

Status for laksefisk i
Uskedalselva med vurdering
av behov for videre kalking





Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Status for laksefisk i Uskedalselva med vurdering av behov for videre kalking.

FORFATTERE:

Harald Sægrov, Christian Irgens, Geir Helge Johnsen & Steinar Kålås

OPPDRAKSGIVER:

Statsforvalteren i Vestland

OPPDRAGET GITT:

15. november 2022

RAPPORT DATO:

10. januar 2024

RAPPORT NR:

4095

ANTALL SIDER:

20

ISBN NR:

ISBN 978-82-349-0092-1

EMNEORD:

- Forsuringsvannkvalitet
- Bunndyr i elv

- Ungfisk laks og ørret
- Gytefisktelling

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Edvard Griegs vei 3D, N-5059 Bergen
Foretaksnummer 828 988 492-mva

www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Rapporten må ikke kopieres ufullstendig uten godkjenning fra Rådgivende Biologer AS.

Forsidebilde: Parti fra Uskedalselva.

FORORD

Rådgivende Biologer har på oppdrag fra Statsforvalteren i Vestland oppsummert kunnskapsstatus for bestandene av laksefisk i Uskedalselva. Dette utgjør et godt grunnlag for vurdering av behov for videre kalking, og omfatter informasjon om både vannkvalitet og biologiske forhold i vassdraget.

Rådgivende Biologer AS takker seniorrådgiver Kjell Hegna ved Statsforvalteren i Vestland for oppdraget.

Bergen, 10. januar 2024

INNHold

Forord	2
Sammendrag	3
Innledning	4
Uskedalsvassdraget	5
Vannføringsdata Uskedalselva	6
Temperaturdata Uskedalselva 2019-2020	6
Kalking i Uskedalselva	7
Kalkingsmålsetting	7
Status Uskedalselva	8
Vannkvalitet Uskedalselva	8
Bunndyr i Uskedalsvassdraget	9
Ungfisktettheter	10
Gjellealuminium	11
Fangstatistikk	12
Bestandsstatus laks	13
Sjøoverlevelse laks	14
Bestandsstatus sjøaure	15
Sammenstilling og diskusjon	16
Sjøoverlevelse	16
Konklusjon	18
Referanser	19

SAMMENDRAG

Sægvog, H., C. Irgens, G.H. Johnsen & S. Kålås. 2024. Status for laksefisk i Uskedalselva med vurdering av behov for videre kalking. Rådgivende Biologer AS, rapport 4095, 20 sider, ISBN 978-82-349-0092-1

Rådgivende Biologer har på oppdrag fra Statsforvalteren i Vestland foretatt en sammenstilling av foreliggende kunnskap om Uskedalselva, og gir en vurdering av videre behov for kalking.

Laksebestanden i Uskedalselva døde ut før 1970, sannsynligvis på grunn av forsurening. Fra og med 2001 har det imidlertid etablert seg en ny bestand, hovedsakelig basert på gyting av feilvandret vill laks, men også med innkryssing av rømt oppdrettslaks. Reetableringen av laks i Uskedalselva skjedde raskt i en periode da vannkvaliteten med hensyn på forsurening bedret seg raskt.

Lakseførende strekning i Uskedalselva er ca. 12 km og produktivt areal er 140 000 m². Produksjonen av laksesmolt har trolig vært på elvens bærenivå siden 2013. Børsdalselva er dosererkalket og samløpet med hovedelven ligger 4,2 km ovenfor utløpet i sjøen. Det er lav produksjon av laks i Børsdalselva, og denne er ikke medregnet ved fastsettelse av gytebestandsmål. De øverste nær 8 km av hovedelven er i senere tid ikke påvirket av kalking. Her er det høyere produksjon av laksesmolt pr. areal sammenlignet med nedre kalkpåvirket del, og det anslås at ca. 2/3 av produksjonen av laksesmolt i vassdraget skjer på ukalket del oppom samløp med Børsdalselven.

Gytebestandsmålet er satt til 386 kg hunnlaks, tilsvarende ca. 100 laksehunner med snittvekt rundt 4 kg. Etter 2010 har det årlig gått opp over 250 laks med unntak av i 2013. Beskatningen har vært moderat og gytebestandsmålet har vært oppnådd de siste årene. Bestandsstatus, utenom innkryssing av rømt oppdrettslaks, er vurdert som god og det har vært et høstbart overskudd (VRL 2023).

De siste årene er det påvist svært høye og antatt dødelige konsentrasjoner av aluminium på gjellene til laksesmolt i hele Uskedalselva. Samtidige vannprøver viste imidlertid god vannkvalitet med hensyn på forsurening og lave konsentrasjoner av labilt aluminium. Ved parallelle undersøkelser i andre vassdrag med god vannkvalitet var det lave konsentrasjoner av aluminium på gjellene til presmolt/smolt av laks. Forsøk med PIT-merket laks i Uskedalselva har imidlertid vist like høy eller høyere sjøoverlevelse for smoltårsklassene fra 2019 og 2020 som for PIT-merket laksesmolt i Etneelva og Imsa (VRL 2023).

Den gode statusen til laksebestanden i Uskedalselva og den relativt høye sjøoverlevelsen er oppnådd på tross av at det er modellert betydelig dødelighet på postsmolten fra påslag av lakselus under fjordvandringen og at konsentrasjoner av aluminium på laksesmoltens gjeller teoretisk skulle medføre en høy dødelighet. I tillegg er det med utgangspunkt i eksperimenter antatt at kombinasjonen av mye gjellealuminium og påslag av lakselus medfører høyere dødelighet enn effekten av de to faktorene isolert. Det er like nivå av aluminium på gjellene på presmolt på ukalket og kalket strekning, og samme sjøoverlevelse for laks fra de to delene av vassdraget. Nåværende status for laksen i Uskedalselva tilsier at vannkvaliteten og gjellealuminium i liten eller ingen grad synes å påvirke produksjonen av laksesmolten i kalket eller ukalket del av elva. Heller ikke sjøoverlevelsen synes påvirket av vannkvalitet.

Alle resultater tatt i betraktning anses det lite sannsynlig at laksebestanden i Uskedalselva vil bli merkbart påvirket dersom kalkingen stanses. Ved stans i kalking vil fisk i den øvre 2/3 av elva ikke bli påvirket og smolt fra denne strekningen vil ved vandring passere den nedre og nåværende kalkpåvirkete del av vassdraget i løpet av kort tid før den kommer til sjøen. Eksponeringstiden for vann med eventuelt dårlig vannkvalitet vil dermed bli kort.

Vi foreslår en prøveperiode med stans i kalkingen i fem år og at overvåkingen av vannkvalitet, bunndyr, ungfisk og drivtellingene videreføres i denne perioden.

INNLEDNING

Internasjonale overenskomster med påfølgende tiltak har ført til sterkt reduserte nedfall av sur nedbør i Sør-Norge (Miljødirektoratet 2022). Både nitrogenutslipp og spesielt utslipp av svovelforbindelser er sterkt redusert fra midten av 1980-tallet fram mot ca. 2010 (Vogt & Skancke 2023). På Vestlandet ble effekten av dette tydelig allerede på slutten av 1990-tallet, da rekruttering av aure til innsjøer i tidligere forsurede områder tok seg opp både i kalkete og ikke kalkete innsjøer (Hellen mfl. 2004a & b). Forsuring av vann og vassdrag er imidlertid fortsatt et stort miljøproblem i sørvestlige deler av landet, og fremdeles er langtransportert sur nedbør den enkeltfaktoren som har ført til størst tilbakegang av biologisk mangfold i norske innsjøer og elver (Sægrov & Kaste 2023).

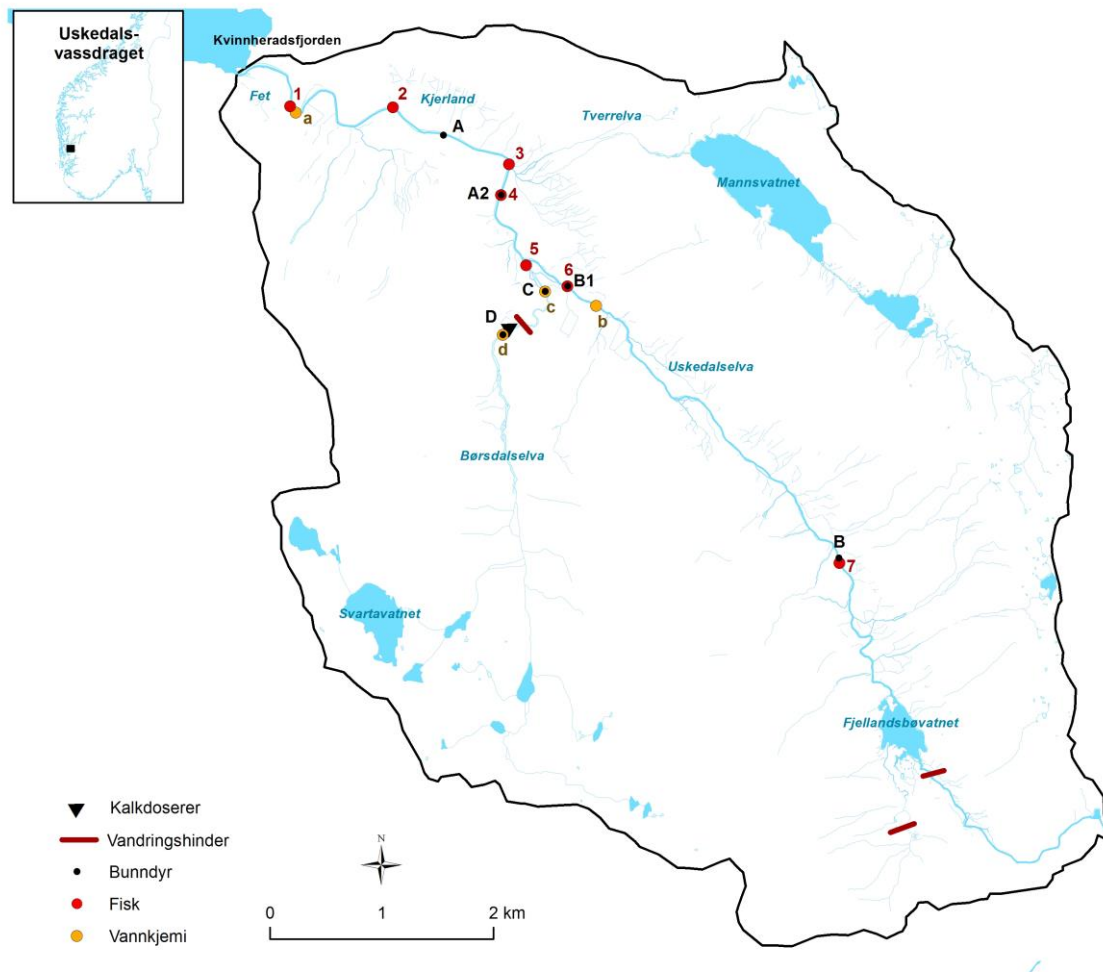
I perioden 2015 - 2020 varierte vannkvaliteten noe mer i de kalkede vassdragene enn de foregående årene, og det er usikkert både hva som var årsakene til denne variasjonen og hvordan den fremtidige utviklingen ville bli (Austnes mfl. 2021, Hellen og Garmo 2022). De aller siste årene har vannkvaliteten og bunndyrindeksene igjen stabilisert seg på nivået fra årene før 2015 i Vestlandsvassdragene, både på kalkede stasjoner og referansestasjoner, og effektene av sjøsaltepisoder er sjeldnere målbare på vannkvaliteten (Sægrov og Kaste 2023).

Det er tidligere gjort vurderinger om fortsatt kalking er nødvendig i Flekke-Guddalsvassdraget (Sægrov mfl. 2018) og Eksingedalsvassdraget (Johnsen og Sægrov 2023), og i begge tilfellene ble det foreslått å opprettholde kalkingen.

Statsforvalteren i Vestland ønsker å få vurdert hvorvidt det fremdeles er behov for kalking i Uskedalselva. For Uskedalselva er det beregnet at tålegrensene for forsuring ikke vil være overskredet etter 2030 (Austnes mfl. 2021). Denne rapporten prøver å besvare om det er behov for videre kalking av Uskedalselva basert på den omfattende samling av informasjon om både vannkvalitet og biologiske forhold i vassdraget som finnes fram til og med høsten 2023.

USKEDALSVASSDRAGET

Uskedalselva ligger sentralt i Kvinnherad kommune, og bergartene i nedbørfeltet består hovedsakelig av granitt og gneis. Anadrom strekning i Uskedalselva opp til samløp Børsdalselva er 4,2 km, de resterende 7,8 km i hovedelva er ovenfor samløpet, totalt 12 km (**figur 1**). Anadrom fisk kan vandre korte strekninger opp i sideelver, og lengst opp i Børsdalselva, men laks bruker i liten grad sideelvene som oppvekstområder. Produksjonsarealet for laksesmolt er beregnet til 140 000 m² (14 hektar). Dette er arealet som brukes ved beregning av oppnåelse av gytebestandsmålet på 386 kg hunnlaks, og i dette er ikke arealet i Børsdalselven tatt med (VRL 2023).

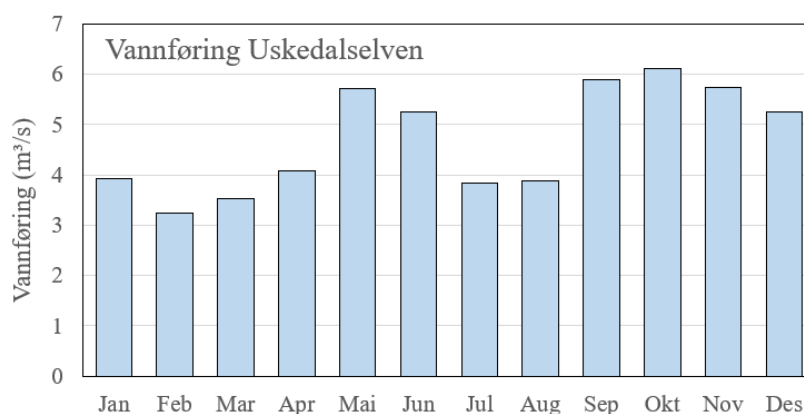


Figur 1. Uskedalsvassdraget med kalkdoserere og vandringshinder for laksefisk og stasjonsnett for overvåking av vannkjemi, bunndyr og fisk (fra Sægrov & Kaste 2023).

VANNFØRINGSDATA USKEDALSELVA

Nedbørfeltet er på 45,6 km², det har en spesifikk avrenning på 102,6 l/s/km², noe som gir en middelvannføring på 4,7 m³/s (NVE). Dette fordeler seg gjennom året med en vårflom ved snøsmelting i mai med gjennomsnittlige døgnvannføringer på opp i 7 m³/s, samt døgnmiddel på mellom 8 og 10 m³/s ved store nedbørmengder på høsten i perioden september og til desember. På vinteren kan vannføringene bli lave i kalde perioder og tilsvarende lave vannføringer kan forekomme i tørre sommermånedene. Vannføringsregime er typisk for en lavlandselv på Vestlandet, med betydelig vintervannføring, uten store snøsmeltingsflommer på forsommeren og stor vannføring utover høsten.

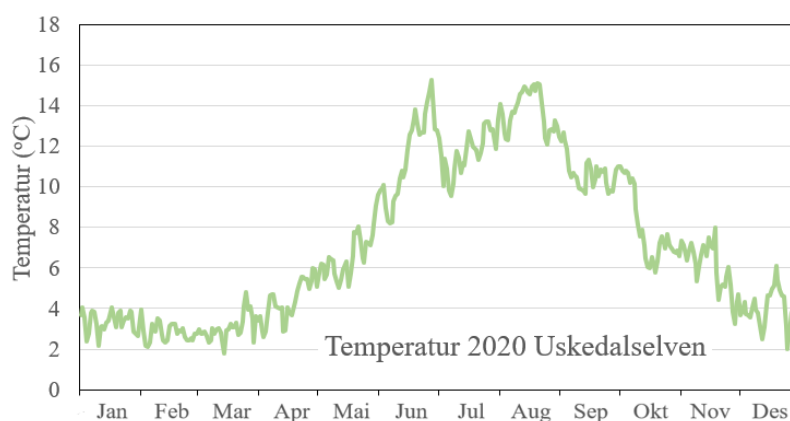
Figur 2. Månedsmiddelvannføring for Uskedalsvassdraget, overført fra NVEs målestasjon Djupevad med målinger siden 1964 i Kvinnherad med en korrigeringsfaktor på 1,445.



TEMPERATURDATA USKEDALSELVA 2019-2020

Temperaturen i Uskedalselva er målt i nederste del av vassdraget i 2020, og viser en klassisk sesongvariasjon for en Vestlandselv med mindre deler av nedbørfelt som drenerer høyereliggende områder (**figur 3**). Sommerstid kan døgnmiddeltemperaturen komme opp i over 15 °C, mens vintertemperaturen sjelden er under 2°C. Uskedalen har betydelige løsmasser med stedvis mektig morenedekke samt elveavsetninger nederst, og bre-elveavsetninger langs vassdraget oppover i dalen. Dette gir grunnlag for betydelig påvirkning av grunnvann i perioder med liten avrenning, slik at temperaturen i elven i kalde vintre kan bli varmere enn været tilsier. Tilsvarende vil sommertemperaturene kunne bli kjøligere enn forventet i særlig tørre og varme perioder.

Figur 3. Temperaturmålinger i Uskedalsvassdraget fra 2020 utført av Rådgivende Biologer AS. Temperaturen er målt med en logger av typen Solinst levellogger 5, som målte med intervall på en time.



KALKING I USKEDALSELVA

Siden slutten av 1970-tallet er det foretatt sporadisk utlegging av kalkgrus både i Børsdalselva og i Uskedalselva, med størst innsats i 1996-1997 da det ble lagt ut 70-80 tonn kalk årlig. I 1996 ble det også sluppet 12 tonn kalksteinsmel fra helikopter i Svartavatnet oppe i Børsdalselva (Bjerknes mfl. 1998).

Uskedalselva har vært dosererkalket siden januar 2002 og kalkmengdene tilført vassdraget har variert mellom 0 (*) og 220 tonn i perioden 2002 til 2022 (**tabell 1**). Frem til og med 2013 ble det kalket både via doserer i Børsdalselva og ved utlegging av grovkalk i hovedelven og i Børsdalselva, men siden 2013 er det kun kalket med finkalk fra dosereren. Siden 2013 er det kalket fra desember/januar og fram til juni/juli. I 2022 er det registrert et totalt kalkforbruk på 35 tonn fra doserer, det nest laveste forbruket siden starten av kalkingen i 2002 (**tabell 1**).

Tabell 1. Kalkforbruk i tonn i Uskedalselva de ti siste årene. Alle verdier er omregnet til 100 % CaCO_3 . Tallene i tabellen viser mengde kalk som ble tilkjørt dosereren. *: Tallet for 2021 er misvisende fordi det ble forbrukt kalk i 2021 som var tilkjørt i 2020.

År	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Doserer	210	70	70	143	64	100	100	60	100	0	35
Utlagt grovkalk	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	220	80	70	143	64	100	100	60	100	0*	35

Kalkingen av Børsdalselva gir en betydelig avsyring av denne sideelven, og fører til at vannkvaliteten i hovedelven er omtrent like god nedenfor som ovenfor samløp med Børsdalselva, når det blir kalket.

KALKINGSMÅLSETTING

Målsetningen med kalkingen i vassdraget har tidligere vært å bevare sjøørretbestanden, men ble fra 2016 endret til å bevare laksebestanden som har bygget seg opp i vassdraget.

STATUS USKEDALSELVA

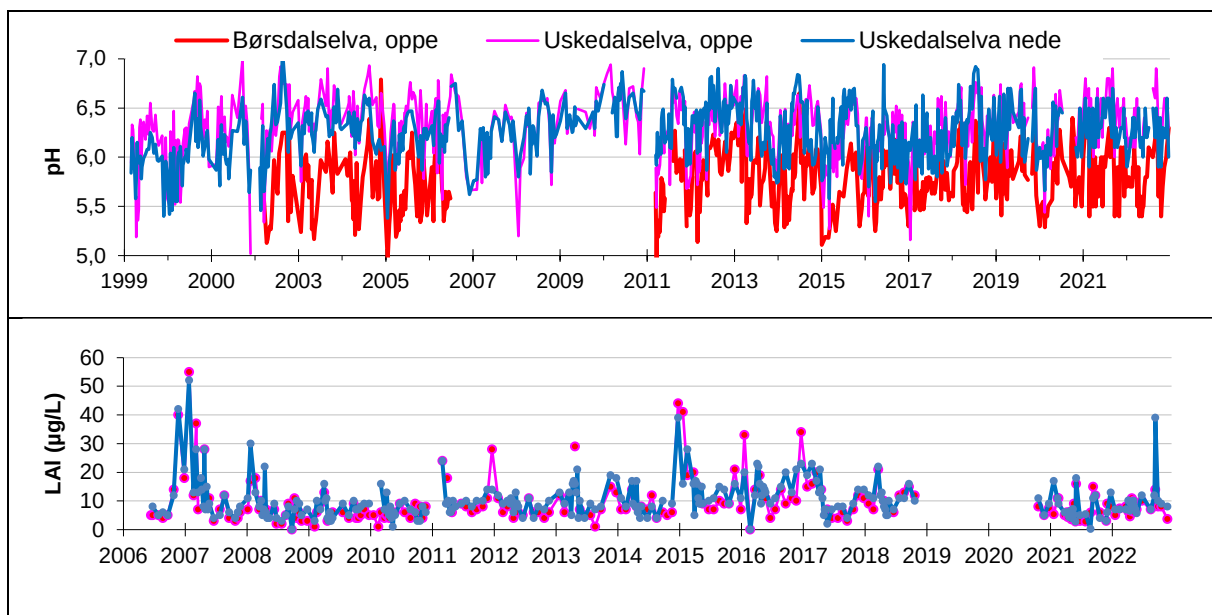
VANNKVALITET USKEDALSELVA

Fra tiden før 1999 foreligger det sporadiske målinger av vannkvalitet fra 1980 og utover (Hebnes 1983, Kålås mfl. 1996, Bjerknes mfl. 1998). Gjennomsnittlig surhet i 19 målinger i 1980 var pH 5,61 med variasjon fra pH 5,19 til pH 6,15 (Hebnes 1983; se Hesthagen og Hansen 1991). Til sammenligning var gjennomsnittlig surhet i årgjennomsnitt mellom pH 6,1 og pH 6,3 oppe i Uskedalselva de tre årene før kalkdosereren ble satt i drift i 2002. Nedenfor samløp med den surere Børsdalselva lå årssnittet for surhet i samme periode mellom pH 6,0 og pH 6,1.

Den systematiske vannkjemiske overvåkingen i vassdraget har pågått siden 1999, hele tiden med to stasjoner i Uskedalselva; én oppstrøms og én nedstrøms samløp med Børsdalselva. I Børsdalselva har det vært to stasjoner siden 2002; én oppstrøms og én nedstrøms kalkdosereren.

Fra den nasjonale kalkingsovervåkingen er det hentet figur over langtidsutvikling i surhet (pH) og innhold av labilt aluminium. Etter at kalkdosereren kom i drift, har årlig gjennomsnittlig pH vært mellom 6,1 og 6,6 både oppstrøms og nedstrøms samløp med Børsdalselva (**figur 4**).

Oppe i hovedelven varierte laveste registrerte pH hvert enkeltår i perioden 1999 til 2002 mellom 5,0 og 5,5, og nedstrøms samløpet med Børsdalselva i samme periode mellom 5,4 og 5,6. Etter 2002 har laveste pH alle år, med unntak av i 2008, 2015-2017 og i 2020, vært over 5,5 oppstrøms samløp. Nedstrøms samløp har minimums-pH i samme periode, med ett unntak i 2005, vært over 5,6 (**figur 4**).



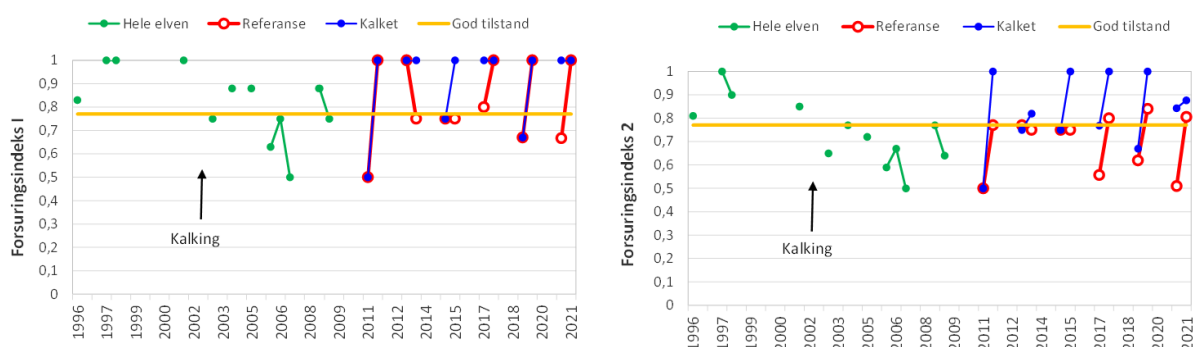
Figur 4. Utvikling i pH (*oppe*) og labilt aluminium (*nede*) fra henholdsvis 1999 og 2006 ved Børsdalselven ovenfor doserer = ukalket (rød), Uskedalselva ovenfor samløp Børsdalselva = ukalket (lilla) og Uskedalselva nede = kalket (blå) (fra Sægrov & Kaste 2023).

Det mangler pålitelige data fra målinger av aluminium i 2019 og det meste av 2020 (Sægrov og Kaste 2023). I 2018, 2021 og 2022 ble det målt relativt lave verdier av labilt aluminium i Uskedalselva om våren (**figur 4**).

BUNNDYR I USKEDALSVASSDRAGET

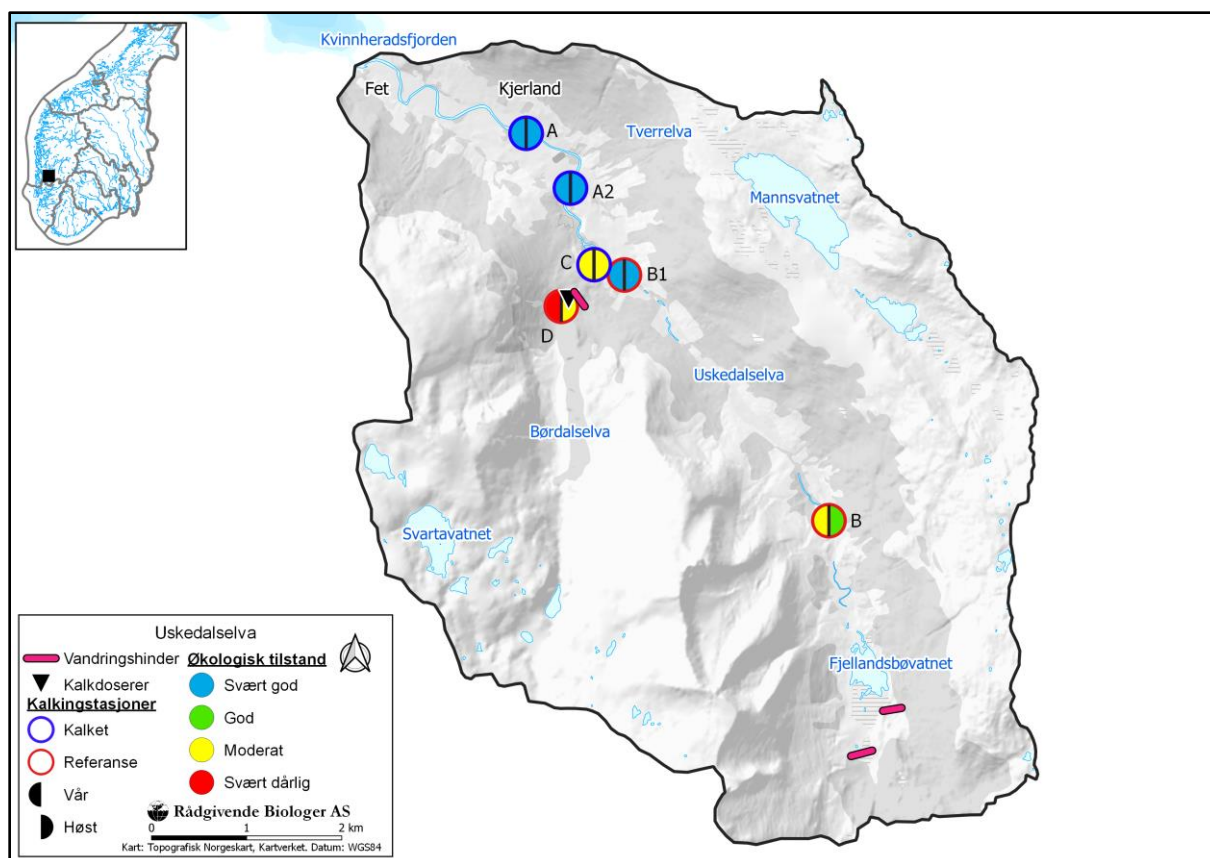
Det er gjort bunndyrundersøkelser i Uskedalselva siden 1996. De første årene ble de fleste prøvene samlet inn om våren (**figur 5**). Med unntak av høsten 1997 og våren 1998 er Børsdalselva inkludert. Fra 2003 til 2009 ble det tatt prøver årlig, og fra 2011 vår og høst annethvert år. Fra 2017 ble stasjonsnettet utvidet med ytterligere to prøvetakingslokaliteter. Nå samles det inn bunndyr fra ovenfor og nedenfor kalkdosereren i Børsdalselva, samt fra fire steder i hovedelven (se **figur 1**).

Den forsuringfølsomme døgnfluen *Baetis rhodani* er en indikatorart for forsuring. Fram til 2011 ble *Baetis rhodani* ikke registrert ovenfor kalkdosereren, men siden 2015 har den blitt registrert hver høst det har vært prøvetaking. I 2013 ble *Baetis rhodani* imidlertid registrert ovenfor dosereren om våren (Hellen 2018a og referanser der). Ett eksemplar av arten ble imidlertid registrert nede i Børsdalselva allerede høsten 2001, før dosereren kom i drift (Kålås mfl. 2002).



Figur 5. Gjennomsnitt av forsuringsindeks 1 og 2 for kalkede (blå) og ukalkede lokaliteter (rød) i overvåkingen. Fram til 2010 ble det ikke skilt mellom kalkede og ukalkede lokaliteter (grønn) (fra Hellen & Garmo 2022).

Stasjonsnettet for innsamling av bunndyrprøver har variert gjennom perioden med undersøkelser, og figuren som viser indekser over tid kan derfor være misvisende (**figur 5**). Fra og med 2003 er verdiene basert på to stasjoner i Børsdalselva og to stasjoner i hovedelven, og fra 2017 på to stasjoner i Børsdalselva og fire stasjoner i hovedelven. Gjennomsnittene fra våren 1996 og høsten 2001 baserer seg på kun 3 lokaliteter (st. A, B og C (se **figur 1**)), og er antagelig derfor noe for høye sammenlignet med de senere verdiene. Dette gjelder også verdi for høsten 1997 og våren 1998 som bare er fra prøver tatt i hovedelven (st. A og B (se **figur 1**)). Det generelle bildet er likevel at tilstanden i hovedløpet har vært relativt god over tid både i kalket og ukalket del, mens Børsdalselva fortsatt er sur og ofte i klassen dårlig til moderat (Hellen og Garmo, red. 2022).



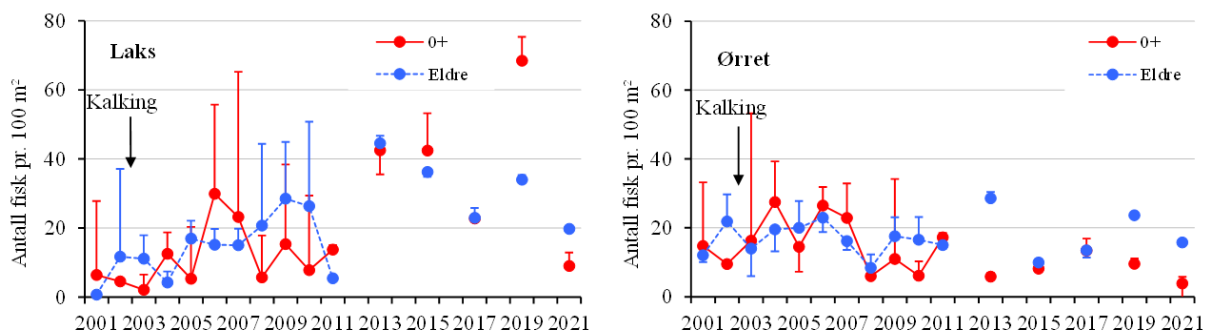
Figur 6. Tilstandsklasser ihht. Vannforskriften, basert på forsuringsindeks 2 for bunndyrprøver (enkeltprøver) i Uskedalsvassdraget våren og høsten 2021 (fra Hellen & Garmo 2022).

UNGFISKTETTHETER

HOVEDVASSDRAGET

Under elektrofiske i Uskedalselva i 1983 ble det fanget kun en laksunge (Hebnes 1983, se Kålås mfl. 1996). I 1989 var fangsten to laksunger (Vasshaug og Grøndahl 1990). I 1995 ble det fanget fem laksunger på fem elektrofiskestasjoner (tre gangers overfiske og totalt areal 500 m²). Til sammenligning ble det fanget 193 ørretunger på de samme stasjonene (Kålås mfl. 1996), og i 1997 var fangsten 3 laksunger på disse fem stasjonene (Kålås mfl. 1999). I 2001 ble det fanget 32 laksunger, de aller fleste var årsyngel, og 163 ørretunger (tre gangers overfiske og totalt areal 700 m²) (**figur 7**, Kålås mfl. 2002). I perioden fra 1983 til 2000 var det dermed svært lav, og bare sporadisk rekruttering av laks i Uskedalselva. Reetableringen av laks startet med vellykket gyting høsten 2000 og god overlevelse i 2001 og de etterfølgende årene for lakseunger som stammet fra denne gytingen (Hindar mfl. 2023).

I forbindelse med kalkingsovervåkingen ble ungfisktettheten undersøkt årlig fra 2001 til 2011, og deretter hvert annet år. Mellom 2001 og 2005 ble ungfisken aldersbestemt, men ikke etter 2005. Tettheten av laksunger har økt siden 2001. Mellom 2005 og 2008 var det like høy tetthet av eldre laksunger ($\geq 1+$) som av eldre aureunger i elva, og etter 2008 har tettheten av eldre laksunger vært høyere enn tettheten av eldre aureunger. Unntaket var i 2011 da tettheten av eldre laksunger var meget lav (Hindar mfl. 2023).



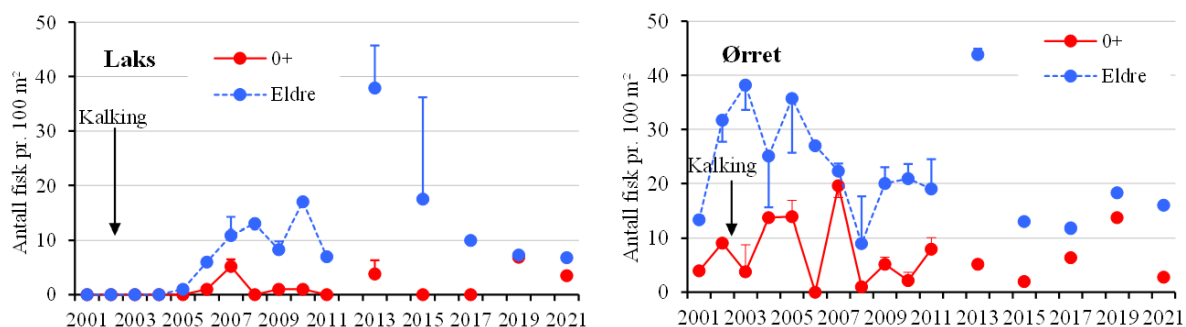
Figur 7. Gjennomsnittlige tettheter av laks og aure (med konfidensintervall) på de seks stasjonene i hovedvassdraget i Uskedalselva i perioden 2001 til 2021 (fra Hellen & Garmo 2022)

Fra og med 2001 ble det fisket på stasjon 6 og stasjon 7. Stasjon 6 ligger litt ovenfor samløpet med den sure sidegrenen Børsdalselva, der kalkdosereren er lokalisert, og 4,8 km ovenfor utløpet i sjøen. Både stasjon 6 og 7 ligger dermed oppstrøms der elva blir kalket. Stasjon 7 ligger langt oppe i elva, ca. 1 km nedenfor Fjellandsbøvatnet (**figur 1**). Det var alle årene fra 2001 god tetthet av laksunger på stasjon 6, men det ble ikke fanget laks på stasjon 7 øverst i elva før i 2004, og da bare årsyngel (aldersgruppe 0+). I 2015 ble den høyeste tettheten av årsyngel funnet på stasjon 7.

Tettheten av eldre aureunger har vært lavere etter 2007 sammenlignet med årene før (**figur 7**), men økningen i samlet tetthet av eldre fiskeunger skyldes hovedsakelig økningen i tettheten av eldre lakseunger.

BØRSDALSELVA

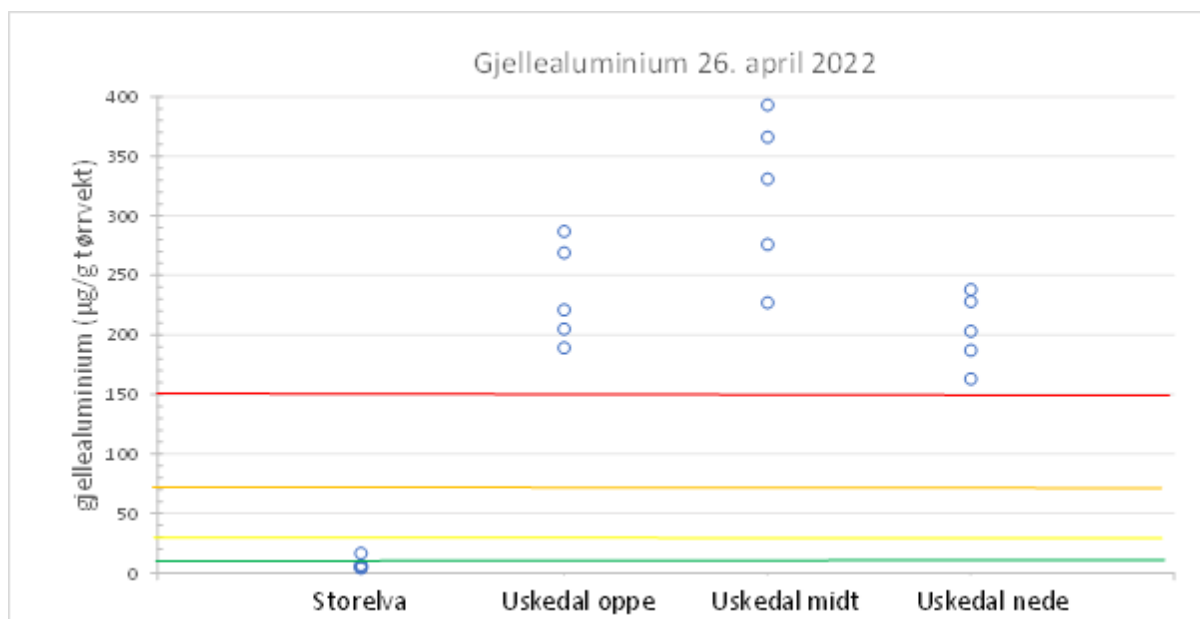
Børsdalselva var tidligere regnet som for sur for laks. Funn av enkelte ensomrige laks siden 2006 tilsier at laksen har hatt noe gytesuksess i Børsdalselva de siste årene. Gjennomgående høyere tetthet av eldre laksunger antyder at en del av disse er gytt i hovedelven, og vandrer opp i Børsdalselva for å benytte denne som oppvekstområde. Tettheten av ørret har variert mye fra år til år, men tettheten av eldre ørretunger har vært lavere i årene etter 2013 enn tidligere (**figur 8**).



Figur 8. Gjennomsnittlige tettheter av laks og ørret (med konfidensintervall) for stasjonen fisket i Børsdalselva i perioden 2001-2021. Etter 2011 er det fisket annet hvert år (fra Hellen & Garmo 2022).

GJELLEALUMINIUM

Sent i april 2020 ble det analysert aluminium på gjeller av laksepresmolt fra Uskedalselva. Det var høye verdier på gjellene med snitt på 151 $\mu\text{g Al/g}$ tørrvekt gjelle (Kålås & Hellen 2021). Verdier under 10 $\mu\text{g Al/g}$ tørrvekt gjelle er «referansenivå», mens verdier over 150 $\mu\text{g Al/g}$ tørrvekt gjelle er satt til tilstand «svært dårlig» for laksesmolt. Vannkvaliteten med hensyn på pH og labilt aluminium var på samme gode nivå i alle vassdragene, inkludert Uskedalselva. Oppfølgende undersøkelser i Uskedalselva i 2021 viste gjennomsnittsverdier på 73 $\mu\text{g Al/g}$ tørrvekt gjelle, tilsvarende dårlig tilstand (Kålås & Hellen 2021).



Figur 9. Målinger av gjellealuminium på laksegjeller fra ett sted nede i Storelva i Samnanger og tre steder i Uskedalselva i Vestland fylke 26. april 2022. Punktene viser målinger fra fem enkeltfisk hvert sted. Linjer viser klassegrenser. Under grønn linje er referanseverdi, mellom grønn og gul er klasse «god», mellom gul og oransje er klasse «moderat», mellom oransje og rød er klasse «dårlig» og over rød linje er klasse «svært dårlig» (fra Kålås og Hellen 2022).

Ved nye undersøkelser i 2022 var snittverdien 252 µg Al/g tørrvekt gjelle og igjen svært dårlig tilstand alle steder (**figur 9**). Både Uskedal «midt» og Uskedal «nede» er nedenfor samløp med den kalkede Børsdalselva, og de høyeste verdiene observert i 2022 var fra stasjonen nærmest samløp med Børsdalselva (1 km nedenfor) (Kålås og Hellen 2022).

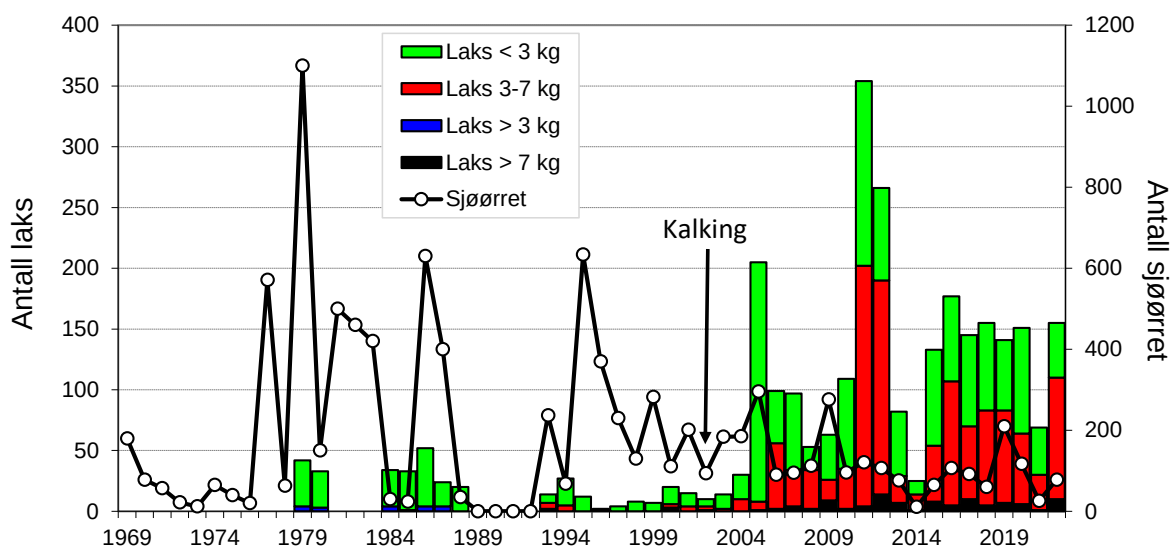
Ingen av årene tilsier verken pH eller aluminiumskonsentrasjonene i elva at det skulle være så mye aluminium på gjellene. Også i 2020 var det omtrent like mye gjellealuminium på laksepresmolt fra ikke kalkpåvirket øvre del av vassdraget som på smolt i den nedre kalkpåvirkete delen av Uskedalselva (Kålås og Hellen 2022).

Eksperimenter på kultivert laksesmolt har vist at aluminium på gjellene kan forårsake økt dødelighet i sjøen (Krogslund mfl. 2012). Tilsvarende er det gjort eksperimenter som indikerer at laksesmolt som har vært utsatt for episoder med surt elvevann er mer utsatt for dødelighet etter påslag av lakselus (Finstad mfl. 2012).

FANGSTATISTIKK

Ifølge den offisielle fangststatistikken for Uskedalselva ble det i gjennomsnitt fanget 20 laks per år under sportsfisket i perioden 1969-2004 (**figur 10**). I 2005 økte fangsten til 205 og har siden ligget på et langt høyere nivå enn tidligere. Den årlige gjennomsnittsfangsten i perioden 2005-2022 var 138 laks, med maksimum i 2011 med 354. De lave fangstene i 2014 og 2021 kan trolig forklares med lav vannføring i fiskesesongen, for begge årene det ble registrert et relativt høyt antall gytelaks under drivtellingene om høsten (Skogslund mfl. 2019, [Gytebestander av laks og sjørøret \(nina.no\)](https://nina.no)). I 2022 var fangsten igjen på nivå med årene før 2021 (**figur 10**). I 14-års perioden 2009-2022 har 10 % av laksen blitt gjenutsatt, men med unntak av seks av årene har gjenutsettingen vært mindre enn 6 %.

I perioden fra 2000 til 2022 er det blitt analysert skjellprøver fra 569 laks fanget under sportsfisket. Innslaget av rømt oppdrettslaks var høyest tidlig i perioden, men etter 2005 har innslaget vært lavere med et snitt på 1 %, og de fire siste årene er det ikke registrert rømt oppdrettslaks i skjellmaterialet (se også Hindar mfl. 2023).



Figur 10. Offisiell fangststatistikk for laks og sjøaure i Uskedalselva i perioden 1969-2022. (<http://ssb.no/>). Kalkdosereren i sideelva Børsdalselva ble satt i drift i januar 2002. Merk at verdiene på Y-aksen er forskjellig for laks og sjøaure.

BESTANDSSTATUS LAKS

LFI-Uni Research/Miljø har siden 2006 gjennomført årlige drivtelling i Uskedalselva (Skoglund mfl. 2019). Når en summerer antall laks som er blitt avlivet i fiskesesongen og antall observert under drivtellingene får man et uttrykk for minimum innsig av laks til vassdraget det enkelte år for perioden 2006 til 2022. Innsiget var størst i 2011 med 551 laks og minst i 2009 med bare 88 laks. Etter 2010 har det gått opp over 250 laks i vassdraget hvert år, med unntak av i 2013 da innsiget var på bare 157 laks. Denne sammenstillingen gir et noe annet bilde enn fangststatistikken alene. For eksempel ble det avlivet bare 25 laks i 2014, mens innsiget var på hele 271 laks.

Etableringen av laks i Uskedalsvassdraget startet med gytingene høstene 2000 og 2003. Fra gytingen høsten 2000 gikk det ut 2-års smolt i 2003 og 3-års smolt i 2004, og voksne laks fra denne årsklassen kom hovedsakelig tilbake og gytte i elven høstene 2005 og 2006. Etter den tid er det sannsynlig at gytelaksen hvert år har vært dominert av laks som var født i Uskedalselva. I perioden 2000 til høsten 2004 var det hovedsakelig fremmed laks fra andre bestander og rømt oppdrettslaks som gytte i elva (Hindar mfl. 2023).

Etter en periode med lite innsig av laks til Vestlandselvene utover 1990-tallet økte innsiget i 1999 og 2000 etter en økning i sjøoverlevelsen for laksesmolt som gikk ut i 1998 og de etterfølgende årene. Smoltårsklassen fra 1998 kom tilbake som 2-sjøvinter laks i 2000, og i denne sjøaldergruppen var det flest hunner. Økningen i innsiget av laksehunner i 2000, og dermed også trolig flere feilvandrerere, er trolig en del av forklaringen til at den første vellykkede gytingen i Uskedalselva skjedde denne høsten.

Fra 2011 - 2018 har innsiget av laks til elver på Vestlandet, uttrykt som antall laks pr. hektar anadromt areal, vært på et betydelig høyere nivå enn i årene fra 2004 - 2010 (Skoglund mfl. 2019). Dette har også vært tilfelle i Uskedalselva der tettheten av gytelaks i snitt for perioden 2004 – 2018 har vært den nest høyeste av alle laksebestandene i Hardangerfjorden, bare i Etneelva har tettheten vært høyere (Skoglund mfl. 2019).

Det er nylig gitt gytebestandsmål for laks i Uskedalselva på 386 kg (290 – 483) hunnfisk (Vitenskapsrådet.no). Med en antatt gjennomsnittsvekt på 4 kg for hunnlaks vil gytebestandsmålet bli nådd hvis det gyter ca. 100 laksehunner. Lakseførende strekning er 12 km opp til Fjellandsbøvatnet og anadromt areal er satt til 140 000 m² (14 hektar). Det er antatt at Uskedalselva er relativt produktiv og gytebestandsmålet tilsvarer 4 egg pr. m², totalt 560 000 lakseegg.

For siste fire årene (2019-2022) ble det beregnet 100 % oppnåelse av gytebestandsmålet hvert år og det ble konkludert med at det høstbare overskuddet var større enn det som ble benyttet. Det var god oppnåelse av gytebestandsmålet de fleste av årene fra 2011 til 2022, unntakene var 2013 og 2017 (VRL 2023). For 2022 ble totalbeskatningen beregnet til 37 % av innsiget.

SJØOVERLEVELSE LAKS

Forskningsprogrammet Salmon Tracking 2030 er finansiert av Havbruksaktører i PO3 og PO4. Som del av dette programmet har Rådgivende Biologer AS PIT-merket presmolt av laks og sjørøret i bl.a. Uskedalselva i fem-års perioden 2019 – 2023 (Irgens mfl. 2022). Utvandrende smolt blir registrert i antenner nederst i elva, og det samme blir returnerende laks og sjørøret etter opphold i havet/fjorden.

Av laksesmolten som ble merket og vandret ut i 2019 var de aller fleste som overlevde sjøoppholdet kommet tilbake til elva i løpet av 2022 etter hhv. 1, 2 og 3 vintre i havet. Av smolten som vandret ut i 2020 var de som har vært hhv. 1 og 2 vintre i havet kommet tilbake i løpet av 2022. For denne smoltårsklassen mangler foreløpig data for 3-sjøvinterlaksen, men antallet i denne sjøaldergruppen er normalt lavt i Uskedalselva. Sjøoverlevelsen er beregnet som samlet antall voksne laks som ble registrert da de passerte antennene på oppvandring i prosent av antall presmolt laks som ble merket av den aktuelle smoltårsklassen. Den prosentvise sjøoverlevelsen er sammenlignet med tilsvarende for PIT-merket laks i Etneelva og i Imsa ved Sandnes i Ryfylke (VRL 2023).

Tabell 2. Sjøoverlevelse (%) for PIT-merket laks fra Uskedalselva, Etne og Imsa for smoltårsklassene 2019 og 2020. Data fra Etne og Imsa er hentet fra VRL 2023.

Smoltårsklasse	Sjøoverlevelse i % som 1 - 2 - 3 sjø-vinter fisk og samlet %		
	Uskedalselva	Etneelva	Imsa
2019	2,5 + 0,8 + 0,4 = 3,7	2,6 + 1,2 + 0,2 = 4,0	3,0 + 0,1 + 0,0 = 3,1
2020	1,0 + 1,0 + ? = 2,0	0,5 + 1,0 + ? = 1,5	0,5 + 0,6 + ? = 1,1

Det var like høy sjøoverlevelse for laksesmolt fra 2019 merket i Uskedalselva som de som var merket i Etne og Imsa, med hhv. 3,7, 4,0 og 3,1 % av merket laks registrert tilbakevandret som voksen laks i årene 2020, 2021 og 2022. For smoltårsklassen fra 2020 var det høyest sjøoverlevelse for laks fra Uskedalselva med 2,0 % sammenlignet med 1,5 % og 1,1 % registrert tilbakevandret til Etne og Imsa i 2021 og 2022 (VRL 2023). I Etne og Imsa blir oppvandrende laks fanget i feller som dekker hele elvens bredde og de aller fleste eller alle blir fanget i fellene. I Uskedalselva er det antenner som registrerer oppvandring av fisk, og laks kan passere disse uten å bli registrert. Dette gjør at de oppgitte tallene for sjøoverlevelse fra Uskedalselva er absolutt minimum sammenlignet med de andre elvene der antall gjenfangster er tilnærmet absolutte og der smolten blir fanget og merket når han vandrer ut. Dette tilsier at det er sannsynlig at laksesmolt fra Uskedalselva overlevde bedre i fjorden/havet enn smolt fra Etne og Imsa både i 2019 og 2020.

Det var like høy sjøoverlevelse på laks fanget og merket på den ikke kalkingspåvirkete elvestrekningen oppstrøms samløpet med Børsdalselva sammenlignet med de som ble fanget og merket på kalkpåvirket del nedstrøms samløpet. For smolten som vandret ut i 2019, var samlet sjøoverlevelse 3,7 % gjenregistrerte fisk for begge elvestrekningene. For laksen som gikk ut i 2020 var det høyere overlevelse for de som ble fanget og merket på ikke kalkpåvirket elvestrekning sammenlignet med de fra nederste og kalkpåvirket strekning med hhv. 2,3 % og 1,2 %. Samlet antall registrert tilbakevandret laks fra 2019- og 2020 årsklassene var hhv. 27 og 28, og antall merket var hhv. 729 og 1370 laksepresmolt de to årene.

BESTANDSSTATUS SJØAURE

Av sjørret ble det i gjennomsnitt fanget 237 individer per år ved sportsfiske i perioden fram til 2004 (år uten fangst utelatt), mens det etter 2004 er fanget i snitt 113 sjørret per år (se **figur 8**). Både på 1970- 80- og 90-tallet ble det i de beste årene fanget mer enn 600 sjørret, men det har ikke blitt fanget mer enn 300 individer på ett år siden 1996 (**figur 8**). Den høyeste fangsten av sjørret ble innrapportert i 1979 med 1100 individer. I 2021 ble det fanget 26 sjørret med en snittvekt på 1,4 kg. Som for laks er det sannsynlig at den lave fangsten i 2021 delvis eller helt kan forklares med lav vannføring i fiskesesongen og sen oppgang av fisk. I 2022 ble det fanget 78 sjørret og 21 ble gjenutsatt.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har nylig vurdert tilstanden til sjørreten i Uskedalselva som moderat, og påvirkning fra lakselus er angitt som den klart viktigste påvirkningsfaktoren (VRL 2022).

SAMMENSTILLING OG DISKUSJON

I Uskedalselva forsvant laksebestanden før 1970, sannsynligvis på grunn av forsurening (Hesthagen & Hansen 1991, Kålås mfl. 1996). Sideelven Børsdalselven er dosererkalket fra januar 2002. Tidligere ble det foretatt sporadisk utlegging av kalkgrus både i Børsdalselva og i Uskedalselva siden slutten av 1970-tallet, med størst innsats i 1996-1997 med 70-80 tonn kalk årlig. I 1996 ble det også sluppet 12 tonn kalksteinsmel fra helikopter i Svartavatnet oppe i Børsdalsgreinen (Bjerknes mfl. 1998). Ungfiskundersøkelser dokumenterte vellykket rekruttering av laks i elva allerede etter gytingen høsten 2000 (Kålås mfl. 2002), og fangstene av voksne laks økte kraftig fra og med 2005 (Hindar mfl. 2023). Det har siden 2015 vært høyere tetthet av lakseunger på stasjonene ovenfor enn nedenfor samløpet med Børsdalselva, selv om det er lenge siden denne delen av vassdraget har vært kalket (Hellen og Garmo red. 2022).

Etableringen av laks skjedde uten utsettinger av fisk og må derfor ha skjedd ved at fremmed laks, både villaks fra andre elver og rømt oppdrettslaks vandret opp i elva og gyttet. Uskedalen Grunn- og Elveeigarlag drev tidligere med stamfiske og produserte startfôret yngel av både laks og hovedsakelig sjøaure for utsetting, men på grunn av liten tilgang på stamfisk stanset dette opp i 1994 (Kålås mfl. 1996, Anon 2005).

Uskedalselva ligger i en oppdrettsintensiv region og etableringen mellom 2000 og 2005 skjedde i en periode med høyt innslag av rømt oppdrettslaks i elvene i regionen. Genetiske undersøkelser har vist at reetableringen skjedde ved oppvandring og gyting av feilvandret villaks og en del rømt oppdrettslaks. Årsklassene av ungfisk fra gytingen i 2000 og 2003 var de mest tallrike i etableringsfasen og innkrysningen av rømt oppdrettslaks ble estimert til hhv. 7,5 % og 1,4 %. Oppvandring og gyting av villaks fra andre elver fortsatte frem til 2010, noe som er dokumentert ved at sammensetningen av genetisk variasjon i det mitokondrielle arvestoffet var forskjellig for laks født tidlig i perioden sammenlignet med laks født senere (Hindar mfl. 2023). Eventuelle genetiske endringer eller stabilisering i årene etterpå er ikke undersøkt.

Tettheten av eldre lakseunger økte relativt jevnt fra 2001 til 2013 for deretter å stabilisere seg og laksebestanden i Uskedalselva kan etter 2013 regnes som fullrekruttert (Hellen og Garmo red. 2022). Det har de siste 10 årene vært høyere tetthet av lakseunger på stasjonene i hovedelven ovenfor samløpet med den kalkede Børsdalselven enn på stasjonene nedenfor samløpet. Gytebestandsmålet for laks har vært nådd de senere årene og det har vært et høstbart overskudd. Bestandsstatusen for laks er god, med unntak av innkrysning av rømt oppdrettslaks.

Etableringen av laksebestanden i Uskedalselva og stabilisering av bestanden med full rekruttering og god status tilsier at det har vært god overlevelse på laks i fjord- og havfasen sammenlignet med andre laksebestander. Denne utviklingen har skjedd i en periode da det er modellert høy dødelighet på grunn av påslag av lakselus (Johnsen mfl. 2020, Lien mfl. 2021, Skardhamar mfl. 2023), og høye konsentrasjoner av aluminium på gjellene på laksepresmolt i Uskedalselva (Kålås og Hellen 2021, Kålås og Hellen 2022).

SJØOVERLEVELSE

Smoltoverlevelse for utvandrende smolt fra Uskedalen var minst like høy og sannsynligvis høyere enn for smolt fra både Etne og Imsa i årene 2019 og 2020. Dette er registrert ved hjelp av PIT-merking av presmolt i alle tre vassdragene, der de er fulgt opp ved registrering av både utvandring og oppvandring. Resultatene viser videre at det i 2019 var like høy og i 2020 høyere sjøoverlevelse på laks merket på elvestrekningen oppstrøms samløpet med Børsdalselva sammenlignet med de som ble fanget og merket på kalkpåvirket del nedstrøms samløpet.

I årene 2020-2022 ble det registrert så store mengder gjellealuminium på laksesmolten i Uskedalen at dette var forventet å skulle forårsake ekstra dødelighet i sjøfasen (Kålås og Hellen 2021, 2022). Det ble ikke gjort undersøkelser av evt. gjellealuminium i 2019, men undersøkelsene i de tre påfølgende årene er så konsistente at det er sannsynlig at gjellealuminium også var høy i 2019. De høye konsentrasjonene av gjellealuminium på laksen samsvarer ikke med de lave konsentrasjoner av labilt aluminium i elvevannet alle årene, som var like lavt som i elver der det var lite aluminium på gjellene. Den høye sjøoverlevelsen på laks fra Uskedal av smoltårsklassene fra 2019 og 2020 indikerer at aluminium ikke har medført ekstra dødelighet. I 2020 var det dessuten omtrent like mye gjellealuminium på laksepresmolt fra kalket og ukalket del (Kålås og Hellen 2021).

Havforskningsinstituttet har modellert ekstra dødelighet fra lakseluspåslag for postsmolt av laks fra en rekke elver, inkludert for Uskedalselva, Etneelva og for Storåna som ligg nær Imsa (Johnsen mfl. 2020, Lien mfl. 2021, Skardhamar mfl. 2023).

Tabell 3. Modellert prosentvis dødelighet etter påslag av lakselus under fjordvandringen for postsmolt av laks fra Uskedalselva, Etneelva og Storåna nær Imsa for smoltårsklassene som vandret ut fra elvene årlig i perioden 2018 – 2023.

Smoltårsklasse	Modellert dødelighet fra lakselus (%) på postsmolt laks			Referanse
	Uskedalselva	Etne	Storåna (Imsa)	
2018	38	33	18	Johnsen mfl. 2020
2019	42	16	21	
2020	39	35,6	34,6	Lien mfl. 2021
2021	45,6	24,6	6,9	
2022	39,0	26,9	15,8	Skardhamar mfl. 2023
2023	32,6	13,8	6,4	

I alle årene fra 2018 til 2023 var den modellerte ekstra dødeligheten fra lakselus høyere og enkelte år betydelig høyere for postsmolt laks fra Uskedalselva sammenlignet med postsmolt fra Etneelva, og spesielt for smolt fra Imsa. Bare i 2020 var det noenlunde like beregnede dødeligheter for smolt fra de tre elvene (**tabell 3**). For smolten fra 2020 indikerer gjenfangstene av voksne laks som var PIT-merket at laksen fra Uskedalselva i 2020 overlevde bedre i sjøen enn smolten fra Etne og Imsa (se **tabell 2**).

På tross av at laks fra Uskedalselva både har høyere modellert lakselusindusert dødelighet ved utvandring i fjorden, og at laksesmolt fra denne elva har potensielt dødelige konsentrasjoner av aluminium på gjellene, synes sjøoverlevelsen å være høyere enn for laks fra sammenlignbare bestander som har vandret ut fra elver med god vannkvalitet. Dette tilsier at verken antagelsene om høy luseindusert dødelighet, de høye registrerte konsentrasjonene av aluminium eller forsterket effekt av begge faktorene sammen synes å ha noen dramatisk effekt på sjøoverlevelsen til smolten fra Uskedalselva.

Ved undersøkelsene av gjellealuminium i 2022 var det høyest konsentrasjoner av aluminium på gjellene til laksepresmolt på strekningen i hovedelva 1 km nedstrøms samløp med den kalkede Børsdalselva, og generelt for alle undersøkelsene var det like mye gjellealuminium på den kalkede som på den ukalkede strekningen i elva.

Nivået av gjellealuminium er svært høyt på alle strekninger i Uskedalselva, også uavhengig av opplagte blandsoner mellom «god» og «dårlig» vannkvalitet. Det er lite sannsynlig at hele Uskedalselva skal være en blandsone gjennom påvirkning av grunnvann, som vanligvis er mindre forsuringspåvirket enn overflatevann. Verken utvikling i vannkvaliteten, bunndyrsamfunn eller tilstand i ungfiskbestandene i Uskedalselva tyder på en dramatisk forsurings situasjon i Uskedalselva. Tilsvarende resultat med manglende samsvar mellom målt vannkvalitet og mye aluminium på gjeller og fysiologisk respons er funnet ved en tidligere studie i Suldalslågen og Fossåna fra 1999 (Poléo mfl. 2002).

Resultatene fra undersøkelsene av gjellealuminium i Uskedalselven er uforklarlige, og kalkingen av Børsdalselva synes ikke å redusere akkumuleringen av aluminium på gjellene i de kalkpåvirkete delene. Det ventes ikke at smolten som vandrer ned fra de øvre og ukalkede delene av elva blir kvitt aluminiumen fra gjellene på sin vandring gjennom den kalkpåvirkete nedre delen og tar den med seg til saltvann.

KONKLUSJON

Etableringen av laks i Uskedalselva skjedde raskt i en periode etter 2000, da vannkvaliteten med hensyn på forsuring også bedret seg raskt. Der er også mulig at det var igjen rester av kalkgrus som sist ble lagt ut i 1997. Produksjonen av laksesmolt har trolig vært på elvens bærenivå siden 2013. Bestandsstatus, utenom innkryssing av rømt oppdrettslaks, er vurdert som «god» og det har vært et høstbart overskudd selv om beskatningen har vært moderat (VRL 2023). Denne tilstanden er oppnådd på tross av at det er modellert betydelig dødelighet på postsmolten under fjordvandringen og konsentrasjoner av aluminium på laksesmoltens gjeller som teoretisk skulle medføre en høy dødelighet.

Innsiget av laks til Uskedalselva, målt som antall laks i forhold til anadromt areal, har for perioden 2004-2018 vært nest høyest av alle laksebestandene i Hardangerfjorden, bare i Etneelva har tettheten vært høyere (Skoglund mfl. 2019). Den gode statusen for laksen i Uskedalselva tilsier at vannkvaliteten og gjellealuminium i liten grad påvirker produksjonen av laksesmolten i øvre, ukalket del av elva, eller under vandring på kalket del.

Produksjonen av laksesmolt på den øvre ukalkede strekningen utgjør anslagsvis nær 2/3 av den samlede produksjonen av laksesmolt i vassdraget på grunn av større samlet areal og høyere produksjon pr. areal sammenlignet med strekningen nedstrøms samløpet med Børsdalselva. Laksen fra de ukalkete delene synes å greie seg godt, både i elv og i sjø etter utvandring.

Hvis kalkingen av Børsdalselva avsluttes, vil smolten fra de øvre delene passere en strekning med dårligere vannkvalitet på de 4,2 km under utvandringen. Ved passiv drift vil de kunne drive denne strekningen på under 5 timer hvis vannføringen er lav, ved moderat eller høyere vannføring vil det gå raskere. Spørsmålet er om eksponering vil påføre skade, evt. om de vil akkumulere enda mer aluminium på denne strekningen, og hvilken betydning dette vil kunne få.

Alle resultater tatt i betraktning anses det lite sannsynlig at laksebestanden i Uskedalselva vil bli merkbart påvirket dersom kalkingen stanses. Vi foreslår en prøveperiode med stans i kalkingen og at overvåkingen av vannkvalitet, bunndyr, ungfisk og drivtellingene videreføres i denne perioden.

REFERANSER

- Anon 2005. Driftsplan for Uskedalselva 2005 — 2010, Uskedalen Grunn & Elveeigarlag, 11 sider.
- Austnes, K., J.E. Sample & E. Lund 2021. Tålegrenser for forsuring og overskridelser for seks vassdrag i Vestland fylke. NIVA-rapport 7586, 50 sider + vedlegg.
- Bjerknes, W., Å. Åtland, A. Hindar & A. A. Lyse. 1998. Kalkingsplanar for Romarheimselva, Samnanger-vassdraget og Uskedalselva i Hordaland. NIVA rapport 3897-98, 54 sider.
- Finstad, B., Kroglund, F., Bjørn, P.A., Nilsen, R., Pettersen, K., Rosseland, B.O., Teien, H.-C., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Salbu, B., Fiske, P. & Ebbesson, L.O.E. 2012. Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon postsmolts experiencing episodic acidification and recovery in freshwater. *Aquaculture*, doi:10.1016/j.aquaculture.2010.10.037.
- Hebnes, K.B. 1983. En vannkjemisk og fiskeribiologisk undersøkelse av Uskedalselva. Fagoppgave i Fiskeforvaltning, Utmarksteknikarlinja, Statens Skogskole, Evenstad, 44 sider.
- Hellen, B.A., G.H. Johnsen & H. Sægrov 2004a. Sammenstilling av resultat fra prøvafiske i Hordaland i perioden 1996 – 2003. Del 1. Faktorer med betydning for bestandsstatus. Rådgivende Biologer AS, rapport 751, 32 sider.
- Hellen, B.A., G.H. Johnsen & H. Sægrov 2004b. Sammenstilling av resultat fra prøvafiske i Hordaland i perioden 1996 – 2003. Del 2. Vurdering av de enkelte kalkingsprosjektene. Rådgivende Biologer AS, rapport 752, 91 sider.
- Hellen, B.A. & Ø. Aa. Garmo (red.) 2022. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksobservering i 2021. Miljødirektoratet rapport M-2372, 510 sider.
- Hellen, B. A., H. Sægrov & K. Urdal 2019. Kartlegging av kalkingsbehov i vassdrag og optimalisering i vassdrag der kalking pågår. Rådgivende Biologer AS, rapport 2791, 31 sider.
- Hesthagen, T. & L. P. Hansen. 1991. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge. NINA Oppdragsmelding 0094, 12 s.
- Hindar, A., T. Haraldstad og R. Høgberget 2018. Optimaliseringstiltak i kalkede laksevassdrag i Sør-Norge og kartlegging av andre forsurede, anadrome vassdrag i Agder. NIVA-rapport 7321, 48 sider.
- Hindar, K., Sægrov, H., Karlsson, S., Hellen, B.A., Kålås, S. & Urdal, K. 2023. Etablering av en laksebestand i en region med intensivt lakseoppdrett – Uskedalselva i Hardangerfjorden. NINA Rapport 2038. Norsk institutt for naturforskning.
- Irgens, C., B. A. Hellen, H. Sægrov, I. Wathne, T. T. Furset & S. Kålås, 2022. Merking og registreringer av PIT-merket laks og ørret i 4 vassdrag i Hardanger og Bjørnafjord. Årsrapport 2020. Rådgivende Biologer AS, rapport 3642, 46 sider.
- Johnsen, G.H. & H. Sægrov 2023. Vurdering av behov for videre kalking i Ekso. Rådgivende Biologer AS, rapport 3939, 16 sider.
- Johnsen, I. A., P. N. Sævik og B. Ådlandsvik 2020. Utvandring av virtuell postsmolt 2018/2019. Rapport fra havforskningen 2019-55, 36 sider.
- Kålås, S., G. H. Johnsen, H. Sægrov & B. A. Hellen. 1996. Fisk og vasskvalitet i ti Hordalandselvar med anadrom laksefisk i 1995. Rådgivende Biologer AS, Rapport 243, 152 sider.
- Kålås, S., Hellen, B. A. & Urdal, K. 1999. Ungfiskundersøkingar i 10 elvar med bestandar av anadrom laksefisk hausten 1997. Rådgivende Biologer AS., Rapport 380, 109 s.
- Kålås, S., Sægrov, H. & Telnes, T. 2002. Fiskeundersøkingar i Uskedalselva hausten 2001. Rådgivende Biologer AS, Rapport 582, 18 s.

- Kålås, S. & B. A. Hellen. 2021. Gjellealuminium på smolt i fem vassdrag i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3487, 26 sider.
- Kålås, S. & B. A. Hellen. 2022. Gjellealuminium på smolt i Uskedalselva i Kvinnherad og Storelva i Samnanger i Vestland fylke. Rådgivende Biologer AS, rapport 3727, 16 sider.
- Kroglund, F., Finstad, B., Pettersen, K., Teien, H.-C., Salbu, B., Rosseland, B.O., Nilsen, T.O., Stefansson, S.O., Ebbesson, L.O.E., Nilsen, R., Bjørn, P.A. & Kristensen, T. 2012. Recovery of Atlantic salmon smolts following aluminum exposure defined by changes in blood physiology and seawater tolerance. – *Aquaculture* 362-363: 232-240.
- Lien, V., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D. og Myksvoll, M.S. 2021. Modellert påvirkning av lakselus på vill laksefisk. Rapport fra Havforskningen nr. 2021-48, 74 sider.
- Miljødirektoratet 2022. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/forurensning/miljomal-4.1/miljoindikator-4.1.7> . Sist oppdatert: 07.06.2022
- Poléo, A. B. S., J. Schjolden, & S. Hytterød. 2002. Effekter av ulike vannkvaliteter i Suldalsvassdraget på presmolt og smolt av laks. Suldalslågen-Miljørapport nr. 18, 47 sider.
- Skardhamar, J., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A, Sævik, P.N. og Lien, V. 2023. Modellert påvirkning av lakselus på vill laksefisk i 2023. Rapport fra Havforskningen nr. 2023-57, 68 sider.
- Skoglund, H., Vollset, K.W., Barlaup, B. og Lennox, R. 2019. Gytetelling av laks og sjøaure på Vestlandet – status og utvikling i perioden 2004-2018. LFI-rapport nr. 357, 44 sider.
- Sægrov, H., I.J. Hagen Arnesen, B.A. Hellen & S. Karlsson 2018. Evaluering av kultivering og kalking for laksebestanden i Flekkeelva. Rådgivende Biologer AS, rapport 2748, 28 sider.
- Sægrov, H & Ø. Kaste (red.) 2023. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervaking i 2022. Miljødirektoratet rapport M-2606 2023, 448 sider.
- Vasshaug, Ø. & H. Grøndahl 1990. Overvaking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Hordaland fylke i 1989. Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernvedelings. Rapport 3/90, 80 s.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) 2022. Klassifisering av tilstanden til sjørret i 1279 vassdrag. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 9, 170 s.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) 2023. Status for norske laksebestander i 2022. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 17, 125 s.
- Vogt, R.D. & L. B. Skancke. 2023. Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2022. NIVA. Rapport 7900 - 2023, 99 s