

Fiskeundersøkelse i Ringedalsvatn i 2014, ett år etter et gjødslingstiltak



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Fiskeundersøkelser i Ringedalsvatn i 2014, ett år etter et gjødslingstiltak	Løpenr. (for bestilling) 6945-2015	Dato 10.12.2015
	Prosjektnr. Undernr. O-15386	Sider Pris 18
Forfatter(e) Eirik Fjeld og Sigurd Rognerud	Fagområde vannkraft, limnologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statkraft Energi AS	Oppdragsreferanse Vegard Pettersen
---	---------------------------------------

Sammendrag

Det oligotrofe reguleringsmagasinet Ringedalsvatn (Odda kommune) ble i juni 2013 gjødslet med fosfat som et eksperimentelt tiltak for å stimulere primærproduksjonen og kvaliteten av ørret. Gjødslingen hevet den epilimniske konsentrasjonen av fosfat fra omlag 1 til 4 µg P/l. Etter gjødslingen ble det i 2013 registrert en betydelig vekst av påvekstlanger i littoralsonen. Den littorale vannloppen linsekrepss ble et viktig byttedyr for ørreten, og fiskens sesongtilvekst og kondisjon var vesentlig bedre enn tidligere år. Høsten 2014 ble det gjort et nytt prøvefiske for å se hvorvidt gjødslingen også hadde effekter på fiskens vekst og kvalitet året etter tiltaket. Påvekstlangerne var da fortsatt tilstede med betydelig forekomst. Linsekrepss, sammen med akvatiske insekter, syntes fortsatt å være viktige byttedyr for ørret. Fiskens lengdevekst i 2014 var forholdsvis høy, den var i svært god kondisjonen og hadde høy forekomst av individer med lys rød og rødfarget kjøtt noe som indikerer at krepssdyr var et viktig næringsemne. Vi konkluderer med at gjødslingstiltaket gjort i 2013 mest sannsynlig også hadde positive effekter for fiskesamfunnet i 2014 ved at det ble etablert et belte med littorale påvekstlanger som igjen skapte gunstige livsbetingelser for det littorale byttedyret linsekrepss.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Fisk	1. Fish
2. Zooplankton	2. Zooplankton
3. Gjødsling	3. Fertilization
4. Fosfat	4. Phosphate

Eirik Fjeld
Eirik Fjeld
Prosjektleder

Elisabeth Lie
Elisabeth Lie
Forskningsleder

Fiskeundersøkelser i Ringedalsvatn i 2014, ett år etter et gjødslingstiltak

Forord

På oppdrag fra Statkraft Energi AS gjennomførte Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 2013 et pilotprosjekt på gjødsling av det sterkt regulerte magasinet Ringedalsvann i Odda kommune. Formålet var å øke den biologiske produksjonen og kvaliteten på ørretbestanden ved en moderat gjødsling med fosfat. Slik gjødsling kan vurderes som et avbøtende tiltak i sterkt modifiserte vannforekomster, og resultatene har relevans og overføringsverdi for andre reguleringsmagasiner.

Tiltaket førte til en markant økning i tilvekst og kondisjon hos ørret i innsjøen. En viktig årsak til dette antas å være at gjødslingen førte til en betydelig økning i produksjonen av påvekstalger i strandsonen (littoralsonen) og tilhørende økt produksjon og forekomst av linsekreps. Dette er en littoralt levende vannloppe og et viktig byttedyr for fisk.

I 2014 ble det ikke gjort noen nye fosfattilsetninger i magasinet, da Statkraft ønsket å se hvorvidt gjødslingen året før også hadde effekter på fiskens vekst og kvalitet i den påfølgende sommersesongen. Det ble derfor gjennomført et mindre prøvefiske og fiskeundersøkelse i september 2014, og resultatene fra dette presenteres i denne rapporten.

Feltarbeid, prøvetakning og rapportering har vært gjort av Sigurd Rognerud og Eirik Fjeld ved NIVA. Eirik Fjeld har stått for alders- og ernæringsanalysene av fisk. Kontaktpersoner i Statkraft har vært Vidar Pettersen sentralt og Hans Henrik Haukås i Tyssedal.

Vi takker alle involverte for et godt samarbeid.

Oslo, 8. desember 2015

Eirik Fjeld

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
1.1 Prosjektets formål	6
2. Materiale og metoder	7
2.1 Beskrivelse av Ringedalsvatnet	7
2.2 Prøvefiske og vannprøver	8
3. Resultater og diskusjon	9
3.1 Vannkjemi og siktedyp	9
3.2 Fisk	11
3.2.1 Alder, lengde og vekst	11
3.2.2 Kondisjon	14
3.2.3 Ernæring	15
3.2.4 Kjøttfarge	17
4. Referanser	18

Sammendrag

NIVA gjennomførte i 2013 et gjødslingsprosjekt i det sterkt regulerede og næringsfattige (oligotrofe) magasinet Ringedalsvatn i Odda kommune på oppdrag fra Statkraft Energi AS. Formålet var kompensere for tap i produksjonen og kvaliteten på ørretbestanden forårsaket av reguleringen. Slik gjødsling kan vurderes som et avbøtende tiltak i sterkt modifiserte vannforekomster, og resultatene har relevans og overføringsverdi for andre reguleringsmagasiner. Denne rapporten omhandler resultatene fra et prøvefiske i 2014, og vi sammenlikner disse med resultatene fra tidligere undersøkelser i 2011–2013.

Etter gjødslingen i 2013 skjedde det en markant økning i mengden littorale påvekstalger som igjen skapte et gunstig habitat for den littorale vannloppen linsekrep. Fiskens sesongtilvekst var vesentlig bedre i 2013 enn tidligere år, og dens kondisjon var svært god. Zooplankton ble ikke noe betydelig næringsemne, men linsekrep var et viktig byttedyr på høsten. Andelen fisk med lys rød og rød kjøttfarge økte markant utover sesongen, noe som trolig skyldes økt innslag av linsekrep i dietten.

Undersøkelsen gjort høsten 2014 viste at påvekstalgene var fortsatt tilstede med betydelig forekomst. Linsekrep, sammen med akvatiske insekter, syntes fortsatt å være viktige byttedyr for ørret. Fiskens lengdevekst i 2014 var forholdsvis høy, den var i svært god kondisjonen og hadde høy forekomst av individer med lys rød og rødfarget kjøtt noe som indikerer at krepsdyr var et viktig næringsemne.

Vi konkluderer med at gjødslingstiltaket gjort i 2013 mest sannsynlig også hadde positive effekter for fiskesamfunnet i 2014 ved at det ble etablert et belte med littorale påvekstalger som igjen skapte gunstige livsbetingelser for det littorale byttedyret linsekrep.

1. Innledning

1.1 Prosjektets formål

Dette prosjektet er en fiskeundersøkelse i det sterkt regulerte og næringsfattige (oligotrofe) magasinet Ringedalsvatn i Odda kommune. Det er en oppfølgende undersøkelse, utført høsten 2014, for å kartlegge i hvilken grad det enkeltstående gjødslingstiltaket gjort sommeren 2013 hadde effekter på fiskebestanden året etter.

Gjødslingstiltaket i 2013 var et pilotprosjekt hvor hovedmålet var å høste erfaringene med gjødsling av næringsalter i regulerte innsjøer. Formålet var å studere hvorvidt en moderat gjødsling med fosfat kunne kompensere for tap i produksjonen og kvaliteten på ørretbestanden forårsaket av reguleringen. Slik gjødsling kan vurderes som et avbøtende tiltak i sterkt modifiserte vannforekomster, og resultatene forventes å ha relevans og overføringsverdi for andre reguleringsmagasiner.

Resultatene for 2013 var entydig positive for ørretbestanden: fiskens sesongtilvekst var vesentlig bedre i 2013 enn tidligere år, og dens kondisjon var svært god. Tiltaket stimulerte tydelig produksjonen av påvekstalter og linsekrepser – som er et verdifullt byttedyr for ørret. Effektene på produksjonen av zooplankton var mindre tydelige. Resultatene ble rapportert i Rognerud og Fjeld (2014).

Høsten 2014 ble det gjort et enkeltstående prøvefiske for å kartlegge effekten tiltaket hadde på ernæring, kondisjon og tilvekst hos ørreten ett år etter tiltaket. Materialet fra fiskeundersøkelsen i 2014 var det imidlertid ikke budsjetter til å kunne bearbeide videre, og først i 2015 ble det bevilget midler for å kunne analysere og rapportere disse.

2. Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av Ringedalsvatnet

Ringedalsvatnet er den lavest beliggende innsjøen i det regulerede Tyssø-vassdraget, og ligger i en U-formet dal med bratte åssider rett øst for Tyssedal i Odda kommune i Hordaland (Figur 1, Figur 2). Høgeste regulerede vannstand er 465 moh., laveste er 372 moh., det vil si en reguleringshøyde på 92 m. Fram til 2011 har magasinet imidlertid ikke vært tappet lavere enn til 409 moh. Innsjøarealet ved maksimal fylling er 7,3 km² og største dyp er 134 m. Reguleringssonen i dag består for en stor del består av stein, som i tidligere tider har rast ned fra fjellsidene. I enkelte områder er det også betydelige mengder av fluviale sand- og grusavsetninger (NGI 2011). Ved lav vannstand vil finkorna sedimenter kunne virvles opp i vannmassene på grunn av bølgeaktivitet og vinddrevne strømmer. Dette sammen med skred i strandsonen, har bidratt til økt turbiditet i vannmassene i enkelte perioder (Fjellheim et al. 2011).



Figur 1. Ringedalsvatnet ligger i Hordaland fylke, og er på kartet merket med hvitt kors på blå sirkel (kilde: Statkart).

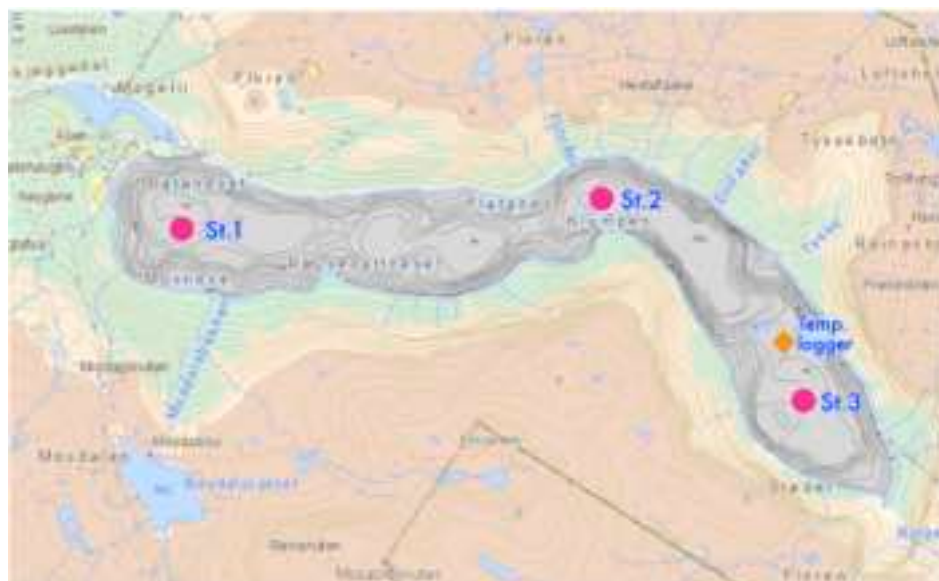
På grunn av stor etterspørsel etter kraft og lite tilsig den kalde vinteren 2010/2011 ble vannstanden betydelig senket, og i sommerhalvåret disse to årene var minste vannstand henholdsvis 406 og 390 moh. Denne reguleringen var lavere enn tidligere minste vannstand, og den 26. juni målte vi et siktedyp på 0,2 m (Fjeld og Rognerud 2014). Dette er så vidt vi vet det laveste siktedypet som er målt i dette magasinet, som normalt er en klarvannsjø med typiske siktedyp i området 15–25 m.

Nedtappingen eksponerte områder med finkorna sedimenter for erosjon som følge av bølgeaktivitet og en gradvis oppfylling av magasinet. Følgene var at store områder med finkorna sedimenter ble vasket ut i magasinet med påfølgende blakking av vannmassene allerede i juni. Først ved årsskiftet 2011/2012 ble vannstanden hevet til et mer vanlig forekommende nivå, og har siden variert mellom omlag 440 og 460 moh. Siktedypet fra høsten 2012 av har variert mellom 15 og 25 m.

Figur 1. Ringedalsvatnet ligger i Hordaland fylke, og er på kartet

I følge vannforskriftens §5 kan Ringedalsvann klassifiseres som en sterkt modifisert vannforekomst (SMVF). Det heter her at «Tilstanden i kunstige og sterkt modifiserte vannforekomster skal beskyttes mot forringelse og forbedres med sikte på at vannforekomstene skal ha minst godt økologisk potensial og god kjemisk tilstand, i samsvar med klassifiseringen i vedlegg V og miljøkvalitetsstandardene i vedlegg VIII» (Vannforskriften 2006). Tiltaket med gjødsling vil således kunne sees på som et avbøtende tiltak med formål å bedre lokalitetens økologiske potensial som ikke påvirker kjemisk tilstand nevneverdig.

Ringedalsvannet er av flere grunner velegnet for denne type gjødslingsforsøk. Det er en svært næringsfattig (oligotrof) innsjøtype der fosfor er begrensende næringsstoff. Prøver som ble tatt før gjødslingen i 2013 viste en konsentrasjon av totalt fosfor (tot-P) på omlag 1 µg/l og totalt nitrogen (tot-N) på nær 120 µg/l.



Figur 2. Dybdekart og stasjonsplasseringer for Ringedalsvatnet (Kilde NVE, Statkart). Stasjonsangivelsene angir posisjonen for måling av siktedyp og vannprøver.

2.2 Prøvefiske og vannprøver

For å kartlegge hvorvidt gjødslingen i 2013 også hadde effekter på fiskebestanden i 2014 ble det gjort et prøvefiske med garn 13.-14. september dette året. Vekst, kondisjon, kjønnsmodning, kjøttfarge og mageinnhold ble undersøkt og sammenliknet med tidligere data.

Da undersøkelsen ikke hadde som formål å kartlegge fiskebestandens alders- og størrelsessammensetning og bestandstetthet ut fra et ordinært prøvefiske, fisket vi ikke med standardiserte garnserier eller i følge dybdeintervallene og fangsttinningsatsen gitt i Norsk standard NS-EN 14757. Som tidligere fisket vi med 7 x Nordiske oversiktsgarn, 1 x 13,5 mm, 1 x 16 mm, 1 x 19,5 mm, 4 x 21mm, 4 x 26 mm og 2 x 29 mm (samtlige bunn-garn). Det ble forsøksvis fisket med flyte-garn i 2012 og 2013, men fangstene var neglisjerbare.

Fiskens lengde er målt fra snute til halespiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), og fiskens kjøttfarge ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelsen hvit, lys rød eller rød kjøttfarge. Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0–5 hvor 0 er tom og 5 er utspilt mage. Fiskens kondisjonsfaktor, k-faktor, er beregnet fra formelen: $k = 100 \cdot \text{vekt (g)} / \text{lengde}^3 \text{ (cm)}$. Fisk som har k-faktor $< 0,95$ betegnes som slank, $0,95 < k < 1,05$ som normalt god kondisjon og k-faktor $> 1,05$ som feit. Alderen og vekst på fisken ble bestemt ved hjelp av otolitter. Disse ble lest hele under mikroskop i påfallende lys mot mørk bakgrunn.

Tilveksten ble tilbake-beregnet fra otolittene ved hjelp av metode beskrevet av Dahl (1910). Metoden forutsetter en direkte lineær proporsjonalitet mellom otolitt-radius og fiskens lengde.

Samtidig med prøvefisket ble det tatt vannprøver ved stasjon 1 (vest i innsjøen) og stasjon 3 (øst) fra sjiktet 0-10 m (blandprøve, Rutner-henter), som ble analysert for totalt fosfor og totalt nitrogen. Siktedypet ble samtidig registrert da med en Secchi-skive.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Vannkjemi og siktedyp

Ringedalsvatnet må karakteriseres som en svært næringsfattig klarvannssjø, og tilførslene av fosfat ga kun en svak midlertidig økning i konsentrasjoner av totalt fosfor i 2013, fra omlag 1 til 3-4 µg/l

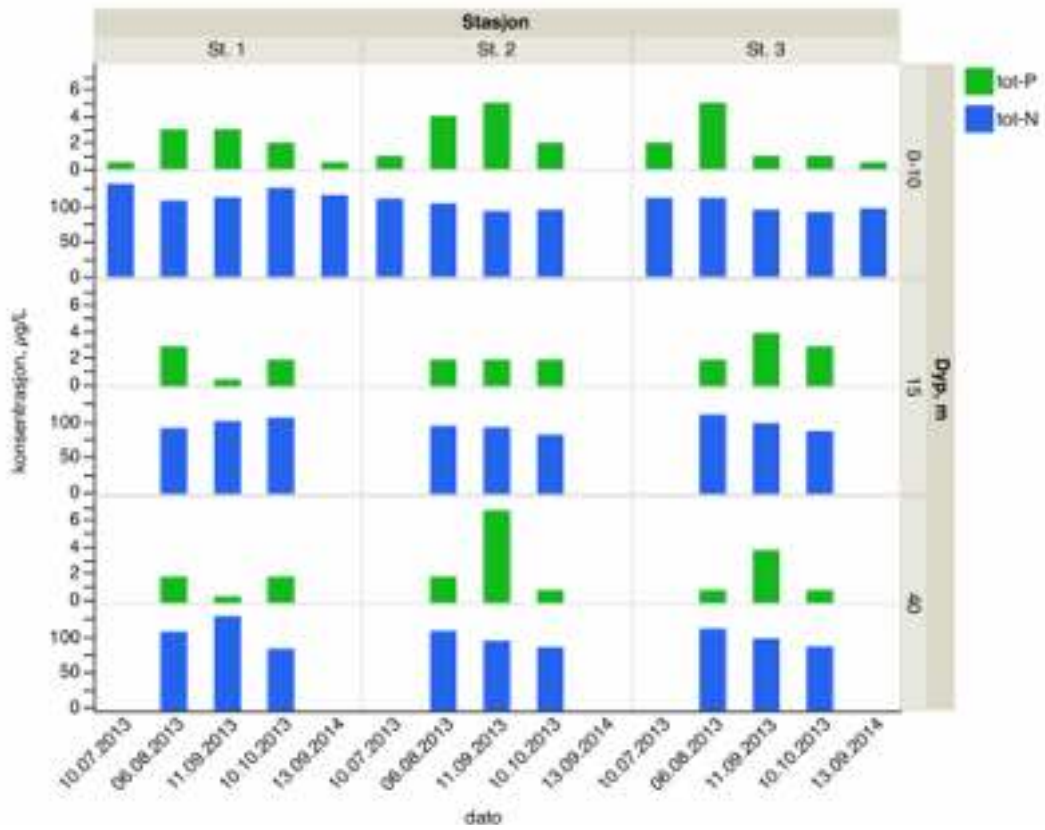
Det ble tatt to vannprøver 13. september 2014, som ble analysert ved NIVA for næringsalter (totalt fosfor og nitrogen). Resultatene ble sammenliknet med de fra 2013, hvor prøven fra 10. juli er tatt dagen gjødslingen ble iverksatt (Tabell 1, Figur 3).

De midlere konsentrasjonene fra prøvene tatt høsten 2014 på 0-10 m dyp, med totalt fosfor og nitrogen på henholdsvis <1 og 107 µg/l, var svært like de som ble målt i juli 2013 før gjødslingen ble gjennomført.

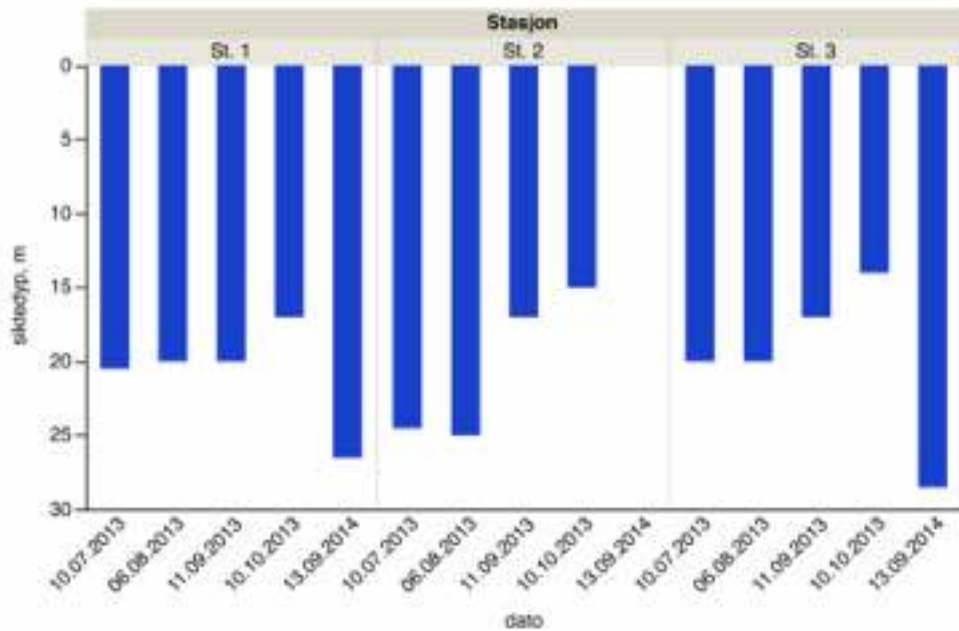
Siktedypet ved stasjon 1 og 3 var henholdsvis 26,5 og 28,5 m, hvilket er noe større enn de som ble målt høsten 2013 (20 – 24,5 m) (Figur 4).

Tabell 1. Konsentrasjoner av næringsalter i Ringedalsvatn i 2013 og 2014. Konsentrasjonene er oppgitt som middelverdier basert på målinger fra 2–3 stasjoner. N: antall, SD: standard avvik. tot-P: totalt fosfor, tot-N: totalt nitrogen.

	dato	Dyp								
		0-10 m			15 m			40 m		
		N	middel	SD	N	middel	SD	N	middel	SD
tot-N, µg/L	10.07.2013	3	118	12	0			0		
	06.08.2013	3	108	4	3	100	10	3	114	2
	11.09.2013	3	100	11	3	99	5	3	112	19
	10.10.2013	3	104	19	3	94	13	3	90	2
	12.09.2014	2	107	13	0			0		
tot-P, µg/L	10.07.2013	3	1.2	0.8	0			0		
	06.08.2013	3	4.0	1.0	3	2.3	0.6	3	1.7	0.6
	11.09.2013	3	3.0	2.0	3	2.2	1.8	3	3.8	3.3
	10.10.2013	3	1.7	0.6	3	2.3	0.6	3	1.3	0.6
	12.09.2014	2	<1.0	0.0	0			0		



Figur 3. Konsentrasjoner av totalt fosfor (tot-P) og nitrogen (tot-N) i Ringedalsvatn i 2013 og 2014. Gjødslingsiltaket ble gjort 11.07.2013.



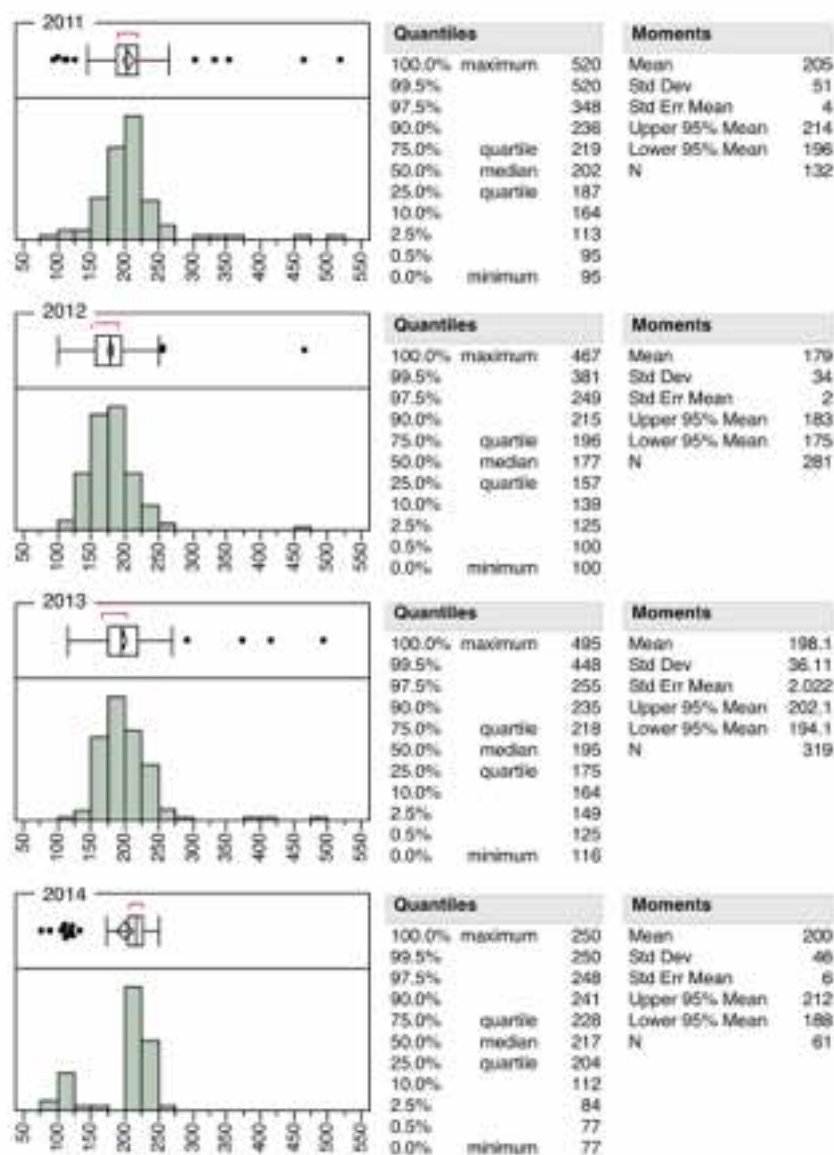
Figur 4. Siktedypet målt i Ringedalsvatn i 2013 og 2014. Gjødslingsiltaket ble gjort 11.07.2013.

3.2 Fisk

Vi har her presentert resultater fra årene 2011 og til 2014, slik at vi kan sammenlikne resultatene fra 2014 med de fra gjødslingsåret 2013 og fra ekstrem-året 2011, hvor magasinet var svært nedtappet. Den videre framstillingen baserer seg mye på rapporten til Fjeld og Rognerud (2014).

3.2.1 Alder, lengde og vekst

Ørreten i Ringedalsvatnet er generelt småfalle, og majoriteten av fangstene fra de ulike innsamlingene i 2011–2014 var konsentrert innenfor et relativt snevert lengdeintervall fra omlag 10 til 25 cm (10- og 90-prosentilene) (Figur 5) og med middellengder i området 17,9–20,5 cm (Tabell 2). Et fåtalls individer var betydelig større og oppnådde en lengde på opptil 52 cm (Figur 6). Dette var typiske kannibalistiske fiskespisere, og de kunne bli fanget når de angrep småfisk som hadde satt seg fast i garnet.



Figur 5. Lengdefordelingen (mm) av fangstene fra Ringedalsvatn i perioden 2011–2014.



Figur 6. *Storvokst kannibalistisk ørret (52 cm, 2145 g) og utmagret ørret av mellomgruppen (22 cm, 55 g) fanget i juni 2011.*

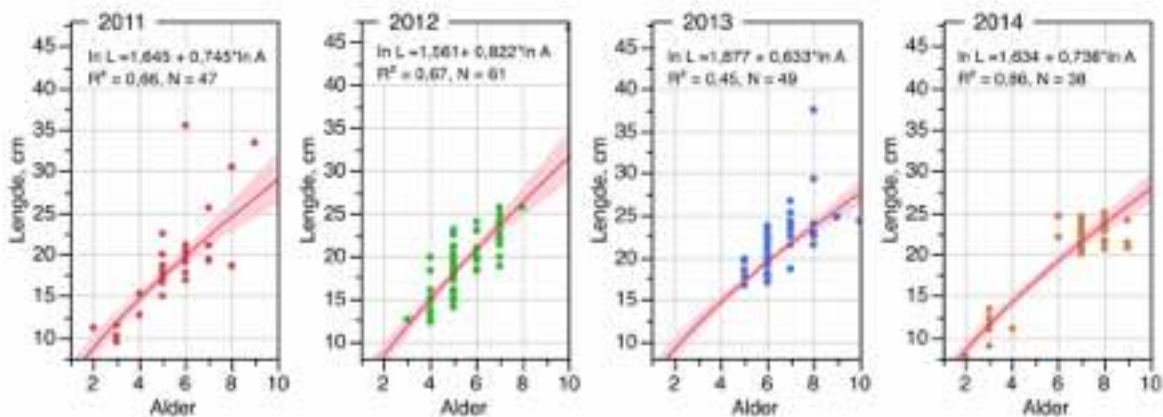
Vekstkurvene (lengde mot alder) beregnet for fangstene fra hver høst var svært like og med til dels overlappende konfidensintervaller (Figur 7). Bedrede vekstforhold etter den sterke nedtappingen i 2011 og etter gjødslingen i 2013, kan ha blitt maskert av en størrelsesavhengig dødelighet som har selektert bort de største individene innenfor de dominerende aldersgruppene slik at vekstkurvene fra de ulike årene ikke atskilte seg vesentlig fra hverandre. Dette er et kjent fenomen som kalles Rosa Lee's (Ricker 1969), og det kan inntreffe der hvor de individene som vokser hurtigst kjønnsmodnes først og dør tidligere enn de som vokser seint.

Analysene av sesongtilveksten, basert på ytterste sonebredde i otolittene til fisken fanget på høsten, viser imidlertid at gjødslingstiltaket i 2013 sannsynligvis også hadde en gunstig effekt på tilveksten til ørreten i 2014. Tilveksten i 2014 var gjennomgående lavere enn i gjødslingsåret 2013, men var i hovedsak større enn i 2012 — som var året da magasinet ble fylt etter perioden med kraftig nedtapping og vi fikk en gunstig oppdemmingseffekt. I 2011, under nedslammingen, var tilveksten svært dårlig, med unntak for de store kannibalistiske ørretene (Figur 8).

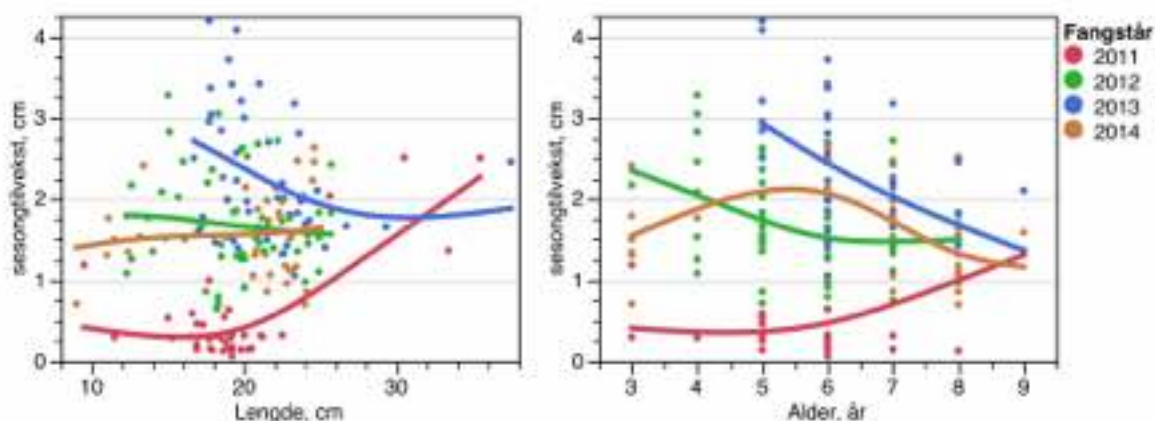
For aldersgruppene 7 og 8 år, som dominerte i fangstene høsten 2014 var beregnet midlere lengdetilvekst henholdsvis 1,7 og 1,2 cm (Tabell 3). Til sammenlikning var tilveksten for de samme aldersgruppene i 2013 noe høyere (2,0 og 1,7 cm) mens den i 2012 for aldersgruppe 7 var noe lavere (1,5 cm) (merk: kun ett individ i aldersgruppe 8 i 2012).

Tabell 2. Lengde, vekt og kondisjonsfaktor (*k*-faktor) innen aldersgruppene 4–9 år til ørret fanget i Ringedalsvatn i september/oktober 2011–2014. N: antall, *x*: middelerdi, standard avvik: SD.

	Alder	2011			2012			2013			2014			
		N	<i>x</i>	SD	N	<i>x</i>	SD	N	<i>x</i>	SD	N	<i>x</i>	SD	
Lengde, cm	3	3	10,4	1,0	1	12,6		0			6	11,6	1,5	
	4	2	14,0	1,8	10	15,1	2,4	0			1	11,1		
	5	14	17,9	1,8	20	18,4	2,5	6	18,3	1,2	0			
	6	20	19,9	3,9	15	20,1	1,7	22	20,1	2,0	3	23,8	1,4	
	7	4	21,3	3,0	13	23,0	2,1	11	23,1	2,1	14	22,3	1,3	
	8	2	24,6	8,4	1	25,7		8	25,4	5,4	10	22,9	1,3	
	9	1	33,4		0			1	24,8		3	22,1	1,8	
	Vekt, g	3	3	11,0	3,6	1	25,0		0			6	19,0	6,5
		4	2	26,0	9,9	10	45,7	26,5	0			1	16,3	
5		14	43,0	12,8	20	71,8	33,1	6	68,7	7,6	0			
6		20	75,3	115,6	15	91,3	31,9	22	91,5	29,0	3	165,7	22,6	
7		4	83,3	68,3	13	138,5	35,3	11	140,5	32,3	14	130,4	21,7	
8		2	225,5	255,3	1	215,0		8	222,0	211,7	10	139,1	20,6	
9		1	478,0		0			1	171,0		3	128,7	31,6	
k-faktor		3	3	0,95	0,03	1	1,25		0			6	1,18	0,00
		4	2	0,92	0,00	10	1,21	0,14	0			1	1,19	
	5	14	0,74	0,10	20	1,08	0,16	6	1,12	0,09	0			
	6	20	0,74	0,15	15	1,08	0,16	22	1,10	0,10	3	1,23	0,10	
	7	4	0,74	0,25	13	1,13	0,13	11	1,12	0,07	14	1,17	0,08	
	8	2	1,07	0,50	1	1,27		8	1,14	0,13	10	1,15	0,09	
	9	1	1,28		0			1	1,12		3	1,18	0,02	



Figur 7. Vekstkurver for ørret fanget i Ringedalsmagasinet i september/oktober i perioden 2011–2014. Kurvene (m. 95 % konfidensintervaller) er basert på log-transformerte data.



Figur 8. Lengdetilvekst for vekstsesongene 2011–2014. Kurvene er basert på aldergruppene 3-9 år fanget inn i september/oktober. Kurvene er laget med kurveglattingsfunksjoner (smoothing splines).

Tabell 3. Midlere lengdetilvekst for vekstsesongene 2011–2014. Verdiene er basert på aldergruppene 3-9 år fanget inn i september/oktober. N: antall, standard avvik: SD.

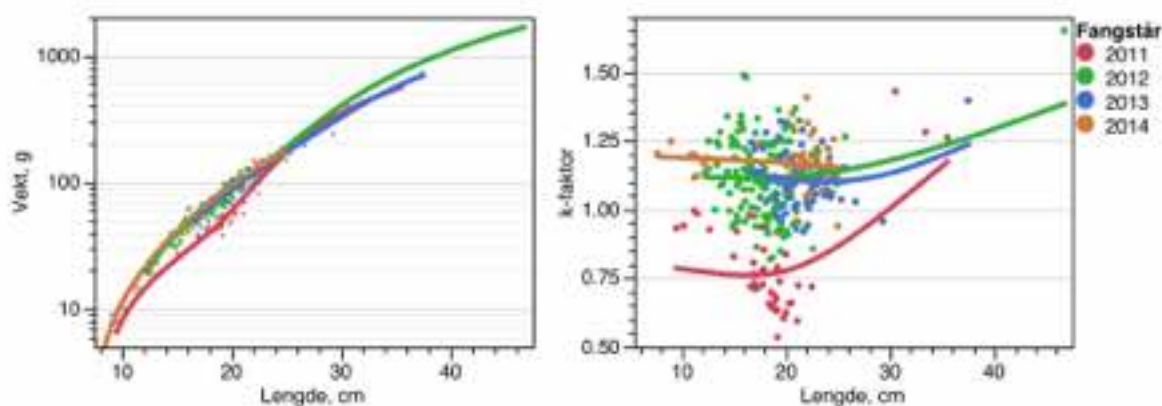
Alder	N	2011		N	2012		N	2013		N	2014	
		middel	SD		middel	SD		middel	SD		middel	SD
3	2	0,7	0,6	1	2,2		0			6	1,5	0,6
4	1	0,3		9	2,2	0,8	0			1	1,8	
5	14	0,4	0,1	19	1,8	0,5	6	3,3	0,7	0		
6	19	0,4	0,6	15	1,4	0,5	22	2,3	0,8	3	2,4	0,3
7	3	0,8	1,0	13	1,5	0,5	11	2,0	0,5	14	1,7	0,5
8	2	1,3	1,7	1	1,8		7	1,7	0,4	10	1,2	0,3
9	1	1,4		0			1	2,1		3	1,4	0,1

3.2.2 Kondisjon

Kondisjonen til ørreten i de tre undersøkte årene (2011-2013) varierte betydelig, fra meget lav i 2011 til svært god i 2014. Ulikhetene avspeiler de store forskjellene i produksjonen av byttedyr og fiskens næringsgrunnlag disse årene, og resultatene viser at gjødslingen har hatt positive effekter på fiskens kondisjon i både 2013 og 2014.

Kondisjonsfaktoren (k-faktor), som avspeiler lengde-vekt forholdene, viste at fisken generelt var i svært god ernæringsmessig status i 2014, og midlere kondisjonsfaktor for aldersgruppene 3-9 år var i området 1,17–1,23 (Tabell 2). Dette er en forbedring i forhold til gjødslingsåret 2013 hvor midlere k-faktor for de samme aldersgruppene var i området 1,10–1,14.

Ved å plote kondisjonsfaktor (eventuelt lengde) mot fiskelengde sees tydelig hvor dramatisk dårlig ernæringsmessig hold fisken var i under perioden med tilslamming i 2011 (Figur 9), hvor k-faktor hos småfisk på 10–13 cm var da i området 0,9–1, for deretter å synke til et minimum på omlag 0,7 hos fisk i størrelsesgruppen 18–22 cm. I denne størrelsesgruppen lå den hos mange individer på grensen av hva som regnes som terskelen for overlevelse (0,55–0,60; Reimers, 1957). Hos større fisk steg så k-faktor igjen betydelig og var mellom 1,2–1,5 hos fisk større enn 30 cm, som nok i vesentlig grad var kannibaler. Et tilsvarende kraftig U-formet kurveforløp finner vi ikke igjen i 2012–2014, men også for disse årene var det en tendens til at de storvokste individene hadde bedre kondisjon enn de mindre størrelsesgruppene.



Figur 9. Vekt og kondisjonsfaktor (k -faktor) som funksjon av fiskelengde for ørret fra Ringedalsvatn fanget 2011–2014. Kurvene er laget med kurveglattingsfunksjoner (smoothing splines).

3.2.3 Ernæring

Ernæringsdataene for fisk viser at zooplankton ikke utviklet seg til å bli noen betydelig næringsressurs etter gjødslingen, men at den littorale vannloppen linsekreps (*Euryceerus lammelatus*) ble et viktig byttedyr sammen med landinsekter og andre akvatiske insekter (Figur 10). Linsekreps er en littoral vannloppe som særlig finnes i vegetasjonen, den kan bli stor (1-2 mm er vanlig) og er kjent for å være et viktig næringsemne for fisk (NINA 2007). I en tidligere undersøkelse var ikke linsekrepsen til stede i fiskens mageinnhold, Borgstrøm et al. (1992).

Gjødslingen førte til etableringen av påvekstalgler i littoralsonen, som er et gunstig habitat og næringskilde for linsekreps. Den gunstige effekten gjødslingen hadde for produksjonen av linsekreps gjorde seg ikke bare gjeldene i 2013, men også trolig i 2014.

I prøvene fra høsten 2014 var linsekreps og ulike vannlevende insekter de viktigste byttedyrgruppene for aldersgruppene 7 og 8 som dominerte i fangstene. For de yngre aldersgruppene 2-4 år var overflateinsekter den viktigste byttedyrgruppen. Linsekrepsen hadde utviklet hvileegg (ephippier), noe som indikerer at bestanden var på retur og skulle overvintre i sedimentene som hvileegg. Det er derfor trolig at linsekreps har vært et viktigere byttedyr for ørret tidligere i sesongen. I høstprøven fra 2013 var også linsekreps et viktig byttedyr for de dominerende aldergruppene i fangstene (5-7 år), sammen med overflateinsekter.

I 2012, da vannkvaliteten og siktedypet hadde bedret seg betraktelig, var fjærmygglarver og -pupper sammen med overflateinsekter viktige næringsdyr på sommeren, mens meitemark og overflateinsekter dominerte på høsten. Zooplankton, som i følge Borgstrøm et al. (1992) reetablerte seg som viktig gruppe byttedyr i Ringedalsvatnet året etter en tilslammings-episoden i 1985, var kun beskjedent representert i mageinnholdet.

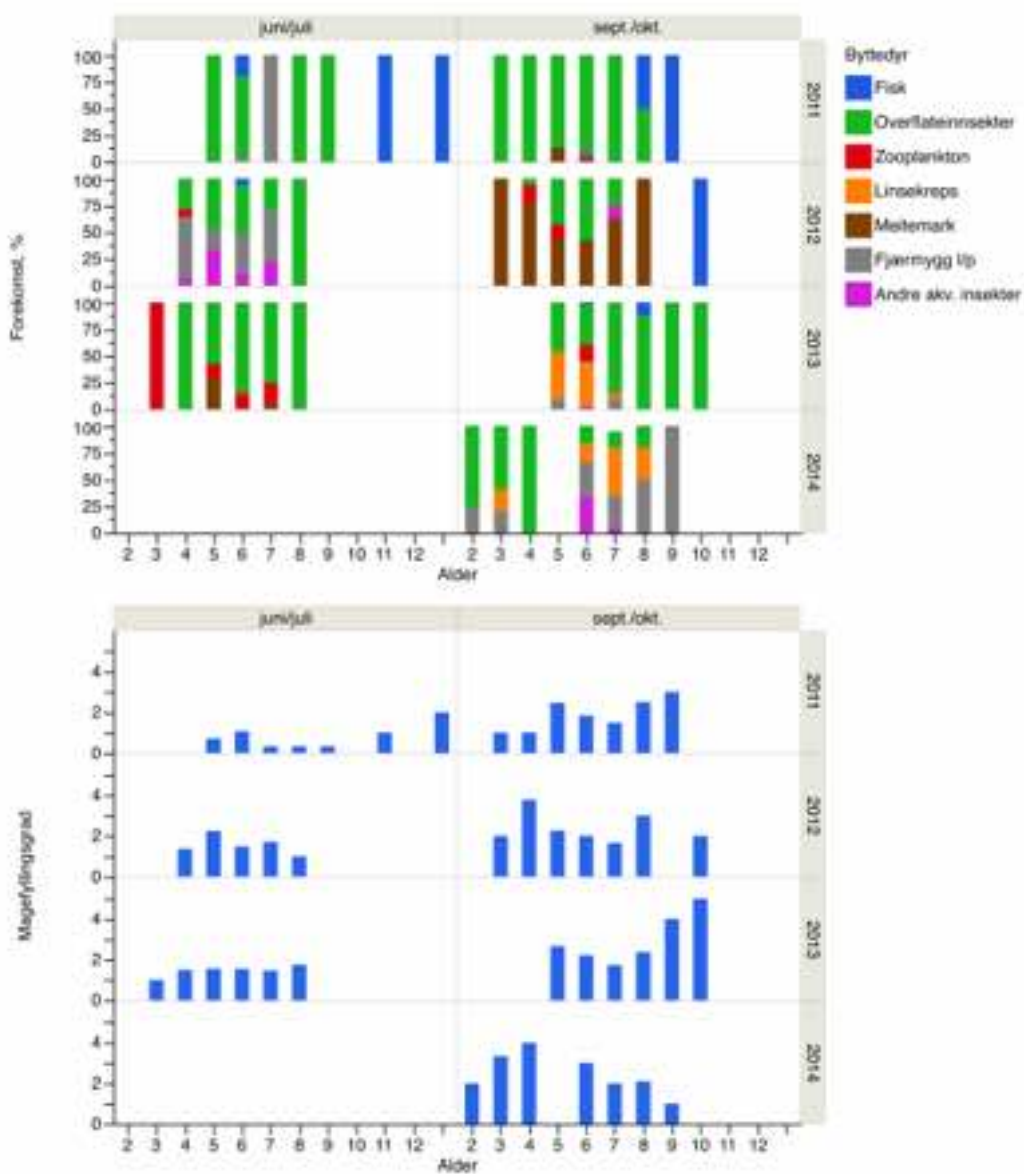
Det var tydelig at zooplanktonsamfunnet i 2012 ikke hadde rukket å normalisere seg etter den dramatiske tilslammingsperioden i 2010 og 2011. Littorale og pelagiske krepsdyr/zooplankton manglet fullstendig i mageinnholdet dette året, noe som er uvanlig for fisk fra dype reguleringsmagasiner. På høsten 2012 dominerte overflateinsekter dietten til nær alle aldersgrupper, med unntak av noen større eldre individer som var fiskespisere.

Fyllingsgraden i de undersøkte magene var omlag den samme i høstprøvene fra 2012 og til 2014, med et midlere skår på 2,2–2,4 på en skala fra 0-5 (Tabell 4). Dette er noe høyere enn i 2011 hvor fisken generelt

hadde dårlige ernæringsforhold og midlere magefyllings-grad på sommer og høst var henholdsvis 0,7 og 1,9.

Tabell 4. *Midlere magefyllingsgrad (skala fra 0 til 5) for ørret fanget i Ringedalsvatn i perioden 2011–2013. N: antall fiske undersøkt. SD: standard avvik.*

Fangstår	juni/juli			sept./okt.		
	N	middel	SD	N	middel	SD
2011	38	0,7	0,9	45	1,9	1,1
2012	50	1,6	1,5	55	2,4	1,7
2013	50	1,6	1,1	51	2,3	1,3
2014	0			61	2,2	1,4



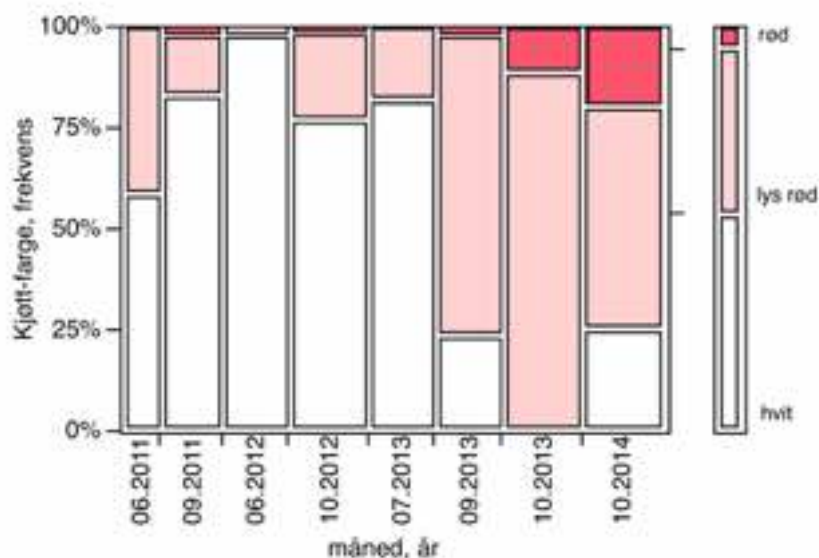
Figur 10. *Relativ forekomst av ulike byttedyr (øvre panel) og midlere magefyllingsgrad (skala fra 0 til 5, nedre panel) i de enkelte årsklassene av ørret fanget i Ringedalsvatnet i perioden 2011–2014.*

3.2.4 Kjøttfarge

Graden av rødfarge i musklene er brukt som et kvalitetstegn hos mange arter laksefisk. Fargen skyldes karotenoide pigmenter, i først rekke av typen astaxanthin. Fisken er ikke i stand til å syntetisere disse selv, men må tilføres dem gjennom dietten og krepsdyr er viktigste kilde. De har flere biologisk funksjoner i fisken relatert til vekst og overlevelse, og astaxanthin betraktes nå som et viktig vitamin for laksefisk (Christiansen og Thorrisen 1996, Christiansen et al. 2008, Garner et al. 2010).

Det store innslaget av farget muskelvev utover i 2013 og 2014 (Figur 11) viser at fisken har hatt et økende innslag på krepsdyr i sin diett, og mageanalysene indikerer at den littorale linsekrepsen har vært den viktigste kilden for disse pigmentene. Trolig har etableringen av perifytiske påvekstlager i littoralsonen skapt et nytt og gunstig habitat for linsekrepsen, som i løpet av sommersesongene utviklet seg til en viktig næringsressurs på grunn av sin korte generasjonstid og høye reproduktive potensiale.

Forekomsten av lys rød og rød kjøttfarge økte markert fra 2011 og til 2014. I 2011 dominerte hvit kjøttfarge med en frekvens på 60–98 %. Rød kjøttfarge ble da kun funnet i noen få store fiskespisende individer. I 2013 steg frekvensen av fisk med lys rød kjøttfarge fra juli og til oktober, fra 18 % og til 88 %, og i oktober hadde 12 % av individene rød kjøttfarge. Høsten 2014 hadde 20 % av fangsten rød kjøttfarge og 55 % lys rød kjøttfarge.



Figur 11. Frekvens (%) av kjøttfarge i ørret fanget i Ringedalsvatnet i perioden 2011–2014.

4. Referanser

- Borgström, R., Brabrand, Å., and Solheim, J.T. 1992. Effects of siltation on resource utilization and dynamics of allopatric brown trout, *Salmo trutta*, in a reservoir. *Environmental biology of fishes* 34: 247–255.
- Christiansen R., and Torrissen, O.J. 1996. Growth and survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. fed different dietary levels of astaxanthin. Juveniles. *Aquaculture Nutrition*. 2:55- 62.
- Christiansen, R., Lie, Ø. and Torrissen, O.J. 2008. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture research* 25: 903–914.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studier av deres skjæl. Centraltrykkeriet, Kristiania: 115 s.
- Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over Ørret og Ørretvand. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Fjellheim, A., Halvorsen, G. A og Hobæk, A. 2011. Biologiske konsekvenser av Langavatn pumpekraftverk. LFI-Uni Miljø rapport nr. 183. 37s.
- Garner, S.R., Neff, B.D., and Bernards, M.A. 2010. Dietary carotenoid levels affect carotenoid and retinoid allocation in female Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *J Fish Biol* 76: 1474–1490.
- NINA 2007. Krepsdyr faktaark. *Eurycercus lammellatus*.
http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/NINA-Infomateriell/2007/krepsdyrfaktaark/walseng_Eurycercus%20lamellatus.pdf
- Reimers, N. 1957. Some aspects of the relation between stream foods and trout survival. *Calif. Fish and Game* 43: 43-69.
- Ricker, W.E. 1969. Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production, and yield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 26: 479–541.
- Rognerud, S. og Fjeld, E. 2014. Undersøkelser av fisk og næringsdyr i Mår og Ringedalsmagasinet 2011-2013. NIVA rapport LNR 6682-2014. 54 s.
- Vannforskriften 2006. FOR 2006-12-15 nr 1446: Forskrift om rammer for vannforvaltningen. URL: <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20061215-1446.html#map0>

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no