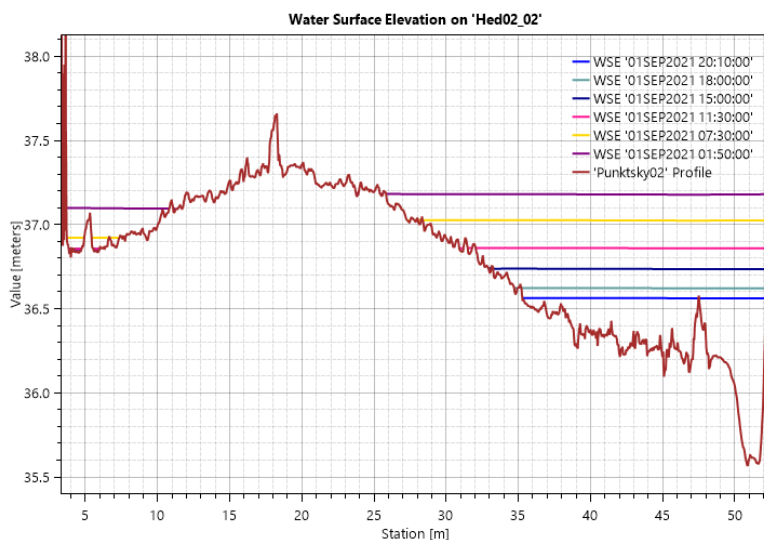


Figur 7. Økning i vanddekt areal (m² og %) som en funksjon av vannføring (m³/s) for henholdsvis grunn og dyp del fra 0,5 m³/s og oppover til 17 m³/s.



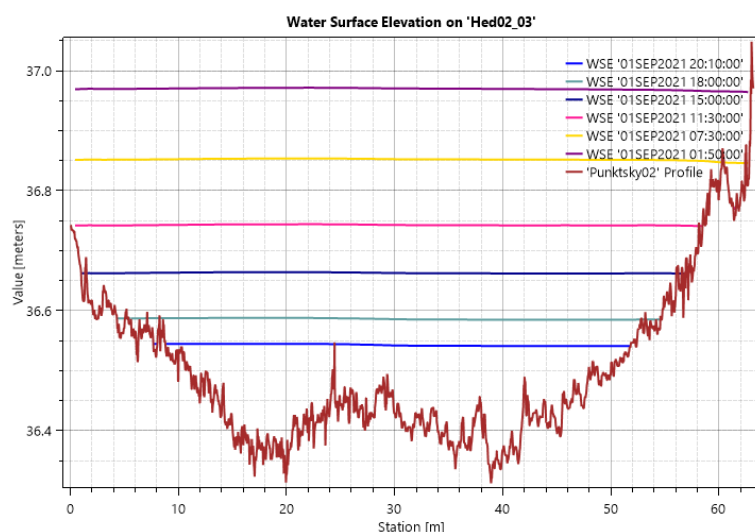
Figur 8. Vanndekt areal ved 2,5 m³/s (oppe til venstre), 5 m³/s (høyre) og 17 m³/s (nederst). Grunt område i venstre (oppstrøms) del av figurene og dypere område i høyre (nedstrøms) del. Lyseblå farge indikerer vandyp=0-30 cm, blå=30-60 cm og mørkeblå >60 cm.

I figur 9 vises eksempel på vannlinjer ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje) i et grunt område (lokalisering av tverrsnittet er vist som rosa strek i figur 8). Tilsvarende endring i vannlinje i dette eksempel tverrsnittet er plottet i figur 24. Figurene illustrerer relativt stor endring i vanddekket areal når vannføringen synker.



Figur 9. Tverrsnitt i et grunt område. Vannlinjer vist ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje). Vannstand (moh) på y-akse, bredde (m) på x-akse.

I figur 10 vises eksempel på vannlinjer ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje) i et middels dypt område (lokalisering av tverrsnittet er i det brede området til høyre i figur 8). Figurene illustrerer at det er noe mer begrensede arealer som tørrlegges i dette området når elva synker fra 17-2,5 m³/s, sammenliknet med eksempelet fra et grunt område over.

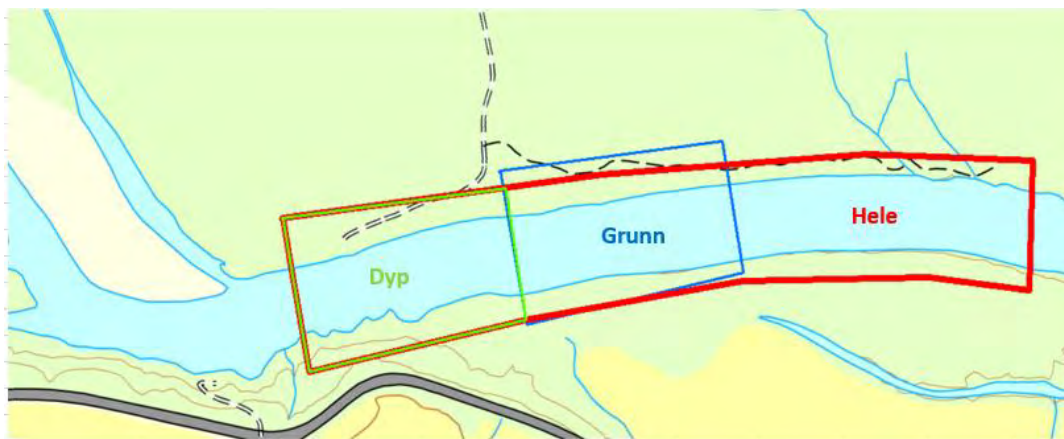


Figur 10. Tverrsnitt i et dypt område. Vannlinjer vist ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje). Vannstand (moh) på y-akse, bredde (m) på x-akse.

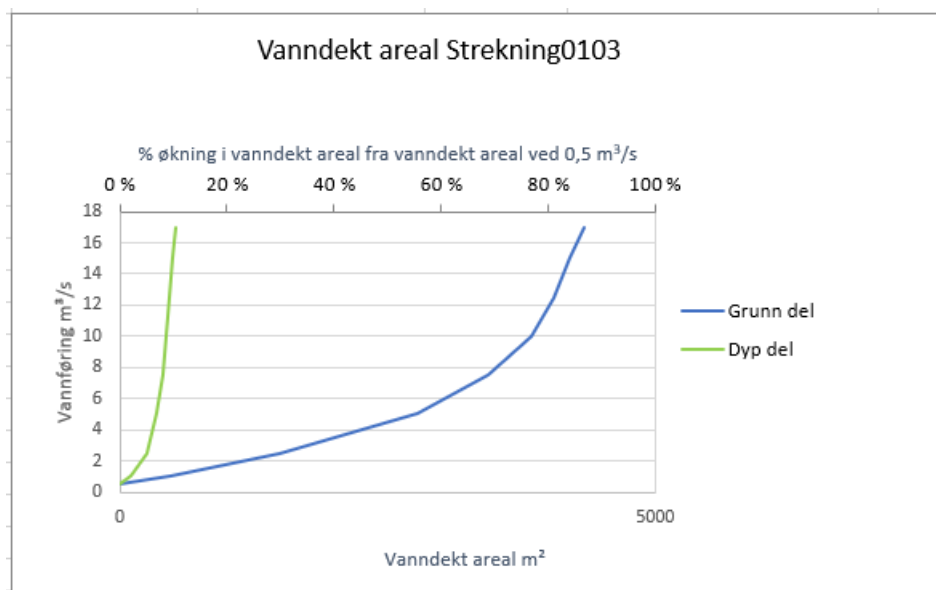
3.1.2 Område 2 (Heddøla 0103)

Område 2 er ca 490 meter langt og er også en kombinasjon av dyp kulp øverst og glattstrøm/ grunnområde nederst (figur 11). I figur 12 er grunt (blå kurve) og dypt område (grønn kurve) sammenstilt og viser økning i vanddekt areal (m^2 og %) i de to ulike elveavsnittene ved økende vannføring (m^3/s). I grunt område øker vanddekt areal med 57 % når vannføringen endres fra 2,5 til 17 m^3/s . I det dype området øker vanddekt areal tilsvarende kun med 12 %.

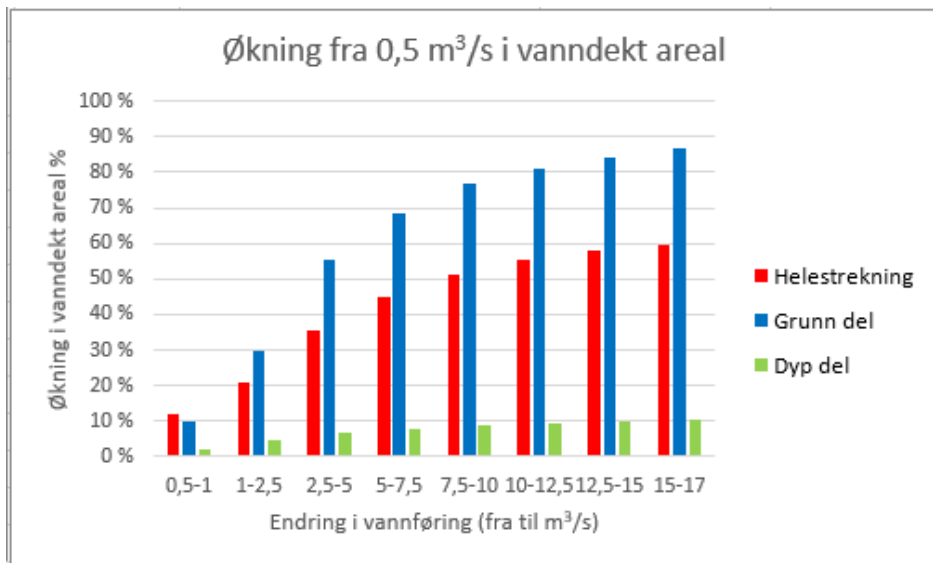
Av figur 12 ser man imidlertid at effekten økt vannføring har på vanddekt areal i det grunne partiet av elvesegmentet begynner å avta ved en vannføring på ca. 6-8 m^3/s (kurven blir brattere). Dette betyr at de største tørrelggingseffektene gradvis avtar i omfang i dette vannføringsområdet.



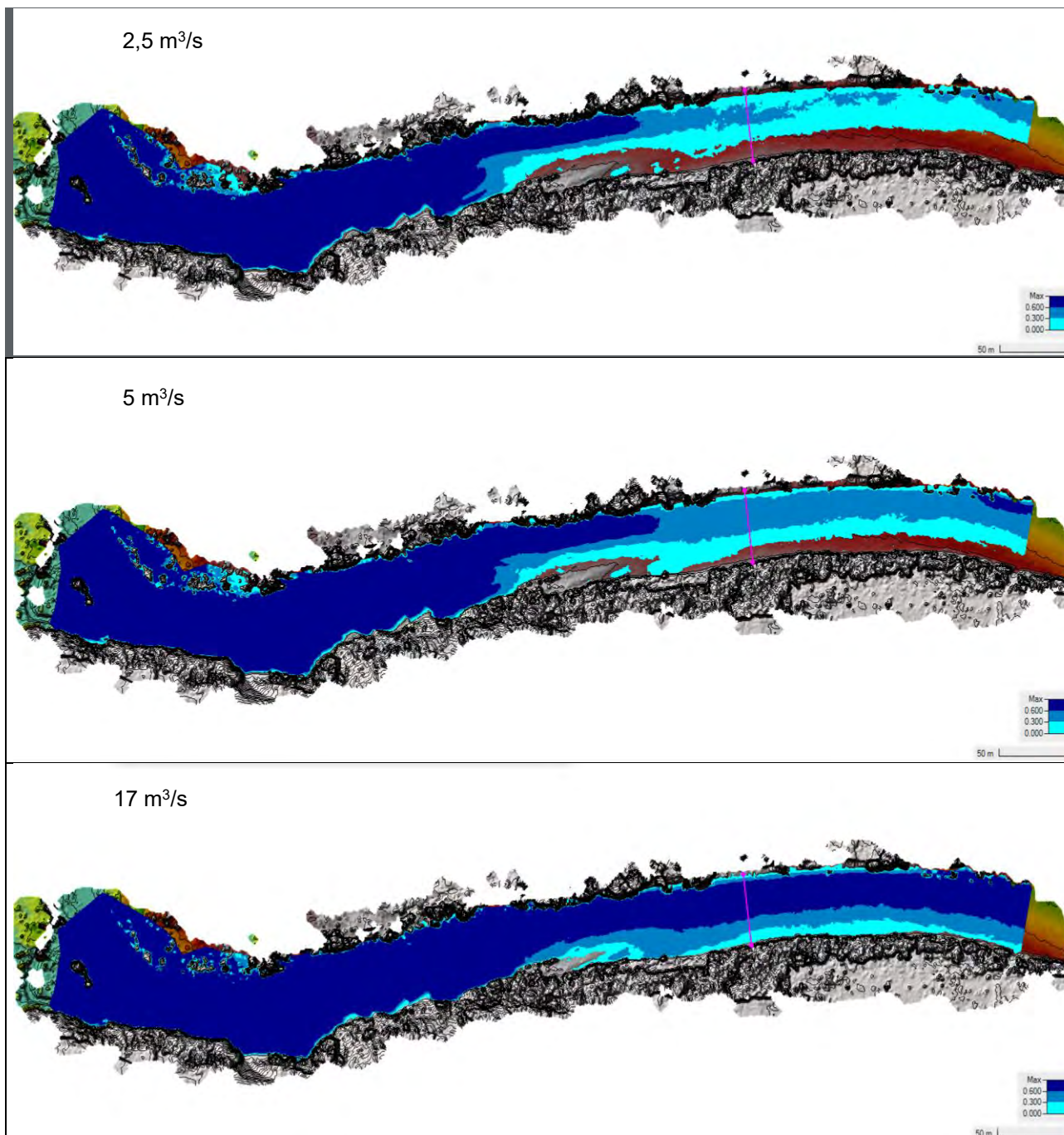
Figur 11. Område 2 (Heddøla 0103).



Figur 12. Økning i vanddekt areal (m^2 og %) som en funksjon av vannføring (m^3/s) for henholdsvis grunn (blå) og dyp del (grønn) fra 0,5 m^3/s og oppover.

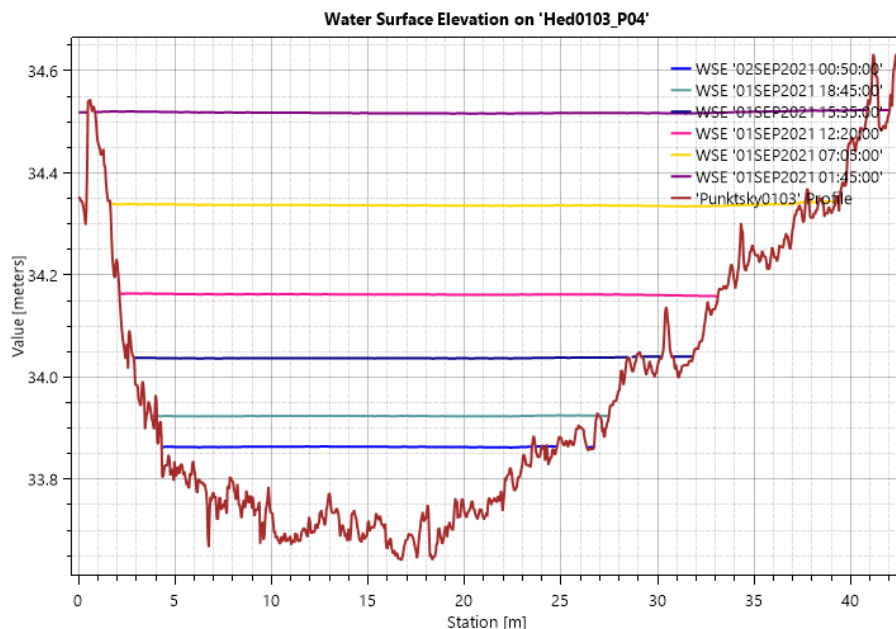


Figur 13. Økning i vanndekt areal (m² og %) som en funksjon av vannføring (m³/s) for henholdsvis grunn og dyp del fra 0,5 m³/s og oppover.



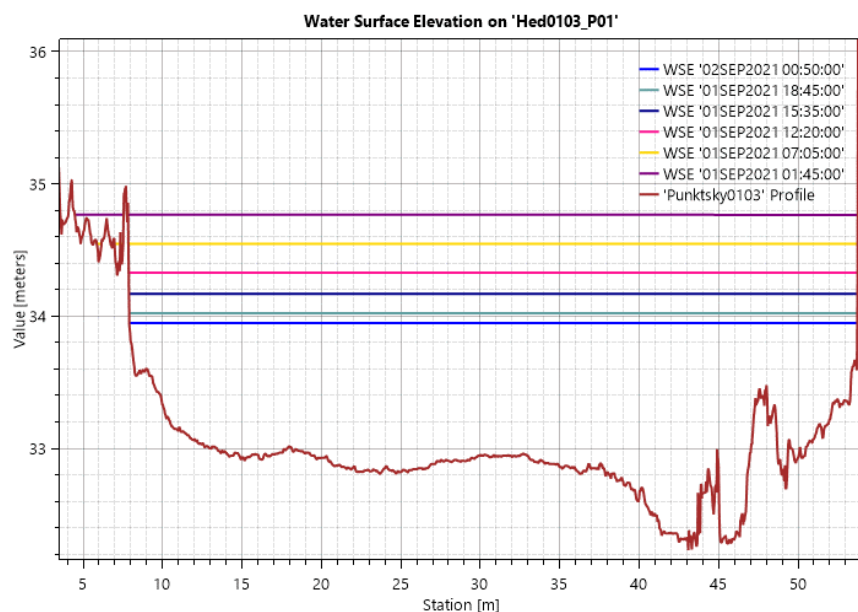
Figur 14. Vanndekt areal ved 2,5 m³/s (øverst), 5 m³/s (midten) og 17 m³/s (under). Grunt område til høyre i hver av figurene og dypere område til venstre. Lyseblå farge indikerer vanddyb=0-30 cm, blå=30-60 cm og mørkeblå >60 cm.

I figur 15 vises eksempel på vannlinjer ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje) i et middels grunt område (lokalisering av tverrsnittet er vist som rosa strek i figur 14). Tilsvarende endring i vannlinje i dette eksempel tverrsnittet er plottet i figur 25. Figurene illustrerer at det er store arealer som tørlegges i det grunne området når elva synker fra 17-2,5 m³/s.



Figur 15. Tverrsnitt i et grunt område. Vannlinjer vist ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje). Vannstand (moh) på y-akse, bredde (m) på x-akse.

I figur 16 vises eksempel på vannlinjer ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje) i et dypt område (lokalisering av tverrsnittet er i mørkeblått område venstre side i figur 14). Figurene illustrerer at det er små arealer som tørrelegges i dette området når elva synker fra 17-2,5 m³/s.



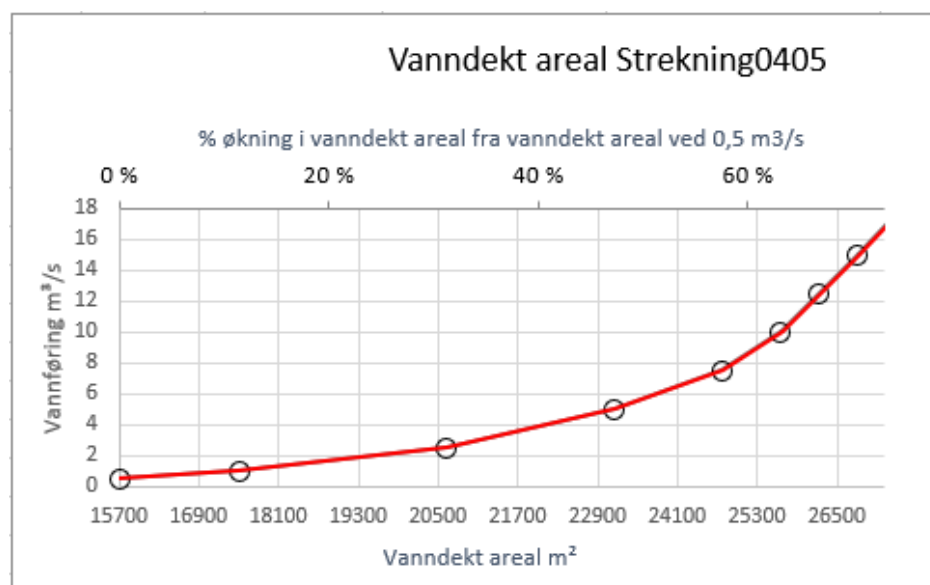
Figur 16. Tverrsnitt i et dypt område. Vannlinjer vist ved 0,5 m³/s (blå linje), 1 m³/s (grønn linje), 2,5 m³/s (mørk blå linje), 5 m³/s (rosa linje), 10 m³/s (gul linje) og 17 m³/s (lilla linje). Vannstand (moh) på y-akse, bredde (m) på x-akse.

3.1.3 Område 3 (Heddøla 0405)

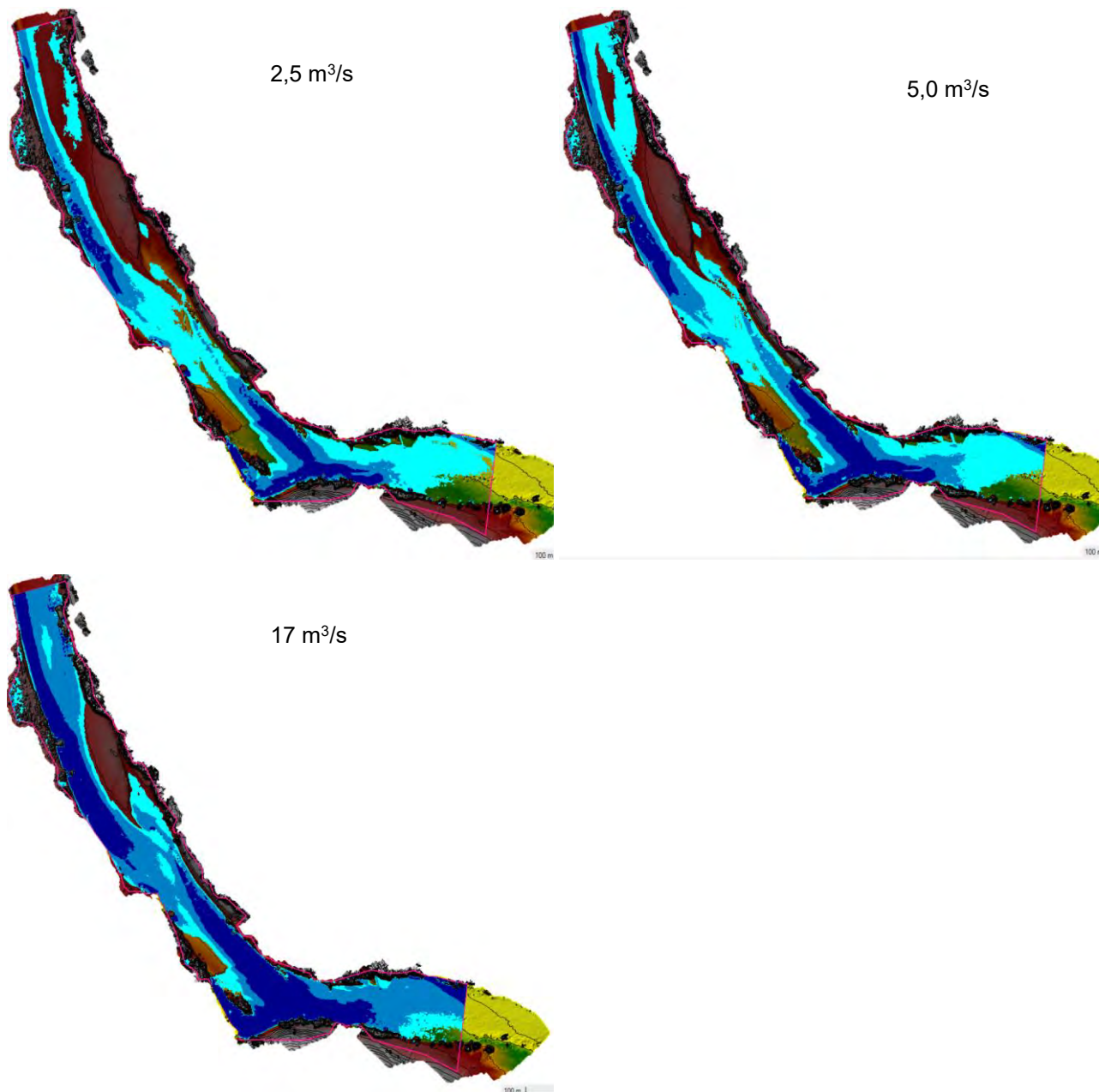
Område 3 (Heddøla 0405) ligger ca 1,7 km nedstrøms Omnesfossen og er et ca 750 m langt område (figur 17). Området er variert og gjenspeiler variasjonen med glattstrøm, elvører og flat elvebunnsprofil, samt dypere kulper. Det er kun kjørt en modellering av det sammenhengende området og vi får ikke frem forskjeller i tørrleggingseffekter ved grunne og dype områder. Analysen viser at vanddekket areal øker med 47 % fra 0,5 til ca 5 m³/s og 71% fra 0,5 til 15 m³/s for området i sin helhet (figur 18). Kurven blir markant brattere ved ca 8-10 m³/s som indikerer at graden av tørrlegging blir relativt mindre ved denne vannføringen og høyere. Fordi området omfatter en sammenslåing av dype og grunne områder, må det antas at tørrleggingseffektene blir høyere enn hva kurven viser i grunnere områder.



Figur 17. Område 3 (Heddøla 0405).



Figur 18. Område 3 (Heddøla 0405). Sammenheng mellom vannstand (moh) og vannføring (m³/s) på hele strekningen.

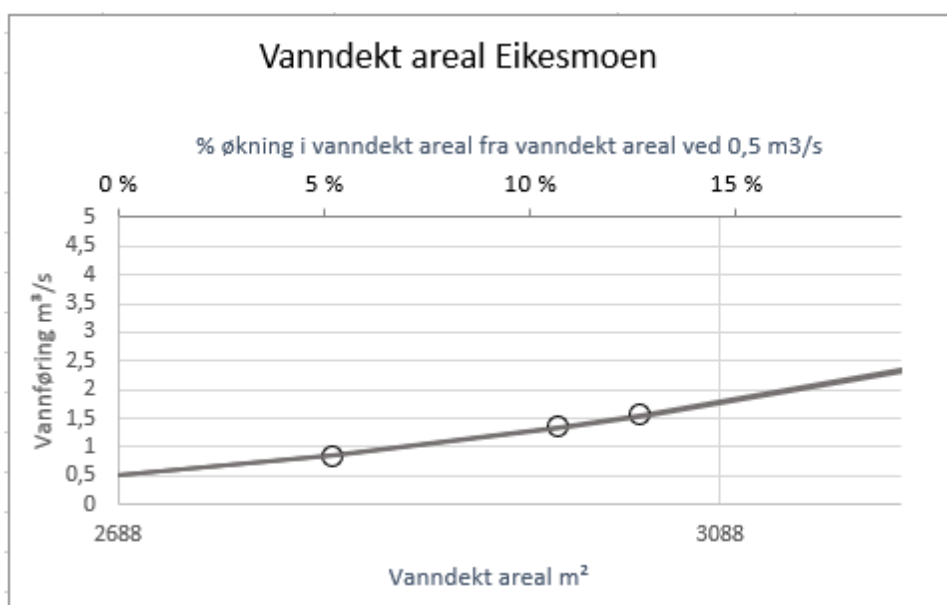


Figur 19. Vanddekt areal ved 2,5 m³/s (øverst, venstre), 5 m³/s (øverst, høyre) og 17 m³/s (under). Grunt område til høyre i hver av figurene og dypere område til venstre. Lyseblå farge indikerer vanddyb=0-30 cm, blå=30-60 cm og mørkeblå >60 cm.

3.2 Hjartdøla

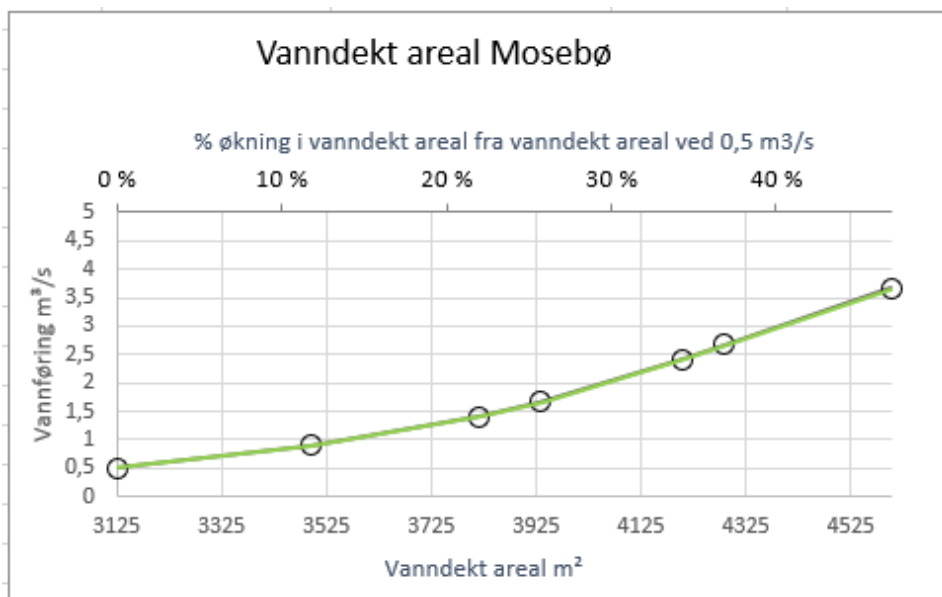
Analysene viser markant endring i vanndekt areal ved de fire ulike områdene hvor det er gjort hydraulisk modellering (figur 20, figur 21, figur 22 og figur 23). Modelleringen er kun gjort på relativt lave vannføringer. Ved Eikesmoen er det 19 % økning i vanndekt areal når vannføringen endres fra 0,5-2,5 m³/s. Ved Mosebø øker vanndekt areal med 47 % fra 0,5-3,7 m³/s. Ved Kommunehuset er kurven tilnærmet identisk, men ved Omnesøy er det en økning i vanndekt areal på ca 45 % når vannføringen øker fra 0,5-5 m³/s. Det er ikke utført analyser på høyere vannføringer i Hjartdøla.

Ved Eikesmoen ser det ikke ut til at elvetverrsnittet er fullt ut vanndekt ved vannføringer opp mot 2,5 m³/s. Dette illustreres ved at vanndekt areal i stor grad har samme økning per 0,5 m³/s økt vannføring sammenlignet med de aller laveste vannføringene. Punktet der vannføringen «metter» elveløpet ligger derfor over 2,5 m² ved dette elvesegmentet.

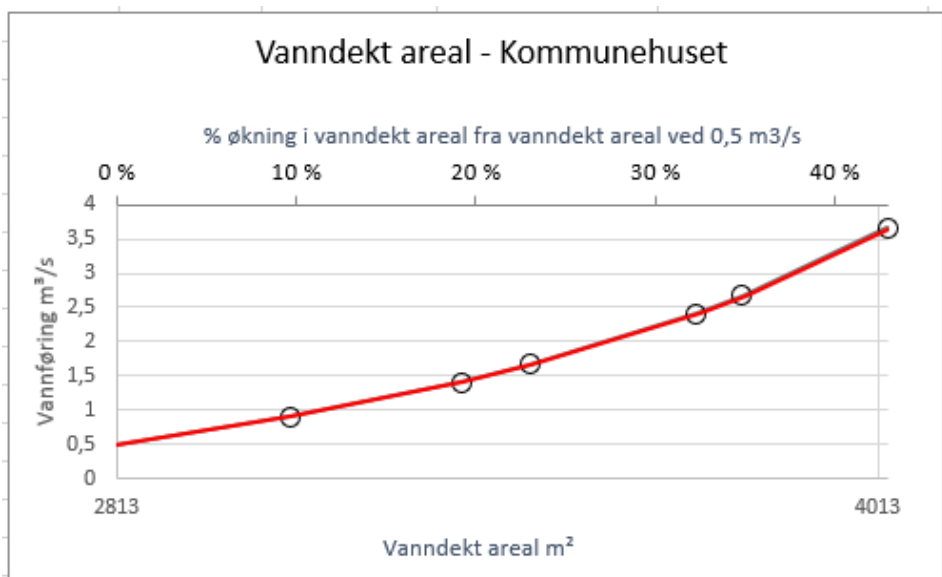


Figur 20. Endring i vanndekt areal (m² og %) ved 0,5 - 2,5 m³/s ved Eikesmoen.

Ved de undersøkte segmentene ved Mosebø og kommunehuset har vannføringen størst effekt på vanndekt areal opp til ca. 1,5 m³/s, men kurven er fortsatt relativt flat også opp til den høyeste beregna vannføringen på i overkant av 3,7 m³/s. Dette betyr at vannføringsreduksjoner også over disse nivåene vil bidra til tørreleggingseffekter.

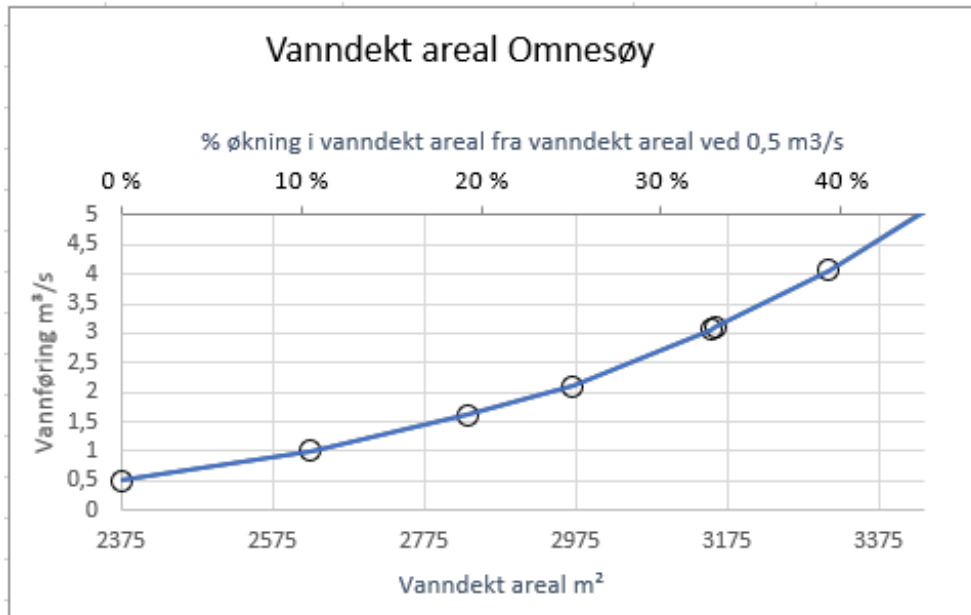


Figur 21. Endring i vanndekt areal (m² og %) ved 0,5-3,7 m³/s ved Mosebø.



Figur 22. Endring i vanndekt areal (m² og %) ved 0,5-3,7 m³/s ved Kommunehuset.

Vanndekt areal ved ulike vannføringer ved Omnesøy viser omtrent det samme bildet som ved Mosebø og kommunehuset. De største effektene av vått areal oppnås ved vannføringer under ca 1,5 m³, men også ved vannføringer opp mot og trolig over 5 m³/s bidrar økt vannføring til økt vanndekt areal.



Figur 23. Endring i vanndekt areal (m² og %) ved 0,5 - 2,5 m³/s ved Eikesmoen.

4 Analyse av effektkjøring

I forbindelse med vurdering av hastighet av vannstandsendringer ved Omnesfoss som følge av effektkjøring i Hjartdøla kraftverk, er det gjort noen innledende vurderinger basert på observasjoner. Tilsvarende vurderinger er ikke utført for Hjartdøla.

Effektkjøring er karakterisert av raske og hyppige endringer i vannføring. Egenskaper ved effektkjøringen som vil påvirke effektene nedover i vassdraget, er:

- amplitude av endringer (low ratio Q_{maks}/Q_{min})
- frekvensen av endringer
- varighet ved lav/høy vannføring
- senkningshastighet – tørrleggingshastighet (gjennomsnitt og maks)

Med hensyn på stranding av fisk og andre organismer er det viktig å identifisere tørrlagt areal og tørrleggingshastighet. Avstanden og dempning mellom kraftverk og analysestrekning er også svært viktig, men her forholder vi oss direkte til observasjoner av vannstand og vannføring ved de tre analyserte områdene i Heddøla, basert på vannføringsdata fra Omnesfossen.

Selv om det ikke er utført analyser i Hjartdøla, vil vurderingene fra Heddøla likevel ha relevans for situasjonen i Hjartdøla og det er sannsynlig at de samme påvirkningene av effektkjøring som er identifisert i Heddøla vil være gjeldende i grunnere områder i begge elveavsnitt.

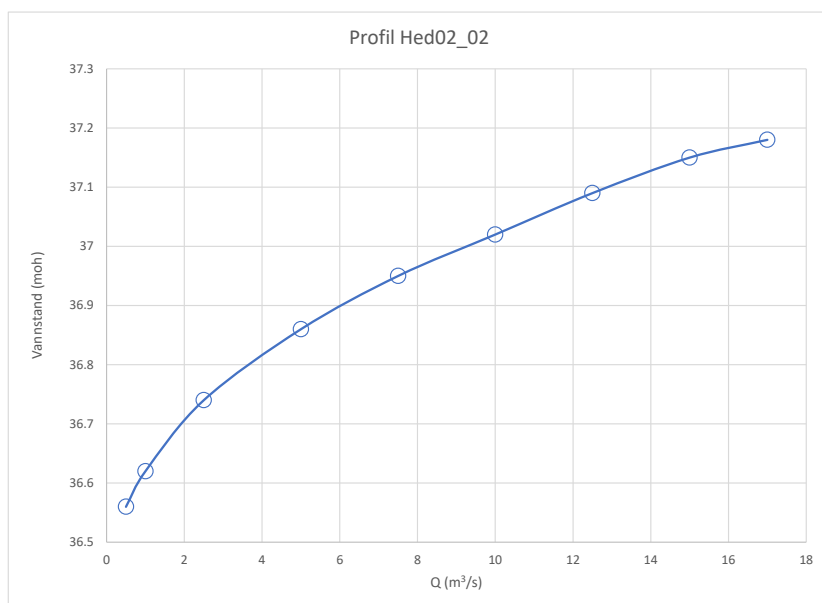
4.1 Tørrlegging av elva

4.1.1 Område 1 (Heddøla 02)

Analysen av vanndekning areal ved stasjon Heddøla 02 viser at tørrlegging av grusbanker i elveløpet i all hovedsak starter for vannføring under 15-10 m³/s.

Figur 21 nedenfor viser vannføringskurve (vannstand versus vannføring) for et grunt område. For dette området viser figuren at vannstanden endres med følgende (se figur 24):

- 16 cm mellom 17 m³/s og 10 m³/s – (2,3 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 16 cm mellom 10 m³/s og 5 m³/s – (3,2 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 12 cm mellom 5 m³/s og 2,5 m³/s - (ca. 5 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 12 cm mellom 2,5 m³/s og 1 m³/s (8 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)



Figur 24: Vannføringskurve ved et grunt tverrsnitt ved Heddøla. Strekning 02 – Profil 02.

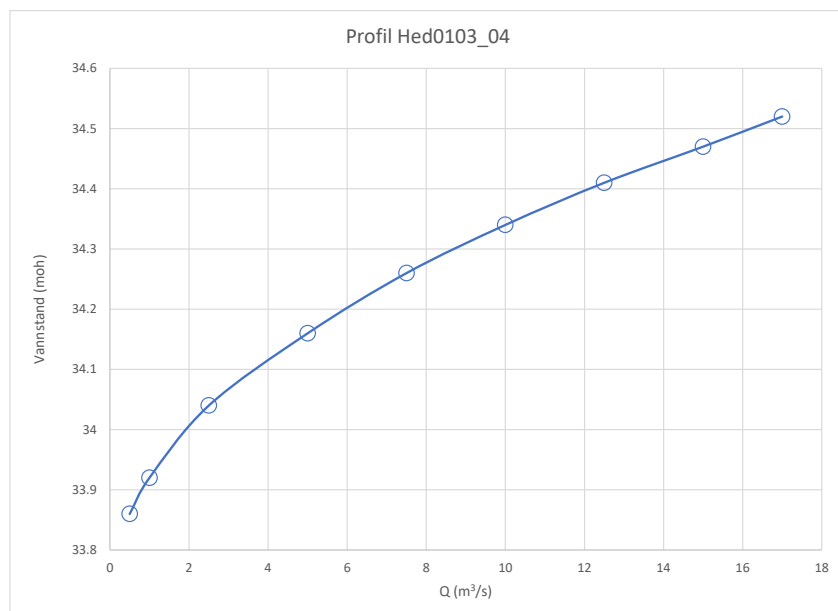
Iht. ref. Miljøvirkninger av effektkjøring (Bakken, et al., 2016) skal gjennomsnittlig vannreduksjon generelt skje langsommere enn 10 cm/time for å unngå stranding av fisk. Dette betyr for dette området at reduksjonen i vannføring bør skje langsommere enn 1-2 m³/s per time mellom 5 m³/s og 1 m³/s, langsommere enn ca. 3 m³/s per time mellom 10 m³/s og 5 m³/s, og langsommere enn ca. 5 m³/s per time mellom 17 m³/s og 10 m³/s.

4.1.2 Område 2 (Heddøla 0103)

Analysen av vanndekt areal ved stasjon Heddøla 0103 viser at tørrlegging av grusbanker i elveløpet i all hovedsak starter for vannføring under 5-10 m³/s.

Figur 25 nedenfor viser vannføringskurve (vannstand versus vannføring) for et grunt område. For dette området viser figuren at vannstanden endres med følgende (se figur 25):

- 18 cm mellom 17 m³/s og 10 m³/s – (2,6 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 18 cm mellom 10 m³/s og 5 m³/s – (3,6 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 15 cm mellom 5 m³/s og 2,5 m³/s - (ca. 5 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)
- 15 cm mellom 2,5 m³/s og 1 m³/s (8 cm senkning i vannstand per 1 m³/s)



Figur 25: Vannføringskurve ved et grunt tverrsnitt ved Heddøla. Strekning 0103 – Profil 04.

Iht. ref. Miljøvirkninger av effektkjøring (Bakken, et al., 2016) skal gjennomsnittlig vannreduksjon generelt skje langsommere enn 10 cm/time for å unngå stranding av fisk. Dette betyr for de undersøkte strekningene at reduksjonen i vannføring bør skje langsommere enn 1-2 m³/s per time mellom 5 m³/s og 1 m³/s, langsommere enn ca. 3 m³/s per time mellom 10 m³/s og 5 m³/s langsommere enn ca. 4 m³/s per time mellom 17 m³/s og 10 m³/s.

4.2 Oversikt over alle hendelser med raske og hyppige endringer i vannføring

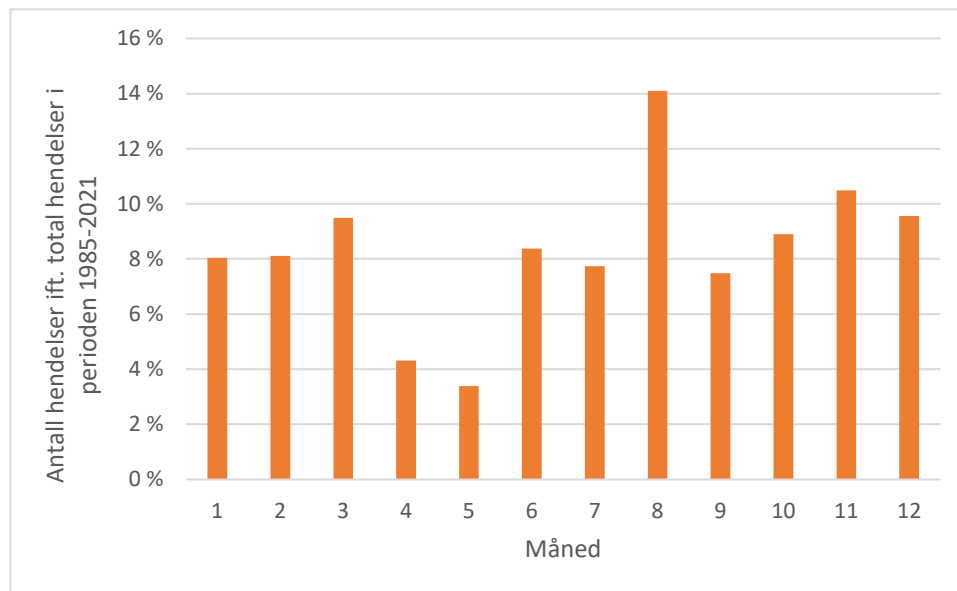
Det er analysert hendelser der vannføring i Heddøla ved målestasjon 16.31 Omnesfossen senkes fortere enn hhv. 1 og 2 m³/s per time. Analysen er gjennomført med 1 times oppløsning i dataene. Hendelser som er vurdert er følgende:

1. Perioden fra 1985 – 2021 der det finnes timesoppløste vannføringsdata
2. Vannføring ved Omnesfossen er mindre enn 30 m³/s
3. Endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -1 m³/s per time.
4. Endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -2 m³/s per time

Det ble observert ca. 2700 hendelser i perioden 1985-2021 der endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -1 m³/s per time

Det er listet (se tabell i vedlegg) 215 hendelser der endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -2 m³/s per time. Endringshastigheten ved disse episodene er i gjennomsnitt -3 m³/s per time og maks -9 m³/s per time. Figuren nedenfor viser fordeling av hendelser over året, og viser at hendelsene er relativt jevnt fordelt og inntreffer både i sommer- og vinterhalvåret. Merk at tidsoppløsningen av vannføringsserie kan ha betydning for antall hendelser og størrelsen av endringshastigheten og kan være noe underestimert siden endringer kan skje raskere enn tidsintervallet.

Det var ikke tilgjengelig data med 1 time-oppløsning før vannkraft ble bygd for å kunne vurdere endringshastigheten i vannføring i naturlige/uregulert hendelser. Det kan imidlertid nevnes at i en naturlig situasjon senkes vannføring saktere og saktere med lavere vannføring (Recession curve).



Figur 26: Fordeling over året (%) av de 215 hendelser observert i perioden 1985-2021 der vannføring ved Omnesfossen er mindre enn 30 m³/s og endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -2 m³/s per time.

4.3 Eksempel på hendelser i 2018

I dette avsnittet vises noen eksempler på hendelser med rask endring i vannføring i eksempelåret 2018. Eksemplene er basert på data som Skagerak Kraft har oversendt med 1 times oppløsning for:

- driftsvannføring fra Hjartdøla kraftverk
- regulering av damluka i utløpet av Hjartsjå
- vannstand i Hjartsjå
- vannføring fra målestasjon 16.31 Omnesfossen og 16.155 Sønderlandsvatn.

Nedbørsfeltet for Hjartdals- og Tuddalsvassdraget ved utløp i Heddalsvatn er på ca. 1000 km², hvorav ca. 362 km² er regulert. Av det regulerte området er ca. 40 km² overført fra Heiåi i Seljords-/ Bøvassdraget.

Vannføringen i Hjartdøla og Heddøla er en funksjon av driftsvannføringen ut fra Hjartdøla kraftverk, tilsig fra restfeltene, minstevannføringslipp og eventuelle flomoverløp fra reguleringsmagasinene.

Hjartdøla kraftverk har avløp i Hjartsjåvatn som har et areal på i overkant av 1 km². Vannføringen ut av Hjartsjå bestemmes av driftsvannføringen i fra Hjartdøla kraftverk, tilsig fra restfeltene, eventuelle flomoverløp/slipp fra Breidvatn eller Skjessvatn og lukeposisjonen for luka i fløtningsdammen i Hjartsjå.

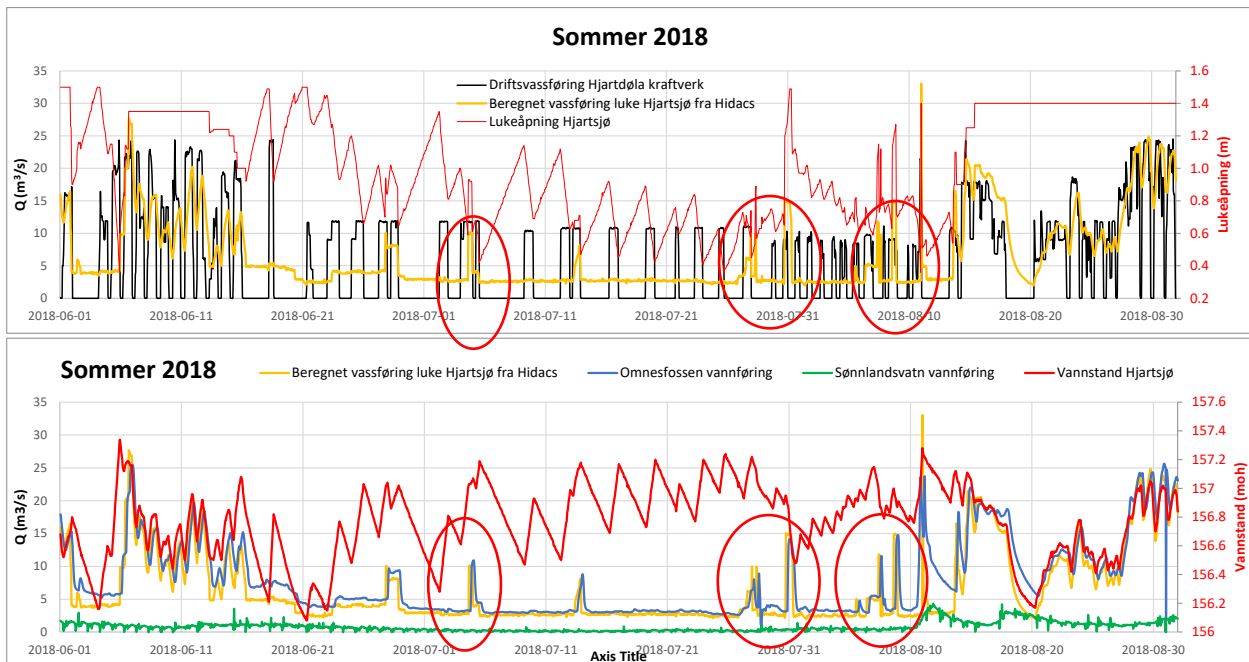
Elva har stedvis god demping ved middels-høyere vannføringer, noe som er med på å utjevne effekten av vannføringsendringer ut fra Hjartsjå og ned mot Heddalsvatnet.

Ved lave vannføringer er ikke denne dempingeffekten like god, og ved en gjennomgang av hendelse fra 2018 ser en at det har vært situasjoner hvor endringene har skjedd raskere enn -2 m³/s per time. Erfaringene fra Skagerak og gjennomgangen fra 2018 viser at disse situasjonene opptrer i forbindelse med bruk av luka ved utløpet av Hjartsjå. Vannføringer observert for 2018 viste tre hendelser senkning i vannføring ved Omnesfossen som var raskere enn -2 m³/s per time.

I 2019 ble det observert bare én hendelse med senkning i vannføring ved Omnesfossen som var raskere enn -2 m³/s per time. Det samme var gjeldende for 2020. I 2021 ble det ikke identifisert slike hendelser. Når det gjelder hendelser hvor senkning i vannføring ved Omnesfossen var raskere enn -1 m³/s per time, så var antallet seks hendelser sommeren 2019, og tre hendelser somrene 2020 og 2021.

4.3.1 *Hendelser i sommerperioden*

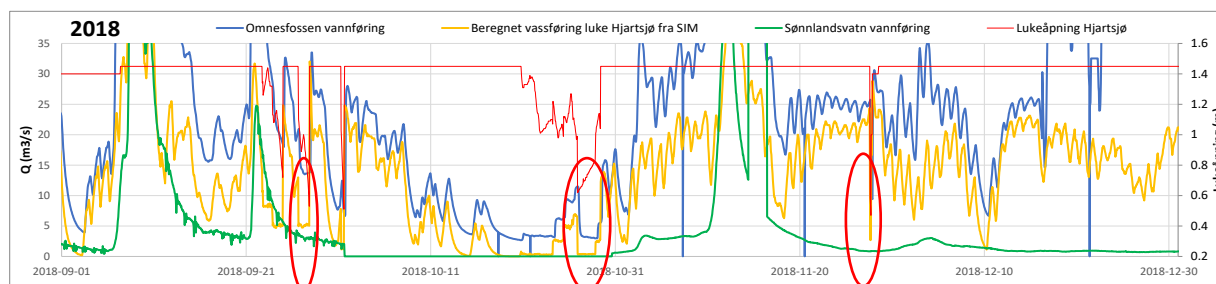
Vannføring ved Omnesfossen er vist, samt beregnet vannføring ved luke Hjartsjå og driftsvannføring fra Hjartdøla kraftverk. Følgende figur viser et eksempel for vannføringer observert sommeren 2018. Hendelser med senkning i vannføring ved Omnesfossen raskere enn -2 m³/s per time som gir strandingsrisiko er markert med røde sirkler.



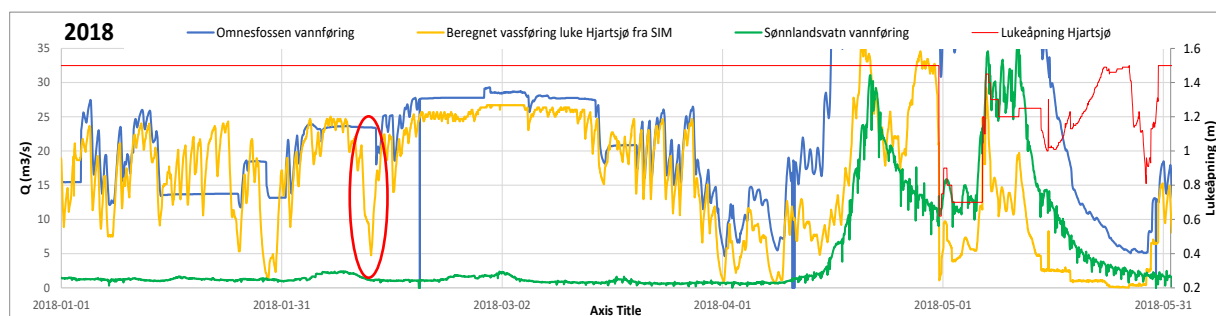
Figur 27: Analysen av hendelser sommeren 2018. Hendelser med senkning i vannføring ved Omnesfossen raskere enn 2 m³/s per time som vil gi strandingsrisiko er markert med røde sirkler.

4.3.2 Hendelser om vinteren og høsten

Om vinteren og høsten, står luka ved Hjartsjø i hovedsak åpen/ nede og det er mye produksjon i Hjartdøla kraftstasjon (figur 28). Oftest er vannføringen i denne perioden over 10 m³/s ved Omnesfossen, og dette gir god vanndekning i elva. Det er likevel viktig å påpeke at raske dropp i vannføringen om vinteren er særlig kritisk for ungfisk selv om de forekommer sjelden, fordi de er mindre mobile om vinteren (spesielt om natten) enn hva de er i sommerperioden. I figur 29 vises et eksempel på en hendelse hvor endringen skjer raskere enn -1 m³/s per time. Hendelsen er om vinteren da ungfisk er særlig sårbar.



Figur 28: Analysen av hendelser vinter og høsten 2018. Hendelser med senkning i vannføring ved Omnesfossen raskere enn -2 m³/s per time er markert med røde sirkler.



Figur 29: Analysen av hendelser vinter og høsten 2018. Hendelse med senkning i vannføring ved Omnesfossen raskere enn -1 m³/s per time er markert med rød sirkel.

5 Vurderinger

5.1 Strandingsrisiko for ungfisk og elvemusling

Ikke uventet viser analysene at reduksjonen i vanddekt areal er størst i grunne områder og lavere i dypere områder. Analysene viser også at dette forekommer både i Hjartdøla og i Heddøla. Analysene som er utført i Hjartdøla er ikke detaljerte nok til å få frem hvor store slike endringer er mellom høye og lave vannføringer, og det er derfor ikke fått frem et detaljert bilde i denne delen av vassdraget. Analysene fra Hjartdøla viser likefult at endring i vanddekte er stor ved de ulike lave modellerte vannføringene. Det er ikke identifisert et «knekkpunkt» for når forholdet vanddekte/ tørrlegging endrer seg lite eller mye.

Generelt viser studier av tilgjengelig ortofoto at Hjartdøla har lengre sammenhengende områder hvor elvebunnsprofilen er dyp og trauformet, og at denne delen av vassdraget har flere og større sammenhengende områder som er mindre utsatt for tørrleggingseffekter. Bildet er likevel mer nyansert, og det finnes områder med grunnere elvebunnsprofil i Hjartdøla også som vil være utsatt for tørrleggingseffekter.

I Heddøla domineres elva mellom Omnesfossen og Heddalsvatnet av lange sammenhengende, grunne områder hvor elvebunnsprofilen er relativt slak. Selv om det finnes rikelig med kulper og dype områder, vil denne delen av vassdraget åpenbart være utsatt for tørrleggingseffekter når vannstanden synker. Dette er tydelig illustrert gjennom hydrologisk modellering av tre områder i denne utredningen. Vi ser imidlertid at omfang på tørrlegging og strandingsrisiko for fisk og elvemusling ved effektkjøring vil variere ved de undersøkte områdene.

Basert på modelleringene er det derfor ikke et mulig å gi en entydig anbefaling som er dekkende for hele vassdraget. For å nyansere bildet av strandingsrisiko bør det analyseres et større utvalg områder som dekker variasjonen i vassdraget. Vi mener likevel at de modellerte områdene i Heddøla er representative for å beskrive tørrleggingseffekter, og at resultatene gir en pekepin på anbefalt kjøring av kraftverket, samt slipp av vann fra dammen ved Hjartsjø for å redusere risikoen for stranding ved effektkjøring.

Basert på de simuleringene som er utført ser en at endringene i vanddekket areal er mest markante ved vannføringer under ca 6-10 m³/s for område 2 i Heddøla (Heddøla 0103) (se figur 12).

For område 1 (Heddøla 02) er det ikke identifisert et slikt «knekkpunkt» i kurven (figur 6), og det er ikke mulig å se at tørrleggingseffekter avtar ved en gitt vannføring. Beregningen i dette punktet er basert på et tverrsnitt som inkluderer en elveør som ikke dekkes av vann før ved noe høyere vannføring.

Graden av tørrleggingseffekter vil variere sterkt i ulike deler av elva. I perioder med lite tilsig i restfeltet, vil endringer i vannføring i elva i stor grad være bestemt av regulering av luka på Hjartsjø. I slike situasjoner vil endringer i vannføring fra Hjartsjø forplante seg nesten direkte, med lav demping til vannføring ved Omnesfossen.

5.2 Generelt om gyting og tørrlegging av gyteområder

Det er ikke denne utredningen sett spesielt på hvilke vannføringer som forekommer i, og etter gyteperioden. Det er heller ikke kartlagt utbredelsen av gyteområder i elva. Generelt nevnes at gyting ideelt sett bør forekomme på en vannføring som tilsier at vannstanden ikke er så høy at områdene tørrlegges, blir liggende for grunt eller at vannhastighetene blir så lave at egg og yngel tørrlegges etter at gyteperioden er over (Forseth, et al., 2013). Hvis gyting starter i en periode med høy vannføring, med etterfølgende dropp i vannføringen vil eggene kunne tørrlegges, fryse ut og dø. Hvis denne reduksjonen skjer som følge av startstoppkjøring kan den negative effekten forsterkes (Bakken, et al., 2016). Det understrekes at det ikke er undersøkt hvorvidt dette er et problem i Hjartdøla og Heddøla.

5.3 Generelt om tiltak

For å redusere stranding av ungfisk i effektregulerte elver vil et opplagt tiltak være å unngå raske vannstandsreduksjoner om dagen, særlig om vinteren.

Imidlertid vil mye fisk kunne strande både om sommeren og om natta på vinteren dersom vannstanden reduseres for raskt. Hastigheten av vannstandsreduksjonen er av stor betydning for strandingsrisikoen. Når vannstanden reduseres gradvis og sakte, rekker fisken både å registrere endringen og respondere med å svømme ut mot dypere vann. Lav nedtappingshastighet er særlig viktig akkurat i det elvebunnen begynner å tørrlegges, fordi fisken ser ut til å vente i det lengste med å forflytte seg. Gjennom en serie med laboratorie- og feltforsøk er det vist at risikoen for stranding hos laks- og ørretunger blir lav når vannstanden synker langsommere enn 10-15 cm pr time. Denne informasjonen har gitt grunnlag for en tommelfingerregel om at gjennomsnittlig vannstandsreduksjon bør skje langsommere enn 10 cm pr time. Forsøk har imidlertid vist at årsyngel om sommeren kan strande selv på senkningshastigheter under 10 cm pr time. I vassdrag der fiskebestandene er klart rekrutteringsbegrenset bør det vurderes å bruke en saktere nedtappingshastighet enn 10 cm/ time (Bakken, et al., 2016). Det antas at en slik grenseverdi vil være dekkende også for elvemusling.

5.4 Anbefalte tiltak

Iht. ref. Miljøvirkninger av effektkjøring (Bakken, et al., 2016) skal gjennomsnittlig vannreduksjon generelt skje langsommere enn 10 cm/time for å unngå stranding av fisk.

For de undersøkte områder 1 (Heddøla 02) og område 2 (Heddøla 0103) betyr dette at reduksjonen i vannføring ved tilsvarende områder bør skje langsommere enn:

- 1-2 m³/s per time mellom 5 m³/s og 1 m³/s
- 3 m³/s per time mellom 10 m³/s og 5 m³/s
- 4-5 m³/s per time mellom 17 m³/s og 10 m³/s

Det er viktig å understreke at disse anbefalingene er basert på et begrenset utvalg av områder i som er modellert i denne utredningen. Terskelverdiene kan benyttes som en god rettesnor for tilpasning av kraftverksdriften ved Hjartdøla kraftverk. I videre planlegging av tiltak for å redusere risikoen for stranding anbefales det likefullt å se nærmere på om analysen kan utvides for å nyansere hvordan strandingsrisikoen opptrer i en større utstrekning av elva.

Det anbefales å gjøre mer detaljerte studier (noen flere områder), og forsøke å definere et mer nyansert bilde av terskelverdier for akseptabel nedtappingshastighet.

Det bør i så fall vurderes om det skal etableres flere målepunkter i vassdraget for å beskrive vannføring og vannstandsendringer på strekningen mellom Hjartsjø og Omnesfossen, samt beskrive restfeltets betydning.

5.5 Realisering av Sauland kraftverk

Det er ikke sett detaljert på risiko for stranding dersom Sauland kraftverk bygges, og vurderingene under er helt generelle.

Sauland kraftverk vil utnytte fallressursene i Hjartdøla og Skogsåa, fra inntak i Hjartsjø og Sønderlandsvatn til avløpet et stykke nedstrøms Omnesfossen. Kraftverket vil bygges med to separate maskiner i samme stasjon. Anlegget som utnytter fallet i Hjartdøla vil få navnet Sauland 1, mens anlegget som nytter fallet i Skogsåa vil få navnet Sauland 2.

Ved utbygging av Sauland kraftverk vil det slippes minstevannføring på 3 m³/s (1.5 – 30.9) og 2 m³/s (12.10-30.4) fra dam Hjartsjø. Fra utløp av Sønderlandsvatn til Skogsåa skal det slippes 0,36 m³ /s i perioden 1.5-30.9 og 0,1 m³ /s i perioden 1.10 - 31.4.

I henhold til manøvreringsreglementet heter det at alle vannstandsendringer skal skje gradvis. Sauland 1 tillates effektkjørt, mens Sauland 2 skal kjøres mest mulig jevnt på tilsig, og typisk start/ stopp-kjøring skal ikke forekomme.

Minstevannføringskravet vil forbedre dagens miljøforhold på strekningen nedenfor dam Hjartsjø i den forstand at det alltid er et større vanddekket enn hva som er tilfelle i dag ved lave vannføringer. Fordi minstevannføringskravet er lavere enn terskelverdiene som er identifisert i denne rapporten for tørrlegging- og strandingsrisiko, vil effektkjøring fortsatt kunne medføre tørrleggingseffekter.

Det anbefales derfor at de samme terskelverdiene for nedtappingshastighet som fremgår av denne rapporten, legges til grunn ved planlegging av drift av Sauland 1 og 2 kraftverk.

For andre hydrologiske og biologiske regulerings effekter vises til konsekvensutredninger for Sauland kraftverk.

6 Referanser

Bakken, Tor Haakon, Forseth, Torbjørn og Harby, Atle. 2016. *Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri.* s.l. : NINA Temahefte 62. CEDREN, 2016.

Bendixby, L. og Sandem, K. 2014. *Kartlegging av elvemusling og ørret i Hjartdøla. Sauland kraftverk - Vurderinger av ulike minstevannføringslipp.* s.l. : Norconsult rapport 5135649_J05, 2014.

Forseth, Thorbjørn, et al. 2013. *Håndbok i miljødesign i regulerte laksevassdrag.* s.l. : CEDREN, 2013.

Gregersen, H., Bendixby, L. og Sandem, L. 2021. *Kartlegging av laks og storørret i Heddøla 2020 og 2021.* s.l. : Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, 2021.

NVE. 2007. *Flomsonkart. Delprosjekt Sauland. 2007.*

Uribe, Carolina Frias. 2014. *Sauland kraftverk. Vurdering av strømningsforhold i Hjartdøla.* s.l. : Norconsult, 2014.

Vedlegg

Vedlegg 1

Tabell 3: Liste med de 215 hendelser observert i perioden 1985-2021 der vannføring ved Omnesfossen er mindre enn 30 m³/s og endringshastigheten i vannføring ved Omnesfossen er raskere enn -2 m³/s per time.

Month	Time	Q- Omnesfossen	endring i m ³ /s / time				
				6	30. juni 2000	22.0	-3.7
				8	14. august 2000	22.3	-2.7
				8	14. august 2000	17.6	-4.7
12	2. desember 1985	14.7	-2.1	8	14. august 2000	13.0	-4.6
1	11. januar 1987	27.3	-2.6	8	14. august 2000	10.2	-2.8
1	19. januar 1987	24.5	-2.5	4	4. april 2001	17.3	-7.6
2	17. februar 1987	21.6	-2.1	4	4. april 2001	13.7	-3.7
11	30. november 1987	19.3	-4.0	4	4. april 2001	11.5	-2.1
11	30. november 1987	13.9	-4.7	7	25. juli 2001	13.0	-2.5
11	30. november 1987	12.1	-3.0	7	25. juli 2001	10.8	-2.2
11	30. november 1987	10.3	-2.1	11	28. november 2001	19.5	-2.1
12	8. desember 1987	10.8	-2.5	11	28. november 2001	13.9	-5.7
12	8. desember 1987	7.4	-2.0	11	28. november 2001	10.6	-3.3
1	28. januar 1988	15.9	-2.1	11	29. november 2001	18.1	-5.1
1	28. januar 1988	13.8	-3.7	11	29. november 2001	12.6	-5.6
1	28. januar 1988	12.1	-2.4	11	29. november 2001	9.7	-2.9
4	29. april 1988	25.3	-5.0	3	4. mars 2002	18.1	-4.2
6	28. juni 1988	23.2	-4.6	3	4. mars 2002	13.4	-4.7
3	7. mars 1989	22.8	-2.0	3	4. mars 2002	11.2	-2.3
11	20. november 1989	22.9	-2.4	4	8. april 2002	22.3	-2.7
11	20. november 1989	21.3	-6.6	5	23. mai 2002	15.8	-2.9
11	20. november 1989	14.8	-4.5	8	11. august 2002	8.0	-2.3
11	20. november 1989	11.4	-2.5	8	11. august 2002	6.0	-2.0
7	25. juli 1990	14.4	-2.4	8	12. august 2002	26.0	-2.2
8	16. august 1990	16.8	-2.3	9	6. september 2002	13.9	-2.4
9	12. september 1990	21.5	-4.2	1	8. januar 2003	10.0	-2.5
9	12. september 1990	18.0	-5.0	2	17. februar 2003	9.0	-6.3
9	12. september 1990	15.1	-3.4	6	27. juni 2003	15.0	-3.1
9	12. september 1990	11.6	-2.7	6	27. juni 2003	12.6	-2.5
12	13. desember 1991	15.5	-9.2	6	8. juni 2004	16.5	-2.4
1	28. januar 1992	10.7	-2.1	6	8. juni 2004	12.8	-3.8
7	21. juli 1992	26.3	-2.6	6	8. juni 2004	10.2	-2.6
7	21. juli 1992	24.0	-7.8	6	10. juni 2004	7.8	-2.3
7	21. juli 1992	20.0	-5.5	7	6. juli 2004	23.6	-2.1
7	21. juli 1992	18.5	-3.5	7	7. juli 2004	11.0	-2.0
10	2. oktober 1992	25.3	-4.2	7	13. juli 2004	17.6	-2.8
12	1. desember 1992	27.2	-3.4	8	17. august 2004	13.7	-2.6
2	16. februar 1994	23.8	-2.0	10	1. oktober 2004	14.8	-2.3
7	13. juli 1994	9.6	-3.5	11	25. november 2004	17.6	-2.2
7	13. juli 1994	6.4	-2.7	3	15. mars 2005	8.4	-2.4
12	9. desember 1994	23.6	-6.8	6	7. juni 2005	16.3	-2.7
1	26. januar 1995	15.5	-4.0	6	8. juni 2005	13.0	-3.3
1	26. januar 1995	16.0	-6.1	6	8. juni 2005	11.0	-2.0
1	30. januar 1995	20.0	-3.7	6	17. juni 2005	26.7	-2.3
2	1. februar 1995	22.4	-2.2	6	17. juni 2005	24.6	-2.1
7	15. juli 1995	7.8	-2.0	9	28. september 2005	14.8	-3.3
7	15. juli 1995	6.7	-2.4	9	28. september 2005	11.0	-3.8
8	4. august 1995	2.9	-6.6	9	28. september 2005	8.8	-2.2
1	12. januar 1996	21.3	-37.2	8	18. august 2006	15.3	-2.3
2	16. februar 1996	22.0	-3.2	8	18. august 2006	12.2	-3.1
5	14. mai 1996	26.7	-2.4	8	23. august 2006	13.9	-3.7
8	24. august 1996	6.9	-3.2	8	24. august 2006	11.4	-2.5
8	24. august 1996	5.8	-3.0	9	7. september 2006	16.0	-2.4
8	29. august 1996	11.3	-3.4	10	6. oktober 2006	20.7	-2.2
8	29. august 1996	9.8	-4.3	10	6. oktober 2006	17.6	-3.1
10	23. oktober 1996	22.3	-2.2	10	1. oktober 2007	26.4	-2.6
10	23. oktober 1996	18.4	-2.8	10	1. oktober 2007	23.9	-2.4
10	24. oktober 1996	18.6	-2.4	10	30. oktober 2007	11.2	-2.5
10	24. oktober 1996	16.9	-3.5	10	30. oktober 2007	9.0	-2.1
10	24. oktober 1996	15.7	-2.1	8	5. august 2008	14.3	-3.3
3	10. mars 1997	11.9	-6.2	8	5. august 2008	11.0	-3.4
3	10. mars 1997	11.2	-4.0	8	5. august 2008	8.6	-2.4
3	10. mars 1997	10.0	-2.2	8	15. august 2008	22.9	-2.0
7	3. juli 1997	24.6	-2.5	8	15. august 2008	19.0	-4.0
9	20. september 1997	14.3	-2.2	8	15. august 2008	16.8	-2.2
9	20. september 1997	11.4	-3.0	6	26. juni 2009	15.8	-2.1
1	27. januar 1998	20.4	-2.5	6	26. juni 2009	12.8	-3.0
5	29. mai 1998	21.7	-2.3				
7	19. juli 1999	9.0	-2.1				
8	7. august 1999	6.8	-2.2				

Month	Time	Q- Omnesfossen	endring i m3/s / time
11	29. november 2010	11.5	-2.3
11	29. november 2010	9.2	-2.4
12	1. desember 2010	11.4	-3.0
12	3. desember 2010	19.5	-2.1
1	4. januar 2011	16.5	-2.4
6	23. juni 2011	16.0	-2.4
5	7. mai 2012	18.4	-3.9
9	3. september 2012	12.2	-6.0
10	8. oktober 2012	12.4	-2.7
5	10. mai 2014	20.4	-2.2
6	18. juni 2014	13.4	-4.7
6	18. juni 2014	10.2	-3.2
6	18. juni 2014	7.8	-2.5
8	12. august 2014	25.3	-2.2
8	12. august 2014	21.0	-4.3
8	12. august 2014	18.7	-2.4
10	5. oktober 2015	20.6	-3.6
10	5. oktober 2015	17.6	-6.0
10	5. oktober 2015	15.1	-5.1
10	5. oktober 2015	13.1	-4.0
10	5. oktober 2015	11.5	-3.1
10	5. oktober 2015	10.3	-2.5
10	5. oktober 2015	9.2	-2.0
10	12. oktober 2015	15.4	-3.1
10	12. oktober 2015	13.6	-3.5
10	12. oktober 2015	12.1	-3.2
10	12. oktober 2015	10.8	-2.4
10	12. oktober 2015	9.8	-2.1
11	11. november 2016	23.3	-2.0
6	23. juni 2017	14.6	-2.5
6	23. juni 2017	11.4	-3.2
6	24. juni 2017	9.3	-2.0
7	16. juli 2017	10.0	-2.5
7	16. juli 2017	7.6	-2.5
7	28. juli 2017	10.6	-2.4
7	28. juli 2017	7.8	-2.8
8	2. august 2017	13.9	-2.9
8	2. august 2017	11.0	-2.9
8	4. august 2017	26.0	-2.2
8	15. august 2017	14.3	-2.7
8	15. august 2017	11.2	-3.2
8	19. august 2017	26.0	-2.6
8	19. august 2017	23.6	-2.4
9	20. september 2017	15.0	-2.0
2	12. februar 2018	20.4	-2.8
2	12. februar 2018	18.4	-2.0
7	5. juli 2018	8.2	-2.1
7	28. juli 2018	5.3	-2.1
7	31. juli 2018	8.4	-2.0
7	31. juli 2018	6.3	-2.1
8	7. august 2018	9.7	-2.1
8	7. august 2018	7.0	-2.7
8	9. august 2018	10.6	-3.3
8	9. august 2018	7.8	-2.8
8	10. august 2018	19.5	-2.1
8	11. august 2018	20.1	-3.5
8	11. august 2018	17.1	-3.1
8	14. august 2018	15.8	-2.4
9	26. september 2018	17.3	-2.8
10	27. oktober 2018	8.0	-2.4
10	27. oktober 2018	5.8	-2.2
11	27. november 2018	21.3	-4.3
11	27. november 2018	15.0	-6.3
11	27. november 2018	11.5	-3.5
4	1. april 2019	18.1	-2.8
8	30. august 2019	21.6	-2.3
8	30. august 2019	19.2	-2.4
2	6. februar 2020	21.4	-2.3
2	6. februar 2020	17.5	-3.9
2	7. februar 2020	25.7	-4.3
2	14. februar 2020	22.5	-3.3
8	17. august 2020	22.7	-4.1
8	17. august 2020	18.0	-4.7
8	17. august 2020	15.6	-2.4
9	22. september 2021	12.9	-2.2
9	22. september 2021	10.4	-2.5
9	23. september 2021	9.9	-2.6
9	23. september 2021	7.3	-2.6
10	18. oktober 2021	16.9	-3.9
10	18. oktober 2021	14.8	-2.1