

Undersøkelser av fisk, bunndyr og vannkjemi i Samnangervassdraget



Sluttrapport for 2012–2016

R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS 3053



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Undersøkelser av fisk, bunndyr og vannkjemi i Samnangervassdraget. Sluttrapport for 2012–2016

FORFATTERE:

Marius Kambestad, Bjart A. Hellen, Steinar Kålås, Harald Sægrov, Silje E. Sikveland & Kurt Urdal

OPPDRAKSGIVER:

BKK Produksjon AS

OPPDRAGET GITT:

16. mai 2012

RAPPORT DATO:

13. februar 2020

RAPPORT NR:

3053

ANTALL SIDER:

29

ISBN NR:

978-82-8308-699-7

EMNEORD:

- Laks	- Storelva
- Aure	- Frølandselva
- Fisketrapp	- Tysseelva

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

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

Forsidebilde: Aureparr i Storelva 20. oktober 2013.

FORORD

Rådgivende Biologer AS har siden 2006 utført årlige ferskvannsbiologiske undersøkelser i Samnangervassdraget, på oppdrag fra BKK Produksjon AS. Resultatene frem til 2011 ble presentert av Sægrov mfl. (2011b, 2013). Fra 2012 ble det inngått avtale om et femårsprogram, med årlige undersøkelser av tilstanden i vassdraget. Resultatene har blitt presentert i årsrapporter, og de samlede resultatene og utvikling i perioden 2012–2016 presenteres i foreliggende rapport. I tillegg inkluderes eldre data der dette er relevant.

De årlige undersøkelsene i perioden 2012–2016 har inkludert ungfisktelling, gytefisktelling, bunndyrundersøkelser, temperaturlogging og vannkjemiske undersøkelser i Storelva, Frølandselva og Tysseelva. Skjellanalyser av fisk fanget med stang i elveosen har også inngått i prosjektet.

I juli 2015 sendte Miljødirektoratet ny plan for kalking av forsurede vassdrag på høring, der Samnanger-vassdraget ble foreslått kalket for å bedre forholdene for laks. I den forbindelse ønsket Fylkesmannen i Hordaland en vurdering av status for laksebestanden i vassdraget, som resulterte i en rapport publisert av Rådgivende Biologer AS i juni 2016 (Kambestad mfl. 2016b). Det er nødvendigvis stort overlapp mellom denne og foreliggende rapport, og en del figurer og tekst presentert her er hentet direkte fra nevnte rapport.

Felt- og labarbeid i perioden 2012–2016 har blitt utført av Bjart Are Hellen, Marius Kambestad, Steinar Kålås, Harald Sægrov, Joar Tverberg, Geir Helge Johnsen, Silje Elvatun Sikveland, Kurt Urdal og Thomas Tveit Furset, alle fra Rådgivende Biologer AS. Miljødirektoratet har sendt oss resultater fra vannprøveanalyser i Frølandselva, Tysseelva og utløpet fra Frøland kraftverk.

Rådgivende Biologer AS takker BKK Produksjon AS for oppdraget, Thor Olav Holmefjord for resultater fra fisket i elveosen, og Kjetil Haugen for innsamling av vannprøver.

Bergen, 13. februar 2020

INNHOOLD

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
Vassdragsbeskrivelse.....	4
Vannføring og vanntemperatur.....	8
Vannkvalitet og bunndyr.....	11
Fiskebestandene.....	18
Samlet vurdering.....	23
Referanser.....	28

SAMMENDRAG

Kambestad, M., B.A. Hellen, S. Kålås, H. Sægvog, S.E. Sikveland & K. Urdal 2020.

Undersøkelser av fisk, bunndyr og vannkjemi i Samnangervassdraget. Sluttrapport for 2012–2016. Rådgivende Biologer AS, rapport 3053, 29 sider, ISBN 978-82-8308-699-7.

Rådgivende Biologer AS har i perioden 2012–2016 utført et femårig undersøkelsesprogram i Samnangervassdraget i Hordaland. Undersøkelsene har inkludert gytefisktellinger, ungfisktellinger, bunndyrundersøkelser, skjellprøveanalyser, temperaturlogging og vannkemiske undersøkelser. Denne rapporten sammenstiller resultatene fra programmet, inkludert resultater fra tilsvarende årlige undersøkelser tilbake til 2006.

Samnangervassdraget har et stort potensiale for fiskeproduksjon, men bestandene av laks og sjøaure har over tid vært svært fåtallige, både i Storelva, Frølandselva og Tysseelva. Det er enkelte år god tetthet av laksunger nederst i Storelva og Frølandselva, men øvrige vassdragsdeler virker å ha liten eller ingen produksjon. Enkelte år er det ingen rekruttering av laks, inkludert 2011 og (sannsynligvis) 2016. I Tysseelva er rekrutteringen uvanlig lav de fleste år. Tilstanden for sjøaurebestanden virker å være omtrent som for laksen, men sjøauren er vanskeligere å overvåke fordi avkom av sjøaure ikke kan skilles fra avkom av stasjonær aure.

Mangel på gytefisk virker å være flaskehalsen for laksebestanden i Samnangervassdraget. Store og velegnede produksjonsområder i øvre del av Storelva og Frølandselva er ikke utnyttet, sannsynligvis på grunn av vanskelige oppvandringsforhold i Tysseelva og Storelva, og fordi laksetrappen i Frølandselva ikke fungerer. Det fanges de fleste år flere villaks i elveosen enn det registreres ved gytefisktelling i selve vassdraget, hvilket indikerer at vanskelige oppvandringsforhold i Tyssefossen eller terskelen ved inntaket til Tyssefossen kraftverk kan være årsaken til mangelen på gytefisk i vassdraget.

Regulering til kraftproduksjon har hatt betydelig innvirkning på vannføring, vanntemperatur og vannkjemi, spesielt i Storelva, men også i Tysseelva. I tillegg har forsuring gitt ugunstig vannkvalitet for laksesmolt enkelte år. Betydningen av disse faktorene for fiskebestandene er imidlertid vanskelig å vurdere, så lenge antall gytefisk er svært lavt.

I Storelva har reguleringen gitt mer gunstig vanntemperatur og vannkjemi, men betydelig redusert vannføring er en potensiell flaskehals for laks og sjøaure dersom gytebestandene tar seg opp. Slipp av minstevannføring bør fortsette, og helst bør minstevannføringen være høyere enn 100 l/s.

I Tysseelva har reguleringen gitt høyere vanntemperatur om vinteren. I teorien kan dette gi økt dødelighet for laksyngel på grunn av for tidlig klekking om våren, men beregninger indikerer at dette er et marginalt problem i Tysseelva. Det anbefales å måle gassmetning i Tysseelva, for å vurdere om overmettet vann fra Frøland kraftstasjon kan forklare de lave og variable fisketetthetene i elven.

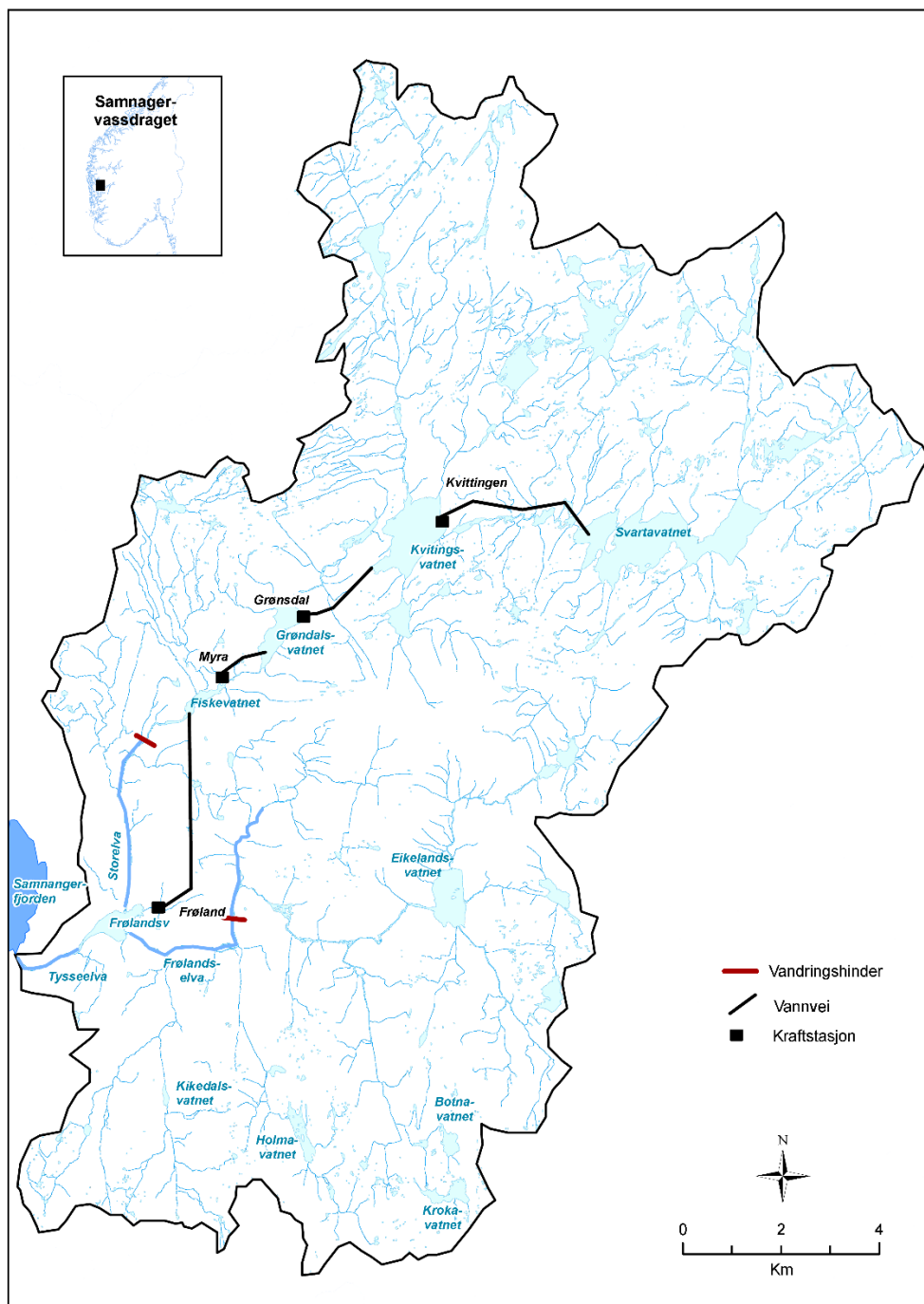
Frølandselva er ikke påvirket av regulering, men også her har gytebestandene over tid vært svært fåtallige. Det er mulig at forsuring her har gitt redusert overlevelse for laksesmolt enkelte år, men dette kan neppe alene forklare mangelen på gytefisk, som dessuten er felles for hele vassdraget. Det anbefales å undersøke gjellealuminium på laksesmolt i Frølandselva og Tysseelva for å avklare dette.

En kartlegging av laksebestandens genetiske integritet bør prioriteres, for å kvantifisere innslaget av gener fra rømt oppdrettslaks. Dersom innslaget er lavt bør det jobbes for vekst i dagens bestand, for eksempel ved å flytte villaks fanget i elveosen lenger opp i vassdraget. Om innslaget er høyt foreslås det å reetablere laksebestanden basert på laks fra et nærliggende vassdrag. Det anbefales uansett å utbedre laksetrappen ved terskelen i Tysseelva, samt overvåke oppvandring av fisk i denne og trappen i Tyssefossen. Dagens undersøkelsesprogram anbefales også videreført, med noe redusert omfang.

VASSDRAGSBESKRIVELSE

NEDBØRFELT OG ANADROM STREKNING

Samnangervassdraget i Samnanger kommune har et samlet nedbørfelt på 236 km² og en beregnet middelvannføring ved utløp til sjøen på 27,7 m³/s (<http://nevina.nve.no/>). Vassdraget består av to hovedgreiner, Storelva fra nord og Frølandselva fra øst, som begge renner inn i Frølandsvatnet (29 moh.). Utløpselven fra innsjøen er den 1,7 km lange Tysseelva, som renner ut i Samnangerfjorden ved Tysse (**figur 1**).



Figur 1. Samnangervassdraget (vassdrags-nummer 055.Z) med omtalte vassdragsdeler, innsjøer og kraftverk. Tyssefossen kraftverk nederst i Tysseelva er ikke vist.

Samnangervassdraget har en samlet anadrom strekning på ca. 8,1 km og et potensielt produktivt areal på omtrent 190 000 m². I tillegg kommer Frølandsvatnet (0,36 km²), som har tett med aure og også er oppvekstområde for laksunger (Sægrov mfl. 2010). Elvearealet er fordelt på Tysseelva med 60 000 m² (1,7 km lang), Storelva med 60 000 m² (3,7 km lang) og Frølandselva med 70 000 m² (2,7 km lang). I Frølandselva er 1,2 km og 30 000 m² elveareal nedstrøms laksetrappen ved Jarland, mens de resterende 1,5 km (40 000 m²) er oppstrøms trappen. Det er også en laksetrapp i fossen helt nederst i Tysseelva. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning benytter et areal på 179.090 m² og en anadrom strekning på 9,9 km, men dette inkluderer Frølandsvatnet. Med et mål om 2 egg/m² tilsier dette et gytebestandsmål på 247 kg hunnlaks (Anon. 2016).

REGULERING

I 1898 ble fallrettene i de øverste delene av vassdraget kjøpt opp av Bergen kommune, og utbyggingen av Samnangervassdraget startet i juli 1909. I februar 1912 ble Frøland kraftstasjon satt i drift, og siden er det bygget ytterligere fire kraftverk som utnytter fallene i Samnangervassdraget: Grønsdal-, Kvittingen-, Myra- og Tyssefossen kraftverk (se **figur 1**).

Frøland kraftverk var det første “store” kraftverket på Vestlandet da vannkraftproduksjonen startet i 1912, og kraftverket utnytter fallet på omtrent 150 meter mellom inntaksmagasinet Fiskevatnet og Frølandsvatnet. Driftstunnelen fra Fiskevatnet går over i en rørgate med tre rørledninger like ovenfor kraftstasjonen på Frøland. Kraftverket har ingen bekkeinntak. I perioden 2016 til 2018 arbeides det med å oppgradere kraftverket for å øke effekten, men inntak og avløp vil fortsatt være plassert som i dag.

Grønsdal kraftverk stod ferdig i 1948. Kraftstasjonen ligger i fjell og utnytter Kvittingsvatnet som inntaksmagasin. Avløpet går til Grønsdalsvatnet. BKK sine to siste kraftverk i vassdraget, Kvittingen og Myra, ble bygget på 1980-tallet. Kvittingen kraftstasjon ligger også i fjell, med inntak i Svartavatnet og avløp til Kvittingsvatnet. Myra kraftverk er bygget i dagen, og tar vann fra Grønsdalsvatnet og slipper det ut igjen i Fiskevatnet. Kvittingen har en gjennomsnittlig årsproduksjon på 160 GWh og er således det største kraftverket i vassdraget, mens Myra er minst, med 13 GWh.

Vassdraget mellom Svartavatnet og Frølandsvatnet er regulert ved at vannet i hovedsak føres til kraftverkene mellom de fire inntaksmagasinene, og utenom elvestrekningene mellom innsjøene (**figur 1**). Vannføringen er dermed betydelig redusert i anadrom del av Storelva. Det er siden 2007 lagt opp til at vannføringen i Storelva ikke skal være under 100 l/s, og at det skal slippes vann fra Fiskevatnet til Storelva om restfeltet ikke klarer å levere dette. Tysseelva er påvirket ved at vann blir magasinert oppe i vassdraget og renner ut av vassdraget til andre tider enn det som er naturlig, samt av redusert vannføring på de nederste 350 meterne som følge av at vann blir ledet til Tyssefossen kraftverk. Frølandselva er varig vernet, og ikke regulert.

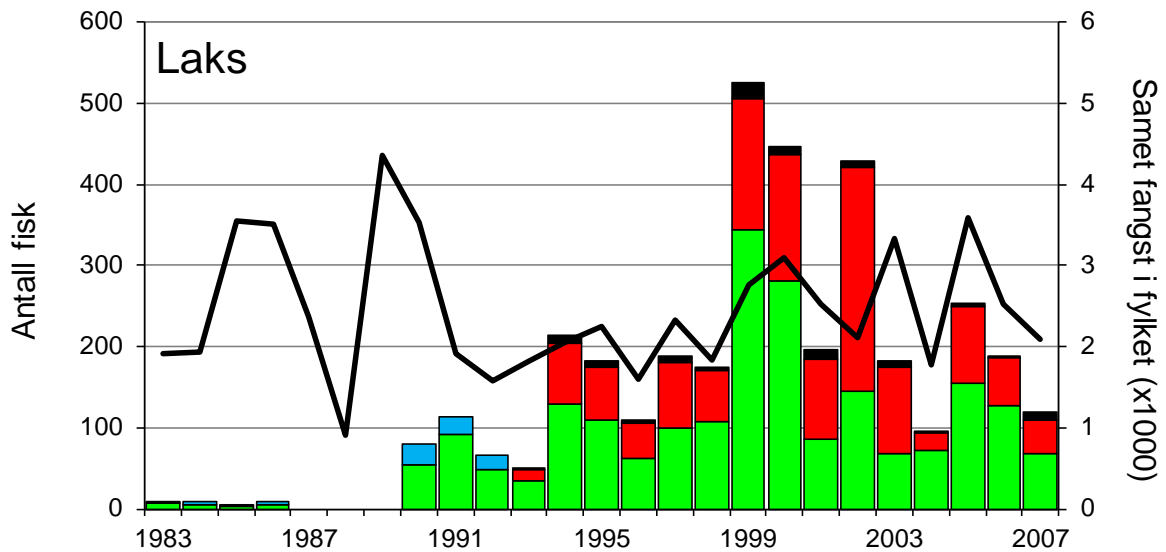
VANNTYPE

De anadrome strekningene i Samnangervassdraget; Storelva (055-225-R), Frølandselva (055-223-R) og Tysseelva (055-39-R), er i Vann-nett vurdert å høre til økoregion Vestlandet og klimaregion «lavland» (< 200 moh.). Elvene er oppført som «svært kalkfattige» og «klare» (<http://vann-nett.no>). Dette stemmer i hovedsak godt overens med overvåkingsdata av vannkjemien i vassdraget, selv om målingene viser at Storelva er på grensen mellom «svært kalkfattig» og «kalkfattig». Elvene er dermed i henhold til Veileder 02:2013 vurdert som elvetype 2 i denne rapporten.

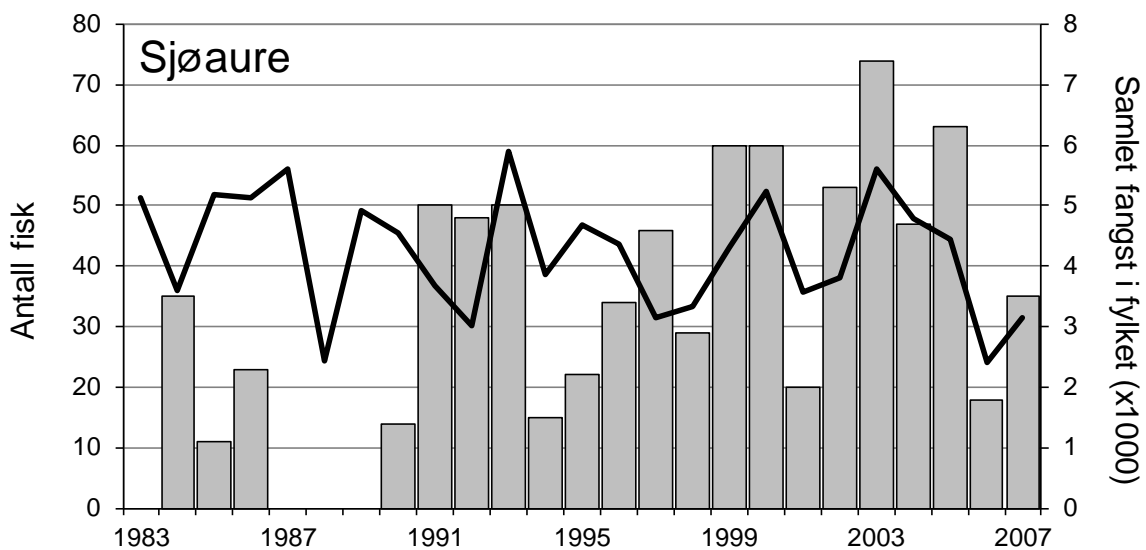
FANGSTSTATISTIKK

Det foreligger fangststatistikk for Samnangervassdraget fra perioden 1983 til 2007. Siden 2008 har vassdraget vært stengt for fiske etter vill laks og sjøaure. I årene 1983-86 ble det registrert fangst av 5-10 laks per år, og deretter ble det ikke registrert laksefangst før i 1990 (**figur 2**). I perioden 1990-2006

var gjennomsnittlig fangst av laks i Tysseelva 201 individer per år, men det var stor variasjon mellom år, fra 51 laks i 1993 til 526 i 1999. En stor andel av disse fangstene har imidlertid vært rømt oppdrettslaks fanget i elveosen (se under). De årene det er registrert fangst av sjøaure har tallet variert mellom 11 og 74 stk., med et snitt på 38 per år (**figur 3**).



Figur 2. Årlig fangst av laks (antall; stolper) i Samnangervassdraget siden 1983. Fram til 1992 er fangstene delt i tert (<3 kg, grønn søyle) og laks (>3 kg, blå søyle). Fra 1993 er det skilt mellom smålaks (<3 kg, grønn søyle), mellomlaks (3-7 kg, rød søyle) og storlaks (>7 kg, svart søyle). Linjen viser samlet fangst av laks i resten av Hordaland. Fisket etter villfisk har vært stengt siden 2008.



Figur 3. Årlig fangst av sjøaure (antall; stolper) i Samnangervassdraget siden 1983. Linjen viser samlet fangst i resten av Hordaland. Fisket etter sjøaure har vært stengt siden 2008.

FISKEFREMMEDE TILTAK

For å kompensere for antatt tapt fiskeproduksjon som følge av regulering er det utført en rekke tiltak i vassdraget.

Kultivering har foregått ved fangst og stryking av stamlaks om høsten, og foring av avkommet i klekkeri ved Storelva. Yngel har blitt satt ut i vassdraget som 1- og 2-somrig ungfisk, og noen år som startforet yngel. Settefisker har blitt satt ut i både Storelva, Frølandselva og Tysseelva. Enkelte år ble en betydelig andel av fisken satt ut ovenfor laksetrappen i Frølandselva og på Langeland i Storelva. I 2008 ble det satt ut 3-4000 startforede årsyngel totalt i Storelva og Frølandselva, og dette var så vidt oss bekjent siste gang fisk fra klekkeriet ble satt ut i vassdraget. For en oversikt over kultiveringsvirksomheten i perioden 1996 til 2002 vises det til Johnsen mfl. (2003).

I perioden 1998–2003 ble det hvert år fanget omtrent 1 000 aure i Fiskevatnet (totalt 5 813 stk.), som deretter ble satt ut i elveosen av Tysseelva i mai–juni (Kålås mfl. 2008). Disse aurene var mellom 17 og 25 cm lange, og formålet med tiltaket var å øke sjøaurebestanden i vassdraget.

Opprinnelig har anadrom fisk kunnet vandre opp til Jarland i Frølandselva og et stykke opp i gjelet oppom Langeland i Storelva, men oppvandring har vært vanskelig og vannføringsavhengig i fossen nederst i Tysseelva. For å hjelpe fisken frem er det bygget flere trapper i vassdraget. I 1999 ble det etablert en trapp forbi fossen nederst i Tysseelva, med nederste trinn i sjøen. I 2002 ble det bygget trapp i Jarlandsfossen i Frølandselva. I 2005 ble det på to punkter i gjelet mellom Langeland og Totland etablert “oppvandringskulper”, ved å kombinere sprenging, opprensning og støping av betongterskler. Tersklene ble ødelagt av flom samme høst, og deretter etablert på nytt (Sægrov mfl. 2011).

For å bedre forholdene for fisk i Storelva ble det i 2005 utført en rekke tiltak for å øke vanndekt areal i perioder med liten vannføring. Dette omfattet etablering av celleterskler i stein og utgraving av små holer på de nederste ~250 meterne av elven, og etablering av en betongterskel over hele elvens bredde nederst på flaten ved Langeland. Ovenfor betongterskelen ble elveløpet utvidet ved å fjerne løsmasser, og i tillegg ble elvebunnen senket i to holer i samme område (se Sægrov mfl. 2011). I gjelet nedenfor Langeland ble det også tilført gytegrus, lagt i elven for naturlig spredning med strømmen.

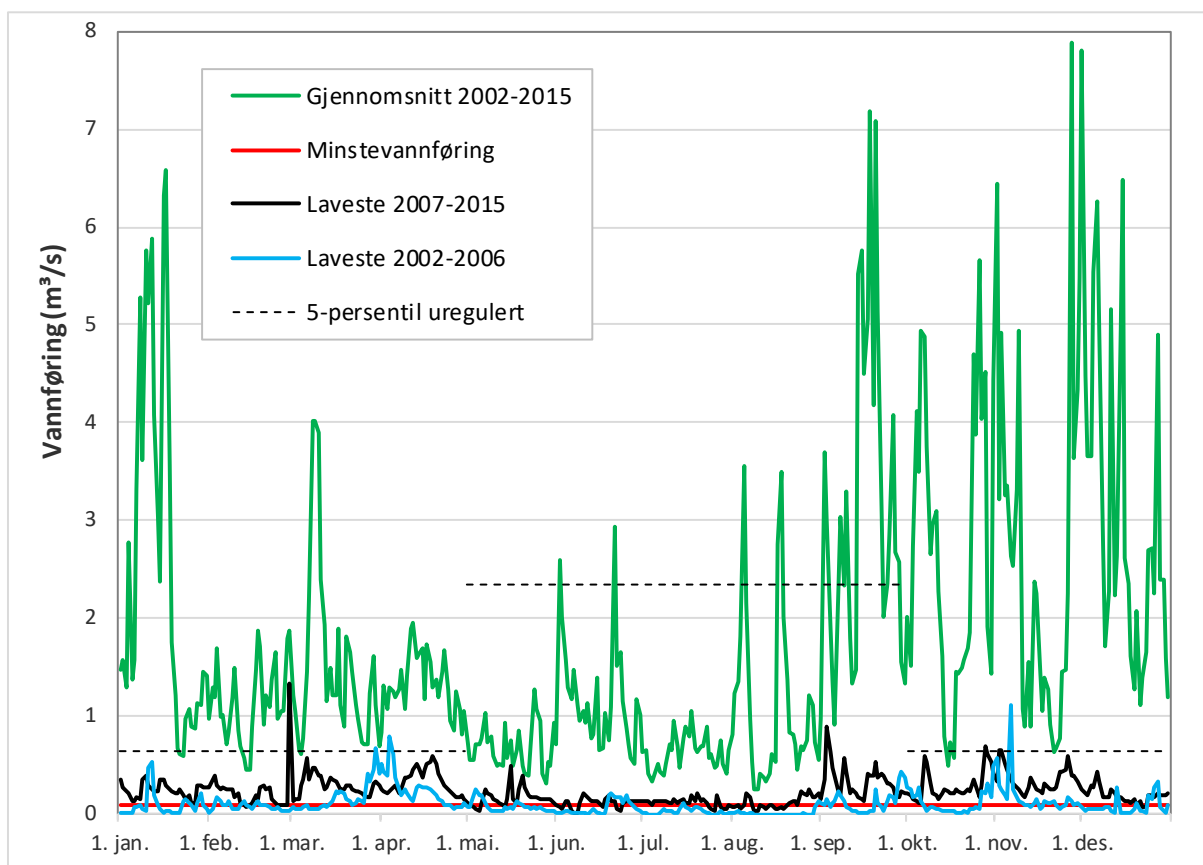
VANNFØRING OG VANNTEMPERATUR

VANNFØRING

Vannføringen i Storelva logges ved veibroen ved Langeland. Med unntak av noen hull i serien, er data tilgjengelige for perioden januar 2002 til mars 2015 (**figur 4**). Vannføringsdataene er imidlertid i varierende grad kvalitetssikret (av BKK eller NVE), og er derfor ikke helt pålitelige.

Gjennomsnittlig vannføring ved Langeland var i måleperioden 1,8 m³/s, mot en estimert middelvannføring på 15,5 m³/s i uregulert tilstand (<http://nevina.nve.no/>). Middelvannføringen er i dag betydelig lavere enn opprinnelig 5-persentil i sommerhalvåret (her mai–september), som er beregnet til 2,4 m³/s. Vannføringen kan bli svært lav i nedbørfattige perioder hele året, men de laveste vannføringene inntreffer normalt i månedene juni–august og desember–mars (**figur 4**). Hvor lave vannføringer som har forekommet er uvisst på grunn av usikre målinger.

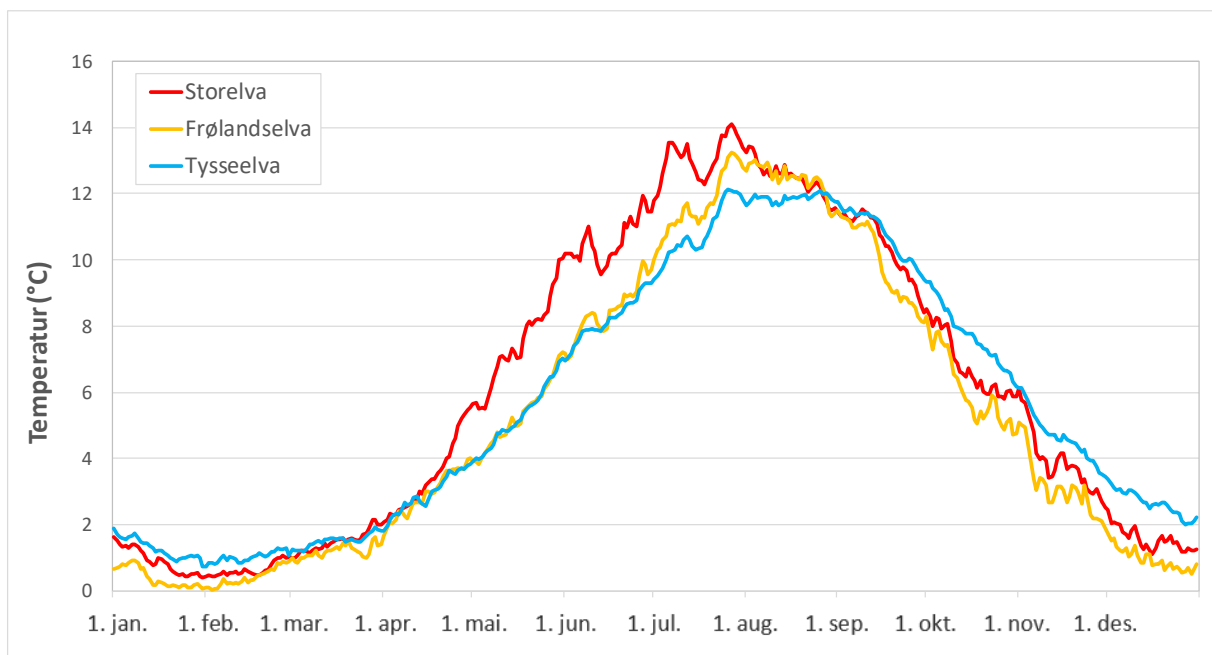
Fra og med 2007 har BKK forsøkt å opprettholde en minstevannføring på 100 l/s (0,1 m³/s) ved å slippe vann fra Fiskevatnet. I årene 2007, 2008 og 2010 var vannføringen likevel under 100 l/s ved flere anledninger hvert år, og i tillegg ved én anledning i 2011 (data mangler for 2009). Fra september 2011 til mars 2015 ble det ikke registrert vannføringer lavere enn 120 l/s.



Figur 4. Vannføring i Storelva, målt ved broen ved Langeland, for januar 2002 til mars 2015. Kurver er målte verdier, men merk at data mangler for periodene november 2005 – april 2006 og januar 2009 – august 2010. Det er også usikkerhet rundt en del målinger, som registrert vannføring på 0,00 m³/s deler av sommeren 2002 og 2006. Siden 2007 har BKK forsøkt å slippe en minstevannføring på 100 l/s (rød strek). Stiplede streker viser beregnet 5-persentil sommer og vinter i uregulert tilstand (<http://nevina.nve.no/>).

VANNTEMPERATUR

Vanntemperaturen i Storelva, Frølandsvatnet og Tysseelva er påvirket av reguleringene, mens Frølandselva er uregulert. Om vinteren (1. desember – 1. mars) er det normalt små forskjeller i temperatur mellom de tre elvene (**figur 5**). I snitt er Storelva ca. 1 °C i denne perioden, mens Frølandselva er 0,5 °C kaldere, og Tysseelva 0,5 °C varmere. I april er det i gjennomsnitt 3-4 °C i de tre elvene. Fra mai og utover sommeren er det normalt betydelig varmere i Storelva enn i både Frølandselva og Tysseelva, med temperaturer de fleste år over 16 °C, og enkelte år også over 20 °C. Dette skyldes relativt lavtliggende restfelt, uten store innsjøer som holder på kaldt vann. Om høsten og vinteren er Tysseelva normalt noe varmere enn de andre elvene, fordi vann fra magasinene på fjellet slippes gjennom rør ned i Frølandsvatnet, og dermed nedkjøles mindre enn vann som renner i åpne elveløp.

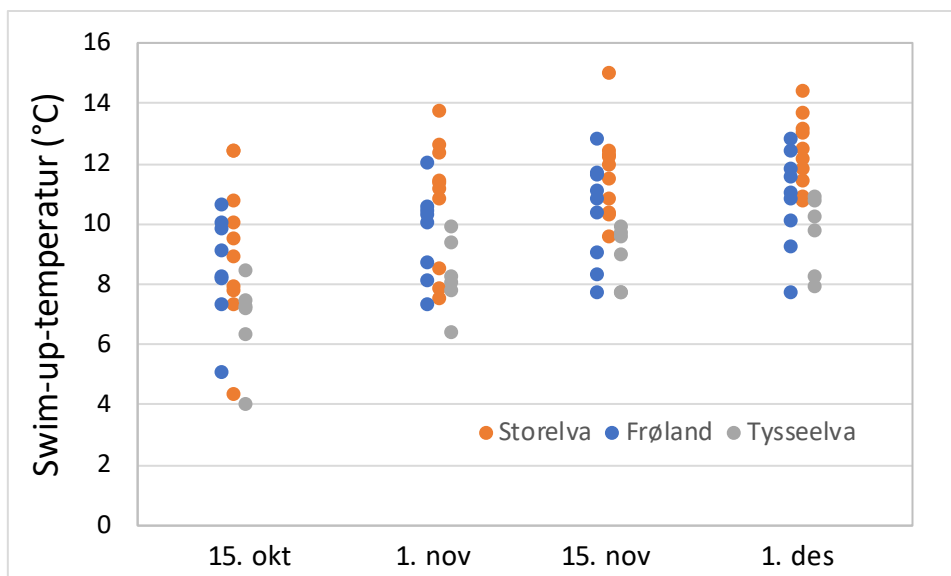


Figur 5. Gjennomsnittlig døgnntemperatur gjennom året i Storelva, Frølandselva og Tysseelva i perioden 2007-2016. Data mangler for Frølandselva i november 2015 til desember 2016, for Tysseelva i april 2010 til april 2011, samt enkelte mindre hull i dataseriene.

SWIM-UP TEMPERATUR FOR LAKS

Stadiet når yngelen kommer opp av grusen og begynner å spise («swim-up») er et av de mest ømfintlige stadiene i livet til laks. Ofte dør ca. 90 % av fisken i løpet av det første leveåret, og en betydelig del av denne dødeligheten skjer de første ukene etter at yngelen kommer opp av grusen (Symons 1979). Hvor omfattende dødeligheten blir, avhenger av forholdene i elven. Er vanntemperaturen høy, næringstilgangen rikelig og vannføringen moderat, er det betydelig høyere overlevelse enn under mindre gunstige forhold (Jensen & Johnsen 1999). Laksen er tilpasset forholdene i den enkelte elv på en slik måte at yngelen kommer opp av grusen når forholdene er gunstigst mulig for å overleve. I en undersøkelse av ti norske elver ble det funnet at laksen ikke kommer opp av grusen før vanntemperaturen har nådd 8 °C om våren (Jensen mfl. 1991).

Vassdragsregulering kan endre vanntemperatur, og dermed påvirke tidspunkt for swim-up. I Samnangervassdraget har Tysseelva fått varmere vann om vinteren som følge av reguleringen (**figur 5**), noe som kan gi kortere utviklingstid for egg og dermed tidligere klekking og swim-up. Temperatur ved swim-up er her beregnet for årene 2007 til 2016 (**figur 6**), ved hjelp av temperaturdata fra hver enkelt elv i vassdraget, og formuler presentert av Crisp (1981, 1988).



Figur 6. Beregnet temperatur ved swim-up for laksyngel i ulike deler av Samnangervassdraget. Hvert datapunkt representerer ett av årene i perioden 2007-2016, ved ulike gytetidspunkt (vist på x-aksen).

Basert på erfaringer fra gytetellingene, er det sannsynlig at laksen i vassdraget stort sett gyter i november. Beregnet temperatur ved swim-up (**figur 6**) indikerer at laksen dermed stort sett kommer opp av grusen når temperaturene er over 8 °C. Temperatur ved første fødeopptak vil dermed i svært få tilfeller vil være et problem for laksen i vassdraget, og da primært for laks som gyter tidlig i gyteperioden. Det er også grunn til å tro at laksen har tilpasset gytetidspunktet til rådende temperaturforhold, ettersom vassdraget har vært regulert i over hundre år.

VANNKVALITET OG BUNNDYR

VANNKJEMISKE DATA

STORELVA

For Storelva foreligger det stort sett månedlige målinger av surhet (pH), syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og innhold av labilt aluminium (LAl), kalsium og fosfor siden 2006. I tillegg finnes det sporadiske målinger fra perioden 1990 til 2005.

Siden 1990 er det bare ved noen få tilfeller (sist i april 2012) målt pH lavere enn 6 i Storelva (**figur 7**), og de aller fleste målinger er høyere enn foreslått klassegrense for “god” tilstand i henhold til vannforskriften (Sandlund mfl. 2013). Nevnte klassegrense (pH 5,6) gjelder imidlertid for laksepar; for laksesmolt er nedre grense for “god” tilstand pH 6,2. I perioden for smoltutvandring (her grovt regnet som månedene april og mai) er det kun ved to anledninger registrert pH lavere enn denne klassegrensen i Storelva (**figur 8**). Gjennomsnittlig pH for alle målinger siden 1990 har vært 6,5, og det har ikke vært noen tydelig utvikling i positiv eller negativ retning i perioden.

Innhold av LAl har generelt vært lavt i Storelva, med en snittverdi på 5,2 µg/l i perioden 1994 til 2016 (**figur 9**). Ved de fleste målinger er verdiene under klassegrensen for “god” tilstand (10 µg/l) i henhold til vannforskriften (Veileder 02:2013), og kun i april og mai 2007 ble det registrert verdier høyere enn 20 µg/l. Surheten ble imidlertid målt til henholdsvis pH 6,1 og 6,6 ved disse to tidspunktene, og det mistenkes derfor at de to høyeste verdiene for innhold av labilt aluminium skyldes feil ved analysene.

Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) har vært variabel i Storelva (**figur 11**), med enkeltmålinger både langt under og langt over vannforskriftens klassegrense for “god” tilstand (35 µekv/l; merk at klassegrensen avhenger av kalsiuminnhold, og derfor varierer mellom de ulike vassdragsdelene). Gjennomsnittlig ANC for alle målinger (november 2005–desember 2016) har vært 51,6 µekv/l, og dermed godt over nevnte klassegrense. Kalsiuminnholdet i Storelva har i samme periode stort sett ligget mellom 0,5 og 2,0 mg/l (**figur 12**), med et snitt på 1,3 mg/l, og dermed betydelig høyere enn i de øvrige vassdragsdelene (se under).

Innholdet av fosfor har i Storelva med få unntak ligget på riktig side av klassegrensen for “god” tilstand (10 µg/l; **figur 13**), hvilket indikerer liten grad av eutrofiering/overgjødning. Målinger av nitrogen-innhold er kun utført i 1990 og 2002 (Kambestad & Johnsen 1990, Johnsen mfl. 2003), og samtlige verdier var da lave nok til å tilsvare tilstandsklasse “god” eller bedre (jf. Veileder 02:2013).

FRØLANDSELVA

For Frølandselva foreligger det månedlige målinger av surhet (pH) og kalsiuminnhold for de fleste år fra 1999 til og med desember 2016. For ANC og innhold av fosfor og nitrogen finnes kun sporadiske målinger, og ingen etter 1998. Målinger av LAl foreligger for 1994–1998 og for september 2014 til desember 2016. Prøvene er i all hovedsak samlet inn mellom Frølandsvatnet og laksetrappen.

Siden 1990 har gjennomsnittlig surhet for alle målinger i Frølandselva vært pH 6,1. Det har vært en positiv trend i perioden (**figur 7**), og gjennomsnittlig pH for periodene 1990–2007 og 2008–2016 var henholdsvis 6,0 og 6,2. Siden 2008 har de fleste pH-målinger ligget i intervallet 6,0 til 6,5, men fortsatt forekommer sjøsaltepisoder med betydelig surere vann. Vinteren 2015 ble det for eksempel målt surhet helt ned i pH 5,0 (**figur 7**), hvilket tilsvarer “dårlig” tilstand jf. vannforskriften (Sandlund mfl. 2013). Også i smoltutvandringsperioden har det de senere årene vært mindre forsuring enn tidligere (**figur 8**), men både i 2010, 2015 og 2016 hadde enkeltmålinger en surhet tilsvarende “dårlig” tilstand med hensyn til laksesmolt.

Innhold av LAI har i Frølandselva kun blitt målt i periodene 1994–1998 og september 2014 til desember 2016. I 1994–1996 ble det ved en rekke anledninger registrert konsentrasjoner på 17 til 36 µg LAI per liter (**figur 9** og **10**), hvilket var en betydelig overskridelse av klassegrensen for “god” tilstand (10 µg/l). I 2014–2016 har de fleste målinger vist konsentrasjoner på 0 til 20 µg LAI per liter, men 12. januar 2015 ble det registrert en verdi på 92 µg/l; den klart høyeste som er registrert i anadrom del av Samnangervassdraget. Denne målingen sammenfalt med en registrert pH-verdi på 5,0, og en sterk sjøsaltepisode ble samtidig registrert i Storelva. Gjennomsnittlig konsentrasjon av LAI i Frølandselva var 18 µg/l i perioden 1994–1998, og 11 µg/l i 2014–2016.

ANC er kun registrert i årene 1994–1998, og var da på feil side av klassegrensen for “god” tilstand (25 µekv/l) ved samtlige målinger (**figur 11**; snitt 9 µekv/l). Kalsiuminnholdet lå fra 1994 til 2010 stort sett mellom 0,5 og 1,0 mg/l, med noe større variasjon de siste seks årene (**figur 12**). Gjennomsnittlig konsentrasjon for hele perioden har vært 0,7 mg kalsium per liter.

Innholdet av fosfor og nitrogen har i Frølandselva kun blitt målt i 1990, og konsentrasjonen av begge næringsstoffene var da lav nok til å tilsvare “svært god” tilstand (jf. Veileder 02:2013).

FISKEVATNET

Nedbørfeltet til Fiskevatnet drenerte opprinnelig til Storelva, men overføres i dag til Frøland kraftverk med avløp i Frølandsvatnet. Vannkvaliteten i dette vannet påvirker dermed Frølandsvatnet og Tysseelva, og har siden 1995 blitt registrert ved målinger enten i Fiskevatnet eller i selve kraftverksavløpet. Måleperioden varierer en del mellom ulike parametere.

Vannet fra Fiskevatnet (målt ved kraftstasjonen) har jevnt over vært surere enn i både Storelva og Frølandselva, med en gjennomsnittlig pH på 5,9 siden 1995 (**figur 7**). Det har imidlertid også her vært en positiv trend i perioden, og gjennomsnittlig pH for perioden 2008–2016 var 6,0, mot 5,8 i perioden 1995–2007. Også i smoltutvandringsperioden har det vært en positiv trend med hensyn til surhet, men fire av de syv siste årene hadde enkeltmålinger en surhet tilsvarende “dårlig” tilstand med hensyn til laksesmolt (**figur 8**).

Innholdet av LAI har i Fiskevatnet generelt vært lavt (overvåket siden 2008), med relativt få målinger over klassegrensen for “god” tilstand (**figur 9**). Gjennomsnittet for perioden 2008 til 2016 var 4,3 µg LAI per liter, som er på nivå med snittet for Storelva i samme periode (4,5 µg/l). I gjennomsnitt ligger innholdet av LAI i utløpet av kraftstasjonen noe høyere enn i Fiskevatnet (7,1 µg/l i 2014–2016), men det er relativt stor måleunøyaktighet ved så lave nivåer av LAI. ANC er betydelig lavere i Fiskevatnet enn i Storelva, med et snitt på kun 8 µekv/l i Fiskevatnet i perioden 2008–2016.

Vannet fra Fiskevatn er generelt noe fattigere på kalsium enn i Frølandselva, med et snitt på 0,6 mg/l for alle målinger siden 1995 (målt ved kraftstasjonen; **figur 10**). Fosforinnholdet har med ett unntak vært på riktig side av klassegrensen for “god” tilstand (**figur 11**).

TYSSEELVA

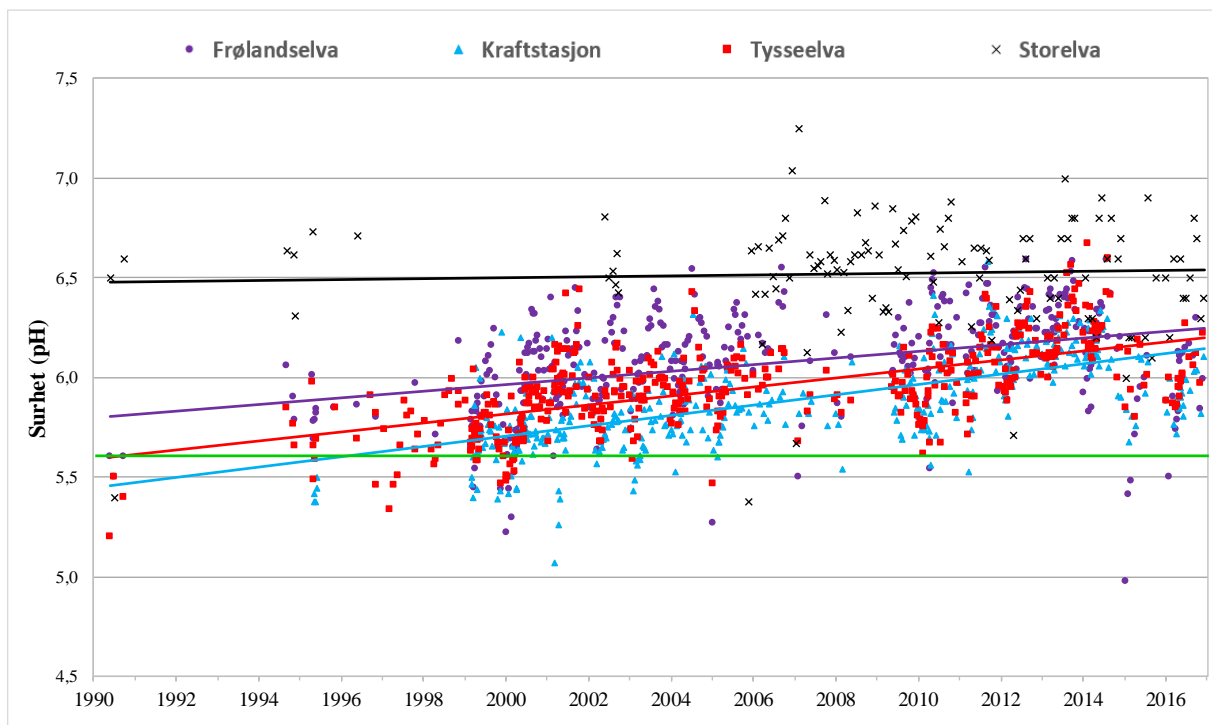
Vannkvaliteten i Tysseelva bestemmes i all hovedsak av vannkjemi i Storelva, Fiskevatnet og Frølandselva. Det finnes målinger av surhet, ANC og innhold av LAI, kalsium, fosfor og nitrogen i Tysseelva tilbake til 1990, men måleperiode og antall målinger varierer mye mellom ulike parametere.

Surheten i Tysseelva har generelt ligget mellom nivået i Frølandselva og Fiskevatnet, med et snitt på pH 6,0 for alle målinger i perioden 1990 til i dag (**figur 7**). Som i Frølandselva og Fiskevatnet har det vært en positiv trend i perioden, og pH lavere enn 5,5 har ikke blitt registrert siden 2005. Verdier over klassegrensen for “god” tilstand med hensyn til laksesmolt (pH 6,2) har blitt registrert fire av syv år siden 2010 (i april-mai), men det er relativt stor variasjon i surhet innenfor korte tidsrom. Både i 2010, 2011, 2015 og 2016 var laveste registrerte pH 5,7–5,8 i smoltutvandringsperioden (**figur 8**), og dermed betydelig under nevnte klassegrense.

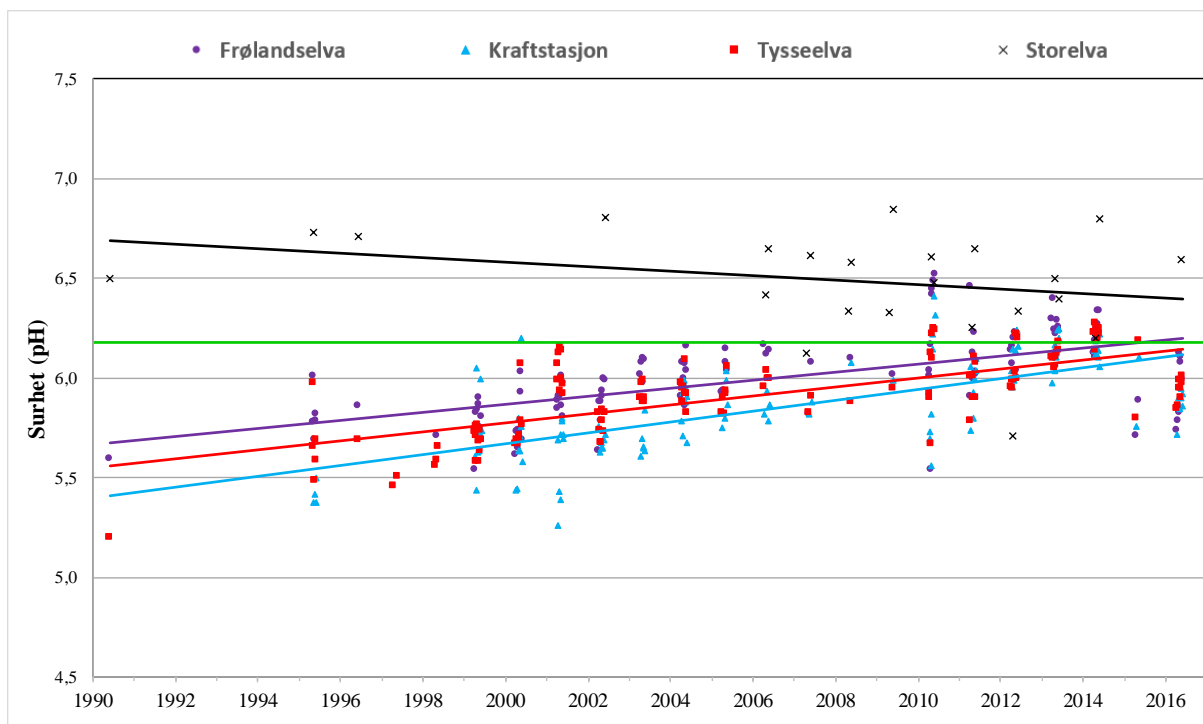
Innhold av LAI har i Tysseelva kun blitt målt i periodene 1994–2002 og i september 2014 til desember 2016. Konsentrasjonen var tidvis relativt høy i 1995–1997, men fra mai 1997 og ut 2002 var samtlige målinger under klassegrensen for “god” tilstand (**figur 9**). I 2014 til 2016 var det generelt lave verdier, men ved tre målinger i smoltutvandringsperioden var aluminiumskonsentrasjonen litt over nevnte klassegrense (**figur 9 og 10**). Gjennomsnittlig konsentrasjon av LAI var 5,6 µg/l i perioden 1994–2002, og 6,3 µg/l i 2014–2016.

ANC er kun registrert i årene 1995–2002, og var da på feil side av klassegrensen for “god” tilstand (25 µekv/l) ved de fleste målinger (**figur 11**; snitt 9 µekv/l). Kalsiuminnholdet har fra 1994 til 2016 stort sett ligget på samme nivå som i Fiskevatnet (**figur 12**), med et snitt på 0,6 mg/l.

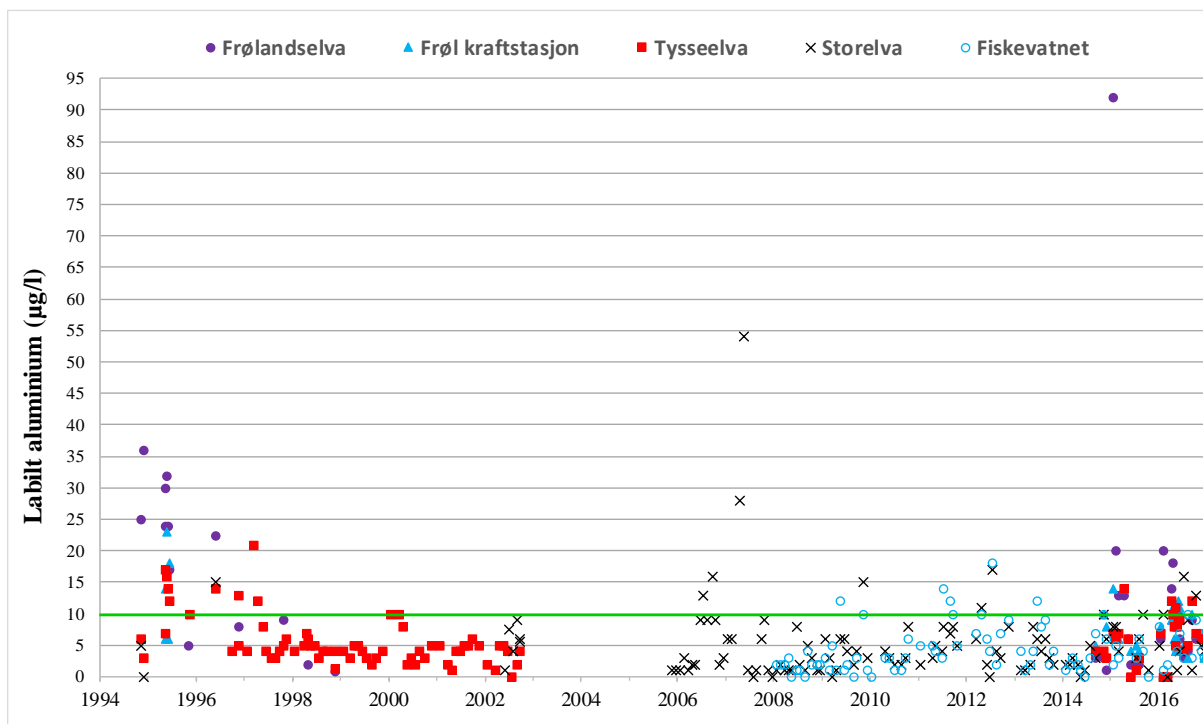
Innholdet av fosfor og nitrogen har i Tysseelva kun blitt målt i 1990, og konsentrasjonen av begge disse næringsstoffene tilsvarte da “svært god” tilstand i henhold til vannforskriften (Veileder 02:2013).



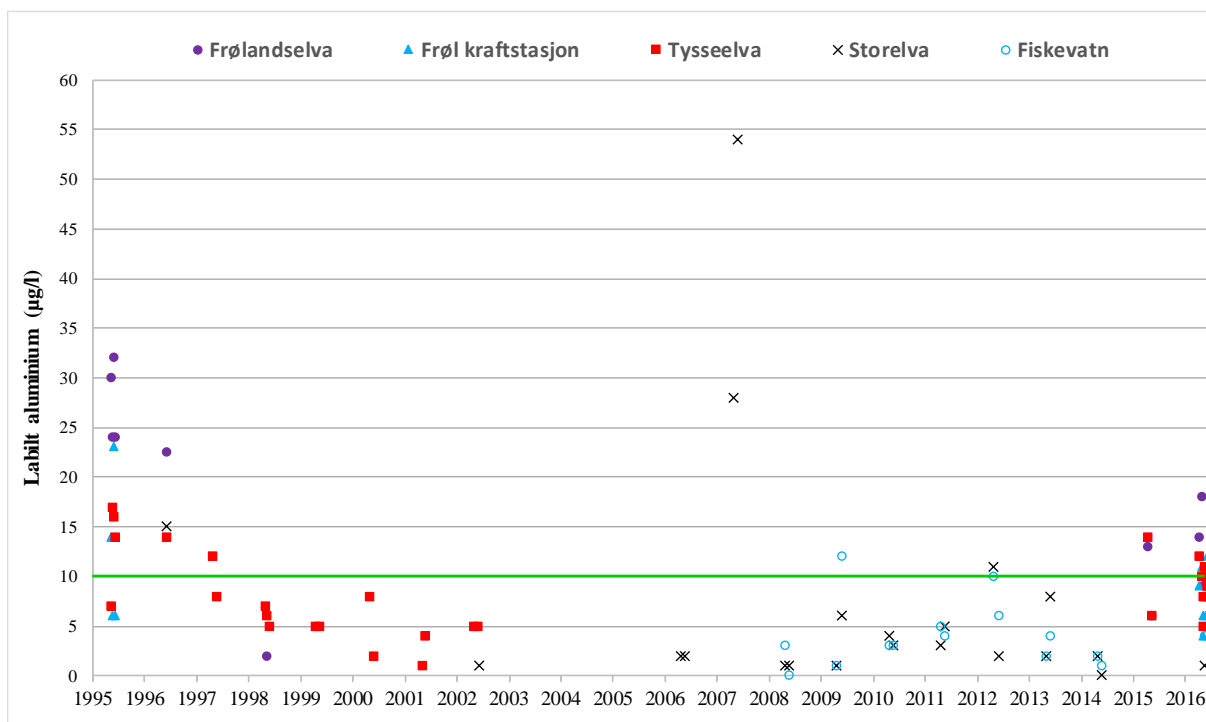
Figur 7. Surhet (pH) i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1990 til desember 2016. Linjer antyder utviklingen for hver elvedel; lilla = Frølandselva, blå = avløpet fra Frøland kraftverk, rød = Tysseelva og svart = Storelva. Grønn linje viser nedre grense for “god” tilstand med hensyn til lakseparr, jf. vannforskriften (Sandlund mfl. 2013).



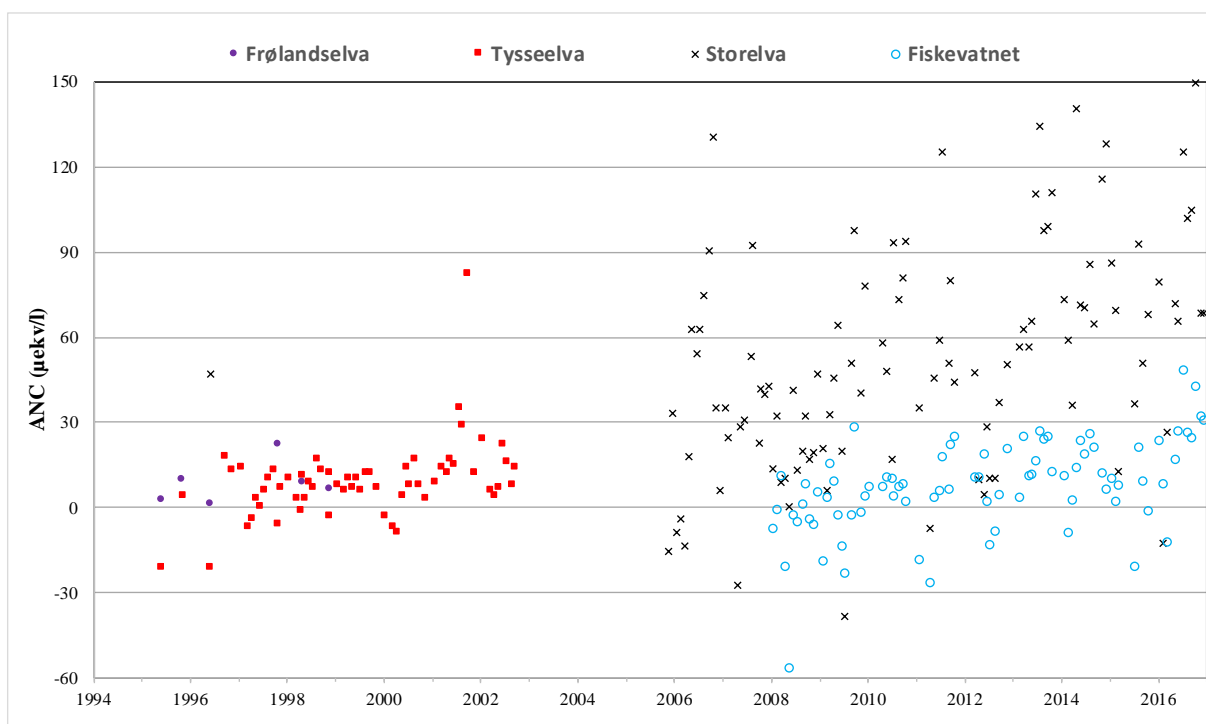
Figur 8. Surhet (pH) i smoltutvandringsperioden (april–mai) i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1990 til 2016. Linjer antyder utviklingen for hver elvedel; lilla = Frølandselva, blå = avløpet fra Frøland kraftverk, rød = Tysseelva og svart = Storelva. Grønn linje viser nedre grense for “god” tilstand med hensyn til laksesmolt, jf. vannforskriften (Sandlund mfl. 2013).



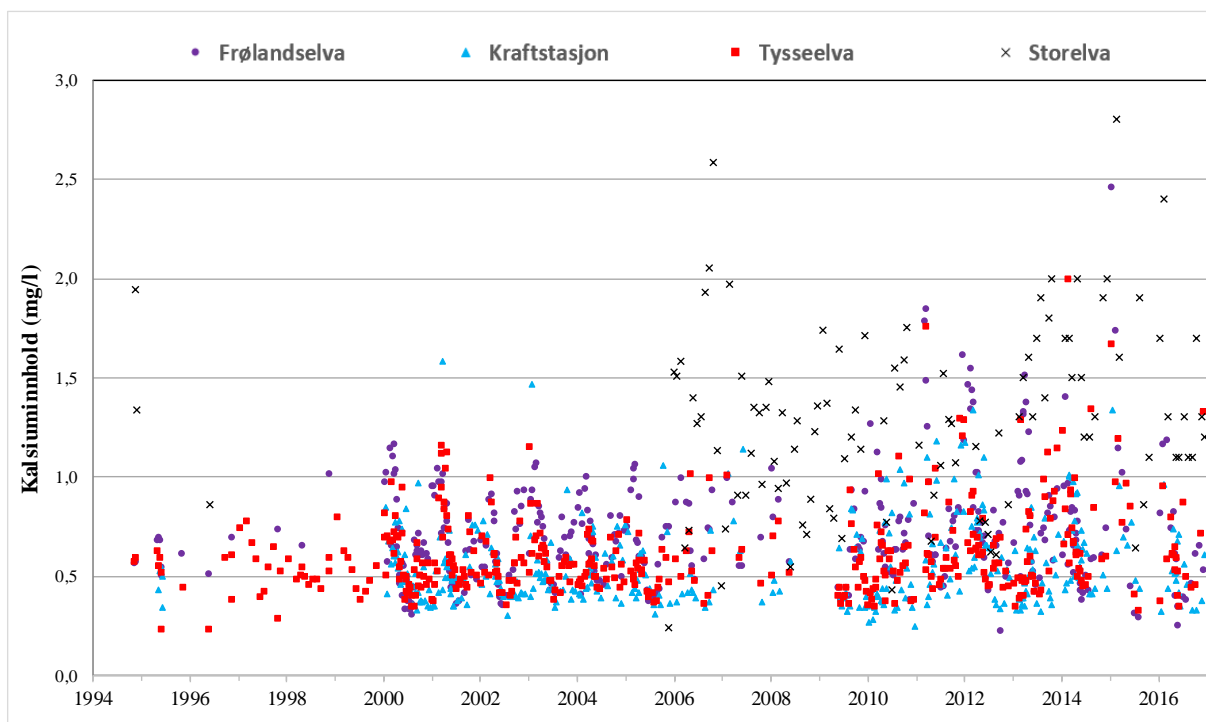
Figur 9. Konsentrasjon av labilt aluminium (LAI) i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1994 til desember 2016. Grønn linje viser øvre grense for “god” tilstand i anadrome elver, jf. vannforskriften (Veileder 02:2013). Det mistenkes at de to høyeste verdiene fra Storelva er resultater av feil ved analysene.



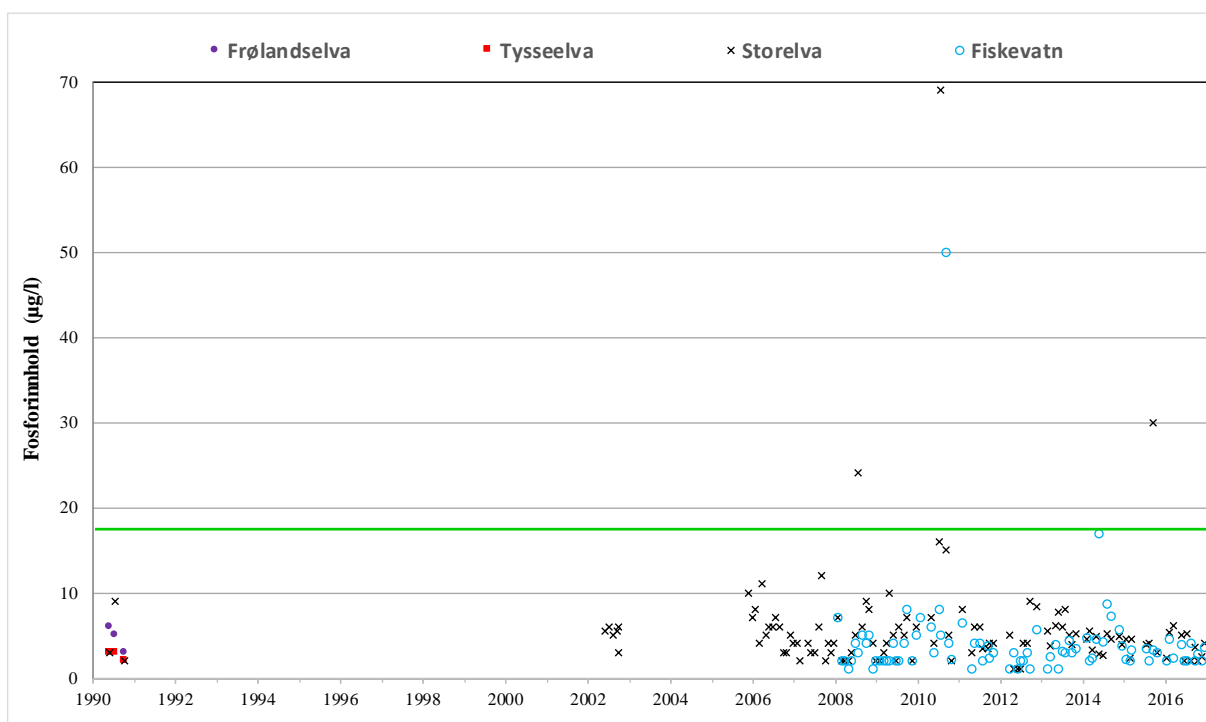
Figur 10. Konsentrasjon av labilt aluminium (LAI) i smoltutvandringsperioden (april–mai) i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1995 til 2016. Grønn linje viser øvre grense for “god” tilstand i anadrome elver, jf. vannforskriften (Veileder 02:2013).



Figur 11. Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1994 til desember 2016. Klassegrense for “god” tilstand (ikke vist) avhenger av kalsiuminnhold (jf. Veileder 02:2013), og er derfor forskjellig for ulike vassdragsdeler (se teksten for detaljer).



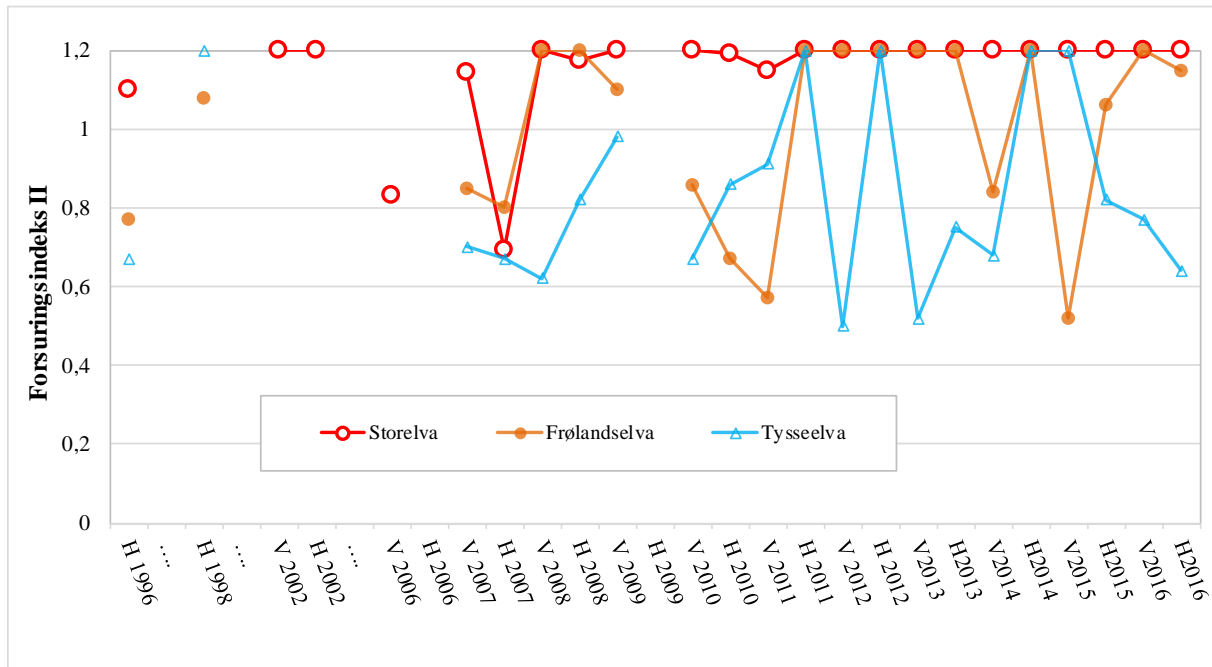
Figur 12. Konsentrasjon av kalsium i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1994 til desember 2016. To enkeltmålinger høyere enn 3 mg Ca/l er utelatt for å synliggjøre forskjeller.



Figur 13. Konsentrasjon av fosfor i ulike deler av Samnangervassdraget fra 1990 til desember 2016. Grønn linje viser øvre grense for “god” tilstand for de aktuelle elvene, jf. vannforskriften (Veileder 02:2013).

BUNNDYR-INDEKSER

Bunndyrprøver har blitt samlet inn i Storelva, Frølandselva og Tysseelva vår og høst siden 2007 (med unntak av høsten 2009), samt ved enkelte tilfeller tilbake til 1996. Prøvene har blitt samlet inn ved den semi-kvantitative “sparkemetoden” (Frost mfl. 1971), på et fast stasjonsnett med to stasjoner i Storelva, én i Frølandselva og én i Tysseelva.



Figur 14. Forsuringsindeks II i Storelva, Frølandselva og Tysseelva fra høsten 1996 til høsten 2016. Fra og med våren 2007 er det, med unntak av høsten 2009, samlet inn prøver vår (V) og høst (H) på alle lokalitetene hvert år. Merk at indeksverdier >1,2 er satt til 1,2 for å synliggjøre forskjeller.

Det har ikke vært noen markert utvikling i forsuringsindekser basert på bunndyrprøver i perioden 1996 til 2016 (**figur 14**). Siden 2008 har Storelva stort sett hatt forsuringsindeks II over 1, og dermed “svært god” tilstand med hensyn til forsuring (jf. vannforskriftens Veileder 02:2013). Både Frølandselva og Tysseelva har ved flere enkeltmålinger både vår og høst hatt forsuringsindeks II mellom 0,5 og 0,8, hvilket indikerer moderat forsuringsskade. Gjennomsnittet av indeks II for de siste fire årene (åtte prøver per elv) er henholdsvis 1,7 og 0,9 for Frølandselva og Tysseelva, og tilstandsklasse for disse elvene per i dag er “god” (se Veileder 02:2013 for klassifiseringsprosedyre).

For perioden 1996–2016 er bunndyrprøvene også analysert med hensyn på eutrofiering (Sægvov mfl. 2011, 2013; Hellen mfl. 2014a, 2014b, 2015; Kambestad mfl. 2016a, Sikveland mfl. under utarbeiding). Prøvene har generelt indikert lav organisk belastning i både Storelva, Frølandselva og Tysseelva, noe som gjenspeiles i eutrofi-indeks (ASPT-indeks) over klassegrensen for “god” tilstand (jf. Veileder 02:2013). En del enkeltprøver har hatt “moderat” tilstand i hver enkelt elv, men aldri dårligere tilstand enn dette. Resultatene tyder på generelt lite tilsig fra jordbruk og bebyggelse, hvilket er som ventet med tanke på at nedbørfeltet til både Storelva og Frølandselva er preget av skog og snauffjell, med liten andel dyrket mark. Heller ikke vannkjemiske analyser tyder på betydelig eutrofiering (se over).

FISKEBESTANDENE

GYTEBESTAND

Rådgivende Biologer AS utførte gytefisktellinger i Samnangervassdraget i 2002, og deretter årlig fra 2007 til i dag. Vi kjenner ikke til at det er utført gytefisktellinger i vassdraget før dette. Tellingene er utført etter standard metode (Sættem 1995; Hellen mfl. 2004), på lav vannføring nærmest mulig antatt gytetid for laks og sjøaure (oktober–november).

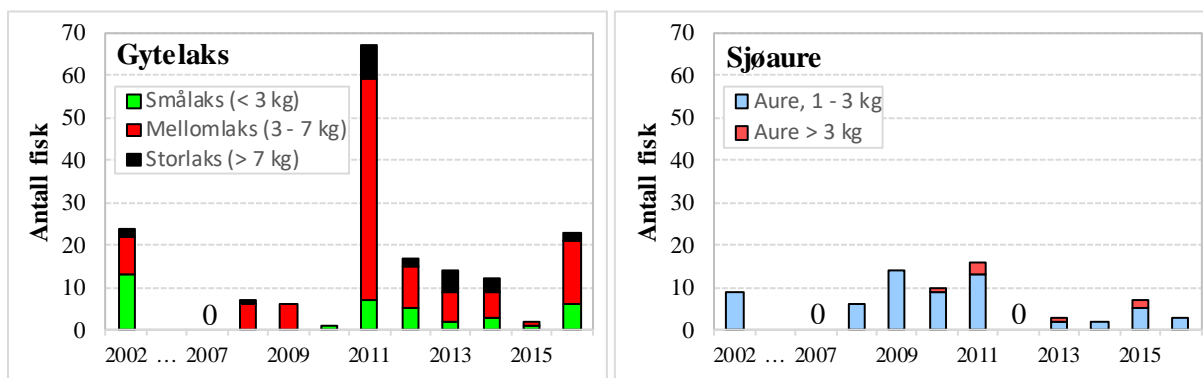
LAKS

Det har generelt blitt observert svært lite laks i vassdraget ved gytefisktelling om høsten. Det ble talt så mye som 67 laks i 2011, men etter dette har antallet igjen vært lavt, med et lite oppsving i 2016 (**figur 15**). Gytebestanden har vært langt unna målet på 247 kg hunnlaks alle år bortsett fra 2011, da beregnet gytebestand var på 210 kg hunnlaks.

Det har blitt observert gytelaks i både Storelva, Frølandselva og Tysseelva, men ikke i hver elv hvert år. I 2011 ble 51 av laksene observert i Frølandselva, mens det kun ble talt 5 i Storelva og 11 i Tysseelva (Sægrov mfl. 2013). I Tysseelva har antall gytefisk sannsynligvis blitt noe underestimert på grunn av dårlig sikt de fleste år, men reelt antall har uansett utvilsomt vært lavt alle år. I Frølandselva har det aldri blitt observert gytelaks oppom laksetrappen. I Storelva er det fastslått at laksen klarer å vandre helt opp til Langeland (Johnsen mfl. 2003), men årlige tellinger av gytefisk og ungfisk i dette området indikerer at dette likevel forekommer svært sjelden. Ungfiskundersøkelsene har vist at laks ikke har hatt gytesuksess i øvre halvdel av Storelva siden 2011 (Hellen mfl. 2013).

SJØAURE

Det er generelt registrert svært få sjøaure i vassdraget ved gytefisktelling. Det er sannsynlig at en stor andel av sjøauren oppholder seg i Frølandsvatnet fram mot gyting; en del går trolig opp og gyter i nedre del av Frølandselva og Storelva i forbindelse med vannføringsøkning, og trekker relativt raskt ned i innsjøen igjen når gytingen er over. Andelen sjøaure i gytebestanden er derfor svært usikker. Det har så langt ikke blitt observert sjøaure ovenfor laksetrappen i Frølandselva.



Figur 15. Antall gytelaks (venstre) og sjøaure (høyre) observert under gytefisketellinger i Samnangervassdraget i 2002 og årlig i perioden 2007 til 2016. I 2002 ble det ikke talt i Storelva. Merk at sjøaure under 1 kg ikke er inkludert.

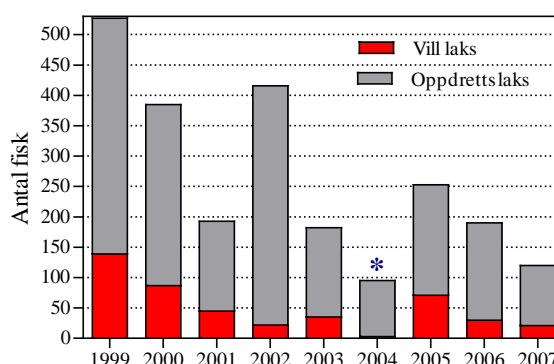
FANGST I ELVEOSEN

Det har vist seg at rømt oppdrettslaks er mer fangbar enn villaks i områder med temporære vandringshindre som fosser og laksetrapper. På slike områder skjer det dermed en effektiv utfisking av rømt oppdrettslaks, for eksempel i Suldalslågen (Urdal 2012). Utløpet av Tysseelva er en slik plass der det er blitt fanget mye rømt oppdrettslaks, og det er derfor usikkert hvor stor andel rømt laks det faktisk har vært i gytebestanden i selve vassdraget. Observasjoner fra drivtellingene de siste årene indikerer at innslaget av oppdrettslaks i gytebestanden har vært relativt lavt.

Fra 1999 til 2007 ble det analysert skjellprøver fra en del laks fanget i sportsfisket i Tysseelva, og innslaget av rømt oppdrettslaks varierte disse årene mellom ca. 67 og 96 % (Urdal 2008). Basert på fangststatistikk og andel oppdrettslaks blant skjellprøvene, er det beregnet hvor mange villaks og rømt oppdrettslaks som ble fanget årlig i perioden 1999 til 2007, med unntak av i 2004 da kun oppdrettslaks og skadd villaks ble avlivet. Disse beregningene tilsier at det ble fanget flest villaks i 1999, 2000 og 2005, med henholdsvis 139, 87 og 71 individer (**figur 16**). De andre årene ble det fanget færre enn 50 villaks hvert år.

Tysseelva har vært stengt for ordinært sportsfiske siden 2008, men siden 2010 har det vært åpnet for fiske etter rømt oppdrettslaks i utløpsosen av Tysseelva. I perioden 2010 til 2016 varierte uttaket fra rundt 50 til nær 500 oppdrettslaks per år. Villaks og sjøaure har blitt satt levende tilbake (med unntak av feilbestemmelser), og det har blitt registrert inntil 34 villaks og 23 sjøaure per år i dette fisket (Hellen mfl. 2015, Kambestad mfl. 2016a, Sikveland mfl. under utarbeiding). Det foreligger ikke pålitelig statistikk for fangst av villfisk for hvert enkelt år etter 2010.

Figur 16. Beregnet total fangst av villaks og rømt oppdrettslaks i Tysseelva årlig i perioden 1999 til 2007. Fra og med 2008 har det ikke vært åpnet for fiske etter villaks eller sjøaure i vassdraget (se teksten for fangst av oppdrettsfisk i senere år). * I 2004 ble bare oppdrettslaks og skadd villaks avlivet (data fra Urdal 2008 og Hellen mfl. 2015).



TETTHET AV UNGFISK

Rådgivende Biologer AS har utført årlige ungfisktellinger på et fast stasjonsnett i Samnangervassdraget siden 2006 (se Kambestad mfl. 2016a for kart med stasjonsnett). Dette inkluderer fire stasjoner i Storelva (fem fra og med 2012), fire i Frølandselva og to (enkelte år tre) i Tysseelva. I tillegg foreligger resultater fra en rekke tidligere ungfisktellinger i vassdraget (Vasshaug & Grøndahl 1990; Kålås mfl. 1996a, 1999, 2000, 2006; Johnsen mfl. 2003). Undersøkelsene er generelt utført etter standard metode med tre gangers overfiske (Bohlin mfl. 1989), med unntak av undersøkelsen i 1989 (Vasshaug & Grøndahl 1990, referert av Kålås mfl. 1996b).

LAKS

I perioden 1989 til 2005 ble det generelt registrert lave tettheter av laksunger i Tysseelva og moderate til lave tettheter i Frølandselva. Tettheten var ved alle undersøkelser klart høyere nederst i Frølandselva enn i Tysseelva, men med unntak av i 1998 (se Kålås mfl. 2000) var andelen utsatt laks (fra klekkeri) i fangsten høy. I Storelva ble det i 2002 kun fanget aure, og i 2005 to laksunger nederst i elven.

I perioden med årlige undersøkelser i samtlige elvedeler (2006–2016) har det generelt vært lav tetthet av laks i vassdraget som helhet, men enkelte år peker seg ut med betydelig høyere tetthet i enkelte elvedeler (**figur 17**). Det er med andre ord slik at god rekruttering i en av elvene ett år ofte forekommer uten tilsvarende tilslag i de andre elvene i vassdraget. Det ble ikke registrert årsyngel av laks i noen av elvene i Samnangervassdraget i 2011, og denne årsklassen ble heller ikke registrert som ettåringer i 2012 eller som toåringer i 2013 (**figur 17**). Det ble heller ikke registrert årsyngel laks i 2016. Dette samsvarer med at det kun ble observert én gytelaks ved gytefisktelling høsten 2010, og to gytelaks høsten 2015 (**figur 15**), og det virker sannsynlig at laks ikke hadde gytesuksess disse årene.

I **Tysseelva** har tettheten av laksunger stort sett vært meget lav, både ved de årvisse undersøkelsene siden 2006 (**figur 17**) og i tidligere undersøkelser. Unntakene er 2009 og 2013, da det var moderate tettheter. I 2015 og 2016 var det moderat tetthet av enkelte årsklasser, men lav tetthet av laks totalt sett. Det er mulig at de lave tetthetsestimaterne delvis skyldes at elven er dyp, slik at de undersøkte stasjonene er lite representative for det totale elvearealet, men tettheten av laks er uansett betydelig lavere enn i sammenlignbare elver. Siden 2009 har det blitt registrert årsyngel av laks her hvert år bortsett fra i 2011 og 2016, og arten har dermed tilnærmet årviss rekruttering i Tysseelva.

I **Frølandselva** ble det tidligere satt ut en del laks fra klekkeri i øvre del av elven, men det er aldri registrert laksegyting ovenfor laksetrappen i Jarlandsfossen. Tetthetsberegninger i **figur 17** inkluderer derfor kun data fra de to stasjonene nedenfor trappen. På disse stasjonene har det vært en positiv utvikling i undersøkelsesperioden. Tettheten av laksunger var generelt lav til moderat frem til og med 2012, og i årene frem til og med 2010 stammet en vesentlig del av ungfisken her fra utsettinger. I 2013 var det rekordhøy tetthet av laksunger i Frølandselva (kun vill fisk), og elven ser de siste få årene ut til å ha produsert flere relativt tallrike årsklasser på rad. Naturlig rekruttert årsyngel ble registrert hvert år i perioden 2012–2015, men også en del tidligere år. Generelt ser det ut til å være høyest tetthet av laksunger nederst mot Frølandsvatnet, og lavere på stasjonen lenger oppe.

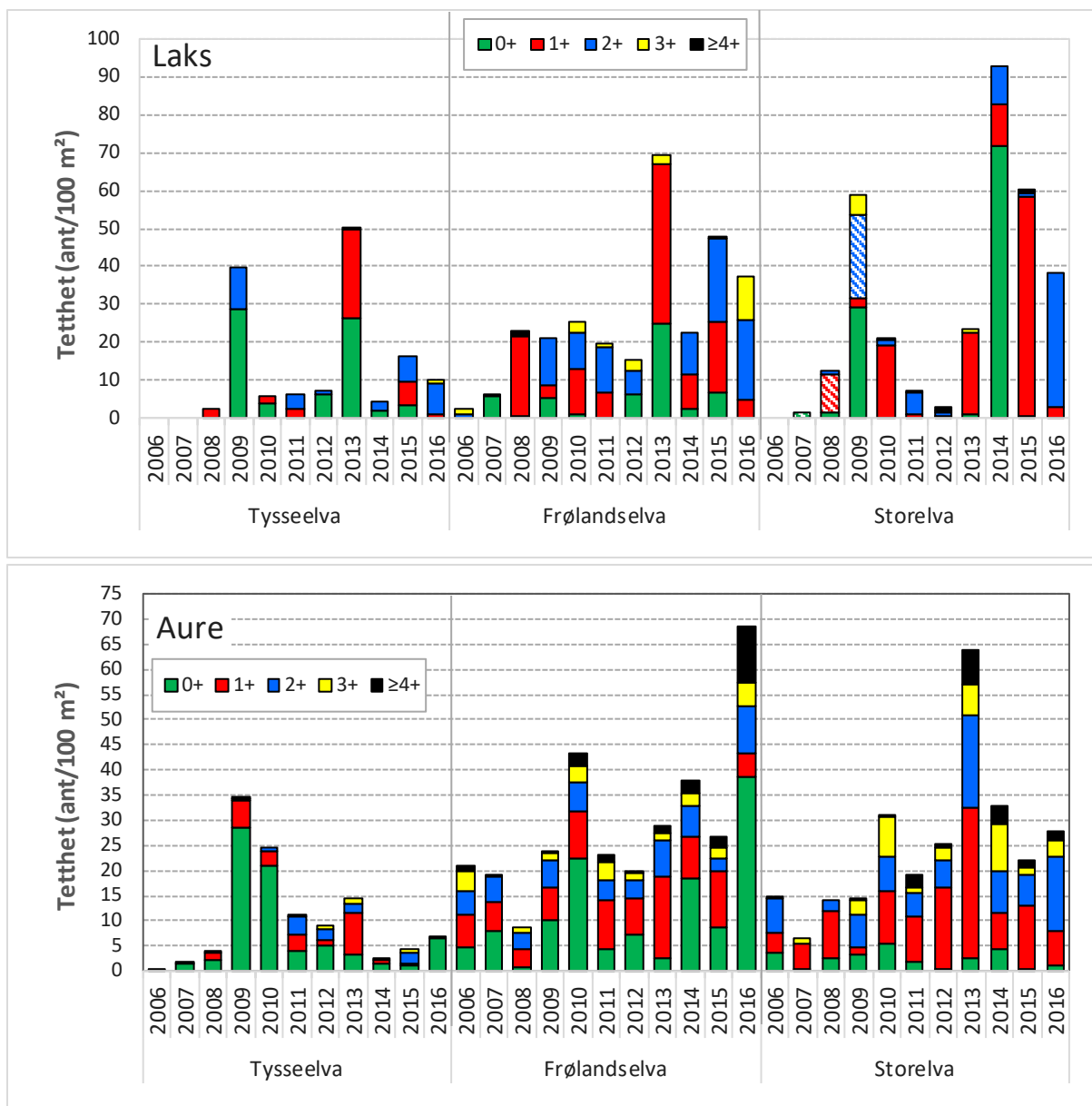
I **Storelva** kan laks vandre opp og forbi flaten ved Langeland, men på to stasjoner ved Langeland er det kun registrert laks fra 2012-årsklassen, bortsett fra fisk som ble satt ut i dette området i 2007. Tetthetsberegninger i **figur 17** inkluderer derfor kun data fra de to stasjonene som ligger 100 og 400 m ovenfor Frølandsvatnet. De tre siste årene er det imidlertid registrert moderate tettheter av laksunger også på en ekstra stasjon 1 km opp i elven, noe som viser at laksen gyter et godt stykke opp i Storelva.

Det ble registrert noen få laksunger nederst i Storelva i 2005, 2007 og 2008, men de fleste av disse var utsatt klekkerifisk. Siden 2008 er det registrert naturlig rekruttering alle år bortsett fra i 2011 og 2016, men tettheten var lav til moderat og variabel frem til og med 2013 (**figur 18**). I 2014 var tettheten av årsyngel laks i Storelva den høyeste som er registrert noe sted i vassdraget, og det var også høy tetthet av denne årsklassen som ettåringer (1+) og toåringer (2+) de to påfølgende årene. Årsklassen klekket i 2015 er imidlertid svært fåtallig, og 2016-årsklassen er sannsynligvis helt fraværende, noe som viser at rekrutteringen fortsatt er ustabil i denne elven.

AURE

Tettheten av aureunger i Samnangervassdraget har vært jevnere enn for laks, sannsynligvis fordi en stor andel av aurebestanden er stasjonær fisk (aure som ikke går ut i sjøen). Aure fra Frølandsvatnet går dermed opp i Storelva og Frølandselva og ned i øvre del av Tysseelva for å gyte hvert år. Gytefisktellingsene tyder på at andelen sjøaure i gytebestanden generelt er lav, men dette er noe usikkert (se over).

I Tysseelva har tettheten av aure generelt vært lav, men med betydelig variasjon mellom år (**figur 17**). I Storelva og Frølandselva er det generelt moderate tettheter av aure, både i områder med og i områder uten laks, og det har vært en svak tendens til økende tetthet av aure i begge elvene i løpet av undersøkelsesperioden.



Figur 17. Gjennomsnittlig estimert tetthet (antall fisk/100 m²) av de ulike aldersgruppene av laks (oppe) og aure (nede) ved ungfisktellinger i Tysseelva, Frølandselva og Storelva i Samnangervassdraget fra 2006 til 2016. I Storelva og Frølandselva er kun data fra de to nederste stasjonene inkludert. Skraverte felt er utsatt laks. Merk at det var en betydelig, men ukjent andel settefisk blant laksungene som ble fanget i Frølandselva i perioden 2006 til 2010 (siste utsetning var årsyngel satt ut i 2008).

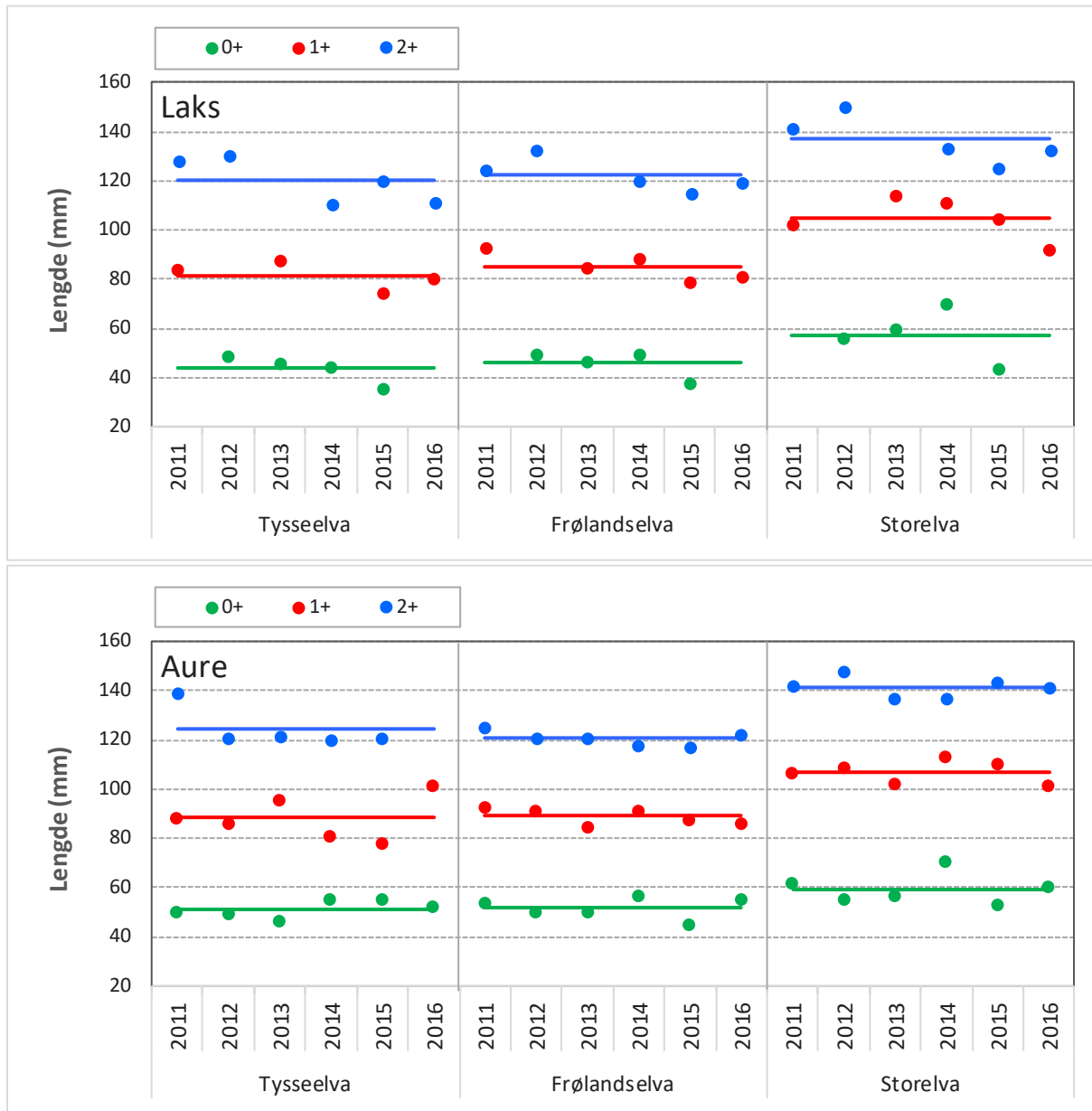
VEKST HOS UNGFISK

Ungfisk fanget ved el-fiske i Samnangervassdraget har blitt lengdemålt og aldersbestemt, men frem til og med 2010 inkluderte fangsten en ukjent andel settefisk. Settefisk er ofte betydelig større enn villfisk, og disse vil dermed ha påvirket gjennomsnittslengdene for laks. Lengder presentert i **figur 18** inkluderer derfor kun data fra perioden 2011–2016.

Ulike aldersgrupper av laks er i gjennomsnitt omtrent like store i Frølandselva som i Tysseelva, men betydelig større i Storelva (**figur 18**). Dette har sammenheng med vanntemperaturen i vekstsesongen, som de fleste år er langt høyere i Storelva enn i de to andre elvene (**figur 5**). I 2015 vokste laksungene i hele vassdraget betydelig dårligere enn de øvrige årene i perioden, noe som skyldes en uvanlig kald

sommer dette året (Kambestad mfl. 2016a). Den dårlige veksten gjenspeiles i uvanlig lav snittlengde for årsyngel i 2015 (**figur 18**).

Også for aure er veksten i gjennomsnitt omtrent lik i Tysseelva og Frølandselva, og betydelig bedre i Storelva (**figur 18**). Aure er stort sett en del større enn laksen ved samme alder, noe som er et generelt mønster i vassdrag der disse artene sameksisterer. I Samnangervassdraget er det imidlertid ingen tydelig forskjell mellom to år gammel laks og aure, men dette kan skyldes lav sample-størrelse eller at de største aurene oppholder seg i Frølandsvatnet.



Figur 18. Gjennomsnittlig lengde for ungfisk av laks (oppe) og aure (nede) fanget ved el-fiske i Tysseelva, Frølandselva og Storelva i 2011–2016. Punkter representerer enkeltår, og streker er snitt for hele perioden. Lengde er vist for årsyngel (0+), ettåringer (1+) og toåringer (2+).

SAMLET VURDERING

STATUS FOR FISKEBESTANDENE

LAKS

Samnangervassdraget har over tid hatt betydelig mindre laks enn produksjonspotensialet skulle tilsi, og gytebestandsmålet er de fleste år langt fra innfridd. Forhold i havet/fjorden kan ikke forklare dette, ettersom det er en stabilt tallrik laksebestand i det nærliggende Osvassdraget (se Sægrov mfl. 2012). Resultatene av de mange fiskeundersøkelsene i Samnangervassdraget gir dermed en tydelig indikasjon på at forhold i ferskvann er eller har vært begrensende for lakseproduksjonen i dette vassdraget.

Nedre del av Storelva og Frølandselva er i dag de eneste områdene med produksjon av laksunger på nivå med det en kan forvente, men selv her tyder gytefisktelinger og ungfisktelinger på at antall gytefisk de fleste år er svært lavt. Høsten 2010 og høsten 2015 ble det registrert henholdsvis én og to gytelaks, noe som sannsynligvis resulterte i null rekruttering av laks i hele vassdraget i 2011 og 2016. I Tysseelva har ungfisktelinger påvist svak rekruttering av laks så godt som alle år elven har blitt undersøkt. I Storelva og Frølandselva har tettheten av laksunger de siste tre-fire årene vært høyere enn de fleste tidligere år, men tettheten vil høyst sannsynlig synke i 2017 og 2018 som følge av sviktende rekruttering i 2015 og 2016. Litt mer gytelaks enn vanlig høsten 2016 vil sannsynligvis sikre at årsklassen som klekkes våren 2017 produserer en del smolt.

SJØAURE

Det er vanskelig å estimere gytebestanden av sjøaure i Samnangervassdraget, fordi en ukjent andel av gytefisken trolig oppholder seg i Frølandsvatnet store deler av høsten. Antall registrerte sjøaure ved gytefisktelling har uansett vært så lavt at bestanden utvilsomt kan beskrives som svært fåtallig. Heller ikke sjøaure ser ut til å vandre opp til øvre halvdel av Storelva eller Frølandselva.

Ungfisktelingene gir i liten grad informasjon om omfanget av sjøaure-gyting, fordi avkom av sjøaure ikke kan skilles fra avkom av stasjonær aure. I Frølandselva og Storelva har det vært en svak tendens til økende tetthet av aureunger i løpet av undersøkelsesperioden (2006–2016), men stabilt lite anadrom gytefisk tyder på at dette ikke kan tilskrives økt forekomst av sjøaure. Relativt bra tetthet av aureunger på store elvearealer i Storelva og Frølandselva viser imidlertid at produksjonspotensialet for sjøaure er stort.

REGULERINGSEFFEKTER

VANNFØRING

I Storelva slippes i dag en minstevannføring på 100 l/s, som tilsvarer 15 % av 5-pesentilen for vannføring gjennom året i uregulert tilstand (<http://nevina.nve.no>; beregning gjelder vannføring ved Langeland). Det er mulig at lavvannsperioder som følge av regulering medfører redusert overlevelse for egg eller ungfisk av laks og aure i denne elven enkelte år, men det er tidligere konkludert med at nåværende minstevannføring sannsynligvis er tilstrekkelig til å opprettholde god produksjon (Sægrov mfl. 2011). De siste fire årene har det vært bra tetthet av laksunger i presmolt-størrelse i nedre del av Storelva (se Hellen mfl. 2014b; 2015, Kambestad 2016a og Sikveland mfl. under utarbeidelse). Manglende rekruttering enkelte år sammenfaller med mangel på gytefisk, og kan derfor ikke tilskrives ugunstig vannføring. Det kan uansett ikke utelukkes at perioder med lav vannføring er en *potensielt* begrensende faktor for fiskeproduksjonen i Storelva, men per i dag virker det åpenbart at mangel på gytefisk er flaskehalsen for de anadrome bestandene. Samtidig er det mulig at lengre perioder med høy vannføring om høsten ville lokket flere gytefisk opp i Storelva, men igjen er dette vanskelig å vurdere så lenge de totale gytebestandene av laks og sjøaure i vassdraget ser ut til å være svært små.

Tysseelva har i snitt like stor vannføring som før regulering (med unntak av de nederste 350 meterne), men tilrenningens fordeling gjennom året er endret. Strandingsproblematikk i forbindelse med såkalt effektkjøring er ikke en sannsynlig faktor i Tysseelva, ettersom Frølandsvatnet vil avdempe plutselige vannføringsreduksjoner som følge av stans i kraftverket. Uttørking av gytegroper er heller ikke aktuelt, siden gyteområdene ligger i dype og permanent vanddekte deler av elveløpet. Det er ikke gjort noen nærmere analyse av reguleringens effekt på oppvekstforholdene for laksefisk i Tysseelva, men det fremstår som usannsynlig at vannføringsvariasjoner er årsaken til den svært lave (men variable) ungfisktettheten i elven.

VANNTEMPERATUR

Storelva har høyst sannsynlig fått betydelig høyere vanntemperatur i vekstsesongen etter fraføring av nedbørfeltet tilknyttet Fiskevatnet og innsjøene ovenfor. Dette har medført raskere vekst for fisk i Storelva, og en del laks tilbringer nå ett år mindre i elven før de går ut som smolt, enn de ville gjort om elven ikke var regulert. Dette kan potensielt gi høyere smoltproduksjon i Storelva, dersom gytebestandsmålet innfris.

Tysseelva har fått varmere vann om vinteren som følge av reguleringen, noe som kan medføre økt dødelighet hvis vanntemperaturen ved «swim-up» er for lav. Teoretiske beregninger av swim-up-temperatur tyder imidlertid på at dette sjelden er et problem for laks yngel i Tysseelva, og at det er små forskjeller i swim-up-temperatur mellom Tysseelva og Frølandselva.

VANNKVALITET

Storelvas restfelt har over tid vært lite påvirket av forsurening, og vannkvaliteten er i all hovedsak mer enn god nok for både parr og smolt av laks, aure og forsuringfølsomme bunndyr. Dette må regnes å være en positiv bivirkning av vassdragsregulering; fraføring av vann fra det langt mer forsuringspåvirkede nedbørfeltet til Fiskevatnet har gitt betydelig bedre vannkvalitet i Storelva enn i naturtilstanden. Overløp fra dammen i Fiskevatnet kan trolig gi episoder med surere vann, men dette forekommer relativt sjelden. Slipp av minstevannføring siden 2007 ser ikke ut til å ha gitt store utslag på vannkvaliteten i Storelva, som heller ikke er nevneverdig påvirket av eutrofiering.

Frølandselva er ikke regulert, og vannkvaliteten har her dermed hatt en «naturlig» utvikling. Denne elven er betydelig mer påvirket av forsurening enn Storelva, men målinger av surhet (pH) har vist en positiv trend siden 1990. Lave pH-verdier forekommer imidlertid fortsatt i forbindelse med sjøsaltepisoder, senest tidlig i 2015 og 2016. Dette har også medført betydelig surere vann og mer labilt aluminium enn antatte tålegrenser for laksesmolt under smoltutvandringen flere av de siste få årene. Bunndyrprøver indikerer varierende vannkvalitet. Se for øvrig Kambestad mfl. (2016b) for ytterligere diskusjon rundt vannkvaliteten i Frølandselva.

Tysseelva mottar i dag vann fra hele sitt naturlige nedbørfelt, men på grunn av magasinerings på fjellet er fordelingen av vann fra de ulike vassdragsdelene endret fra naturtilstanden. Dette kan potensielt gi dårligere vannkvalitet i perioder der det relativt sett slippes mer vann fra Fiskevatnet (som ofte har lavere pH) enn tilrenningen fra Frølandselva og Storelva. De siste to årene har de laveste pH-verdiene i vassdraget imidlertid blitt registrert i Frølandselva. Dette indikerer at Frølandselva er mer utsatt for sjøsaltepisoder enn øvrige deler av vassdragets nedbørfelt, og dermed påvirker Tysseelva i negativ retning under slike episoder. Videre er det lavt innhold av labilt aluminium både i Storelva og i Fiskevatnet, og Tysseelva har derfor generelt mindre labilt aluminium enn Frølandselva. Surhetsmålingene i Tysseelva har vist en positiv trend siden 1990, men med negative utslag av sjøsaltepisoder de to siste årene. Bunndyrprøvene indikerer variabel vannkvalitet. Generelt er vannkvaliteten i Tysseelva i dag god nok for lakseparr, men relativt ofte dårligere enn antatt tålegrense for surhet (pH) med hensyn til laksesmolt. Dette ville høyst sannsynlig også vært tilfelle uten regulering. Undersøkelser av laksunger påviste noe forsuringinduserte gjelleskader på siste halvdel av 1990-tallet (Kålås mfl. 1996b, 1999), men dette er ikke undersøkt siden.

POTENSIALE FOR GASOVERMETNING

Gassovertmetning er et velkjent problem i avløpsvann fra kraftverk, spesielt ved bekkeinntak på driftstunellen, og ved høy nitrogenmetning kan dette medføre dødelighet for laksefisk (Heggberget 1984). I Samnangervassdraget er det kun i Frølandsvatnet og Tysseelva dette er et potensielt problem for laks, siden øvrige vassdragsdeler ligger oppstrøms Frøland kraftverk. De langt lavere ungfisktetthetene i Tysseelva sammenlignet med Storelva og Frølandselva antyder at fisken i Tysseelva har dårligere levekår enn i de andre elvene, og gassovertmetning er en mulig forklaring på dette. Hvorvidt gassovertmetning faktisk forekommer er imidlertid umulig å avgjøre uten målinger, men BKK bekrefter at overmetnings-episoder kan ha inntruffet i forbindelse med tett inntaksrist i Fiskevatnet (Sissel H. Mykletun, BKK, pers. medd.). Inntaket er nå utstyrt med en ny rist-rensker, og det er montert trykkmålere som overvåker vannivået i fordelingsbasseng. Potensialet for gassovertmetning i Tysseelva skulle dermed være redusert.

ANDRE PROBLEMSTILLINGER FOR FISKEBESTANDENE

GYTE- OG OPPVEKSTHABITAT

Storelva har gode gyteforhold ved Langeland, men videre nedover har elven lite egnet gytesubstrat, selv om strekningen nedenfor Langeland ble tilført noe gytegrus i 2005. Ungfisktellinger viser uansett at laks har gytesuksess i nedre del av elven, og også et godt stykke opp i det bratte gjelet ovenfor Totland (se f.eks. Hellen mfl. 2015). Oppvekstforholdene vurderes å være relativt gode, med mye skjul i grovt substrat mange steder. Registrering av enkelte uvanlig sterke årsklasser av laksunger de siste få årene tyder på at gyte- og oppvekstforholdene er gode nok til å gi en betydelig lakseproduksjon i Storelva, men dersom gytebestanden skulle ta seg opp er det mulig at mangel på gyteområder mellom Langeland og Totland kan bli en flaskehals for bestanden.

Frølandselva nedenfor Jarlandsfossen har et velegnet gyteområde ca. 350 m ovenfor Frølandsvatnet, hvor det relativt ofte observeres gytefisk (laks og sjøaure) ved drivtelling. I tillegg er det et mindre gyteområde like nedom fisketrappen, og flekkvist gytehabitat i nedre del (se Hellen & Johnsen 2010 for kart over gyteområder i vassdraget). Det største gyteområdet ser ut til å ha blitt noe redusert etter flommen i 2014, og det kan ikke utelukkes at lite gyteareal er en begrensning på strekningen mellom veibroen og fisketrappen. Oppvekstforholdene for ungfisk er relativt gode, og i sum vurderes det at gyte- og oppvekstforhold i Frølandselva er tilstrekkelig gode til å gi en betydelig lakseproduksjon også her.

Tysseelva har en stor andel velegnede gyteområder i forhold til totalt elveareal (se Hellen & Johnsen 2010). Stor gjennomsnittlig dybde og strømfart gjør det noe vanskelig å vurdere oppvekstforholdene, men det er liten tvil om at registrerte ungfisktettheter de aller fleste år er betydelig lavere enn produksjonspotensialet på denne elvestrekningen.

OPPVANDRINGSFORHOLD

Det er påvist at laks kan vandre forbi både fossen og betongterskelen i Tysseelva, men antall gytefisk som registreres i vassdraget er likevel meget lavt de fleste år. I 2015 ble for eksempel minst 17 villaks fanget og gjenutsatt i elveosen, mens det kun ble talt 2 villaks ved drivtelling i selve vassdraget det samme året. Det registreres ofte flere villaks i elveosen enn oppe i selve vassdraget, noe som kan bety at en del av laksen gir opp forsøket på å vandre opp i Tysseelva. Gytefiskens oppvandring forbi den nederste fossen og/eller betongterskelen kan dermed være en flaskehals for bestanden, ettersom store gyteområder i elvene ovenfor hver høst ikke benyttes av laks. Samtidig er det mulig at en del av villaksene som fanges i elveosen er feilvandret laks fra andre vassdrag, som snur og finner sin fødeelv heller enn å forsøke å gå opp i Tysseelva. Det fanges relativt få sjøaure i elveosen, og det er derfor mer usikkert om også denne arten har problemer med å vandre opp til gyteområdene i Samnangervassdraget.

Høsten 2016 ble det på ett tidspunkt observert en (for dette vassdraget) betydelig mengde laks og sjøaure i hølen nedstrøms betongterskelen i Tysseelva, men senere på høsten ble det observert flere fisk lenger oppe i Tysseelva, og færre nedstrøms terskelen. Dette tyder på at oppvandring forbi denne terskelen krever gunstig vannføring, og dermed kan forsinke, men ikke nødvendigvis hindre, oppvandring.

I Storelva er det påvist at laks kan vandre opp til og forbi Langeland, men dette forekommer likevel svært sjelden. Dette kan skyldes vanskelige oppvandringsforhold, men en annen mulig årsak er mangel på gytefisk som har vokst opp i øvre del av elven, og dermed er motivert til å vandre tilbake dit som voksne. I 2013 ble det observert to laks med sår på snuten ved den øverste av de to konstruerte oppvandringskulpene (Hellen mfl. 2014b), noe som kan tyde på at de har skadet seg i forsøk på å hoppe over en av tersklene. Hvorvidt vandringshindringer er en reell flaskehals for lakseproduksjonen i Storelva kan ikke fastslås med sikkerhet, før innsiget av gytelaks er betydelig større enn i dag.

I Frølandselva er oppvandring uproblematisk på opprinnelig anadrom del, men trappen i Jarlandsfossen fungerer sannsynligvis ikke etter hensikten. Områdene ovenfor fossen har et meget stort produksjonspotensiale, som i dag ikke utnyttes av laks eller sjøaure.

INNBLANDING AV RØMT OPPDRETTLAKS

Tysseelva tiltrekker seg uforholdsmessig mye rømt oppdrettlaks sammenlignet med andre elver i nærheten, men det er usikkert i hvilken grad disse har vandret forbi fossen nederst i Tysseelva og opp til gyteområdene i elvene ovenfor. Registrering av 24 oppdrettlaks i fisketrappen i 2003 viser at oppdrettlaks er i stand til å vandre opp i vassdraget, og sammen med den stabilt svært høye oppdrettsandelen i fangstene i elveosen (godt over 50 % alle år med data siden 1999) indikerer dette et stort potensial for innblanding av gener fra rømt laks i bestanden. Ved gytefiskteellingene de siste få årene er det kun observert null til tre oppdrettlaks per år (se Hellen mfl. 2014b; 2015, Kambestad mfl. 2016a og referanser nevnt der), men det gjøres oppmerksom på at med så få ville gytelaks som har vandret opp i vassdraget de siste tiårene, vil selv enkeltindivider av oppdrettsfisk utgjøre en prosentmessig betydelig andel av gytebestanden fra år til år. Det er derfor stor fare for at dagens laksebestand har betydelig innblanding av "oppdrettsgener", men bestandens genetiske integritet kan ikke fastslås med sikkerhet uten genetiske analyser.

KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Bestandene av laks og sjøaure i Samnangervassdraget er kritisk små, og laksebestanden har over tid vært så liten at den genetiske integriteten i populasjonen er usikker. Trusselbildet for fiskebestandene er sammensatt, og inkluderer en rekke faktorer i ferskvannfasen: vanskelige oppvandringsforhold, vassdragsregulering, forsuring og innblanding av rømt oppdrettlaks (de to sistnevnte er kun relevante for laks). Så lenge gytebestandene er såpass fåtallige er det vanskelig å rangere disse faktorene, og hver faktor virker også ulikt i Storelva, Frølandselva og Tysseelva.

Utsetting av laksyngel i øvre del av Storelva og Frølandselva ble tidligere forsøkt for å hjelpe laksebestanden i vassdraget. Dette så ikke ut til å gi ønsket effekt, ettersom voksne laks ikke returnerte til disse områdene for å gyte. Nye kultiveringstiltak kan være aktuelt i fremtiden, men først og fremst anbefales det å kartlegge innslaget av gener fra oppdrettlaks i bestanden. Om innslaget er lavt bør det jobbes for vekst i dagens bestand, for eksempel ved å flytte villaks fanget i elveosen lenger opp i vassdraget. Om innslaget er høyt foreslås det å reetablere bestanden basert på laks fra et nærliggende vassdrag. Oselva og Etneelva er aktuelle kandidater, og en genetisk undersøkelse bør derfor inkludere en analyse av hvilken av disse bestandene som er nærest beslektet med villaksen som i dag gyter i Samnangervassdraget.

Før ytterligere kultivering eller reetablering startes, bør imidlertid potensielle flaskehals for fiskeproduksjon avklares og utbedres. Følgende undersøkelser/tiltak er derfor anbefalt:

- Utbedring av laksetrappen ved terskelen i Tysseelva, eventuelt inkludert telling av oppvandrende fisk (med merking eller videoovervåking). I tillegg anbefales det å gjenoppta telling av oppvandrende fisk i trappen nederst i Tysseelva, helst ved hjelp av videoovervåking. På denne måten blir det mulig å fastslå om vandringshindre i Tysseelva fortsatt er en flaskehals for fiskebestandene i vassdraget. Utbedring av tersklene i Storelva og trappen i Frølandselva kan også være aktuelt, men det bør prioriteres å få fisken forbi hindringene i Tysseelva.
- Fortsatt slipp av minstevannføring til Storelva, helst noe mer enn 100 l/s.
- Undersøkelse av gjellealuminium på smolt av laks i Frølandselva og Tysseelva, for å avklare om forsuring reduserer smoltoverlevelsen.
- Måling av gassmetning i Tysseelva (og eventuelt i Frølandsvatnet) for å vurdere om dette kan forklare lav og variabel tetthet av fisk i denne elven.
- Fortsettelse av dagens undersøkelsesprogram, med gytefisktellinger og ungfisktellinger hver høst, bunndyrprøver vår og høst og vannkjemiske prøver gjennom året. Stasjonsnett for ungfisktellinger foreslås redusert, ved at de to øverste stasjonene i Frølandselva og én av de to øverste stasjonene i Storelva (stasjon 23) utgår. I Frølandselva kan én gangs overfiske over et større område (eksempelvis 2-400 m²) utføres for å sjekke om laks har gytt oppstrøms laksetrappen.

REFERANSER

- Bohlin, T., S. Hamrin, T.G. Heggberget, G. Rasmussen, & S.J. Saltveit 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173, 9-43.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology* 11: 361-368.
- Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonid embryos. *Freshwater Biology* 19: 41-48.
- Frost, S., A. Huni & W.E. Kershaw 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* 49: 167-173.
- Heggberget, T.G. 1984. Effect of Supersaturated Water on Fish in the River Nidelva, Southern-Norway. *Journal of Fish Biology* 24: 65-74.
- Hellen, B.A. & G.H. Johnsen 2010. Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselva, Samnanger kommune, Hordaland fylke. Konsekvensutredning for fisk og ferskvannsbiologi. Rådgivende Biologer AS, rapport 1344, 69 sider.
- Hellen, B.A., M. Kambestad, S. Kålås & H. Sægrov 2014b. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget 2013. Rådgivende Biologer AS, rapport 1959, 41 sider.
- Hellen, B.A., M. Kambestad, S. Kålås & H. Sægrov 2015. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget 2014. Rådgivende Biologer AS, rapport 2112, 37 sider.
- Hellen, B.A. S. Kålås & H. Sægrov 2004. Gytefiskteljingar på Vestlandet i perioden 1996 til 2003. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 763, 21 sider.
- Hellen, B.A., S. Kålås, H. Sægrov & G.H. Johnsen 2013. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget 2012. Rådgivende Biologer AS, rapport 1835, 37 sider.
- Hellen, B.A., S. Kålås, H. Sægrov & G.H. Johnsen 2014a. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget i 2012. Rådgivende Biologer AS, rapport 1835, 37 sider.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Functional Ecology* 13: 778-785.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Heggberget, T.G. 1991. Initial feeding time of Atlantic salmon, *Salmo salar*, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. - *Environmental Biology of Fishes* 30: 379-385.
- Johnsen, G.H., K. Mork, S. Kålås & K. Urdal 2003. Tilstandsbeskrivelse og tiltaksplan for Samnangervassdraget. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 619, 47 sider + vedlegg.
- Kambestad, A. & G.H. Johnsen 1990. Tilstandsbeskrivelse for Eikedalsvassdraget, Kvam og Samnanger i Hordaland. Rådgivende Biologer AS, rapport 38, 54 sider.
- Kambestad, M., B.A. Hellen, J. Tverberg, T.T. Furset & H. Sægrov 2016a. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget i 2015. Rådgivende Biologer AS, rapport 2296, 41 sider.
- Kambestad, M., H. Sægrov, B.A. Hellen, S. Kålås, K. Urdal & G.H. Johnsen 2016b. Laks i Samnangervassdraget – status og behov for tiltak. Rådgivende Biologer AS, rapport 2269, 34 sider.
- Kålås, S., A.E. Bjørklund & G.H. Johnsen 1996a. Kalkingsplan for Samnanger kommune. Rådgivende Biologer AS, rapport 172, 36 sider.
- Kålås, S., B.A. Hellen & K. Urdal 1999. Ungfiskundersøkingar i 10 Hordalandselvar med bestandar av anadrom laksefisk hausten 1997. Rådgivende Biologer AS, rapport 380, 109 sider.

- Kålås, S., B.A. Hellen & K. Urdal 2000. Ungfiskundersøkingar i 6 elvar med bestandar av anadrom laksefisk i Hordaland, 1998. Rådgivende Biologer AS, rapport 415, 78 sider.
- Kålås, S., G.H. Johnsen, H. Sægrov & K. Urdal 1996b. Fisk og vasskvalitet i ti Hordalandselvar med bestandar av anadrom laksefisk i 1995. Rådgivende Biologer AS, rapport 243, 152 sider.
- Kålås, S., G.H. Johnsen, K. Urdal & H. Sægrov 2008. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Storelva, Frølandselva og Tysseelva, Samnanger 2007. Rådgivende Biologer AS, rapport 1122, 34 sider.
- Kålås, S., K. Urdal, G.H. Johnsen & H. Sægrov 2006. Ferskvassbiologiske undersøkingar i samband med tiltak i Storelva i Samnanger i 2005. Rådgivende Biologer AS, rapport 894, 27 sider.
- Sandlund, O.T. (red.), M.A. Bergan, Å. Brabrand, O.H. Diserud, H-P. Fjeldstad, D. Gausen, J.H. Halleraker, T. Haugen, O. Hegge, I.P. Helland, T. Hesthagen, T. Nøst, U. Pulg, A. Rustadbakken & S. Sandøy 2013. Vannforskriften og fisk - forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, rapport M22-2013, 60 sider.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for maximum smolt production in rivers of different productivity. Journal of Fish Research Board of Canada 36:132-140.
- Sægrov, H., B.A. Hellen, S. Kålås & K. Urdal 2013. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget i 2011. Rådgivende Biologer AS, rapport 1742, 38 sider.
- Sægrov, H., B.A. Hellen, S. Kålås, K. Urdal & G.H. Johnsen 2010. Ferskvassbiologiske undersøkingar i Samnangervassdraget 2009. Rådgivende Biologer AS, rapport 1304, 38 sider.
- Sægrov, H., G.H. Johnsen, S. Kålås, B.A. Hellen & K. Urdal 2011. Fysiske tiltak som alternativ til minstevassføring i Storelva i Samnangervassdraget. Sluttrapport 2005 - 2010. Rådgivende Biologer AS, rapport 1476, 56 sider.
- Sægrov, H., K. Urdal, B.A. Hellen & S. Kålås 2012. Fiskeundersøkingar i Oselva i Hordaland i 2010 og 2011. Bestandsutvikling 1991 – 2010. Rådgivende Biologer AS, rapport 1527, 35 sider.
- Sættem, L.M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960-94. Utredning for DN, 1995-7. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Urdal, K. 2008. Analysar av skjelprøvar frå sportsfiske i Hordaland i 2007. Rådgivende Biologer AS, rapport 1111, 32 sider.
- Urdal, K. 2012. Skjelprøvar frå Rogaland 2005-2011. Vekstanalysar og innslag av rømt laks. Rådgivende Biologer AS, rapport 1564, 33 sider.
- Vasshaug, Ø. & H. Grøndahl 1990. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Hordaland fylke i 1989. Fylkesmannen i Hordaland, rapport nr. 3/90, 80 sider.
- Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder, revidert i 2015, 229 sider, tilgjengelig fra <http://www.vannportalen.no>.