

# Problemkartlegging og overvåking av kransalgesjøer i Vannområde Hadeland



## Norsk institutt for vannforskning

## RAPPORT

**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 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Problemkartlegging og overvåking av kranstalgesjøer i vannområde Hadeland	Løpenr. (for bestilling) 5727-2009	Dato 9. januar 2009
	Prosjektnr. Undernr. 28316	Sider Pris 50
Forfatter(e) Marit Mjelde Torleif Bækken	Fagområde ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Oppland	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Lunner, Gran og Jevnaker kommuner	Oppdragsreferanse Kari-Anne Steffensen Gorset
---	---

<p><b>Sammenheng</b></p> <p>Vannkvaliteten (totalfosfor, algemengde) viste moderat eller bedre økologisk tilstand i Grunningen, Langtjern, Rokotjern og Vassjøtjern, mens Kårstادتjern hadde god tilstand. I forhold til total nitrogen var tilstanden dårligere for alle innsjøene. Innløpsbakkene til Langtjern, Rokotjern og Vassjøtjern (nordre) var eutrofiert. Bakterieinnholdet indikerte kloakkforurensninger og/eller forurensninger fra husdyrbesetninger. Interngjødsling ble påvist både i Grunningen og Vassjøtjern. Basert på trofiindeksen T1c kan tilstand for vannvegetasjonen karakteriseres som meget god eller god i Glorudtjern, Høybytjern, Korsrudputten, Velotjern, Storetjern og Vesletjern, mens Bråtåtjern og Orentjern har moderat tilstand. Vientjern har dårlig tilstand. I Storetjern og Vesletjern finnes dessuten store bestander med vasspest, som reduserer tilstanden. Undersøkelse av økologisk tilstand i de resterende kranstalgesjøene i området bør prioriteres. Forslag til prioriteringsliste er gitt i rapporten. Vannkjemiske forhold i alle kranstalgesjøene bør kartlegges. Dessuten trengs det oppfølgende undersøkelser for å kartlegge årsakene i innsjøer med moderat eller dårligere tilstand. Kranstalgevegetasjonen i de viktigste innsjøene bør overvåkes jevnlig. Før innsjøinterne tiltak i forhold til interngjødsling iverksettes bør tilførslene fra eksterne kilder være på et minimum.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>svært kalkrike innsjøer</li> <li>vannvegetasjon</li> <li>økologisk tilstand</li> <li>vannkvalitet</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>High alkalinity lakes</li> <li>Aquatic macrophytes</li> <li>Ecological status</li> <li>Water quality</li> </ol>
--	---



Marit Mjelde  
Prosjektleder



Karl Jan Aanes  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

# **Problemkartlegging og overvåking av kransalgesjør i vannområde Hadeland**

## Forord

Rapporten omfatter en vurdering av økologisk tilstand for 9 kransalgesjøer, samt oppfølgende undersøkelser og vurderinger i 5 tidligere undersøkte innsjøer og tjern. Undersøkelsen er gjort på oppdrag fra Lunner, Gran og Jevnaker kommuner. Oppdragsgivers kontaktperson har vært Kari-Anne Steffensen Gorset fra Lunner kommune.

Feltarbeidet i tjernene er utført av Torleif Bækken og Marit Mjelde, assistert av Theodor Nordahl ved ekkoloddregistreringene. Bekkene er prøvetatt av Ellen Margrethe Stabursvik og Kari-Anne Steffensen Gorset, Lunner kommune. De kjemiske analysene er utført ved NIVAs kjemilaboratorium, mens bakteriologiske prøver er analysert av MjøsLab as. Anders Langangen (Oslo Katedralskole) har kontrollbestemt kransalgene. Jarl Eivind Løvik, NIVA, har kvalitetssikret rapporten.

Marit Mjelde har vært NIVAs prosjektleder.

Takk til alle for godt samarbeid!

Oslo, 9. januar 2009

*Marit Mjelde*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>8</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
1.1 Bakgrunn og formål	10
1.2 Kort beskrivelse av området	10
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>15</b>
2.1 Vannkjemisk prøvetaking og analyser	15
2.2 Sedimentprøvetaking	16
2.3 Vannvegetasjon	16
2.4 Ekkoloddregistrering og vurdering av dybdeforhold	16
<b>3. Oppfølgende undersøkelse for innsjøer med moderat eller dårligere tilstand</b>	<b>17</b>
3.1 Innsjøene	17
3.1.1 Temperatur og oksygenforhold	17
3.1.2 Vannkjemi og siktedyp	18
3.2 Innløpsbekkene	21
3.2.1 Vannkjemi	21
3.2.2 Bakteriologiske forhold	23
3.3 Forslag til tiltak	24
<b>4. Vurdering av mulig interngjødsling</b>	<b>25</b>
4.1 Sediment	25
4.2 Vannfase	25
4.3 Forslag til tiltak	27
<b>5. Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i 9 tjern</b>	<b>28</b>
5.1 Vannkjemiske forhold	28
5.2 Vannvegetasjon	28
5.2.1 Generell beskrivelse	28
5.2.2 Antall arter og rødlistearter	34
5.2.3 Økologisk status: Trofi-indeks	34
5.2.4 Endringer i kransalgevegetasjonen	36
5.2.5 Forekomst av problemarter – <i>Elodea canadensis</i>	37
5.2.6 Forslag til videre undersøkelser og overvåkningsopplegg	37

---

<b>6. Kartlegging av dybdeforhold</b>	<b>41</b>
<b>7. Litteratur</b>	<b>44</b>
<b>Vedlegg A. Primærdata, vannkvalitet i innsjøer</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg B. Primærdata, vannkvalitet i bekkene</b>	<b>49</b>

## Sammendrag

Formålet med undersøkelsen har vært å foreta oppfølgende undersøkelser i innsjøer som ble funnet å være i moderat eller dårligere tilstand i 2007, kartlegging av bunnsedimenter og vurdering av intern-gjødsling i to innsjøer, og kartlegging av økologiske tilstand for vannvegetasjonen, inkludert kransalgene, i 9 nye innsjøer.

Oppfølgende vannkjemisk undersøkelse er foretatt for Grunningen, Langtjern, Rokotjern, Vassjøtjern og Kårstadtjern. Basert på totalfosfor, algemengde og siktedyp hadde Grunningen, Langtjern, Rokotjern og Vassjøtjern moderat eller bedre økologisk tilstand, mens Kårstadtjern hadde god tilstand. I forhold til total nitrogen var tilstanden dårligere for alle innsjøene.

Fosforinnholdet viste klart forurensning i innløpsbekkene til Langtjern, Rokotjern og Vassjøtjern (nordre). De øvrige bekkene var lite eller noe forurenset. Imidlertid er vannføringen i bekkene liten slik at tilført mengde fosfor til innsjøene blir forholdsvis liten. Bakterieinnholdet indikerte kloakkforurensninger og/eller forurensninger fra husdyrbesetninger. I litt større innsjøer som Vassjøtjern synes dette isolert sett å ha liten betydning mot det som synes å være en intern gjødsling. Imidlertid er det slik både for Vassjøtjern og de mindre tjernene at vannutskiftningen er liten (eventuell grunnvannstilstømming ikke vurdert). Det betyr at det meste av forurensninger som tilføres innsjøen blir der i lang tid. Sånn sett bør en derfor søke å fjerne alle åpenbare fosforkilder. Diffus avrenning fra jordbruk kommer i tillegg til kloakk fra bekkene. Her vil klassiske tiltak som pløyingstidpunkt, gjødslingstidpunkt og gjødslingsmengder være mest aktuelle.

Interngjødsling ble påvist i Grunningen og Vassjøtjern. Dersom en ønsker å gå inn på innsjøinterne tiltak for å redusere interngjødslingen, må metoder vurderes grundigere enn vi har mulighet til i denne rapporten. Tiltak for innsjørestaurering er utført i mange innsjøer, men med ulike metoder og med vekslende hell. Valg av metoder avhenger av innsjøens morfologi og størrelse. Før innsjøinterne tiltak iverksettes, bør en ha sikret seg at tilførslene fra eksterne kilder er på et minimum.

Økologisk tilstand for vannvegetasjon er vurdert for Glorudtjern, Brååtjern, Vientjern, Høybytjern, Korsrudputten, Orentjern, Velotjern, Storetjern og Vesletjern. Basert på indeksen TIC kan tilstand for vannvegetasjonen karakteriseres som meget god eller god i Glorudtjern, Høybytjern, Korsrudputten, Velotjern, Storetjern og Vesletjern, mens Brååtjern og Orentjern har moderat tilstand. Vientjern har dårlig tilstand. Inkluderes artenes mengdemessige forhold (TIIa) reduseres tilstandsklassen for Velotjern, Orentjern, Storetjern og Vesletjern. I Storetjern og Vesletjern finnes dessuten store bestander med vasspest, som også reduserer tilstanden. Vientjern, Brååtjern og Høybytjern viser en markert nedgang i antall kransalger i forhold til tidligere registreringer. For Vientjern og Brååtjern har nok dette sammenheng med forurensningstilførsler. I Høybytjern virker vannvegetasjonen generelt å ha god tilstand. Vi antar derfor at manglende gjenfunn av enkelte kransalgearter skyldes at disse forekommer svært spredt.

Vi har fortsatt dårlig oversikt over status for kransalgevegetasjonen på Hadeland. Vi foreslår derfor at undersøkelser av økologisk tilstand i de resterende kransalgesjøene prioriteres. Forslag til prioritering er i gitt i rapporten. Vannkjemiske forhold i alle kransalgesjøene bør kartlegges. Dessuten trengs det oppfølgende undersøkelser for å kartlegge årsakene i innsjøer med moderat eller dårligere tilstand. Kransalgevegetasjonen i de viktigste innsjøene bør overvåkes jevnlig, minimum hvert 6. år, eventuelt oftere dersom mistanke om forverret tilstand. Vannprøver fra tjernene som har redusert tilstand eller fare for redusert tilstand, samles inn helst hvert år. Vannprøver fra bekker tas dersom det er mistanke om vesentlige forurensningstilførsler.

For å forbedre den økologisk tilstanden i innsjøene bør næringsinnholdet reduseres. Vi antyder et tiltaks mål for total fosfor på 10-12 µg P/l eller lavere. For å oppnå en reduksjon i vasspestbestandene bør sannsynligvis fosfor-innholdet reduseres ytterligere.

## Summary

This study includes water chemistry investigations in 5 lakes with ecological status less than good, and ecological status assessment based on aquatic macrophytes, including charophytes, for 9 small lakes. Recommendations for further investigations and monitoring are given.

Title: Investigations and monitoring in *Chara*-lakes in Hadeland area 2008.

Year: 2009

Author: Marit Mjelde, Torleif Bækken

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5462-4



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og formål

I 2007 foretok NIVA en undersøkelse av 11 kransalgesjøer på Hadeland. Undersøkelsen omfattet vurdering av økologisk tilstand for vannvegetasjonen, inkludert kransalgevegetasjonen, samt en enkel vannkjemisk vurdering (Mjelde 2008a). Undersøkelsene viste at vannvegetasjonen i 4 av 11 innsjøer hadde moderat eller dårligere tilstand. I tillegg viste tilstanden i 2 innsjøer en negativ utvikling i forhold til tidligere år. Rapporten inneholdt forslag til videre undersøkelser og overvåkingsopplegg, samt en prioritert liste over forslag til videre undersøkelser. Konklusjonen i denne rapporten var utgangspunktet for det foreliggende prosjektet.

Det foreliggende prosjektet er tredelt og omfatter: 1) Oppfølgende undersøkelser i innsjøene med moderat eller dårligere tilstand, 2) Kartlegging av bunnsedimenter og vurdering av interngjødsling i to innsjøer, og 3) Kartlegging av tilstand for vannvegetasjonen, inkludert kransalgene, i nye innsjøer.

### *Del 1. Oppfølgende undersøkelse for innsjøer med moderat eller dårligere tilstand*

Hensikten med denne delen av undersøkelsen er å identifisere årsaker til dårlig tilstand, registrert i 2007, og kilder til næringssalttilførselen med tanke på tiltak. Oppfølgende vannkjemisk prøvetaking er foretatt for Langtjern, Grunningen, Kårstadtjern og Rokotjern. Videre er det foretatt vannkjemisk prøvetaking i tilløpsbekkene til Langtjern, Grunningen, Kårstadtjern, Rokotjern og Vassjøtjern.

### *Del 2. Bunnsedimenter og interngjødsling*

Kartlegging av næringssalter i bunnsedimentene og vurdering av eventuell interngjødsling er foretatt for Vassjøtjern og Grunningen.

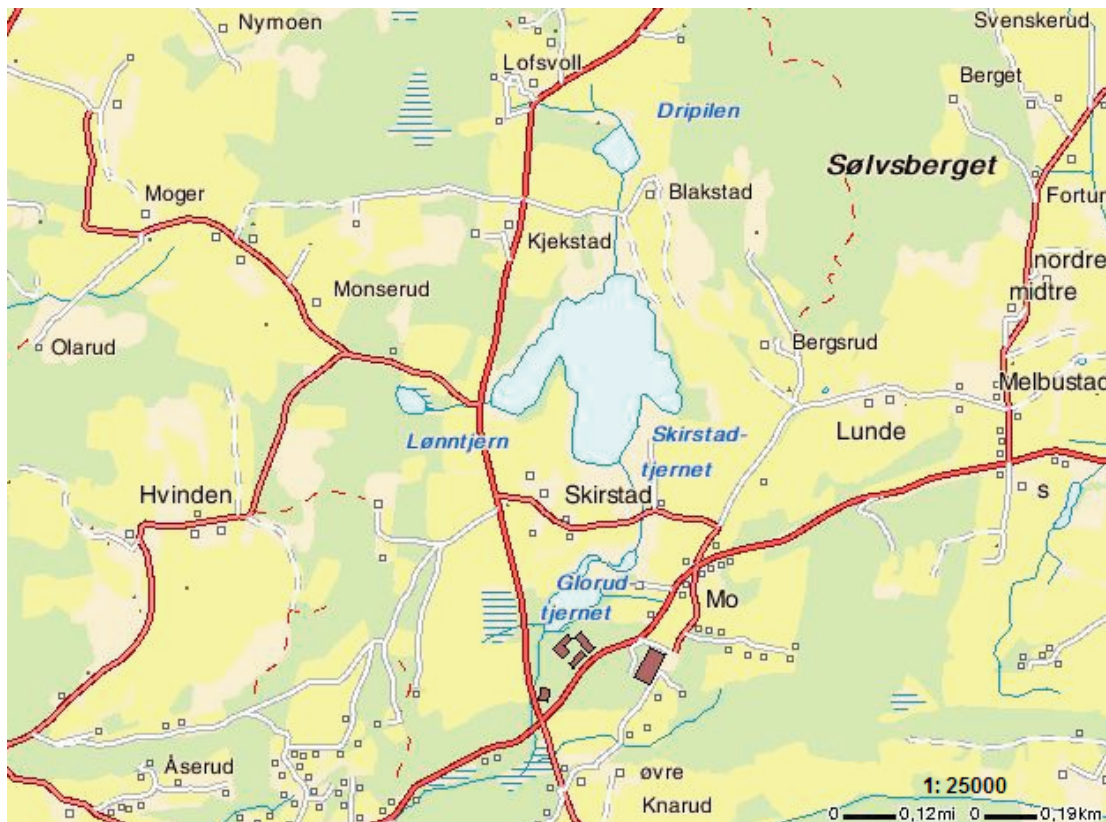
### *Del 3. Kartlegging av tilstand for vannvegetasjonen, inkludert kransalgene, i nye innsjøer*

I Gran, Lunner og Jevnaker kommuner er det registrert ca. 30 kalksjøer og rike kulturlandskapssjøer med rik kransalgevegetasjon, samt mer spredte kransalgeobsevasjoner fra ytterligere 15 innsjøer (Mjelde 2008a). Undersøkelsen i 2007 omfattet 11 av disse. I 2008 ble ytterligere 9 tjern undersøkt mhp. vannvegetasjon, også disse plukket ut i samråd med kommunene Lunner, Gran og Jevnaker. Totalt gir undersøkelsene i 2007 og 2008 oversikt over økologisk tilstand for vannvegetasjonen i 20 av kalksjøene på Hadeland.

I tillegg ble det foretatt en kartlegging av *dybdeforholdene* i de største kransalgesjøene; Vassjøtjern, Øyskogtjern, Skirstadtjern og Rokotjern, samt i Grunningen.

## 1.2 Kort beskrivelse av området

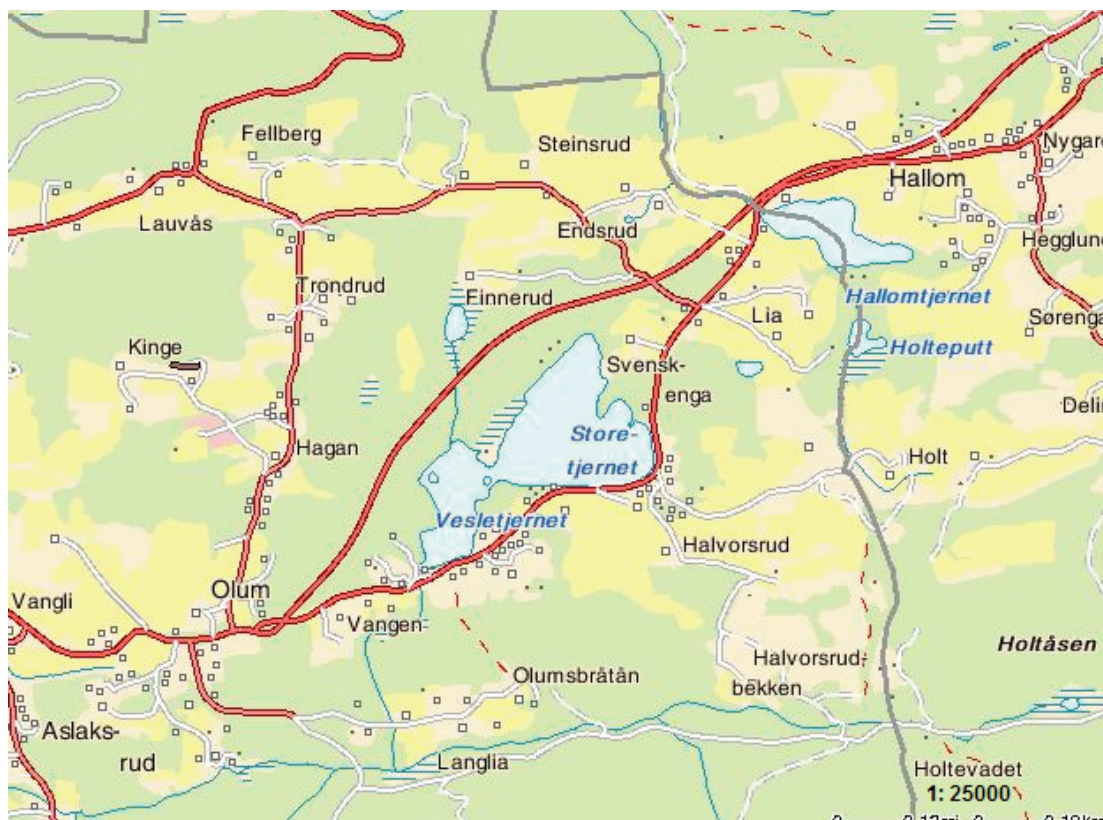
Hadelandsområdet omfatter de tre kommunene Gran, Lunner og Jevnaker og ligger innenfor Oslofeltet med overveiende kambro-siluriske bergarter, dominert av kalkstein og kalkrik skifer. Denne kalkrike berggrunnen er årsaken til de store naturverdiene i området. Store deler av området er dekket av kalkholdig, næringsrik jord, og jordbruksområder utgjør omtrent 10% av arealet. I de tre kommunene er det registrert ca. 30 kalksjøer og rike kulturlandskapssjøer med rik kransalgevegetasjon, samt mer spredte kransalgeobsevasjoner fra ytterligere 15 innsjøer. Vår undersøkelse omfatter nyregistreringer av vannvegetasjon i 9 av disse, samt oppfølgende vannkjemisk undersøkelse i 4 innsjøer med innløpsbekker (**Figur 1, Tabell 1 og Tabell 2**).











**Figur 1.** Kartutsnitt over områder med alle innsjøene inkludert i undersøkelsen i 2008 (se **Tabell 1.** Undersøkte innsjøer 2008)

**Tabell 1.** Undersøkte innsjøer 2008

Kommune	Navn	NVE- nr	Areal (km <sup>2</sup> )	Hoh (m)	Innsjøtype <sup>1</sup>
Gran	Grunningen	4771	0.07	239	små, kalkrike, klare, skog
Jevnaker	Kårstadtjern	4917	0.09	328	små, kalkrike, humøse, skog
Gran	Langtjern	4788	0.05	242	små, kalkrike, klare, skog
Lunner/Gran	Rokotjern	4838	0.15	407	små, kalkrike, klare, skog
Lunner/Jevnaker	Vassjøtjern	4890	0.48	307	små, kalkrike, klare, skog
Gran	Glorudtjern	4814	0.03	266	små, kalkrike, klare, skog
Gran	Bråttatjern (Vienbråttatjern)	196447	0.04	408	små, kalkrike, klare, skog
Gran	Østtjern (Vientjern)	4837	0.03	408	små, kalkrike, klare, skog
Gran/Lunner	Høybytjern	4844	0.05	410	små, kalkrike, klare, skog
Lunner	Korsrudputten (Korsbakktjern)	196461	0.01	391	små, kalkrike, klare, skog
Lunner	Orentjern	4861	0.15	303	små, kalkrike, klare, skog
Jevnaker	Velotjern	4865	0.08	303	små, kalkrike, klare, skog
Jevnaker	Storetjern og Vesletjern	4910	0.26	386	små, kalkrike, klare, skog

<sup>1</sup>: iht. Solheim og Schartau 2004

**Tabell 2.** Undersøkte bekker 2008.

Kommune	Navn	Koord. N	Koord. Ø
Gran	Grunningen innløp	6703614	250871
Gran	Langtjern innløp	6702425	251749
Gran	Rokotjern innløp	6696556	253045
Lunner	Vassjøtjern innløp	6692317	251992
Lunner	Vassjøtjern innløp	6692138	251986
Jevnaker	Kårstadtjern innløp	6690511	248491

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Vannkjemisk prøvetaking og analyser

#### Innsjøer og tjern

Vannprøver fra alle 13 innsjøer (**Figur 1** og **Tabell 1**) ble samlet inn fra ett punkt sentralt i hvert av tjernene. Prøvene ble tatt som blandprøver fra 0-4 m (epilimnion) og er analysert med hensyn på kalsium, farge, turbiditet, total-fosfor, total-nitrogen og klorofyll-*a*. Samtidig med prøveinnsamlingen ble siktedyp målt. For Grunningen, Langtjern, Vassjøtjern og Rokotjern ble det samlet inn vannprøver 4 ganger i løpet av perioden juli - september. For de øvrige innsjøene ble det bare samlet inn vannprøver i august.

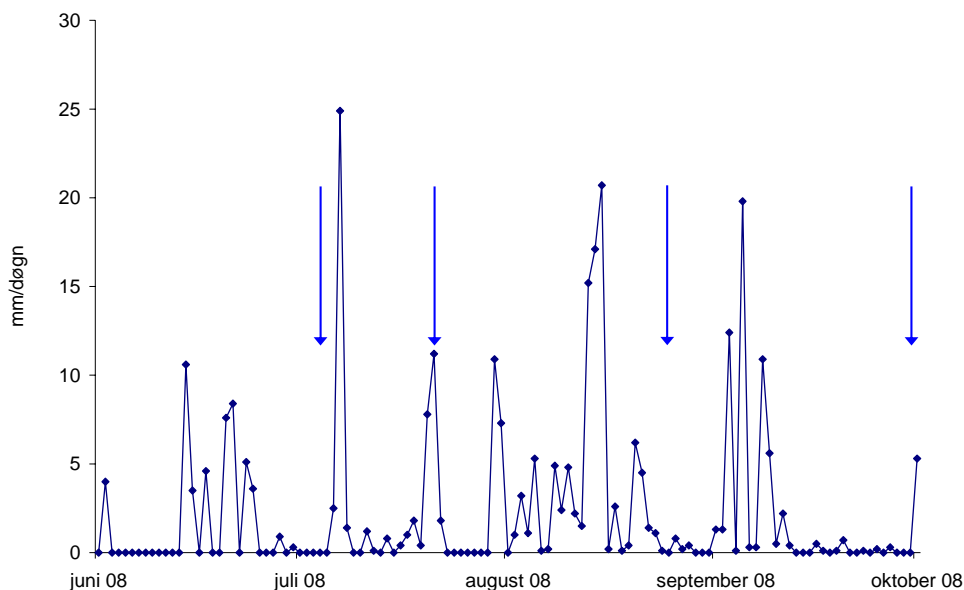
Ved prøvetakingen i august ble oksygen og temperatursjiktningen kartlagt for Vassjøtjern, Grunningen, Langtjern og Kårstادتjern. I Vassjøtjern og Grunningen ble det på høsten tatt ekstra prøver fra nedre vannmasser (hypolimnion) og fra bunnvannet. Disse er analysert på total-fosfor og fosfat-fosfor (lett tilgjengelig fosfor).

Resultatene er vurdert i henhold til den nye Klassifiseringsveilederen ([www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)), unntatt for nitrogen og bakterier hvor vi har brukt SFTs veiledning for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Vannkjemiske data er lagt ut på Aquamonitor ([www.aquamonitor.no/KransalgerHadeland](http://www.aquamonitor.no/KransalgerHadeland)).

#### Bekker

Fra de viktigste tilførselsbekkene til Kårstادتjern, Vassjøtjern, Rokotjern, Langtjern og Grunningen ble det i perioden begynnelsen av juli – slutten av september samlet inn vannprøver ved 4 tidspunkt. Innsamlingen er foretatt på tidspunkt med ulik vannføring (**Figur 2**).

Prøvene er analysert på turbiditet, total-fosfor og total-nitrogen, total antall bakterier, antall koliforme bakterier og antall termostabile koliforme bakterier.



**Figur 2.** Nedbørdata for Hadelandsområdet (målestasjon 20520 Lunner) sommeren 2008. Data fra [www.met.no](http://www.met.no). Blå piler angir prøvetakingstidspunkt for bekkene.

## 2.2 Sedimentprøvetaking

For å vurdere mulig intern gjødsling ble det i Grunningen og Vassjøtjern tatt sedimentprøver. Det ble anvendt Limnos prøvetaker. Fra innsjøenes dypeste punkt ble det tatt ut overflatesediment, som ble analysert på totalt fosfor, total nitrogen og innhold av organisk materiale (glødetap).

## 2.3 Vannvegetasjon

Makrovegetasjon (høyere planter) er planter som har sitt normale habitat i vann. De deles ofte inn i helofytter ("sivvegetasjon" eller "sumpplanter") og "ekte" vannplanter. Helofyttene er semi-akvatiske planter med hoveddelen av fotosyntetiserende organer over vannflata det meste av tida og et velutviklet rotsystem. Vannplantene er planter som vokser helt neddykket eller har blader flytende på vannoverflata. Disse kan deles inn i 4 livsformgrupper: isoetider (kortsukksplanter), elodeider (langskuddsplanter), nymphaeider (flytebladsplanter) og lemnider (frittflytende planter). I tillegg inkluderes de største algene, kransalgene.

Vannvegetasjonen ble i perioden 25-28. august 2008 undersøkt i 9 tjern; Bråtatjern (=Vienbråttatjern), Orentjern, Storetjern, Vesletjern, Velotjern, Glorudtjern, Høybytjern, Korsrudputten (=Korsbakktjern) og Østtjern (=Vientjern) (tabell 1) Registreringene ble foretatt i henhold til standard prosedyre; ved hjelp av vannkikkert og kasterive fra båt. Kvantifisering av vannvegetasjonen er gjort etter en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende. I tillegg ble de viktigste helofyttene registrert.

Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstand ved registreringstidspunktet. Navnsettingen for karplantene følger Lid og Lid (2005), mens kransalgene er navngitt etter Langangen (2007).

Vurdering av økologisk status for vannvegetasjonen, inkl. kransalgene, er basert på det foreløpige klassifikasjonssystemet for ferskvann (Mjelde 2008b).

## 2.4 Ekkoloddregistrering og vurdering av dybdeforhold

Det er utarbeidet dybdekart for de største kalkjøene på Hadeland; Vassjøtjern, Rokotjern, Øyskogtjern og Skirstadtjern, samt for Grunningen.

Kartleggingen ble foretatt i perioden august-oktober 2008 ved hjelp av en enkel metode med standard GPS og enkel-stråle-ekkolodd koblet til PC. Posisjon og dyp logges hvert sekund og lagres på fil. Ved hjelp av GIS interpoleres deretter dypet mellom målepunktene (Krieking-metode).

Oppsettet avdekker bunnkonturene og innsjøens dybdeforhold med en nøyaktighet som er tilstrekkelig for biologiske og vannkjemiske undersøkelser, men har ikke en presisjon i overensstemmelse med de gjeldende standarder for kartografisk oppmålingsarbeid (nøyaktighet på cm-nivå).

### 3. Oppfølgende undersøkelse for innsjøer med moderat eller dårligere tilstand

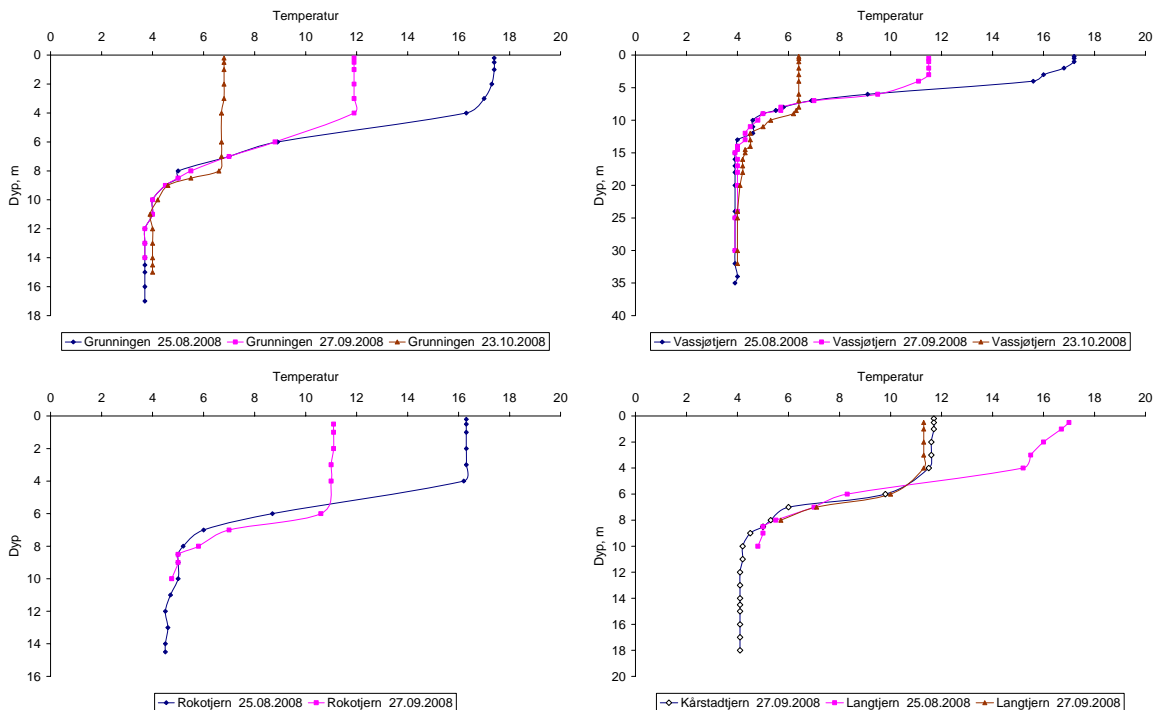
I NIVAs undersøkelse i 2007 (Mjelde 2008) ble vannvegetasjonen i fem av innsjøene funnet å ha moderat eller dårligere økologisk tilstand. Dette gjaldt Grunningen, Langtjern, Rokotjern, Vassjøtjern og Kårstادتjern. I disse innsjøene og deres tilløpsbekker er det nå foretatt en oppfølgende vannkjemisk undersøkelse.

#### 3.1 Innsjøene

##### 3.1.1 Temperatur og oksygenforhold

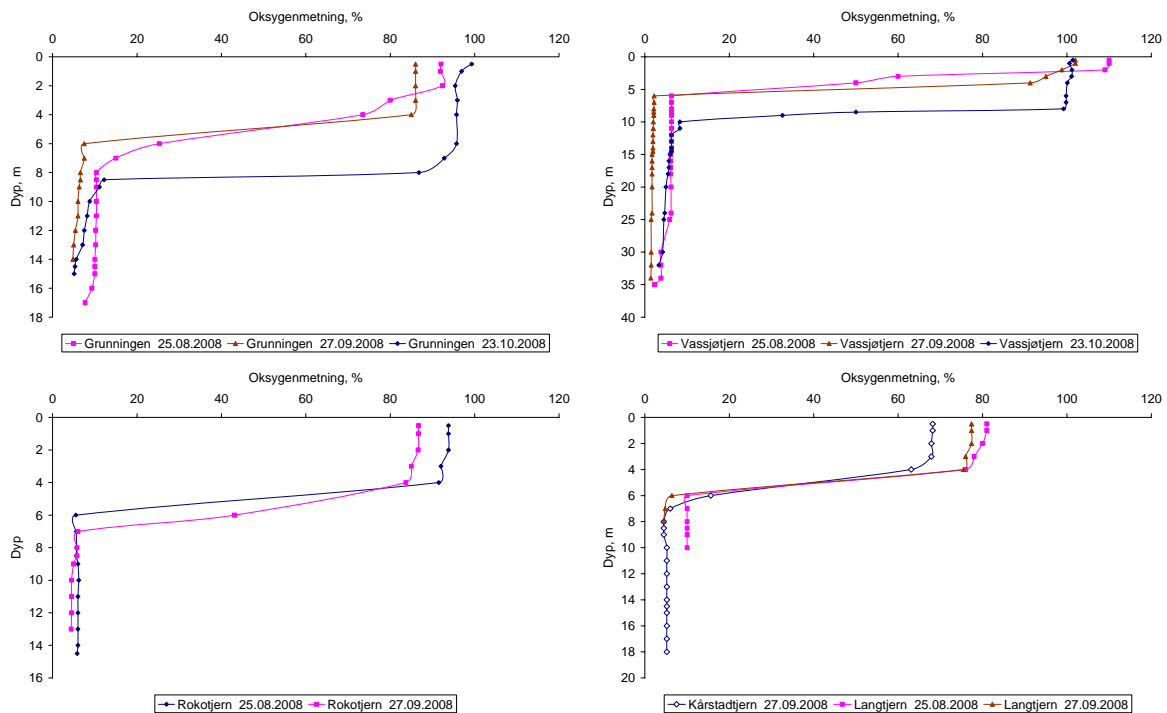
Alle innsjøene hadde meget tydelige sprangsjikt på 4-8 m dyp (**Figur 3**). Oksygeninnholdet fulgte samme tydelige sjiktning (**Figur 4**), og det var i august og september meget lav O<sub>2</sub>-metning under 4-6 m dyp. I september ble det i alle innsjøene registrert H<sub>2</sub>S i vannprøver fra like over bunnen. Det viser at det her var oksygenfritt vann. Oksygenelektroden har ikke klart å registrere dette. Ofte har slike elektroder vanskeligheter med nøyaktige målinger ved svært lave O<sub>2</sub>-konsentrasjoner. I oksygenfigurene kan vi derfor regne med at den nederste delen av kurven går mot 0 % metning, i allefall i september og oktober.

I Grunningen og Vassjøtjern ble det i tillegg tatt en serie med temperatur- og oksygenmålinger i oktober. Temperaturen i overflaten var da redusert til 6-7 grader. Dette, sammen med vindpåvirkning, hadde nå presset oksygensjiktningen i Grunningen ned med ca 2-3 m til omkring 8-9 m. I Vassjøtjern var oksygensjiktningen presset ned med 4-5 m, og lå nå på omkring 10 m dyp.



**Figur 3.** Temperaturprofiler i innsjøene sensommer og høst 2008.





Figur 4. Oksygenprofiler i innsjøene sensommer og høst 2008.

### 3.1.2 Vannkjemi og siktedyp

Det er viktig å være oppmerksom på at data fra vår/tidlig sommer ikke er inkludert, slik at en eventuell våroppblomstring av alger ikke er inkludert i materialet. Primærdata er gitt i vedlegget.

#### Fosfor

Gjennomsnittlige fosforkonsentrasjoner i sjiktet 0-4 m viste at fire av innsjøene, Grunningen, Langtjern, Rokotjern og Vassjøtjern, hadde moderat tilstand i henhold til kriteriene for vannkvalitet (anvendt kriterier for kalkrike, klare lavlandsinnsjøer, jfr. Klassifiseringsveilederen) (Figur 5), mens Kårstادتjern hadde god tilstand. Vassjøtjern hadde høyest fosforkonsentrasjon av alle innsjøene med et gjennomsnitt på 23  $\mu\text{g/l}$ . Gjennomsnittlig konsentrasjon i Grunningen var 20  $\mu\text{g/l}$ , men med betydelig variasjon gjennom sesongen. Maksimalkonsentrasjonen på 35  $\mu\text{g/l}$  ble registrert tidlig i juli (første prøve) og minimum på 15  $\mu\text{g/l}$  i slutten av august. I de andre innsjøene var det små variasjoner.

#### Nitrogen

Konsentrasjonen av total nitrogen var høy for alle innsjøene, særlig for Grunningen og Langtjern (Figur 6). Disse to innsjøene hadde tilstandsklasse svært dårlig i henhold til SFTs klassifiserings-system (SFT 1997), mens Kårstادتjern og Rokotjern hadde dårlig tilstand. Det er foreløpig ikke laget nye kriterier for nitrogen. Nitrogeninnholdet varierte noe mellom innsjøene, men alle viste avtakende konsentrasjon gjennom sesongen (Vedlegg A. ). Dette kan skyldes flere forhold; nitrogen bundet til vegetasjon og andre organismer i innsjøen øker, nitrogen bundet til partikler i vannfasen vil etter hvert sedimentere, tilførsler fra land reduseres ved at naturlig nitrogen og nitrogen fra gjødsling i økende grad bindes opp i vegetasjon på land utover sommeren (naturlig vegetasjon, samt åker og eng).

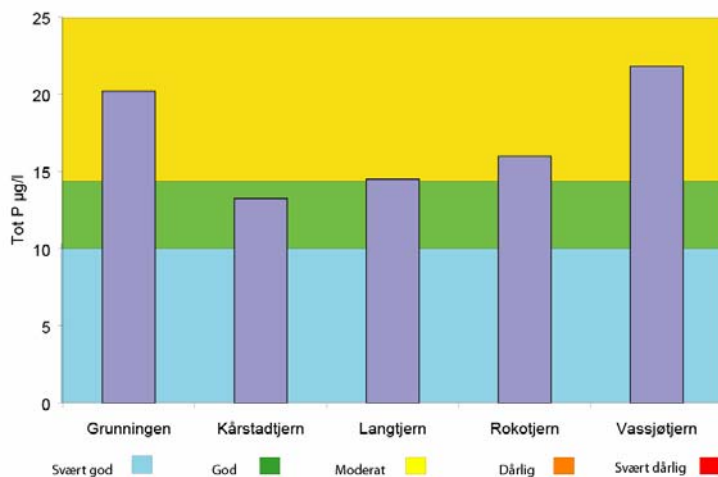
#### Klorofyll a

Gjennomsnittlige klorofyllkonsentrasjoner varierte mye mellom innsjøene. Vassjøtjern hadde klart høyest konsentrasjon med 16  $\mu\text{g/l}$  (Figur 7), noe som tilsvarer dårlig økologisk tilstand i henhold til

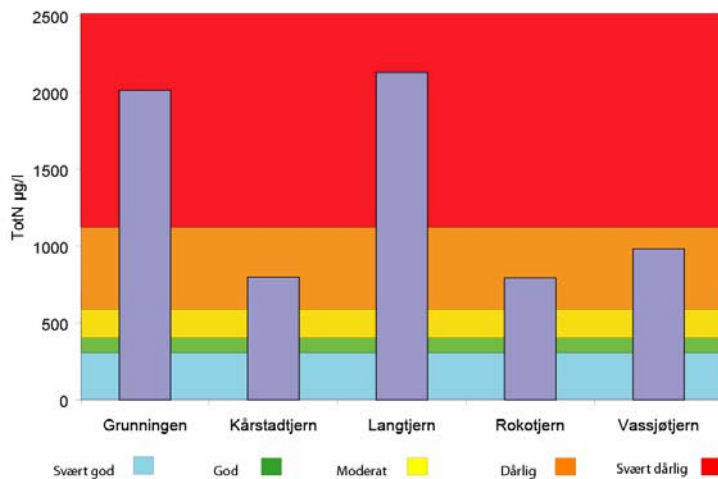
de nye kriteriene (jfr. Klassifiseringsveilederen). Klorofyllkonsentrasjonen i Rokotjern viste moderat tilstand, mens de øvrige innsjøene hadde god eller svært god tilstand. Det var en del variasjon gjennom sesongen for alle innsjøene (Vedlegg A. ). Grunningen og Kårstادتjern hadde høyest konsentrasjoner tidlig på sommeren, mens Langtjern og Vassjøtjern hadde høyest konsentrasjoner om høsten. I Rokotjern var konsentrasjonen mer jevnt høy gjennom sesongen.

Konsentrasjonen i Vassjøtjern var høy og svakt økende gjennom hele sesongen. Det viser at det er en stadig tilførsel av fosfor til det algeproduserende overflatevannet. Innløpsbekkene, særlig nordre bekk, vil bidra med noe. Bekkene er imidlertid små og mengden fosfor tilført herfra er sannsynligvis ikke tilstrekkelig til å forklare den høye produksjonen. Undersøkelsen rundt potensialet for interngjødsling viste imidlertid at fosfatfosfor akkumuleres i hele volumet av bunnvann, fra sprangsjiktet til bunnen. Når bunnvannet er oksygenfritt vil konsentrasjonen her øke utover sommer og høst, og den viste seg å være meget høy i oktober (kap 4.2). Under vindpåvirkning sirkulerer overflatevannet (epilimnion). Det medfører erosjon mot bunnvannet (hypolimnion) med påfølgende innblanding av fosfatfosfor i overflatevannet. Det gir raskt økt algeproduksjon. Vi kan ikke avskrive andre kilder til fosfor, men trolig er fosfatfosfor fra bunnvannet den viktigste kilden for å vedlikeholde den høye produksjonen i Vassjøtjern gjennom sesongen. Eutrofisituasjonen har likevel i utgangspunktet oppstått pga tilført eksternt fosfor. Eksterne kilder må derfor gjøres minst mulig for å komme inn i en prosess som på sikt kan gi redusert algevekst i Vassjøtjern.

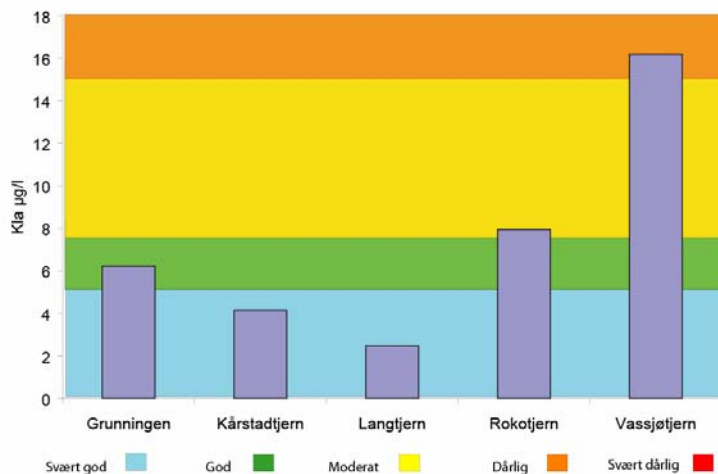
Grunningen hadde en høy konsentrasjon av klorofyll a i den første prøven tatt 3. juli. Dette var trolig resten av en våroppblomstring basert på fosfor fra vårsirkulasjonen. Utover sommeren og høsten var imidlertid algemengden forholdsvis lav. Fosforet er bundet til partikler (i stor grad plankton) som tas ut av vannmassene ved at de sedimenterer. Nytt fosfor må derfor inn i systemet for å opprettholde produksjonen. Konsentrasjonen av fosfor i vannet ved bunnen var meget høy i alle prøvene. Det foregikk også her, som i Vassjøtjern, en akkumulering av fosfatfosfor i hele volumet av dypvann, fra sprangsjiktet til bunnen (kap 4). Konsentrasjonene var langt høyere i Grunningen enn i Vassjøtjern. Grunnen til at en likevel ikke får samme algeproduksjon ligger sannsynligvis i at Grunningen er lite vindutsatt, og at innsjøen derved får mindre kraftig sirkulasjon i overflatevannet, mindre erosjon mot dypvannet, og mindre tilgang på fosfor herfra. Innløpsbekken inneholdt en del fosfor, men bekken er liten, og den tilførte mengden til innsjøen har ikke vært tilstrekkelig til å vedlikeholde en høy produksjon av alger.



**Figur 5.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av fosfor for 5 innsjøer i 2008. Tilstandsklassene gjelder for kalkrike, klare lavlandsinnsjøer.



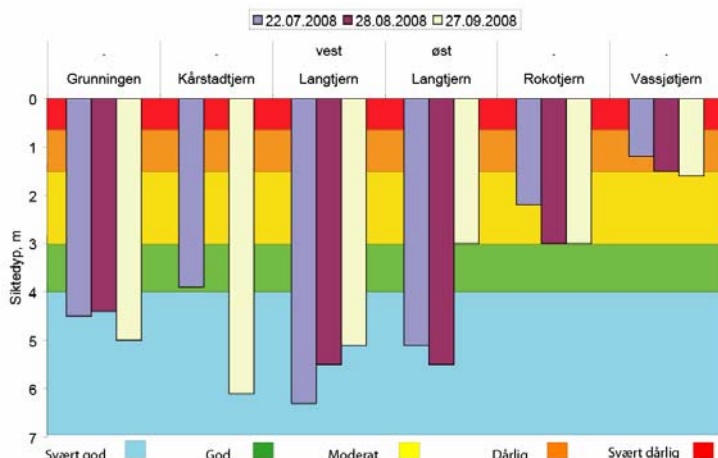
**Figur 6.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av nitrogen for 5 innsjøer i 2008. Tilstandsklasser basert på SFT 1997.



**Figur 7.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a for 5 innsjøer i 2008. Tilstandsklassene gjelder for kalkrike, klare lavlandsinnsjøer.

### Siktedyp

Grunningen og Langtjern vest (hovedbassenget) hadde svært god tilstand med hensyn på siktedyp i juli, august og september (**Figur 8**). Kårstadjern hadde god tilstand i juli og svært god tilstand i september. Her ble det ikke målt siktedyp i august. Østre del av Langtjern hadde, som vestre basseng, svært god tilstand i juli og august. I september var det imidlertid klart dårligere siktedyp i østre enn vestre basseng. Det antyder, ikke overraskende, at forurensningstilførslene er størst i østre del av Langtjern. Det er også her den største innløpsbekken kommer inn. Rokotjern hadde siktedyp tilsvarende overgangen mellom god og moderat tilstand, mens siktedypet i Vassjøtjern viste moderat til dårlig tilstand. Det var en god korrelasjon mellom siktedyp og klorofyll a i disse innsjøene (se Vedlegg A. ).



**Figur 8.** Siktedyp i 5 innsjøer i 2008. Kårstادتjern ikke målt i august. Tilstandsklassene gjelder for kalkrike klare lavlandsinnsjøer.

## 3.2 Innløpsbekkene

### 3.2.1 Vannkjemi

Alle innløpsbekkene er små, med liten vannføring. Vannføringen er ikke målt, men kan anslagsvis ligge mellom 0.5 og 5 l/s. Det er ikke gitt kriterier for denne type små bekker. For likevel å antyde en forurensningsgrad har vi i figurene lagt inn tilstandsklasser som gjelder for innsjøer.

#### Fosfor

Innløpsbekken til Kårstادتjern drenerer et skogkledt område. Den kan derfor fungere som en referanse for de andre bekkene. Det ble tatt to prøver fra denne bekken. Gjennomsnittskonsentrasjonen av total fosfor var 8.5 µg/l (**Figur 9**). For Vassjøtjern ble det tatt prøver fra to innløpsbækker. Den nordre innløpsbekken hadde høyest gjennomsnittlig konsentrasjon av alle innløpsbekkene med ca 36 µg/l, og med variasjoner mellom 21 og 47 µg/l. Bekken var tydelig forurenset. I den søndre innløpsbekken var den gjennomsnittlige konsentrasjonen under det halve med ca 15 µg/l. Sett i forhold til Kårstadbekken var den likevel noe forurenset. I innløpsbekkene til Rokotjern og Langtjern var det forholdsvis høye konsentrasjoner med henholdsvis 28 og 25 µg/l, og begge var klart forurenset. Innløpsbekken til Grunningen hadde noe lavere konsentrasjon, men med et gjennomsnitt på ca 18 µg/l var den også noe forurenset.

#### Nitrogen

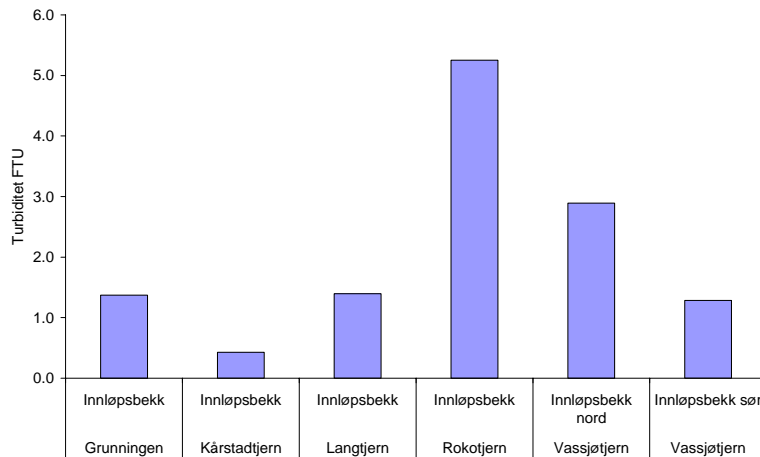
Innløpsbekken til Kårstادتjern hadde også klart lavest gjennomsnittlig konsentrasjon av nitrogen med ca 600 µg/l (**Figur 10**). Selv om dette er for høyt til å være naturlig bakgrunnverdi kan den fungere som en referanse for de andre bekkene. Innløpsbekken til Langtjern hadde høyest konsentrasjoner med ca 3000 µg/l. Men også nordre innløpsbekk til Vassjøtjern og innløpsbekk til Grunningen hadde høye konsentrasjoner med henholdsvis ca 2500 og 1800 µg/l. Langt lavere konsentrasjoner ble observert i innløpet til Rokotjern og i søndre innløp til Vassjøtjern. Høye nitrogenkonsentrasjoner kan skyldes kloakk og/eller gjødsel.

#### Turbiditet

Turbiditet er et mål på konsentrasjonen av partikler. Også for turbiditet hadde Kårstadbekken laveste verdier med en middelvei på 0.4 FTU, og bekken kan fungere som referanse (**Figur 11**).

Innløpsbekken til Rokotjern hadde den langt høyeste middelvei med 5 FTU. Dernest kom nordre innløpsbekk til Vassjøtjern med 3 FTU, mens verdiene for de øvrige tre bekkene var ca 1.3 FTU. Det



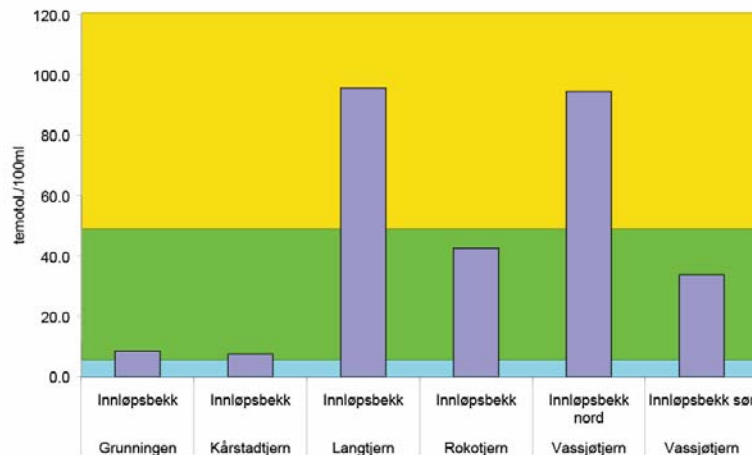


**Figur 11.** Gjennomsnittlig turbiditet (partikler) i innløpsbekkene til 5 innsjøer i 2008. Ingen målinger fra innløpsbekk til Kårstadjern i juli.

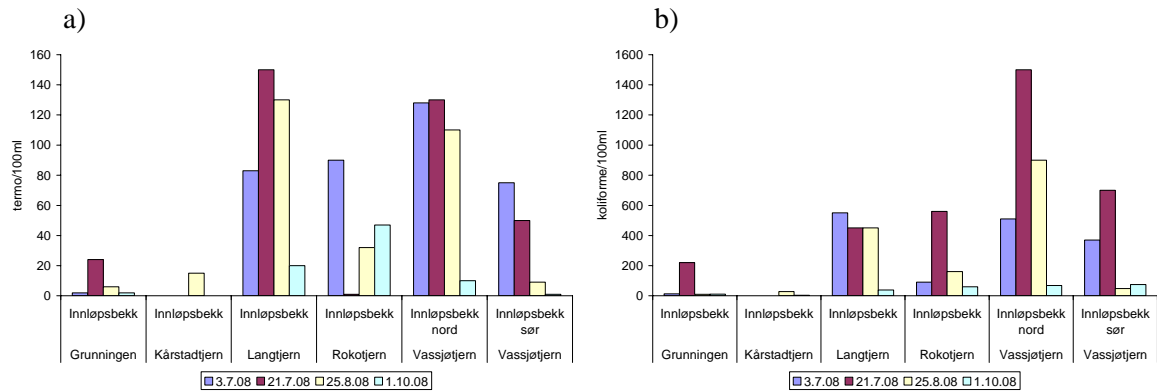
### 3.2.2 Bakteriologiske forhold

Innløpsbekkene til Langtjern og nordre innløpsbekk til Vassjøttjern hadde høye konsentrasjoner av termotolerante koliforme bakterier (TKB), tilsvarende moderat tilstand (**Figur 12**) (SFT 1997). Dette indikerer fersk fekal forurensning, som sannsynligvis stammer fra kloakk eller husdyr. Det var høye konsentrasjoner i alle prøvene, unntatt i oktober (**Figur 13**). Også innløpet til Rokotjern og søndre innløp til Vassjøttjern hadde indikasjoner på kloakk/fersk fekal forurensning. I Rokotjern var det stor variasjon i konsentrasjonene. Første prøven (3. juli) hadde høye konsentrasjoner, mens andre prøve (21. juli) hadde lav konsentrasjon. Både innløpet til Kårstadjern og Grunningen hadde lave konsentrasjoner i nærheten av meget god tilstand.

Konsentrasjonene av koliforme bakterier fulgte i stor grad konsentrasjonene av de termotolerante (**Figur 13**).



**Figur 12.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av termotolerante kolibakterier i innløpsbekkene til 5 innsjøer i 2008. Innløpsbekk til Kårstadjern ikke målt i juli. Tilstandsklassene er basert på SFT 1997.



**Figur 13.** Variasjon i konsentrasjon av a) termotolerante koliformebakterier og b) koliforme bakterier i innløpsbekkene til 5 innsjøer i 2008. Ikke tatt prøver fra innløpsbekk til Kårstadjern i juli.

### 3.3 Forslag til tiltak

Innløpsbekkene bar preg av noe kloakkforurensninger og/eller forurensninger fra husdyrbesetninger. Bakteriekoncentrasjonen indikerte dette. Forforkonsentrasjoner var noe høye i enkelte av bekkene, men vannføringen i alle bekkene er liten slik at tilført mengde blir forholdsvis liten. For eksempel vil en gjennomsnittskonsentrasjon av fosfor på 20 µg/l i en bekk med vannføring 5 l/s gi 3 kg fosfor i året. Det tilsvarer fosfortilførsel fra husholdningskloakk fra 5 personer i ett år. I litt større innsjøer som Vassjøtjern synes dette isolert sett å ha liten betydning mot det som synes å være en intern gjødsling. Imidlertid er det slik både for Vassjøtjern og de andre mindre tjernene at vannutskiftningen er liten; det renner lite friskt vann inn og det går lite vann ut (eventuell grunnvannstilstrømning ikke vurdert). Det betyr at det meste av forurensninger som kommer inn i sjøen blir der i lang tid. Fosfor som kommer inn i innsjøene forblir der. Sånn sett bør en derfor søke å fjerne alle åpenbare fosforkilder. Diffus avrenning fra jordbruk kommer i tillegg til kloakk fra bekkene. Her vil klassiske tiltak som pløyingstidspunkt, gjødslingstidspunkt og gjødslingsmengder, være mest aktuelle.

## 4. Vurdering av mulig interngjødsling

Vurdering av potensialet for interngjødsling ble foretatt for Grunningen og Vassjøtjern. Fosfor tilført innsjøene bindes til organisk og uorganisk materiale, som sedimenterer og etter hvert havner i bunnsedimentet i innsjøene. Med tiden kan det akkumulere betydelige mengder. I innsjøer med liten vanngjennomstrømning (lang oppholdstid på vannet), som i Grunningen og Vassjøtjern, vil det være mer tid til sedimentering enn i innsjøer med stor gjennomstrømning og utskifting av vann. Under oksygenfrie forhold løses fosfor ut igjen til vannmassene. Potensialet for utlekking er avhengig av hvor mye som er tilgjengelig i sedimentet. Dersom det er oksygenvinn høyere oppe i vannmassene, får en også utlekking av fosfor fra partikler når de synker nedover i vannmassene. Interngjødsling er opprinnelig også oppstått pga tilført fosfor. Interngjødsling kan opprettholde uønsket tilstand over en lang periode selv om gode tiltak er satt i verk for å redusere de eksterne tilførslene.

### 4.1 Sediment

Konsentrasjonen av fosfor i bunnsedimentet var forholdsvis høyt i Grunningen med 2.8 g P/kg (**Tabell 3**). I Vassjøtjern var konsentrasjonen noe lavere med 1.8 g P/kg. Til sammenligning ble det i den midtels næringsrike innsjøen Vansjø i Østfold funnet mellom 0.5 og 1.5 g P/kg, mens det i den næringsrike innsjøen Frøylandsvatn på Jæren ble funnet omkring 4-5 g P/kg (Andersen m.fl. 2006, Faafeng m.fl. 1985). Det er altså ikke ekstreme fosformengder i bunnsedimentet, men likevel så mye at, dersom det lekker ut, kan det gi høy algeproduksjon.

Innholdet av organisk materiale i Grunningen var også høyt, med nærmere 40 % av totalt tørrstoffinnhold. Også i Vassjøtjern var dette forholdsvis høyt, med omkring 30 %. Mye organisk innhold innebærer at det er mye som potensielt kan brytes ned, og da med stort forbruk av oksygen. Det at det faktisk akkumulerer mye organisk materiale indikerer at det enten er eller har vært stor tilførsel fra innsjøens egen produksjon eller fra andre kilder, og/eller at omsetningen/nedbrytningen ikke er stor (pga stadig oksygenvinn). I Frøylandsvatnet var det organiske innholdet omkring 20-25 %. Nitrogenkonsentrasjonen i Grunningen var også forholdsvis høyt, og på samme nivå som i Frøylandsvatnet.

Sedimentene i begge innsjøene er altså rike på organisk materiale. Det medfører potensiale for nedbrytning og derved høyt oksygenforbruk, som igjen gir utlekking av fosfor.

**Tabell 3.** Innhold av tørrstoff (TTS), gløderest (TGR), organisk materiale, nitrogen og fosfor i bunnsediment i Grunningen og Vassjøtjern 29.08.2008.

	TTS g/kg	TGR g/kg TS	Organisk %	TotN g/kg	TotP g/kg
Vassjøtjern	48.7	704	29.6	16.7	1.8
Grunningen	21.6	616	38.4	23.1	2.8

### 4.2 Vannfase

I Grunningen var konsentrasjonen av total fosfor i overflatevannet (0-4 m) 15 og 16 µg P/l i hhv. august og september. Konsentrasjonen i vann ved bunnen i samme periode var meget høy med hhv. 500 og 670 µg P/l (**Figur 14**). Det hadde altså vært en tydelig utlekking av fosfor fra sediment til vann både i august og september. Oksygeninnholdet i bunnvannet var i denne perioden svært lavt (**Figur 4**). Målinger i slutten av oktober viste tilsvarende høye konsentrasjoner av fosfor i bunnvannet. Disse prøvene viste også at det var meget høyt fosforinnhold i hele den oksygenfrie sonen, og at fosfor-

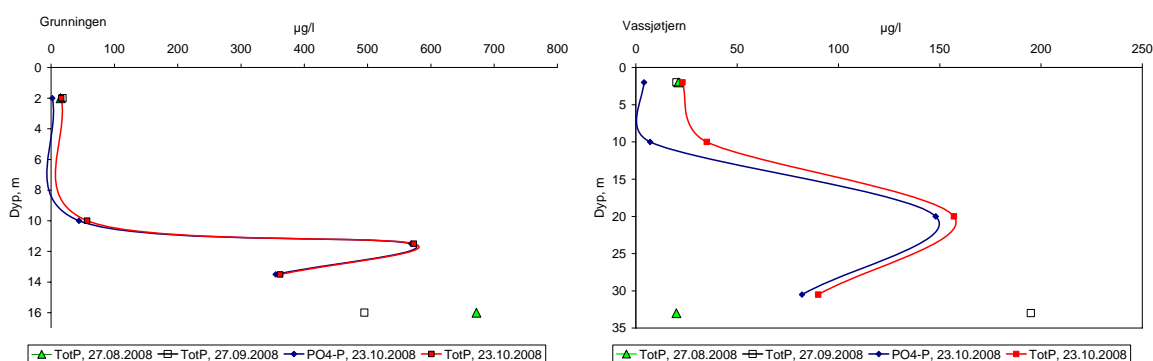


innholdet nesten utelukkende besto av fosfatfosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Denne akkumuleringen av fosfor skyldes at fosfor frigjøres fra en stadig tilførsel av nye partikler som synker ned mot bunnen fra overflatevannet. Dette er fosfor som holder seg løst. Fosfat utløst fra sedimentet kan også bre seg oppover i vannsøylen dersom det er situasjoner som genererer vannstrømninger mot bunnen.

Dersom det ikke tilføres nytt fosfor til overflatevannet vil konsentrasjonen avta. I Grunningen ble både fosfor og algemengde vesentlig lavere utover høsten enn tidlig i juli. Tilførsler av fosfor via innløpsbekken syntes å være liten, og var tydeligvis ikke stor nok til å opprettholde algeproduksjonen. En viss fosforfjerning via utfelling av kalsiumfosfat kan også skje i kalkrike innsjøer. Den vil løses ut igjen i bunnvannet.

I Vassjøtjern var konsentrasjonen av total fosfor i (0-4 m) i august ca  $20 \mu\text{g P/l}$  både i overflatevannet (0-4 m) og i vann ved bunnen (33 m). I slutten av september var konsentrasjonen i overflatevannet fremdeles ca  $20 \mu\text{g P/l}$ . Konsentrasjonen i vann ved bunnen hadde nå økt til  $195 \mu\text{g P/l}$ . Utlekking av fosfor fra sedimentet startet altså mellom prøvetidspunktene for disse prøvene. Som i Grunningen viste oktoberprøvene at det var høye konsentrasjoner av fosfor i hele den oksygenfrie delen av innsjøen, og at totalfosforet nesten utelukkende besto av fosfatfosfor. Konsentrasjonen var imidlertid langt lavere i Vassjøtjern enn i Grunningen. Dette skyldes at fosfor var frigjort i et større vannvolum. Konsentrasjonen av fosfor og alger holdt seg jevnt høy gjennom hele høsten. Grunnlaget for produksjonen er sannsynligvis for en stor del interngjødsling via erosjon i sprangsjiktet. Vassjøtjern er mye mer vindutsatt enn Grunningen. Det medfører kraftigere omrøring i overflatevannet og erosjon mot bunnvannet med påfølgende fosfortilførsler. I tillegg kommer direkte avrenning fra jordbruksarealer omkring og fra innløpsbekkene. Selv om konsentrasjonene i den ene av bekkene var forholdsvis høy, synes ikke tilførslene herfra å forklare forurensningssituasjonen for Vassjøtjern.

Dersom innsjøene fullsirkulerer om høsten, vil løst fosfor felles ut og sedimentere. I løpet av en islagt vinterstagnasjon forventes det at det i disse innsjøene igjen blir oksygenvinn, i allefall ved bunnen, utover sen vinteren/våren og fosforutlekkning fra sedimentet. Under vårsirkulasjon av innsjøene kan en da på ny få en betydelig tilførsel av fosfor til de øvre vannlag pga interngjødsling fra sedimentet. I Grunningen ble det registrert slutten av en mulig våroppblomstring i den første algeprøven (3.7.2008). Det er sannsynlig at tilsvarende også har vært tilfelle i Vassjøtjern noe tidligere på sommeren. I allefall tydet en forholdsvis lav konsentrasjon av fosfor i vann ved bunnen i august på at det hadde foregått en fullsirkulasjon om våren.



**Figur 14.** Interngjødsling i Grunningen og Vassjøtjern. Totalfosfor og fosfatfosfor fra ulike dyp i oktober, samt totalfosfor i overflatesjikt og ved bunnen i august og september.

### **4.3 Forslag til tiltak**

Dersom en ønsker å gå inn på innsjøinterne tiltak for å redusere interngjødslingen, må metoder vurderes grundigere enn vi har mulighet til i denne rapporten. Tiltak for innsjørestaurering er utført i mange innsjøer, men med flere ulike metoder og med vekslende hell. Valg av metoder avhenger av innsjøens morfologi og størrelse. I små innsjøer/tjern kan det vurderes å fjerne bunnsediment. Andre metoder vil prøve å binde fosforet til sedimentet ved å opprettholde oksygenivået i bunnvannet. Det finnes flere teknikker for å gjøre dette. Det er også mulig kjemisk å oksidere bunnsedimenter for å binde fosfor, men det krever store mengder kjemikalier og vil neppe egne seg for større tjern som Vassjøtjern. Før innsjøinterne tiltak settes i verk, bør en imidlertid ha sikret seg at tilførslene fra eksterne kilder er på et minimum.

## 5. Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i 9 tjern

### 5.1 Vannkjemiske forhold

Vurderingene for 2008 er basert på én enkelt vannprøve tatt på seinsommeren og gir kun en indikasjon på vannkvaliteten i innsjøene.

De undersøkte innsjøene tilhører små, svært kalkrike innsjøer i skog. Kalsium-innholdet varierer mellom 43 og 67 mg Ca/l (**Tabell 4**).

Alle innsjøene kan regnes som klarvannsjøer, med farge på <30 mg Pt/l (iht. Solheim & Schartau 2004). Tilstandsklasser for vannkjemiske forhold er ikke utviklet for svært kalkrike innsjøer. For innsjøene på Hadeland vil den mest nærliggende innsjøtypen være kalkrike innsjøer i skog (se Klassifiseringsveilederen). Basert på klorofyll kan vannkvaliteten anses å være i god eller bedre tilstand i Glorudtjern, Høybytjern, Storetjern og Vesletjern, i moderat tilstand i Vientjern (=Østtjern) og Velotjern, mens vannkvaliteten må anses som dårlig i Orentjern og meget dårlig i Bråtåtjern og Korsrudputten.

**Tabell 4.** Vannkjemiske forhold for de undersøkte lokalitetene 2008. NB! Tallene representerer bare én enkelt vannprøve, tatt i august 2008.

	Siktedyp m	Total fosfor µg P/l	Total nitrogen µg N/l	Klorofyll µg chla/l	Kalsium mg Ca/l	Turbiditet FNU	Farge mg Pt/l
Glorudtjern	>2.5*	12	670	6.2	56.8	2.03	17.8
Bråtåtjern (Vienbråtåtjern)	1.6	38	870	30	61.8	9.74	22.4
Vientjern (Østtjern)	-	17	1880	7.7	66.5	1.94	12.4
Høybytjern	3.2	16	785	5.9	49.4	1.96	10.8
Korsrudputten (Korsbakkjtjern)	2	58	985	51	60.2	6.19	22.8
Orentjern	3	25	1140	17	43.3	2.63	13.9
Velotjern	2.5	15	770	12	49.1	3.25	15.9
Storetjern	5.3	11	465	2.3	42.7	1.47	10.1
Vesletjern	5.2	12	475	4	44.7	1.22	13.2

\* i bunn

### 5.2 Vannvegetasjon

Vannvegetasjonen og kransalgevegetasjonen på Hadeland er omtalt i flere publikasjoner, først og fremst Langangen (1971, 1991, 1992, 2003, 2007), Brandrud & Bendiksen (2005), Brandrud & Bendiksen (upubl.), Mjelde (upubl.), Gaarder & Larsen (2005), Brandrud & Mjelde (1999), Walseng m.fl. (2002) samt Mjelde (2008). Langangen (2008) har en inngående omtale av kransalgessjøene, med særlig vekt på Gran kommune. Dette er den første av flere artikler han planlegger om kransalgene på Hadeland. Generelle endringer i kransalgevegetasjon er vurdert av Langangen (1992) og Mjelde (1997).

#### 5.2.1 Generell beskrivelse

Artssammensetning i innsjøene er vist i **Tabell 5**.

##### Glorudtjern

Glorudtjern ligger like sør for Skirstadtjern i Gran kommune. Tjernet er omkranset av oreskog, med dyrka mark i nordvest og lite industriområde i sørøst. Utløpselva fra Skirstadtjernet renner gjennom Glorudtjernets vestre del.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Taktør (*Phragmites australis*) dominerte helofyttvegetasjonen og dannet bestander rundt det meste av tjernet. Brei dunkjevle (*Typha latifolia*) og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) dannet små bestander i nordøst.

Tjernet var til dels svært grunt, med best utviklete mergelbanker i sørøst, nordvest, samt midt i tjernet. Mergelbankene var bevokst med bestander av *Chara aculeolata* og *C. rudis*, fra 0.5 m til ca. 1.5 m dyp. Samme type vegetasjon fantes også i ytterkant av taktør-beltene, der disse ikke gikk for dypt. På grunt vann, <0.5 m dyp, vokste *Chara aspera* og *C. contraria*.

#### Bråtatjern (Vienbråtatjern)

Bråtatjernet ligger like nord for Rokotjernet i Gran kommune. Tjernet er omkranset av dyrka mark, samt hestehage/beite på sørsida og i nordvest. Tjernet har innløpsbekk i vest og renner til nordøstre del av Rokotjernet via et mindre tjern.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen var dominert av taktør (*Phragmites australis*), mens det meste av nordsida grenset til oreskog.

Små bestander med kransalger (*C. contraria* og *C. tomentosa*) ble registrert på 20-40 cm dyp like utenfor taktør-beltet ved søndre strand, vest for brygga, mens enkeltplanter av *Chara contraria* og *C. rudis* ble funnet i øst.

Flytebladsvegetasjon av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) og hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) dannet forholdsvis store bestander ut til ca. 2.3 m dyp langs tjernets sørside, og noen mindre bestander ellers. Vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) dannet en bestand i vest. Her var også forekomsten av begroingsalger størst.

Brandrud og Bendiksen (2005) nevner forekomst av rusttjønnaks (*Potamogeton alpinus*) fra sørsiden.

#### Vientjern (Østtjern)

Østtjern ligger like nordøst for Rokotjernet i Gran kommune, og drenerer sannsynligvis ned til dette. Tjernet er omkranset av dyrka mark i nord og skog i sør.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen av taktør (*Phragmites australis*) med en smal oreskog innafor, omkranset store deler av tjernet.

Utenfor helofyttbeltene dannet flytebladsvegetasjon av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) og hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) bestander ut til 2-2.5 m dyp. Mindre bestander av vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) gikk ut til 3.5-3.8 m dyp.

Det fantes til dels massive forekomster av begroingsalger i overflaten inni og innenfor helofyttbeltet, samt på de få gruntområdene uten helofytter (**Figur 15**). I tillegg fantes såter med begroingsalger rundt stenglene og mellom nøkkerosene-bladene. Ingen kransalgevegetasjon ble registrert.



**Figur 15.** Det ble observert store mengder begrøingsalger i overflata og på vegetasjonen i Vientjern 2008.

#### Høybytjern

Høybytjern ligger i et område med dyrka mark i Lunner og Gran kommune, like øst for Øyskogtjern.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Takrør (*Phragmites australis*) dominerte helofyttvegetasjonen, mens bl.a. kjempepiggnopp (*Sparganium erectum*) og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) hadde mindre forekomster.

Tjernet hadde forholdsvis store bestander med kransalger, dominert av *Chara rudis* og *C. contraria*, som dannet bestander fra 10-20 cm ut til 2.2 m dyp rundt det meste av tjernet. De største og flotteste bestandene fantes ved nordre og østre strand (se forsidebilde). Liten forekomst av nøkketjønnaks (*Potamogeton praelongus*) ble funnet ved søndre strand, mens svært storvokste eksemplarer av trådtjønnaks (*Potamogeton filiformis*) ble observert ved nordre strand.

Flytebladsvegetasjon av hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) og gul nøkkerose (*Nuphar lutea*), samt noe vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) hadde ytre dybdegrense på 1.5-1.8m dyp.

#### Korsrudputten (Korsbakktjern)

Korsrudputten er et lite tjern mellom Øyskogtjern og Korsrudtjernet i Lunner kommune. Tjernet grenser mot skog (og sumpskog) i sør og øst, og dyrka mark i nord. Mindre forekomster av begrøingsalgematter ble registrert i sørøst.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen var dominert av takrør (*Phragmites australis*), mens sjøsivaks (*Schoenoplectus lacustris*) dannet mindre bestander i øst, nord og vest. Smal dunkjevle (*Typha angustifolia*) fantes bare i øst, mens en bestand med elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) ble registrert i nordvest.

Omtrent en fjerdedel av tjernets østside hadde slake, langgrunne kalkmergelstrender utafor og inne i de noe glisne takrør-bestandene. Kransalgene dannet her kraftige bestander fra ca. 0.2 m og ut til ca. 1.5 m dyp, med *Chara tomentosa*, iblandet *C. contraria*, innerst og *Chara aculaeolata* ytterst. Flytebladsvegetasjon av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) og hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) dannet bestander rundt det meste av tjernet, ut til 2.5 m dyp. I nordvest og noe spredt ved vestre strand fantes

mindre bestander av vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*). Disse bestandene hadde en ytre dybdegrense på ca. 3 m. Noen spredte forekomster av hesterumpe (*Hippuris vulgaris*) ble registrert i øst mens storblærerot (*Utricularia vulgaris*) fantes spredt i østre og vestre del.

#### Orentjern

Orentjern ligger i Lunner kommune, like øst for Velotjern. Det meste av Orentjerns nærområder er skog, men innløpselva i øst kommer fra bl.a. Øyskogtjern og Rokotjern. Tjernet har utløp sørover via Velotjern.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Takrør (*Phragmites australis*) og sjøsivaks (*Schoenoplectus lacustris*) dominerte helofyttvegetasjonen.

Blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) dominerte vannvegetasjonen og dannet store bestander ut til 3.5 m dyp (**Figur 16**. Blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) i Orentjern 2008.), til dels sammen med vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*). Kransalgene, dominert av *Chara rudis* og *C. contraria*, hadde mindre forekomst, vanligst i nord.



**Figur 16.** Blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) i Orentjern 2008.

Flytebladsvegetasjonen vokste ut til 2.5 m dyp og var dominert av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*), samt vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) og noe hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*). I tillegg nevner Brandrud og Bendiksen (2005) korsandemat (*Lemna trisulca*) fra tjernet.

#### Velotjern

Velotjern ligger i Jevnaker kommune, nordvest for Vassjøtjernet. Tjernet er stort sett omkranset av skog, bortsett fra et lite område ved vestre strand, hvor det også er plassert et pumpehus. Innløpsbekkene til tjernet renner også inn i vestre basseng. Søndre strand var noe preget av beiting.

Tjernet ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen var dominert av takrør (*Phragmites australis*) på nordsida, mens sjøsivaks (*Schoenoplectus lacustris*) dannet bestander i sørvest og sørøst. Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) og starr (*Carex* spp.) fantes spredt. Søndre strand grenset til oreskog. Kransalgevegetasjonen besto av *Chara rudis* som fantes på 0.5-1.5 m dyp i nordøst og sørvest, *Chara tomentosa* på 20-40 cm dyp i nordvest, mens *Chara contraria* forekom på helt grunt vann. De fineste kransalgestrendene fantes ved nordre strand, i og utenfor glisne takrør-belter. Gul nøkkerose (*Nuphar*

*lutea*) og hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) dannet spredte bestander rundt det meste av tjernet, ut til ca. 2.5 m dyp. Utenfor flytebladsbeltet ble det ikke registrert annen vegetasjon. Spredte eksemplarer og små bestander med blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) fantes i ytre del av flytebladsbeltene, på ca. 2 m dyp. Trådtjønnaks (*Potamogeton filiformis*) ble bare registrert ved odden, ved overgang til vestre basseng. Brandrud og Bendiksen (upubl.) nevner også forekomst av hesterumpe (*Hippuris vulgaris*) og flotgras (*Sparganium angustifolium*) fra tjernet.

Vestre basseng var tydelig forurenset med bl.a. matter av trådformete alger i overflata og blågrønnalgebelegg på bunnen.

#### Storetjern

Storetjern ligger i Jevnaker kommune, med utløp sør og vestover via Vesletjern. Tjernet har lett adgang like ved vei 242, og deler av søndre strand er derfor preget av veifylling. Badeplass er anlagt ved østre strand. For øvrig er tjernet omkranset av skog.

Storetjern ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen var forholdsvis sparsom, dominert av starr (*Carex* spp.) og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*), og svært spredt med takrør (*Phragmites australis*).

Tjernet var preget av store bestander med vasspest (*Elodea canadensis*) ut til ca. 4.5 m dyp, særlig på sørsida, men også mer begrensede bestander på nordsida. Kransalger, først og fremst *Chara rudis*, dannet til dels store bestander fra ca. 0.5 m dyp og ut til 2.5 m dyp. Særlig store var bestandene ved nordre strand, hvor det finnes store områder grunnere enn 2 m. Største forekomst av *Chara strigosa* ble observert på ca. 1 m dyp i nordvest, mens *Chara globularis* bare ble registrert på 0.8-1 m dyp i mindre bukt i nord. Nøkketjønnaks (*Potamogeton praelongus*) hadde store forekomster på 2-3.5 m dyp i nord, sør og øst.

Brandrud og Bendiksen (upubl.) registrerte dessuten trådtjønnaks (*P. filiformis*) og rusttjønnaks (*P. alpinus*) ved ei hytte på nordsiden.

#### Vesletjern

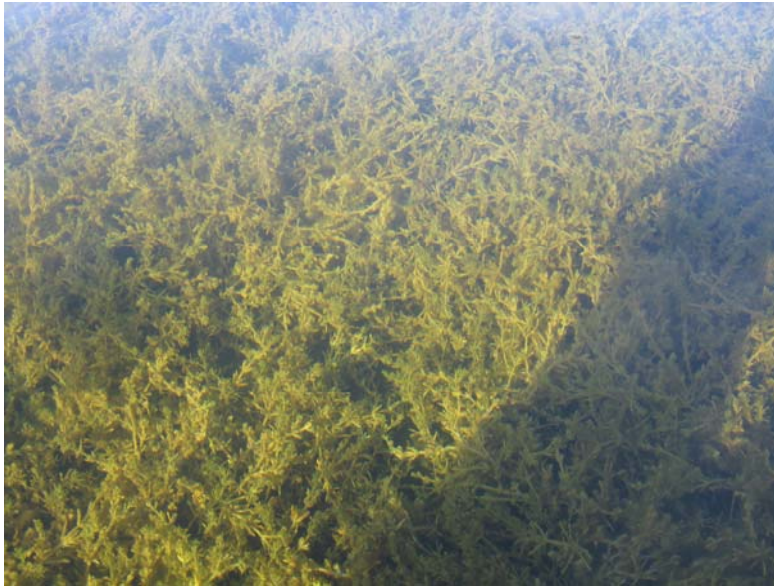
Vesletjern ligger i Jevnaker kommune, med tilløp fra, eller til dels sammenhengende med, Storetjern, og med utløp i sørvest. Tjernet ligger like ved vei 242. Søndre del av tjernet er svært grunt, mindre enn 1.5-2 m dypt.

Vesletjern ble i 2008 undersøkt fra båt. Helofyttvegetasjonen var forholdsvis sparsom, dominert av starr (*Carex* spp.) og elvesnelle (*Equisetum fluviatile*).

Anslagsvis halve den grunne delen var dekket med kransalger, dominert av *Chara rudis* (**Figur 17**). Vasspest (*Elodea canadensis*) var vanligst i de litt dypere deler av tjernet.

Flytebladsvegetasjon av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) og vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) dannet store bestander i den grunne delen av tjernet.





**Figur 17.** Store kransalgeforekomster på grunt vann i Vesletjern 2008.

**Tabell 5.** Vannvegetasjonen i innsjøer på Hadeland 2008. Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokal dominerende og 5=dominerer lokaliteten. \*:røddlistearter (Kålås et al. 2006).

**Lokaliteter:** GLO=Glorudtjern, BRÅ=Bråttjern (Vienbråttjern), VIE=Vientjern (Østtjern), HØY=Høybytjern, KOR= Korsrudputten (=Korsbakktjern), ORE=Orentjern, VEL=Velotjern, STO=Storetjern og VES=Vesletjern. **OBS!** Undersøkelsens hovedfokus har vært status og utbredelse av vannvegetasjonen, inkl. kransalgene. Det har imidlertid ikke vært mulig å prioritere søk etter spredt forekommende kransalge-arter.

Latinske navn	norske navn	Innsjøer								
		GLO	BRÅ	VIE	HØY	KOR	ORE	VEL	STO	VES
<b>KRANSALGER</b>										
<i>Chara aculeolata</i> *	Piggkrans	4				3				
<i>Chara aspera</i> *	Bustkrans	3								
<i>Chara contraria</i> *	Gråkrans	3	2		2	2	2	2-3		
<i>Chara globularis</i>	Vanlig kransalge							2	2	
<i>Chara rudis</i> *	Smaltaggkrans	4	2		4-5		3	2-3	5	4-5
<i>Chara strigosa</i> *	Piggkrans								2	2
<i>Chara tomentosa</i> *	Rødkrans		2			3		2-3		
<b>ELODEIDER</b>										
<i>Elodea canadensis</i>	Vasspest								4-5	4
<i>Hippuris vulgaris</i>	Hesterumpe				2	2				
<i>Potamogeton alpinus</i>	Rusttjønnaks				2					
<i>Potamogeton filiformis</i>	Trådtjønnaks	2			2			2		
<i>Potamogeton lucens</i> *	Blanktjønnaks						4	3		
<i>Potamogeton praelongus</i>	Nøkketjønnaks				2				3-4	
<i>Utricularia vulgaris</i>	Storblærerot	2				2				
<b>NYMPHAEIDER</b>										
<i>Nuphar lutea</i>	Gul nøkkerose		4	4	3	3-4	4	4	3	4
<i>Nymphaea alba</i>	Hvit nøkkerose		4	4	4	4	2	4		
<i>Potamogeton natans</i>	Vanlig tjønnaks		3	3	3	3	3	2	2-3	4
<i>Sparganium angustifolium</i>	Flotgras				1					2
<b>LEMNIDER</b>										
<i>Lemna minor</i>	Andemat		1							

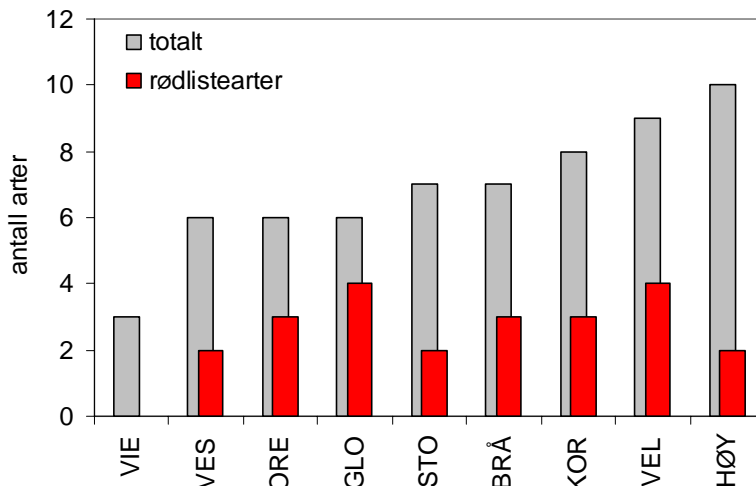


### 5.2.2 Antall arter og rødlistearter

Totalt artsantall varierte stort sett mellom 6-10 arter uansett størrelse og kalsium-innhold (**Figur 18**. Totalt antall arter og antall rødlistede arter i vannvegetasjonen registrert i 2008. Lokalitetsforklaring – se tabell 5.). Unntaket er Vientjern (Østtjern) hvor det bare ble registrert 3 arter, hvorav alle var flytebladsplanter. Størst diversitet av kransalger ble registrert i Glorudtjern og Velotjern, mens de største kransalgeforekomstene fantes i Glorudtjern, Høybytjern, Storetjern og Vesletjern, og besto av *Chara rudis*-matter på noe dypere vann. To av tjernene, Velotjern og Oretjern, hadde store forekomster av den sjeldne blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*). Dette er en karplante som er knyttet til kalkrike innsjøer og tjern, helst med Ca-innhold > 30 mg Ca/l. Den står oftest på noe dypere vann og kan være vanskelig å få øye på fra land.

Det er lave artsantall i Hadelands-tjernene, også i de som er lite påvirket. Dette er som forventet ut fra areal og kalsium-innhold (Mjelde, upubl.data). Høybytjern har noe høyere artsantall enn forventet i forhold til tjernets areal.

Antall rødlistearter varierer mellom 0 og 4 arter pr. tjern, med høyest antall i Velotjern, hvor det både forekommer sjeldne karplanter og sjeldne kransalger.



**Figur 18.** Totalt antall arter og antall rødlistede arter i vannvegetasjonen registrert i 2008. Lokalitetsforklaring – se tabell 5.

### 5.2.3 Økologisk status: Trofi-indeks

#### Generelt

Indeksen er basert på forholdet mellom antall sensitive, tolerante og indifferente arter for hver innsjø (se Mjelde 2008 i foreløpig klassifiseringsveileder).

*Sensitive arter* er arter som foretrekker og har størst dekning i mer eller mindre upåvirkede innsjøer (referanseinnsjøer), mens de får redusert forekomst og dekning (etterhvert bortfall) ved eutrofiering. *Tolerante arter* er arter med økt forekomst og dekning ved økende næringsinnhold, og ofte sjeldne eller med lav dekning i upåvirkede innsjøer. *Indifferente arter* er arter med vide preferanser, vanlig i upåvirkede innsjøer og i eutrofe innsjøer, men får redusert forekomst i hypereutrofe innsjøer.

Trofiindeksen beregner én verdi for hver innsjø. Verdien kan variere mellom +100, dersom alle tilstedeværende arter er sensitive, og -100, hvor alle er tolerante. I TIc (trofiindeks basert på fore-

komst-fravær-data) teller alle artene likt uansett hvilken dekning de har. I TIa (trofiindeks basert på semi-kvantitative data) tas det hensyn til den kvantitative forekomsten av hver art. Grenselinjer for økologisk tilstand er bare utarbeidet for TIc. Det er viktig å være oppmerksom på at klassifikasjonssystemet er foreløpig og altså fortsatt under utvikling.

Ved vurdering av økologisk tilstand i forhold til eutrofiering bør man i tillegg til indeksene vurdere forekomsten av fremmede arter, for eksempel vasspest (*Elodea canadensis*). Dersom slike arter danner massebestander, bør ikke tilstanden for vannvegetasjon vurderes som god.

Det er også viktig å være klar over at vannvegetasjonen gjenspeiler forholdene i strandnære områder. Status for vegetasjonen vil derfor kunne, særlig i store innsjøer, avvike fra forholdene i sentrale vannmasser.

#### Hadelands-sjøene 2008

Økologisk tilstand for de undersøkte innsjøene er vist i **Tabell 6**. Basert på indeksen TIc kan tilstand for vannvegetasjonen karakteriseres som meget god eller god i seks innsjøer; Glorudtjern, Høybytjern, Korsrudputten, Velotjern, Storetjern og Vesletjern, mens Bråtåtjern og Orentjern har moderat tilstand. Vientjern har dårlig tilstand.

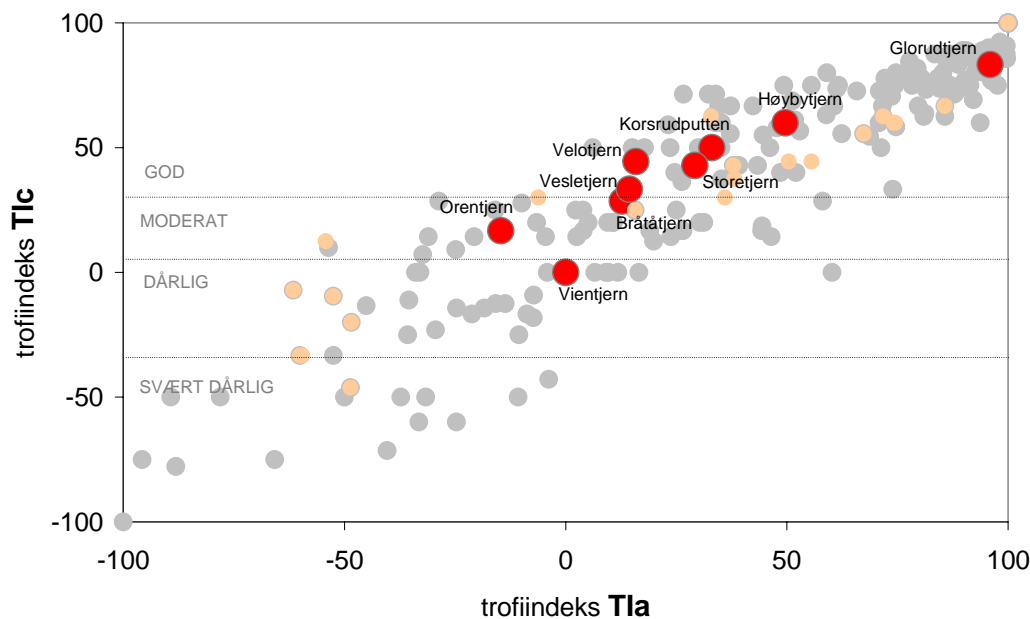
Hvis man inkluderer artenes mengdemessige forhold (TIa) reduseres tilstandsklassen for Velotjern, Orentjern, Storetjern og Vesletjern (**Figur 19**). Dette betyr at flere av de tolerante artene i disse tjernene har høyere dekning enn de sensitive.

I Storetjern og Vesletjern finnes dessuten store bestander med vasspest (*Elodea canadensis*), som også reduserer tilstanden.

**Tabell 6.** Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i Hadelandsinnsjøene 2008. Økologisk status: MG = meget god, G = god, M = moderat, D = dårlig, MD=meget dårlig. \*Korrigert tilstand i forhold til masseforekomst av fremmed art.

Innsjø	TIc	Korrigert*
Velotjern	44,44	G
Korsrudputten (Korsbakktjern)	50,00	G
Bråtåtjern (Vienbråtåtjern)	28,57	M
Vientjern (Østtjern)	0,00	D
Glorudtjern	83,33	MG
Høybytjern	60,00	G
Orentjern	16,67	M
Storetjern	42,86	M*
Vesletjern	33,33	M*

Grenselinjer for MG/G er foreløpig satt til TIc=73 for svært kalkrike, klare innsjøer og TI(antall)=43 for svært kalkrike, humøse innsjøer. De øvrige grenselinjene er felles for alle innsjøtyper; G/M: 30, M/D: 5 og D/MD: -35.



**Figur 19.** Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i Hadelandsjøene undersøkt i 2008 (rød markering). Andre kalkrike innsjøer i regionen, undersøkt i forbindelse med andre NIVA-prosjekter (se Mjelde 2008), er inkludert og vist med oransje farge.

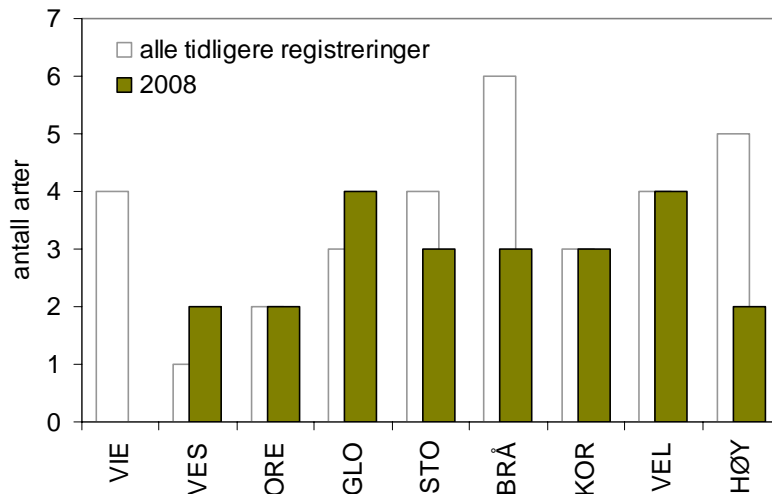
#### 5.2.4 Endringer i kransalgevegetasjonen

Det er ikke utviklet noen egen indeks for økologisk tilstand av kransalgevegetasjon, de inkluderes i indeksen for vannvegetasjon (se kap. 5.2.3). Alle *Chara*-artene regnes blant artene som er sensitive i forhold til eutrofiering. Få *Chara*-arter betyr ikke nødvendigvis dårlig tilstand, imidlertid vil bortfall av *Chara*-arter som tidligere er registrert i en innsjø kunne indikere dårligere forhold.

Tidligere artsregistreringer representerer et samlet artsantall for alle år før 2007. Ved de fleste av disse registreringene har man ettersøkt kransalger spesielt, slik at disse søylene ikke er direkte sammenliknbare med årets undersøkelse, men kan antyde et potensiale for kransalger. Vi har dessuten lite opplysninger om mengde av de ulike artene, dvs. om de har forekommet i store bestander eller om de bare har hatt helt spredt forekomst.

Vientjern, Bråtåjern og Høybytjern viser en markert nedgang i antall kransalger i forhold til tidligere registreringer (**Figur 20**). For Vientjern (Østtjern) og Bråtåjern (Vienbråtåjern) har nok dette sammenheng med forurensningstilførsler (jfr. også vurdering av økologisk tilstand, kap 5.2.3). I Høybytjern virker vannvegetasjonen generelt å ha god tilstand. Vi antar derfor at manglende gjenfunn av enkelte kransalge-arter skyldes at disse forekommer svært spredt.

Noen av lokalitetene er svært sparsomt undersøkt tidligere. Dette er nok årsaken til at vi for enkelte lokaliteter har observert flere arter enn det som er registrert tidligere.



**Figur 20.** Totalt antall arter i kransalgevegetasjonen. Våre registreringer i 2008 (mørk grønn) er sammenliknet med alle registreringer før 2008 (hvite søyler) (Langangen 2007, Brandrud & Bendiksen 2005, Brandrud & Bendiksen unpubl). Lokalitetsforklaring – se tabell 5.

### 5.2.5 Forekomst av problemarter – *Elodea canadensis*

To av de undersøkte innsjøene, Storetjern og Vesletjern, hadde store bestander med vasspest (*Elodea canadensis*). Ifølge Brandrud og Bendiksen (unpubl.) har undervannsvegetasjonen i begge tjernene vært dominert av mer eller mindre tette forekomster av vasspest siden 1980-tallet. Deres observasjoner i 2002 tydet imidlertid på at vasspesten var gått betydelig tilbake, ikke bare i disse innsjøene, men også i flere av vasspest-innsjøene på Hadeland.

Våre undersøkelser i 2007-2008 (se også Mjelde 2008) har altså bekreftet at det fortsatt er store bestander av vasspest i 5 av tjernene på Hadeland; Storetjern, Vesletjern, Grunningen, Langtjern og Kårstادتjern.

Andre tidligere registrerte lokaliteter for vasspest i området er Jarenvatn, Breitjern og Elgtjern i Gran kommune, Bergertjern, Hermanstjern og Randsfjorden i Jevnaker og Gran kommuner, Harestuvatn, Kalvsjøtjern, Mylla, Strykenvatn og Svea i Lunner kommune (Mjelde 1997, Brandrud og Mjelde 1999). Det er ikke registrert nye lokaliteter for vasspest i området etter 1999.

### 5.2.6 Forslag til videre undersøkelser og overvåkningsopplegg

#### Oppfølgende undersøkelser

I fem av de undersøkte innsjøene er vannvegetasjonen i moderat eller dårlig tilstand. Dette gjelder Storetjern, Vesletjern, Bråtåtjern (=Vienbråtåtjern), Orentjern og Vientjern (=Østtjern). I tillegg bør man være oppmerksom på forholdene i Korsbaktjern. Her ble det målt svært høyt innhold av fosfor, som etter hvert kan føre til en forverring i vannvegetasjonens tilstand.

Vannkvaliteten i innsjøene med moderat eller dårligere tilstand bør kartlegges videre, for eksempel tilsvarende undersøkelser foretatt i forbindelse med dette prosjektet, jfr. kap. 3 og 4 i denne rapporten.

### Videre undersøkelse av økologisk tilstand i kransalgesjøene

Tilstand for vannvegetasjonen, inkludert kransalgevegetasjonen, er pr. 2007-2008 kartlagt for 20 tjern på Hadeland. Oversikt over tilstand for kransalgevegetasjonen på Hadeland er imidlertid fortsatt noe mangelfull. Undersøkelsene i 2007 og 2008 viste forholdsvis store forskjeller i tilstand, samt en negativ utvikling for lokaliteter hvor tidsserier finnes (se Mjelde 2008). Vi foreslår derfor at man undersøker økologisk tilstand i de resterende kransalgesjøene, se forslag til prioritering i **Tabell 7**. Prioriteringene er bl.a. gjort på bakgrunn av tidligere kransalgerregistreringer (Langangen, diverse publikasjoner) og resultater fra naturtypekartleggingen (Brandrud & Bendiksen 2005, upubl., Gaarder og Larsen 2003). Kartlegging av utbredelse av vasspest bør inkluderes i de videre undersøkelsene. Samtidig med undersøkelsen av vannvegetasjonen samles det inn vannprøver, til en første vurdering av den vannkjemiske tilstanden.

### Overvåking

Vegetasjonen i de viktigste innsjøene (verneverdi A og B) bør overvåkes jevnlig, minimum hvert 6. år (dette er tilsvarende det intervall som er satt for vannvegetasjon i basis- og tilstandsovervåkingen), eventuelt oftere dersom mistanke om forverret tilstand. Vannprøver fra tjernene som har redusert tilstand eller fare for redusert tilstand, samles inn helst hvert år, forslagsvis 4-5 ggr. i sommersesongen. Vannprøver fra bekker tas ved mistanke om vesentlige forurensningstilførsler.

### Forslag til tiltaksmål for kransalgesjøene

Økologisk tilstand basert på vannvegetasjonen er vurdert for totalt 20 kalksjøer i 2007 og 2008. Av disse viser 8 (-10) innsjøer moderat eller dårligere tilstand. For de fleste av disse skyldes den dårlige tilstanden eutrofiering, mens vasspest er årsaken til redusert tilstandsklassifisering i 3 innsjøer. Når vasspesten først har kommet inn i en innsjø er den vanskelig å bli kvitt. Imidlertid ser det ut til at den ikke danner bestander i næringsfattige innsjøer. Reduksjon av næringstilførsel vil derfor være et aktuelt tiltak for alle disse innsjøene. Vanligvis er det en klar sammenheng mellom fosfor, klorofyllinnhold og lysforhold (siktedyp) i en innsjø. En reduksjon i næringsinnholdet i innsjøen vil altså føre til bedre lysforhold på plantene og den økologisk tilstanden forbedres. Basert på regresjonslinja mellom TIC og total fosfor for alle innsjøtyper i Norge vil vi kunne forvente en bedre tilstand når total fosfor er lavere enn ca 15 µg P/l ( $r^2=0,7$ ). For kalkrike innsjøer bør total fosfor sannsynligvis være 10-12 µg P/l eller lavere ( $r^2=0,6$ ). Dette tilsvarer overgangen god/svært god tilstand basert på total-fosfor (se Klassifiseringsveilederen). Når det gjelder reduksjon i vasspestbestandene bør kanskje fosforinnholdet reduseres ytterligere. Effektene av reduserte næringstilførsler vil variere avhengig av lokale forhold. Dessuten vil det i en innsjø hvor kransalger og vannplanter er forsvunnet eller kraftig redusert kunne ta en tid etter restaurering før plantene igjen er tilstede. I enkelte innsjøer trengs det kanskje nytt tilskudd av spredningsenheter.

**Tabell 7.** Status for undersøkelse av kransalg sjøer på Hadeland. Pr. 2007-2008 er økologisk tilstand for vannvegetasjonen i 20 av kalksjøene på Hadeland undersøkt. Av disse er 11 i meget god eller god økologisk status. Ingen av de resterende er undersøkt etter 2003/2004, og de færreste (ingen?) vha båt.

Undersøkt år og videre prior.	kommune	type	Innsjø	Verne-vurd	Økologisk status (TIC)	Forekomst av vasspest	oppfølgende us foretatt
2008	Lunner	K	Bråtåsjø (=Vienbråtåsjø)	A	M		
2007	Jevnaker	K	Vestre Galdedalstjern	A*	M		
B	Lunner	K	Høltjern	B			
A	Lunner	K	Kalven	A			
2007	Lunner	K	Korsrudtjern	A	<b>G</b>		
2007	Jevnaker	K	Kårstادتjern	A	M	X	x
A	Lunner	K	Nedre Småtjern	A			
2007	Lunner	K	Nyborgtjern	A*	<b>MG</b>		
2007	Gran	K	Oksetjern	A	<b>G</b>		
B	Lunner	K	Omdalsvatn	B			
2008	Lunner	K	Orentjern	A	M		
2007	Gran	K	Rokotjern	A*	<b>G</b>		x
2007	Gran	K	Skirstادتjern	A?	<b>G</b>		
2008	Jevnaker	K	Stortjern	A	M	X	
2008	Jevnaker	K	Vesletjern	A	M	X	
B	Lunner	K	Svea	B			
2007	Lunner	K	Vassjøtjern	A*	<b>G</b>		x
2008	Jevnaker	K	Velotjern	?	<b>G</b>		
A	Lunner	K	Øvre Småtjern	A			
2007	Lunner	K	Øyskogtjern	A*	<b>G</b>		
B	Lunner	K	Karustjern (=Karussputten ?)	A			
B	Lunner	KU	Elsjø (=Elgsjø)	B			
2007	Gran	KU	Grunningen (V Staksrudtj)	A	D	X	x
B	Gran	KU	Jarenavatn	A		*	
B	Lunner	KU	Kalvsjøtjern	A		*	
B	Gran	KU	Bergstjern	A			
B	Jevnaker	KU	Hallomtjern	B			
B	Jevnaker	KU	Holteputten	B			

Tabell 7. forts

Undersøkt år og videre prior.	kommune	type	Innsjø	Vernevurd	Økologisk status (TIc)	Forekomst av vasspest	oppfølgende us foretatt
2008	Gran	AK	Glorudtjern		MG		
2008	Lunner	AK	Høybytjern		G		
2008	Lunner	AK	Korsbakktjern (Korsrudputten)		G		
B	Gran	AK	Lønntjern				
2008	Gran	AK	Vientjern (=Østtjernet)		D		
	Lunner	(a)	Galtesdalsputten				
	Gran	(a)	Espen				
	Lunner	(a)	Gammehaugen				
	Gran	(a)	Hildebrenna				
	Gran	(a)	Hundenga				
	Lunner	(a)	Kruggerudtjern				
2007	Gran	(a)	Langtjern		M	X	x
	Jevnaker	(a)	Marketjern (v.Galtesdalsstj)	B			
	Gran	(a)	Falangtjern				
	Gran	(a)	Søndre Falangtjern				
	Lunner	(a)	Vesletjern				
	Lunner	(a)	Øvre Kalstjern				

**Tabellforklaringer:**

Prioritering (gitt i Mjelde 2008, samt i foreliggende us.): A=undersøkelser av disse lokalitetene gis 1. prioritet, B=foreslås som 2.prioritet, 2007=undersøkt i 2007 (Mjelde 2008a), 2008=undersøkt i 2008 (foreliggende us.)

Type: K=kalksjø, KU=kulturlandskapssjø, AK=annen kransalgessjø, (a) andre (mindre viktige?) innsjøer.

Verneverdivurderinger: hentet fra Brandrud og Bendiksen (2005) og Gaarder og Larsen (2003) (B =viktig, A =svært viktig, A\* =svært viktig, nasjonal verdi).

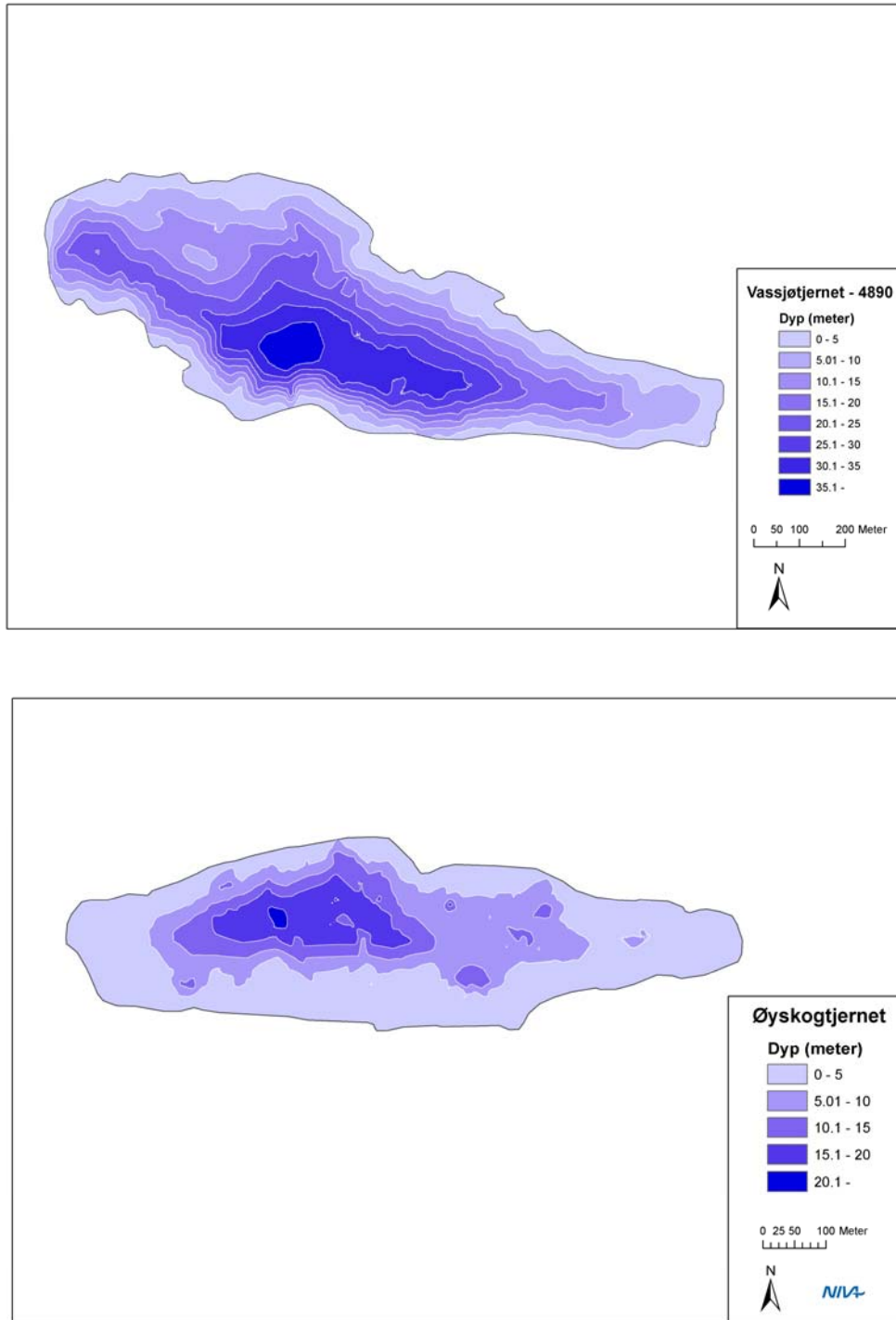
Økologisk status: pr 2007-2008 (Mjelde 2008, samt foreliggende us), i forhold til trofi-indeks TIc (Mjelde 2008) i foreløpig klassifikasjonssystem

Forekomst av vasspest: X=tilstede (vist i denne og fjorårets us), \*=oppgift i tidligere us, tilstand pr i dag noe uavklart

Oppfølgende undersøkelser foretatt: x= gjort i denne rapporten

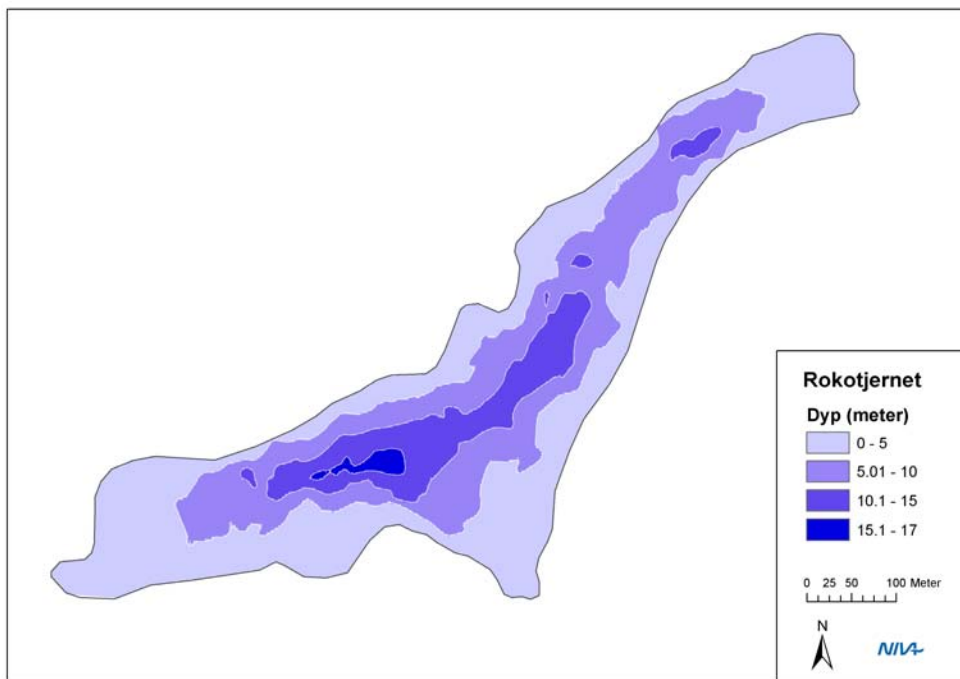
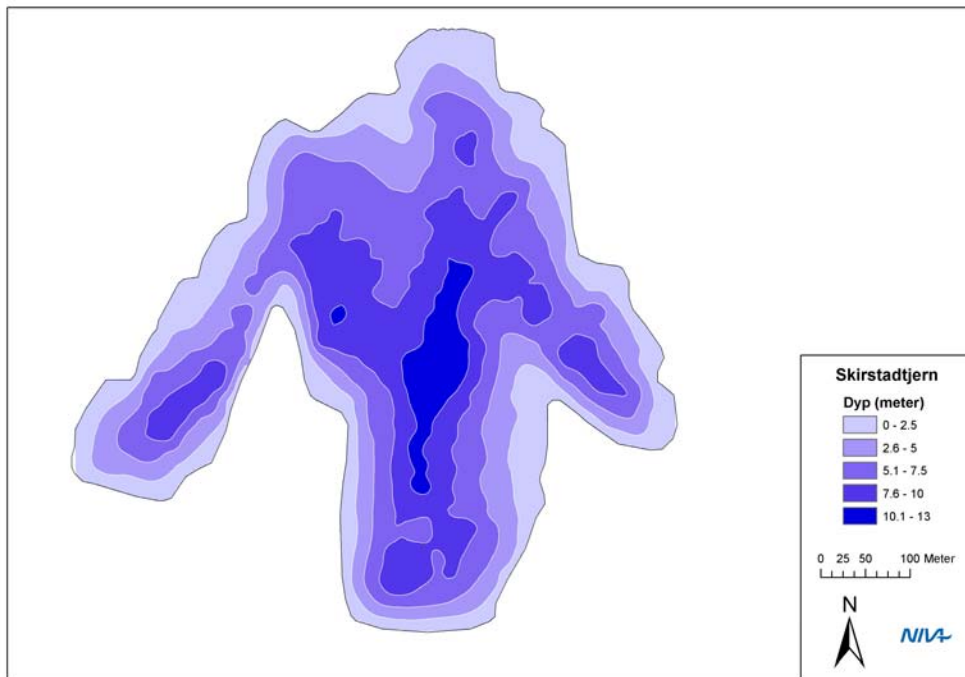
## 6. Kartlegging av dybdeforhold

En enkelt kartlegging av dybdeforholdene i de største kalksjøene på Hadeland, Vassjøtjern, Øyskogtjern, Skirstadtjern og Rokotjern, samt Grunningen, ble foretatt i samband med de øvrige undersøkelsene i 2008. Resultatene er vist i **Figur 21-23**.

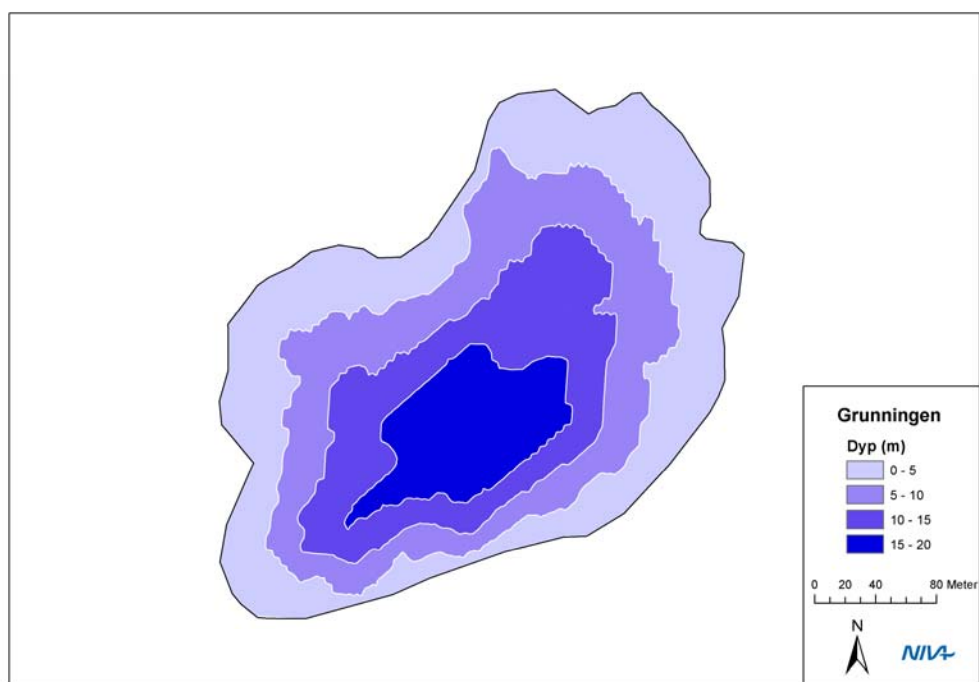


**Figur 21.** Dybdekart for Vassjøtjern og Øyskogtjern. Oppmålt august 2008.





**Figur 22.** Dybdekart for Skirstadtjern og Rokotjernet. Oppmålt hhv. oktober og august 2008.



**Figur 23.** Dybdekart for Grunningen. Oppmålt oktober 2008.

Fra dybdekartene kan vi utlede følgende data:

**Tabell 8.** Morfologiske data.

	innsjøareal km <sup>2</sup>	volum m <sup>3</sup>	største dyp m	middeldyp m
Vassjøtjern	0.48	6 720 000	35	14
Øyskogtjern	0.22	1 254 000	20	5.7
Skirstadtjern	0.22	1 188 000	13	5.4
Rokotjern	0.15	780 000	17	5.2
Grunningen	0.08	600 000	20	7.5

## 7. Litteratur

- Andersen, T. og Færøvik, P.J. 2007. Utredninger i Vansjø – Undersøkelse av mulig interngjødsling 2006.
- Brandrud, T.E. og Bendiksen, E. 2005. Naturtypekartlegging i Lunner kommune. Rapportdel II Faktaark med lokalitetsbeskrivelser og verdivurdering.
- Brandrud, T.E. og Bendiksen, E. upubl. Naturtypekartlegging i Jevnaker kommune. Rapportdel II Faktaark med lokalitetsbeskrivelser og verdivurdering.
- Brandrud, T.E. og Mjelde, M. 1999. Vasspest (*Elodea canadensis*). Effekter på biologisk mangfold. Spredningsmønstre og tiltak. NIVA-rapport lnr. 4075-99.
- Faafeng, B., Brabrand, Å., Brettum, P., Gulbrandsen, T., Løvik, J.E., Rørslett, B. Saltveit, S.J. og Tjomsland T. 1985. Overvåkning av Orrevassdraget. Datarapport 1979-83. – SFT overvåkningsrapport 191B/85, NIVA Rapport 1756.
- Gaarder, G. & Larsen, B. H. 2007. Naturverdier i nasjonalt verdifulle kulturlandskap. Tingelstadhøgda og Røykenvika i Gran kommune, Oppland. Revidert rapport etter ny avgrensning og ny rødliste. Miljøfaglig Utredning Rapport 2007-30: 1-55
- Kålås, J.A., Viken, Å. og Bakken, T. (red.) 2006. Norsk Rødliste 2006 – 2006 Norwegian Red List. Artsdatabanken, Norway.
- Langangen, A. 1971. Verneverdige Chara-sjøer i Sør-Norge. Blyttia 29: 119-131.
- Langangen, A. 1992. Holetjern, kransalgene som ble borte. Blyttia 50: 53-57.
- Langangen, A. 1992. Kransalgene på Ringerike-Hadeland. (upubl)
- Langangen, A. 1991. Nyborgtjern på Hadeland, en kransalgese som bør vernes. Blyttia 49: 1-15.
- Langangen, A. 2003. kalksjøer med kransalgevegetasjon i Norge. I. Generell innledning samt beskrivelse av sjøer i Østfold, Oslo, Akershus, Hedmark og oppland. Blyttia 61(4): 190-198.
- Langangen, A. 2007. Kransalger og deres forekomst i Norge. Saeculum Forlag, Oslo.
- Langangen 2007. Norske kransalgelokaliteter pr. 1.2.2007.  
(<http://home.chello.no/~alangan/kransalgeliste04.htm>)
- Langangen, A. 2008. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 1. Innledning og innsjøene i Gran kommune. Blyttia 66(2): 104-120.
- Lid, J. & Lid, D.T. 2005. Norsk flora. Det Norske Samlaget. 6. utg. ved Reidar Elven.
- Mjelde, M. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Vannvegetasjon i innsjøer - effekter av eutrofiering. En kunnskapsstatus. NIVA-rapport lnr. 3755-97.

Mjelde, M. 2008a. Kransalgesjøer på Hadeland 2007. Vurdering av økologisk status for 11 innsjøer og tjern. NIVA Rapport 5603-2008.

Mjelde, M. 2008b. Vannvegetasjon. I: Berge, D. Schartau, A.K., Mjelde, M., Bækken, T., Hesthagen, T., Ptacnic, R., Halvorsen, G., Schneider, S. 2008. Klassifisering av vannkvalitet i ferskvann. Norsk institutt for vannforskning. Høringsutkast pr. 8. mars 2008.

Walseng, B., Brandrud, T.E., Gausmel, G., Lierhagen, S. Tufto, A. 2002. Krepssdyr i 12 kransalgesjøer på Hadeland (Lunner og Gran kommuner, Oppland fylke) langs en trofi-gradient. NINA-fagrapport 057.

Solheim, A. og Schartau, A.K. 2004. Revidert typologi for norske elver og innsjøer. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport lnr. 4888.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. Statens Forurensningstilsyn.

## Vedlegg A. Primærdata, vannkvalitet i innsjøer

		Dyp1	Dyp2		03.07.2008	22.07.2008	27.08.2008	27.09.2008	23.10.2008	Gjennomsnitt
TotP	µg/l	0	4	Bråtå tjern			38			
TotP	µg/l	0	4	Glorudtjern			12			
TotP	µg/l	0	4	Grunningen	35	17	15	18		
TotP	µg/l	0	4	Grunningen	35	17	15	18	16	20.2
TotP	µg/l	10	10	Grunningen					57	
TotP	µg/l	12	12	Grunningen					573	
TotP	µg/l	14	14	Grunningen					362	
TotP	µg/l	16	16	Grunningen			672	495		
TotP	µg/l	0	4	Høybytjern			16			
TotP	µg/l	0	4	Korsbakkjern			58			
TotP	µg/l	0	4	Kårstadtjern	12	15	15	11		13.3
TotP	µg/l	0	4	Langtjern	13	15	13	17		14.5
TotP	µg/l	0	4	Lantjern			13			
TotP	µg/l	0	4	Orentjern			25			
TotP	µg/l	0	4	Rokotjern	18	17	14	15		16.0
TotP	µg/l	0	4	Storetjern			11			
TotP	µg/l	0	4	Vassjøtjern	20	25	21	20	23	21.8
TotP	µg/l	2	2	Vassjøtjern					23	
TotP	µg/l	10	10	Vassjøtjern					35	
TotP	µg/l	20	20	Vassjøtjern					157	
TotP	µg/l	31	31	Vassjøtjern					90	
TotP	µg/l	33	33	Vassjøtjern			20	195		
TotP	µg/l	0	4	Velotjern			15			
TotP	µg/l	0	4	Vesletjern			12			
TotP	µg/l	0	4	Vientjern			17			

					03.07.2008	22.07.2008	27.08.2008	27.09.2008	Gjennomsnitt
KLA	0	4	µg/l	Bråtå tjern			30		
KLA	0	4	µg/l	Glorudtjern			6.2		
KLA	0	4	µg/l	Grunningen	14	3.2	3.3	4.4	6.2
KLA	0	4	µg/l	Høybytjern			5.9		
KLA	0	4	µg/l	Korsbakkjern			51		
KLA	0	4	µg/l	Kårstadtjern	7.1	4.9	2.6	2	4.2
KLA	0	4	µg/l	Langtjern	1.2	1.4	1.5	5.8	2.5
KLA	0	4	µg/l	Orentjern			17		
KLA	0	4	µg/l	Rokotjern	8.7	9.1	5.5	8.5	8.0
KLA	0	4	µg/l	Storetjern			2.3		
KLA	0	4	µg/l	Vassjøtjern	9.7	15	19	21	16.2
KLA	0	4	µg/l	Velotjern			12		
KLA	0	4	µg/l	Vesletjern			4		
KLA	0	4	µg/l	Vientjern			7.7		

				03.07.2008	22.07.2008	27.08.2008	27.09.2008	Gjennomsnitt
TotN	0	4	µg/l				870	
TotN	0	4	µg/l				670	
TotN	0	4	µg/l	2560	2400	1650	1460	2017.5
TotN	0	4	µg/l				785	
TotN	0	4	µg/l				985	
TotN	0	4	µg/l	980	955	630	630	798.8
TotN	0	4	µg/l	2500	2410	1830	1790	2132.5
TotN	0	4	µg/l				1140	
TotN	0	4	µg/l	1060	820	675	615	792.5
TotN	0	4	µg/l				465	
TotN	0	4	µg/l	1360	990	820	765	983.8
TotN	0	4	µg/l				770	
TotN	0	4	µg/l				475	
TotN	0	4	µg/l				1880	

Variabel	Dyp1	Dyp2	Enhet	Lokalitetsnavn	23.10.2008
PO4-P	2	2	µg/l	Grunningen	2
PO4-P	2	2	µg/l	Vassjøtjern	4
PO4-P	10	10	µg/l	Grunningen	44
PO4-P	10	10	µg/l	Vassjøtjern	7
PO4-P	12	12	µg/l	Grunningen	569
PO4-P	14	14	µg/l	Grunningen	355
PO4-P	20	20	µg/l	Vassjøtjern	148
PO4-P	31	31	µg/l	Vassjøtjern	82

				Ca	Farge
				mg/l	mgPT/l
Dyp1	Dyp2	Enhet	Lokalitetsnavn	27.08.2008	27.08.2008
0	4	mg/l	Bråtåtjern	61.8	22.4
0	4	mg/l	Glorudtjern	56.8	17.8
0	4	mg/l	Grunningen	56.1	20.1
0	4	mg/l	Høybytjern	49.4	10.8
0	4	mg/l	Korsbakktjern	60.2	22.8
0	4	mg/l	Kårstadtjern	64.4	22.1
0	4	mg/l	Langtjern	76.7	22.1
0	4	mg/l	Orentjern	43.3	13.9
0	4	mg/l	Rokotjern	56.5	17
0	4	mg/l	Storetjern	42.7	10.1
0	4	mg/l	Vassjøtjern	40.8	12.8
0	4	mg/l	Velotjern	49.1	15.9
0	4	mg/l	Vesletjern	44.7	13.2
0	4	mg/l	Vientjern	66.5	12.4



---

Enhet	Variabel			28.08.2008	27.09.2008
m	Siktedyp	.	Kårstøtjern	0	6.1
m	Siktedyp	.	Glorødtjern*	0	
m	Siktedyp	.	Vassjøtjern	1.5	1.6
m	Siktedyp	.	Bråtåtjern	1.6	
m	Siktedyp	.	Korsrudputten	2	
m	Siktedyp	.	Veløtjern	2.5	
m	Siktedyp	.	Orentjern	3	
m	Siktedyp	.	Rokøtjern	3	3
m	Siktedyp	.	Høybytjern	3.2	
m	Siktedyp	.	Grunningen	4.4	5
m	Siktedyp	.	Vesletjern	5.2	
m	Siktedyp	.	Støretjern	5.3	
m	Siktedyp	vest	Langtjern	5.5	5.1
m	Siktedyp	øst	Langtjern	5.5	3

---

## Vedlegg B. Primærdata, vannkvalitet i bekkene

Enhet	Variabel			03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	30.09.2008	Gjennomsnitt
µg/l	TotP	Grunningen	Innløpsbekk	16	24	15	16	17.75
µg/l	TotP	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	10	7	8.5
µg/l	TotP	Langtjern	Innløpsbekk	41	32	17	11	25.25
µg/l	TotP	Rokotjern	Innløpsbekk	51	27	15	19	28
µg/l	TotP	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	43	47	34	21	36.25
µg/l	TotP	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	20	19	14	11	16

Enhet	Variabel			03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	30.09.2008	Gjennomsnitt
FNU	TURB	Grunningen	Innløpsbekk	1.55	1.7	1.31	0.93	1.3725
FNU	TURB	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	0.33	0.53	0.43
FNU	TURB	Langtjern	Innløpsbekk	1.8	1.2	1.41	1.17	1.395
FNU	TURB	Rokotjern	Innløpsbekk	7.44	7.48	3.6	2.49	5.2525
FNU	TURB	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	2.71	2.64	2.02	4.2	2.8925
FNU	TURB	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	1.38	1.41	1.04	1.31	1.285

Enhet	Variabel			03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	30.09.2008	Gjennomsnitt
µg/l	TotN	Grunningen	Innløpsbekk	2370	2220	1360	1170	1780
µg/l	TotN	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	635	495	565
µg/l	TotN	Langtjern	Innløpsbekk	3930	3050	2530	2520	3007.5
µg/l	TotN	Rokotjern	Innløpsbekk	1010	780	630	810	807.5
µg/l	TotN	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	3280	2480	1520	2250	2382.5
µg/l	TotN	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	1140	750	665	780	833.75

Enhet	Variabel	Lokalitetsnavn	Stasjon	03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	01.10.2008	Gjennomsnitt
pr. ml	Tot bakterier	Grunningen	Innløpsbekk	.	840	1900	200	980
pr. ml	Tot bakterier	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	280	2400	1340
pr. ml	Tot bakterier	Langtjern	Innløpsbekk	.	3000	2000	1000	2000
pr. ml	Tot bakterier	Rokotjern	Innløpsbekk	.	1500	530	1100	1043.333
pr. ml	Tot bakterier	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	.	5100	1800	1100	2666.667
pr. ml	Tot bakterier	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	.	2680	820	500	1333.333

Enhet	Variabel			03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	01.10.2008	Gjennomsnitt
pr 100 ml	Koliforme	Grunningen	Innløpsbekk	13	220	10	11	63.5
pr 100 ml	Koliforme	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	28	4	16
pr 100 ml	Koliforme	Langtjern	Innløpsbekk	550	450	450	38	372
pr 100 ml	Koliforme	Rokotjern	Innløpsbekk	90	560	160	60	217.5
pr 100 ml	Koliforme	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	510	1500	900	68	744.5
pr 100 ml	Koliforme	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	370	700	48	75	298.25

Enhet	Variabel			03.07.2008	21.07.2008	25.08.2008	01.10.2008	Gjennomsnitt
pr 100 ml	Termostabile	Grunningen	Innløpsbekk	2	24	6	2	8.5
pr 100 ml	Termostabile	Kårstادتjern	Innløpsbekk	.	.	15	0	7.5
pr 100 ml	Termostabile	Langtjern	Innløpsbekk	83	150	130	20	95.75
pr 100 ml	Termostabile	Rokotjern	Innløpsbekk	90	1	32	47	42.5
pr 100 ml	Termostabile	Vassjøtjern	Innløpsbekk nord	128	130	110	10	94.5
pr 100 ml	Termostabile	Vassjøtjern	Innløpsbekk sør	75	50	9	1	33.75

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)