

Overvåking av vannforekomster i Løten kommune i 2009



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

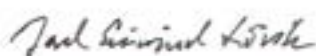
Tittel Overvåking av vannforekomster i Løten kommune i 2009	Løpenr. (for bestilling) 5996-2010	Dato 16.6.2010
	Prosjektnr. Undernr. O-29271	Sider Pris 25
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik og Pål Brettum	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hedmark	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Løten kommune	Oppdragsreferanse Øystein Pedersen
-----------------------------------	---------------------------------------

Sammendrag

Rapporten beskriver resultatene fra en undersøkelse av vannkvalitet og miljøtilstand i 8 skogstjern i Løten kommune. Alle vannforekomstene er små, de ligger i høydesonen 200-500 m, og nedbørfeltene er dominert av skog uten vesentlig dyrka mark eller fast befolkning. Tjerna er sterkt humuspåvirket med fargeverdier på 80-300 mg Pt/l. Fire av dem er kalkfattige, fire moderat kalkrike. De kalkfattige tjerna hadde sur vannkvalitet med pH under 6,0. Surest vann hadde Krokstjernet (pH 4,7). Naturlige, organiske syrer fra nedbørfeltet bidrar sterkt til de lave pH-verdiene, og påvirkningen fra sur nedbør ser ut til å være liten i dag. Det ble ikke målt høye konsentrasjoner av toksisk aluminium i noen av tjerna. Det var stor variasjon mellom lokalitetene mht. konsentrasjoner av næringsstoffer og algemengder. Størst algemengder ble observert i Svarttjernet, Ørfalltjernet og Presttjernet. "Problemalgen" *Gonyostomum semen* ble påvist i ett av tjerna, Ørfalltjernet, der den dominerte fullstendig (95 % av totalbiomassen). Konsentrasjonene av total-nitrogen og til dels total-fosfor var meget høye i Haratjernet. Årsaken var trolig utlekking fra oversvømte arealer og død skog som følge av beverens oppdemminger. Tilstedeværelsen av forsuringfølsomme arter tydet på at dyreplanktonet ikke var skadet av forsuring i noen av tjerna, bortsett fra Krokstjernet, der forsuringfølsomme arter ikke ble funnet. Dominansen av småvokste arter og individer indikerte at beitepresset fra planktonspisende fisk var sterkt i de fleste tjerna.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Løten kommune	1. The municipality of Løten
2. Skogstjern	2. Forest tarns
3. Vannkvalitet	3. Water quality
4. Økologisk tilstand	4. Ecological status



Jarl Eivind Løvik
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Overvåking av vannforekomster
i Løten kommune i 2009**

Forord

Dette er den 4. i en serie årsrapporter fra overvåking av miljøkvalitet i vann og vassdrag i Løten kommune, Hedmark. Rapporten beskriver vannkvalitet og biologiske forhold i 8 skogstjern, undersøkt sommeren 2009. Undersøkelsen er utført på oppdrag av Løten kommune og representerer en videreføring av programmet for vassdragovervåking som kommunen vedtok i mars 2006. Kontaktperson i kommunen har vært Øystein Pedersen, som også har bistått i feltarbeidet.

Jarl Eivind Løvik ved NIVAs østlandsavdeling har vært prosjektleder for NIVA. Han har stått for feltarbeidet, analysert og vurdert dyreplankton, samt hatt ansvar for bearbeiding av data og utarbeidelsen av rapporten. Planteplankton er analysert og vurdert av Pål Brettum (tidligere NIVA) i samarbeid med Camilla H.C. Hagman (NIVA Oslo).

Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs kjemilaboratorium i Oslo. Mette-Gun Nordheim (NIVAs østlandsavdeling) har bistått med tilrettelegging av kart.

Samtlige takkes for godt samarbeid.

Ottestad, 16. juni 2010

Jarl Eivind Løvik

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Program og gjennomføring	8
3. Resultater og vurderinger	9
3.1 Generell vannkvalitet - typifisering	9
3.2 Vannkjemi – forsuring	10
3.3 Vannkjemi – overgjødsling	11
3.4 Konsentrasjoner av tungmetaller i Steindammen	14
3.5 Planteplankton	14
3.6 Dyreplankton	16
4. Litteratur	18
5. Vedlegg	19

Sammendrag

Hensikten med undersøkelsen har vært å skaffe fram data for å kunne vurdere vannkvalitet og miljøtilstand i en del skogstjerner i sørøstre deler av Løten kommune. Vurderingene gjelder først og fremst effekter av næringsstoffer (overgjødning) og eventuell forsurening, og er basert på prøver og analyser av vannkjemi, planteplankton og dyreplankton fra i august 2009. Følgende tjern ble undersøkt: Ørfalltjennet, Olsengtjennet, Steindammen, Krokktjennet, Presttjennet, Haratjennet, Svarttjennet (ved Rokosjøen) og Bergstjennet.

Dette er små vannforekomster (mindre enn 30 dekar), som alle ligger i skogområder i høydesonen ca. 200-500 moh. Alle ligger utenfor dyrka mark og fast bosetting og må antas å være lite påvirket av lokale forurensninger. De fire førstnevnte tjerna kan karakteriseres som kalkfattige, med en konsentrasjon av kalsium på 1-3 mg/l. De fire andre hadde konsentrasjoner av kalsium i intervallet 4,4-6,4 mg/l og kan betegnes som moderat kalkrike. Alle er markert eller sterkt humuspåvirket. Svarttjennet hadde en fargeverdi på 83 mg Pt/l; de øvrige hadde fargeverdier på over 200 mg Pt/l.

De moderat kalkrike tjerna hadde en svakt sur eller nøytral vannkvalitet (pH 6,3-7,0) og høy syrenøytraliserende kapasitet (ANC ca. 300-470 $\mu\text{ekv/l}$). De kalkfattige tjerna hadde markert surere vannkvalitet med pH under 6,0. Lavest pH ble registrert i Krokktjennet med pH 4,7; noe som må karakteriseres som meget surt (svært dårlig tilstand). Høy konsentrasjon av totalt organisk karbon (TOC: 23-29 mg/l) viser at organiske syrer fra nedbørfeltet bidrar sterkt til den sure vannkvaliteten. Påvirkningen fra sur nedbør ser ut til å være liten i dag (jf. ikke-marin sulfat på 1-19 $\mu\text{ekv/l}$). Det ble ikke målt spesielt høy konsentrasjon av toksisk aluminium i noen av tjerna. Verdier på 6-23 $\mu\text{g/l}$ labilt Al tilsvarer god miljøtilstand. ANC varierte fra 81 $\mu\text{ekv/l}$ i Krokktjennet til 237 $\mu\text{ekv/l}$ i Olsengtjennet, dvs. god tilstand.

Kun én observasjon gir stor usikkerhet i vurderingene av miljøtilstanden i forhold til overgjødning. Generelt bør det gjøres flere observasjoner i løpet av den isfrie perioden, helst månedlig i perioden fra mai/juni til september/oktober. Målingene viste store forskjeller mellom tjerna i konsentrasjoner av næringsstoffer og algemengder, og det var dårlig samsvar mellom konsentrasjoner av f.eks. totalfosfor og algemengder målt som klorofyll-*a*. Konsentrasjonen av totalfosfor varierte i området 9-23 μl . Vurdert ut fra klorofyll-*a* (0,5-14 $\mu\text{g/l}$) fordelte tjerna seg på tilstandsklasser fra svært god til dårlig. I Haratjennet ble det målt høye konsentrasjoner av totalfosfor og spesielt av totalnitrogen (1315 $\mu\text{g N/l}$). Årsaken var sannsynligvis stor utlekking av næringsstoffer fra oversvømte arealer (og død skog) pga. beverens oppdemninger.

Det var også meget store variasjoner i totalvolumene av planteplankton, fra 20 mm^3/m^3 i Steindammen til ca. 5250 mm^3/m^3 i Svarttjennet. Ut fra sammensetningen og totalvolumet av planteplankton ble tjernas næringstilstand vurdert å ligge i området fra de ultraoligotrofe/oligotrofe (svært næringsfattige til næringsfattige) slik som Steindammen og Krokktjennet og muligens til de mesotrofe (middels næringsrike) eller eutrofe (Ørfalltjennet, Presttjennet og Svarttjennet). I Ørfalltjennet var algesamfunnet totalt dominert av "problemalgen" *Gonyostomum semen*, mens algesamfunnet i Svarttjennet var sterkt dominert av en liten grønnalge (muligens *Cosmarium regnesii*).

I de fleste tjerna ble det funnet forsuringfølsomme arter av krepsdyrplankton. Dette kan tas som indikasjon på at dyreplanktonet ikke er negativt påvirket av forsurening. Unntaket var Krokktjennet hvor det ikke ble registrert forsuringfølsomme arter. Her var krepsdyrplanktonet dominert av overveiende storvokste individer av gelekrepsen *Holopedium gibberum*, noe som trolig kan være en indikasjon på reduserte fiskebestander.

Summary

Title: Monitoring of water bodies in the municipality of Løten 2009

Year: 2010

Author: Jarl Eivind Løvrik and Pål Brettum

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5731-1

The report presents results of an investigation of water quality and environmental status in eight small forest tarns in the municipality of Løten, Hedmark County. The tarns are all situated 200-500 m above sea level, and the catchments are dominated by boreal forest without significant areas of farm land or permanent settlements. The tarns are markedly affected by inputs of humic compounds, with colour-values in the interval 80-300 mg Pt/l (7 of 8 tarns with colour-values higher than 200 mg Pt/l). Four of the localities are Ca-poor water bodies (<4 mg Ca/l), and the remaining four are moderately Ca-rich (4-7 mg Ca/l). Three of the Ca-poor tarns had pH-values in the range 5.6-5.9. Lowest pH was measured in Kroktjernet (pH 4.7). Natural organic acids from the catchments contribute strongly to the relatively low pH-values (TOC: 23-29 mg C/l). Today, anthropogenic acids seem to have minor influence on the water quality of these tarns. High concentrations of toxic Al were not measured in any of the localities.

Amounts of algae and concentrations of nutrients varied considerably between the water bodies. The largest biomasses of phytoplankton were observed in Svarttjernet, Ørfalltjennet and Presttjennet. The nuisance algae *Gonyostomum semen* was found in one of the tarns, Ørfalltjennet. Here this species dominated the phytoplankton almost completely (95 % of the total biomass).

The concentrations of nutrients (especially N-compounds) were very high in the tarn Haratjennet. This was probably caused by nutrients leaching from flooded areas and break down of dead trees, as a result of beaver constructions.

Several acid-sensitive species of crustaceans were recorded in most of the water bodies, indicating that the zooplankton was not damaged by acidification. However, in the tarn Kroktjernet, only acid-tolerant species were found. The crustacean zooplankton was dominated by small bodied species in most of the water bodies. Probably this was a result of a strong predation pressure from planktivorous fish.

1. Innledning

Bakgrunn

Løten kommune vedtok i mars 2006 å i verksette et program for overvåking av vannforekomster i kommunen. Et forslag til overvåkingsprogram for perioden 2005-2010 ble først utarbeidet av NIVA og senere omarbeidet for å gjelde perioden 2006-2011 (datert 17.2.2006). EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet) som Norge er forpliktet i forhold til, stiller krav til overvåking av økologisk tilstand i alle vannforekomster av en viss størrelse. Som en oppfølging av Vanndirektivet har Norge vedtatt Forskrift om rammer for vannforvaltningen ("Vannforskriften", gjeldende fra 1.1.2007) som også legger føringer mht. overvåking av vannforekomstene.

Overvåkingsprogrammet for vannforekomstene i Løten må ses i sammenheng med overvåkingen av Mjøsa med tilløpselver og overvåkingsaktiviteter i nabokommuner som Løten kommune har felles nedbørfelter med. I første omgang tar en sikte på å skaffe fram data for å få en oversikt over forurensningsgrad og miljøtilstand (økologisk tilstand) i de fleste vannforekomstene i kommunen. Videre skal de vassdragene eller deler av vassdragene som har mindre god eller dårlig økologisk tilstand, følges opp med tiltaksrettet overvåking. Det er tidligere utgitt 3 rapporter fra overvåkingsprogrammet i Løten kommune (Løvik og Romstad 2007, Løvik 2008 og Løvik mfl. 2009).

Kort om de undersøkte vannforekomstene

Overvåkingen i 2009 omfattet 8 tjern i skogområdene sør og øst i Løten kommune (se kart, Figur 1). Alle vannforekomstene er relativt små (mindre enn ca. 30 dekar), noe som gjenspeiles i navnene som alle unntatt Steindammen ender på "tjernet" eller "tjennet". Her har vi benyttet skrivemåten i kommunekartet for Løten med kartgrunnlag i Statens kartverk, N50 kartdata 2003. Tjerna ligger i barskogområder i høydesonen fra ca. 215 moh. til ca. 500 moh., og de kan generelt antas å være lite utsatt for menneskeskapte lokale påvirkninger. Unntaket kan være husdyrbeite og skogsdrift samt evt. tidligere skog/myrgrøfting. Beverens virksomhet i området kan ha forårsaket oppdemminger og endringer i de hydrologiske forholdene. Dette kan f.eks. ha ført til økt utlekking av humus og næringsstoffer til enkelte av tjerna.

Målsetting

Hovedmålsettingen med undersøkelsen i 2009 har vært å skaffe fram data og vurdere vannkvaliteten og forurensningssituasjonen i følgende 8 tjern: Bergstjennet, Steindammen, Ørfalltjennet, Haratjennet, Olsengtjennet, Presttjennet, Kroktjennet og Svarttjennet (sør for Rokosjøen). Vurderingene gjelder først og fremst eventuelle effekter av tilførsler av næringsstoffer og eventuell forsurening, samt den mer generelle vannkvaliteten (målinger av humuspåvirkning, nivå av kalsium etc. bl.a. for å kunne gjøre en typifisering av lokalitetene).

2. Program og gjennomføring

Det ble i 2010 samlet inn prøver fra 8 tjern i de sørøstre skogområdene i Løten (se Figur 1). Prøver ble samlet inn bare én gang fra hvert av tjerna, den 19. eller den 20. august. Prøvene ble tatt som blandprøver fra det øvre, varme sjiktet (0-2 m), og de ble analysert mht. pH, konduktivitet, alkalitet, farge samt konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC), total-fosfor, total-nitrogen, nitrat, klorid, sulfat, kalsium, magnesium, kalium, natrium, reaktivt aluminium og ikke-labilt aluminium. En oversikt over de vannkjemiske analysemetodene er gitt i Vedlegg.

Blandprøver fra 0-2 m ble også benyttet for analyser av mengde og sammensetning av planteplankton (klorofyll-*a* og algetellinger). Videre ble det samlet inn kvalitative prøver av dyreplankton i form av håvtrekk fra sjiktet ca. 0-2 m. Samtidig med prøvetakingen ble siktedypet målt (mot standard hvit, Secchi-skive, uten bruk av vannkikkert), og temperatursjiktningen ble klarlagt.

Analyseprogrammet er ment å dekke problemstillinger som generell vannkvalitet og typifisering samt eventuell overgjødsling og forsurening. På grunn av skytebanen ved Steindammen ble det fra dette tjernet i tillegg samlet inn prøver for analyser mht. konsentrasjoner av kobber, bly, antimon og sink, med tanke på evt. avrenning til tjernet av metaller fra korroderte prosjektiler/blyhagl.



Figur 1. Oversikt over sørøstre deler av Løten kommune med de undersøkte tjerna. Kartutsnitt fra kommune- og adressekart for Løten kommune, utgitt i 2003.

3. Resultater og vurderinger

3.1 Generell vannkvalitet - typifisering

I henhold til vanndirektivet og den nye vannforskriften, skal miljøtilstanden i innsjøer og elver klassifiseres ut fra typespesifikke vurderingskriterier. Revidert typologi for norske vannforekomster er utarbeidet av Solheim og Schartau (2004) og senere modifisert i gjeldende veileder for klassifisering av økologisk tilstand i vann. Veilederen er utgitt av Direktoratgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet (2009) og refereres heretter til som Veileder 01:2009 (se <http://www.vannportalen.no/>).

Sju av tjerna var sterkt humuspåvirket, dvs. at de hadde svært brunfarget vann med fargeverdier over 200 mg Pt/l (Tabell 1) og konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC) høyere enn 20 mg C/l (Tabell 2). Minst humuspåvirket var Svarttjernet, med fargeverdi på 83 mg Pt/l og TOC på 17 mg C/l. Dette kan karakteriseres som markert humuspåvirket. Ørfalltjernet, Olsengtjernet, Steindammen og Kroktjernet hadde konsentrasjoner av kalsium i området 1-4 mg Ca/l og kan betegnes som kalkfattige; Ca-konsentrasjonen i Kroktjernet var på grensa til svært kalkfattig. Presttjernet, Haratjernet, Svarttjernet og Bergstjernet hadde alle konsentrasjoner av kalsium høyere enn 4 mg Ca/l og kan dermed betegnes som moderat kalkrike tjern.

I Tabell 1 er vannforekomstene forsøkt plassert i henhold til typologien referert ovenfor. Typologien har imidlertid ingen kategorier av innsjøer (evt. tjern) med fargeverdier høyere enn 90 mg Pt/l. Tjerna faller dermed egentlig utenfor systemet (unntatt Svarttjernet), men de er her likevel plassert til den typen som "ligner" mest. Foreløpig er det ikke etablert grenseverdier med tanke på klassifisering av økologisk tilstand for alle innsjøtyper. For de moderat kalkrike, humøse skogstjerna har vi derfor benyttet klassegrenser for kalkrike, humøse innsjøer i lavlandet (jf. Veileder 01:2009).

Tabell 1. Typifisering av de undersøkte tjerna i Løten ut fra areal, høyde over havet, konsentrasjon av kalsium og fargeverdier.

	Areal dekar	Hoh. m	Kalsium mg Ca/l	Farge mg Pt/l	Type- nr.	NGIG type kode	Typebeskrivelse*
Ørfalltjernet	~23	248	2.35	244	13	L-N6	Små, kalkfattige, humøse innsjøer i skog
Olsengtjernet	~8	228	3.07	304	13	L-N6	Små, kalkfattige, humøse innsjøer i skog
Steindammen	~28	255	2.01	206	13	L-N6	Små, kalkfattige, humøse innsjøer i skog
Kroktjernet	~25	484	1.00	236	13	L-N6	Små, kalkfattige, humøse innsjøer i skog
Presttjernet	~8	229	4.69	220	15		Små, moderat kalkrike, humøse innsjøer i skog
Haratjernet	~8	228	6.41	248	15		Små, moderat kalkrike, humøse innsjøer i skog
Svarttjernet	~26	224	4.37	82.8	15		Små, moderat kalkrike, humøse innsjøer i skog
Bergstjernet	~18	217	4.70	258	15		Små, moderat kalkrike, humøse innsjøer i skog

*) Nærmeste type i henhold til typologien gitt i Veileder 01:2009

3.2 Vannkjemi – forsurening

Vannkjemiske analyseresultater som har relevans i forhold til forsurening er gitt i Tabell 2. Vurderingene nedenfor er gjort på grunnlag av bare én prøve i hvert av tjerna, og må anses som relativt usikre. Generelt anbefales det at slike vurderinger gjøres på grunnlag av årsverdier, dvs. fire prøver årlig (snøsmelting om våren, sommer, høst og vinter) alternativt målinger foretatt under sirkulasjonsperioden om høsten (Veileder 01:2009).

Grenseverdier for forsuring-parametre er ikke utarbeidet for kalkrike innsjøer (Veileder 01:2009). Dette er trolig fordi kalkrike innsjøer har stor evne til å motstå pH-endringer ved tilførsel av surt vann, og forsuring dermed ikke regnes som relevant. Av Tabell 2 går det fram at de kalkrike tjerna Presttjennet, Harattjennet, Svarttjennet og Bergstjennet alle hadde pH over 6,3 og høy syrenøytraliserende kapasitet, dvs. ANC-verdier omkring 300 $\mu\text{ekv/l}$ eller høyere.

De kalkfattige tjerna (Ørfalltjennet, Olsengtjennet, Steindammen og Kroktjennet) hadde surere vannkvalitet med pH helt ned i 4,7 i Kroktjennet, tilsvarende svært dårlig tilstand. Steindammen hadde pH 5,6 (god tilstand), mens Ørfalltjennet og Olsengtjennet hadde pH på 5,8-5,9 som tilsvarer svært god tilstand. Klassegrensene er representative for ørret og bunnfauna (Veileder 01:2009). Organiske syrer fra nedbørfeltet bidrar betydelig til den sure vannkvaliteten (TOC: 23-29 mg/l). Ikke-marin sulfat på 1-19 $\mu\text{ekv/l}$ viser at påvirkningen fra sur nedbør i dag er liten.

Konsentrasjonen av labilt aluminium lå innenfor grensene for tilstandsklasse god i de fire kalkfattige tjerna. Grensen mellom klassene god og moderat er satt ved 30 $\mu\text{g/l}$ for kalkfattige, humøse innsjøer og tjern i skogområder (grenseverdier representative for ørret).

Tabell 2. Resultater av vannanalyser mht. pH, konduktivitet og alkalitet samt konsentrasjoner av totalt organisk karbon, aluminium-fraksjoner, kationer og anioner. Beregnet konsentrasjon av uorganisk (labilt) aluminium og syrenøytraliserende kapasitet (ANC og ANC_{OAA}) er også gitt. Tilstandsklasser er vist ved fargekoder (klassegrenser for kalkfattige, humøse innsjøer i skog)

		Ørfalltj.	Olsengtj.	Steind.	Kroktj.	Presttj.	Harattj.	Svarttj.	Bergstj.
pH		5.87	5.84	5.64	4.66	6.56	6.82	7.04	6.34
Konduktivitet	mS/m	1.84	2.42	1.93	2.00	3.50	5.41	3.24	3.37
Alkalitet	$\mu\text{ekv/l}$	87	104	71	<10	215	292	214	150
Nitrat	$\mu\text{g/l}$	<1	11	3	1	59	545	<1	43
Farge	mg Pt/l	244	304	206	236	220	248	83	258
TOC	mg/l	23.5	28.9	23.2	23.3	22.4	28.0	17.0	30.0
Klorid	mg/l	0.65	0.66	0.70	0.51	1.06	2.06	0.78	1.74
Sulfat	mg/l	0.14	0.78	1.02	0.38	1.79	3.24	2.31	1.94
Ikkemarin sulfat	$\mu\text{ekv/l}$	1	14	19	6	34	61	46	35
Reaktivt aluminium	$\mu\text{g/l}$	91	122	238	119	88	94	40	208
Ikkelabilt aluminium	$\mu\text{g/l}$	85	108	215	101	74	74	30	189
Labilt aluminium	$\mu\text{g/l}$	6	14	23	18	14	20	10	19
Kalsium	mg/l	2.35	3.07	2.01	1.00	4.69	6.41	4.37	4.70
Kalium	mg/l	0.11	0.30	0.12	0.04	0.64	1.19	0.30	0.48
Magnesium	mg/l	0.60	0.79	0.69	0.28	1.28	2.57	1.07	1.09
Natrium	mg/l	0.98	1.08	1.18	0.68	1.54	1.55	1.21	1.65
ANC	$\mu\text{ekv/l}$	191	237	170	81	351	465	296	316
ANC_{OAA} *	$\mu\text{ekv/l}$	111	139	91	2	275	369	238	214

Tilstandsklasser (Veiledning 01:2009)

Svært god God Moderat Dårlig Svært dårlig

* ANC_{OAA} = syrenøytraliserende kapasitet korrigeret for bidraget fra sterke organiske syrer.

De kalkfattige tjerna hadde svært god syrenøytraliserende kapasitet, dvs. ANC høyere enn 80 $\mu\text{ekv/l}$. Lavest ANC hadde Krokktjernet med 81 $\mu\text{ekv/l}$. Grensen mellom god og moderat tilstand er satt ved 40 $\mu\text{ekv/l}$ for kalkfattige, humøse innsjøer. Klassegrensene anses som representative for ørret og bunnfauna. Skader på fiskebestander forventes ikke før ANC er lavere enn ca. 20 $\mu\text{ekv/l}$. Hvis det korrigeres for sterke organiske syrer (ANC_{OAA}) hadde Krokktjernet en ANC_{OAA} på 2 $\mu\text{ekv/l}$. De tre andre kalkfattige tjerna hadde ANC_{OAA} -verdier høyere enn 90 $\mu\text{ekv/l}$. Basert på et stort materiale over norske innsjøer konkluderte Lydersen mfl. (2004) at det er 95 % sannsynlighet for ingen skade på ørretpopulasjoner ved $\text{ANC}_{\text{OAA}} = 8 \mu\text{ekv/l}$ og for abborpopulasjoner ved $\text{ANC}_{\text{OAA}} = -2 \mu\text{ekv/l}$. På denne bakgrunn er det rimelig å anta at de vannkjemiske forholdene kan ha ført til skader på fiskebestander i Krokktjernet.

3.3 Vannkjemi – overgjødning

Fosfor er begrensende næringsstoff for algevekst i de fleste innsjøer. I en del innsjøer som enten har vært sterkt overgjødslet (f.eks. pga. store tilførsler av urensset avløpsvann over lang tid) kan også tilgangen på løste nitrogenforbindelser være begrensende i kortere eller lengre perioder. Det samme kan være tilfelle i vannforekomster som ligger i områder uten vesentlige lokale forurensningstilførsler og små tilførsler av atmosfærisk transporterte nitrogenforbindelser (Elser mfl. 2009).

Så vel konsentrasjonene av næringsstoffer som algemengdene og siktedypet i innsjøer og tjern kan variere betydelig gjennom året av naturlige årsaker. Ved vurderinger av miljøkvalitet (økologisk tilstand) bør en benytte årsmiddelverdier basert på f.eks. månedlig prøvetaking i vekstsesongen for alger (mai/juni til september/oktober), gjerne fra de siste 3 år. Dette fordi både konsentrasjonene av næringsstoffer og ikke minst algemengden kan variere betydelig gjennom sesongen og fra år til år, av naturlige årsaker. Vurderingene er her basert på bare én prøve (stikkprøve), og de må derfor anses som nokså usikre.

Konsentrasjonen av total-fosfor (tot-P) varierte fra 9 $\mu\text{g P/l}$ i Krokktjernet til 23 $\mu\text{g P/l}$ i Haratjernet (Tabell 3). Resultatene for tot-P gir svært god tilstand for Svarttjernet, god tilstand for Krokktjernet og moderat tilstand for de andre tjerna. For de fleste lokalitetene varierte konsentrasjonen av total-nitrogen (tot-N) i området fra 310 $\mu\text{g N/l}$ (Krokktjernet) til 665 $\mu\text{g N/l}$ (Bergstjernet, Tabell 3). Dette tilsvarer svært god til moderat tilstand. Haratjernet hadde imidlertid en svært høy konsentrasjon (1315 $\mu\text{g N/l}$) til å være et skogstjern, tilsvarende dårlig tilstand. Den høyeste referanseverdien ("naturlig bakgrunn") mht. tot-N i norske innsjøer oppgis til 300 $\mu\text{g N/l}$ og gjelder kalkfattige og kalkrike humøse innsjøer i lavlandet (Veileder 01:2009). Konsentrasjonen i Haratjernet var mer enn 4 ganger så høy. Vi observerte at det var mye forsumpet mark og død skog rundt dette tjernet, sannsynligvis pga. beverens oppdemminger (se foto, Figur 2). Dette kan være en mulig forklaring på de høye konsentrasjonene av næringsstoffer (spesielt nitrogen-forbindelser) i Haratjernet.

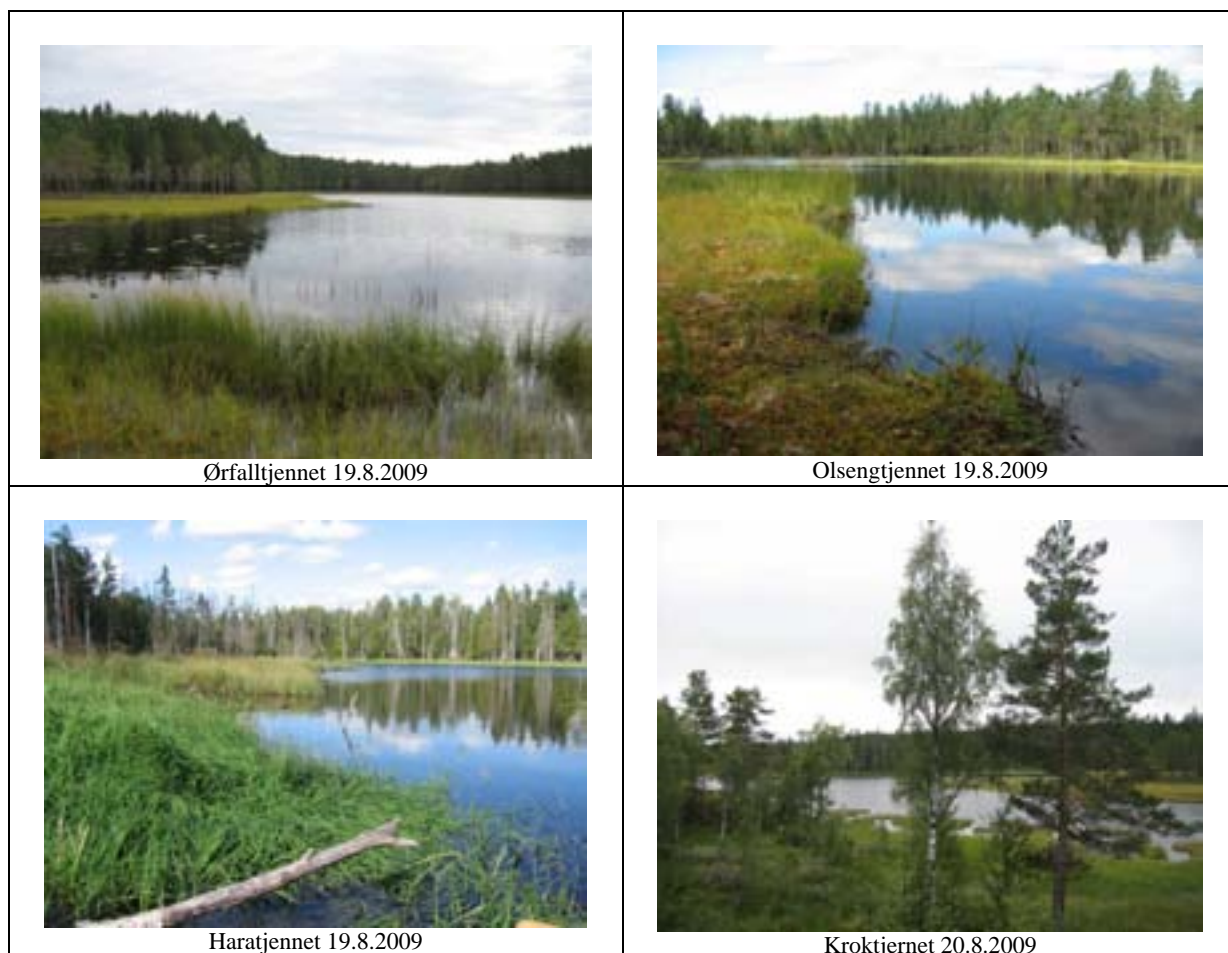
Tabell 3. Resultater av vannkjemiske analyser for tema overgjødning, samt siktedyp. Tilstandsklasser i henhold til vanddirektivet (Veileder 01:2009) er vist ved fargekoder. For Ørfalltjernet, Olsengtjernet, Steindammen og Krokktjernet er det benyttet klassegrenser for kalkfattige, humøse innsjøer i skog; for de øvrige er klassegrenser for kalkrike, humøse innsjøer i lavlandet benyttet.

		Ørfalltj.	Olsengtj.	Steind.	Kroktj.	Presttj.	Haratj.	Svarttj.	Bergstj.
Total-fosfor	$\mu\text{g/l}$	16	13	13	9	20	23	10	19
Total-nitrogen	$\mu\text{g/l}$	420	460	400	310	570	1315	440	665
Nitrat	$\mu\text{g/l}$	<1	11	3	1	59	545	<1	43
Siktedyp	m	0.9	0.9	1.3	0.9	0.9	0.9	1.3	1.0
Klorofyll-a	$\mu\text{g/l}$	12	4.9	0.47	1.5	14	5.1	12	1.4

Tilstandsklasser (Veiledning 01:2009)

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

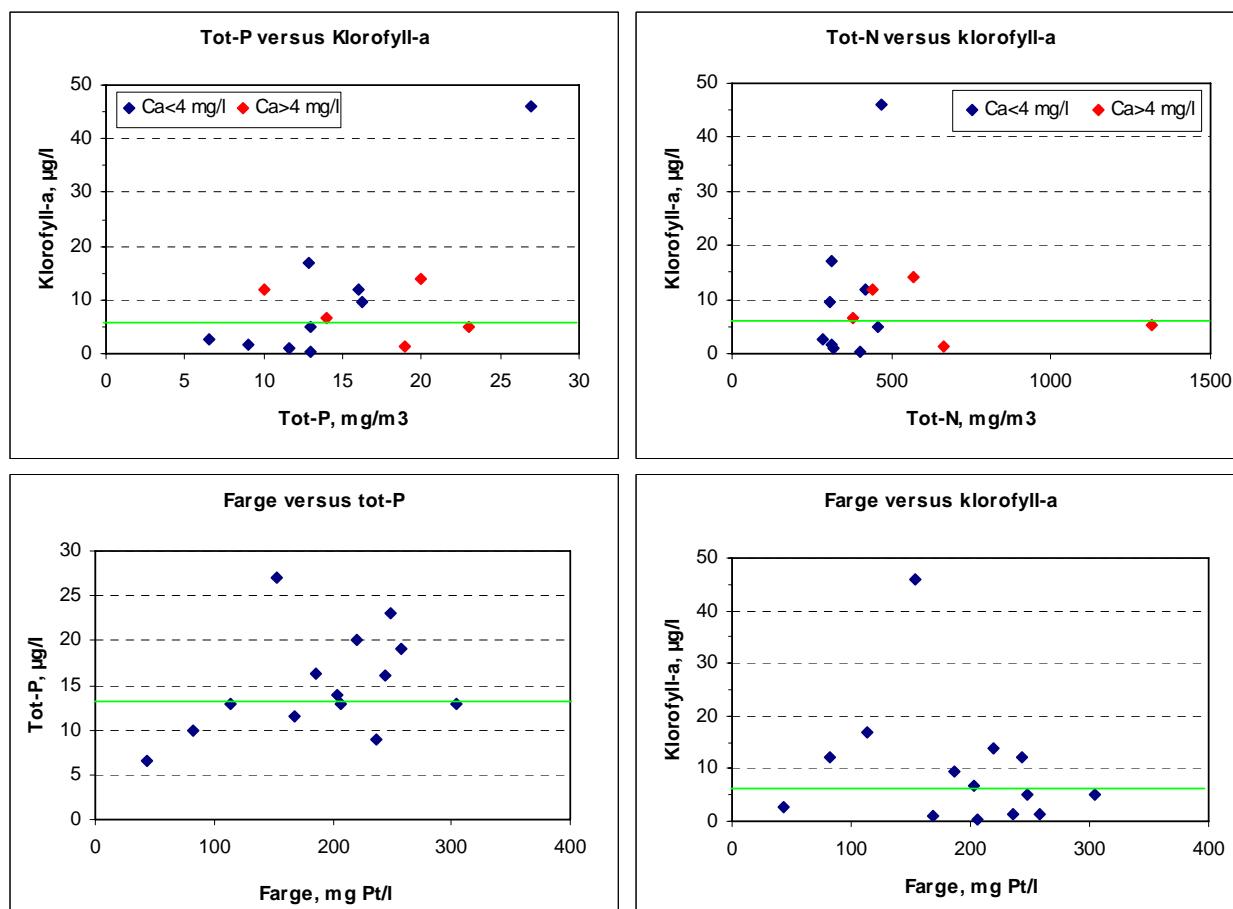
Konsentrasjonen av den løste nitrogen-forbindelsen nitrat var meget lav i mange av tjerna; 5 av 8 tjern hadde konsentrasjoner på ca. 10 $\mu\text{g N/l}$ eller lavere. Dette er en indikasjon på at nitrogen trolig kan være begrensende for algevekst i perioder. Haratjennet hadde høy konsentrasjon også av nitrat (545 $\mu\text{gN/l}$).



Figur 2. Bilder fra fire av de undersøkte tjerna. Foto: J.E. Løvik.

Algemengden målt som klorofyll-*a* var høy i Ørfalltjennet, Presttjennet og Svarttjennet med verdier på 12-14 $\mu\text{g/l}$ (Tabell 3). Dette tilvarer dårlig tilstand i Ørfalltjennet og moderat tilstand i de to andre. I de øvrige 5 tjerna varierte algemengden fra 0,5 $\mu\text{g/l}$ i Steindammen til 5,1 $\mu\text{g/l}$ klorofyll-*a* i Haratjennet. Dette tilvarer god tilstand i Olsengtjennet og svært god tilstand i de 4 andre.

I kalkfattige, humøse innsjøer i skog antas naturtilstanden med hensyn til næringsstoffer og algemengder å ligge omkring 5 $\mu\text{g/l}$ tot-P, 275 $\mu\text{g/l}$ tot-N og 2 $\mu\text{g/l}$ klorofyll-*a* (jf. referanseverdier i Veileder 01:2009). I moderat kalkrike, humøse innsjøer kan en forvente litt høyere verdier. Resultatene fra denne undersøkelsen tyder på at flere av disse tjerna har betydelig høyere konsentrasjoner av næringsstoffer og større algemengder enn det en skulle forvente i humuspåvirkede innsjøer og skogstjern uten nevneverdige tilførsler fra menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. Inkluderes resultatene fra undersøkelsen i 2008 (Løvik mfl. 2009), har vi data fra til sammen 14 små innsjøer eller tjern i dette området. Figur 3 viser at ca. halvparten av disse vannforekomstene hadde høyere verdier for tot-P og klorofyll-*a* enn grensen mellom god og moderat tilstand for kalkfattige, humøse innsjøer.



Figur 3. Sammenhengene mellom tot-P og klorofyll-a, tot-N og klorofyll-a, farge og tot-P samt farge og klorofyll-a for de 8 lokalitetene i denne undersøkelsen og de 6 lokalitetene fra undersøkelsen i Løten-tjern i 2008. Grensen mellom god og moderat tilstand for kalkfattige, humøse innsjøer i skog er vist ved grønne horisontale linjer (klorofyll-a = 6 µg/l og tot-P = 13 µg/l). I de to øverste diagrammene er det skilt mellom kalkfattige og moderat kalkrike lokaliteter (Ca < 4 mg/l og Ca > 4 mg/l).

Figur 3 viser videre at det var dårlige sammenhenger mellom konsentrasjoner av næringsstoffer (tot-P og/eller tot-N) og mengder (klorofyll-a). Siden disse tjerna hadde betydelig høyere fargeverdier enn det som er lagt til grunn i de veiledende referanseverdiene, kunne en tenke seg at økt konsentrasjon av humusstoffer var årsak til de høye konsentrasjonene av tot-P. Det var imidlertid ingen klar sammenheng mellom humus-konsentrasjon (farge) og tot-P, og heller ikke mellom humus-konsentrasjon og mengde.

Den dårlige sammenheng mellom tot-P og klorofyll-a kan delvis skyldes at de enkelte datapunktene representerer enkeltobservasjoner og ikke middelerverdier for en vekstsesong. Her kan f.eks. nevnes at Hessen (1989) fant relativt store variasjoner gjennom sesongen og relativt høye konsentrasjoner av tot-P (ca. 10-22 µg/l) i det ca. 8 dekar store tjernet Kjelsåsputten nær Oslo. Dette tjernet er også sterkt humus-påvirket (fargetall på 80-150 mg Pt/l), og ble fulgt med relativt tette observasjoner gjennom hele den isfrie perioden (2-4 prøver pr. mnd.). I dette tjernet var imidlertid mengdene lave (ca. 1-3 µg/l klorofyll-a) sammenlignet med mange av Løten-tjerna.

3.4 Konsentrasjoner av tungmetaller i Steindammen

Følgende konsentrasjoner av tungmetaller ble målt i vannprøven fra Steindammen:

Kobber 0,67 µg Cu/l, bly 0,45 µg Pb/l, sink 6,1 µg Zn/l og antimon <0,05 µg Sb/l.

Dette tilsvarer tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) for bly og tilstandsklasse II (moderat forurenset) for kobber og sink, i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen mfl. 1997). For de to sistnevnte metallene var konsentrasjonene nær grensene til tilstandsklasse I. Ut fra dette er det lite som tyder på at skyteaktiviteten ved Steindammen har ført til vesentlig forurensning av vannet med tungmetaller.

3.5 Planteplankton

Primærdata med artslistene og volumer fra algetellingene er gitt i vedlegget. Figur 4 viser totalvolumene fordelt på hovedgrupper av alger. I Tabell 4 er gitt det intervallet for trofinivå vi antar at vannmassene i de undersøkte tjernene har, basert på planteplanktonanalysene.

Tabell 4. Trofitilstand vurdert ut fra beregnede totalvolumer og sammensetning av planteplankton (Brettum 1989, Brettum og Andersen 2005).

Ultraoligotrof = svært næringsfattig, oligotrof = næringsfattig, oligomesotrof = mellomstadium mellom næringsfattig og middels næringsrik, mesotrof = middels næringsrik, eutrof = næringsrike vannmasser.

Vannforekomst	Trofinivå
Ørfalltjennet	Oligomesotrof (- mesotrof)
Olsengtjennet	Oligomesotrof
Steindammen	Ultraoligotrof - oligotrof
Kroktjennet	Ultraoligotrof - oligotrof
Presttjennet	Oligomesotrof (- mesotrof)
Haratjennet	Oligotrof - (oligomesotrof)
Svarttjennet	Oligomesotrof - eutrof
Bergstjennet	Oligotrof – (oligomesotrof)

Det er samlet inn og analysert kun én kvantitativ planteplanktonprøve fra hver av lokalitetene. Planteplanktonet gjennomgår en suksesjon og har ofte store variasjoner gjennom vekstsesongen fra april/mai til september/oktober, både med hensyn til sammensetning og mengdene av de enkelte artene i samfunnet. Dette gjør at en enkelt prøve sannsynligvis ikke har truffet maksimum planteplanktonmengde eller det tidspunktet hvor samfunnet har sin største artsvariasjon.

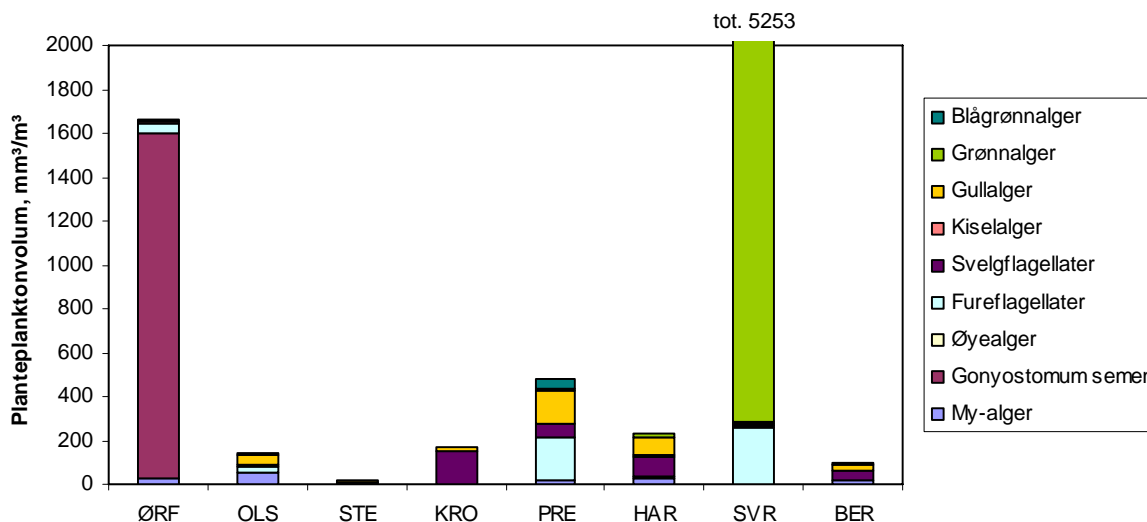
Selv om flere prøver tatt gjennom vekstsesongen med jevne intervaller ville gitt et mye bedre og sikrere grunnlag for å bedømme vannkvaliteten og trofinivået på vannmassene i lokaliteten, er det ofte mulig å gi en omtrentlig vurdering av vannkvaliteten basert kun på en analysert kvantitativ planteplanktonprøve. Særlig gjelder dette når prøven er tatt på ettersommeren, da algebiomassen ikke behøver å være maksimal, men da algesamfunnet vanligvis er på sitt mest diverse, det vil si at en da ofte registrerer flest arter/taksa i prøvene. Lave algemengder på dette tidspunktet kan imidlertid henge sammen med at prøven er tatt ved minimum i algevolumet og ikke nødvendigvis gjenspeiler trofinivået på vannmassene.

Bergstjennet

Totalvolumet på 97 mm³/m³ i prøven fra 20. august var svært lavt. Det ble registrert 25 arter/taksa. Dette er ikke et særlig høyt antall, men arter som *Dinobryon bavaricum*, *Cryptomonas* cf. *erosa* og *Uroglena* sp. finner en vanligvis i litt mer næringsrike vannmasser. Basert på beregnet totalvolum planteplankton alene ville en si at tjernet hadde oligotrofe vannmasser (Brettum og Andersen 2005), men nærværet av de nevnte artene tilsier kanskje noe mer oligomesotrofe vannmasser. Prøven er muligens tatt på et tidspunkt da algebiomassen var på et minimum.

Haratjennet

I denne prøven ble det registrert 37 arter/taksa, med et totalvolum på 229 mm³/m³. Dette er et relativt høyt antall arter i en prøve. Gruppene Chrysophyceae (gullalger) og Cryptophyceae (cryptomonader) er mest fremtredende i planktonet, sammen med et stort antall små ubestemte flagellater (μ-alger). Dette er vanlig for planteplanktonet i små, ikke sure men næringsfattige og humøse innsjøer. Ingen av de registrerte artene, med unntak av cryptomonaden *Cryptomonas* cf. *erosa* er arter en vanligvis finner i næringsfattige, oligotrofe vannmasser.



Figur 4. Planteplankton i de 8 tjerna som ble undersøkt i 2009. Totalvolumer fordelt på hovedgrupper er vist. ØRF = Ørfalltjennet, OLS = Olsengtjennet, STE = Steindammen, KRO = Kroktjennet, PRE = Presttjennet, HAR = Haratjennet, SVR = Svarttjennet (ved Rokosjøen) og BER = Bergstjennet.

Kroktjennet

Dette tjernet har svært sure vannmasser, med pH godt under 5. Dette påvirker i høy grad artsantallet som gjerne blir svært lavt i slike vannmasser, da få arter greier seg under slike forhold. Diatoméen eller kiselalgen (Bacillariophyceae) *Fragilaria rhomboidea* v. *saxonica* er en typisk art som registreres i både svært sure og svært næringsfattige vannmasser. Bare 9 arter/taksa ble registrert i prøven fra denne lokaliteten. På tross av at flere cryptomonade-arter forsvinner i svært surt vann, er det ofte Cryptophyceae (cryptomonader) som gruppe som utgjør den største prosentvise andelen av totalvolumet. Her utgjorde gruppens volum hele 87 % av totalvolumet. Trofinivået for vannmassene er sannsynligvis ultraoligotrof til oligotrof, det vil si svært næringsfattige vannmasser.

Olsengtjennet

Også dette tjernet har ganske sure vannmasser, men ikke så sure at dette påvirker artsdiversiteten i særlig grad. Det ble registrert 31 arter/taksa i prøven. Gruppen Chrysophyceae (gullalger) er den viktigste gruppen sammen med Dinophyceae (dinoflagellater) og små ubestemte flagellater, μ-alger. Innen gruppen Chlorophyceae (grønnalger) og Cryptophyceae (cryptomonader) ble det registrert flere arter, men disse gruppene var av kvantitativt helt underordnet betydning. Artsinventaret generelt består av arter som er mest vanlige i oligotrofe vannmasser, men et par arter som *Chrysophaerella longispina* og *Dinobryon sertularia* er vanligere i mer næringsrike vannmasser. Selv om en basert på beregnet totalvolum i den ene prøven fra denne lokaliteten kunne karakterisert vannmassene i Olsengtjennet som oligotrofe, næringsfattige, gjør tilstedeværelsen av de nevnte artene at tjernet sannsynligvis er mer næringsrikt. Antagelig bør en betegne vannmassene som oligomesotrofe, det vil si i overgangen mellom næringsfattige og middels næringsrike vannmasser.

Presttjernet

I dette tjernet ble det beregnet et betydelig større totalvolum basert på analyseresultatene enn i de foregående lokalitetene, fordelt på 30 registrerte arter/taksa. I denne lokaliteten ble det registrert flere elementer som indikerer mer næringsrike vannmasser. Slike elementer er en større andel av gruppen Cyanophyceae (cyanobakterier, blågrønnalger) og arter som *Chryso-sphaerella longispina*, *Dinobryon sertularia* og *Cryptomonas cf. erosa*. Selv om det beregnede totalvolum på 483 mm³/m³ i seg selv antyder oligomesotrofe vannmasser, indikerer tilstedeværelsen av de nevnte elementene at vannmassene mer bør betegnes som oligomesotrofe til mesotrofe, det vil si mot middels næringsrike.

Steindammen

I denne lokaliteten ble det beregnet et svært lite totalvolum basert på analyseresultatene. Kun et beregnet totalvolum på 20 mm³/m³, og 16 arter/taksa ble registrert. Vannmassene er sure, men ikke ekstremt sure, og selv om prøven ble tatt på et minimum i algebiomassen, viser det lave antallet arter og den lave algebiomassen her rett og slett svært næringsfattige vannmasser, ultraoligotrofe til oligotrofe.

Svarttjernet

I dette tjernet ble det registrert en praktisk talt monokultur av en art som en med meget stor grad av usikkerhet har antydning må være en liten desmidiaceé (en orden innen Chlorophyta eller grønnalger), *Cosmarium regnesii*. Den utgjorde i prøven hele 94 % av totalvolumet som var på 5253 mm³/m³. Masseoppblomstring av slike små *Cosmarium*-arter registrerer en fra tid til annen i flere små skogstjerner uten at en kan gi noen god forklaring på årsaken. Disse artene kan ofte danne relativt store aggregater og er omsluttet av et gelelag, noe som muligens gjør dem lite egnede som beiteorganisme for dyreplankton. Dette kan kanskje være en forklaring. Organismer som ikke beites på, har en tendens til å bygge opp store aggregater av celler i perioder. Dette sier i så fall lite om næringsrikdommen i vannmassene. Vannforekomstene er ofte oligotrofe, selv om den store algebiomassen i en periode skulle tilsi eutrofe, næringsrike, forhold ut fra indeksene hos Brettum og Andersen (2005). Dette viser igjen at resultatene fra en enkelt prøve i noen tilfeller kan gi konklusjoner som er misvisende.

Ørfalltjernet

Dette tjernet var også helt dominert av en art, *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) som i den analyserte prøven utgjorde mer enn 94 % av totalvolumet planteplankton (1664 mm³/m³). Dette er en art som ofte har store bestander i relativt sure og humøse innsjøer. En antar at arten er en innvandrer i våre innsjøer, og at den etter hvert vil dukke opp i flere lokaliteter særlig i Østlandsområdet. Relativt sett er det en stor form (50-60 µm lang), og cellene inneholder en rekke såkalte trichocyster, med samme effekt som nesleceller hos maneter og brennesle. De utgjør et forsvarsvåpen hos cellene. Trichocystene sammen med cellenes størrelse gjør dem sannsynligvis lite attraktive som beiteorganismer for dyreplankton. Dette medvirker til at denne arten ofte danner store cellebestander, noe som gir et inntrykk av mer næringsrike vannmasser enn hva som er reelt. Ut fra indeksene hos Brettum og Andersen (2005) skulle algebiomassen tilsi mesotrofe eller middels næringsrike vannmasser, mens de ofte kan være relativt oligotrofe eller næringsfattige. Igjen er det viktig at en har flere prøver samlet gjennom vekstsesongen, for å fastslå vannmassenes trofegrad, basert på planteplankton-innholdet.

3.6 Dyreplankton

Resultatene fra analysene av dyreplankton-prøvene er gitt i vedlegget. I tillegg til dyreplankton ble larver av svevemyggen *Chaoborus flavicans* funnet i prøven fra Krokktjernet. Den ble ikke påvist i prøvene fra de andre lokalitetene, men det kan ikke utelukkes at den finnes i flere av de undersøkte lokalitetene. Nedenfor følger en kortfattet beskrivelse av dyreplankton-samfunnene i de enkelte tjerna.

Ørfalltjennet

Krepsdyrplanktonet var dominert av småvokste arter som hoppekrepsene *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* samt vannloppene *Daphnia cristata* og *Bosmina longirostris*. Dominans av småvokste individer av krepsdyrplankton slik som her, indikerer et sterkt predasjonspress ("beitepress") fra planktonspisende fisk (jf. Hessen mfl. 1995). Forekomsten av forsuringfølsomme arter som *T. oithonoides* og *D. cristata* tyder på at dyreplanktonet ikke er skadet av forsuring (jf. Halvorsen mfl. 2002). Den lille vannloppen *B. longirostris* er vanligst i middels næringsrike til næringsrike vannforekomster med et sterkt predasjonspress fra fisk.

Olsengtjennet

Tjernet hadde en bra bestand av den relativt storvokste calanoide hoppekrepsen *Acanthodiptomus denticornis*. Arten er vanligst i næringsfattige til middels næringsrike innsjøer eller tjern med et svakt til moderat predasjonspress fra planktonspisende fisk. Forekomsten av denne arten og den cyclopoide hoppekrepsen *Thermocyclops oithonoides* tyder på at dyreplanktonet ikke er skadet av forsuring.

Steindammen

Det ble funnet relativt mange taksa av hjuldyr, mens antall taksa og tettheten av hoppekreps var meget liten. Den tette bestanden av vannloppen *Bosmina longirostris* tyder på at dyreplanktonet ikke var skadet av forsuring, og at predasjonspresset fra planktonspisende fisk sannsynligvis var sterkt. Forekomst av vannloppene *Daphnia cristata* og *Alonella exigua* indikerer også at dyreplanktonet ikke er vesentlig påvirket av forsuring. Innslaget av arter av vannlopper som er knyttet til strandsonen og/eller til vannvegetasjon (litorale arter) var relativt stort.

Kroktjernet

Den tette bestanden av gelekrepsen *Holopedium gibberum* tyder på næringsfattige og kalkfattige vannmasser. Arten er forsuringstolerant i likhet med vannloppen *Ceriodaphnia quadrangula*, som også hadde en relativt stor bestand. Populasjonen av *H. gibberum* var dominert av storvokste individer. Dette kan tyde på et lavt predasjonspress fra planktonspisende fisk; muligens er det reduserte fiskebestander pga. forsuring.

Presttjennet

Dominans av de forsuringfølsomme vannloppene *Thermocyclops oithonoides* og *Bosmina longirostris* viser at dyreplanktonet ikke er skadet av forsuring. Sammensetningen av krepsdyrplanktonet tyder videre på at predasjonspresset fra planktonspisende fisk trolig er stort.

Haratjennet

Dyreplanktonet var dominert av småvokste arter av hoppekreps. Blant vannloppene ble bare *Bosmina longirostris* påvist. Sammensetningen kan tyde på at dyreplanktonet er utsatt for et relativt hardt predasjonspress fra planktonspisende fisk og at det ikke er skadet av forsuring. De fleste artene er vanlige i så vel næringsfattige som noe mer næringsrike innsjøer.

Svartjernet

Dyreplanktonet var dominert av hjuldyr, mens tettheten av krepsdyrplankton var lav. Relativt mange litorale arter ble påvist. Sammensetningen indikerer at vannmassene ikke er påvirket av forsuring samt at predasjonspresset fra planktonspisende fisk trolig er relativt hardt.

Bergstjennet

I likhet med mange av de andre tjerna var det her overvekt av småvokste arter og individer, noe som tyder på et hardt predasjonspress fra planktonspisende fisk. Flere arter som anses som forsuringfølsomme (eks. *T. oithonoides* og *B. longirostris*) var vanlige i prøven, dvs. at dyreplanktonet må antas å ikke være skadet av forsuring.

4. Litteratur

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn, SFT. Veiledning 97:04. TA 1468/1997. 31 s.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. NIVA-rapport 2344. 111 s.
- Brettum, P. and Andersen, T. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. NIVA-report 4818-2004. 33 pp. + 164 fact-sheets.
- Direktoratgruppa for gjennomføring av vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. <http://www.vannportalen.no/>. 181 s.
- Elser, J.J., Andersen, T., Baron, J.S., Bergström, A.K., Jansson, M., Kyle, M., Nydick, K.R., Steger, L. and Hessen, D.O. 2009. Shifts in lake N:P stoichiometry and nutrient limitation driven by atmospheric nitrogen deposition. *Science* 326: 835-837.
- Faafeng, B., Hessen, D.O. og Brettum, P. 1991. Eutrofiering av innsjøer i Norge. Generelt om eutrofiering og resultater fra en landsomfattende undersøkelse i 1988 og 1989. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 497/92, TA 814/1992. 36 s.
- Halvorsen, G., Schartau, A.K. og Hobæk, A. 2002. Planktoniske og litorale krepsdyr. I: Aagaard, K., Bækken, T. og Jonsson, B. (red.). Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter. NINA Temahefte 21, NIVA Inr. 4590-2002. s. 26-31.
- Hessen, D.O. 1989. Factors determining the nutritive status and production of zooplankton in a humic lake. *Journal of Plankton Research*, 11: 649-664.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A. and Andersen, T. 1995. Replacement of herbivore zooplankton species along gradients of ecosystem productivity and fish predation pressure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 733-742.
- Lydersen, E., Larssen, T. and Fjeld, E. 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Science of the Total Environment*, 326: 63-69.
- Løvik, J.E. 2008. Overvåking av vannforekomster i Løten kommune. Undersøkelser av Rokosjøen og Mosjøen i 2007. NIVA-rapport 5588-2008. 28 s.
- Løvik, J.E. og Romstand, R. 2007. Overvåking av vassdrag i Løten kommune i 2006. NIVA-rapport 5435-2007. 25 s.
- Løvik, J.E., Brettum, P. og Romstad, R. 2009. Overvåking av vannforekomster i Løten kommune i 2008. NIVA-rapport 5779-2009. 33 s.
- Solheim, A.L. og Schartau, A.K. 2004. Revidert typologi for norske elver og innsjøer. NIVA-rapport 4888-2004. 17 s.

5. Vedlegg

Tabell 5. Oversikt over metoder for kjemiske analyser.

Analyse	Måleenhet	NIVA metodebetegnelse og kort beskrivelse
pH	pH	A 1: Elektrometrisk bestemmelse av pH med SP 100 analyserobot.
Konduktivitet (Kond.)	mS/m	A 2: Bestemmelse av konduktivitet med SP 100 analyserobot.
Alkalitet (Alk.)	mmol/l	C 1: Manuell bestemmelse av alkalitet ved potensiometrisk bestemmelse med Mettler memotitrator.
Total-fosfor (Tot-P)	µg/l	D 2-1: Best. av totalfosfor i ferskvann og sjøvann med Skalar Autoanalysator etter oppslutning med peroksodisulfat.
Total-nitrogen (Tot-N)	µg/l	D 6-1: Best. av nitrogen i ferskvann og sjøvann etter oppslutning med peroksodisulfat, sluttbestemmelse med Skalar Autoanalysator.
Farge	mg Pt/l	A 5: Prøven filtreres (membranfilter med porevidde 0,45 µm). Filtratets absorbans måles spektrofotometrisk ved 410 nm.
Totalt organisk karbon (TOC)	mg/l	G 4-2: Bestemmelse av TOC med peroksodisulfat/UV-metoden.
Nitrat (NO ₃ -N), klorid (Cl), sulfat (SO ₄), kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) og natrium (Na)	mg/l µgN/l for NO ₃	C 4-3: Bestemmelse av anioner og kationer med Dionex IC25 ionekromatograf.
Aluminium (RAI og IIAI)	µg/l	E 3-2: Fotometrisk best. av reaktivt og ikke-labilt aluminium med Skalar Autoanalysator.
Kobber (Cu), bly (Pb), antimon (Sb) og sink (Zn)	µg/l	E 8-3: Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS
Klorofyll- <i>a</i>	µg/l	H 1-1: Spektrofotometrisk bestemmelse i metanolekstrakt

Tabell 6. Resultater av kvantitative analyser av planteplankton. Verdier gitt i mm^3/m^3 (= mg/m^3 våtvekt). BER = Bergstjennet, HAR = Haratjennet, KRO = Kroktjennet, OLS = Olsengtjennet, PRE = Presttjennet, STE = Steindammen, SVR = Svarttjennet ved Rokosjøen og ØRF = Ørfalltjennet.

	BER	HAR	KRO	OLS	PRE	STE	SVR	ØRF
År	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
Måned	8	8	8	8	8	8	8	8
Dag	20	19	20	19	19	19	20	19
Dyp	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m

Cyanophyceae (Blågrønnalger)

Aphanocapsa elachista	.	.	.	.	1.6	.	.	.
Oscillatoria limnetica	.	.	.	.	1.5	.	.	.
Planktolyngbya limnetica	0.9	.	.	.	.	.	.	.
Pseudanabaena sp.	.	.	.	6.4	2.4	.	.	.
Trådformet blågrønnalge	.	.	.	.	42.3	.	.	.
Sum - Blågrønnalger	0.9	0.0	0.0	6.4	47.7	0.0	0.0	0.0

Chlorophyceae (Grønnalger)

Ankistrodesmus falcatus	.	4.4	.	.	.	.	.	0.5
cf. Cosmarium regnesii	.	.	.	.	.	.	4962.3	.
Chlamydomonas sp. (l=10)	.	3.7	.	.	6.5	.	.	0.9
Chlamydomonas sp. (l=12)	1.2	6.4	.	.	3.2	.	.	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	1.0	3.3	.	0.7	.	0.3	0.8	.
Cosmarium margaritifera	3.2	.	.	.	.	.	.	.
Cosmarium sp. (l=8 b=8)	.	.	.	0.8	0.4	.	.	.
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)	.	.	.	.	.	.	0.3	.
Elakatothrix genevensis	.	0.3	.	.	.	.	.	.
Koliella sp.	.	0.7	.	.	.	.	.	.
Monoraphidium contortum	.	0.6	.	.	.	.	.	.
Monoraphidium dybowskii	.	.	.	0.4	.	.	.	0.7
Monoraphidium irregulare	.	.	.	.	.	.	0.3	.
Mougeotia sp. (b=6-8)	.	.	.	0.7	.	.	.	.
Oocystis rhomboidea	.	.	.	0.1	.	.	.	.
Scenedesmus eornis	.	1.3	.	.	.	.	.	.
Scenedesmus sp.	.	.	.	.	.	.	1.3	.
Ubest. ellipsoidisk gr. alge	.	.	.	0.6	.	.	.	.
Ubest. gr. flagellat	.	.	.	.	.	0.1	.	.
Sum - Grønnalger	5.4	20.7	0.0	3.2	10.1	0.4	4964.9	2.1

Chrysophyceae (Gullalger)

Bitrichia chodatii	.	0.3	.	.	.	.	.	.
Bitrichia phaseolus	.	.	.	0.5	1.6	.	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	0.3	13.7	.	.	0.1	.	.
Chrysolykos planctonicus	.	.	.	1.4	0.3	.	.	.
Chrysosphaerella longispina	.	.	.	13.5	67.6	.	.	1.6
Craspedomonader	.	1.9	.	0.1	0.6	.	0.4	0.3
Dinobryon bavaricum	3.6	.	.	.	.	.	.	2.6
Dinobryon borgei	0.3	2.0	.	0.3	.	.	.	.
Dinobryon crenulatum	.	0.9	.	.	0.4	.	.	.
Dinobryon korshikovii	.	.	.	.	0.9	.	.	.

Dinobryon sertularia	.	.	.	7.7	17.6	.	.	.
Dinobryon sociale v.americanum	.	0.9	.	.	.	.	.	.
Kephyrion boreale	.	.	.	.	.	.	.	0.1
Løse celler Dinobryon spp.	2.9	.	.	2.0	11.6	.	.	.
Mallomonas caudata	.	1.1	.	.	.	.	.	.
Mallomonas cf.crassisquama	.	.	.	.	.	.	.	1.0
Mallomonas punctifera (M.reginae)	.	2.8	.	.	.	.	.	.
Mallomonas spp.	1.4	14.8	1.4	1.4	22.5	1.0	.	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	1.5	2.2	0.9	0.8	.	1.4	.	0.5
Ochromonas spp.	0.9	1.3	.	1.7	.	.	.	.
Små chrysomonader (<7)	6.5	19.8	1.2	7.6	11.5	1.4	12.1	2.2
Spiniferomonas sp.	0.4	0.5	.	.	.	.	.	.
Store chrysomonader (>7)	4.3	30.1	.	2.6	6.0	2.6	.	2.2
Synura sp. (l=9-11 b=8-9)	.	.	.	.	6.4	.	.	.
Uroglena sp. (U.americana ?)	4.1	.	.	.	.	1.0	.	.
Sum - Gullalger	25.9	79.0	17.1	39.5	147.1	7.5	12.5	10.5

Bacillariophyceae (Kiselalger)

Achnanthes spp.	.	0.4	.	.	.	.	.	.
Aulacoseira alpigena	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Aulacoseira sp.	.	.	.	.	.	.	.	2.3
Eunotia sp.	0.2	0.6	.	.	.	0.4	.	.
Fragilaria sp. (l=30-40)	.	1.1	.	.	.	0.1	.	.
Fragilaria sp. (l=40-70)	.	.	.	0.1	.	.	9.5	.
Fragilaria ulna (morfortyp"ulna")	.	3.2	.	.	.	.	.	.
Frustulia rhomboides v.saxonica	.	.	0.9	.	.	.	.	.
Navicula spp.	.	.	.	.	.	0.5	0.8	.
Tabellaria fenestrata	.	.	.	.	.	.	.	0.7
Tabellaria flocculosa	.	1.8	.	.	.	0.3	.	.
Sum - Kiselalger	0.2	7.2	0.9	0.1	0.0	1.5	10.3	3.0

Cryptophyceae (Svelgflagellater)

Chroomonas sp.	.	.	9.5	.	.	.	.	.
Cryptomonas cf.erosa	28.3	47.0	.	.	38.2	.	0.5	.
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	.	0.7	.	.	.	.	.	.
Cryptomonas sp. (l=15-18)	6.6	17.2	.	6.6	15.9	1.3	.	0.7
Cryptomonas sp. (l=20-22)	.	.	2.6	3.1	.	.	.	.
Cryptomonas spp. (l=24-30)	4.0	11.6	1.0	0.5	6.6	.	.	.
Katablepharis ovalis	1.7	1.3	.	1.3	.	.	4.1	.
Ubest.cryptomonade	4.0	.	.	.	.	.	.	.
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	2.6	2.9	132.2	1.1	.	2.6	1.3	.
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?	.	6.9	.	.	0.7	.	.	.
Sum - Svelgflagellater	47.2	87.7	145.3	12.7	61.4	4.0	5.9	0.7

Dinophyceae (Fureflagellater)

Gymnodinium cf.lacustre	.	2.0	.	1.4	2.1	0.5	.	.
Gymnodinium cf.uberrimum	.	.	.	.	38.4	.	.	.
Gymnodinium fuscum	.	3.0	.	.	.	.	.	.
Gymnodinium sp. (l=14-16)	0.2	.	.	4.4	3.2	.	95.4	15.9
Peridinium goslaviense	.	.	.	0.7	.	.	.	.
Peridinium raciborskii (P.palustre)	.	.	.	.	.	.	.	8.0
Peridinium sp.	.	.	.	.	77.4	.	.	.

Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	0.7	.	.	18.9	77.5	.	164.3	27.0
Ubest.dinoflagellat	.	.	.	1.4	.	.	.	.
Sum - Fureflagellater	1.0	5.0	0.0	26.9	198.6	0.5	259.7	50.9
Euglenophyceae (Øyealger)								
Euglena acus	.	.	.	.	0.3	.	.	.
Euglena sp. (l=70)	0.7	.	.	.	.	.	.	.
Sum - Øyealger	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Raphidophyceae								
Gonyostomum semen	.	.	.	.	.	.	.	1573.6
Sum - Raphidophyceae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1573.6
My-alger								
My-alger	16.1	30.3	3.3	50.4	18.2	6.7	.	23.4
Sum - My-alge	16.1	30.3	3.3	50.4	18.2	6.7	0.0	23.4
Sum total :	97.4	229.9	166.6	139.2	483.4	20.4	5253.3	1664.1

Tabell 7. Sammensetningen av dyreplankton i Haratjennet, Steindammen, Presttjennet og Olsengtjennet i august 2009. Basert på håvtrekk fra sjiktet 0-2 m.
1 = få individer, 2 = vanlig, 3 = rikelig/dominerende.

	Hara- tjennet 19.08.2009	Stein- dammen 19.08.2009	Prest- tjennet 19.08.2009	Olseng- tjennet 19.08.2009
<u>Hjuldyr (Rotifera):</u>				
Keratella hiemalis			2	1
Keratella cochlearis	1	1	3	3
Keratella serrulata		1		
Keratella cf. testudo	2			
Kellicottia longispina	1	3		3
Asplanchna priodonta		1	1	
Synchaeta spp.				
Polyarthra spp.*	2	1	3	3
Conochilus spp.	1			1
Trichocerca cf. capucina		1		
Trichocerca cf. porcellus		1		
Lecane sp.		2		1
Rotifera ubest.		1		
<u>Hoppekreps (Copepoda):</u>				
Heterocope saliens				1
Heterocope spp. naup.	2			
Acanthodiaptomus denticornis				3
Eudiaptomus gracilis	3			
Mesocyclops leuckarti	1	1	1	
Thermocyclops oithonoides	2		3	3
Cyclopoida ubest. cop.	1		2	2
Cyclopoida ubest. naup.	2	1	3	2
<u>Vannlopper (Cladocera):</u>				
Daphnia cristata		1		
Bosmina longispina				2
Bosmina longirostris	2	3	2	
Alonella nana		2	1	
Alonella exigua		1		
Chydorus sphaericus		1		1
Chydoridae ubest.		1		

* Hovedsakelig *Polyarthra vulgaris*

Tabell 8. Middellengder av voksne hunner av vannlopper i Haratjennet, Steindammen, Presttjennet og Oslengtjennet i august 2009.

	Hara- tjennet 19.08.2009	Stein- dammen 19.08.2009	Prest- tjennet 19.08.2009	Olseng- tjennet 19.08.2009
Bosmina longispina				0.54
Bosmina longirostris	0.40	0.34	0.29	

Tabell 9. Sammensetningen av dyreplankton i Ørfalltjennet, Bergstjennet, Krokstjennet og Svarttjennet (ved Rokosjøen) i august 2009. Basert på håvtrekk fra sjiktet 0-2 m.
1 = få individer, 2 = vanlig, 3 = rikelig/dominerende.

	Ørfall- tjennet 19.08.2009	Bergs- tjennet 20.08.2009	Krok- tjennet 20.08.2009	Svart- tjennet 20.08.2009
<u>Hjuldyr (Rotifera):</u>				
Keratella hiemalis	2			
Keratella cochlearis	3	2		3
Kellicottia longispina			3	1
Asplanchna priodonta	3	1		
Synchaeta spp.		1		3
Polyarthra spp.*	1	3	3	
Conochilus spp.	1		2	
Lecane sp.				1
<u>Hoppekreps (Copepoda):</u>				
Eudiaptomus gracilis	2			
Diaptomidae ubest. naup./cop.		2		1
Cyclops scutifer			1	
Mesocyclops leuckarti	2		1	2
Thermocyclops oithonoides	3	2		
Cyclopoida ubest. cop.	2	2	1	
Cyclopoida ubest. naup.	3	3	3	1
<u>Vannlopper (Cladocera):</u>				
Diaphanosoma brachyurum	1	1		1
Holopedium gibberum			3	
Daphnia longispina-gruppen			1	
Daphnia cristata	2	1		
Ceriodaphnia quadrangula		1	3	1
Bosmina longispina		2	1	1
Bosmina longirostris	2	2		2
Alonella nana		1		
Alona sp.		1		1
Mcrothricidae ubest.				1
Chydorus sphaericus				1

* Hovedsakelig Polyarthra vulgaris

Tabell 10. Middellengder av voksne hunner av vannlopper i Ørfalltjennet, Bergstjennet, Krokstjennet og Svarttjennet (ved Rokosjøen) i august 2009.

	Ørfall- tjennet 19.08.2009	Bergs- tjennet 20.08.2009	Krok- tjennet 20.08.2009	Svart- tjennet 20.08.2009
Holopedium gibberum			1.49	
Daphnia cristata	0.65			
Ceriodaphnia quadrangula			0.61	
Bosmina longirostris	0.29	0.32		0.31

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