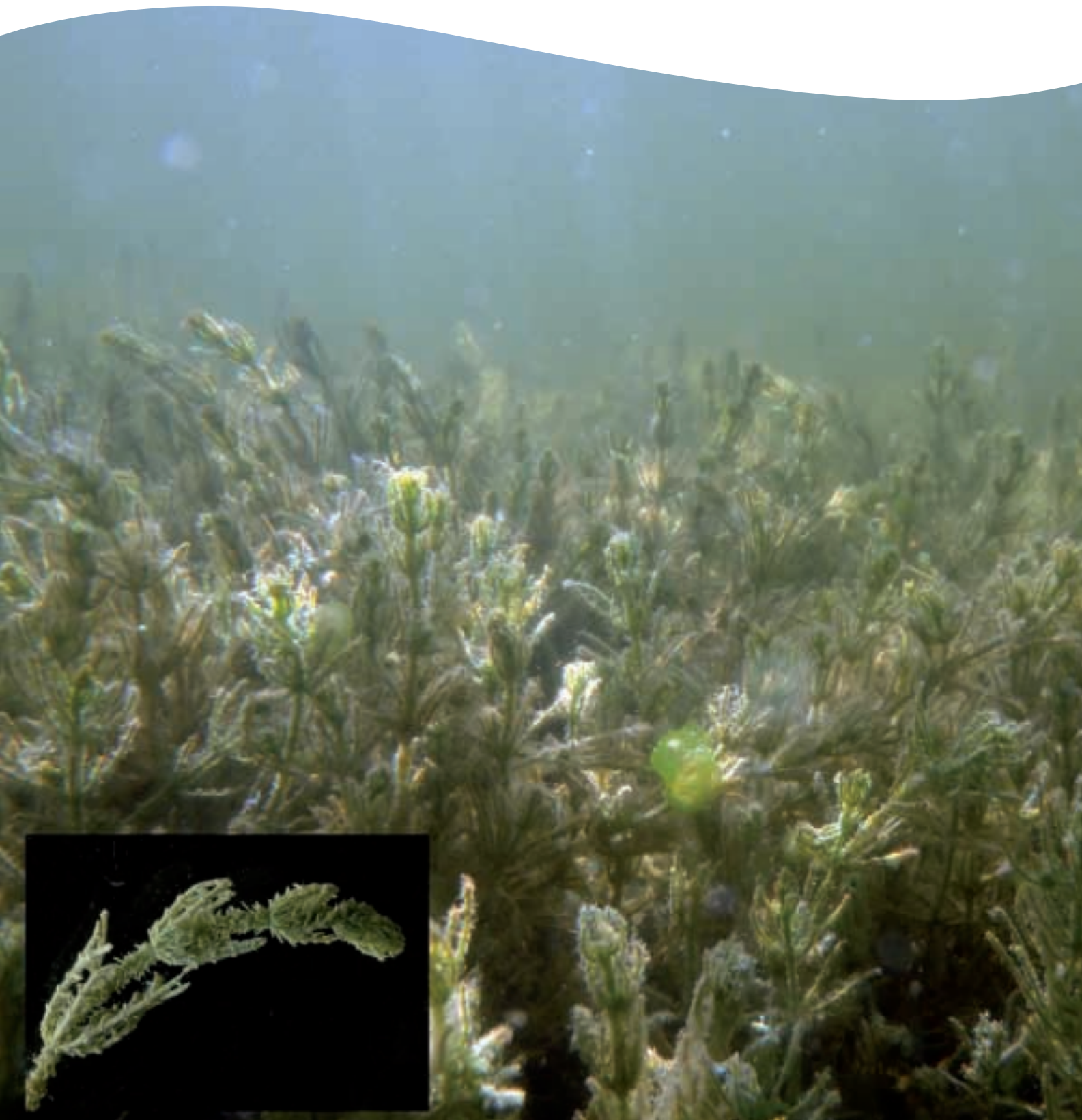


Handlingsplan for kalksjøer. Utredning av miljøkrav for kransalger og tjønnaks i kalksjøer



RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 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

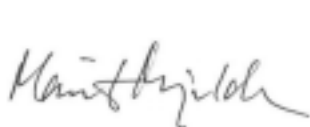
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Handlingsplan for kalksjøer. Utredning av miljøkrav for kransalger og tjønnaks i kalksjøer.	Løpenr. (for bestilling) 6450-2012	Dato 1.12.2012
	Prosjektnr. Undemr. 29169	Sider Pris 39
Forfatter(e) Marit Mjelde Anders Langangen Hanne Edvardsen	Fagområde ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område	Trykket NIVA

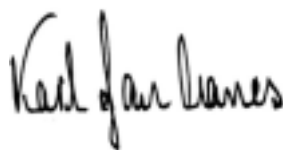
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Oppland	Oppdragsreferanse Ola Hegge
--	--------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Formålet med rapporten har vært å foreta en utredning av miljøkravene til artene som inngår i utvalgt naturtype kalksjøer, samt prøve å vurdere årsakene til redusert forekomst av kransalger i to utvalgte kalksjøer; Holetjern og Ultveittjern. Det er registrert 493 kalksjøer i Norge, fordelt på 15 fylker. Den typiske kalksjøen er liten, med et midlere areal på 0,23 km² og totalt areal for kalksjøer i Norge er anslått til 57 km². For hver av de utvalgte artene gir rapporten oversikt over utbredelse i Norge samt forekomst i forhold til viktige vannkjemiske parametre. Mulige årsaker til redusert forekomst av kransalger i Holetjern og Ultveittjern er vurdert. For Holetjern kan årsaken være en kombinasjon av høye nitratkonsentrasjoner i vannmassene kombinert med vekst av trådformete grønnalger på sedimentoverflaten. Årsaken til at kransalgene i Ultveittjern er i forholdsvis dårlig forfatning kan være en kombinasjon av (økt?) humusinnhold sammen med forhøyet fosfor i vannmassene.</p>

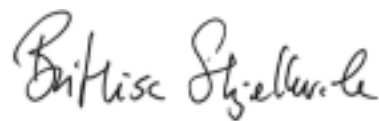
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> svært kalkrike innsjøer miljøkrav vannvegetasjon fysisk-kjemiske analyser 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> High alkalinity lakes Environmental requirements Aquatic macrophytes physicochemical analysis
---	---



Marit Mjelde
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Handlingsplan for kalksjøer

Utredning av miljøkrav for arter av kransalger og
tjønnaks i kalksjøer

Forord

Norsk institutt for vannforskning har på oppdrag fra Fylkesmannen i Oppland foretatt en utredning om miljøforhold i kalksjøer, inkludert noe mer inngående studier av fysisk-kjemiske forhold i vann og sediment i Holetjern (Vestre Toten), Ultveittjern (Ringerike) og Kalven (Lunner).

Feltarbeidet er utført av Hanne Edvardsen, Maia Røst Kile, Anders Langangen, Torleif Bækken og Marit Mjelde. Anders Langangen har kontrollbestemt kransalgene. De vannkjemiske analysene er foretatt ved NIVAs kjemilaboratorium, mens sedimentprøvene er analysert av Eurofins AS.

Rapporten er skrevet av Marit Mjelde, Anders Langangen og Hanne Edvardsen, med førstnevnte som NIVAs prosjektleder.

Oppdragsgivers kontaktperson Ola Hegge.

Oslo, 1. desember 2012

Marit Mjelde

Innhold

Sammendrag	5
Summary	5
1. Innledning	6
1.1 Bakgrunn og formål	6
1.2 Formål	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Datamateriale	8
2.2 Database for kalksjøer	8
2.3 Litteraturgjennomgang	8
2.4 Case-study	9
3. Resultater og diskusjon	10
3.1 Datamaterialet	10
3.2 Kalksjøer	10
3.3 Vannkjemiske forhold	11
3.4 Vannvegetasjonen	12
3.5 Viktige faktorer for forekomst og utbredelse	13
3.6 Arter i utvalgt naturtype	15
3.7 Case-study	23
3.7.1 Generell beskrivelse av innsjøene	23
3.7.2 Aktiviteter i nedbørfeltene	23
3.7.3 Vannvegetasjonen	23
3.7.4 Vannkjemiske forhold	25
3.7.5 Sedimentkjemi	28
3.7.6 Mulige årsaker til reduserte kransalgebestander	29
3.8 Oppsummering	31
3.9 Behov for videre arbeid	32
3.9.1 Konkret forslag til undersøkelse i 2013	33
4. Litteratur	36
Vedlegg A. Primærdata	39

Sammendrag

I arbeidet med forvaltnings- og tiltaksplaner for kalksjøer er det behov for å sette miljømål som vil kunne opprettholde, eventuelt gi grunnlag for reetablering av livskraftige bestander av de artene som er gått tilbake eller forsvunnet. Formålet med rapporten har vært å foreta en utredning av miljøkravene til artene som inngår i utvalgt naturtype kalksjøer. Dessuten prøve å vurdere årsakene til redusert forekomst eller utbredelse av kransalger i to utvalgte kalksjøer; Holetjern og Ultveittjern.

Alle registrerte kalksjøer i Norge er samlet i en database. Det foreligger kransalgerregistreringer for de fleste av disse, mens artssammensetning av karplanter foreligger for ca. 40 % av innsjøene. Vannkjemiske data er til dels svært mangelfulle for de fleste innsjøene.

Det er registrert 493 kalksjøer i Norge, fordelt på 15 fylker. Størst antall kalksjøer er registrert på Østlandet, med Oppland som det viktigste fylket, og i Nord-Norge, hvor Nordland har klart størst antall. Det er svært få kalksjøer på Sør- og Vestlandet, og vi har ikke registrert kalksjøer i Aust-Agder, Hordaland eller Sogn og Fjordane. Norges største registrerte kalksjø er Flatningen i Vågå kommune, som har et innsjøareal på 2,38 km², men den typiske kalksjøen er liten, med et midlere areal på 0,23 km². Totalt areal for kalksjøer i Norge er anslått til 57 km².

For hver av de utvalgte artene gir rapporten oversikt over utbredelse i Norge samt forekomst i forhold til viktige vannkjemiske parametre.

I tillegg til botaniske registreringer er det foretatt en utvidet studie av fysisk-kjemiske forhold i vannmassene og sedimentet i Ultveittjern og Holetjern, samt i referansesjøen Kalven. Mulige årsaker til redusert forekomst av kransalger er vurdert. For Holetjern kan årsaken være en kombinasjon av høye nitratkonsentrasjoner i vannmassene kombinert med vekst av trådformete grønnalger på sedimentoverflaten. Årsaken til at kransalgene i Ultveittjern er i forholdsvis dårlig forfatning kan være en kombinasjon av (økt?) humusinnhold sammen med forhøyet fosforinnhold i vannmassene.

Rapporten inneholder også et kapittel om forslag til videre arbeid.

Summary

Title: Action plan for high alkalinity lakes. Environmental requirements for *Chara* and *Potamogeton/Stuckenia* species.

Year: 2012

Author: Marit Mjelde, Anders Langangen, Hanne Edvardsen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6185-1

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Kalksjøer er kalkrike innsjøer og tjern med kalsiuminnhold større eller lik 20 mg Ca/l (DN 2011). Kalksjøene er delt inn i undertyper ut fra vannvegetasjonen (kransalger og karplanter).

Totalt 13 arter av kransalgene har kalksjøene som sitt hovedhabitat og de aller fleste av disse er rødlistearter (se tabell 1). *Tolypella canadensis* er bare funnet i Nord-Norge, i innsjøer med noe lavere kalsiuminnhold. De fleste av disse lokalitetene må imidlertid regnes som klare kalksjøer (Langangen, pers.obs.). Arten er derfor inkludert blant arter i kalksjøer.

Tabell 1. Kransalger i norske kalksjøer. Rødlistestatus: CR=kritisk truet, EN=sterkt truet, VU=sårbar og NT=nær truet (Kålås m.fl. 2010).

kortnavn	Latinske navn	Autor	Norske navn	RL2010
CHAR INT	<i>Chara aculeolata</i>	Kütz.	Piggkrans	NT
CHAR ASP	<i>Chara aspera</i>	Deth. ex Willd.	Bustkrans	NT
CHAR CON	<i>Chara contraria</i>	A. Br. ex Kütz.	Gråkrans	VU
CHAR VIR	<i>Chara virgata</i>	Ag.	Skjørkrans	-
CHAR GLO	<i>Chara globularis</i>	Thuill.	Vanlig kransalge	-
CHAR HIS	<i>Chara hispida</i>	L.	Bredtaggkrans	NT
CHAR POL	<i>Chara polyacantha</i>	A. Br.	Piggkrans	EN
CHAR RUD	<i>Chara rudis</i>	A.Br. ex Leonh.	Smaltaggkrans	EN
CHAR STR	<i>Chara strigosa</i>	A. Br.	Stivkrans	NT
CHAR TOM	<i>Chara tomentosa</i>	L.	Rødkrans	CR
CHAR VUL	<i>Chara vulgaris</i>	L.	Stinkkrans	EN
CHAR CUR	<i>Chara curta</i>	Nolte ex Kütz.	Knippebustkrans	CR
TOLY CAN	<i>Tolypella canadensis</i>	Sawa	Kanadaglattkrans	NT

Karplantene kan deles inn i 4 livsformgrupper: kortskuddsplanter (*isoetider*), langskuddsplanter (*elodeider*), flytebladsplanter (*nymphaeider*) og frittflytende planter (*lemnider*). I tillegg inkluderes kransalgene. I norske ferskvannslokaliteter er det totalt registrert 19 kransalger (Langangen 2007) og ca. 100 karplanter (inkl. viktige hybrider) (Mjelde m.fl. 2000). Karplantene er en viktig gruppe i kalksjøene og kan i enkelte lokaliteter eller regioner ha vel så store forekomster som kransalgene.

Ifølge DN (2011) er 11 karplanter som har kalksjøer som sitt vanligste habitat, og enkelte av disse ser ut til å forekomme nesten utelukkende i kalksjøer. Dette gjelder først og fremst blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), som bare er registrert i innsjøer med kalsium > 30 mg Ca/l. Også broddtjønnaks (*Potamogeton friesii*), akstusenblad (*Myriophyllum spicatum*), trådtjønnaks (*Stuckenia filiformis*), vasskrans (*Zannichellia palustris*) og sliretjønnaks (*Stuckenia vaginata*) ser ut til å være sterkest knyttet til kalkrike innsjøer. Totalt 5 av disse artene er rødlistede (se tabell 2).

Kalksjøer er en utvalgt naturtype, jfr. Naturmangfoldloven (MD 2009). Den utvalgte naturtypen er definert som: innsjøer med kalsiuminnhold ≥ 20 mg Ca/l og med forekomst av minst en av følgende arter; rødkrans (*Chara tomentosa*), smaltaggkrans (*C. rudis*), hårpiggkrans (*C. polyacantha*), stinkkrans (*C. vulgaris*), knippebustkrans (*C. curta*), gråkrans (*C. contraria*), blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), sliretjønnaks (*Stuckenia vaginata*), vasskrans (*Zannichellia palustris*), eller andre truede kalkkrevende plante- eller dyrearter.

Tabell 2. Norske karplanter med kalksjøer som hovedhabitat. Rødlisterstatus (Kålås m.fl. 2010): CR=kritisk truet, EN=sterkt truet, VU=sårbar og NT=nær truet.

kortnavn	Latinske navn	autor	Norske navn	RL2010
POTA LUC	<i>Potamogeton lucens</i>	L.	blanktjønnaks	VU
POTA FRI	<i>Potamogeton friesii</i>	Rupr.	broddtjønnaks	NT
MYRI SPI	<i>Myriophyllum spicatum</i>	L.	akstusenblad	-
STUC FIL	<i>Stuckenia filiformis</i>	(Pers) Börner	trådtjønnaks	-
CERA DEM	<i>Ceratophyllum demersum</i>	L.	hornblad	-
ZANN PAL	<i>Zannichellia palustris</i>	L.	vasskrans	EN
STUC PEC	<i>Stuckenia pectinata</i>	(L.)Börner	busttjønnaks	NT
STUC VAG	<i>Stuckenia vaginata</i>	(Turcz.) Holub	sliretjønnaks	VU
POTA PRA	<i>Potamogeton praelongus</i>	Wulfen	nøkketjønnaks	-
MYRI SIB	<i>Myriophyllum sibiricum</i>	Komarov.	kamtusenblad	-
POTA RUT	<i>Potamogeton rutilus</i>	Wolfg.	stivtjønnaks	NT

1.2 Formål

I flere kalksjøer er det betydelige miljøproblemer som følge av næringsstoffforurensning. Noen steder er det også mistanke om at økt brunfarge på innsjøer har gitt tilbakegang for kransalger. I arbeidet med forvaltnings- og tiltaksplaner for kalksjøer er det behov for å sette miljømål som vil kunne opprettholde, eventuelt gi grunnlag for reetablering av livskraftige bestander av de artene som er gått tilbake eller forsvunnet.

I denne sammenheng er det ønske om en utredning av miljøkravene til artene som inngår i utvalgt naturtype kalksjøer (jfr. NML § 52, MD 2009). Fokus vil derfor være på følgende arter:

- Kransalgene rødkrans (*Chara tomentosa*), smaltaggkrans (*C. rudis*), harpiggrans (*C. polyacantha*), stinkkrans (*C. vulgaris*), knippebustkrans (*C. curta*) og gråkrans (*C. contraria*),
- Karplantene blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), sliretjønnaks (*Stuckenia vaginata*) og vasskrans (*Zannichellia palustris*)

Dessuten prøve å vurdere årsakene til redusert forekomst eller utbredelse av kransalger i to utvalgte kalksjøer; Holetjern og Ultveittjern.

2. Materiale og metoder

2.1 Datamateriale

Nye registreringer 2010-2012

I tilknytning til Handlingsplanen for kalksjøer ble det i perioden 2010-2012 foretatt botaniske og vannkjemiske undersøkelser i en rekke kalksjøer, både nye lokaliteter og innsjøer som er undersøkt tidligere (Alvereng 2011; Arnesen m.fl. 2012; Langangen 2011a, b, c, d; Langangen 2012a, b; Mjelde 2011; Mjelde & Edvardsen 2012a, b, c; Mjelde m.fl. 2012a, b; Olsen & Klepsland 2012). I flere av disse undersøkelsene ble det også samlet inn data for siktedyp og nedre grense for vannvegetasjonen.

NIVAs database

Alle kalksjøer fra NIVAs database for vannvegetasjon er innhentet. I tillegg har vi stilt sammen litteraturdata for vannvegetasjon fra 1920-tallet og fram til i dag, hvorav 50 er kalksjøer.

Naturbase og Artskart

Naturbase er gjennomgått med tanke på eventuelle nye lokaliteter og supplerende artsdata. Vi har fokusert på naturtypen kalksjøer, og bare lokaliteter der vi er rimelig sikker på at kalkinnholdet er > 20 mg Ca/l, og som har en fullstendig undersøkelse av kransalge- og/eller karplantesamfunnet, er inkludert. Artskart i Artsdatabanken er sjekket med hensyn på nye lokaliteter.

2.2 Database for kalksjøer

Alle data for kalksjøer fra nye registreringer, NIVAs database, Naturbase og Artskart er lagt inn i en samlet database, sammen med tidligere data (jfr. statuslista 2010, unpubl.). Pr. november 2012 omfatter denne totalt 493 kalksjøer, men botaniske og vannkjemiske data foreligger for et noe mindre antall.

Enkelte av innsjøene er undersøkt flere år, slik at vi har botaniske data for totalt 671 innsjø-år, men vannkjemiske data er tildels mangelfulle. Det foreligger kalsium-data for 517 innsjø-år, mens data for de øvrige vannkjemiske parametrene, først og fremst farge, total nitrogen, totalt fosfor og siktedyp, er betraktelig færre. Tilgjengelige vannkjemiske parametre er vist i tabell 3.

Tabell 3. Tilgjengelige vannkjemiske data fra kalksjøene

	kalsium	farge	total nitrogen	total fosfor	siktedyp
antall innsjø-år	517	170	170	254	52

2.3 Litteraturgjennomgang

Det er foretatt innsamling og gjennomgang av litteratur for vannvegetasjon, med fokus på enkeltartene av *Chara* og *Potamogeton/Stuckenia* som inngår i utvalgt naturtype. Litteratursøket omfatter både internasjonal litteratur og sammenstilling av norsk litteratur (artikler, rapporter samt resultater fra naturtypekartlegging og andre liknende undersøkelser). Dataen fra litteraturen er benyttet ved vurdering av den enkelte arts forekomst/mengde og krav til ulike miljøforhold.

2.4 Case-study

Utvalgte innsjøer

For å få mer kunnskap om årsakssammenhenger har vi foretatt en grundigere undersøkelse av to utvalgte kalksjøer der det har skjedd en nedgang i kransalgebestandene; Holetjern (Vestre Toten) og Ultveittjern (Ringerike). Som referansesjø ble Kalven (Lunner) valgt.

Feltundersøkelser

For alle tre innsjøer ble det samlet inn vannprøver to ganger i løpet av sommersesongen; juli og september. Vannprøvene ble tatt som blandprøver fra 0-2m dyp ved et sentralt punkt i hver av innsjøene. Samtidig ble siktedyp målt. Prøvene er analysert med hensyn på kalsium, farge, total-fosfor, fosfat, total-nitrogen, nitrat og ammonium. I september ble oksygeninnhold, temperatur, konduktivitet, pH og turbiditet målt i hele vannsøylen ved bruk av CTD (YSI-sonde). Vannkjemisk tilstand er vurdert i henhold til Direktoratets gruppa Vanndirektivet 2009, se www.vannportalen.no. De vannkjemiske analysene ble foretatt av NIVAs kjemilaboratorium.

I alle innsjøene ble det, ved hjelp av en Limnos prøvetaker, hentet inn sedimentprøver både fra dypeste punkt og fra littoralsona. Fra innsjøenes dypeste punkt ble det tatt én prøve fra overflatesedimentet (0-2 cm). I littoralsona ble 3 prøver av overflatesedimentet (0-5 cm) slått sammen til én blandprøve. I Ultveittjern ble strandprøvene tatt på 2 m dyp ved nordøstre strand, i Kalven ble de tatt i nordøst på 2-2,5 m dyp, mens de i Holetjern ble tatt i øst på 2,5-3 m dyp. Alle sedimentprøvene er analysert på totalt fosfor, total nitrogen, tørrstoff og gløderest. Analysene er gjort av Eurofins AS.

Vannvegetasjon i de tre innsjøene ble undersøkt i 2011 og 2012. Registreringene ble foretatt i henhold til standard prosedyre; ved hjelp av vannkikkert og kasterive fra båt (jfr. Mjelde m.fl. 2010). Kvantifisering av vannvegetasjonen er gjort etter en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende.

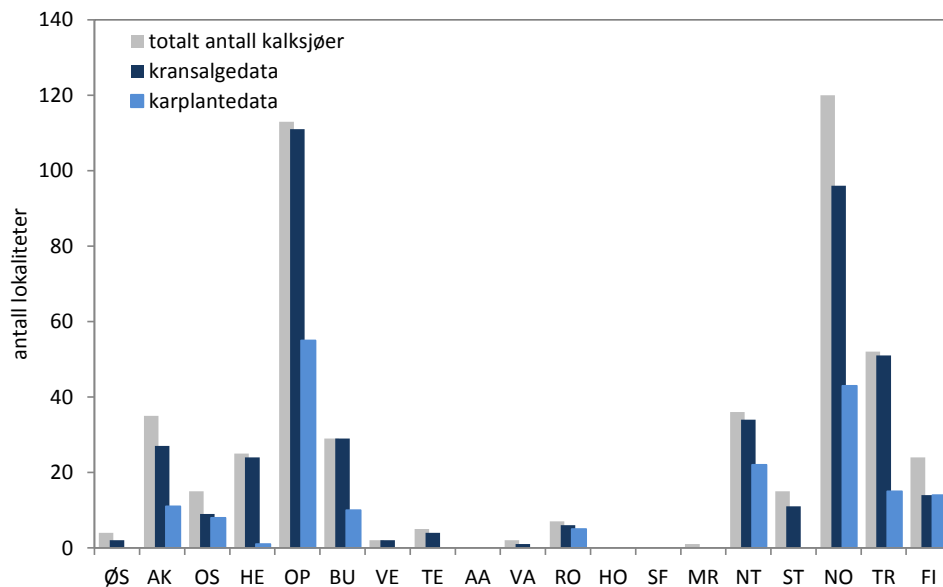
Vurdering av økologisk tilstand for vannvegetasjonen, inkl. kransalgene, er basert på klassifikasjonssystemet for ferskvann (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009). Vi har benyttet de nye interkalibrerte grenselinjene pr. des. 2011 (Mjelde, upubl.). Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstand ved registreringstidspunktet. Navnsettingen for karplantene følger Lid og Lid (2005), mens kransalgene er navngitt etter Langangen (2007).

3. Resultater og diskusjon

3.1 Datamaterialet

Pr 1. september 2012 er det registrert 493 kalksjøer i Norge, fordelt på 15 fylker. Størst antall kalksjøer er registrert på Østlandet, med Oppland som det viktigste fylket, og i Nord-Norge, hvor Nordland har klart størst antall (figur 1). Det er svært få kalksjøer på Sør- og Vestlandet, og vi har ikke registrert kalksjøer i Aust-Agder, Hordaland eller Sogn og Fjordane.

Kunnskap om botaniske forhold i kalksjøene varierer en del. Her har vi inkludert de lokalitetene hvor det er foretatt undersøkelser som har tatt sikte på å få en fullstendig oversikt over utbredelse og arts sammensetning av vannvegetasjonen i innsjøen. Lokalteter hvor enkeltarter er registrert eller hvor bare enkelte deler av lokaliteten er undersøkt, er ikke inkludert. Det foreligger data for forekomst og artssammensetning av kransalgevegetasjonen i de fleste kalksjøene, totalt 429 lokaliteter, mens kunnskap om forekomst og artssammensetning av karplanter bare foreligger for 192 kalksjøer (figur 1).



Figur 1. Totalt antall registrerte kalksjøer pr. 1. september 2012, fordelt på fylker, samt antall lokaliteter hvor det foreligger data for kransalger (429) og karplanter (192) (bare inkludert de lokalitetene hvor man antar at hele artsinventaret innenfor de to gruppene er undersøkt).

Forekomst av øvrige vannbotaniske gruppene i kalksjøer, vannmoser, planteplankton og begroingsalger, vet vi lite om. Også kunnskapen om zoologiske grupper i kalksjøer er svært variabel, og vi har ikke foretatt noen sammenstilling av disse.

3.2 Kalksjøer

Berggrunnen i Norge er dominert av harde bergarter som avgir lite ioner til vann. De fleste norske innsjøene har derfor generelt lavt innhold av kalsium, og kalksjøer er derfor en sjelden naturtype. Store innsjøer har som regel et stort nedbørfelt, så selv om en stor innsjø ligger på kalkrik berggrunn vil den som regel også ha store tilførsler av mer kalkfattig vann. Det er derfor begrenset hvor stor en kalksjø kan være, og den typiske kalksjøen er liten, med et midlere areal på 0,23 km².

Norges største registrerte kalksjø er Flatningen i Vågå kommune, som har et innsjøareal på 2,38 km². I alt er det bare registrert 8 kalksjøer med areal > 1 km² (tabell 4).

Tabell 4. De største åtte kalksjøene i Norge.

fylke	kommune	innsjø	Areal (km2)
OP	Vågå	Flatningen	2,38
TR	Tranøy	Storvatn	2,26
NT	Steinkjer	Lømsen	2,17
TR	Skånland	Blåfjellvatn	1,56
NO	Evenes	Lavangsvatn	1,55
OP	Gran	Jarenavatn	1,45
AK	Ås	Årungen	1,20
VA	Kristiansand	Gillsvatn	1,15

Flere av de største kalksjøene har imidlertid et kalsiuminnhold så vidt over 20 mg/l, noen år i underkant av dette. Jarenavatn (Oppland) er den eneste av de store kalksjøene som har et kalsiuminnhold større enn 50 mg Ca/l.

Alle de mest kalkrike innsjøene er små, med areal mindre enn 0,1 km². Den mest kalkrike lokaliteten som er registrert er en dam i Verdalsraset, mens den mest kalkrike innsjøen i Norge er Frognertjernet. Denne forekomsten har vært kjent lenge, og er bl.a. omtalt av Økland & Økland (1998). Totalt 13 kalksjøer har kalsium-innhold på >100 mg Ca/l (tabell 5).

Tabell 5. De mest kalkrike kalksjøene i Norge.

Fylke	Kommune	Lokalitet	areal	kalsium mg Ca/l	analyse-år
NT	Verdal	Verdalsraset- Dam ved Ugla 4	<0.005	182,6	2011
HE	Hamar	Frognertjern	0,0216	156,0	2007
NT	Verdal	Verdalsraset- Prestmodammen	<0.005	122,6	2011
OP	Gran	Blinkeputten	0,0049	120,0	2007
OP	Gran	Tuvstjern	0,0133	120,0	2007
OP	Lunner	Karussputten	0,0164	115,0	2011
OP	Gran	Vesletjern (N)	0,011	110,0	2007
OP	Gran	Vesletjern (S)	0,0282	110,0	2007
BU	Kongsberg	Spiketjern	0,0033	104,1	2011
OP	Jevnaker	Hallomtjern	0,0645	104,0	2011
OP	Gran	Bergstjern	0,0416	102,0	2011
OP	Gran	Bildestuputten	0,0037	100,0	2007
OP	Gran	Breidtjernet	0,0666	100,0	2007

Flere av kalksjøene er påvirket av eutrofiering, og vegetasjonen er dermed i dårlig tilstand. I flere lokaliteter antar vi at arter er forsvunnet på grunn av forurensning.

Totalt areal for kalksjøer i Norge anslås til rundt 57 km². Det begrensede arealet, i tillegg til at de er særlig utsatt for eutrofiering, er viktige årsaker til at naturtypen er rødlistet (Mjelde 2011).

3.3 Vannkjemiske forhold

Bare innsjøer med kalsiuminnhold på mer enn 20 mg Ca/l er definert som kalksjøer og inkludert her. Imidlertid er det for noen av innsjøene enkelte år målt noe lavere kalsium. Kalsiuminnholdet varierer mellom 14,8 og 182,6 mg Ca/l (tabell 6). Fargen viser at både klare og humøse lokaliteter er inkludert, til dels svært humøse lokaliteter. De mest humøse innsjøene (> 90 mg Pt/l) ligger i jordbruksområder i

Hedmark og Nord-Trøndelag, samt mindre innsjøer i Nordland, som har mye vannvegetasjon eller er myrpåvirket.

Det er store variasjoner også i næringsinnholdet; alt fra ultraoligotrofe til hypereutrofe kalksjøer. Lokalitetene med det høyeste nitrogeninnholdet er vanningsdammer og andre dammer og tjern i jordbrukslandskapet på Hedmark, mens lokalitetene med høyest fosfor ligger i tettbygd strøk i Oslo-området og i Rogaland.

Tabell 6. Karakteristisk vannkjemi for norske kalksjøer

	kalsium	farge	total nitrogen	total fosfor	siktedyp
middel	42,3	25,5	737	35,2	5,5
median	36,5	17	360	13,5	4,5
min	14,8	1	15	2	0,1
max	182,6	197	7300	961	16
antall innsjø-år	517	170	170	254	52

3.4 Vannvegetasjonen

Det er et stort antall vannplanter som er registrert i norske kalksjøer, totalt 82 arter, hvorav 14 kransalger og 68 karplanter. Imidlertid er vegetasjonen svært heterogen og bare 15 arter forekommer i mer enn 10 % av kalksjøene (se tabell 7). Antall arter pr lokalitet varierer mellom 0 og 25. Høyest artsantall finnes som regel i de største eller middels store kalksjøene.

Tabell 7. De vanligste vannplantene i norske kalksjøer (% av totalt antall innsjø-år).

Art	Forekomst %
<i>Potamogeton natans</i>	24,4
<i>Chara contraria</i>	23,8
<i>Chara rudis + hispida</i>	17,1
<i>Stuckenia filiformis</i>	16,8
<i>Chara virgata</i>	16,4
<i>Chara strigosa</i>	14,9
<i>Chara aspera</i>	14,8
<i>Hippuris vulgaris</i>	14,8
<i>Nymphaea alba</i>	14,2
<i>Nuphar lutea</i>	13,9
<i>Potamogeton alpinus</i>	13,7
<i>Chara globularis</i>	12,8
<i>Potamogeton praelongus</i>	10,7
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	10,6
<i>Potamogeton gramineus</i>	10,1

Økologisk tilstand

Trofi-indeksen for vannplanter er regnet ut for de innsjøene der karplante- og kransalgevegetasjonen er fullgodt undersøkt, totalt 179 innsjøer (240 innsjø-år). Tilstanden for vannvegetasjonen er moderat eller dårligere i 70 innsjøer, dvs. ca. 40 % av de undersøkte innsjøene (resultatet ikke vist her), noe som betyr at det ifølge vanddirektivet bør settes inn tiltak (Direktoratsgruppa vanddirektivet 2009).

3.5 Viktige faktorer for forekomst og utbredelse

Chara-artene deles ofte inn i store arter (med ekstra bred stengel, > 1 mm) og små arter (med tynn stengel, ca. 0,5 mm) (Langangen 2004, Blindow 1992). Kransalger finnes fra helt grunt vann og ut til forholdsvis dypt vann (f.eks. *Chara contraria* ned til 11 m i Seglvannet, Gildeskål). De store artene, *C. tomentosa*, *C. hispida*, *C. rudis*, *C. polyacantha* og *C. aculeolata*, forekommer først og fremst på noe dypere vann, 1-2 m, der de ofte danner større bestander. Imidlertid finnes enkeltindivider også på helt grunt vann. De små artene *C. contraria*, *C. vulgaris*, *C. aspera*, *C. globularis*, *C. virgata* og *C. strigosa* finner man som regel på grunt vann hvor de har mindre konkurranse fra de større artene. I lokaliteter med dårlig vannkvalitet, eventuelt dårlig lysforhold, kan kransalgene bli helt borte, slik det for eksempel er observert i de mest eutrofe innsjøene i Sverige (Blindow 1992). For de artene som vokser på grunt vann spiller lysforholdene mindre rolle, men her er det større utfordringer i forbindelse med vannstandsvariasjoner, bølgeslag og islegging om vinteren. Derfor har også slike arter en ettårig syklus, i motsetning til de som vokser dypere, som ofte har en flerårig syklus.

De vanligste karplantene i kalksjøer er elodeider (langskuddsplanter) og nymphaeider (flytebladsplanter). Den elodeiden som forekommer hyppigst er trådtjønnaks (*Stuckenia filiformis*). Dette er en liten art som stort sett bare finnes på grunt vann. Det samme gjelder for vasskrans (*Zannichellia palustre*). De øvrige elodeidene er mer langstrakte, kan bli flere meter lange, og vokster på noe dypere vann. Alle nymphaeidene har kraftige røtter og store flyteblad.

Kransalgene overvintrer enten som grønne planter eller ved hjelp av oosporer (Blindow 1992). Oosporene er ypperlige spredningsenheter. I tillegg spres plantene ved fragmentering (Langangen 2007) og rotbulbiller. Kransalgene spres også med vadefugler som har disse algene som en del av sin ernæring. I de små kalkpyttene på Hvaler i Østfold, er det funnet grønn avføring fra gjess på en lokalitet som var full av rester etter kransalger (Langangen, pers.med.).

Spredningsenheter hos de vanligste karplantene i kalksjøene er frø og turioner. Flere av vannplantene overvintrer ved hjelp av vinterknopper (turioner), enten knyttet til røttene (trådtjønnaks, busttjønnaks), til skuddspissen (broddtjønnaks) eller sidestilt på stengelen (vasspest). Disse overvintringsorganene kan også fungere som spredningsenheter, men det er sannsynligvis bare turionene knyttet til røttene som kan overleve etter å ha vært gjennom tarmen på fugler, dvs. bare disse som kan spres med fugl.

Substratet i de mindre kalkrike innsjøene er ofte dominert av løs kalkmergel eller kalkgrytje, og de mest kravfulle kransalgene vokser nesten utelukkende på dette sedimentet (Langangen 1974). De fleste karplantene foretrekker fastere substrat, helst finkornet sediment (silt-sand).

Ifølge Andrews (1987) kan kransalgene ta opp fosfor og nitrogen både fra vann via skudd/blader og fra sedimentet via rhizoidene. Selv om skuddopptaket av fosfor er større enn rhizoid-opptaket (Box 1987), kan kransalgene vokse raskt bare på fosfor-opptak via røttene (Wüstenberg et al 2011). Nitrogen fra sedimentet er stort sett i form av NH_4 , mens NO_3 tas fra vannet (Vermeer et al 2003). NH_4 -opptak er mindre energikrevende enn NO_3 fordi inkorporering av NH_4 i aminosyrene krever mindre fri energi enn for NO_3 (Syrett 1981, referert i Vermeer et al 2003). De fleste andre langskuddsplanter (elodeidene), som forekommer i kalksjøer, tar opp fosfor og nitrogen både via skudd og røtter.

Kransalgene bruker HCO_3 som karbonkilde. Flere av artene, bl.a. de storvokste *C. tomentosa*, *C. aculeolata*, *C. rudis* og *C. polyacantha*, men også *C. contraria*, ser ut til å ha sin største forekomst i svært kalkrike innsjøer (> 40 mg Ca/l), de to førstnevnte utelukkende i slike innsjøer. De små artene *C. aspera*, *C. vulgaris*, *C. strigosa*, *C. virgata* og *C. globularis*, har størst forekomst i noe mindre kalkrike innsjøer. *Chara globularis* er den vanligste av *Chara*-artene og er registrert i forskjellige innsjøtyper, også i mer kalkfattige innsjøer, ned til 3-4 mg Ca/l.

Karplantene benytter ulike karbonkilder; vann, luft og sediment, og har ulike opptaksmekanismer og tilpasninger (Madsen & Sand-Jensen 1991, Brouwer et al. 2002). Artenes tilpasning til ulike karbonkilder er en viktig styrende faktor for hvilke arter som finnes i kalksjøene. I kalksjøer foreligger mesteparten av karbonet som HCO_3^- , og de fleste undervannsplantene som lever i kalkrike innsjøer benytter HCO_3^- som karbonkilde. Flytebladsplantene og frittflytende planter som bruker CO_2 fra luften kan også forekomme i kalksjøer. Arter som bruker CO_2 fra sediment og vann vil ha problemer og er sjeldne i kalksjøer. Utnyttelse av HCO_3^- istedenfor CO_2 fører til frigivelse av OH^- ioner fra cellene, og dannelse av kalsiumkarbonat (CaCO_3). Kalkutfelling på bladene kan være problematisk og krever muligens tjukke og sterke stengler. Dette kan være en av årsakene til at bare et fåtall karplanter kan leve i de mest kalkrike innsjøene.

Konkurransen om viktige stoffer, som bikarbonat og næringssalter, forekommer (f. eks. van den Berg et al 2002, Hidding et al 2010), men slike konkurranseforhold er komplekse, blant annet avhengig av hvilke arter som dominerer, hvor stor biomasse og hvilke egenskaper disse artene har.

Tilførsler fra jordbruk og/eller bebyggelse fører til økte mengder av både fosfor og nitrogen i vannmassene, og eutrofieringen gir økt planteplanktonbiomasse og dårlige lysforhold for kransalger og karplanter som lever på bunnen. Kortvokste arter påvirkes sterkere enn langvokste arter som kan vokse opp mot og i overflata. Arter som kan vokse i strandsona påvirkes mindre enn arter som er knyttet til dypere vann.

Stor planteplanktonbiomasse vil forbruke nitraten i sommerhalvåret. I eutrofe innsjøer kan derfor nitrat-innholdet sommerstid være svært lavt, og kransalgene vil kunne påvirkes negativt på grunn av mangel på NO_3^- , i tillegg til dårlige lysforhold (pga. algebiomassen).

I vekstforsøk fant Lambert & Davy (2010) at relativ vekstrate hos *Chara globularis* var størst ved nitratkonsentrasjoner på 0,5 mg NO_3^-/l , mens konsentrasjoner over 0,5 mg/l resulterte i en lineær reduksjon i vekstraten. Ved konsentrasjoner over ca. 2 mg/l forsvant kransalgene. Barker et al (2008) fant at kransalgeveksten ble redusert når tilførselene oversteg 1 mg NO_3^-/l . Man mente at årsaken til vekstnedgangen kunne være at akkumulering av nitrat i cellene fører til forbruk av energi (Lambert & Davy 2010). Basert på disse undersøkelsene ser det ut til at nitrogeninnholdet (i form av nitrat) kan være en viktig faktor for forekomst og mengde av kransalger, i hvert fall i enkelte innsjøtyper. James et al (2005) fant en klar sammenheng mellom nitratkonsentrasjonen om vinteren (som mål på mengde tilgjengelig nitrat for kommende vekstsesong) og totalt antall arter i vannvegetasjonen i grunne innsjøer. Akseptabel diversitet i plantesamfunnet ble bare registrert ved nitrat < 1-2 mg NO_3^-/l .

Også innsjøer som ligger i områder uten eller med liten påvirkning fra jordbruk og bebyggelse kan få økt tilførsel av nitrogen. Grøfting av myrer gir økt avrenning av organisk nitrogen og dermed økt nitrat i vannmassene. Steinbrudd/kalkbrudd, hvor man bruker sprengstoff (f.eks. nitroglyserin) for å løsrive og knuse stein, vil kunne gi økt innhold av nitrat i vannmassene i nærliggende innsjøer. Andre sprengningsaktiviteter i nedbørfeltet (f.eks. veiutbygging) kan også medføre økt nitrat i innsjøen. I tillegg vil deponisjon av langtransportert nitrogen, samt økende avrenning fra nedbørfeltene, på grunn av endret klima, føre til økt nitratkonsentrasjon i vannmassene.

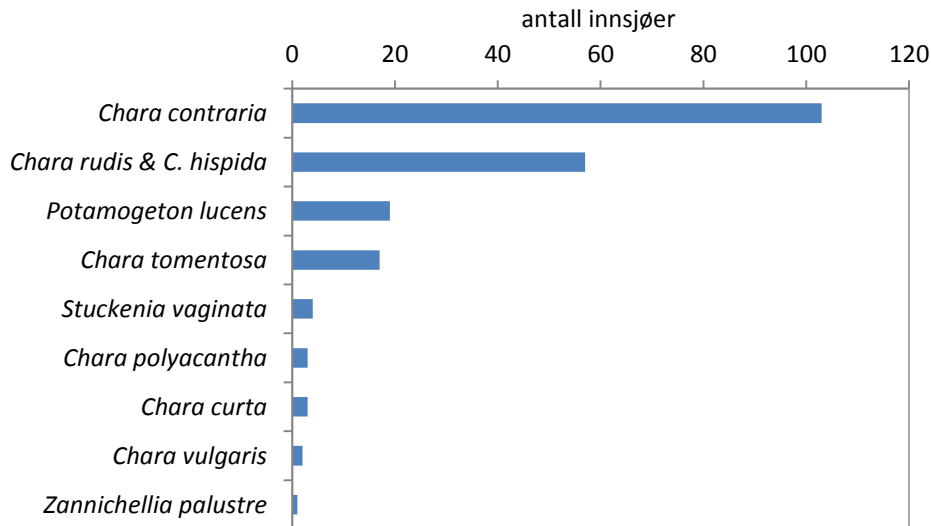
Høy nitratkonsentrasjon vil kanskje skape størst problemer for kransalgene i innsjøer med lavt fosforinnhold. Lavt fosfor vil begrense planteplanktonbiomassen og dermed blir forbruket av nitrat lite.

Høye nitrogentilførselene i klare innsjøer der det er tilstrekkelig lys på sedimentoverflaten kan føre til en oppblomstring av nitrofile begroingsalger som kan hindre utvikling av vannplanter gjennom begrensning av plass, lys og karbon (James et al 2005).

3.6 Arter i utvalgt naturtype

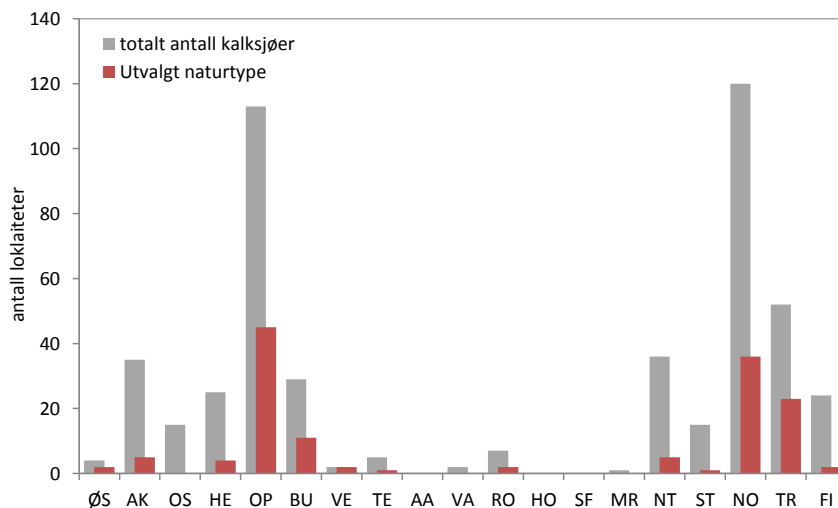
Hovedfokuset i denne undersøkelsen er på de artene som inngår i utvalgt naturtype (se kap.1.2). Vi har valgt å slå sammen *Chara rudis* med *C. hispida* da det er mulig at dette er samme art (Urbaniak 2010).

De utvalgte artene er alle rødlistearter innenfor kategoriene CR (kritisk truet), EN (sterkt truet) og VU (sårbar) og har sitt hovedhabitat i kalksjøer. Flere av disse er svært sjeldne, og bare 4 av artene, *Chara contraria*, *Chara rudis-hispida*, *Chara tomentosa* og *Potamogeton lucens*, forekommer i mer enn 10 innsjøer, mens 5 av artene forekommer i 1-4 innsjøer (figur 2).



Figur 2. Antall innsjøer med forekomst av artene som inngår i utvalgt naturtype.

Totalt er det pr oktober 2012 registrert 493 kalksjøer i Norge. Basert på forekomst av artene nevnt ovenfor vil 139 av disse oppfylle kriteriene til utvalgt naturtype. Flest lokaliteter av utvalgt naturtype er registrert i Oppland og Nordland (figur 3).



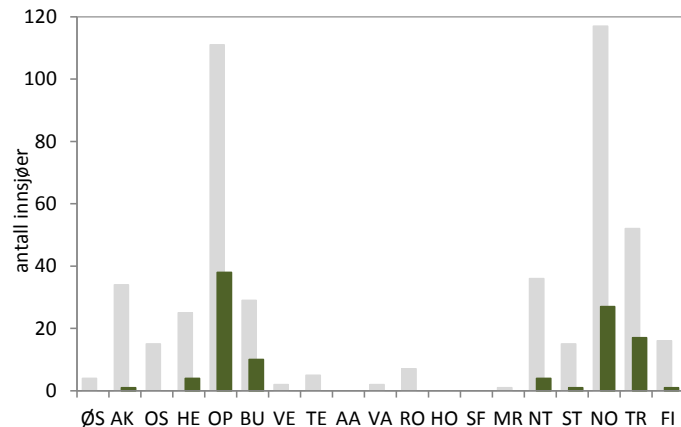
Figur 3. Antall utvalgt naturtype i hvert fylke.

Chara contraria – gråkrans

Chara contraria er en av de små kransalgene og har både ettårige og flerårige former (Langangen 1974). Den vokser som regel på helt grunt vann, men er registrert ned til 11 m (Langangen & Breivik 2010). Arten er som regel rikt fruktifiserende og har ofte store mengder modne oosporer.

Fylkesforekomst

Chara contraria er registrert i totalt 103 innsjøer; hvorav 53 på Østlandet (Akershus, Hedmark, Oppland og Buskerud), 5 i Trøndelag og 45 i Nord-Norge (figur 4).



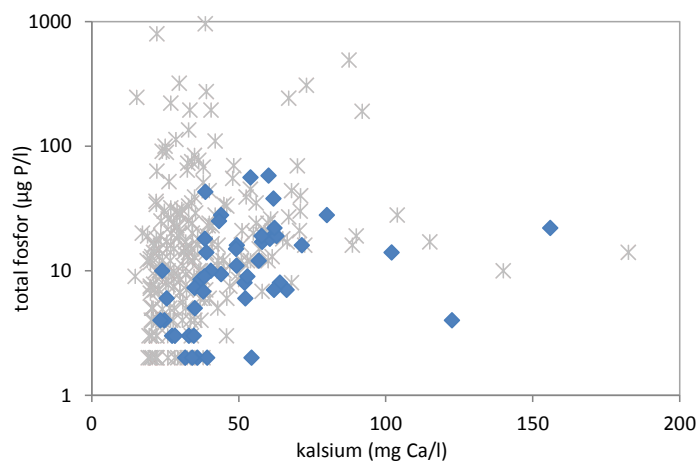
Figur 4. *Chara contraria* (foto: A. Langangen). Til høyre: Artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Chara contraria er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra <20 til 156 mg Ca/l.

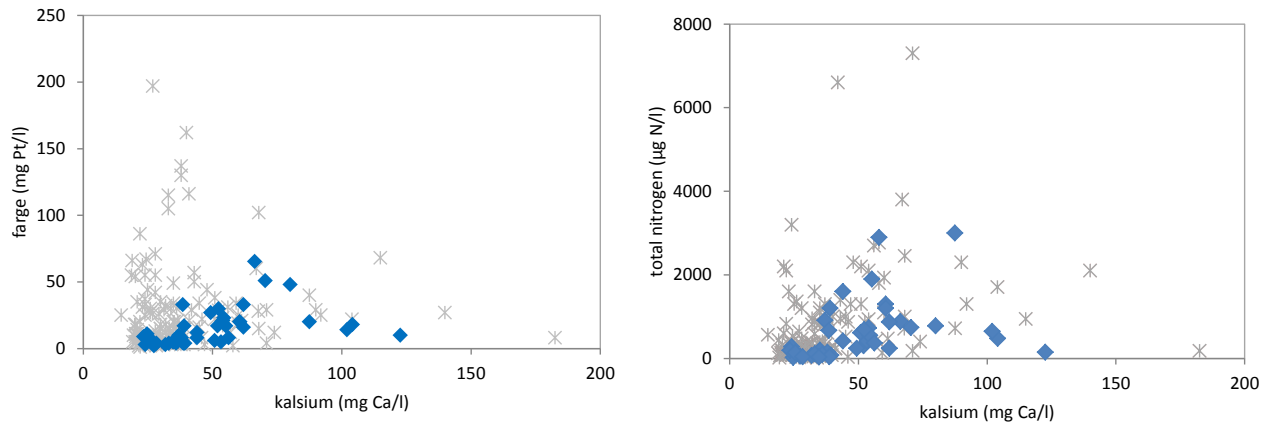
Dette er en av de små kransalgene som vokser på grunt vann. Arten kan derfor også vokse i eutrofe innsjøer med dårlige lysforhold, så fremt det er åpne strandsoner uten helofyttvegetasjon (figur 5).

Arten finnes i innsjøer med farge opp til 65 mg Pt/l (figur 6), men bare registrert som vanlig i én humøs innsjø. Forøvrig forekommer den bare sjelden eller spredt i humøse innsjøer. Bestander er bare registrert ved farge < 20 mg Pt/l.



Figur 5. Forekomst av *Chara contraria* i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Chara contraria forekommer stort sett i innsjøer med total nitrogen mindre enn 2 mg N/l, unntatt i Jarenavatn hvor den er vanlig, men ikke danner bestander, ved total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 6).



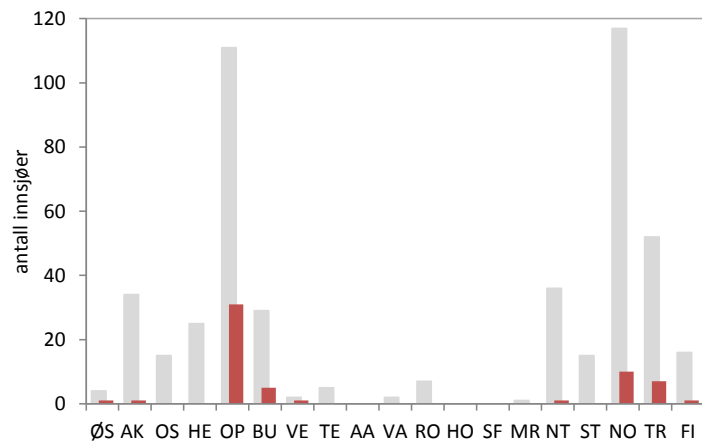
Figur 6. Forekomst av *Chara contraria* i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Chara rudis & *C. hispida* – smaltaggkrans & bredtaggkrans

Chara rudis og *C. hispida* er muligens en og samme art (Urbaniak 2010) og behandles derfor sammen her. Begge artene har både ettårige og flerårige former. De ettårige formene finnes som regel på grunt vann mens de flerårige vokser på dypere vann (Langangen 1974). Dette er en storvokst art som helst vokser på noe dypere vann. I Mysutjern (Kongsberg) er den registrert ned til 9 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Chara rudis og *C. hispida* er registrert i totalt 58 innsjøer; hvorav 39 på Østlandet (Østfold, Akershus, Oppland, Buskerud og Vestfold), 1 innsjø i Trøndelag og 18 i Nord-Norge (figur 7). Forekomstene på Østlandet er bestemt til *C. rudis*, mens de fleste i Nord-Norge foreløpig er bestemt til *C. hispida*. Forekomsten i Trøndelag ser ut som en mellomform.



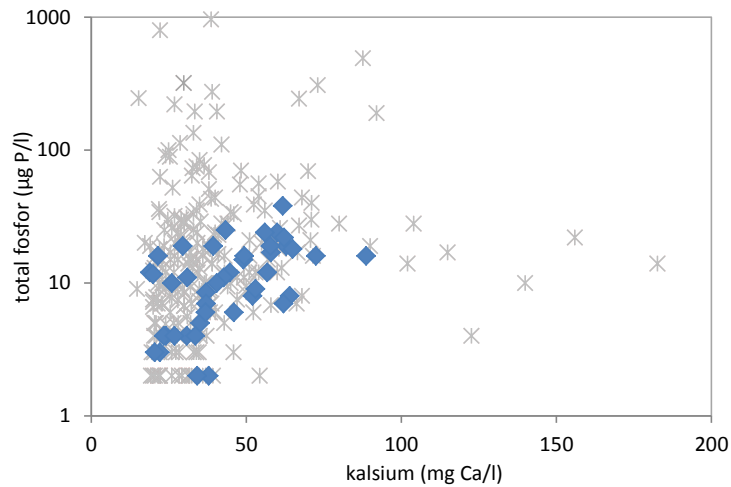
Figur 7. *Chara rudis*-*C. hispida* (foto: A. Langangen). Til høyre: artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Chara rudis og *C. hispida* er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 20 til 156 mg Ca/l.

Dette er store kransalger som man vanligvis finner best utviklet på noe dypere vann, men spredte eksemplarer av arten finnes på grunt vann flere steder, bl.a. i kalksjøene på Kongsberg og Hvaler.

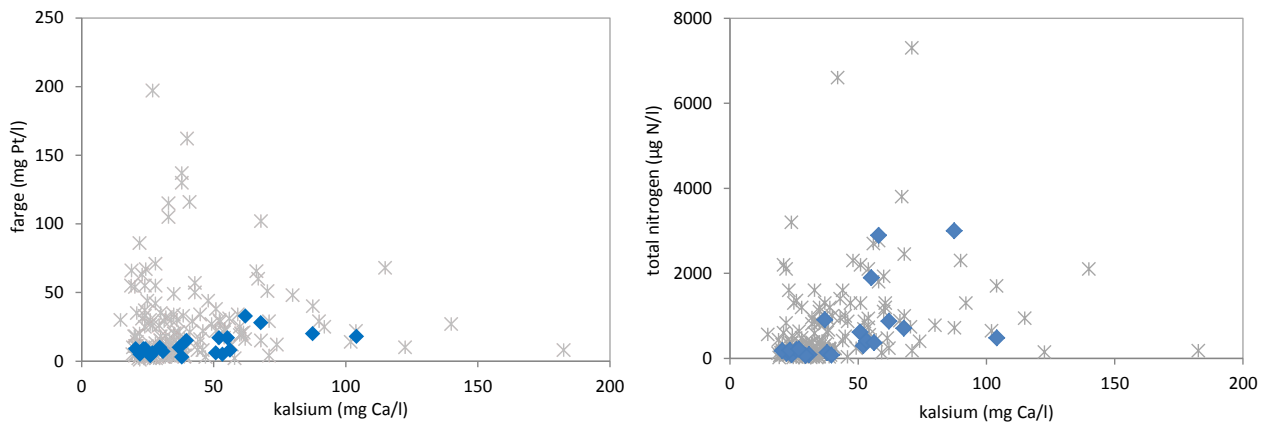
Artene er sporadisk registrert i innsjøer med fosfor opp til 38 µg P/l (figur 8), men danner bestander bare i innsjøer med fosfor mindre enn 25 µg P/l.



Figur 8. Forekomst av *Chara rudis* og *C. hispida* i forhold kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Artene finnes nesten utelukkende i klare innsjøer, vi har bare én registrering i humøse innsjøer, med farge 32 mg Pt/l (figur 9). Imidlertid finnes rike forekomster av *C. hispida* på grunt vann i svært humøse pytter på Asmaløy, Hvaler (Langangen, under utarb.).

Chara rudis og *C. hispida* forekommer stort sett i innsjøer med total nitrogen mindre enn 2 mg N/l, unntatt i Jarevatn hvor den er relativt vanlig, men ikke danner bestander, ved total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 9).



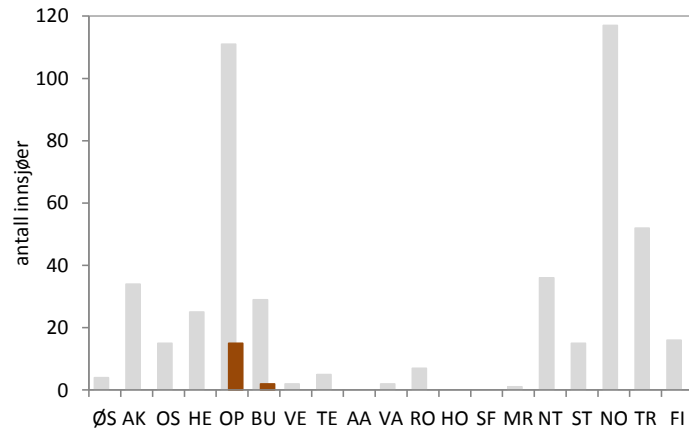
Figur 9. Forekomst av *Chara rudis* & *C. hispida* i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

***Chara tomentosa* – rødkrans**

Chara tomentosa er en av de store artene og har både ettårige og flerårige former. De ettårige formene finnes som regel på grunt vann mens de flerårige vokser på dypere vann (Langangen 1974). Arten danner ofte tette bestander ned til 2-3 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Chara tomentosa finnes bare på Østlandet, hvor den er registrert i 15 innsjøer i Oppland og 2 i Buskerud (figur 10).

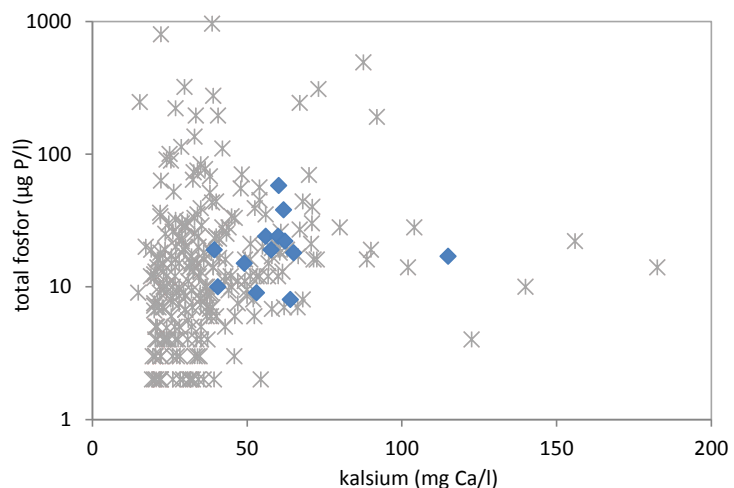


Figur 10. *Chara tomentosa* (foto: A. Langangen). Til høyre: Artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Chara tomentosa er en sjelden art og vannkjemiske data for arten er sparsomme. Arten er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 40 til 115 mg Ca/l.

Dette er en av de store kransalgene, og finnes i Norge helst på grunt vann. Den antas derfor å være mindre følsom ovenfor dårlige lysforhold enn f.eks. *C. rudis*. Arten er registrert som vanlig i innsjøer med total fosfor opp til nesten 60 µg P/l (figur 11), men forekommer her bare på helt grunt vann, 0,2-0,6 m dyp. Den danner ikke store bestander i noen av de undersøkte innsjøene.



Figur 11. Forekomst av *Chara tomentosa* i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

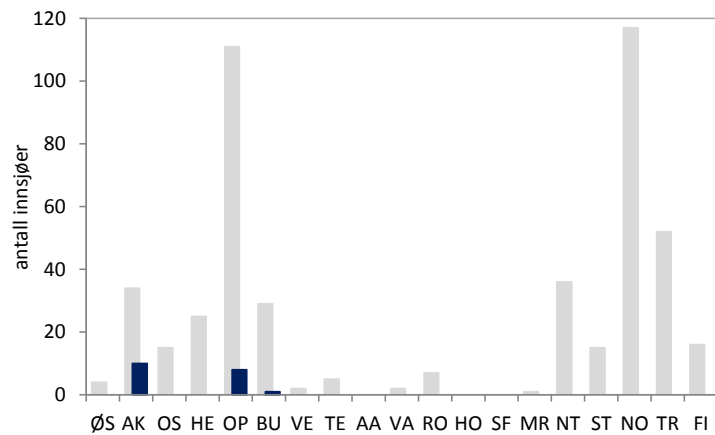
Artens forekomst i forhold til farge og total nitrogen er ikke foretatt på grunn av manglende data.

Potamogeton lucens - blanktjønnaks

Potamogeton lucens er en av de største *Potamogeton*-artene i Norge og kan bli 2-3 m lang. Den har bare undervannsblad, flyteblad mangler. Arten står oftest på noe dypere vann (>1 m dyp) og kan være vanskelig å få øye på fra land.

Fylkesforekomst

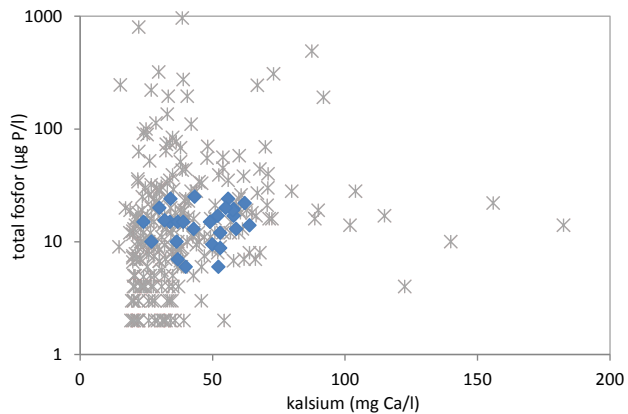
Potamogeton lucens finnes bare på Østlandet; og er registrert i 10 innsjøer i Akershus, 8 innsjøer i Oppland og 1 innsjø i Buskerud (figur 12).



Figur 12. *Potamogeton lucens* (foto: B. Faafeng). Til høyre: Artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

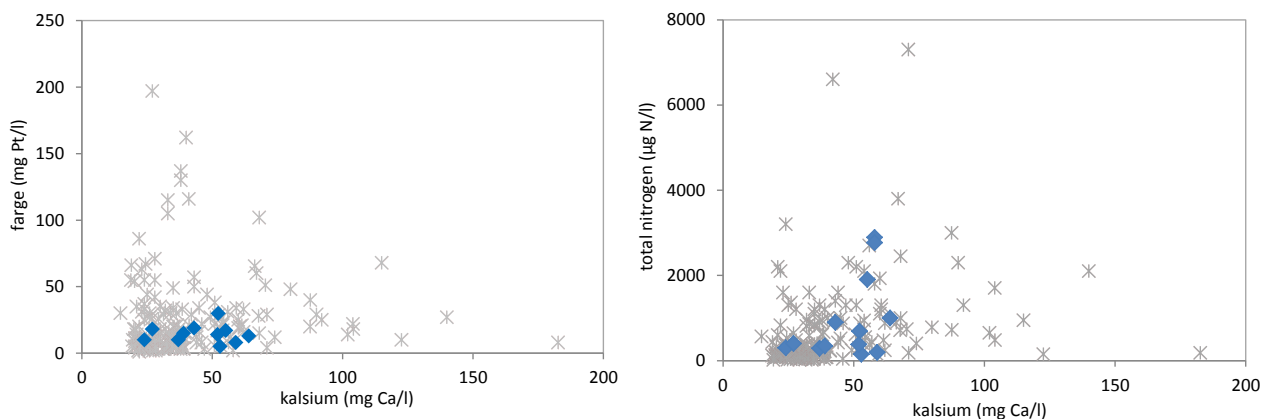
Arten er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 30 til 62 mg Ca/l (figur 13). Arten ser ut til å være mindre følsom ovenfor dårlige lysforhold enn *Chara*-artene, noe som sannsynligvis skyldes den langvokste vokseformen. Imidlertid er den bare registrert i innsjøer med total fosfor opp til 24 µg P/l (figur 13).



Figur 13. Forekomst av *Potamogeton lucens* i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Potamogeton lucens er utelukkende funnet i klare innsjøer (farge <30 mg Pt/l) (figur 14).

Den finnes først og fremst i innsjøer med total nitrogen mindre enn 1 mg N/l, unntatt i Jarevatn og Elgsjøen hvor den er vanlig, men ikke danner bestander, ved total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 14).



Figur 14. Forekomst av *Potamogeton lucens* i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Stuckenia vaginata - sliretjønnaks

Stuckenia vaginata er en langskuddsplante som kan bli 2-3 m lang og vokser fortrinnsvis på dypere vann. På samme måte som *S. pectinata* antar vi at den kan danne skudd som kan danne matter i overflata.

Fylkesforekomst

Stuckenia vaginata er svært sjelden og finnes bare i Nord-Norge, registrert i 3 innsjøer i Nordland og 1 innsjø i Troms.



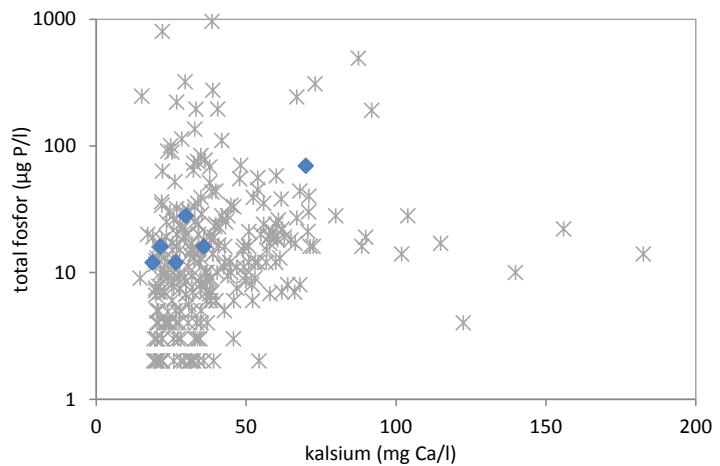
Foto: M. Mjelde

Vannkjemiske forhold

Arten er registrert i innsjøer med kalsium 19-36 mg Ca/l (figur 15). Dessuten er den registrert ved 70 mg Ca/l i Ytrevatn i Brønnøy. Denne innsjøen er muligens påvirket av brakkvann.

Arten er stort sett registrert i innsjøer med total fosfor 12-30 µg P/l, unntatt i Ytrevatn hvor total-P er 70 µg P/l.

Vurdering av artens forekomst i forhold til farge og total nitrogen kan ikke foretas på grunn av manglende data.



Figur 15. Forekomst av *Stuckenia vaginata* i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Chara curta - knippebustkrans

Chara curta er en liten art som står meget nær *C. aspera*. I Norge er denne arten bare funnet på grunt vann (Langangen 2008, 2010).

Fylkesforekomst

Chara curta finnes bare på Østlandet; 2 innsjøer i Oppland og 1 i Buskerud.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total fosfor, total nitrogen eller farge. Den er registrert i innsjøer med kalsium 32-40 mg Ca/l.

Foto: A. Langangen



***Chara polyacantha* - hårpiggkrans**

Chara polyacantha er en flerårig art. Den er en av de store artene, men vokser stort sett bare ned til 1 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Chara polyacantha finnes bare 2 innsjøer i Vestfold og 1 innsjø i Rogaland.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total fosfor, total nitrogen eller farge. Den er registrert i innsjøer med kalsium 34-50 mg Ca/l.

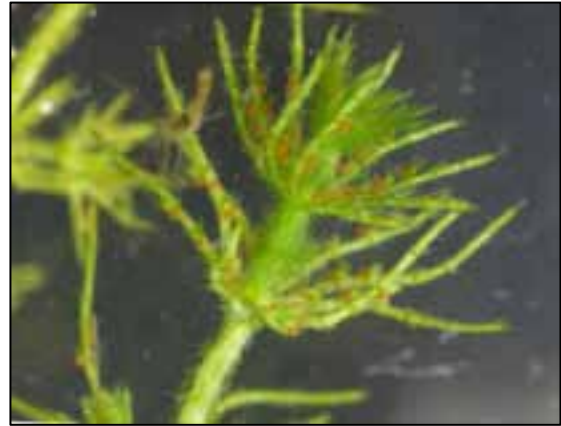


Foto: A. Langangen

***Chara vulgaris* - stinkkrans**

Foto: A. Langangen

Chara vulgaris er en art som har både ettårige og flerårige former. Arten vokser på grunt vann ned til 1 m dyp. Den er ofte riktig fertil med modne oosporer fra juli (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Chara vulgaris var bare registrert i 1 innsjø i Østfold og 1 i Telemark, men ble i 2012 funnet på flere lokaliteter i begge fylkene (Langangen, under utarb.).

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total fosfor, total nitrogen eller farge. Den er registrert i innsjøer med kalsium 48-60 mg Ca/l. Muligens er disse lokalitetene noe brakkvannspåvirket, men klorid- eller salinitetsdata foreligger ikke.

***Zannichellia palustre* - vasskrans**

Zannichellia palustre er en flerårig kortvokst langskuddsplante, som helst vokser på grunt vann. I Norge er den sjelden i ferskvann, men noe vanligere i brakkvann.

Fylkesforekomst

Zannichellia palustre finnes bare i 1 innsjø i Rogaland.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total nitrogen eller farge. Den er registrert i én innsjø med kalsium 29 mg Ca/l og total fosfor på 113 µg P/l.



Foto: www.korseby.net

3.7 Case-study

3.7.1 Generell beskrivelse av innsjøene

For å få mer kunnskap om årsakssammenhenger har vi foretatt en grundigere undersøkelse av to utvalgte kalksjøer der det har skjedd en nedgang i kransalgebestandene; Holetjern i Vestre Toten og Ultveittjern på Ringerike. Som referansesjø ble Kalven i Lunner kommune valgt (tabell 8).

Tabell 8. Kalksjøer som ble spesielt undersøkt i 2012

Fylke og kommune	Innsjø	NVE-nr	koordinater		høyde over havet (m)	innsjøareal (km ²)
			utm_ov	utm_ns		
OP Vestre Toten	Holetjern	4544	262777	6732840	369	0,0543
OP Lunner	Kalven	4921	257192	6688979	484	0,0298
BU Ringerike	Ultveittjern	5070	241155	6676857	158	0,054

3.7.2 Aktiviteter i nedbørfeltene

Store deler av Holetjerns nedbørfelt består av skogsområder, med et mindre areal med dyrka mark og beite, først og fremst i nord, samt et boligområde i øst. Ved nordvestre og østre bredd finnes mindre myrområder. I tillegg finnes flere kalkbrudd i nedbørfeltet. Det største kalkbruddet ligger ca 300 meter nordvest for innsjøen. Innsjøen er kommunal badeplass. Ultveittjerns nedbørfelt består av skogsområder, samt myrområder ved nordre bredd. Kalvens nedbørfelt består av skogsområder og et mindre beiteområde i øst (www.skogoglandskap.no).

3.7.3 Vannvegetasjonen

Kalven er en flott, upåvirket innsjø. Totalt 4 *Chara*-arter er registrert (tabell 9), og den dominerende arten, *Chara rudis*, dannet store bestander ned til 4 m dyp (Langangen 1970, 2010, Mjelde & Edvardsen 2012).

Tabell 9. Vannvegetasjon i Ultveittjern, Holetjern og Kalven i ulike perioder. Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerer lokaliteten, x=forekommer. Hva er undersøkt: kr=kransalger, ka=karplanter.

arter	Ultveittjern			Holetjern				Kalven	
	1990	2011	2012	1968	1995	2010	2012	2008	2011
hva er undersøkt?	kr	kr + ka	kr + ka	kr	kr	kr	kr + ka	kr	kr + ka
KRANSALGER									
<i>Chara aculeolata</i>	x	1-2	2	x					
<i>Chara aspera</i>	x	x	2					x	3
<i>Chara contraria</i>		3		x			2		2
<i>Chara rudis</i>				x			1	x	5
<i>Chara strigosa</i>								x	2
<i>Chara tomentosa</i>	x		1-2	x					
<i>Chara virgata</i>	x						2		
<i>Chara globularis</i>				x					
ELODEIDER									
<i>Stuckenia filiformis</i>									2
<i>Potamogeton lucens</i>		2-3	3						
<i>Utricularia vulgaris</i>		2	3						
NYMPHAEIDER									
<i>Nuphar lutea</i>		2-3	3				2		2
<i>Nymphaea alba</i>		2	2-3				1-2		
<i>Potamogeton natans</i>				x			2		2
Totalt antall arter	4	7	7	5	0	0	6	3	7

Holetjern var en flott kransalgesejø i 1968-69, med 5 *Chara*-arter som dannet bestander store deler av innsjøen, ned til 4,5 m dyp. Alle artene var sterkt bevoskt med epifytter (Langangen 1970). I 1990 var kransalgene forsvunnet fra innsjøen, og det ble da antatt at dette sannsynligvis hadde sammenheng med utslipp fra et sommerfjøs, som lå helt inntil innsjøen. Dette ble fjernet på begynnelsen av 1990-tallet, men det var fortsatt et stort beitetrykk rundt innsjøen (Langangen 1992).

I 2010 og 2011 var det fortsatt fritt for kransalger i Holetjern, og bunnen hadde et overtrekk av trådformete grønnalger (bl.a. *Spirogyra*) (Langangen 2011). Samme år ble det gitt tillatelse til å plante ut kransalger i innsjøen. Følgende arter ble samlet inn: *Chara aculeolata* (fra Galtetalsputten, Lunner), *C. tomentosa* og *C. rudis* (fra Vassjøtjern, Lunner), *C. rudis* (fra Steffensrudtjern, Vestre Toten) og *C. contraria* (fra Eriksrudtjern, Vestre Toten). Det ble laget 6 små «pakker» med kransalger i hønse-netting, som ble plantet ut på 2-3 m dyp i østre del (Langangen, notat 29.9.2011). I 2012 ble bare noe få utplantede tuer med *C. contraria* og *C. virgata* funnet på helt grunt vann i nord. Utenfor disse forekomstene fantes noen få planter av *C. rudis*, hvorav noen rotfaste skudd (Langangen 2012c). Ingen av de øvrige utplantede artene ble gjenfunnet.

I Ultveittjern ble det i både 1968-69 og i 1990 registrert 4 *Chara*-arter, og bestander ned til 4,4 m dyp (Langangen 1970, 2004). Innsjøen hadde omtrent samme artsantall i 2011 og 2012, men kransalgene var i klart dårligere forfatning og i 2011 var bestandene begrenset til dybdeområdet 0,9-2,2 m (Langangen 2011, Mjelde & Edvardsen 2012). I 2012 var nedre grense for kransalgene kun 1 m (Edvardsen, pers.obs.).

Vannvegetasjonens tilstand

Basert på artssammensetningen kan økologisk tilstand for vannvegetasjonen karakteriseres som god i Kalven, dvs. de sensitive artene dominerer. Også i Holetjern viser Tlc-indeksen god tilstand, og vi kan derfor anta at eutrofiering ikke er årsak til bortfall av kransalger. I Ultveittjern var økologisk tilstand moderat både i 2011 og 2012, og det var ingen forskjeller i Tlc-verdi i de to årene (tabell 10). Her kan det se ut til at tilstanden skyldes eutrofiering.

Tabell 10. Trofiindeks (Tlc) og økologisk tilstand. Indeksen bare regnes ut når både karplanter og kransalger er registrert.

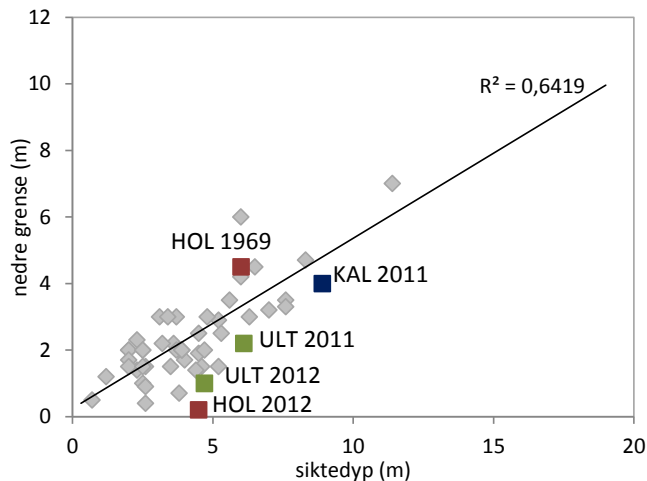
Innsjø	Tlc	tilstand
Holetjern 2012	40	god
Kalven 2011	71,43	god
Ultveittjern 2011	28,6	moderat
Ultveittjern 2012	28,6	moderat

Ser vi på nedre grense for vannvegetasjonen i forhold til innsjøens siktedyp er det store forskjeller mellom innsjøene (tabell 11). Særlige i Holetjern, men også i Ultveittjern, stopper vegetasjonen på grunnere vann enn det som lysforholdene skulle tilsi (figur 16).

Tabell 11. Nedre grense for vegetasjonen (totalt og for *Chara*-artene)

Innsjø	Total vegetasjon			Chara-vegetasjon	
	Sikte-dyp (m)	nedre grense (m)	art	nedre grense (m)	art
Kalven 2011	8,9	4,0	<i>Chara rudis</i>	4,0	<i>Chara rudis</i>
Holetjern 1969	6,0	-	-	4,5	<i>Chara rudis</i>
Holetjern 2011	4,0	-	-	0	-
Holetjern 2012	4,5	-	<i>Potamogeton natans</i>	0,2	<i>Chara contraria</i>
Ultveittjern 2011	6,1	4,4	<i>Potamogeton lucens</i>	2,2	<i>Chara aculeolata</i>
Ultveittjern 2012	4,7	4,0	<i>Potamogeton lucens</i>	1,0	<i>Chara aculeolata</i>

Særlig i Holetjern har det vært en markert endring i nedre grense, fra 4,5 m i 1969 til 0,2 m i 2012. Også i Ultveittjern har det vært en forverring fra 2011 til 2012.



Figur 16. Sammenhengen mellom siktedyb og nedre grense for *Chara*-vegetasjonen. Grått: bakgrunnsdata fra NIVAs database. Rødt: Ultveittjern, Holetjern og Kalven.

3.7.4 Vannkjemiske forhold

Alle de tre innsjøene er svært kalkrike, med kalsiumverdier på mer enn 50 mg Ca/l. Holetjern og Kalven er klare innsjøer, med farge på hhv. 3,5 og 4,5 mg Pt/l, mens Ultveittjern ligger på grensa til en humøs innsjø, med farge opp mot 30 mg Pt/l (tabell 12). Humusinnholdet gir noe redusert siktedyb.

Tabell 12. Vannkjemiske data for Holetjern, Kalven og Ultveittjern. Data for 2012 er skyggelagt.

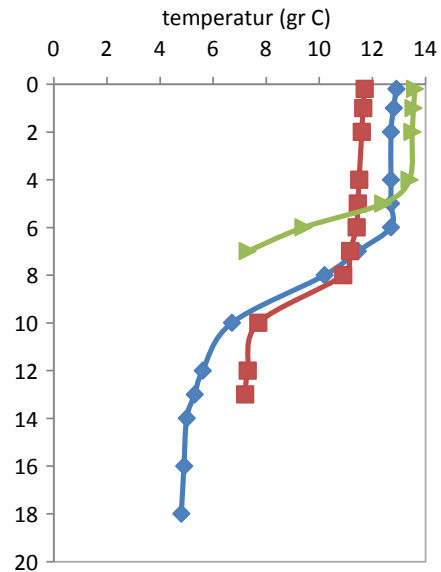
		siktedyb	farge	total fosfor	fosfat	total nitrogen	ammonium	nitrat	kalsium
		m	mg Pt/l	µg P/l	µg PO4/l	µg N/l	µg NH4/l	µg NO3/l	mg Ca/l
Holetjern	1995								52,0
Holetjern	2010		2,0	6,8		1800			58,0
Holetjern	18.7.2012	4,5	3,9	5	2	1460	6	1250	65,6
Holetjern	19.9.2012	3,6	3,1	5	3	1470	13	860	66,0
Kalven	2008								30,0
Kalven	2011	8,9	8,0			370			56,2
Kalven	18.7.2012	7,5	5,0	5	3	340	21	28	41,8
Kalven	19.9.2012	7,0	3,9	4	2	380	36	17	47,0
Ultveittjern	1969		15,0						
Ultveittjern	1990								56,0
Ultveittjern	xx. 2011	4	23,0			550			54,4
Ultveittjern	xx.2011	6,1	29,8	6		690			52,3
Ultveittjern	18.7.2012	4,7	20,9	13	2	475	<2	94	61,4
Ultveittjern	19.9.2012	5,9	21,7	15	11	480	8	87	64,0

I september ble det i alle innsjøene målt konduktivitet (salter), oksygen, turbiditet (partikler) og temperatur gjennom hele vannsøylen (se vedlegg A). Turbiditeten i Ultveittjern og Kalven lå på 0,8-1,1 gjennom hele vannsøylen, noe som er normale verdier for upåvirkete innsjøer. Holetjern, derimot, hadde klart høyere verdier; 1,5-5,8, økende nedover i vannmassene. Det noe lavere siktedypet i Holetjern skyldes sannsynligvis en noe forhøyet turbiditet.

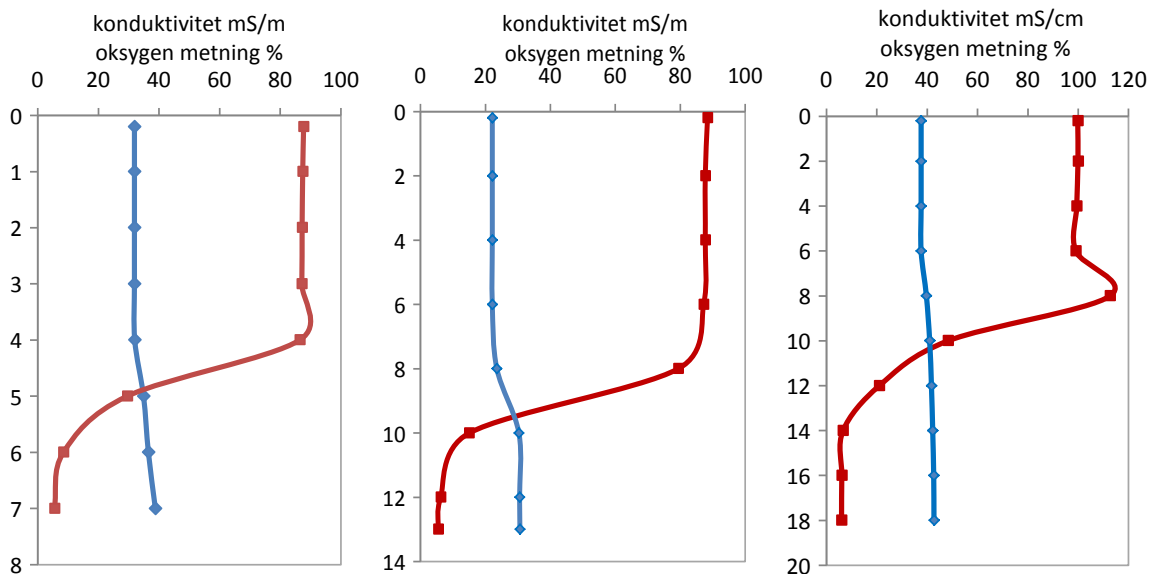
Selv om sjiktningen var forholdsvis dyp var sprangsjiktet fortsatt tydelig i alle innsjøene ved prøvetakingstidspunktet (figur 17). Innsjøene hadde altså ennå ikke sirkulert.

Oksygenkonsentrasjonen viste samme bilde i alle tre innsjøene, med markert reduksjon av oksygen i hypolimnion, under sprangsjiktet (figur 18). Ved bunnen lå oksygenkonsentrasjonen på 0,6-0,8 mg/l (5-6 % metning) i alle tre innsjøene. Dette er lave verdier og viser et stort forbruk av oksygen på dypere vann.

Fosfor tilført innsjøen bindes til organisk og uorganisk materiale, sedimenterer og havner etter hvert i bunnsedimentet. Under oksygenfrie forhold løses fosfor ut igjen til vannmassene. Potensialet for utlekking er bl.a avhengig av hvor mye som er tilgjengelig i sedimentet. Vi regner ikke med at det er oksygenvinn eller utlekking av fosfor i noen av innsjøene.



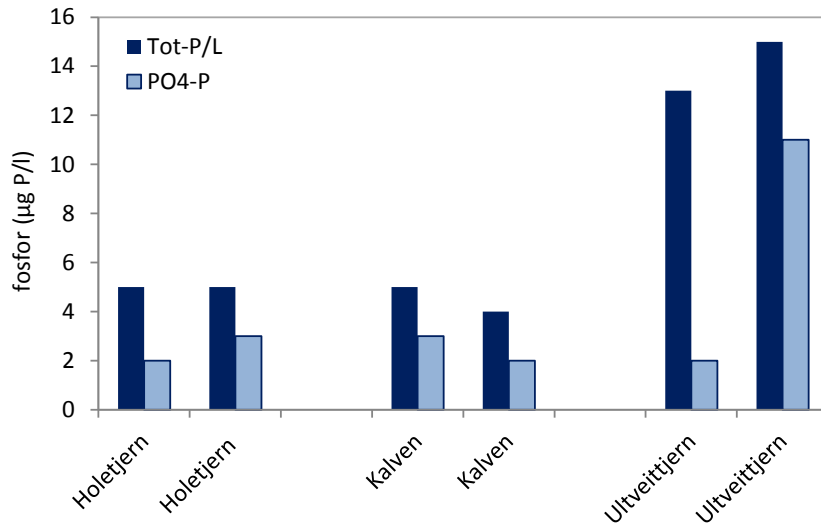
Figur 17. Temperaturforhold i Ultveittjern (grønn), Kalven (rød) og Holetjern (blå).



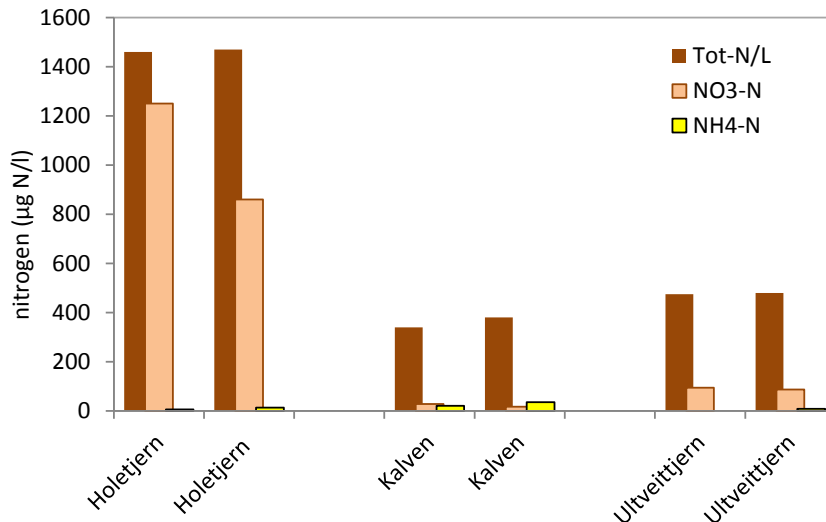
Figur 18. Oksygen (%) (rød) og konduktivitet (mS/m) (blå) i Ultveittjern (venstre), Kalven (midten) og Holetjern (høyre). Dybden er vist i m.

Næringsinnholdet viser klare forskjeller mellom innsjøene (tabell 12). Holetjern og Kalven har lave fosfor-verdier ($< 6 \mu\text{g P/l}$) (figur 19) og kan karakteriseres som oligotrofe, med tilnærmet referanse-tilstand (Direktoratsgruppa 2009). Ultveittjern derimot har mesotrofe vannmasser med total fosfor på 13-15 $\mu\text{g P/l}$, noe som sannsynligvis gir opphav til forhøyet planteplanktonbiomasse (ikke målt) og noe lavere siktedyp. Basert på fosfor er imidlertid innsjøen fortsatt i god tilstand, jfr. Direktoratets gruppa 2009. Nedbørfeltet til Ultveittjern består av skogsområder og årsaken til de høye fosfor-verdiene i vannmassene kan ha sammenheng med noe forhøyet humusinnhold. Oksygenprofilen (jfr. figur 18) antyder ikke utlekking fra sedimentet.

Innholdet av nitrogen viser derimot et helt annet bilde (tabell 12). Kalven og Ultveittjern har forholdsvis lave verdier for total nitrogen, hhv. 300-400 $\mu\text{g N/l}$ og 400-500 mg N/l (figur 20), noe som plasserer innsjøene i god og mindre god tilstand (SFT 1997). Høletjern, derimot har svært høyt innhold av nitrogen, bortimot 1500 $\mu\text{g N/l}$, og tilstanden klassifiseres dermed som meget dårlig iht. SFT (1997). Det noe høyere nitrogen-innholdet i Ultveittjern i forhold til Kalven skyldes sannsynligvis noe høyere humusinnhold, jfr. fargeverdiene. Dessuten ser det ut til å være en visse eutrofiering i Ultveittjern, med forholdsvis høyt fosfor-innhold. Høletjern har svært lave fargeverdier og det er utelukket av det høye nitrogen-innholdet skyldes organisk stoff, og store deler av nitrogenet er da også i form av nitrat (860-1250 $\mu\text{g N/l}$). Dette er svært høye verdier i forhold til de to andre innsjøene.



Figur 19. Innhold av total fosfor og fosfat i vannmassene (0-2 m dyp) i Høletjern, Kalven og Ultveittjern. Vannprøver fra hhv. 18. juli og 19. september 2012.



Figur 20. Innhold av total nitrogen, nitrat og ammonium i vannmassene (0-2 m dyp) i Høletjern, Kalven og Ultveittjern. Vannprøver fra hhv. 18. juli og 19. september 2012.

De høye nitratverdier i Høletjern skyldes sannsynligvis skyldes avrenning og støvnedfall fra kalkbruddet. Hole kalkbrudd har vært i virksomhet siden 1940 (kalkbrenneri). Fra 1980 startet de også som pukkleverandør. Vi antar at det brukes sprengstoff for å løsrive og knuse stein.

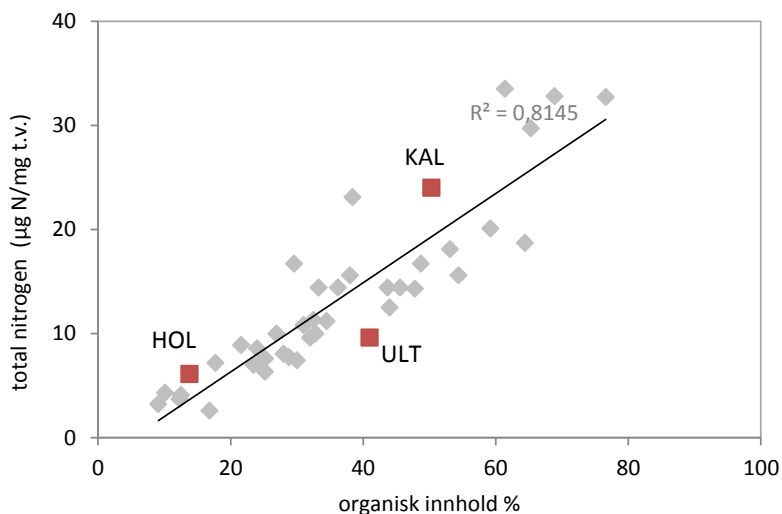
Selv om Holetjern er en oligotrof innsjø med lave fosforverdier regner vi med at det er en viss algeproduksjon, dvs. noe forbruk av nitrat på sommeren. Det kan derfor tenkes at nitratverdiene er noe høyere utenom algesesongen.

3.7.5 Sedimentkjemi

Næringsinnholdet i sedimentet kan variere mye gjennom året og fra sted til sted i innsjøen. Særlig stor vil variasjonen være i strandsedimentene, som stadig er i bevegelse på grunn av vind og bølgeaktivitet. Strandsedimentene er representert med en blandprøve av 3 parallelle prøver fra en lokalitet i hver innsjø, mens det for bunnsedimentene bare er en prøve for hver innsjø. Resultatene herfra vil derfor bare gi en indikasjon på næringsforholdene i sedimentet.

Innholdet av nitrogen i bunnsedimentet varierte mellom 6 og 24 µg/mg tørrvekt, og med lavest innhold i Holetjern (tabell 13). Nivået var omtrent tilsvarende det som er funnet i andre kalksjøer, f.eks. var nitrogeninnholdet i sedimentet i innsjøer ved Evenes (Nordland) på 8-25 µg/g t.v. (Mjelde m.fl. 2012a) mens det i kalksjøer på Hadeland (Oppland) var 9-23 µg N/mg t.v. (Mjelde og Bækken 2009, Mjelde m.fl. 2012b). Som ventet var nitrogeninnholdet høyest i Ultveittjern der organisk innhold var størst (figur 21).

Innholdet av fosfor i sedimentet var lavt i alle innsjøene (tabell 13). Til sammenlikning var innholdet i sedimentet i kalksjøer på Hadeland 1,8-3,1 µg/mg tørrstoff, mens det var 0,4-5,4 µg/mg tørrstoff i innsjøene ved Evenes. Alle disse innsjøene er imidlertid noe – mye eutrofierte.



Figur 21. Forholdet mellom organisk innhold og nitrogen i bunnsedimentet. Rødt: Holetjern, Ultveittjern og Kalven 2012. Blått: øvrige data fra NIVAs databaser (inkluderer både kalkrike og kalkfattige innsjøer).

Tabell 13. Innhold av totalt tørrstoff (TTS), gløderest (TGR), andelen organisk materiale, nitrogen og fosfor i **bunnsediment** i Holetjern, Kalven og Ultveittjern 19.9.2012.

	TTS %	TGR %	Organisk %	TotN µg/mg t.s.	TotP µg/mg t.s.
Holetjern	9,9	86,2	13,8	6,1	0,47
Kalven	3,4	49,7	50,3	24,0	1,50
Ultveittjern	5,2	59,0	41,0	9,6	1,0

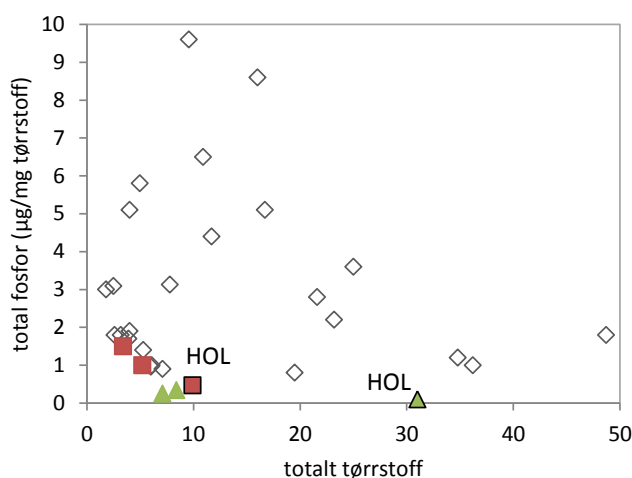
Strandsedimentet i Ultveittjern var mørkt organisk sediment, med mye plantedeler og røtter, mens Kalven hadde et lyst mergesediment, dvs. mye kalkutfellinger. Her var det også en del dyr (døgnfluer, biller m.m.). Strandsedimentet i Høletjern var mer variabelt, grått - brunt, og noe mindre grått enn i Kalven. Sedimentets organiske innhold var derfor naturlig nok høyest i Ultveittjern og lavest i Høletjern.

Strandsedimenter er mer variable enn dypereliggende sedimenter. Dessuten blir lokale tilførsler større på grunt vann (Andersen og Færøvik 2007). I en analyse av strandsedimentene i Vansjø fant man at det var en samvariasjon mellom sedimentfosfor og den lokale arealbruken, i dette tilfellet jordbruksaktivitet. Imidlertid antok man at forskjellig eksponering for vind og bølger også gir forskjeller i kornstørrelsesfordeling og andre sedimentkvaliteter som nok bidrar til variabiliteten (Andersen og Færøvik 2007).

I den foreliggende undersøkelsen var næringsinnholdet i strandsedimentene generelt lavere enn i bunnsedimentene, bortsett fra i Ultveittjern, hvor nitrogen var klart høyest i strandsedimentet (tabell 14). Dette kan tyde på en lokal påvirkning.

Både nitrogen og fosfor-innholdet i strandsedimentene er lavest i Høletjern. Fosforinnholdet i Høletjern er også lavere enn bakgrunnsdataene (se figur 22).

Det forholdsvis lave innholdet av nitrogen i sedimentene i Høletjern (tabell 14), i forhold til den nitrogenkonsentrasjonen i vannmassene (se figur 20), er vanskelig å forklare.



Figur 22. Fosfor-innhold i forhold til totalt tørrstoff i sedimentet. Røde firkanter: bunnsediment, grønne trekkanter: strandsediment. Sedimentene i Høletjern er markert. Grått: data fra NIVAs databaser, bunnsedimenter.

Tabell 14. Innhold av totalt tørrstoff (TTS), gløderest (TGR), andelen organisk materiale, nitrogen og fosfor i **strandsediment** i Høletjern, Kalven og Ultveittjern 19.9.2012.

	TTS %	TGR %	Organisk %	TotN µg/mg t.s.	TotP µg/mg t.s.
Høletjern	31,0	91,0	9,0	3,2	0,1
Kalven	7,1	86,3	13,7	8,5	0,25
Ultveittjern	8,4	34,5	65,5	13,0	0,34

3.7.6 Mulige årsaker til reduserte kransalgebestander

Reduksjon i artsrikdom og dekning av vannvegetasjon i kalkrike innsjøer skyldes ofte eutrofiering (f.eks. Blindow 1992, Penning et al 2008, Mjelde 1997, Mjelde m.fl. 2010, 2012a). Imidlertid er det observert reduksjoner og bortfall av kransalger i innsjøer som ikke er utsatt for eutrofiering, f.eks. Høletjern og Ultvedtjern. Enkelte kalksjøer mangler også kransalger selv om miljøforholdene ser tilfredsstillende ut og spireenheter antas å være tilstede, f.eks. Kaldvannet i S-Trøndelag (Mjelde & Edvardsen 2012).

Dersom artene forsvinner i en innsjø på grunn av dårlige miljøforhold er det ikke sikkert at de kommer tilbake dersom forholdene forbedrer seg. Det er avhengig av at spireenheter har overlevd eller at det er jevnlig tilførsel av slike.

Holetjern

Nitrogeninnholdet i Holetjern, som i hovedsak utgjøres av nitrat, er svært høyt i Holetjern sammenliknet med de to andre innsjøene (tabell 12, figur 20). Fosforinnholdet er imidlertid lavt og det høye nitrogeninnholdet skyldes derfor hverken jordbruk eller bebyggelse. I og med at organisk innhold og organisk nitrogen i vannmassene også er lavt, har dette ingen sammenheng med utlekking fra myrområder. Vi antar at det høye nitrogeninnholdet kan skyldes tilførsler fra kalkbruddet, både direkte avrenning og fra støv som sedimenterer på vannoverflata.



Figur 23. Holetjern september 2012. Legg merke til slamovertrekk på stein i strandsona. Foto: M. Mjelde.

Dette understøttes også av den forholdsvis høye turbiditeten i vannmassene (vedlegg A). Vi vet at *Chara*-arter kan få redusert vekst ved høy nitratkonsentrasjon (se kap. 3.5.7). De få prøvene vi har fra Holetjern viser ikke konsentrasjoner på det nivå man fant at *Chara globularis* forsvant (jfr. Lambert & Davy 2010). *C. globularis* er den vanligste *Chara*-arten i Norge og finnes i ulike innsjøtyper. Det kan derfor tenkes at den har høyere tålegrense enn arter som har snevrere habitat-krav, f.eks. *Chara rudis*, som tidligere fantes i Holetjern. Dessuten kan man tenke seg at aktiviteten i kalkbruddet varierer, slik at nitrogenkonsentrasjonen i perioder kan være høyere.

Vi vet at høye nitrogentilførsler i klare innsjøer der det er tilstrekkelig lys på sedimentoverflaten kan føre til en oppblomstring av nitrofile filamentøse grønnalger. Det er vist at disse kan hindre utvikling av vannplanter gjennom begrensning av plass, lys og karbon (James 2005). I 2010 og 2011 ble det observert et overtrekk av trådformete grønnalger (bl.a. *Spirogyra*) på bunnen i Holetjern (Langangen 2011). Prøven fra bunnsedimentet i 2012 viste også et geleaktig belegg på toppen (det ble ikke tatt prøve av dette). Kraftig utvikling av trådformete grønnalger kan altså være en årsak til manglende kransalger. Vannkjemiske data fra Jarenavatn i 1980 viste svært høye verdier for totalt nitrogen (opp til 3 mg N/l), hvor nitrat utgjorde mesteparten (Faafeng m.fl. 1982). Det er stadig høye nitrogenverdier i Jarenavatn (Løvik og Romstad 2007), og man antar at nitrat fortsatt utgjør mesteparten (Løvik, pers.medd.). Flere arter av kransalger er vanlig i Jarenavatn, selv om de ikke danner bestander. Årsaken til at kransalgene forekommer i Jarenavatn og ikke i Holetjern, som begge har høye nitratverdier, kan kanskje skyldes at Jarenavatn er såpass eutroft at lysforholdene for nitrofile grønnalger på sedimentet er for dårlig.

Fosforinnhold i strandsedimentet i Holetjern er svært lavt i forhold til de to andre innsjøene. Kransalgene kan ta opp fosfor både fra vann og sediment. Vi antar derfor at dette har mindre å si for utvikling av kransalgene. Støv (finpartikulært uorganisk materiale) fra kalkbruddet sedimenterer på bunnen. Man kan tenke seg at spireenhetene til kransalgene har blitt begravd og kommet for dypt i sedimentet slik at spiringen hemmes. Imidlertid antyder den manglende overlevelse av utsetningsforsøket i 2011 at det er andre årsaker til manglende kransalger i innsjøen.

Ultveittjern

Det er sparsomt med eldre data fra Ultveittjern, særlig vannkjemiske, men også biologiske data. Vi vet at kransalgene i 1990 var i god forfatning. Vi har imidlertid ingen informasjon om tilstanden i perioden 1990-2011, men den negative utviklingen fra 2011-2012 tyder på en pågående forverring. Forverringen ses både i at nedre grense for kransalgene har trukket innover mot grunnere vann, noe som kan skyldes dårligere lysforhold (pga eutrofiering), men det er også registrert en generell nedgang i vitaliteten av kransalgene, også de på grunt vann. Dette kan tyde på en annen årsak enn lysforhold.

Ultveittjern har høyere fosforinnhold enn de øvrige innsjøene. Så vidt vi vet er det ingen forurensende aktiviteter i nedbørfeltet i dag, så hva det høye fosforinnholdet skyldes er ikke avklart. Årsaken til



Figur 24. Ultveittjern i september 2012. Foto: M. Mjelde

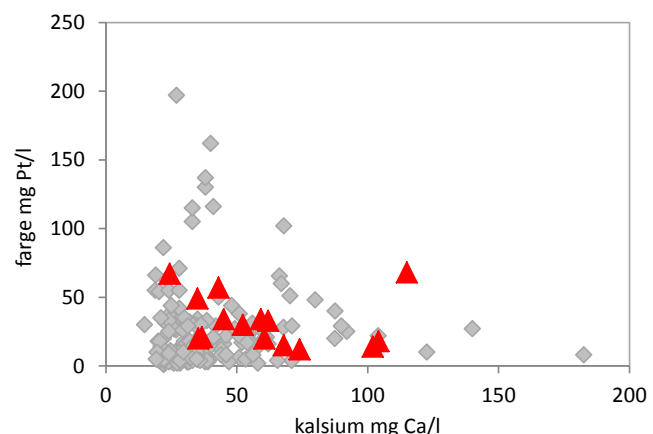
kransalgene dårlige forfatning i Ultveittjern kan muligens være en viss eutrofiering, med økt algebiomasse og dårligere lysforhold. Imidlertid er friske bestander av ulike *Chara*-arter registrert i innsjøer med fosfor opp til 20-25 $\mu\text{g P/l}$.

I forhold til de to andre innsjøene i denne undersøkelsen har Ultveittjern forholdsvis høyt humusinnhold i vannmassene. Vi vet ikke om dette har endret seg siden 1990, men økt humusavrenning fra nedbørfeltet f.eks. på grunn av grøfting av myrer eller skogsdrift, eller på grunn av klimaendringer, fører til økt organisk innhold i vannmassene (økt farge) og i sedimentet. Ulike arter ser ut til å

ha ulike preferanser bl.a. til organisk innhold, og de fleste artene vi har fokusert på her (jfr. kap. 3.6) foretrekker klare innsjøer (farge < 30 mg Pt/l). Man kan tenke seg at humusinnholdet har økt i Ultveittjern (eldre data mangler) og at dette har gitt dårligere forhold for kransalgene.

Imidlertid ser det ut til at en annen av de dominerende artene i Ultveittjern, *C. aculeolata*, finnes imidlertid både i klare og humøse innsjøer (figur 25). Økt humusinnhold kan derfor ikke være hele forklaringen på den negative utviklingen for alle artene.

Muligens kan årsaken være en kombinasjon av forhøyet fosfor (og dårligere lysforhold) og økt humusinnhold.



Figur 25. Forekomst av *Chara aculeolata* i forhold til kalsium og farge. Grått: bakgrunnsdata fra NIVAs database.

3.8 Oppsummering

En oppsummering av sannsynlig habitat-preferanse for hver enkelt art er gitt i tabell 15. Vurderingene er foretatt dels på bakgrunn av nasjonal og internasjonal litteratur (kap. 3.5), artens forekomst i norske innsjøer, sammenstilt med tilgjengelige vannkjemiske data (kap. 3.6) og resultatene fra vår case-study (kap. 3.7).

Data er til dels mangelfulle, men det kommer allikevel klart fram at de fleste artene foretrekker eller bare forekommer i klare innsjøer. Økt humusinnhold virker altså negativt på artene. Videre er det noen forskjeller når det gjelder fosfor, de store artene *Chara rudis-hispida* og *Potamogeton lucens* vokser stort sett bare på dypt vann og ser ut til å være særlig sårbare overfor økt fosfor (eutrofiering og dårligere lys). *Potamogeton lucens* har heller ikke evnen til å danne skudd som flyter rett under overflata («canopy») slik som hos *Stuckenia vaginata* og særlig *Stuckenia pectinata*.

Når det gjelder artenes forhold til nitrogen har vi alt for lite data til å kunne vurdere effekter. Stort sett foreligger bare data for total nitrogen, mens det er nitratkonsentrasjonen som sannsynligvis er den viktige faktoren. Foreløpig ser det ut til at artene *Chara rudis-hispida* og *Potamogeton lucens* er mer sårbare enn de øvrige utvalgte artene.

De artene som er sårbare overfor økt humus og nitrogen vil være særlig utsatte ved klimaendringer.

Tabell 15. Oppsummering for de utvalgte artene i norske kalksjøer. For kalsium vises i hvilket område arten forekommer, mens det for farge, fosfor og nitrogen er antydning av en øvre grense for bestander av arten. Enkeltplanter kan forekomme over disse grensene. For fosfor vises grenseverdier for bestander (skala 3-5), mens tallene i parentes viser grenseverdi for enkeltplanter.

Art	artsstørrelse	voksedyp	kalsium mg Ca/l	farge mg Pt/l	fosfor µg P/l	nitrogen µg N/l	Lys ⁴	Erosjon ⁴
<i>Chara tomentosa</i>	stor	hele ¹	40 - >100	-	(60)	-	sens?	sens?
<i>C. rudis + C. hispida</i>	stor	dypt	20 - >100	30	25 (38)	2000 ³	sens	sens
<i>C. polyacantha</i> ²	stor	grunt	34 - 50	-	-	-		
<i>C. vulgaris</i> ²	liten	grunt	48 - 60	-	-	-		
<i>C. curta</i>	liten	grunt	32 - 40	-	-	-		
<i>C. contraria</i>	liten	grunt	<20 - >100	20	22 (58)	2000 ³		
<i>Potamogeton lucens</i>	stor	dypt	30 - 62	30	25 (20)	1000 ³	sens	sens
<i>Stuckenia vaginata</i>	stor	dypt	19-32 ²	-	30 (70)	-		
<i>Zannichellia palustris</i>	liten	grunt	(29) ²	-	(113)	-		

1: hele = både grunt og dypt vann

2: arter som sannsynligvis foretrekker brakkvann framfor ferskvann

3: Jarevatn ikke inkludert (her varierer totN mellom 2 og 3 mg N/l, og spredte forekomster av arten finnes her)

4: sens = arten antas å være sensitiv overfor hhv. dårlige lysforhold og erosjon (bølge, is, fare for tørrlegging)

3.9 Behov for videre arbeid

Denne sammenstillingen har vist at det er et stort behov for vannkjemiske data, særlig for innsjøene som defineres som utvalgt naturtype, men også generelt for kalksjøer. I framtiden foreslår vi at særlig fokus legges på humusinnhold (farge) og ulike nitrogenforbindelser.

Det er svært viktig at botaniske og vannkjemiske data innhentes i samme periode. De fleste kalksjøene ligger i områder som er attraktive for jordbruk og bebyggelse, pågående forurensende aktiviteter, eventuelt forbedring etter igangsatte tiltak for å redusere forurensningen. Dette medfører at de vannkjemiske forholdene kan variere mye over kort tid, noe som gjenspeiles i vegetasjonen.

I Holetjern er årsaken til manglende kransalgevegetasjon muligens en kombinasjon av høye nitratkonsentrasjoner og forekomst av nitrofile begroingsalger. Her kan man tenke seg en oppfølging med utvidet prøvetaking av nitrat (inkludert vårsituasjon) samt innsamling av begroingsalger. Muligens er kransalgene i Kaldvatnet i Sør-Trøndelag fraværende av en liknende årsak som i Holetjern. Det kan eventuelt følges opp med utvidet vannkjemisk prøvetaking. Årsaken til reduserte kransalgebestander i Ultveittjern er ikke klarlagt. Dette bør følges opp, også fordi det ser ut til at også andre kalksjøer er i samme situasjon.

Man kan også tenke seg en ny case-study hvor man fokuserer på sesongvariasjoner i vannkjemiske forhold (se bl.a. behovet for vinter- eller tidlig vår-konsentrasjonen av nitrat, kap. 3.5) i forhold til forekomst og utvikling av ulike arter kransalger og karplanter.

Etter hvert bør man også komme i gang med en overvåking av kalksjøer. Her er det viktig at både biologiske og vannkjemiske undersøkelser foretas.

3.9.1 Konkret forslag til undersøkelse i 2013

Tabell 16 gir en oversikt over kalksjøer i Oppland med dårlig tilstand i et eller flere undersøkelsesår. Vi har tatt utgangspunkt i statusoversikten for kalksjøer 2010 (Mjelde og Langangen, unpubl.), supplert med nye opplysninger fra A. Langangen, samt nyere kartleggingsdata (jfr. litteraturlista).

I innsjøene som er uthevet i tabellen er det observert en klar forverring i kransalgevegetasjon over tid (Vientjern (Østjern), Rokotjern, Elgsjøen (?), Kjevlingen, Helsettjern, Holetjern, Sillongen, Slomma, Steffensrudtjern, Kauserudtjern), eller mulig forverring i vannkjemiske forhold (Nyborgtjern). I tillegg er Jarenvatn uthevet. Her ser det ut til at kransalgebestanden har tatt seg opp til tross for svært høye nitrogenkonsentrasjoner i vannet og store vasspestbestander siden 1950-tallet.

For å følge opp resultatene og hypotesene fra foreliggende rapport foreslår vi at man for de nevnte lokalitetene foretar noe mer omfattende undersøkelser:

- 1) Fysisk/kjemiske forhold. Vannprøver bør samles inn 3-4 ganger i perioden mai-september (f.eks. 15. mai, 20. juni, 1. august og 10. september), og tas som blandprøve fra 0-2 m dyp. Følgende vannkjemiske parametre bør inkluderes: kalsium, farge, total fosfor, fosfat, total nitrogen, nitrat, ammonium, turbiditet. I tillegg tas det i september målinger av temperatur, oksygen, turbiditet, konduktivitet fra overflate til bunn (vha. CTD) (jfr. kap. 3.7), samt innsamling av vannprøve for analyse av fosfor (for å vurdere en evt. interngjødsling). Siktedyp måles ved hver prøvetaking.
- 2) Bunn- og strandsediment samles inn en gang på sensommeren, og analyseres på samme parametre som i den foreliggende undersøkelsen (kap. 3.7).
- 3) Det er viktig at data for vannkjemiske og botaniske forhold foreligger fra samme tidsrom. Botaniske undersøkelser (karplanter og kransalger) bør derfor foretas i alle de nevnte innsjøene, dersom slike ikke foreligger for 2012.
- 4) I tillegg vurderes mengde og artssammensetning av begroingsalger på sediment, der dette anses å være av betydning

I tillegg til de nevnte prioriterte innsjøene bør det foretas tilsvarende undersøkelser i 2-3 nye referansesjøer. Referansesjøen Kalven ble prøvetatt i 2012, men her kan man tenke seg å samle inn vårprøver i 2013.

Dessuten bør man vurdere å samle inn vannprøver fra flere (så mange som mulig) av de resterende innsjøene nevnt i tabell 16. Denne innsamlingen kan i første omgang begrenses til ett tidspunkt (fortrinnsvis august), med analyse av kalsium, farge, total fosfor, fosfat, total nitrogen, nitrat og ammonium. Botaniske undersøkelser foretas dersom slike ikke foreligger for 2012.

Tabell 16. Kalksjører i Oppland med dårlig tilstand i et eller flere av undersøkelsesårene. Utheverte lokaliteter – foreslått undersøkt i 2013.

Fylke	Kommune	NVE-nr	Lokalitet	undersøkt år	tilstand vannvegetasjon første-siste år
OP	Gran	196317	Askjuntjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4742	Bergstjern	2007, 2011	Mye kransalger og god tilstand i 2007, men T1c=0 (dårlig) i 2011
OP	Gran	196284	Bildenstutjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196279	Bildestuputten	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196289	Blinkeputten	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4781	Breidtjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196447	Bråtjern (Vienbråtj.)	2007, 2008	Dårlig tilstand i 2007 (AL), men T1c=28,6 (moderat) i 2008
OP	Gran	196373	Dripilen	2007	Svært dårlig (AL)
OP	Gran	4772	Eigtjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196444	Engertjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4771	Grunningen	1997, 2007	1997: ? 2007: dårlig (AL) og T1c=-33,3 (dårlig)
OP	Gran	196399	Hovstjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran		Høltjernet	2008, 2011	2008: dårlig (AL), 2011: T1c=50 (god), men T1a lav.
OP	Gran	557	Jarenvatn	1967, 1980, 1996, 2009, 2011	1967: T1c=-46 (svært dårlig), 2011: T1c=30 (moderat), vasspest siden 1956
OP	Gran	196369	Jordstادتjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4788	Langtjernet	2007	Dårlig (AL), T1c=12,5 (moderat), vasspest
OP	Gran	196466	Mjørputten	2008	Dårlig (AL)
OP	Gran	4828	Nedre Falangtjernet	1968, 2007	2007: dårlig (AL), vasspest
OP	Gran	196314	Nordtjernet (Hole)	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4832	Raknerudtjernet	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	4838	Rokotjern	1992, 2007	Mye kransalger i 1992 og 2007 (T1c=62,5, men T1a neg utvikling siden 1992)
OP	Gran		Solliputten	2008	Dårlig (AL)
OP	Gran	4762	Stortjern	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196318	Sørtjern (Hole)	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196304	Tuvstjern	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196448	Vesletjern	2007	Dårlig (AL)
OP	Gran	196301	Vesletjern (N)	2007	Dårlig 2007 (AL)
OP	Gran	4769	Vesletjern (S)	2007	Dårlig 2007 (AL)
OP	Gran	4837	Vientjern (Østtjern)	1969, 2007, 2008	1969: god (AL), 2007: dårlig (AL), 2008: T1c=0 (dårlig)
OP	Gran	4833	Øvre Falangtjern	1968, 2007	1968: dårlig (AL), 2007: dårlig (AL)
OP	Jevnaker	4875	Bråtjern	2007	Dårlig (AL)
OP	Jevnaker	196528	Engerputten	2008	Svært dårlig (AL)

Tabell 16. forts

Fylke	Kommune	NVE-nr	Lokalitet	undersøkt år	tilstand første-siste år
OP	Jevnaker	?	Igdestadputten	2008	Spesiell pytt! Ikke dårlig, men vannprøve bør tas
OP	Jevnaker	4917	Kårstادتjern	1969, 2007, 2008	1969: god (AL), 2007: Tic=30 (moderat) +vasspest, 2008: dårlig (AL)
OP	Jevnaker	196520	Vadsjøputten	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	196517	Dalstjern	2008	Svært dårlig (AL)
OP	Lunner	4876	Elgsjøen	1968, 2008, 2011	1968: ?, 2008 (bra) (AL), 2011: Tic=20 (moderat)
OP	Lunner	4882	Grøntjern	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	196521	Gørvomma	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	4903	Hallomtjern	2008, 2011	Dårlig (AL), 2011: Tic=0 (dårlig)
OP	Lunner	4889	Harpetjern	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	196531	Holteputten	2008, 2011	2008: dårlig (AL), 2011: Tic=0 (dårlig)
OP	Lunner	196513	Hyttaputten	2008	Svært dårlig (AL)
OP	Lunner	4891	Kalvsjøtjern	1996, 2008, 2011	1996: Tic=0 (dårlig), 2008: dårlig (AL), 2011: Tic=22,2 (moderat), vasspest
OP	Lunner	4878	Kjevlingen	1967, 2008	1967: Tic=25 (moderat), 2008: dårlig (AL)
OP	Lunner	4849	Krugerudtjern	1969, 2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	196556	Muttatjern	2008, 2011	2008: God tilstand, mye kransalger (AL), 2011: Tic=25 (moderat)
OP	Lunner	196548	Møllåa	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	4931	Nedre Kalstjern	2008, 2011	2008: medium? (AL), 2011: Tic=20 (moderat)
OP	Lunner	196502	Nyborgtjern	2007, 2008	2007: Tic=100 (svært god), 2008: Dårlig? Brunt vann (AL)
OP	Lunner	4861	Orentjern	1967, 2008	1967: Tic=0 (dårlig), 2008: Medium? (AL), Tic=16,7 (moderat)
OP	Lunner	196542	Ryatjern	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	196489	Solliputten	2008	Dårlig (AL)
OP	Lunner	4858	Stumnetjern	2008	Dårlig (AL)
OP	V. Toten	4520	Helsetjern	1941, 2010	1941: Tic=33,3 (god), 2010: eutroft, mye trådalger, medium tilstand (AL)
OP	V. Toten	4544	Holetjern	1968, 1995, 2010, 2012	1968: god (AL), 1995: kransalger-borte, noen tilbake i 2012 (pga innplantning?)
OP	V. Toten	4527	Kauserudtjern	1941, 1969, 1999, 2010	1941: Tic=61,5 (god), 1969: dårlig (AL), 2010: grønnalger bunnen, medium (AL)
OP	V. Toten	4522	Sillongen	1941, 1968, 1999, 2010	1941: Tic=75, 1968-99: dårlig (AL), 2010: medium Grønt overtrekk på bunnen.
OP	V. Toten	4550	Sivesintjern	1968, 1969, 1999, 2010	1968-69: dårlig (AL), 2010:Ikke dårlig (AL)
OP	V. Toten	4524	Slomma	1941, 1999, 2010	1941: Tic=58,3 (god), 2010: dårlig (AL)
OP	V. Toten	4535	Steffensrudtjern	1941, 1999, 2010	1941: Tic=33,3 (god), 1999: dårlig (AL), 2010:ikke dårlig (AL)
OP	V. Toten	113471	Vesle Bergsjøen	2010	Dårlig (AL)

4. Litteratur

- Alvereng, P. 2011. Kalksjøer i Harstad og Skaånland. Naturtypekartlegging av 13 kalksjøer/mulige kalksjøer i Harstad og Skånland kommuner i Troms. Miljøfaglig Utredning rapport 2012-21. 44s.
- Andersen, T. & Færøvik, P.J. 2007. Utredninger Vansjø 2006 – Undersøkelse av mulig interngjødsling 2006. NIVA-rapport lnr 5353-2007.
- Andrews, M. 1987. Phosphate uptake by the component parts of *Chara hispida*. *British Journal of Phycology* 22: 49-53.
- Arnesen, G. Asbjørnsen, M., Halttunen, E. 2012. Kartlegging av antatt kalkrike sjøer i Elvegårds-vassdraget i Narvik. Ecofact rapport 163. 57s
- Barker, T., Hatton, K., O'Connor, M., Connor, L., Moss, B. 2008. Effects of nitrate loa don submerged plant biomass and species richness: results of a mesocosm experiment. *Fundamental and Applied Limnology – Archiv für Hydrobiologie* 173 (2): 89-100.
- Blindow, I. 1992. Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwater Biology* 28: 9-14.
- Box, R.J. 1986. Quantitative short-term uptake of inorganic phosphate by the *Chara hispida* rhizoid. *Plant, Cell and Environment* 9: 501-506.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophied softwater lakes: an overview. *Aquatic Botany* 73: 405-431
- Direktoratsgruppa vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- DN 2011. Handlingsplan for kalksjøer. Direktoratet for naturforvaltning, rapport 6-2011.
- Faafeng, B., Brabrand, Å., Gulbrandsen, T., Lind, O., Løvik, J.E., Løvstad, Ø., Rørlett, B. 1982. Jarevatnet. NIVA-rapport lnr. 1411.
- James, C., Fisher, J., Russel, V., Collings, S., Moss, B. 2005. Nitrate availability and hydrophyte speceis richness in shallow lakes. *Freshwater Biology* 50: 1049-1063.
- Kålås, J.A., Viken, A., Henriksen, S. og Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter 2010 – Norwegian Red List. Artsdatabanken, Norge.
- Lambert, S.J. & Davy, A.J. 2010. Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavt metals on charophytes. *New Phytologist* 189: 1051-1059.
- Langangen, A. 1974. Ecology and distribution of Norwegian chaophytes. *Norw. J. Bot.* 21: 31-52.
- Langangen, A. 1992. Holetjern i Vestre Toten, kransalgene som ble borte. *Blyttia* 50: 53-57.
- Langangen, A. 2004. Kalksjøer med kransalgevegetasjon i Norge. *Blyttia* 62: 198-211.
- Langangen, A. 2007. Kransalger og deres forekomst i Norge. Saeculum Forlag, Oslo.

- 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: 104-120.
- Langangen, A. 2010. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 2. Innsjøene i Lunner og Jevnaker kommuner. Blyttia 68(1): 17-46.
- Langangen, A. 2011. Tilbakeføring av kransalger til Holetjern i Vestre Toten. Notat 29.9.2011
- Langangen, A. 2011a. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av kalksjøer i Hamar, Løten, Ringsaker og Stange, Hedmark fylke. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen. Rapport nr. 04/11, 23s.
- Langangen, A. 2011b. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av kalksjøer i Asker, Bærum, Oslo, Nedre Eiker og Øvre Eiker, Akershus, Oslo og Buskerud fylke. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen. Rapport nr. 02/11, 28s.
- Langangen, A. 2011c. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av kalksjøer i Gjøvik, Nordre Land og Vestre Toten, Oppland fylke. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen. Rapport nr. 03/11, 31s.
- Langangen, A. 2011d. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av et utvalg kalksjøer i Nordland, Nord- og Sør-Trøndelag fylke. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen. Rapport nr. 01/11, 71s.
- Langangen, A. 2012a. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av kalksjøer rundt Movann i Oslo kommune. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernnavdelingen. Rapport nr. 04/12, 21s.
- Langangen, A. 2012b. Handlingsplan for kalksjøer. Inventering av sjøer på kalkområder i Akershus fylke. Rapport til Fylkesmannen i Akershus. (upublisert).
- Langangen, A. 2012c. Reetablering av kransalger i Holetjern, Vestre Toten, Oppland fylke. Slutt-rapport. Notat høst 2012.
- Langangen, A. & Breivik. Å.B. 2010. Kalksjøene på Sundsfjordfjellet i Gildeskål kommune (Nordland) og vegetasjonen i dem, en undersøkelse gjort i tiden 2007-2009. Blyttia 68(3): 201-217
- Lid, J. & Lid, D.T. 2005. Norsk flora. Det Norske Samlaget. 6. utg. ved Reidar Elven.
- Løvik, J.E., Romstad, R. 2007. Overvåking av vann og vassdrag i Randsfjordens nedbørfelt. Årsrapport 2006. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport lnr. 5397-2007.
- Madsen, T.V. & Sand-Jensen, K. 1991. Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. Aquatic Botany 41: 5-40.
- MD 2009. Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven). LOV 2009-06-19 nr 100.
- Mjelde, M., Rørslett, B. og Wang, P. 2000. Norsk vannflora. Forprosjekt: Eksempler på faktaark. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport lnr. 4180-2000.
- 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. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 3755-97.

- Mjelde, M. 2011. Ferskvann. – I: Lindgaard, A. og Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim.
- Mjelde, M. 2011. Handlingsplan for kalksjøer. Mulige kalksjøer i Nordland 2010. Vannvegetasjon – artssammensetning og økologisk tilstand. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernavdelingen. Rapport 5/11.
- Mjelde, M., Bækken, T. 2009. Problemkartlegging og overvåking av kransalgesjøer i vannområde Hadeland. NIVA-rapport lnr. OR-5727.
- Mjelde, M., Bækken, T., Edvardsen, H. 2012a. Undersøkelse av 10 kalksjøer i Vannområde Hadeland. NIVA-rapport lnr. 6290-2012.
- Mjelde, M., Bækken, T., Edvardsen, H., Dahl Hansen, G. 2012b. Undersøkelse av vannvegetasjonen i kalksjøer i Nordland og Troms, samt problemkartlegging i utvalgte innsjøer. NIVA-rapport lnr. 6338.
- Mjelde, M., Edvardsen, H. 2012b. Undersøkelser av kalksjøer i Nord-Trøndelag 2011. NIVA-rapport lnr 6324.
- Mjelde, M., Edvardsen, H. 2012a. Handlingsplan for kalksjøer. Kalksjøer i Buskerud 2011. Vannvegetasjon - artssammensetning og økologisk tilstand, samt vurdering av myrflangre-bestanden ved Ultvedtjern og Grunntjern. NIVA-rapport lnr. 6276-2011.
- Mjelde, M., Edvardsen, H. 2012c. Handlingsplan for kalksjøer. Undersøkelse av 7 kalksjøer i Vannområde Nitelva/Leira (søndre Lunner). NIVA-rapport lnr 6298-2012.
- Mjelde, M., Langangen, A., Bækken, T., Pedersen, T., Gausemel, S. 2010. Handlingsplan for kalksjøer – Veileder for inventering i kalksjøer. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapp. nr. 4/10, 19 s.
- Olsen, K.M. og Klepsland, J.T. 2012. Kartlegging av kalksjøer i Porsanger, Finnmark 2011. BioFokus-rapport 2012-9.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J. 2008. Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. *Aquatic Ecology*, vol. 42, no 2: 237-251.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. Statens Forurensningstilsyn.
- Urbaniak, J. 2010. Analysis of morphological characters of *Chara baltica*, *C. hispida*, *C. horrida*, and *C. rudis* from Europe. *Plant Systematics and Evolution* 286 (3-4): 209-221.
- Van Wijk, R.J. 1989. Ecological uptake on *Potamogeton pectinatus* L.V. Nutrient ecology, in vitro uptake of nutrients and growth limitation. *Aquatic Botany* 35 (3-4): 319-335.
- Vermeer, C.P., Escher, M., Portielje, R., Klein, J.J.M. 2003. Nitrogen uptake and translocation by *Chara*. *Aquatic Botany* 76: 245-258.
- Wüstenberg, A., Pörs, Y., Ehwald, R. 2011. Culturing of stoneworts and submersed angiosperms with phosphate uptake exclusively from an artificial sediment. *Freshwater Biology* 56: 1531-1539.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1998. Vann og vassdrag 3. Kjemi, fysikk og miljø. Vett og Viten AS.

Vedlegg A. Primærdata

Ultveittjern 19.9.2012

dyp m	temp gr C	kond ms/m	pH *	turb	O2 %	O2 mg/l
0,2	13,6	319	8,15	1,0	87,7	9,14
1	13,5	319	8,15	0,9	87,4	9,11
2	13,5	319	8,15	1,0	87,2	9,09
3	13,5	319	8,15	0,9	87,1	9,08
4	13,4	320	8,14	1,0	86,4	9
5	12,4	349	7,69	1,0	29,5	3,17
6	9,4	365	7,38	1,1	8,5	0,97
7	7,3	388	7,3	11,2	5,5	0,66

Max dyp 9 m l bunn på 7 m? - derfor høy turbiditet

Kalven 19.9.2012

dyp m	temp gr C	kond ms/m	pH *	turb	O2 %	O2 mg/l
0,2	11,7	221	8,05	0,8	88,4	9,58
2	11,6	221	8,05	0,7	87,7	9,53
4	11,5	221	8,05	0,8	87,7	9,51
6	11,4	221	8,05	0,8	87,2	9,52
8	10,9	235	7,86	0,8	79,4	8,74
10	7,7	303	7,39	0,8	15	1,78
12	7,3	305	7,32	0,8	6,2	0,75
13	7,2	306	7,3	1,0	5,4	0,65

Max dyp 15 m

Holetjern 19.9.2012

dyp m	temp gr C	kond ms/m	pH *	turb	O2 %	O2 mg/l
0,2	12,9	376	8,28	1,5	99,8	10,53
2	12,7	376	8,27	1,6	99,9	10,57
4	12,7	376	8,26	1,6	99,4	10,53
6	12,7	376	8,26	1,7	99	10,5
8	10,2	397	7,9	2,1	112,6	12,67
10	6,7	410	7,5	2,0	48,3	5,86
12	5,6	417	7,39	1,9	21	2,63
14	5	422	7,31	2,1	6,6	0,84
16	4,9	426	7,29	2,4	6,1	0,78
18	4,8	427	7,29	5,8	6	0,76

Max dyp 22 m. l bunn på 19 m

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