

Supplerende faglig innspill – Låvi kraftverk, Vassbygdvatnet og Aurlandselva

Temperatur, manøvrering og økologisk handlingsrom i Vassbygdvatnet og Aurlandselva

Til: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Sak: Konesjonsbehandling av Låvi kraftverk, med relevans for samlet vurdering av Aurlandsreguleringen og revisjonsvilkår

Fra: Rune Lunde / Fluvial AS

Dato: 26.05.2026

Innholdsfortegnelse

0. Sammendrag	2
1. Egen bakgrunn, mandat og hvorfor innspillet legges fram	3
2. Prosessuell presisering: Låvi-saken og revisjonsvilkårene må sees samlet.....	3
3. Historisk bakgrunn: fra bestandsnedgang til temperatur som styrbar reguleringseffekt	4
3.1 NINA-perioden: regulering, temperatur og ferskvannsproduksjon	4
3.2 Rådgivende Biologer: temperatur som aktivt manøvreringsspørsmål.....	4
3.3 SINTEF-sporet: Vassbygdvatnet som temperaturstyrende innsjøsystem.....	4
3.4 Habitat- og miljødesignperioden etter 2010.....	5
4. Vinterstratifisering og innsjøens årsrytme som mulig reguleringseffekt	5
4.1 Forventet naturtilstand.....	5
4.2 Egne data, masteroppgave og reanalyse.....	5
4.3 Hvorfor vintertilstanden fortsatt er viktig.....	6
4.4 Økologiske mekanismer utover temperatur.....	6
5. Økologisk respons: temperatur forklarer noe, men ikke hele mønsteret	7
6. Datagrunnlag, etterprøvnbarhet og åpne tidsserier.....	10
7. Vassbygdvatnet som termisk lager, filter og økologisk system	11
8. Manøvreringsfleksibilitet som miljømessig handlingsrom.....	12
9. Behov for dynamisk modellering og digital tvilling.....	12

10. Kunnskapsgrunnlag, dagsorden og etterprøvnbarhet	13
11. Forslag til supplerende utredninger	13
12. Konklusjon	14
Avsluttende kommentar	14
Referanser	16

0. Sammendrag

Dette innspillet er skrevet som et supplerende faglig innspill til konsesjonsbehandlingen av Låvi kraftverk. Låvi bør ikke vurderes isolert fra Aurlandsreguleringen som helhet, fordi tiltaket berører samme vannveier, samme manøvreringsrom og de samme miljømålene for Vassbygdvatnet og Aurlandselva.

Aurlandselva er kaldere enn den ville vært uten regulering. Det avgjørende spørsmålet er likevel ikke bare om reguleringen gjør elva kaldere, men hvordan den gjør det, når dette har størst økologisk betydning, og hvilket handlingsrom som finnes for å redusere skadevirkningene. En behandling som konstaterer temperaturproblemet uten å analysere reguleringens egne styringsmuligheter, behandler ikke reguleringseffekten fullt ut.

Tidligere arbeid fra blant annet NINA, Rådgivende Biologer og SINTEF viser at temperatur, vannføring, ferskvannsproduksjon og manøvrering lenge har vært sentrale tema i Aurlandsvassdraget. Dette kunnskapssporet bør nå videreføres ved å analysere Vassbygdvatnet og Aurlandselva som et samlet, dynamisk innsjø–elv-system.

Jeg har tidligere, basert på egne telemetri- og temperaturdata, tolket vinteren 2012/2013 som et mulig kontrastår med vinterstratifisering. Etter reanalyse og kontroll for sensorfeil mener jeg at denne tolkningen ikke kan opprettholdes. Denne korreksjonen svekker en tidligere, for enkel forklaring, men den svekker ikke behovet for å utrede vintertilstand, blanding, varmelager, biologisk timing og økologisk funksjon i Vassbygdvatnet.

Vintertilstand må ikke reduseres til et spørsmål om vanntemperatur alene. Innsjøens årsrytme kan påvirke lysklima, næringsstoffdynamikk, planktonproduksjon, bunndyr, insektproduksjon, vertikal habitatbruk og tidspunkt for biologisk respons. Dersom reguleringen har endret Vassbygdvatnets blandingsregime og termiske starttilstand, kan dette være en reguleringseffekt som virker gjennom flere mekanismer enn temperatur i Aurlandselva alene.

En enkel analyse av 0+ aure i Aurlandselva viser at gjennomsnittlig sommertemperatur har betydning for vekst, men forklarer langt fra hele variasjonen. Dette understreker behovet for å undersøke andre forklaringsvariabler, blant annet temperaturtiming, vannføring, næringsproduksjon, innsjørespons, tetthet, habitatbruk og sjøfase. Det viser også behovet for å åpne, sporbare og maskinlesbare tidsserier.

Aurlandsvassdraget har allerede et uvanlig godt datagrunnlag. Mye av arbeidet som etterlyses handler derfor ikke om å starte på nytt, men om å sammenstille, kvalitetssikre, analysere og modellere eksisterende data på en etterprøvnbar måte. Marginalkostnaden ved bedre analyser bør være lav sammenlignet med verdiene, inngrepene og beslutningene saken gjelder.

Jeg ber derfor NVE kreve at Vassbygdvatnet og Aurlandselva analyseres som et samlet, dynamisk innsjø–elv-system før Låvi eventuelt gis konsesjon, og som del av den samlede vurderingen av miljømål og revisjonsvilkår. Dette bør omfatte en dynamisk modell eller digital tvilling, dokumenterte scenarioanalyser, etterprøvnbar rapportering og en trinnsvis miljødesignanalyse som først viser hva som kan oppnås med dagens reguleringssystem, og deretter hva Låvi eventuelt tilfører.

1. Egen bakgrunn, mandat og hvorfor innspillet legges fram

Dette innspillet er skrevet uten formelt mandat fra partene i saken. Bakgrunnen er at jeg har arbeidet med reanalyse av eldre telemetridata fra Vassbygdvatnet og Aurlandsvassdraget, med sikte på faglig publisering av data og funn fra tidligere undersøkelser. I den forbindelse har jeg fulgt konsesjonsbehandlingen av Låvi kraftverk og vurderingen av revisjonsvilkår for Aurlandsreguleringen.

Arbeidet er ikke del av en konsekvensutredning, men et uavhengig faglig innspill fra en person som har arbeidet med deler av datagrunnlaget som belyser Vassbygdvatnets temperaturforhold og innsjøfunksjon. Motivasjonen er at sentrale spørsmål om intern innsjødynamikk, vintertilstand, økologisk årsrytme og reguleringens handlingsrom ser ut til å være for svakt belyst i det offentlige beslutningsgrunnlaget.

Jeg skrev masteroppgave i 2014 og har et betydelig datasett som ikke er fulgt opp eller behandlet grundig i ettertid.

Jeg har ved flere anledninger forsøkt å få etablert dialog om videre bearbeiding, publisering og faglig oppfølging av dette materialet i over ti år, blant annet gjennom henvendelser til regulanten. Dette har så langt ikke ført til et avklart samarbeid eller en formell faglig prosess. Det er uheldig dersom materiale som kan belyse sentrale spørsmål om temperatur, innsjørespons og reguleringseffekter, ikke blir fulgt opp gjennom en åpen og systematisk faglig prosess.

Det er samtidig viktig å være tydelig på en egen korreksjon: Jeg har tidligere tolket deler av mine data slik at vinteren 2012/2013 var vinterstratifisert. Etter ny gjennomgang viste denne tolkningen seg å være preget av sensorfeil og datakvalitetsproblemer. Dette må korrigeres. Denne korreksjonen viser også hvorfor temaet ikke bør avgjøres ut fra enkeltstående dataserier eller forenklete antakelser. Det krever et robust, kvalitetssikret og etterprøvbart analyseopplegg.

2. Prosessuell presisering: Låvi-saken og revisjonsvilkårene må sees samlet

Dette innspillet er rettet mot konsesjonsbehandlingen av Låvi kraftverk. Samtidig er det ikke faglig mulig å vurdere Låvi isolert fra Aurlandsreguleringen som helhet. Låvi berører samme vannressurser, samme manøvreringsrom og samme nedstrøms økologiske system som revisjonsvilkårene skal ivareta.

Hvis NVE behandler Låvi-saken og revisjonsvilkårene i en samlet eller koordinert vurdering, bør dette også gjenspeiles i kunnskapsgrunnlaget. Spørsmålet er ikke bare om Låvi isolert sett gir større eller mindre miljøpåvirkning enn dagens drift. Spørsmålet er hvilket samlet handlingsrom reguleringen gir for å bedre eller forverre temperaturregime, innsjøfunksjon og økologiske prosesser i Vassbygdvatnet og Aurlandselva.

Låvi bør derfor ikke vurderes bare som et teknisk produksjonstiltak. Dersom tiltaket gir økt fleksibilitet i fordelingen av produksjonsvann, kan dette både gi nye miljømuligheter og nye miljøbelastninger. Effekten avhenger av hvordan fleksibiliteten brukes. Det må derfor vurderes om og hvordan økt fleksibilitet kan bindes til konkrete miljømål, ikke bare beskrives som en produksjonsmessig egenskap.

3. Historisk bakgrunn: fra bestandsnedgang til temperatur som styrbar reguleringseffekt

3.1 NINA-perioden: regulering, temperatur og ferskvannsproduksjon

Temperaturforhold har gjennom flere tiår vært identifisert som en sentral flaskehals for produksjon av laks og sjøaure i Aurlandsvassdraget. Tidlige undersøkelser etter kraftutbyggingen pekte på redusert sommertemperatur i Aurlandselva som en viktig forklaring på svake årsklasser og lav smoltproduksjon, særlig hos laks. Dette var ikke bare et spørsmål om én temperaturmåling, men om hvordan reguleringen endret de grunnleggende produksjonsvilkårene i ferskvann.

NINA-rapporten fra 1993 om sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget 1911–1992 dokumenterte en markert tilbakegang for både laks og sjøaure etter kraftutbyggingen. Rapporten knyttet utviklingen til endrede forhold i vassdraget, særlig redusert vannføring og lavere vanntemperatur. Den pekte også på at flere svake årsklasser opptrådte i år med lave temperaturer.

Et viktig poeng i denne tidlige gjennomgangen var at sjøfasen ikke alene kunne forklare utviklingen. For sjøaure ble tilveksten første sommer i sjø redusert etter kraftutbyggingen, mens veksten senere sjøsomre i større grad var som før. Dette ble tolket som et tegn på at smoltutvandring, timing og ferskvannsbetingelser hadde endret seg. Allerede her ligger et bredere systemperspektiv: reguleringen påvirker ikke bare en temperaturverdi, men overgangene mellom gyting, klekking, vekst, smoltutvandring og sjøfase.

Denne historikken må med i dagens vurdering. Den viser at temperaturspørsmålet i Aurland ikke er et nytt innspill, men et gjennomgående tema i kunnskapsgrunnlaget. Det nye er at spørsmålet nå bør løftes fra å beskrive en kald elv til å analysere hvilke reguleringsmekanismer som gjør elva kald, og hvilke andre økologiske prosesser som følger av den endrede årsrytmen.

3.2 Rådgivende Biologer: temperatur som aktivt manøvreringsspørsmål

Rådgivende Biologer videreførte dette kunnskapssporet gjennom omfattende fiskebiologiske undersøkelser og senere gjennom forsøket med endret manøvrering i Aurland i perioden 2003–2006. Forsøket hadde et klart operativt utgangspunkt: lav temperatur i swim-up-perioden for laks ble vurdert som en flaskehals, og redusert vannføring tidlig på sommeren skulle bidra til høyere temperatur og bedre rekrutteringsvilkår.

Rapporten fra forsøket viser at dette ikke var en løs hypotese. Det ble gjennomført referanseundersøkelser før endringen, parallelle undersøkelser i Flåmselva som kontrollvassdrag, og oppfølging av ungfisk, gytefisk, smoltproduksjon og sjøfase. Resultatene viste at redusert vannføring ga høyere swim-up-temperatur og bedre rekrutteringsvilkår for laks i to av fire år, og at smoltproduksjonen i Aurlandselva økte i prøveperioden.

Forsøket viste samtidig at effekten var avhengig av driften. Temperaturgevinsten ble særlig oppnådd i år med redusert vannføring gjennom Aurland I, mens den var liten i år med høy vannføring gjennom Aurland I og drift av Vangen. Dette er et sentralt poeng i dagens sak: temperaturregimet i Aurlandselva er ikke bare en gitt konsekvens av reguleringen, men påvirkes av hvordan reguleringen manøvreres.

3.3 SINTEF-sporet: Vassbygdvatnet som temperaturstyrende innsjøsystem

SINTEF-rapporten om vanntemperaturforhold i Aurlandsvassdraget løftet problemstillingen videre fra elva til innsjøsystemet. Formålet var å analysere og bedre forstå vanntemperaturmønsteret i Vassbygdvatnet og Aurlandselva, inkludert påvirkning fra Aurland I, Vassbygdelvi, vannføring og klima. SINTEF pekte også på at endret produksjonsmønster eller økt kapasitet ikke måtte forverre temperaturforholdene.

Dette var et viktig steg. Temperaturproblemet ble ikke bare behandlet som en konsekvens av kaldt produksjonsvann, men som et spørsmål om hvordan Vassbygdvatnet fungerer som innsjø. SINTEF hadde likevel i

hovedsak sommerdata og kunne derfor ikke fullt ut analysere vinterens blandingsregime, vinterstratifisering eller innsjøens termiske starttilstand. Det betyr ikke at rapporten var svak; det betyr at den pekte fram mot et analysebehov som fortsatt ikke er tilstrekkelig dekket.

Slik sett er vinterstratifisering og vinterlig blandingsregime ikke et konkurrerende spor til SINTEF-analysen, men en utvidelse av den. Hvis sommerstratifisering, overflatetemperatur og temperatur i Aurlandselva påvirkes av hvordan vannmassene er organisert ved inngangen til våren, må helårsforløpet inn i analysen. Det er nettopp denne koblingen mellom vinter, vår og sommer som i liten grad er dokumentert.

3.4 Habitat- og miljødesignperioden etter 2010

Etter 2010 er det gjennomført omfattende habitattiltak og miljødesigntiltak i Aurlandsvassdraget. Dette arbeidet er godt kjent og utforskes ikke i detalj her. Tiltakene har løftet kvaliteten på gyte- og oppvekstområder og hevet det økologiske gulvet i vassdraget. Samtidig setter reguleringen fortsatt taket. Når habitatgrunnlaget er forbedret, blir det desto viktigere å undersøke hvilke andre prosesser som avgjør om tiltakene faktisk gir god biologisk respons fra år til år. Det kan gjelde temperatur, vannføring, næringsdynamikk, produksjon i Vassbygdatnet, biologisk timing og samspillet mellom innsjø og elv. Tidligere arbeid og forsøk tyder på at det kan være mer å hente dersom dette systemet analyseres bredere enn i dag.

4. Vinterstratifisering og innsjøens årsrytme som mulig reguleringseffekt

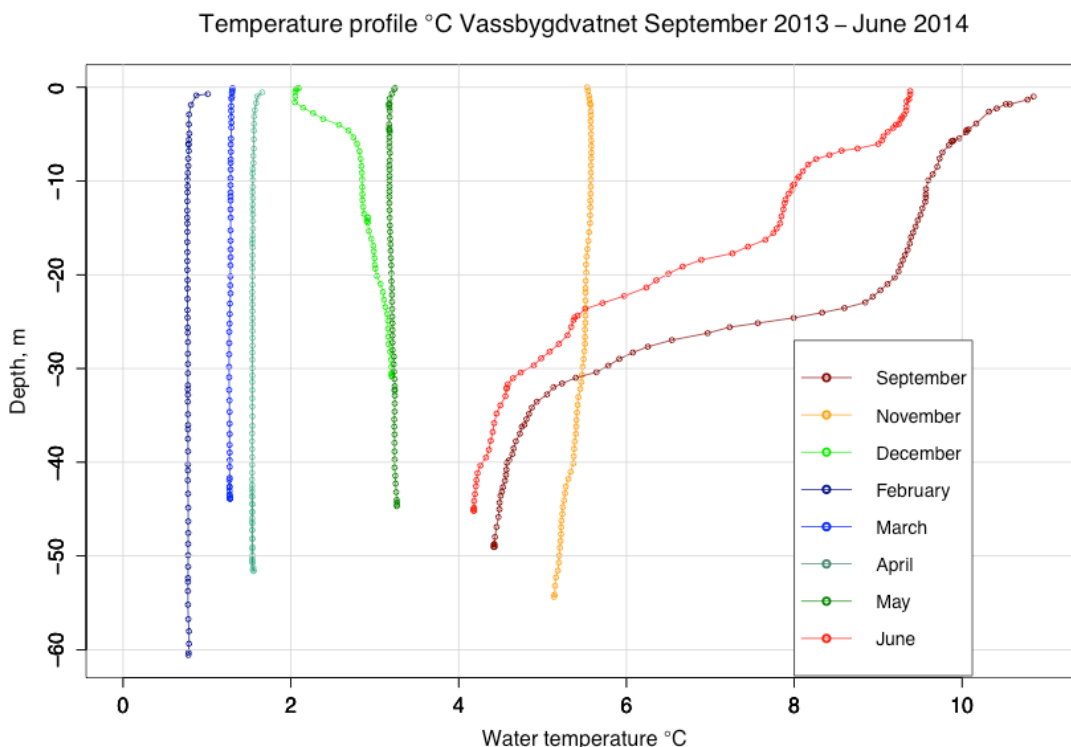
4.1 Forventet naturtilstand

Vassbygdatnet er en dyp ferskvannsinnsjø i kaldt klima. I naturtilstand må en slik innsjø normalt ha invers vinterstratifisering i perioder med lav gjennomstrømning og kald overflate. Vannets tetthetsmaksimum ved om lag 4 °C gir et fysisk grunnlag for vinterlagdeling, med kaldere vann nær overflaten og tyngre vann nær 4 °C i dypet.

Dette betyr ikke at vinterstratifisering må være perfekt eller uforstyrret hvert år. Mildvær, vind, vinterflom og uvanlige hydrologiske forhold kan svekke eller bryte ned lagdelingen også i et uregulert system. Men gjentatt fravær eller svekkelse av naturlig vinterlagdeling i dagens regulerte situasjon er likevel et relevant fysisk avvik som bør vurderes som mulig reguleringseffekt.

4.2 Egne data, masteroppgave og reanalyse

I masteroppgaven min i 2014, og ved flere anledninger senere, hevdet jeg at 2013 var vinterstratifisert. Reanalyse den siste tiden viser at dette ikke stemmer. Vinterstratifiseringen ble brutt alle tre årene i mine data. Dette er ikke publisert. Samtidig viser supplerende CTD-målinger en isotherm vintertilstand under 1 °C ned til 60 meters dyp. Det peker fortsatt mot en reguleringseffekt og et avvik fra naturtilstanden, med mulige økologiske konsekvenser gjennom endret blanding, temperaturutvikling, næringsdynamikk og biologisk timing.



Figur 1. Månedlige CTD-profiler fra Vassbygdatnet september 2013–juni 2014. Figuren er viktig som illustrasjon av vinter- og vårførlop, men skal i dette innspillet ikke brukes som bevis for at 2012/2013 var et dokumentert stratifisert kontrollår. Etter reanalyse må materialet tolkes mer forsiktig.

4.3 Hvorfor vintertilstanden fortsatt er viktig

At 2013 ikke kan brukes som et stratifisert kontrollår, betyr ikke at vinterstratifisering er irrelevant. Tvert imot blir spørsmålet mer grunnleggende: dersom Vassbygdatnet ofte mangler eller har svekket naturlig vinterlig lagdeling, kan dette være en regulerings effekt som ikke er tilstrekkelig beskrevet, forstått eller vurdert.

En arbeidshypotese er at vinterstratifisering eller en mer naturlig vinterlig vannmasseorganisering kan lade systemet for raskere og mer stabil etablering av sommerstratifisering. Dersom innsjøen går inn i vårsesongen med et stort, kaldt og gjennomblandet vannvolum, kan oppvarming av overflatelaget forsinkes eller svekkes. Dersom innsjøen derimot har en mer naturlig vinterstruktur og våromrøring, kan forutsetningene for varmeutvikling og økologisk produksjon være annerledes.

Denne forståelsen er i tråd med SINTEFs vurderinger fra 2010, men forlenger analysen tilbake til vintersituasjonen som leder fram mot deres utgangspunkt. SINTEF hadde i hovedsak sommertemperaturer og kunne derfor ikke vurdere vintertilstand og vårens termiske start fullt ut.

Dette må testes, ikke bare antas. Poenget er ikke at vinterstratifisering alene forklarer økologisk respons. Poenget er at reguleringen kan ha endret innsjøens årsrytme, og at denne årsrytmen kan ha betydning for temperatur, næring, produksjon og biologisk timing i både Vassbygdatnet og Aurlandselva.

4.4 Økologiske mekanismer utover temperatur

Vinterstratifisering bør ikke vurderes bare som et spørsmål om vanntemperatur i Aurlandselva. I innsjøer er den naturlige årsrytmen med vinterstratifisering, våromrøring, sommerstratifisering og høstomrøring en grunnleggende fysisk ramme for økologiske prosesser. Stratifisering og blanding kan påvirke lysklima, vertikal

fordeling av organismer, oksygenforhold, næringsstoffdynamikk, planktonproduksjon og utvikling av bunndyr og insektlarver.

Dette er særlig relevant i Vassbygdatnet fordi innsjøen er næringsfattig, og fordi små endringer i tidspunktet for frigjøring, omrøring og tilgjengelighet av næringsstoffer kan ha betydning for produksjonen i systemet. Dersom vannmassene blandes mer kontinuerlig gjennom vinteren, eller dersom våromrøring og etablering av sommerstratifisering forskyves, kan både timing og effektivitet i næringsgrunnlaget endres. Det er naturlig å anta at biologisk nedbryting og frigjøring av næringsstoffer, bunndyrproduksjon og utviklingsrate hos insektlarver er vesentlig lavere ved 1 °C enn ved 4 °C, og at dette kan svekke den påfølgende våroppblomstringen. At dette videre påvirker næringstilgangen for fisk i både Vassbygdatnet og Aurlandselva nedstrøms er heller ikke urimelig.

Det er derfor for snevert å gjøre saken til et rent temperaturspørsmål. Temperatur er viktig, men den er også en indikator på en bredere fysisk og økologisk tilstand. Når enkelte år gir god biologisk respons og andre år slår svakt ut, vet vi per i dag ikke godt nok om årsaken ligger i temperaturtiming, vannføring, næring, tetthet, habitatbruk, innsjøproduksjon, sjøfase eller samspill mellom disse faktorene. Dette er nettopp grunnen til at Vassbygdatnet må behandles som et innsjøsystem, ikke bare som en temperaturkorridor.

5. Økologisk respons: temperatur forklarer noe, men ikke hele mønsteret

For å vurdere hvor langt gjennomsnittlig sommertemperatur alene rekker som forklaring, er det gjennomført en enkel år-for-år-analyse av 0+ aure i Aurlandselva. Analysen bygger på gjennomsnittlig lengde for 0+ aure og gjennomsnittstemperatur i utvalgte temperaturvinduer. År med ufullstendige temperaturdata er ikke brukt i hovedanalysen. Perioden 2002–2006 er behandlet separat fordi denne perioden omfatter forsøket med endret manøvrering i Aurland og derfor ikke uten videre kan tolkes som ordinær bakgrunnsvariasjon. Ungfiskdata er digitalisert ut fra publiserte rapporter og tar for gitt at disse er riktig rapportert.

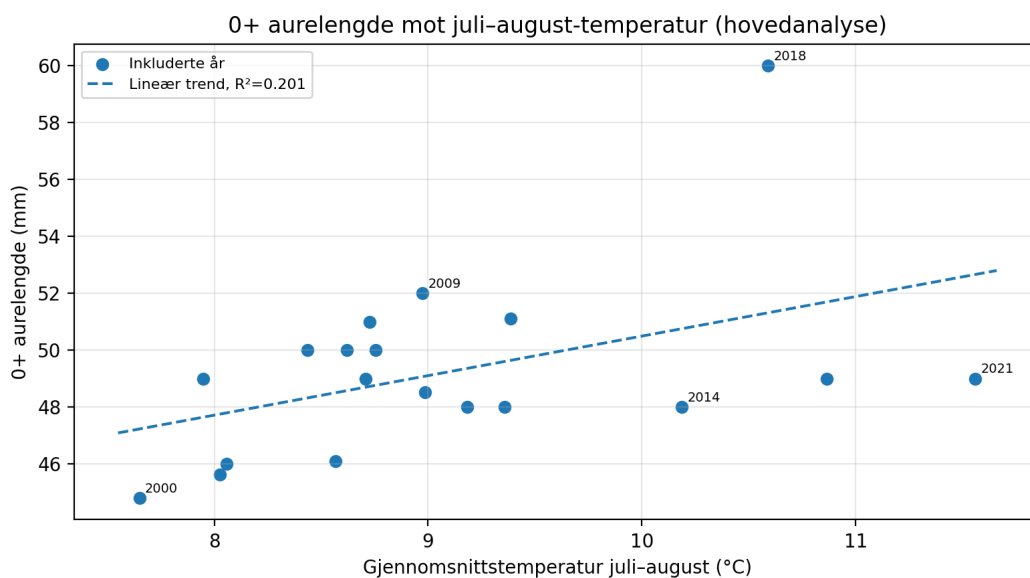
Analysen viser en positiv sammenheng mellom temperatur og vekst, men forklaringskraften er moderat. Juli–august-temperatur forklarer om lag 20 % av variasjonen i 0+ aurelengde i hovedanalysen, mens gjennomsnittstemperatur for perioden 1. mai–15. september forklarer om lag 28 %. Dette viser at temperatur har betydning, men også at mesteparten av variasjonen ikke forklares av gjennomsnittlig sommertemperatur alene.

Tabell 1. Sammenligning av forklaringskraft for temperatur–vekst-sammenhenger

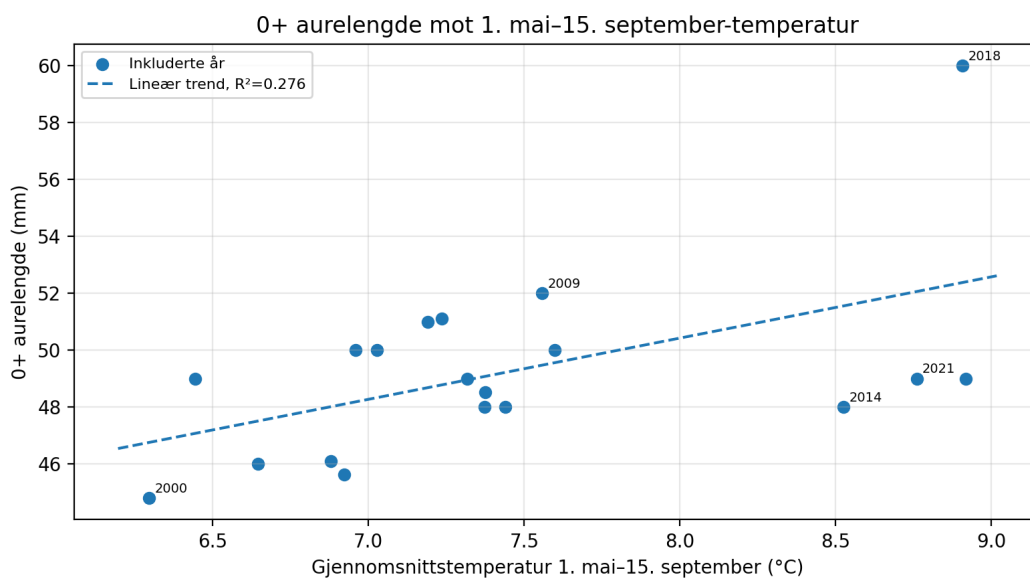
Datasett / analyse	Temperaturvindu	År i analyse	R ²
2002–2022, uten 2010	Juli–august	20	0,150
2002–2022, uten 2010	1. mai–15. september	20	0,173
Komplette temperaturår 1996–2022	Juli–august	24	0,198
Komplette temperaturår 1996–2022	1. mai–15. september	24	0,211
Hovedanalyse uten 2002–2006	Juli–august	19	0,201
Hovedanalyse uten 2002–2006	1. mai–15. september	19	0,276

NINA-materiale, oppgitt sammenheng	Juli-august		0,48
------------------------------------	-------------	--	------

Tabellen viser at egne analyser gir lavere forklaringskraft enn den tidligere oppgitte NINA-sammenhengen. Det betyr ikke i seg selv at tidligere analyser er feil, men viser behovet for åpne, sporbare tidsserier og tydelig metodebeskrivelse.



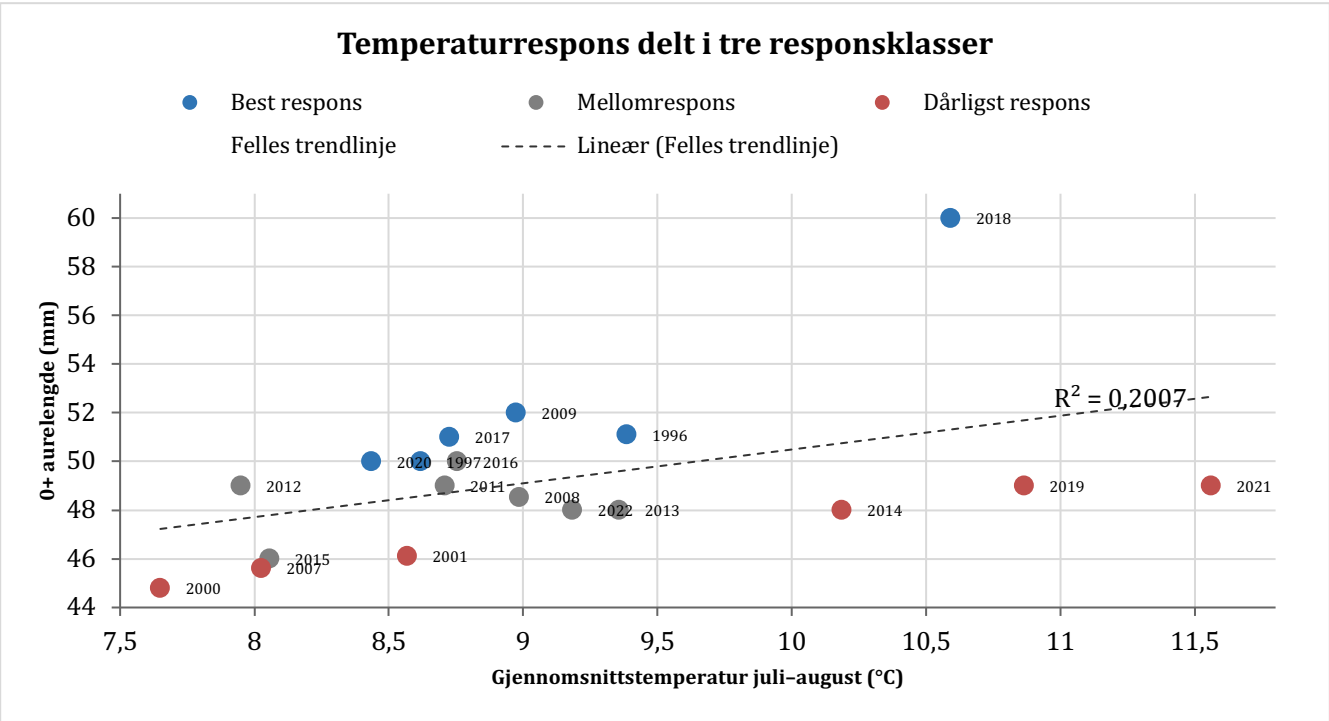
Figur 2. 0+ aurelengde mot gjennomsnittstemperatur i juli-august for hovedanalysen. Figuren viser positiv sammenheng, men betydelig spredning mellom år.



Figur 3. 0+ aurelengde mot gjennomsnittstemperatur 1. mai-15. september. Det lengre temperaturvinduet forklarer noe mer av variasjonen enn juli-august alene, men mesteparten av variasjonen ligger fortsatt utenfor modellen.

Residualanalysen er særlig viktig fordi den viser hvilke år som gjør det bedre eller dårligere enn temperaturen alene skulle tilsa. Dersom gjennomsnittlig sommertemperatur var den dominerende forklaringen, skulle varme år i større grad gi konsistent god vekstrespons. Det gjør de ikke. Flere varme år gir svakere vekstrespons enn forventet, mens enkelte moderat varme år gir bedre vekst enn modellen tilsier.

Dette peker mot at biologisk respons ikke bare bestemmes av gjennomsnittstemperaturen, men av når varmen kommer, hvordan vannføringen er, hvordan tetthet og habitatbruk virker inn, og hvordan innsjø-elv-systemet faktisk produserer mat, skjul, temperatur og vekstmuligheter gjennom sesongen.



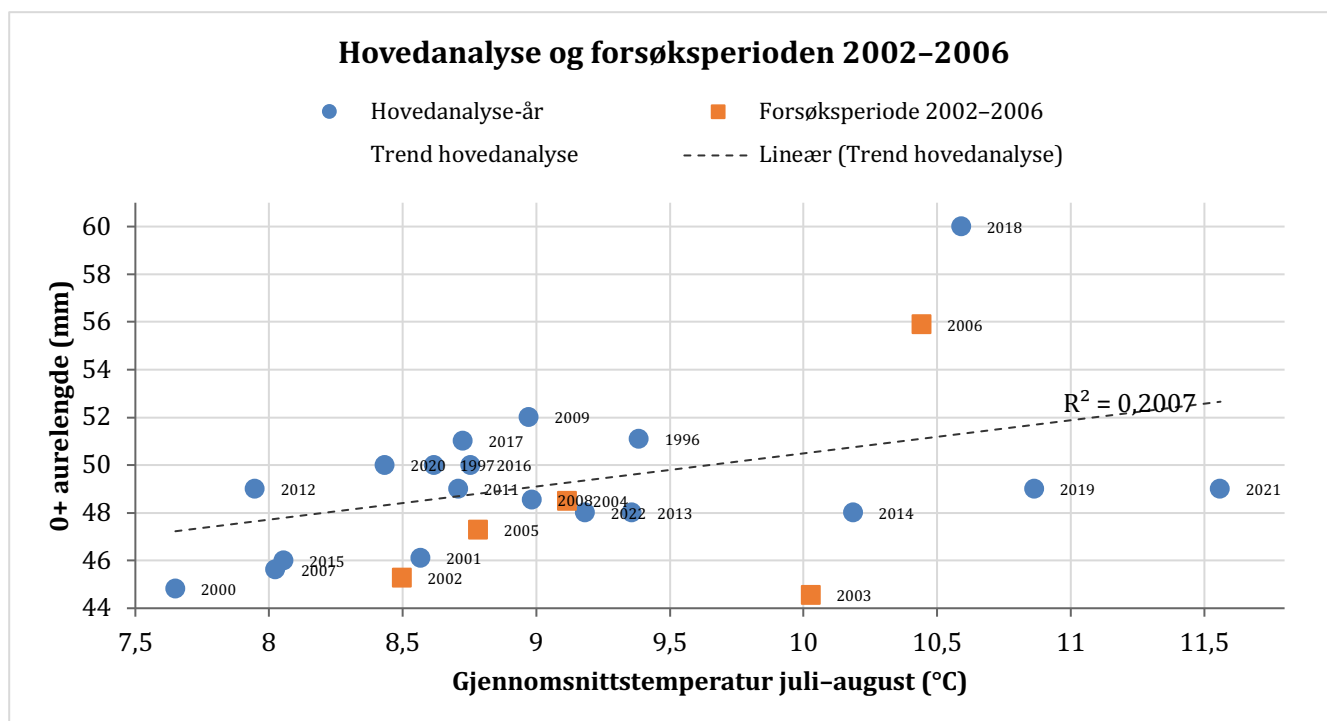
Figur 4. Temperaturrespons delt i responsklasser for juli-august. Figuren illustrerer at år med lignende eller høy temperatur kan gi ulik vekstrespons hos 0+ aure.

6 beste vekstår i hovedanalysen						6 dårligste vekstår i hovedanalysen					
Rang	År	0+ lengde	Temp JA	Temp mai-sep	Residual JA	Rang	År	0+ lengde	Temp JA	Temp mai-sep	Residual JA
1	2018	60	10.591	8.908	8.687	1	2000	44.8	7.65	6.296	-
2	2009	52	8.974	7.558	2.933	2	2007	45.62	8.025	6.923	-
3	1996	51.1	9.386	7.236	1.461	3	2015	46	8.056	6.646	-
4	2017	51	8.726	7.191	2.278	4	2001	46.1	8.568	6.879	-
5	1997	50	8.619	7.027	1.426	5	2013	48	9.358	7.439	-
6	2016	50	8.756	7.597	1.236	6	2014	48	10.186	8.526	-

Tabell 2. Seks beste og seks svakeste vekstår i hovedanalysen. Forskjellen i gjennomsnittlig juli-august-temperatur mellom gruppene er liten, noe som viser at gjennomsnittstemperatur alene er et grovt mål på biologisk respons.

Det er en sammenheng mellom vekst og temperatur i Aurlandselva, men den er ikke så veldig klar. 2018 var det året med desidert best vekst, men temperaturen var lavere enn i 2019 og 2021 som hadde svært lav 0+ vekst og flere av de beste årene hadde klart lavere sommertemperatur enn dårligere år.

Når temperatur alene forklarer lite av variasjonen, må andre forklaringsvariabler undersøkes. Spørsmålet er hva som kjennetegner gode og dårlige år, hvilke prosesser som driver forskjellene, og i hvilken grad disse kan påvirkes gjennom manøvrering og andre tiltak. Dette er per i dag ikke undersøkt og kunnskapsgrunnlaget rundt dette er for dårlig.



Figur 5. Hovedanalyse sammenstilt med forsøksperioden 2002–2006. Forsøksperioden bør behandles som et eget manøvreringseksperiment, ikke bare som ordinær bakgrunnsvariasjon.

Hele vassdraget er i stor grad behandlet som en passiv mottaker av et regulert system. Det trenger det ikke å være. Det er god grunn til å undersøke hvilke prosesser som kjennetegner gode og dårlige år, og i hvilken grad disse kan påvirkes gjennom manøvrering og andre tiltak. Dette skyldes ikke først og fremst mangel på data, men mangel på analyse. Det finnes allerede tilstrekkelige data til å gjennomføre en rekke relevante analyser, dersom de riktige spørsmålene blir stilt. Først da er det mulig å se om driften kan tilpasses for å gi bedre miljøforhold. Det kan være at små justeringer kan gi stor effekt, men er så langt ikke undersøkt systematisk.

6. Datagrunnlag, etterprøvbarehet og åpne tidsserier

Forskjellen mellom egne enkle analyser og tidligere oppgitt forklaringsgrad i NINA-materialet er faglig viktig. Den betyr ikke nødvendigvis at tidligere analyser er feil. Forskjellen kan skyldes ulik avgrensning av tidsperioder, temperaturvinduer, håndtering av ufullstendige temperaturår, stasjonsutvalg, bruk av årsmidler, figuravleste verdier eller andre metodiske valg.

Nettopp derfor er dette et godt eksempel på hvorfor lange biologiske tidsserier bør publiseres i lesbar og sporbar form. Fram til om lag 2009 synes ungfishdataene i stor grad å ha vært presentert og analysert konsistent gjennom årlige rapporter. Etter dette er deler av materialet i større grad presentert som oppsummeringer, figurer og gjennomsnitt. Det gjør det vanskeligere å etterprøve tidsseriene, gjenskape analyser og undersøke alternative forklaringer.

For et vassdrag med så lang overvåkingshistorikk og så stor forvaltningsmessig betydning bør rådata eller bearbejdede årstabeller for sentrale indikatorer publiseres på en standardisert måte. Dette gjelder lengde, tetthet, årsklasser, temperaturvinduer, stasjonsgrunnlag, datadekning og hvilke år som er inkludert eller ekskludert. Uten åpne og sporbare tidsserier blir uenighet om tolkning vanskelig å avklare faglig.

Dette er ikke et argument mot NINA eller andre fagmiljøer. Det er et argument for vitenskapelig etterprøvnbarhet i en sak der lange tidsserier brukes som del av beslutningsgrunnlaget. Når Låvi og revisjonsvilkårene skal vurderes i lys av langtidseffekter på fisk, temperatur, habitat og innsjøfunksjon, må høringsparter og uavhengige fagmiljøer kunne se hvilke data som ligger til grunn og hvordan nøkkelindikatorer er beregnet.

2018 ser ut til å være et uvanlig godt år ut fra data som er tilgjengelig. Skyldes det svært gunstige miljøforhold det året, eller skyldes det at noe 1+ ble tolket som 0+ og har forskjøvet gjennomsnittet? Det lar seg ikke teste uten at dataseriene publiseres.

Som kapittel 6 viser, skyldes dette ikke først og fremst mangel på data, men mangel på analyse og kunnskap. Det finnes allerede tilstrekkelige data til å undersøke flere av disse sammenhengene, men det krever at dataene gjøres tilgjengelig og sporbare, eller at regulanten, som har tilgang til dem stiller og besvarer disse spørsmålene, slik at de kan inngå i den offentlige diskusjonen.

Et tilsvarende poeng gjelder smolt. Smoltalder, smoltlengde og sjøaurens tilvekst første sommer i sjøen er godt dokumentert i eldre historiske rapporter og skjellmateriale, og dette materialet ble brukt til å vurdere endringer før og etter regulering. I nyere vurderinger synes spørsmålet i større grad å være belyst indirekte gjennom presmolt og ungfisktetthet. Det gir mindre direkte kunnskap om hvor mye smolt som faktisk vandrer ut av Aurlandsvassdraget, hvilken andel som kommer fra Aurlandselva, Vassbygdelva og Vassbygdvatnet, hvilken fysiologisk tilstand smolten er i ved utvandring, og om regulering påvirker timing, utvandringsforhold og overgangen til sjøfasen. At Aurlands-auren vokser dårligere første sjøsommer er systematisk dokumentert fra flere uavhengige kilder (NINA 1993, Hellen 2009 og Pettersen 2015). Når eldre materiale peker på at første sommer i sjøen ble svekket etter regulering, bør dette følges opp mer direkte i dagens kunnskapsgrunnlag.

7. Vassbygdvatnet som termisk lager, filter og økologisk system

Vassbygdvatnet bør vurderes som et stort termisk og økologisk lager, ikke bare som en passiv gjennomstrømningsinnsjø. Innsjøen mottar vann fra Vassbygdelvi og produksjonsvann fra Aurland I, og den avgir vann videre til Aurlandselva. Temperatur og økologisk funksjon nedstrøms bestemmes derfor ikke bare av samtidige blandingsforhold, men av innsjøens interne tilstand, oppholdstid, blanding, varmelager og biologiske produksjon.

Reguleringen kan gjøre Aurlandselva kald gjennom flere mekanismer samtidig. Den endrer hvor vannet kommer fra, når vannet kommer, hvor raskt vannet passerer gjennom innsjøen, hvordan vannmassene blandes, og hvordan overflateoppvarming etableres. Den kan også endre tidspunkt for næringsproduksjon, planktonutvikling, insektproduksjon og biologisk tilgjengelighet av mat i innsjø-elv-systemet.

Dette gjør at en enkel blandingsmodell som ligger til grunn for konsekvensutredningen utilstrekkelig. Dersom Aurlandselva i enkelte perioder er kaldere enn både vannet fra Aurland I og Vassbygdelvi, viser det at Vassbygdvatnet ikke bare kan behandles som summen av samtidige tilførsler. Innsjøen kan endre signalet. Den kan dempe, forsinke, blande, kjøle, varme og biologisk filtrere vannet før det når Aurlandselva.

Det sentrale spørsmålet blir derfor ikke bare hvor mange grader elva er for kald. Spørsmålet er hvordan reguleringen endrer hele innsjø-elv-systemets årsrytme, og hvilke deler av dette som kan påvirkes gjennom manøvrering eller tekniske tiltak.

8. Manøvreringsfleksibilitet som miljømessig handlingsrom

Offentlig tilgjengelige rapporter og dataserier viser betydelig variasjon i hvordan Aurland-systemet kjøres. Det er ikke åpenbart at variasjonen følger et enkelt miljømessig mønster. Den framstår snarere som uttrykk for stor operativ fleksibilitet, trolig påvirket av produksjons- og markedsforhold. Nettopp denne fleksibiliteten er sentral i en revisjons- og konsesjonsvurdering.

Fleksibiliteten er ikke bare et produksjonsmessig forhold. Den er også en del av reguleringens miljøvirkning. Valg av tidspunkt for produksjon, når Viddalsvatnet bør senkes/fylles, vannføring gjennom Aurland I, drift av Vangen, eventuell drift av Låvi og bruk av reguleringsluker kan påvirke oppholdstid, blanding, temperatur, økologisk timing og produksjonsvilkår i Vassbygdatnet og Aurlandselva.

Reguleringen gir regulanten et handlingsrom som har stor økonomisk verdi. Det samme handlingsrommet kan samtidig ha stor økologisk betydning. Revisjonen bør derfor vurdere ikke bare hvilke minstevilkår som skal gjelde, men hvordan det samlede manøvreringsrommet skal fordeles mellom kraftproduksjon og andre allmenne interesser.

Så lenge dette handlingsrommet ikke beskrives eksplisitt i det offentlige beslutningsgrunnlaget, er det heller ikke mulig for høringsparter, lokalsamfunn eller myndigheter å vurdere om miljøhensyn er gitt rimelig vekt. Kunnskapsgrunnlaget blir da for svakt, ikke nødvendigvis fordi data mangler, men fordi analysen av hva dataene betyr for styringsmuligheter og avveininger ikke er lagt fram.

Alt dette kan også ha en økonomisk side, og det er rimelig å anta at det bør inngå i vurderinger av lønnsomhet, samfunnsnytte og regulantens investeringsbeslutninger.

9. Behov for dynamisk modellering og digital tvilling

Med dagens tilgang på historiske temperatur-, vannførings- og produksjonsdata, og med tilgjengelige modelleringsverktøy for hydrodynamikk, vannkjemi, økologiske prosesser og temperaturutvikling i innsjø-elt-systemer, bør det være fullt mulig å etablere en operativ modell eller digital tvilling av Vassbygdatnet og Aurlandselva.

En slik modell bør ikke avgrenses til sommerens overflatetemperatur. Den bør kunne teste helårsforløp, vinterblanding, eventuell invers vinterstratifisering, våromrøring, etablering av sommerstratifisering, oppholdstid, varmelager, temperatur ved utløpet til Aurlandselva og biologisk relevante perioder. Den bør også, så langt datagrunnlaget tillater, kobles til økologiske indikatorer som ungfiskvekst, rekruttering, produksjon og næringstilgang.

Det må legges til grunn at regulanten har omfattende modeller og styringsverktøy for magasin, tilsig og produksjonsoptimalisering. Spørsmålet i denne saken er om tilsvarende modellverktøy er brukt, dokumentert og gjort etterprøvbart for å vurdere miljøeffektene av ulike driftsregimer i Vassbygdatnet og Aurlandselva.

Det avgjørende er ikke om alle interne driftstekniske detaljer kan offentliggjøres. Det kan være legitime sikkerhets- og beredskapshensyn som begrenser innsyn i detaljerte produksjonsdata, sanntidsstyring og sårbare deler av kraftsystemet. Dette kan likevel ikke innebære at miljøvirkningene av reguleringen unntas offentlig etterprøving.

Dersom detaljerte interne modeller eller styringssystemer ikke kan offentliggjøres direkte, må regulanten og myndighetene etablere former for rapportering som ivaretar både sikkerhetshensyn og offentlighetens behov for innsyn. Dette kan gjøres gjennom aggregerte scenarioanalyser, dokumenterte modellforutsetninger, uavhengig fagfellelvurdering, sensitivitetsanalyser og offentlig tilgjengelige sammendrag av miljøeffekter.

Hvis slike analyser ikke foreligger, er kunnskapsgrunnlaget mangelfullt. Hvis tilsvarende analyser foreligger, men ikke er gjort tilgjengelige i en form som kan inngå i beslutningsgrunnlaget, er beslutningsgrunnlaget ufullstendig og ikke etterprøvbart.

10. Kunnskapsgrunnlag, dagsorden og etterprøvbarehet

Et gjennomgående problem er at kunnskapsgrunnlaget i stor grad er styrt av hvilke problemstillinger som på forhånd er definert som relevante. Temperatur er behandlet som en kjent flaskehals, men ikke fullt ut som del av en bredere reguleringsstyrt systemendring. Vintertilstand, innsjøens årsrytme, næringsdynamikk, økologisk produksjon og manøvreringsrom er i for liten grad gjort til eksplisitte analyseobjekter.

Når kunnskapsgrunnlaget i hovedsak produseres innenfor rammen av regulantens utredningsbehov, blir det særlig viktig at revisjonsmyndigheten stiller egne, uavhengige krav til hvilke spørsmål som skal besvares. Ellers kan viktige miljøspørsmål falle utenfor, ikke fordi de er uvesentlige, men fordi de ikke er gjort til en del av bestillingen. Problemet er derfor ikke bare hva som er undersøkt, men hva som ikke er blitt undersøkt fordi det ikke har stått på dagsorden.

Dette er ikke en kritikk av enkeltstående fagrapporter. Mange av rapportene er grundige og viktige. Kritikken gjelder rammen de settes inn i: hvilke spørsmål som stilles, hvilke alternativer som sammenlignes, hvilke data som publiseres, og hvilke analyser som ikke blir gjort. Hvis beslutningsgrunnlaget bare vurderer forhåndsdefinerte scenarioer, uten å undersøke hvilket miljømessig handlingsrom reguleringsystemet faktisk gir, blir den offentlige avveiningen for snever.

Det avgjørende spørsmålet er ikke bare om Låvi isolert sett gir større eller mindre miljøpåvirkning enn dagens situasjon. Det avgjørende spørsmålet er hvilket samlet handlingsrom reguleringen gir for å bedre temperaturregime, innsjøfunksjon og økologisk potensial i Vassbygdvatnet og Aurlandselva, og hvordan dette handlingsrommet skal vektles mellom produksjonshensyn og allmenne miljøinteresser.

11. Forslag til supplerende utredninger

Jeg ber om at NVE krever følgende utredet før Låvi eventuelt gis konsesjon, og som del av den samlede vurderingen av miljømål og revisjonsvilkår for Aurlandsreguleringen:

- Forventet naturtilstand for vintertemperatur, vinterstratifisering, våromrøring, sommerstratifisering og økologisk årsrytme i Vassbygdvatnet.
- Analyse av eksisterende biologiske, fysiske og driftsrelaterte dataserier før det eventuelt kreves ny datainnsamling, slik at supplerende undersøkelser målrettes mot reelle kunnskapshull.
- Dagens vintertilstand og helårs temperaturregime dokumentert med kvalitetssikrede temperaturprofiler, kontinuerlige temperaturloggere, telemetri der dette er relevant, og driftsdata.
- Sammenhengen mellom vinterens termiske starttilstand, oppholdstid, våromrøring, etablering av sommerstratifisering, næringsdynamikk og temperaturforløp i Aurlandselva.
- Hvordan drift av Aurland I, Vangen, reguleringsluke og eventuelt Låvi påvirker vannvei, oppholdstid, lagdeling, varmelager, vinterblanding, sommeroppvarming og økologisk produksjon.
- En dynamisk, etterprøvbare innsjø-elv-modell eller digital tvilling for Vassbygdvatnet og Aurlandselva, kalibrert mot historiske temperatur-, vannførings-, produksjons- og profileringsdata.
- Scenarioanalyser som sammenligner dagens drift, miljøoptimalisert drift innenfor dagens reguleringsystem, og miljøoptimalisert drift med Låvi.

- Analyse av biologisk relevante perioder, inkludert swim-up, tidlig vekst, sommervekst, smoltutvikling, smoltutvandring og sesongmessig næringsproduksjon.
- En vurdering av hvilke miljøgevinster som kan oppnås i biologisk viktige perioder, hvilke produksjonsmessige kostnader dette har, og hvordan gevinster og kostnader fordeles mellom regulant og allmenne interesser.
- Publisering av sentrale biologiske og fysiske tidsserier i lesbar og sporbar form, med tydelig dokumentasjon av metode, datadekning, stasjonsgrunnlag og ekskluderte år.
- Offentlig tilgjengelig rapportering som gjør modellforutsetninger, scenarioer, usikkerhet og miljøeffekter etterprøvbare, også dersom operative detaljer må skjermes av sikkerhets- eller beredskapshensyn.

Det bør også understrekes at dette ikke nødvendigvis er dyre eller omfattende utredninger sammenlignet med verdiene og inngrepene saken gjelder. Aurlandsvassdraget har allerede et uvanlig godt datagrunnlag, med lange tidsserier for fisk, temperatur, vannføring, regulering og habitattiltak, i tillegg til telemetridata og tidligere målrettede forsøk med manøvrering. Mye av arbeidet som etterlyses her handler derfor ikke om å starte på nytt, men om å samle, kvalitetssikre, analysere og modellere eksisterende data på en etterprøvbar måte. Når datagrunnlaget først finnes, er marginalkostnaden ved bedre analyser relativt lav, mens forvaltningsverdien kan være stor. Det vil være vanskelig å forsvare at slike analyser ikke gjennomføres før nye inngrep eller endret manøvrering vurderes.

12. Konklusjon

Aurlandselva er ikke bare kald fordi den er regulert. Den er kald, og økologisk endret, på bestemte måter som følger av hvordan reguleringen påvirker vannføring, oppholdstid, blanding, innsjøens årsrytme og biologisk timing. Dette er i stor grad styrbare prosesser som kan justeres i en gunstig retning om det gjøres en systematisk analyse og innsats for å få det til. Det er dette handlingsrommet revisjonen og Låvi-behandlingen må analysere for å realisere det økologiske potensialet de er forpliktet til gjennom vannforskriften.

Den historiske kunnskapen viser at temperatur lenge har vært en sentral flaskehals. Forsøket med endret manøvrering viste at biologisk relevante forhold kan påvirkes gjennom drift. SINTEF løftet problemet videre til Vassbygdatnet som innsjøsystem og telemetristudier har vist at dette henger sammen med vintersituasjonen i vassdraget.

Det er heller ikke tilstrekkelig å gjøre saken til et rent temperaturspørsmål. Det er stor variasjon i vekst uavhengig av temperatur. Å forstå disse mekanismene vil være et sentralt spørsmål i videre forvaltning av systemet. Vintertilstand, blanding, næringsdynamikk, produksjon, habitatbruk og biologisk timing kan alle være deler av reguleringseffekten. Vi vet per i dag ikke godt nok hvorfor enkelte år gir god økologisk respons og andre år ikke gjør det. Nettopp derfor bør ikke kunnskapsgrunnlaget avgrenses til enkle temperaturmidler eller forenklede blandingsmodeller.

Uten en dynamisk, offentlig etterprøvbar analyse av dette handlingsrommet kan ikke NVE, høringsparter eller offentligheten vurdere om miljøhensyn er gitt rimelig vekt. Kunnskapsgrunnlaget er derfor ikke tilstrekkelig før hele reguleringssystemet er vurdert samlet.

Avsluttende kommentar

Aurlandsvassdraget var en gang et av landets viktigste sjørretvassdrag. Det bør forplikte. Det er positivt at det er gjennomført habitattiltak, og slike tiltak kan heve det økologiske gulvet i elva. De kan gi bedre gyteareal, mer

skjul og bedre lokal habitatkvalitet. Men habitattiltak flytter ikke nødvendigvis det økologiske taket. Temperatur er en sentral bærebjelke i dette taket, men den er neppe hele konstruksjonen. Når enkelte år gir god biologisk respons og andre år slår svakt ut, vet vi per i dag ikke godt nok om årsaken ligger i temperaturløsting, vannføring, næringsdynamikk, innsjøproduksjon, tetthet, habitatbruk, sjøfase eller samspillet mellom disse faktorene. Det er derfor for snevert å behandle saken som et spørsmål om temperatur, habitatforbedring eller minstevannføring alene. Minstevannføring er et nødvendig virkemiddel, men ikke et tilstrekkelig miljødesign.

Det er heller ikke gitt at systemet må fungere så svakt som det gjør i dag. Det kan være at vesentlige miljøgevinster kan hentes gjennom relativt små endringer i timing, vannvei, rekkefølge på tapping og fylling, fordeling av vann og drift i biologisk viktige perioder. Poenget er ikke at driften nødvendigvis må endres fundamentalt, men at ingen i dag synes å ha dokumentert hvilket miljømessig handlingsrom som finnes innenfor eller nær dagens drift. Før dette er undersøkt, vet vi ikke om dagens miljøtilstand er en uunngåelig kostnad ved reguleringen, eller om deler av tapet skyldes at reguleringen ikke er styrt med tilstrekkelig økologisk presisjon.

Det er en faglig og forvaltningsmessig fallitterklæring dersom et så godt undersøkt vassdrag fortsatt behandles som en teknisk «black box», der produksjonsoptimalisering, pris, tilsig og kapasitet styrer driften, mens miljøvirkningene først forklares i etterkant. Lakselus, sjøoverlevelse og klimaendringer er reelle påvirkninger, men de kan ikke bli standardforklaringer på all uforklart variasjon før reguleringens egne, styrbare ferskvannsprosesser er analysert med samme alvor. Når reguleringen både skaper påvirkningen og gir styringsmuligheter, holder det ikke å forklare residualene med forhold utenfor systemet.

Reguleringen er ikke en naturkraft. Den er et styrt system. Nettopp derfor må også de økologiske virkningene av styringen gjøres synlige, etterprøvbare og påvirkbare. I et sterkt modifisert vassdrag er myndighetene og regulanten forpliktet til å vurdere realistiske avbøtende tiltak for å oppnå godt økologisk potensial. Da er det ikke tilstrekkelig å beskrive at Aurlandselva er kaldere og økologisk svekket. Det må også undersøkes hvilke deler av reguleringen som kan endres, styres eller miljødesignes for å bedre tilstanden.

Dersom slike tiltak viser seg å ha uforholdsmessig høye kostnader, er det et legitimt argument som må inngå i avveiningen. Men da må både kostnader og miljøgevinster dokumenteres åpent. Samfunnsnytte og regulanten bedriftsøkonomiske optimalisering er ikke det samme. Når disse i praksis behandles som om de var sammenfallende, flyttes avveiningen ut av den offentlige og demokratiske prosessen. Uten en åpen analyse av kostnader, miljøgevinst og handlingsrom vet vi ikke om tiltak er urealistiske, eller bare uønskede innenfor dagens produksjonsoptimalisering.

Til slutt er det også verdt å spørre hvorfor dette innspillet må komme fra meg. Jeg har ikke noe formelt mandat, ingen rolle i saken og ingen særskilt egeninteresse utover at jeg kjenner vassdraget og har arbeidet med deler av datagrunnlaget. Likevel sitter jeg igjen med en klar opplevelse av at det ikke gjøres en god nok faglig jobb med å forstå reguleringens samlede virkninger, samtidig som det utad kan framstå som om alt er fryd og gammen. Det er ikke godt nok. Når kunnskapen finnes, dataene finnes og spørsmålene er åpenbare, bør ikke sentrale sammenhenger mellom drift, vintertilstand, innsjøfunksjon og økologisk respons være avhengige av at enkeltpersoner på utsiden bruker fritiden sin på å løfte dem inn i saken.

Referanser

Bakken, T.H., Charmasson, J. & Harby, A. 2010/2011. Vurderinger av vanntemperatur i Aurlandsvassdraget i perioden 2004–2006. SINTEF Energi, teknisk rapport TR A7008/TR A7077.

Hellen, B.A., Sægrov, H., Kålås, S. og medarbeidere. 2000–2009. Årsrapportserien Fiskeundersøkingar i Aurland/Aurland og Flåm. Rådgivende Biologer AS.

Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Møkkelgjerd, P.I. 1993. Sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget 1911–92. NINA Forskningsrapport 48.

Lunde, R. (2014) *Lake-habitat use of post-juvenile sea trout over time and space: An acoustic telemetry study in a regulated river system*. Master's thesis. Norwegian University of Life Sciences.

NVE og Miljødirektoratet. 2013. Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering. NVE Rapport 49/2013.

Pulg, U., Skoglund, H., Velle, G. & Ugedal, O. 2025. Utredning av konsekvenser for fisk og bunndyr i Aurlandselva ved bygging av nytt kraftverk i Låvi. NORCE LFI Rapport nr. 589.

Sægrov, H., Hellen, B.A., Jensen, A.J., Barlaup, B.T. & Johnsen, G.H. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Aurlandsvassdraget 1989–1999. Oppsummering av resultater og evaluering av tiltak. Rådgivende Biologer AS, rapport 450.

Sægrov, H., Hellen, B.A., Kålås, S., Urdal, K. & Johnsen, G.H. 2007. Endra manøvrering i Aurland 2003–2006. Sluttrapport – Fisk. Rådgivende Biologer AS, rapport 1000.

Ugedal, O., Pulg, U., Skoglund, H., Charmasson, J., Espedal, E.O., Jensås, J.G., Stranzl, S., Harby, A. & Forseth, T. 2019. Sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget 2009–2018. Reguleringseffekter, miljødesign og tiltak. NINA Rapport 1716.

Ugedal, O., Pulg, U., Espedal, E.O., Jensås, J.G., Postler, C., Skoglund, H. & Stranzl, S. 2023. Bestandsutvikling hos sjøaure og laks i Aurlandsvassdraget. NINA Rapport 2313.