

Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen
Åge Brabrand, Henning Pavels
og Svein Jakob Saltveit

Del 2: Fisketetthet i Krøderen målt med hydroakustikk
Atle Rustadbakken



Denne rapportserien utgis av:

Naturhistorisk museum
Postboks 1172 Blindern
0318 Oslo

www.nhm.uio.no

Publiseringsform:

Elektronisk (pdf)

Forfattere:

Åge Brabrand, Atle Rustadbakken, Henning Pavels og Svein Jakob Saltveit

Sitering:

Brabrand, Å., Pavels, H. og Saltveit, S.J. 2014. Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, rapport 39,1- 29s

Rustadbakken, A. 2014. Del 2: Fisketetthet i Krøderen målt med hydroakustikk. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, rapport 39,30-46s

ISSN: 1891-8050

ISBN: ISBN-978-82-7970-055-5

Fra 2011 inngår forskningsrapportene fra LFI i ny rapportserie ved Naturhistorisk museum.

Gammelt rapportarkiv for LFI for perioden 1972-2010:

<http://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/lfi-rapporter/>

Forsidebilde: Bjørrelva's innløp i Krøderen

Foto: Henning Pavels

Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen

Åge Brabrand, Henning Pavels
og Svein Jakob Saltveit

Del 2: Fisketetthet i Krøderen målt med hydroakustikk

Atle Rustadbakken

Antall sider og bilag:		Tittel	
46 sider		Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen høst 2014 Del 2: Fisketetthet i Krøderen målt med hydroakustikk	
		Forfatter(e)/ enhet: Åge Brabrand, NHM Atle Rustadbakken, NMBU Henning Pavels, NHM Svein Jakob Saltveit, NHM	
Rapportnummer: 39	Gradering: Åpen	Prosjektleder: Åge Brabrand	Prosjektnummer: 280203
ISSN 1891-8050	Dato: 1.10.2014	Oppdragsgiver(e): E-CO Energi AS	
ISBN ISBN-978-82-7970-055-5		Oppdragsgiversref. Bjørn Otto Dønnum	

Sammendrag

Forord

E-CO Energi AS har ønsket å gjennomføre fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen og tilløpselver til Krøderen i 2014. Undersøkelsene er definert som 6 delprosjekter, hver med sine delmål, og der delprosjekt 6 vil være å anbefale veien videre for fremtidig utsetting av fisk og hvilke forvaltningsmessige grep som bør tas for å forvalte fiskebestandene i Krøderen på en bærekraftig måte.

Naturhistorisk museum (NHM) har fått ansvar for gjennomføring av delprosjekt 1 som omhandler elektrofiske og vurdering av innløpsbekker til Krøderen, samt en opsjon som innebærer hydroakustikk i selve Krøderen utført av stipendiat Atle Rustadbakken ved NMBU, Ås.

De øvrige delprosjektene omfatter kartlegging med elfiskebåt (delprosjekt 2), intervjurunde med fiskere (delprosjekt 3), garnfiske i Krøderen (delprosjekt 4), sammenstilling av fangstdata (delprosjekt 5). Delprosjekt 1 og hydroakustikk har vært godt koordinert med Naturpartner AS som har gjennomført delprosjekt 2-5.

Den foreliggende rapport er å betrakte som en rask oppsummering av delprosjekt 1 og hydroakustikk.

Oslo 1.10.2014


Åge Brabrand

Innhold

Del 1 Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen

1. INNLEDNING	10
2. OMRÅDEBESKRIVELSE.....	11
3. MANDAT	11
4. METODIKK	11
ELEKTROFISKE.....	11
VANDRINGSMULIGHET FRA KRØDEREN	12
KARAKTERISERING AV MUNNINGSOMRÅDER OG VURDERING AV VANDRINGSHINDER	12
5. RESULTATER.....	14
TETTHET AV ØRRETUNGER.....	14
DE ENKELTE BEKKENE	16
<i>Slevikbekken.</i>	16
<i>Enderudelva</i>	17
<i>Trommaldelva</i>	19
<i>Solheimselva</i>	19
<i>Gulsvikelva, vestre løp</i>	20
<i>Buøyneelva</i>	21
<i>Ringneselva</i>	22
<i>Bølingen</i>	23
<i>Bjørreelva</i>	23
<i>Søre Bjørrelva</i>	24
<i>Fyranelva</i>	25
<i>Børkeseterelva</i>	26
6. DISKUSJON AV TILTAK.....	27
TERSKLER.....	27
GYTESUBSTRAT FOR GJEDDE	29
UTLØPSOMRÅDENE VED KRØDEREN	29
7. LITTERATUR	30

DEL 2 HYDROAKUSTIKK

8. BAKGRUNN	32
HYDROAKUSTISKE PRINSIPPER	32
9. MATERIALE OG METODER.....	33
CTD-OX-MÅLING	33
EKKOLODD.....	33
<i>Utstyret</i> 33	
<i>Surveydesign og dekningsgrad</i>	35
<i>System- og parameterinnstillinger</i>	35
<i>Programvare og analysestandarder</i>	36
<i>Støybehandling, terskling, dybdestratifisering</i>	

<i>samt ekkostyrke (TS) vs. lengde (cm) og vekt (g) på enkeltfisk</i>	36
ØKOLOGISK STATUS	39
10. RESULTATER MED VURDERINGER	40
CTD-OX-MÅLING OG VANNKVALITET	40
11. EKKOLODD	41
TETTHET OG BIOMASSE.....	41
VERTIKAL FORDELING	42
HORIZONTAL FORDELING	43
ØKOLOGISK TILSTAND	44
SAMMENLIKNINGER OG VURDERINGER	45
12. REFERANSER	46

Del 1: Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen

Åge Brabrand, Henning Pavels og
Svein Jakob Saltveit

1. Innledning

Krøderen ble regulert 2,6 m i 1964 mellom kote 132,95 (HRV) og kote 130,35 (LRV) etter tillatelse gitt til Foreningen Til Hallingdalsvassdragets Regulering. Som kompensasjon ble det gitt pålegg om utsetting av fisk, og de første årene etter regulering ble det satt ut 1-somrig ørret. Fra 1975 ble dette endret til 2-somrig settefisk, og utsettingspålegget er i dag på 8.000 stk. 2-somrig ørret.

Fiskesamfunnet består nå av ørret, sik, røye, abbor, karuss, ørekyt og gjedde, etter at gjedde kom inn i Krøderen på 1990-tallet. Gjedde finnes nå i alle deler av Krøderen og i Hallingdalselva opp til Hallfossen litt ovenfor Nesbyen.

Det er tidligere gjennomført fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen 1971, 1977, 1989 og i 2006. Ved undersøkelsen i 2006 ble det foretatt elektrofiske på en rekke innløpsbekker, og i 2007 ble det foretatt elektrofiske på de samme tilløpsbekkene til Krøderen som i 2006, samt på flere stasjoner i Hallingdalselva. Det har skjedd en dramatisk endring i fangst av ørret under prøvefisket fra undersøkelsene i Krøderen fra 1989 og fram til den siste undersøkelsen i 2006 (Brabrand 2007). Dette settes i forbindelse med at gjedde er etablert i Krøderen og etter hvert også i Hallingdalselva. Overlevelsen til ørret i selve Krøderen antas derfor å være betydelig dårligere. Samtidig er det en betydelig bestand av abbor. Ørret i Krøderen vil derfor være utsatt for både sterk næringskonkurranse fra abbor og for et betydelig press som byttefisk for gjedde.

Undersøkelsen i 2006 og 2007 viste at det foregår rekruttering av ørret i alle de dengang 7 undersøkte tilløpselvene til Krøderen. Dette er alle mindre elver, hvorav de fleste er næringsfattige, og der enkelte hadde noe lav pH (Brabrand 2007). Det totale antall rekrutter disse elvene kan produsere ansees derfor som begrenset i forhold til størrelsen på Krøderen, men vil likevel utgjøre en viktig del av den naturlige rekrutteringen.

E-CO Energi AS har ønske om å øke kunnskapen om mulighet for å øke den naturlige rekrutteringen av ørret på de mindre tilløpsbekkene/elven til Krøderen. Det ble imidlertid påvist gjeddeunger i de nedre deler av flere av bekkene både i 2006 og 2007, selv på strykstrekninger som ikke kan karakteriseres som typisk habitat for gjedde. Samtidig var tettheten av ørretunger på de nedre deler i flere av bekkene påfallende lav.

Tilsvarende forekomst av gjeddeunger og fravær av ørretunger er observert i tilløpsbekker til Numedalslågen (Brabrand m. medarb. 2011), noe som kan settes i forbindelse med kannibalisme hos gjedde og at gjeddeunger første året foretrekker å stå på småbekker med betydelig mindre predasjonsrisiko enn i stor elv eller innsjø.

Innløpsbekkene til Krøderen har svært forskjellig høydegradient og utforming når det gjelder selve munningsområdet. Innløpsområder med stilleflytende kanalisert bekk med vannvegetasjon vil være et godt gytehabitat for gjedde, i motsetning til bekker der storsteinet bunn munner direkte i Krøderen.

Avhengig av bekkens utforming i nedre del og utformingen av selve munningsområdet kan gjedde derfor tenkes å påvirke bestanden av ørret i bekken på to måter:

- Munningsområder der det foregår gjeddegyting kan gi betydelig oppvandring av gjeddeunger til bekken ovenfor.
- Ørretunger på utvandring kan være utsatt for betydelig predasjon fra gjedde der habitatforholdene er gode for gjedde.

2. Områdebeskrivelse

Krøderen ligger i kommunene Flå og Krødsherad, og har et areal på 42 km². Krøderen er en typisk fjordsjø, lang og smal i nord-sydlig retning med maksimaldyp på ca 130 m i nordlig del og med dyp ned mot 40-50 m i sydlig halvdel. Innsjøen er næringsfattig, med skog og en del dyrka mark i nærområdene, spesielt i sydlig del. Innløpselva inn fra nord, Hallingdalselva, er største innløpselv, og utløpselva, Snarumselva, renner ut i syd.

Selve utsettingspålegget har variert. I 1965 var pålegget på 40.000 stk. 1-somrige ørret. Dette ble endret til 8.000 stk. 2-somrige ørret fra 1975. På grunnlag av undersøkelsene i 1989 ble det foreslått å endre pålegget til 8.000 stk. 2-årig ørret. Dette forslaget er stilt i bero i påvente av definerte kultiveringssoner fastsatt gjennom fylkesvise kultiveringsplaner.

Utsettingspålegget fram til i dag har derfor fortsatt vært på 8.000 stk. 2-somrig ørret, levert fra A/L Settefisk Reinsvoll. All utsatt ørret er oppgitt å være fettfinneklippet.

3. Mandat

Formålet med kartleggingen er iht. «Forespørsel 118» å skaffe data som kan si noe om utviklingen fra 2006-2007 for de bekkene som da ble undersøkt. I tillegg ønskes ytterligere 5 bekker undersøkt i 2014 med samme metodikk.

- Kartlegge habitat med tanke på ørret; forekomst av gyteplasser og kvaliteten på oppvekstområder. Kvalitativ undersøkelse
- Elektrofiske i bekkene på samme stasjoner som i 2007, samt 5 nye stasjoner i bekker som ikke var med i 2007.
- Kartlegge eventuelle vandringshindre og om, og hvor det kan etableres sperre for gjedde
- Vurdering av tiltak i området ved elvemunningen.

4. Metodikk

Elektrofiske

Det er i september 2014 foretatt tetthetsberegninger av fisk i 12 tilløpsbekker til Krøderen. Av de 12 bekkene ble 7 bekker undersøkt på de samme stasjonene som de benyttet i 2006 og 2007. Det ble fisket på oppmålt areal, se Tabell 1. På arealet ble det fisket en gang fordi tettheten av ørret i de langt fleste av bekkene var lavt. Tettheten av fisk ble beregnet på grunnlag av fangbarhet

for de ulike arter og størrelsesgrupper som ble benyttet i 2006 og 2007. For ørret ble det skilt mellom årsunger og rekrutter som var eldre enn årsunger. All ørret ble kontrollert for finnekipping.

Vandringsmulighet fra Krøderen

Vandringsstrekning for ørret fra Krøderen ble forsøkt angitt. I flere av bekkene er det ett markert vandringshinder i form av naturlig foss, mens det for andre og spesielt for 2 bekker er vanskelig å angi eksakt og absolutt vandringshinder. Dette er bekker med stor høydegradient, men der det er sannsynlig at ørret kan vandre opp på bestemte vannføringer.

Bekkene ble karakterisert mtp. gytemulighet for ørret og for skjulmulighet for årsunger og større ørret fram til eventuell utvandring. Det ble lagt spesielt til hvorvidt det var forekomst av gytesubstrat for ørret og på grunnlag av skjønn om gytesubstrat var en sannsynlig begrensende faktor for bruk av bekken som rekrutteringsområde for ørret.

Tabell 1. GPS posisjoner for 12 undersøkte tilløpsbekker til Krøderen, med avfisket areal.

Lokalitet	UTM 32 N	UTM 32 Ø	Avfisket areal m ²
Slevikbekken	6670093	540329	108
Enderudelva	6681617	538262	90
Trommaldelva	6692956	535094	148
Solheimselva	6694034	533544	164
Gulsvikelva	6693705	532103	154
Buøyneelva	6691207	533554	150
Ringneselva øvre	6680137	534096	99
Ringneselva nedre	6680100	534158	70
Bølingen umerka	6677266	533491	140
Bjørelva	6669281	534619	125
Søndre Bjørelva	6668910	535253	62,5
Fyranelva	6665537	541410	33
Børkeseterelva	6667695	542560	90

Karakterisering av munningsområder og vurdering av vandringshinder

Det ble foretatt befarings av bekkenes munningsområder der de rant inn i Krøderen. I denne sammenheng ble lagt vekt på om områdene kunne fungere som gyte- og oppholdshabitat for gjedde og gjeddeunger. Slike habitater vil være stilleflytende og relativt grunne områder med vannvegetasjon, og med redusert bølgepåvirkning (Johnsen 1957, Hassler 1970, Coble 1972, Inskip 1982, Holland & Huston 1984).



Fig. 1. Krøderen med stasjoner for tetthetsberegning av ungfisk på innløpsbekker i september 2014.

Bekkenes høydegradient i nærområdene til Krøderen ble vurdert og forsøkt sett i sammenheng med eventuelt etablering av vandringshindere for gjeddeunger. Slike hindere må fungere som hinder for gjedde, men ikke for ørret og de må fungere på alle aktuelle vannføringer, siden det ikke er kjent når gjeddeunger vandrer fra Krøderen og opp i de nedre delene av bekkene.

5. Resultater

Tetthet av ørretunger

Det ble til sammen påvist ørret, gjedde og ørekyte i de 12 elvene. Ørret ble påvist i alle bekkene, gjedde ble funnet 3 bekker og ørekyte i 1 av bekkene. Beregnet tetthet av fisk i de 12 tilløpselvene (13 stasjoner) i 2014 er vist i Tabell 2. I Tabell 2 er tetthetsberegning av ørret fra 2014 vist sammen med de bekkene som ble undersøkt i 2006 og 2007. Med unntak av Ringneselva og Søndre Bjørrelva ble årsunger av ørret enten ikke observert eller var bare til stede i svært lave tettheter.

De 2 undersøkte stasjonene i Ringneselva hadde i 2014 høyere tettheter av årsunger enn det funnet i 2006 og 2007, spesielt på den nedre stasjonen. De høyeste tetthetene av årsunger ble imidlertid funnet i Søndre Bjørrelva, med 46,5 ind. 0+/100 m².

Tabell 2. Beregnet tetthet av ørret (årsunger og eldre), gjedde og ørekyt i 12 innløpsbekker til Krøderen i september 2014. p =benyttet fangbarhet ved beregning etter en gangs overfisking på oppmålt areal.

Lokalitet	0 ⁺ ørret $p=0,585$	Eldre ørret $p=0,658$	Gjedde $p=0,500$	Ørekyt $p=0,500$
Slevikbekken	0,0	2,8	0,0	0
Enderudelva	0,0	3,4	0,0	0
Trommaldelva	0,0	9,2	1,4	0
Solheimselva	0,0	1,9	0,0	0
Gulsvikelva	0,0	5,9	2,6	0
Buøyneelva	0,0	9,1	0,0	0
Ringneselva øvre	13,8	20,0	0,0	0
Ringneselva nedre	9,8	6,5	0,0	0
Bøllingen umerka	1,2	18,5	0,0	0
Bøllingen fettfinneklippet*	0,0	2,2	0,0	0
Bjørrelva	0,0	8,5	1,6	0
Søndre Bjørrelva	46,5	2,4	0,0	0
Fyranelva	5,2	32,2	0,0	0
Børkeseterelva	0,0	22,0	0,0	25

*Fettfinneklippet

Det ble funnet eldre ørretunger i alle de undersøkte bekkene. Her hadde også Ringneselva rimelige tettheter, men også Bøllingen, Bjørrelva, Fyranelva og Børkeseterelva hadde høye tettheter av

eldre ørretunger. I Bølingen ble det funnet 2 ørret som var fettfinneklippet. Det bør nevnes at de avklippede fettfinnene bar tydelig preg av regenerering.

Tabell 3. Beregnet tetthet av ørret (årsunger og eldre) i 2006, 2007 (begge år 7 innløpsbekker undersøkt) og 2014 (12 bekker) til Krøderen.

Lokalitet	Tetthet av årsunger ørret			Tetthet av eldre ørretunger		
	2006	2007	2014	2006	2007	2014
Slevikbekken	-	-	0,0	-	-	2,8
Enderudelva	-	-	0,0	-	-	3,4
Trommaldelva	0,0	0,0	0,0	9,2	8,2	9,2
Solheimselva	0,6	2,8	0,0	6,6	3,4	1,9
Gulsvikelva	0,0	0,0	0,0	3,3	6,3	5,9
Buøyneelva	0,0	0,0	0,0	11,8	21,9	9,1
Ringneselva øvre	12,3	3,5	13,8	3,9	16,4	20,0
Ringneselva nedre	0,0	0,6	9,8	4,6	7,6	6,5
Bølingen	-	-	1,2	-	-	20,7
Bjørelva	1,2	0,0	0,0	2,6	22,8	8,5
Søndre Bjørelva	-	-	46,5	-	-	2,4
Fyranelva	-	-	5,2	-	-	32,2
Børkeseterelva	0,0	0,0	0,0	10,5	72,9	22,0

-: ikke undersøkt

Tabell 4. Vandringsstrekning for ørret fra Krøderen i 12 innløpsbekker, vurdert på grunnlag av befaringsnettstedet «Norgebilder», og opplysninger fra lokalkjente personer. Bekkenes bredde er angitt og totalt bekkeareal beregnet.

Lokalitet	Vandringsstrekning m	Bredde m	Elveareal m ²	Type vandringshinder
Slevikbekken	150	2	300	Veibygging, til rør under vei
Enderudelva	60	1	60	Foss
Trommaldelva	250	13	3250	Foss
Solheimselva	1100	9	9900	Gjel med fosser
Gulsvikelva	450	9	4050	Foss
Buøyneelva	620	2	1240	Diffus hinder, stor gradient
Ringneselva	1200	8	9600	Foss
Bølingen	170	3	510	Foss
Bjørelva	2750	10	27500	Leirskvennefossen
Søndre Bjørelva	500	1	500	Diffus hinder, 500 m til vei, kan muligens vandre betydelig lengre
Fyranelva	10	15	150	Fyranfossen
Børkeseterelva	100	2	200	Foss

Med unntak av Børkeseterelva ble det ikke påvist ørekyt i noen av bekkene i 2014. Gjedde (0+, basert på størrelse 108-195 mm) ble funnet i Trommaldelva, Gulsvikelva og Bjøreelva. Tetthetene var lave, men disse ble til gjengjeld funnet på typisk habitat for ørret.

De enkelte bekkene

Slevikbekken.

Ørret kan vandre opp til området der det i dag foregår betydelig anleggsvirksomhet (Fig. 1), en strekning på ca 150 m. I september 2014 munnet bekken ut i naturlig elveleiet gjennom et rør under veianlegget, mens det tidligere var et naturlig vandringshinder som nå ligger under veianlegget.



Fig. 2. Anleggsområdet i september 2014 i Slevikbekken. Venstre: Oppstrøms. Høyre: nedstrøms veikryss.



Fig. 3. **Venstre:** Typisk strekning i nedre del av Slevikbekken. **Høyre:** Munningsområdet til Slevikbekken.

Bekken har i utgangspunktet gode forhold for ørret mellom veianlegget og Krøderen (Fig. 3). Det er stedvis gode skjulmuligheter for ørret. Bekkedalen har tett kantvegetasjon med til dels tett overhengende bladkrone. Bekken er i dag preget av sedimentering av fine masser som er tilført fra veianlegget og dette ligger som et grått belegg på stein og mose. Det er ganske høy fortetning av finere masser og substrat egnet for gyting er beskjedent.



Fig. 4. Betydelige mengder organisk materiale deponert på jordet med avrenning i Slevvikbekken.

Bekken har tidligere hatt svært høy pH på grunn av sementproduksjon i bekkens øvre del (noen kilometer ovenfor Krøderen). Det ble i 2007 målt pH til 13-14, og det var kritikkverdige forhold på sementanlegget.

Det var også lagt ut betydelige volumer av organisk materiale med usikker opprinnelse (gammelt gress, muligens silo) på et jorde i umiddelbar nærhet til bekken og med tilsig til bekken (Fig. 4). Uten at det er analysert må det regnes med et betydelig tilsig av organisk materiale til bekken fra dette deponiet.

Høydegradienten på tilgjengelig strekning er lav og gjedde er vurdert å kunne vandre like langt som ørret. Munningsområdet er evjepreget (areal ca1 hektar) med betydelig vannvegetasjon, vesentlig sumpplanter. Området må betegnes som svært velegnet som gyte- og oppveksthabitat for gjedde.

Enderudelva

Dette er en liten bekk med stor høydegradient allerede fra Krøderen. Bekken er storsteinet, og med stadige små fosser er det vanskelig å angi det absolutte vandringshinderet, spesielt knyttet til forskjellige vannføringer (Fig. 5). Men høyst trolig ligger det et sted mellom Krøderen og veien

(Fig. 6), dvs, en strekning for oppvandring på ca 60 meter Det er til dels tett vegetasjon inntil bekken, og det er svært gode skjulmuligheter for ørret. Bekken har ytterst få områder med typisk gytesubstrat for ørret, og gytesubstrat bør vurderes lagt ut i bekkens nedre del.

Med stor høydegradient er det lite sannsynlig med oppvandring av gjedde i Enderudelva. Bekken munner ut i en storsteinet strandsone direkte i Krøderen uten stilleflytende parti (Fig. 5).



Fig. 5. **Venstre:** Typisk strekning i Enderudelvas nedre del. **Høyre:** Utløpsområdet til Enderudelva.



Fig. 6. Sannsynlig vandringshinder for oppvandring i Enderudelva.

Trommaldelva

Trommaldelva er relativt stor, og har godt ørrethabitat fra Krøderen og opp til første vandringshinder etter ca 250 m. Høydegradienten er moderat, og gjedde kan vandre like langt opp som ørret. Elva er til dels storsteinet, og det er gode skjulmuligheter (Fig. 7). Gytesubstrat er til stede, men kun flekkvis og i små mengder. Gytesubstrat bør vurderes lagt ut i øvre del av tilgjengelig strekning.



Fig. 7. **Venstre:** Trommaldelva ved jernbanebrua. **Høyre:** Trommaldelvas utløp.

Utløpsområdet består av en utvasket strandsone og med noe gress langs land (Fig. 7). Ved høy vannstand om våren vil trolig gjedde gyte her, men det er små arealer og området ellers er lite egnet oppveksthabitat for gjeddeunger.

Solheimselva

Elva har moderat og jevn høydegradient med større stein og har svært gode skjul- og oppvekstområder for ørret (Fig. 8). Egnet gytesubstrat er svært lav. Ørret er vurdert å kunne vandre ca 1,1 km opp, der et trangt gjel gir flere fosser som er vanskelig å forsere. Elva er relativt bred og har betydelig potensiale som gyteelv for ørret fra Krøderen. Gytesubstrat bør vurderes lagt ut i den øvre delen av tilgjengelig strekning.

Utløpsområdet består av en utvasket strandsone av stein og på land er det typisk skogbunn (Fig. 8). Utløpsområdet er ikke egnet for gjedde, verken gyting eller oppvekst.

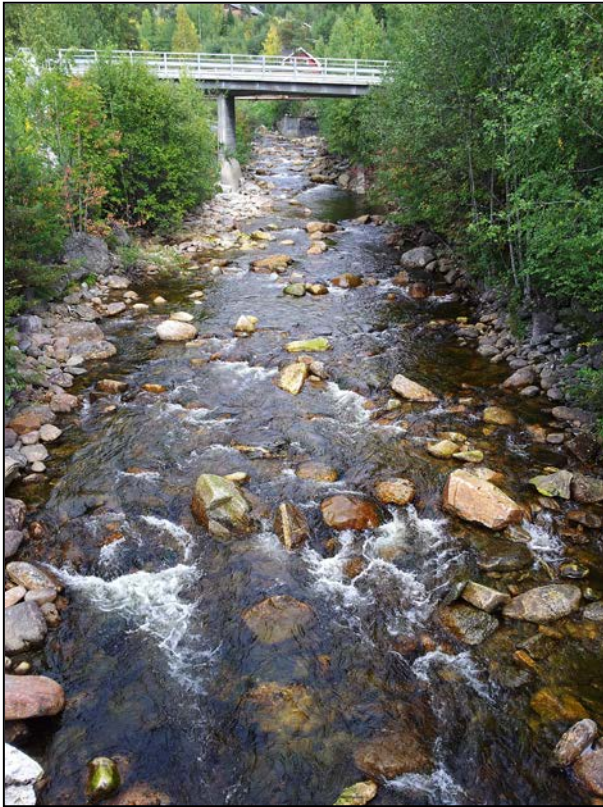


Fig. 8. **Venstre:** Solheimselvas nedre del. **Høyre:** Utløpsområdet til Solheimselva inn i Krøderen.

Gulsvikelva, vestre løp

Elva har lav høydegradient fra Krøderen og opp til første foss etter ca 450 m. Her deler elva seg og går i to løp ned til Krøderen. Elva består av kulper, stryk og er roligflytende i store svinger (Fig. 9). Rullestein i mange størrelser gir gode skjulforhold for ørret. Det er noe fortetning av sand og dette er sterkt økende ned mot vannspeilet til Krøderen, dvs. nedenfor nederste stryk. Det er flotte oppvekstmuligheter for ørret. Stedvis er det store områder med gytesubstrat, og gytesubstrat er vurdert å ikke være begrensende faktor. Det er ikke funnet årsunger av ørret verken i 2006, 2007 eller 2014, men gjedde er funnet på den undersøkte lokaliteten ca 300 m opp fra Krøderen både i 2007 og i 2014.

Munningsområdet til Gulsvikelva består av deponerte avsetninger av løsmassetransporten til Hallingdalselva. Her er det meandere og store grunnområder med vegetasjon (Fig. 9). Her er det meget gode gyte- og oppvekstarealer for gjedde.



Fig. 9. Øverst venstre og høyre: Typisk parti for de ørretførende deler av Gulsvikelva. Nederst venstre: Vandringshinder ca 450 m opp fra Krøderen. Nederst høyre: Munningsområdet ved Krøderen.

Buøyneelva

Elva er storsteinet, til dels blokkpreget og elvesengen gir inntrykk av at elva er preget av perioder med flom med flere flomløp (Fig. 10). Elva har stor høydegradient. Det er vanskelig å peke på et veldefinert vandringshinder, og på grunnlag av «NorgeiBilder» er det antatt at ørret kan vandre ca 600 m opp fra Krøderen. Trolig er dette avhengig av vannføringen. Det er ikke funnet årsunger av ørret, verken i 2006, 2007 eller 2014, men eldre ørretunger er funnet i rimelige tettheter. På den befarte strekningen ble det ikke sett egnet gytesubstrat, og utlegging bør vurderes om dette også er mangelfullt høyere opp i vassdraget. Det er gode skjul- og oppvekstmuligheter for ørret.

Ved munningsområdet deler elva seg i minst 4 svært grunne løp, noe som kan gjøre oppvandring for større ørret vanskelig ved lave vannføringer.

Det er noe begroing av gress nær de to midterste løpene i utløpsområdet, men arealet er svært lite og trolig lite attraktivt for gjedde.



Fig. 10. **Venstre:** Typisk elvestrekning i Buøyneelva. **Høyre:** Strandsonen ved Buøyneelvas utløp i Krøderen.

Ringneselva

Elva er storsteinet og har fine skjulmuligheter for større rekrutter (Fig. 11). Vandringshinder er angitt ca 1200 m opp fra Krøderen på grunnlag av «NorgeiBilder». Årsunger er funnet i rimelige tettheter på begge de undersøkte lokalitetene. Dette sammen med fravær av gjeddeobservasjon og et utløpsområde i Krøderen som ikke har typisk gjeddehabitat, gjør at Ringneselva vurderes som en viktig rekrutteringselv for ørret til Krøderen.

Ringneselva har lite egnet gytesubstrat, og dette bør vurderes lagt ut i øvre del av den tilgjengelige strekningen.

Før den renner ut i Krøderen danner den flere løp. Det østre løp ble befart i denne undersøkelsen, og det er usikkert om alle løp vanligvis har vannføring.

Munningsområdet har ikke egnet habitat for gjedde fordi strandsonen i hovedsak består av utvasket stein med høy fortetning av sand (Fig. 11).



Fig. 11. Venstre: Ringneselva rett oppstrøms vei. **Høyre:** Ett av Ringneselvas utløp i Krøderen.

Bølingen

Dette er en mindre bekk med stor høydegradient og fisken kan vandre litt over 200 m til et vandringshinder. Substratet er storsteinet med lite fortetning av finere løsmasser og stedvis er det tett overhengende vegetasjon. Opp mot vandringshinderet var kantvegetasjonen fjernet. Det er gode skjulmuligheter for ørret (Fig. 12), og det ble funnet årsunger, relativt høye tettheter av eldre unger og enkelte gytefisk, der noen var merket ved fettfinneklipping. Substratet var litt vel grovt for gyting og markerte gytegrøper ble ikke sett. Utlekking av gytesubstrat i bekkens øvre del bør vurderes.

Bølingen munner som storsteinet bekk direkte ut i Krøderens strandsone (Fig. 12). Utløpsområdet er ikke egnet for gjedde.



Fig. 12. Venstre: Typisk parti av Bølingen. **Høyre:** Bølingens utløpsområde i Krøderen.

Bjørelva

Dette er en relativt stor elv med flat elvebunn (Fig. 13) og med antatt vandringsmulighet 2,7 km opp til Leirkvennefossen, noe som gjør at Bjørelva har det største tilgjengelige elvearealet for

ørret av de undersøkte innløpsbekkene. Elva er stedvis storsteinet, men med lav høydegradient i nedre del er det også endel sand. Det er gode skjulmuligheter for ørret og stedvis er det godt gytesubstrat. Det ble ikke funnet årsunger av ørret, verken i 2007 eller i 2014, og med bare svært lav tetthet i 2006. Det ble imidlertid funnet eldre rekrutter alle år, men også årsunger av gjedde. Det er enkel oppvandring for gjedde.

En større lagune dannet av sand ligger ved nordsiden av Bjøreelvas utløp i Krøderen (Fig. 13). Denne har noe vegetasjon av gress og store grunnområder, noe som kan være egnet for gjeddegyting. Det kan også være gode oppvekstmuligheter for gjeddeunger i og nær denne lagunen.



Fig. 13. **Venstre:** Bjøreelva nær Krøderen. **Høyre:** Munningsområdet til Bjøreelva. En liten del av Sandtangen synes på bildet.

Søre Bjøreelva

Elva er en mindre bekk med stor høydegradient som går i mange svinger i en smal streng (Fig. 14). Stedvis er elva storsteinet, men med mye fin grus og sand. Stedvis er det flott gytesubstrat, spesielt for mindre gytefisk. Gytefisk på 20-25 cm ble observert. Elva er preget av tett overhengende vegetasjon. Det absolutte vandringshinderet er vanskelig å angi, og vandringsstrekningen ansees som diffus der flere fall til sammen gjør oppvandring stedvis vanskelig og trolig mye avhengig av vannføringen.

Elva hadde påfallende stor tetthet av årsunger på avfisket strekning, og elva må på tross av sin beskjedne størrelse anses som en viktig gyteelv for ørret.

Elva renner ut i en evje på ca 0,8 hektar som vurderes som ideell for gjeddegyting og oppvekst av gjeddeunger (Fig. 14). Evja munner ut i et grunnområde av Krøderen og marbakken starter ca 130 m ut fra land (ref: «Norgebilder»). Her ble det også observert vannplanter anslagsvis 60 m ut i Krøderen.



Fig. 14. **Øverst venstre:** Typisk strekning i Sørre Bjørelva, med fint ørrethabitat og tett vegetasjon. **Øverst høyre:** Område med store tettheter av årsunger av ørret. **Venstre under:** Parti fra evje nær Krøderen. **Høyre under:** Utløpsområdet ved Krøderen er vurdert som ideelt område for gjedde.

Fyranelva

Elva har en naturlig foss bestående av grunnfjell med direkte fall ned i Krøderen, eller mer presist til et relativt langt stilleflytende elveløp i samme nivå som Krøderen (Fig. 15). Ved lav vannstand i Krøderen er det et 5-10 m langt stryk med steinet substrat før det stilleflytende elveløpet begynner, og ørretsubstrat i stryk utgjør 100-150 m². Det ble funnet årsunger og eldre ørretunger nedenfor fossen. Fossen anses som vandringshinder for ørret som kommer fra Krøderen.

Selve utløpsområdet fra fossen og ut i Krøderen har et flodpreget strekk på ca 1,5 km (ca 3,5 hektar) som går over i et større evjesystem på ca 4 hektar som bryter inn i dyrka mark. Her er det rik vannvegetasjon og en smal, delvis glissen, randzone av kantvegetasjon mot den dyrka marken. Under høy vannstand vil noe av den dyrka marka ned mot evjene stå under vann. Videre er det et stort grunnområde som strekker seg østover og over 400 m ut i selve Krøderen. Dette vannsystemet er nok et område som raskt blir varmt om våren og med sin rike vannvegetasjon mot land vil det trolig være særdeles attraktivt for gjedde her, både til gyting og oppvekst.



Fig. 15. **Venstre:** Foss ved Fyranelvas utløp i Krøderen. **Høyre:** Nedenfor fossen er det flott habitat for ørret før stilleflytende parti videre ut i Krøderen.

Børkeseterelva

Børkeseterelva er en bekk med mye grunnfjell i dagen og er hurtigrennende med mye elvemose (Fig. 16). Det er gode skjulmuligheter, men trolig fravær av gytesubstrat. Det er tett kantvegetasjon. Tilgjengelig strekning for oppvandrende fisk fra Krøderen er ca 100 m. Det er et vandringshinder i form av en liten foss som ligger ca 40 m nedstrøms veien. Et nytt hinder ligger 40 m oppstrøms veien.

Få meter ovenfor Krøderen er det en mindre foss som ørret opplagt kan passere, men som sannsynligvis er et naturlig vandringshinder for gjedde (Fig. 16). Selve utløpet i krøderen er i en grunn vestvendt bukt. Her sto smågjeddene tett blant elvesnelle på grunt vann da feltarbeidet ble gjennomført.



Fig. 16. Øverst venstre og øverst høyre: Typisk parti fra Børkeseterelva, med mye grunnfjell, større stein og med tett vegetasjon. Nederst venstre: Vandringshinder i Børkeseterelva ca 100 m ovenfor Krøderen. Nederst høyre: Utløpsområdet av Børkeseter er preget av vannvegetasjon og fine forhold for gjeddeunger.

6. Diskusjon av tiltak

Terskler

Det er ikke kjent når på sommeren gjeddeunger vandrer opp i bekkene, om de står i bekkene permanent etter oppvandring eller om det er stadige vandringer mellom munningsområdene og bekkene. Gjedde regnes for en dårligere vandrer i elv enn ørret, og et vandringshinder for ørret vil derfor også være et vandringshinder for gjedde.

For bekker med stor høydegradient vil gjeddeunger naturlig ha problemer med oppvandring, selv der det ikke er totalt vandringshinder. Det vurderes som lite aktuelt å lage terskler i denne type bekker.

For 2 av bekkene er det vandringshinder for gjedde i utløpsområdet mot Krøderen. Det er i Fyranelva og i Børkeseterelva. I Fyranelva er dette også et vandringshinder for ørret, og her bør det etableres vandringsvei for ørret, men det må ikke innebære oppvandring av gjedde, fordi det forenkler innvandring av gjedde videre opp i vassdraget til Fyranvatnet og Glessjøen. Det kan her graves på nordsiden av fossen, eventuelt med utlegging av større stein i fossen, eller kombinere dette med uthamring av selve grunnfjellet, som kan muliggjøre oppvandring av ørret.

I Børkeseterelva er det en naturlig terskel som ørret kan forsere, men ingenting tyder på at gjedde kan vandre opp. Det er observert betydelig tetthet av smågjedde i utløpsområdet uten at gjedde er funnet i bekken. I tillegg ble det i 2007 funnet finneklippet ørret som med all sannsynlighet hadde vandret opp fra Krøderen.

Etablering av gjeddeterskler vil derfor primært være aktuelt i bekker med lav høydegradient, dvs. for Slevikbekken, Trommaldelva, Gulsvikelva og Bjørelva. I de tre sistnevnte er gjedde observert minst en gang i årene 2006, 2007 eller 2014. Slevikbekken var i 2014 preget av anleggs-virksomhet, og i 2006-2007 preget av svært høy pH pga. anlegg for sementblanding og dårlig fungerende fangdammer som ga ulevelige forhold for fisk (Brabrand 2007).

For de øvrige tre bekkene frarådes bygging av terskel. Terskel i de nedre deler av bekkene med lav høydegradient vil føre til lav vannhastighet i «dammen» ovenfor terskelen, og dette arealet vil gå på bekostning av ørret til fordel for ørekyte og eventuelt gjedde som på tross av terskel kan ha vandret opp. I tillegg er det usikkerhet knyttet til hvordan slike terskler skal utformes for å kunne fungere ved ulike vannføringer, dvs. hindre gjedde, men slippe forbi ørret.

Tabell 5. Oppsummering av elvenes beskaffenhet, egnethet for gjedde og mulig utlegging av gytesubstrat for ørret i øvre del.

Lokalitet	Gjedde observ.	Utløp i Krød. Egnethet for gjedde	Nat. terskel i nedre del	Lav gradient	Stor gradient	Utlegging av gytesubstrat i øvre del
Slevikbekken*	-	+++		X		
Enderudelva*	-	-			X	X
Trommaldelva	+	+		X		X
Solheimselva	+	-			X	X
Gulsvikelva	+	+++		X		
Buøyneelva	-	-			X	X
Ringneselva	-	-			X	X
Bølingen*	-	-			X	X
Bjørelva	+	+++		X		X
Søndre Bjørelva*	-	+++			X	
Fyranelva	-	+++	+			
Børkeseterelva	-	+	+			X

*Undersøkt kun i 2014

Gytesubstrat for gjedde

Flere av bekkene er storsteinet, til dels med lite eller flekkvis innslag av gytesubstrat. Flere bærer preg av å være utsatt for stor vannføring, noe som gir bare ytterst små områder med gytegrus i de øvre deler av den tilgjengelige strekningen for ørret fra krøderen.

Et tiltak vil derfor være utlegging av gytesubstrat for ørret. Dette bør legges ut i de øvre deler av den strekningen som er tilgjengelig for ørret på oppvandring fra Krøderen, og da helst i utløpsområde av egnete kulper. Utlegging i øvre del vil minimere predasjon fra gjedde, og det vil føre til naturlig spredning av årsunger av ørret nedover i bekkens lengderetning ned mot Krøderen. Det er sannsynlig at utlegging av gytegrus må gjentas med jevne mellomrom pga. flommer som vil frakte gytesubstratet nedover.

Utløpsområdene ved Krøderen

Det er store forskjeller i bekkenes utforming der de renner inn i Krøderen. For 5 av bekkene er det storsteinet bunnsubstrat med høy vannhastighet direkte ut i steinet strand i Krøderen, og det er sannsynlig at predasjon fra gjedde på ørret ved utvandring her er lav.

For 5 av bekkene er det typisk gjeddehabitat med vannvegetasjon langs land i et mer eller mindre langt og grunt elveløp ut mot selve Krøderen. Elveløpet er her beskyttet for vindeksponering og dette gir derved grunnlag for soloppvarming i grunne områder. Utvandring av ørret fra bekk til innsjø gjennom slike grunne områder er med all sannsynlighet forbundet med stor predasjonsrisiko fra større gjedde, og det er sannsynlig at det her ligger et betydelig «tap» av ørret.

Det forvaltningsmessige spørsmålet er om predasjonsrisikoen i denne sistnevnte elvekategorien kan reduseres. Her vil følgende ha betydning; ¹⁾ gjeddebestandens størrelse i munningsområdet, ²⁾ habitatkvaliteten for gjedde, og ³⁾ elvens utstrekning før åpent farvann i Krøderen.

- 1) Gjedefbestandens størrelse i området vil sannsynligvis avhenge av innvandring ifb. med gyting. Flomsituasjon i elvene vil gjøre det vanskelig med avstenging for å hindre innvandring. Hard beskatning i gytetida lokalt kan ha betydning, og bør derfor vurderes. Innvandring til bekkeinnløpene vil avhenge av vannstanden i Krøderen, der lav vannstand før og under gyteperioden vil gjøre innvandring mindre attraktivt for gjedde.
- 2) Habitatkvaliteten for gjedde vil i gytetida avhenge av om vannstanden i Krøderen «når» opp til gammel vannvegetasjon. Holdes vannstanden lavt lenge nok, dvs. til etter gytetida, vil gytesuksessen til gjedde reduseres betydelig.
- 3) Elvenes lengde i utløpsområdet som stilleflytende område vil være mindre når vannstanden i Krøderen er lav fordi det da vil være rennende vann lengre ut i Krøderen.

Det er usikkert når på året ørret vandrer fra bekkene og ut i Krøderen, men uansett utvandringstidspunkt vil lav vannstand forut for og i gyteperioden gi mindre gytesuksess hos gjedde. Det må antas at lavere gytesuksess vil gi lavere tetthet av årsunger av gjedde og derved

kunne gi mindre oppvandring av gjedde til bekkene og lavere tetthet av gjedde i munningsområdet.

7. Litteratur

- Brabrand, Å. 2007. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen. Rapp. Lab. Ferskvøkol Innlandsfiske, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, 250, 39 s
- Brabrand, Å. 2009. Tetthet av ørretunger i tilløpselver til Krøderen og i Hallingdalselva. Rapp. Lab. Ferskvøkol Innlandsfiske, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, 267, 15 s
- Brabrand, Å., Bremnes, T., Pavels, H. og Saltveit, S.J. 2011. Biologiske undersøkelser i Numedalslågen. Del 1: Fiskeribiologiske undersøkelser i Lågen i Veggli, Rollag og Flesberg kommuner, med et tillegg om elvemusling. *Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo*. Rapport nr. 12, 1-46.
- Coble, D.W. 1972. Ecological significance of vegetation to northern pike, *Esox lucius*, spawning. Trans. Am. Fish. Soc. 117: 495-502
- Enerud, J. og Garnås, E. 1990. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen, Flå og Krødsherad kommuner. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 14, 33 s
- Hassler, T.J. 1970. Environmental influence on early development and year-class strength of northern pike in Lakes Oahe and Sharpe, South Dakota. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 369-375
- Holland, L.E. & Huston, M.L. 1984. Relationship of young-of-the-year northern pike to aquatic vegetation types in backwaters of the upper Mississippi River. North Am. J. Fish. Manage. 4:514-522
- Inskip, P.D. 1982. Habitat suitability index models: northern pike. FWS/OBS-82/10.17.U.S. Fish and Wildlife service.
- Johnsen, F.H. 1957. Northern pike year-class strength and spring water levels. Trans. Am. Fish. Soc. 86:285-293

Del 2: Fisketetthet i Krøderen målt med hydroakustikk

Atle Rustadbakken

8. Bakgrunn

Hydroakustiske prinsipper

Hydroakustiske undersøkelser (ekkoloddregistreringer) utføres ved å sende lydimpulser ut i vannet med kjent styrke og retning for deretter å lytte etter og registrere ekko som slår tilbake fra fisk og andre objekter i vannet samt bunnen. Tidsforsinkelsen forteller umiddelbart noe om avstanden til et objekt eller bunn. Men både lydimpulser og ekko svekkes av spredning og absorpsjon på sin vei gjennom vannet. Dette er imidlertid kjente fysiske sammenhenger som, forutsatt korrekt kalibrering samt rett parameterinnstilling av vannkvalitet og temperatur under registreringer, kan korrigeres for elektronisk.

Den registrerte ekkostyrken (TS) blir dermed avhengig av objektenes egenskaper som tetthet, størrelse og fasong. Ved vertikal ekkolodding treffer lydimpulsene majoriteten av fiskene dorsalt. Da har det ikke noe å si om fisken har sitt hode vendt mot øst, vest eller nord. Det er utledet en rekke formler som angir sammenhenger mellom TS og fiskens kroppslengde. Disse er imidlertid arts- eller artsgruppespesifikke og kan også være lokalitetsspesifikke. Ved horisontal ekkolodding treffer lydimpulsene fisken sideveis fra alle mulige kanter. Fiskekroppens vinkel (aspekt) påvirker refleksjonen betydelig. Dette vanskeliggjør beregning av fiskestørrelser fra horisontaldata da en liten fisk truffet fra siden kan avgi et sterkere ekko enn en betydelig større fisk truffet forfra eller bakfra. Det er fortsatt en sammenheng mellom TS og kroppslengde, men for horisontaldata er dette forholdet aspektavhengig.

Hydroakustikk er en fjernmålingsmetodikk der store vannvolumer kan kartlegges på relativ kort tid (CEN 2014). Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanndirektivet har i sin siste veileder for klassifisering av miljøtilstand i vann, inkludert hydroakustikk som aktuell metode for klassifisering av næringsbelastning i innsjøer av høyde type L (< 200 m o.h.) (Direktoratsgruppa 2013). Ekkoloddet ser ikke forskjell på arter så det må i tillegg gjøres innsamling av biologiske prøver for å verifisere artsfordelingen i innsjøen. Vi måler også temperaturprofiler for å få kontroll over de fysiske forutsetningene som påvirker lydshastighet spesielt. I tillegg samles det også ofte inn beskrivende data som oksygenkonsentrasjoner, som i særlige tilfeller kan danne begrensninger i fiskens levelige vannvolumer. Andre biologiske prøver som eks. dyreplanktonsammensetning og -størrelse, vil også kunne fortelle oss en del om fiskebestanden både med tanke på artssammensetning og tetthet (beitetrykk). Ekkoloddregistreringer bør gjennomføres i den tid fisken står mest mulig spredt i de frie vannmassene (pelagialen) i innsjøen. I norske innsjøer som Krøderen, antas det at nattregistreringer gir de mest dekkende data over fiskens tetthet, biomasse og størrelsessammensetning.

9. Materiale og metoder

CTD-Ox-måling

Til måling av temperatur- og oksygenprofiler brukte vi en EXO2-sonde. Dette er en multiparameter 6-ports vannkvalitetssonde som, foruten dybde, temperatur og ledningsevne, også var påmontert optiske sensor for oksygen og turbiditet (www.exowater.com/exo2, Figur 1). Sondeprofiler ble tatt i de fire dypeste bassengene i innsjøen (Figur 3). Før måling ble sonden akklimatisert i overflatelaget i 5 minutter. Sonden foretar målinger 2x per sekund, og sonden ble senket med en hastighet på ca 30 cm i sekundet. Kun målinger fra nedoverturen ble benyttet.



Figur 1. Sonden (EXO2) som ble brukt til måling av temperatur-, oksygen- og turbiditetsprofiler. Kilde: www.ysi.com

Ekkolodd

Utstyret

Ekkoloddet består av en transceiver (sender/mottaker), én eller flere transducere (svingere), en GPS og en PC for å visualisere og lagre rådata fra både transceiver og GPS. På mindre mobile enheter/båter, som det vi oftest benytter, sitter svingerne gjerne montert på braketter som kan senkes fra overflatestilling under transport ned til mellom 0.3 og 1.5 m under vannoverflata under registrering. Utstyret kan også monteres stasjonært enten fra overflata kikkende nedover, horisontalt eller fra bunn kikkende oppover. Båtene vi benytter varierer i størrelse fra små lette joller til større daycruisere eller fiskebåter. Det er en fordel å ha en båt med god stabilitet (spesielt ved bruk av horisontalt ekkolodd). En GPS (helst kartplotter) er til stor hjelp for å holde kurs.



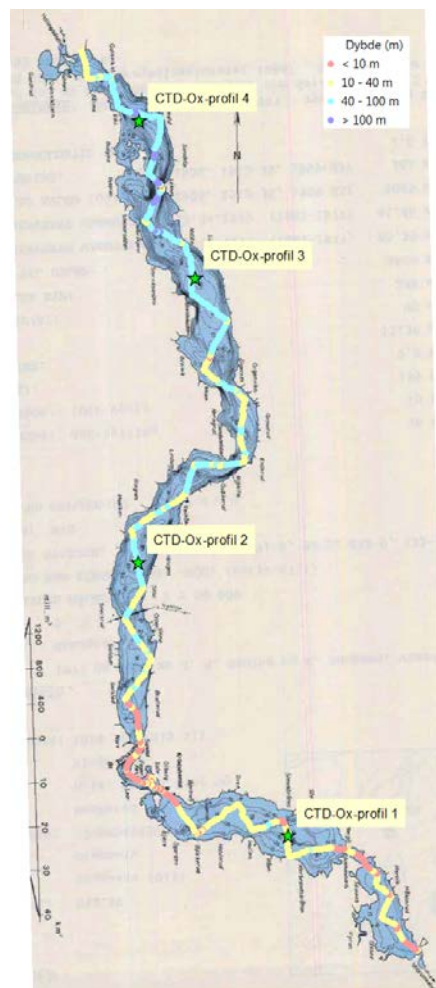
Figur 2. Typisk ekkoloddbåt for større innsjøer oppsatt med to svingere (tranceivere; bilder innfelt), en 11 grader rettet vertikalt på babord side og en 7 grader rettet horisontalt på styrbord side. Selve ekkoloddet (transducer) og prosesserings-PC er oppmontert inne i kabinen på båten.

Surveydesign og dekningsgrad

Ekkoloddundersøkelsen ble gjennomført på natta 18.-19 september (Figur 3). Transektdesignet ($L=47.579$ km) var sikksakk med en dekningsgrad ($L/\sqrt{A}$) på 7.2. Det ble benyttet en kombinasjon av en 11 graders vertikal og en 7 graders horisontal svinger ved multipleksing (Figur 2). Under ekkoloddregistreringen var det stjerneklart og stille første del av natta, deretter litt vekslende mellom noe vind og vindstille (synes tydelig på horisontaldataene). Det var noe tåke på det mørkeste.

Maksdybde registrert under kartleggingen var 132 m.

Figur 3. Et gammelt dybdekart over Krøderen laget i 1958-1959 påført våre surveylinjer og posisjoner for CTD-Ox-profiler 18.-19. september 2014. Dybde under båten langs ekkoloddtransektene er angitt med fargeskala fra rødt (0-10 m dyp) via gult (10-40 m) og blått (40-100 m) til lilla (>100 m dyp). Kartkilde NVE.



System- og parameterinnstillinger

Transceiver type Simrad EK60 splitbeam
 Transducer 1: Simrad_ES70-11 (rettet vertikalt)
 Transducer 2: Simrad_ES70-7c (rettet horisontalt)
 Frekvens: 70 kHz
 Transducerdybde: 30 cm
 Pinghastighet: 1 ping s⁻¹
 Puls lengde: 256 μs
 Effekt: 240 W

Programvare og analysestandarder

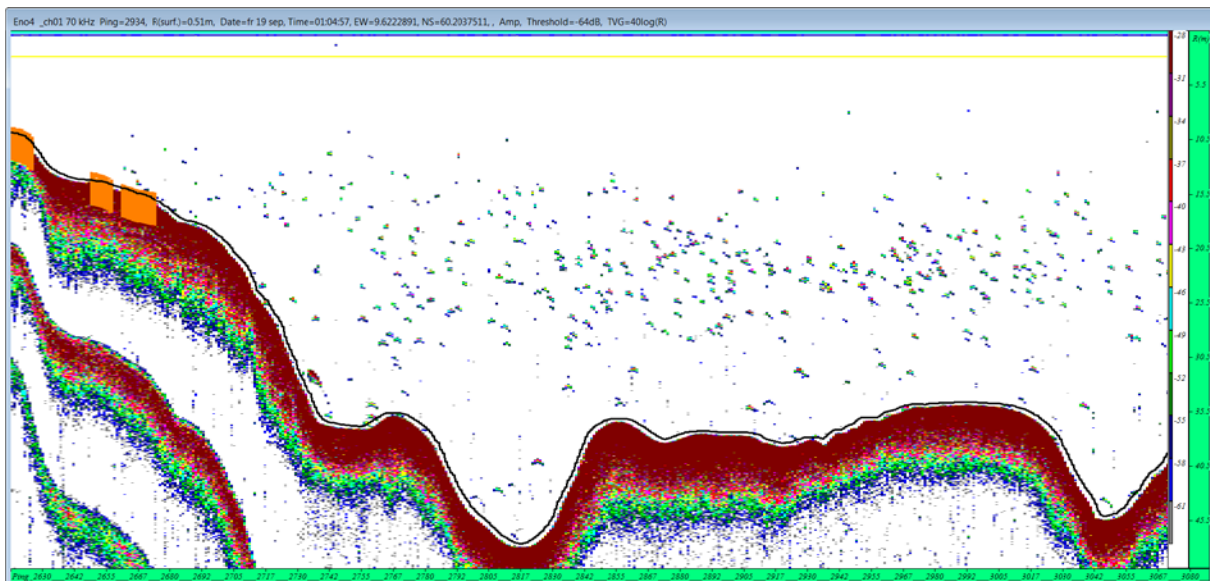
Til innsamling av ekkoloddata har vi benyttet ekkoloddprodusentens egen programvare SIMRAD ER60. Til etterbehandling og analyser har vi benyttet programmet Sonar5 Pro (S5) fra Lindem Data Acquisition (Balk 2014). Vi har behandlet dataene i tråd med standardprosedyre utarbeidet for De Store Sjøer (Parker-Stetter et al. 2009) og den nye europeiske standarden for kartlegging av fiskebestander med hydroakustiske metoder (CEN 2014). Gjennom postprosessering har vi utført bunndeteksjon, støyfjerning samt satt terskel mellom støy og biologi før vi beregnet volumtettheter (antall per m³ vann), arealtettheter (antall per ha), biomasser (antall kg per ha) og størrelsesfordelinger av fisken (enten som TS (dB) eller som kroppslengder (cm)).

Alle ekkoloddata er geolokaliserte og fremstilling av fisketetthet og -biomasse gjøres både i tabellform og i GIS (kart). Enkeltindividdata med ekkostyrke, registreringstid og -posisjon i X, Y og Z er også eksportert, men videre behandling av disse ligger ikke innafor oppdraget i dette prosjektet.

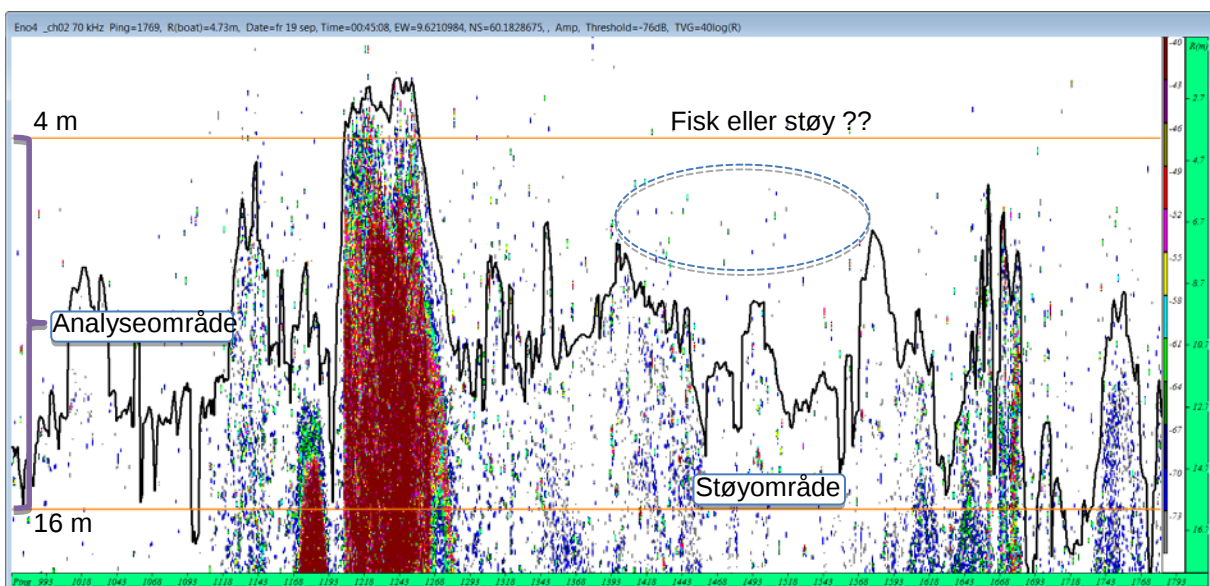
Støybehandling, terskling, dybdestratifisering samt ekkostyrke (TS) vs. lengde (cm) og vekt (g) på enkeltfisk

De vertikale ekkoloddataene viste objekter i hele vannsøylen, men ulike lag (stratifisering) pekte seg ut som forskjellige etter vurdering av tettheter og størrelsesfordelinger. Overflatelaget 0-2 m ble ekskludert fra vertikaldataene for å unngå upålitelige data i nærfeltet til svingeren (Figur 4). Likeså ble en bunnmargin på 0,3 m satt for å unngå å inkludere upålitelige data fra ekkoloddets dødsone ned mot bunnen. Overflatelaget ble forsøksvis analysert basert på horisontalekkodataene, men lav fisketetthet og fullstendig overlapp mellom de minste størrelsesgruppene av fisk og overflatestøy i Krøderen på undersøkelsestidspunktet gjorde dette vanskelig. De øverste to meterne er derfor her beregnet ut i fra en antakelse om samme tetthet og størrelsesfordeling som målt med vertikalsvingeren på dyp 2-3 m. Vertikalanalyser ble utført i lagene: 2-10 m, 10-40 m, 40-100 m og 100-132 m. Disse strataene ble så slått sammen igjen for her å kunne presentere tetthet, biomasse og størrelsesfordeling på fisk over og under sprangsjiktet på 10 m dyp. Parallelt med ekkoloddingen gjorde firmaet Naturrestaurering AS et prøvefiske med flermaskede garn (standard nordiske flytegarn) i bassenget utenfor Gulsvik nord i Krøderen. To flytegarn ble satt på 0-6 m og to flytegarn ble satt på 12-18 m dyp for å samle representativ fisk fra hhv. epilimnion og hypolimnion. På grunn av lave garnfangster denne natta, ble også fangstdata fra det øvrige prøvefisket dette året gjort tilgjengelig som støtte til ekkoanalysene (Naturrestaurering upublisert).

Horisontaldataene ble begrenset til vannvolumet i en avstand fra 4 til 16 m fra båten, forutsatt akseptable støynivå (max range detection limit). Med en horisontal svinger med 7 graders åpningsvinkel, vinklet korrekt mot overflaten, omfatter registreringen kun de øverste 2 m av vannsøyla (Figur 5).



Figur 4. Ekkogram fra vertikalsvinger. Den gule linja angir grensen til det ekskluderte overflatelaget (2 m dyp). Den svarte linja angir her bunn, inkludert en margin på 30 cm. Båten er lokalisert øverst og til høyre i figuren («dyp» = 0), og data til venstre er historikk.



Figur 5. Ekkogram fra horisontalsvinger. De to oransje horisontale linjene angir analyseintervallet (4-16 m unna båten styrbord side). Den svarte linja angir grensen for mulig analyseområde hvor støy er antatt innen akseptable rammer (dvs at lydstrålen ikke når opp i overflata eller treffer bunn eller land). Båten er lokalisert øverst til høyre i figuren («dyp» = 0), og data til venstre er historikk.

Som tidligere nevnt er sammenhengen mellom ekkostyrke i dB (TS) og fiskelengde i cm (TL) ofte artsspesifikk. Dette gjelder også for vekt-lengde-sammenhenger som benyttes for beregning av

biomasse fra lengdestrukturdataene. Tetthets- og biomasseberegningene avhenger dermed av hvilke funksjoner som legges til grunn for analysene og bør alltid vurderes nøye. Vi har her valgt å benytte følgende generelle sammenheng mellom ekkostyrke og fiskelengde for all fisk registrert med ekkolodd i Krøderen (Lindem 1982):

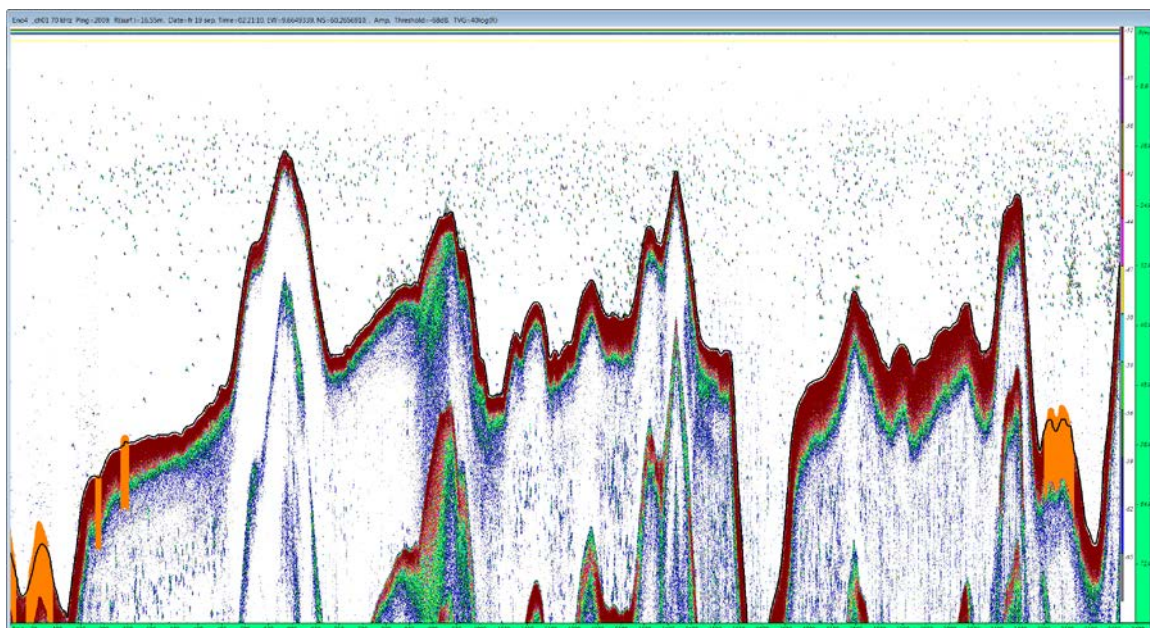
$$TS=20*\log(TL)-68 \quad (1)$$

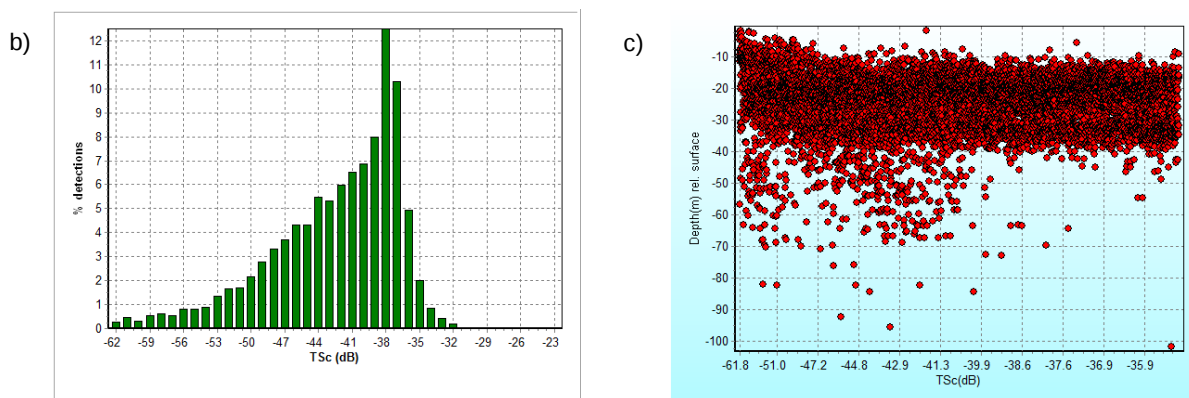
Etter vurdering av ekkostyrkefordelingen, ble enkeltfisktersklingen (SED) satt på -62 dB for vertikaldataene (Figur 6). Dette tilsvarer en fiskelengde på 2.0 cm i følge (1). På den måten skal også årets rekrutter i størst mulig grad være inkludert i tetthets- og biomasseberegningene. Horisontalregistrering ble også gjennomført for å gi en bedre dekning av overflatelaget av innsjøen. Disse dataene er imidlertid vanskeligere å analysere fordi ekkostyrken mottatt fra fisk her vil påvirkes vesentlig av aspektet fisken står i forhold til ekkoloddet. Siden aspektet i horisontalplanet er uforutsigbart, benytter kun ekkotelling i dette laget og relaterer dette til arts- og størrelsessammensetningen funnet i flytegarnfangster. Horisontalregistreringer krever vindstille forhold for å holde lydstrålen stabilt under overflata samt unngå luftbobler i vannet forårsaket av evt. bølger og regn. Det var hovedsakelig gode forhold under denne registreringen, men med en enkeltfiskterskling på -70 dB for å få med mest mulig av de minste fiskene med hode/hale-aspekt, var støybildet fullstendig overlappende.

For beregning av biomasse benyttet vi en kombinert vekt-lengde-sammenheng beregnet fra fisk fanget i begge prøvefiskenes i hhv. ultimo august og medio september (124 abbor, 57 sik, 12 gjedde og 5 ørret):

$$W=0.0091*L^{3.0059}, R^2=0.97 \text{ (n=198)} \quad (2)$$

a)





Figur 6. Typisk ekkogram fra registreringen (a) der orange områder er støy slettet manuelt fra dataene. Etter SED-tersking på -62 dB vises TS-fordeling i forekomst (b) og mot dyp (c). Vi ser at det står relativt lite fisk grunnere enn 10 m. Mellom 10 og 40 m står det fisk i alle størrelser (2-60 cm), mellom 40 og 100 m står det noe fisk mellom 2 og 25 cm, mens det under 100 m står veldig lite fisk (lav TS = liten fisk).

Økologisk status

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet har i sin nyeste veileder «Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann», beskrevet den nyutviklede indeksen WS-FBI (Weighted Stratified Fish Biomass Index) som er utviklet for å beskrive eutrofiering i innsjøer basert på ekkoloddata (Direktoratsgruppa 2013). To variabler inngår i denne indeksen: total biomassetetthet i epilimnion (BM_{Epi}) og total biomassetetthet i hypolimnion (BM_{Hypo}), der begge måles som kg/ha. Ut fra disse kan total biomassetetthet regnes ut som $BM_{Epi} + BM_{Hypo}$. WS-FBI regnes ut som:

$$WS_{FBI} = 7\widehat{BM}_{Tot} + \frac{R_{Hypo}}{\max(R_{Hypo})} \quad (3)$$

der $\widehat{BM}_{Tot} = \frac{\min(\log(BM_{Tot})) + 1}{\log(BM_{Tot}) + 1}$ og $R_{Hypo} = \frac{\log(BM_{Hypo} + 1)}{\log(BM_{Epi} + 1)}$

der $\min(\log(BM_{Tot})) = -0,015$ og $\max(R_{Hypo}) = 5,53$.

Ved å dividere innsjøens estimerte WS-FBI-verdi på referanseverdien 2,9 får man innsjøens EQR-verdi (Ecological Quality Ratio) og ved å sammenligne denne med klassegrenseverdiene i Tabell 1 finner man innsjøens økologiske tilstandsklasse.

Tabell 1. Klassifiseringsgrenser for økologisk tilstand ved bruk av WS-FBI-indeksen og korresponderende EQR-verdier (uttransformert og normalisert).

Klasse	Klassegrenser	WS-FBI-verdi	EQR (uttransf.)	EQR (norm)
Svært god	SG/G	2,00	0,69	0,80
God				
Moderat	G/M	1,50	0,52	0,60
Dårlig	M/D	1,25	0,43	0,40
Svært dårlig	D/SD	1,10	0,38	0,20

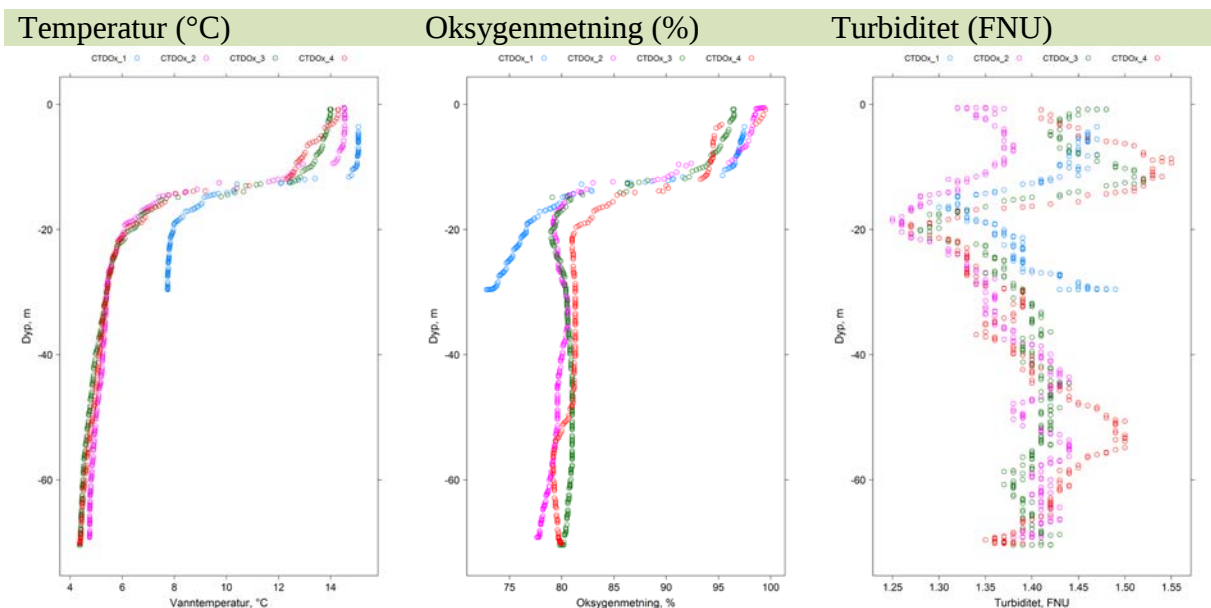
10. Resultater med vurderinger

CTD-Ox-måling og vannkvalitet

De fire vertikale profilene (Figur 3) som ble målt med EXO2-sonden viste alle et tydelig sprangsjikt ved 10-15 meters dyp (Figur 7). I epilimnion (over sprangsjiktet) lå temperaturen på 14-15 °C, mens oksygenmetningen lå på 96-99 % (omkring 10 mg/l). Under sprangsjiktet, i hypolimnion, sank temperaturen ned mot 4-5 °C og oksygenmetningen falt til 70-80 %. Turbiditeten for de samme profilene varierte en del nedover i dypet, men lå mellom 1.25 og 1.55 FNU på alle stasjonene.

Oksygenverdiene i epilimnion indikerte «Meget god» vannkvalitet (>80 %), mens verdiene fra hypolimnion indikerte tilstandsklasse «God» (50-80 %). Turbiditetsverdiene indikerte derimot «Mindre god» tilstand i hele vannsøyla på alle fire stasjoner ($1 < \text{Turb} < 2$, (Andersen et al. 1997)).

Gjennom overvåkingen av Hallingdalsvassdraget rapporterte Rambøll om en gjennomsnittlig totP = 6.8 ug/l ved utløp fra Krøderen i 2013. Dette tilsvarer tilstandsklasse «God» (Rambøll 2014).

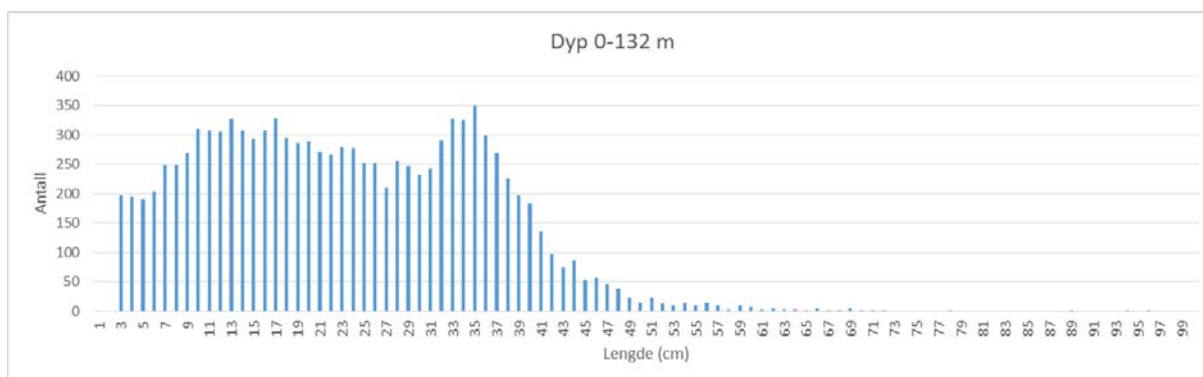


Figur 7. Temperatur-, oksygen- og turbiditetsprofiler for fire målestasjoner i Krøderen 18.-19.9.2014. Oksygen er oppgitt i % av temperaturjustert metningskapasitet.

11. Ekkolodd

Tetthet og biomasse

For hele innsjøen sett under ett, beregnet vi en fisketetthet på 759 fisk/ha [648; 870] (95 % CI) over 93 segmenter á 500 m. Dette tilsvarte en biomasse på 108 kg/ha [89; 126] (95 % CI). Basert på dette så er totalbestanden av fisk tilgjengelig for ekkoregistrering i Krøderen, i overkant av 3.3 mill. individer og 473 tonn. Fiskene dannet to tydelige topper i lengdefordelingen med fisker i størrelse 13-17 cm og 33-35 cm som dominerende, men det var også en liten økning mot de minste registrerte individene i materialet (Figur 8).



Figur 8. Lengdefordeling for hele innsjøen sett under ett viste to tydelige topper samt en liten økning i antall mot mindre fiskestørrelser.

Vertikal fordeling

Da Krøderen var sterkt stratifisert på undersøkelsestidspunktet, ønsker vi å se på hvordan fisken fordelte seg over og under sprangsjiktet (Tabell 2). For vannvolumet over sprangsjiktet (0-10 m), beregnet vi en fisketetthet på 262 fisk/ha [183; 341] (95 % CI) over 93 segmenter á 500 m. Dette tilsvarte en biomasse på 2.7 kg/ha [1.5; 4.0] (95 % CI). For vannvolumet under sprangsjiktet (10-132 m), beregnet vi en fisketetthet på 496 fisk/ha [420; 573] (95 % CI) over 93 segmenter á 500 m. Dette tilsvarte en biomasse på 105 kg/ha [87; 124] (95 % CI).

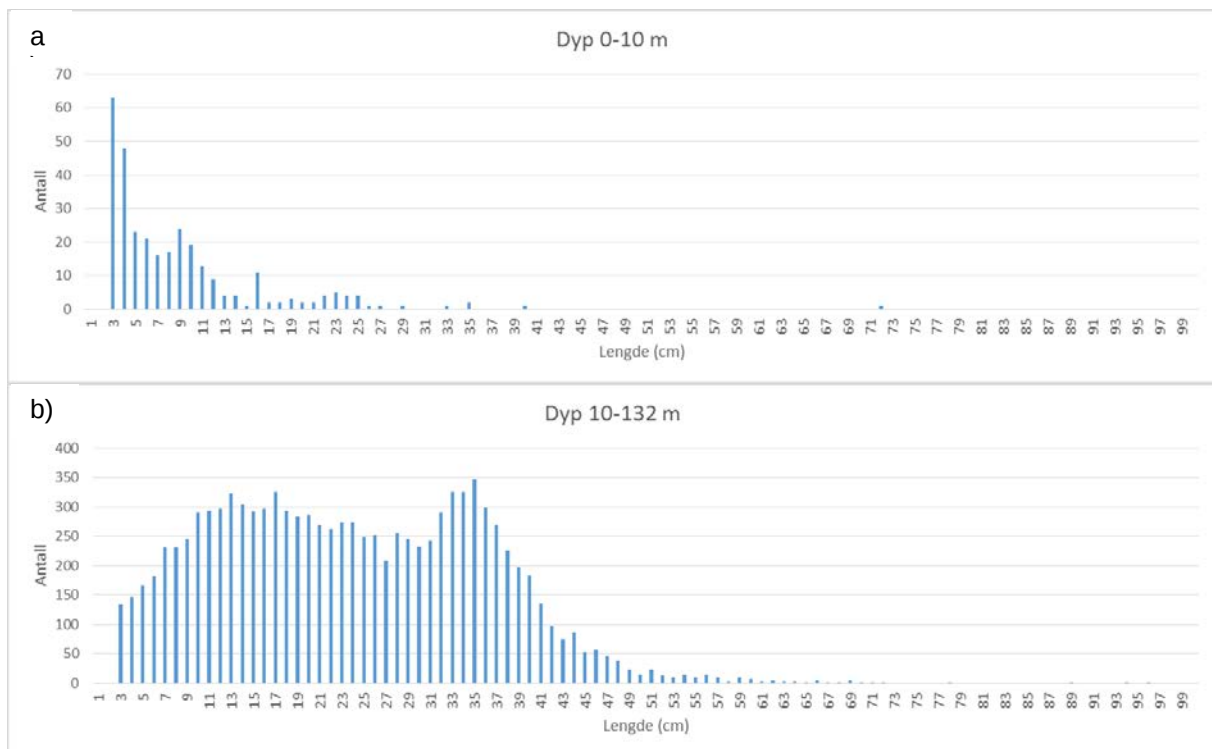
Tabell 2. Spesifikke analyseresultater for ulike strata i Krøderen, kartlagt 18.-19.9.2014.

Strata (m)	Tetthet (#/ha)	Biomasse (kg/ha)	Gjennomsnitts-vekt (g)	Andel enkelttekk (%)	Antall enkelttekk (#/segment)
0-2 *	87.6	0.29	0.6	66.6	0.32
2-10	182.5	2.53	42.2	52.2	3.13
10-40	500	109.8	204	63.8	115.5
40-100	37.7	2.07	78.8	24.8	8.35
100-132	6.11	0.378	124	13.7	0.33
0-132	758	107.9	149	62.3	118
Fordeling av fisk over og under sprangsjiktet					
0-10	262	2.71	47	59.6	3.3
10-132	496	105.2	210	65.5	114.4

* estimert etter antakelse om samme tetthet og størrelsesfordeling som i dybdelaget 2-3 m

Dette betyr at 65 % av fisken, tilsvarende 97 % av biomassen stod under sprangsjiktet på undersøkelsestidspunktet.

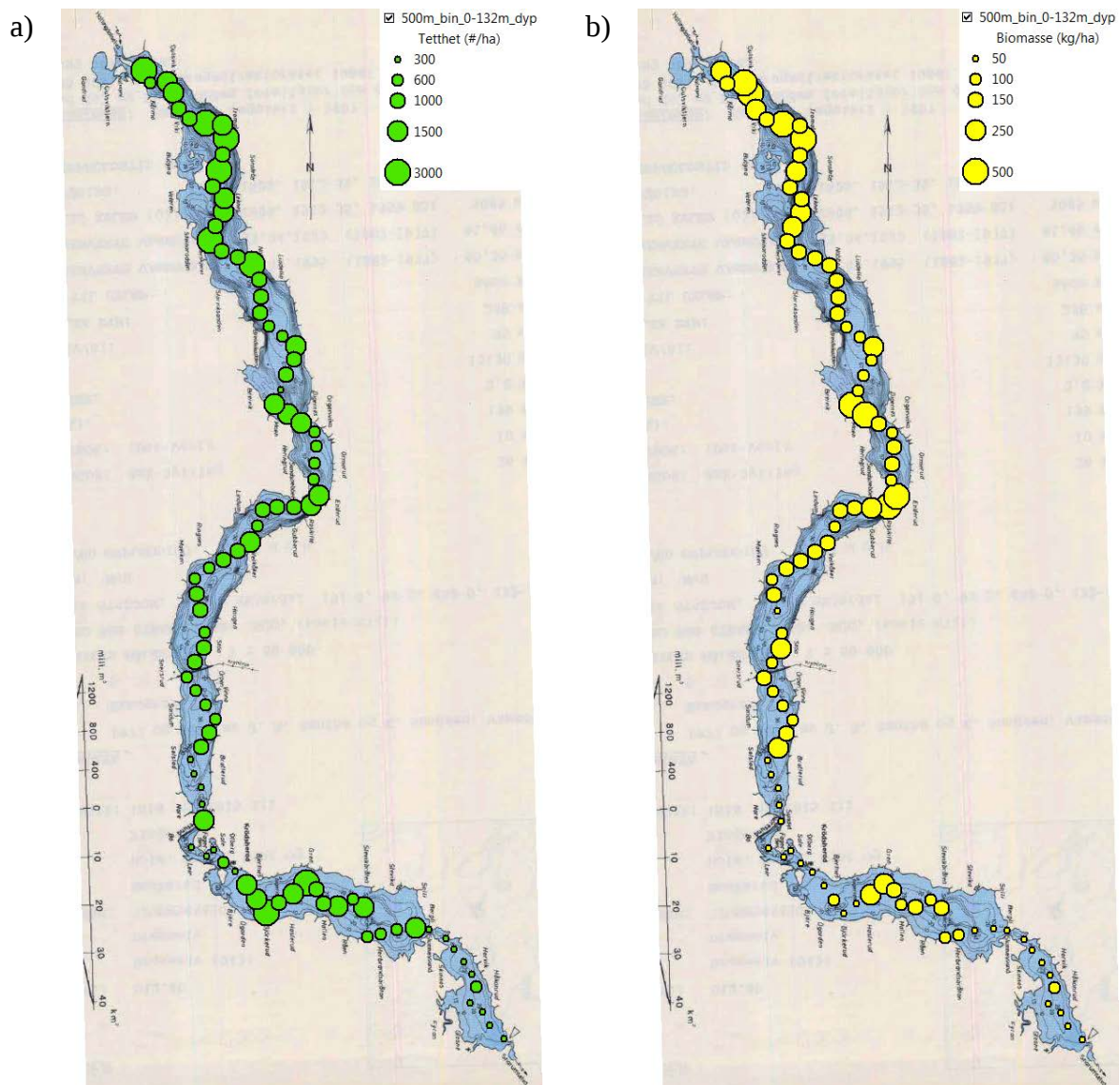
Lengdefordelingene for de to strataene hver for seg viser tydelig en segregering der det hovedsakelig var de minste fiskene (<15 cm) som benyttet de øvre vannlagene. Fisken som stod dypere enn 10 m var større og fordelte seg i en totoppet lengdefordeling (Figur 9).



Figur 9. Lengdefordeling for hele innsjøen splittet opp i to dybdelag (strata; a) 0-10 m, b) 10-132 m) viste tre topper.

Horisontal fordeling

Registreringene ble inndelt i 500 m lange segmenter for å kunne beregne den horisontale fordelingen av fisken i innsjøen. Ut i fra dette kan det synes om at den nordre halvdel av innsjøen har en tettere fiskebestand enn den søndre (Figur 10). Ingen av våre vannkvalitetsmålinger indikerer noen begrensninger i noen av disse vannvolumene. Vi antar derfor at dette kan være en effekt av vanddyp som øker nordover i fjorden.



Figur 10. Tetthets- og biomassefordeling av fisk i Krøderen 18.-19.9.2014 viser klumpvise fordelinger av fisk i sjøen. Det tenderer til litt mer fisk i nordre del, men biomassetalla viser tydelig høyere verdier i nord enn sør.

Økologisk tilstand

Basert på biomassetall over og under sprangsjiktet innsamlet med ekkolodd, kan vi beregne økologisk status som funksjon av eutrofi. Indeksen WS-FBI er nyutviklet så det gjenstår således en del arbeid med å verifisere og trimme modellen i forhold til formålet.

Ved å legge inn $BM_{EPI}=2.71$ og $BM_{HYPO}=105.2$ som konstanter i modellen (1), får vi en WS-FBI-verdi på 6.39. Dette er en ekstremsituasjon der indeksverdien ligger langt over referanseverdien på 2.9. Men en så høy indeksverdi understreker bare at økologisk status er svært god m.h.t. eutrofiering.

Sammenlikninger og vurderinger

Ekkoloddataene viser en tre-toppet lengdefordeling hvor de aller minste fiskene (årets yngel?) ser ut til å stå i de øvre vannlagene, mens en stor gruppe på 10-25 cm fisk (pelagisk sik?) og en litt mindre (men fortsatt betydelig) gruppe fisk på 30-40 cm (stor sik?/abbor?/gjedde?) oppholdt seg i dybdeintervallet 10-40 m. En del fisk opp til 25 cm stod også ned mot 70 m dyp, mens noen få av samme størrelse dro seg ned mot 100 m (røye?) (Figur 6 og Figur 9).

For å få en avklaring på artsfordelingen i en innsjø er det behov for en representativt innsamling av fisk enten ved aktiv fangst (trål, snurpenot, etc.) eller passiv fangst (garn, storruser, etc.). Ved prøvefiske med garn, krever gjeldende norsk og europeisk standard bruk av flermaskede garn satt stratifisert med en innsats som avhenger av innsjøens areal og maksdyp (CEN 2005). For en stor og dyp innsjø som Krøderen er dette både arbeidsomt og kostbart, men anses som den beste måten å få et representativt bilde av fiskebestandene, spesielt i flerartssystemer der hele eller deler av rekrutteringa foregår i selve innsjøen. Under ekkoloddinga i september i år, gjennomførte Naturrestaurering AS et begrenset garnfiske med standardiserte flermaskede flytegarn på 0-6 (2 stk) og 12-18 m dyp (2 stk) hhv. over og under sprangsjiktet. Dette ble gjort som støtte til ekkoloddundersøkelsen og etter samråd med undertegnede og oppdragsgiver. Dette er imidlertid en meget lav fangstinnsats Krøderens areal og dyp tatt i betraktning og langt under det som standarden beskriver selv i en redusert undersøkelse betegnet som «inventory sampling» der formålet er å oppnå en grov oversikt over fiskeforekomstene over og under sprangsjiktet (CEN 2005). Etter spesifikt ønske fra oppdragsgiver, fulgte ikke det ordinære prøvefisket som ble gjennomført med garn tidligere i 2014 standarden om stratifisert fiske i det hele tatt, og ei heller tidligere undersøkelser i 2006, 1989 eller 1977 (Brabrand 2007, Enerud and Garnås 1990, Hvidsten and Gunnerød 1978). Krøderen ble imidlertid kartlagt med hydroakustikk i 2006 (Brabrand 2007). Men transektdesign, dekningsgrad, utstyr og prosesseringsteknikker (oppløsning) er såpass forskjellig mellom disse to kartleggingene at en skal være varsom når en sammenlikner disse resultatene.

I 2006 viste ekkoloddingen lav fisketetthet i overflatelaget (2-5 m dyp), og at det meste av fisken stod på 5-15 m dyp i Krøderen (Brabrand 2007). Nattregistreringene i 2006 ga en fisketetthet på 550-700 fisk/ha noe som er meget sammenfallende med årets registrerte 758 fisk/ha. Lengdefordelingen i 2006-dataene viste en dominans av fisk med lengde 5-10 cm (dB -56/-54/-52) i dybdesjiktet 2-5 m. Dypere ned var det i 2006 større innslag av fisk med lengde mellom 25 og 35 cm (dB – 46/-36/-38). Det gjaldt spesielt i dybdesjiktet 15-25 m og 25-35 m. Sett bort fra at vi i år registrerte en gruppe større fisk enn det som ble rapportert fra 2006, så er det godt samsvar mellom de to undersøkelsene. I 2006 beregnet Brabrand en biomasseratio for fisk i hypolimnion/epilimnion = 23.8/6.66. I år var tilsvarende tall 105.2/2.71. Fiskebiomassen i innsjøens dypområder synes dermed å være betydelig høyere i 2014 enn den var i 2006, forutsatt at ekkoloddregistreringene i 2006 og 2014 er representative for innsjøen som helhet. Gruppen med størst fisk (30-40 cm) som framgår av årets ekkoloddregistreringer, må forbli ubeskrivet inntil en evt. validering blir gjort med større og stratifisert fangstinnsats i tiden som kommer.

Mens vi i år benyttet et sikksakk transektdesign der vi traverserer innsjøen fra strand til strand med en dekningsgrad på 7.2, antar jeg at transektdesignet i 2006 var rette linjer i innsjøens åpne midtparti. Kartleggingen i 2006 ble gjort i en begrenset del av innsjøen (dypområdet mellom

Ringnes og Ørpen), mens vi i år dekket hele sjøen med transekter fra nord til sør med linjer helt inn mot land (< 10 m dyp) (Figur 3). Transektdesignet i en ekkoloddundersøkelse setter premissene for presisjonen for resultatene. Variasjonskoeffisienten til estimatene som genereres avhenger av dekningsgraden (Aglen 1983).

12. Referanser

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. Pages 293--298 in Nakken O, Venema SC, eds. Fisheries Acoustics Symposium, vol. 300. Bergen, Norway: FAO Fish. Rep.
- Andersen JR, et al. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn. Report no. 1467/1997.
- Balk H. 2014. Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems: Lindem Data Acquisition A/S.
- Brabrand Å. 2007. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske (LFI) Naturhistorisk museum. Report no. Rapport nr. 250 – 2007.
- CEN. 2005. Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets. European Committee for Standardization. Report no. NS-EN 14757:2005.
- . 2014. Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods. European Committee for Standardization. Report no. No. EN 15910:2014 E.
- Direktoratsgruppa mf. 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Miljødirektoratet. Report no.
- Enerud J, Garnås E. 1990. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen, Flå og Krødsherad kommuner. . Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernabdelingen. Report no. Rapport nr. 14.
- Haugen TO, Rustadbakken A, Steen R. 2012. Prøvefiske i Østensjøvann 2012: kartlegging av status for fiskesamfunnet. Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB). Report no.
- Hvidsten NA, Gunnerød TB. 1978. Fiskeribiologiske undersøkelser i Krøderen i Hallingdalselva.
- Lindem T. 1982. Successes with conventional in situ determinations of fish target strength. Pages 104-111 in Nakken O, Venema SC, eds. Symposium on Fisheries Acoustics. Bergen (Norway): FAO Fisheries Report.
- Parker-Stetter SL, Rudstam LG, Sullivan PJ, Warner DM. 2009. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. Great Lakes Fishery Commission Special Publication.
- Rambøll. 2014. Overvåking av Hallingdalsvassdraget i 2013. Rambøll. Report no. Årsrapport.
- Rustadbakken A, Haugen TO. 2011. Prøvefiske og ekkoloddundersøkelse i Storsjøen, Odal, september 2010. Norsk institutt for vannforskning. Report no. NIVA-rapport 6118-2011.