

Kan næringsubalanse i vann føre til problemvekst av kryptosiv?

Resultater fra forprosjekt i 2006



Foto: Edgar Vegge

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

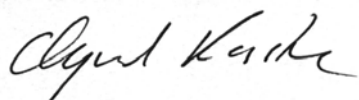
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Kan næringsubalanse i vann føre til problemvekst av krypsiv? Resultater fra forprosjekt i 2006	Løpenr. (for bestilling) 5341-2007	Dato Mai 2007
	Prosjektnr. Undernr. O-26263	Sider Pris 26
Forfatter(e) Øyvind Kaste, Stein W. Johansen, Marit Mjelde, Tom Andersen (UiO), Dag Hessen (UiO), Trine Marianne Holm (UiO), Arild Rangberg (UiO)	Fagområde Forskning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Norge	Trykket NIVA

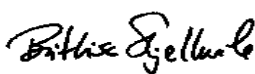
Oppdragsgiver(e) Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS)	Oppdragsreferanse Edgar Vegge
--	----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Mange vassdrag på Sørlandet og Vestlandet har etter hvert utviklet masseforekomster av vannplanten krypsiv (<i>Juncus bulbosus</i>). Dette forprosjektet tar utgangspunkt i en hypotese om at problemvekst av krypsiv kan være relatert til skjevheter i forholdet mellom de viktigste plantenæringsstoffene karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) i vann og sediment. For å studere denne hypotesen nærmere ble det i 2006 gjennomført 3 delprosjekter: 1) eksperimentell fosfortilsetning i Nedre Lundetjenn, Grimstad, 2) detaljerte studier av krypsiv langs en gradient i C, N og P, og 3) eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarier. Målet med denne rapporten har vært å sammenstille dataene som er samlet inn i forbindelse med forprosjektet. Det er ikke foretatt grundige analyser av datamaterialet i denne omgang; dette vil bli foretatt i forbindelse med det fire-årige forskningsprosjektet JUNCUS som har fått støtte av Norges forskningsråd og Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS) fra og med 2007.</p>
--

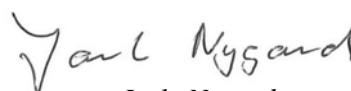
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Krypsiv Nitrogenavsetning Støkiometri 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Watercourse <i>Juncus bulbosus</i> Nitrogen deposition Stoichiometry
--	--



Øyvind Kaste
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle Monsen
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Kan næringsubalanse i vann føre til problemvekst av krypsiv?

Resultater fra forprosjekt i 2006

Forord

Dette forprosjektet er basert på en søknad fra NIVA datert 20. mars 2006 om støtte til et forskningsprosjektet *Kan næringsubalanse i vann kan føre til problemvekst av krypsiv?* Prosjektet er et samarbeid mellom NIVA og Universitetet i Oslo.

Søknaden ble sendt til og senere innvilget av Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS), som er en bredt anlagt styringsgruppe med representanter fra energibedrifter på Sørlandet, lokale interesseorganisasjoner, samt regionale og sentrale miljømyndigheter. Kontaktperson hos KPS har vært Edgar Vegge.

Inkludert i forprosjektet har vært en søknad til Norges forskningsråd (RENERGI-programmet) om et fireårig forskningsprosjekt basert på de samme problemstillingene. Dette prosjektet ble innvilget i desember 2006, med brukermedvirkning fra KPS.

Grimstad, mai 2007

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn og formål	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Fosfortilsetning i Nedre Lundetjenn	8
2.2 Feltregistreringer og kjemiske analyser	8
2.3 Laboratorieforsøk	8
2.4 Lokalitetsbeskrivelser	9
3. Foreløpig datagjennomgang	11
3.1 Eksperimentell fosfortilsetning til Nedre Lundetjenn	11
3.1.1 Vannkjemi	11
3.1.2 Utvikling av krypsiv i Øvre og Nedre Lundetjenn	11
3.2 Nærmere studier av krypsiv langs en støkiometrisk gradient	12
3.2.1 Kjemiske undersøkelser	12
3.2.2 Beskrivelse av krypsiv-status i innsjøene	13
3.2.3 Årskudd krypsiv	13
3.2.4 Elementinnhold i krypsiv	14
3.3 Eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarier	18
4. Referanser	20
5. Vedlegg	21
5.1 Kjemi – overflatevann	21
5.2 Porevannskjemi	22
5.3 Elementinnhold i plantemateriale	23
5.4 Sedimentkjemi	25
5.5 Vekstforsøk	26

Sammendrag

Mange vassdrag på Sørlandet og Vestlandet har etter hvert utviklet masseforekomster av vannplanten krypsiv (*Juncus bulbosus*). Lokalt kan dette føre til store ulemper, både økologisk, estetisk og praktisk. Dette forprosjektet tar utgangspunkt i en hypotese om at problemvekst av krypsiv kan være relatert til skjjevheter i forholdet mellom de viktigste plantenæringsstoffene karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) i vann og sediment. På fagspråket blir slike balanser mellom ulike kjemiske elementer ofte kalt *støkiometri*. Sørlandet og Rogaland er preget av høyere nitrogennedfall enn noe annet sted i Norge, og i tillegg er de fleste vann og vassdrag lite påvirket av lokale C, N og P tilførsler. Denne kombinasjonen kan gi et annet forhold mellom C, N og P enn det en vanligvis finner i vassdrag i andre regioner.

For å studere denne hypotesen nærmere ble det i 2006 gjennomført 3 delprosjekter:

- 1) Eksperimentell fosfortilsetning i Nedre Lundetjenn i Grimstad kommune
- 2) Detaljerte studier av krypsiv langs en støkiometrisk gradient (C, N, P)
- 3) Eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarier

Hovedmålet med denne rapporten har vært å sammenstille dataene som er samlet inn i forbindelse med forprosjektet. Det er ikke foretatt grundige analyser av datamaterialet i denne omgang; dette vil bli foretatt i forbindelse med det fire-årige forskningsprosjektet JUNCUS som har fått støtte av Norges forskningsråd og Krypsivprosjektet på Sørlandet (KPS) fra og med 2007.

Fosfortilsetningen til Nedre Lundetjenn var en repetisjon av et tidligere forsøk som ble gjennomført i perioden 1999-2001 og som reduserte forekomsten av krypsiv i innsjøen fra 20-25 % dekning til 1 %, etter fosfortilsetningen. Målet med fosfortilsetningen til Nedre Lundetjenn i 2006 var å undersøke om krypsivbestanden (som nå igjen var tilbake på "opprinnelig" nivå) ville kollapse på samme måte som forrige gang. I likhet med forrige forsøk med fosfortilsetning, skjedde det ikke nevneverdige endringer i bestanden av krypsiv etter den første sommeren. Det er derfor lagt opp til å gjenta forsøkene i 2007.

Studiene av krypsiv i innsjøer med ulike konsentrasjoner av karbon-, nitrogen-, og fosfor (gradientundersøkelsene) inkluderte 6 lokaliteter i 2006. Disse vil bli utvidet til flere lokaliteter i forbindelse med JUNCUS-prosjektet i 2007-2010. Undersøkelse i 2006 gav interessante grunnlagsdata om vannkjemi, sediment-porevann og om krypsiv (bestandsstatus, elementinnhold) som vil danne et viktig grunnlag for videre studier.

De eksperimentelle vekstforsøkene med krypsiv i akvarier viste tydelig at nitrogentilsetning fremmet veksten av krypsiv mens tilsetning av fosfor hemmet og reduserte veksten. Laboratorieforsøkene bekrefter dermed resultatene fra storskalaforsøkene i Nedre Lundetjenn i perioden 1999-2001, da forekomsten av krypsiv ble dramatisk redusert som følge av fosfortilsetning.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Problemvekst av krypsiv (*Juncus bulbosus*) synes å være spesielt knyttet til Agder-fylkene samt deler av Rogaland og Telemark. Denne landsdelen er preget av høyere nitrogennedfall enn noe annet sted i Norge, og i tillegg er de fleste vann og vassdrag lite påvirket av lokale tilførsler av næringssalter. Denne kombinasjonen kan gi et annet forhold mellom elementene nitrogen (N), fosfor (P) og karbon (C) i vann enn det en vanligvis finner i andre regioner. I tillegg kommer milde vintre og vassdragsregulering som kan gi gunstige vekstforhold for krypsivplanten (Johansen m.fl. 2000).

I Nedre Lundetjenn, Grimstad kommune, ble det tilsatt fosfor gjennom en treårsperiode i regi av forskningsprosjektet NITRAP (Donali m.fl. 2005, Kaste og Lyche-Solheim 2005). Hensikten med forsøket var å teste om moderat fosfortilsetning kunne bidra til å redusere nitratkonsentrasjonen i innsjøen og samtidig redusere surheten i vannet. En uventet sideeffekt av forsøket var at forekomsten av krypsiv i innsjøen ble sterkt redusert, fra 20-25 % dekning til 1 %, etter fosfortilsetningen (Mjelde 2004). I referanseinnsjøen Øvre Lundetjenn skjedde det ingen nevneverdige endringer i det samme tidsrommet.

Fosfortilsetningen i Nedre Lundetjenn kan betraktes som et virkemiddel for å jevne ut skjevheten i forholdet mellom N og P som har oppstått gjennom mange år med forhøyet N-tilførsel via nedbøren. Resultatene kan derfor gi grunnlag for en hypotese om at forskyvingen i C, N og P - forholdet kan være en av hovedårsakene til krypsivets framvekst i denne regionen.

Målsetningen med forprosjektet har vært å teste den ovenstående hypotesen i form av enkle eksperimenter og feltundersøkelser.

Prosjektet er delt i tre delprosjekter:

- 1) Fosfortilsetning i Nedre Lundetjenn,
- 2) Detaljerte studier av krypsiv langs en støkiometrisk gradient (C, N, P)
- 3) Eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarier

Aktivitetene er dels en videreføring av forskningsprosjektet NITRAP og dels forberedende studier (forprosjekt) rettet inn mot et kommende prosjekt om mulige sammenhenger mellom element-sammensetning i vann (støkiometri) og masseforekomst av krypsiv (*Juncus bulbosus*).

Denne rapporten er en sammenstilling av de viktigste dataene som er samlet inn i forbindelse med forprosjektet. Videre bearbeiding og grundigere analyser vil bli foretatt i forbindelse med oppfølgende prosjekter.

2. Materiale og metoder

2.1 Fosfortilsetning i Nedre Lundetjenn

I Nedre Lundetjenn ble fosforsyre, som på forhånd var pH-justert med natronlut, tilsatt ukentlig fra båt i vekstsesongen fra mai til oktober. Målet har vært å øke konsentrasjonen av total fosfor fra omlag 5 µg/l til 12-15 µg/L, og nødvendig fosformengde ved hver tilsetning er beregnet på basis av ukentlige vannanalyser. I tillegg til de ukentlige fosforanalysene ble det analysert på et bredere vannkjemisk program tre ganger i løpet av eksperiment-perioden. Det ble samtidig tatt prøver i Øvre Lundetjenn, som er referansesjø for fosfor-eksperimentene.

2.2 Feltregistreringer og kjemiske analyser

For å skaffe dokumentasjon på eventuelle endringer i vekstgrunnlag, elementinnhold og utbredelse av krypsiv som følge av P-tilsetning ble det foretatt feltregistreringer i Øvre og Nedre Lundetjenn. I tillegg ble det valgt ut 4 innsjøer som representerer svært ulik sammensetning av C, N og P i vannet og krypsivstatus. Feltundersøkelsene ble gjort etter samme mal i alle 6 innsjøene. Feltregistreringene ble foretatt i periodene 31. mai - 14. juni (vår) og 29. september - 12. oktober (høst) 2006.

Utbredelse og vitalitet av krypsiv er kartlagt i alle innsjøene. Årsskudd og prøver til elementanalyse ble samlet inn fra 3 representative lokaliteter i hver innsjø. I tillegg ble det samlet inn prøver av begroingsalger dersom disse hadde stor utbredelse. Krypsivmaterialet ble sortert og rensert før frysetørring. For vårprøvene ble det skilt ut 2 fraksjoner; rosettblader og "bulk"-prøver (samleprøver bestående av stengel, rosettblad og årsskudd). For høstprøvene ble det skilt ut 3 fraksjoner; rosettblad, årsskudd og bulk-prøver. Planteprovne er analysert ved Universitetet i Oslo med hensyn til total innhold av karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P).

Ved de samme 3 lokalitetene i hver innsjø ble det samlet inn sedimentprøver både om våren og høsten. De øverste 5-7 cm av sedimentkjernen ble analysert på tørrstoff, glødetap, C, N og P ved Universitetet i Oslo. På én av de 3 lokalitetene i hver innsjø ble det tatt 4-5 kjerner hvorav de øverste 5-10 cm i hver kjerne ble lagt sammen til en blandprøve som ble fraktet til laboratoriet på NIVA. Sedimentet ble sentrifugert og porevann tatt ut. Porevannet er analysert på med hensyn på fosfat (PO₄) og ammonium (NH₄).

Det ble tatt en vannprøve i hver av innsjøene samtidig med vegetasjonsundersøkelsene om våren og høsten. Vannprøvene ble tatt i dybdeområdet 0-2 m med Ruttner eller Limnos-henter (Ramberghenter benyttet i Krosshøl i juni). Vannprøvene er analysert på NIVAs laboratorium i Oslo med hensyn til pH, konduktivitet, kalsium (Ca), nitrat (NO₃), ammonium (NH₄), fosfat (PO₄), karbondioksyd (CO₂), total organisk karbon (TOC), totalt uorganisk karbon (UOC), total N, og total P.

2.3 Laboratorieforsøk

Kontrollerte laboratorieforsøk er en robust og effektiv måte å teste hypoteser om biologiske responser på ulike miljøforhold. Som et supplement til storskala-forsøket i Nedre Lundetjenn ble det derfor foretatt eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarieavdelingen på Universitetet i Oslo.

Rosettplanter av krypsiv og sediment ble innhentet fra referansesjøen Øvre Lundetjenn i mai 2006. Sand til stabilisering av sedimentet ble hentet fra Tveitvatn i Tovdalsvassdraget. I laboratoriet ble plantene fordelt på 4 kasser, med 4 planter i hver kasse. Kassene ble fylt med ubehandlet vann fra

Maridalsvannet i Oslo. Alle kassene hadde like fysiske forhold, men ble tilsatt forskjellig mengde nitrogen og fosfor, se **Tabell 1**.

Tabell 1. Fosfor- og nitrogentilsetning til kasser med innplantet krypsiv

Kasse nr.	Tilsetninger	Dato tilsatt
1	kontroll	
2	Tilsatt NH_4NO_3 80 mmol	22.6.06
3	Tilsatt KH_2PO_4 10 mmol	22.6.06
4	Tilsatt KH_2PO_4 10 mmol + NH_4NO_3 80 mmol	22.6.06

Vitalitet, bladlengder og bladantall i rosettene ble registrert hver uke i perioden 22. juni til 3. oktober 2006. Plantene ble høstet 3. oktober 2006.

Nye planter av krypsiv ble plantet 9.11.2006. Også disse er hentet fra Øvre Lundetjenn, med sediment fra samme sted og sand fra Tveitvatn. Alle plantene er rosetter hentet fra 30-40 cm dyp. Plantene er fordelt på 30 pottar i fire forskjellige kasser og skal benyttes til nye forsøk i 2007.

2.4 Lokalitetsbeskrivelser

Karakteristiske data for innsjøene er gjengitt i **Tabell 2**.

Øvre og Nedre Lundetjenn ligger i Grimstad kommune, Aust-Agder fylke. Berggrunnen i området er kalkfattig og nedbørfeltet består stort sett av skog. Det er ingen menneskeskapte fosforkilder i området. Før gjødsling var begge innsjøene preget av forurening med lav pH (~5.0), relativt høy nitrogenkonsentrasjon og lavt fosforinnhold (Kaste og Lyche-Solheim 2005).

Krosshøl ligger i Grimstad kommune, Aust-Agder fylke, ikke langt fra Lundetjennene. Berggrunnen i området er kalkfattig og nedbørfeltet består stort sett av skog. Innsjøen ligger som en utbuktning av Bjørkoselva som renner ut i innsjøen Rore (drikkevannskilde for Grimstad/Arendals-regionen).

Breisjøen ligger i Lillomarka i Oslo kommune, og er karakterisert som en oligotrof og svakt humøs innsjø. Innsjøen var tidligere tilknyttet Oslos drikkevannsnett og hadde fram til 1998 en årlig vannstandsvariasjon på 2-3 m (størst nedtapping sommerstid). Etter 1998 har årlig vannstandsvariasjon vært mindre enn 1.5 m (Lydersen m.fl. 2000).

Bindingsvatn ligger øverst i Vansjø-Hobøl-vassdraget i Enebakk kommune, Akershus fylke. Innsjøen er humøs og tildels omkranset av myrområder. Nedbørfeltet til Bindingsvatnet ligger over marin grense, noe som preger innsjøens vannkvalitet. Innsjøen er noe regulert gjennom en oppdemming i utløpet (Mjelde 2005).

Brekkevatt (Litla Brekkevatn) ligger på grensa mellom Bergen og Samnanger kommuner i Hordaland fylke. Innsjøen ligger i et område preget av lite skog, åpne heiområder og store årlige nedbørmengder. Generelt er innsjøene i området karakterisert som moderat forurenet (SFT 2006).

Tabell 2. Karakteristiske data for innsjøene.

Innsjø:	Kommune	NVE innsjønr	Koordinater nord-øst	Hoh, m
Ø. Lundetjern	Grimstad	11001	6469335 - 467106	126
N. Lundetjern	Grimstad	11001	6469115 - 467720	126
Krosshøl	Grimstad	10851	6475484 - 463482	166
Brekkevatnet	Bergen	26777	6694539 - 311911	324
Breisjøen	Oslo	2514	6650600 - 603885	248
Bindingsvatnet	Enebakk	5572	6629209 - 610303	172

Innsjø:	Innsjø- areal, km ²	Nedbørfelt- areal, km ²	Maks. dyp, m	Middel- dyp, m
Ø. Lundetjern	0,04	2,0	19	7,0
N. Lundetjern	0,08	2,6	25	8,5
Krosshøl	0,07	*30	<i>i.d.</i>	<i>i.d.</i>
Brekkevatnet	0,05	*0,3	16	<i>i.d.</i>
Breisjøen	0,21	3,7	34,5	10,1
Bindingsvatnet	0,62	51,1	<i>i.d.</i>	<i>i.d.</i>

* anslag

i.d. ikke data per i dag.

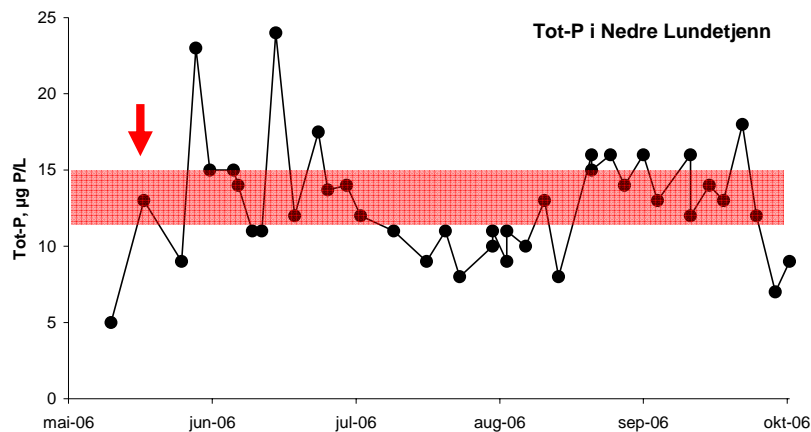
3. Foreløpig datagjennomgang

3.1 Eksperimentell fosfortilsetning til Nedre Lundetjenn

3.1.1 Vannkjemi

Fosforsyre, pH-justert med natronlut ble tilsatt fra båt hver uke eller evt. hver 14. dag gjennom vekstsesongen fra mai til oktober. Det ble til sammen benyttet 11,0 kg rent fosfor i løpet av forsøksperioden. Målet var å øke konsentrasjonen av total fosfor fra omlag 5 µg/l til 12-15 µg/L (**Figur 1**). Dette ble oppnådd i store deler av vekstsesongen, med unntak av noen uker fra midten av juli til begynnelsen av august, da tot-P konsentrasjonen lå i underkant av målet.

Den vannkjemiske sammensetningen i innsjøen er videre beskrevet i kapittel 3.2.1, samt i **Vedlegg 5.1**.



Figur 1. Konsentrasjon av total fosfor i Nedre Lundetjenn etter fosfortilsetning i 2006. Tidspunkt for start av fosfortilsetningen er markert med pil, og målområdet for forsøket er skravert.

3.1.2 Utvikling av kryptosiv i Øvre og Nedre Lundetjenn

En beskrivelse av utviklingen av kryptosiv i Øvre og Nedre Lundetjenn i perioden 1997-2001 og 2004 er gitt i Mjelde (2004).

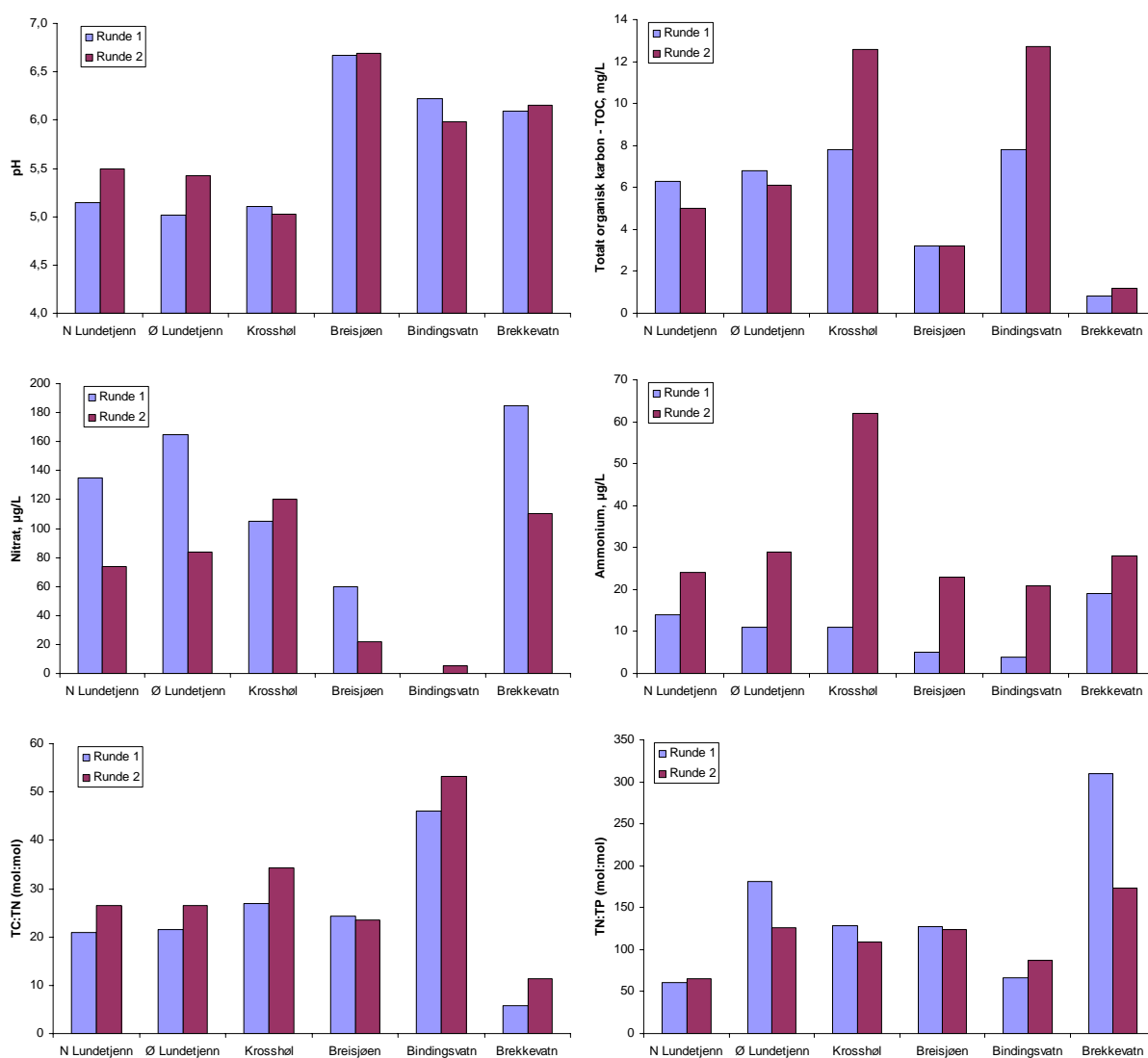
På våren (juni) 2006 viste kryptosiv-bestandene liknende utvikling i Øvre og Nedre Lundetjenn, med stor vinteroverlevelse, men med en del drivmateriale i buktene som tyder på noe vinteravgang. I begynnelsen av juni ble gammelt materiale observert i overflaten i begge innsjøene. Plantene i Øvre Lundetjenn hadde ingen framtrepende begroing på eller rundt seg, mens plantene i Nedre Lundetjenn hadde tydelig algebegroing (*Zygonium* sp.). Registreringene på høsten viste imidlertid klart mindre utbredelse av kryptosiv i Øvre Lundetjenn i forhold til tidligere år. Det ble ikke observert bestander i overflata, bare noen enkeltstående nær overflata. Friske grønne rosetter på grunt vann var vanligst. Algeskyer på plantene ble observert i nordøstre bukt.

I Nedre Lundetjenn ble det registrert svært frodige såter i ytre del av innløpsområdet, noen i overflata, ellers spredte såter opp mot overflata. Plantene gikk lett fra hverandre og enkelte såter så ut til å ha løsnet. Dette kan muligens være et tegn på begynnende oppløsning og reduksjon. Ellers var friskt grønne rosetter på grunt vann vanlig. Ingen tydelig algebegroing på plantene, men litt rester av trådformede grønnalger ble observert enkelte steder.

3.2 Nærmere studier av krypsiv langs en støkiometrisk gradient

3.2.1 Kjemiske undersøkelser

Innsjøene som var med i gradientundersøkelsene ble analysert med hensyn til en rekke vannkjemiske variable to ganger i løpet vekstsesongen i 2006. **Figur 2** viser en del av parametrene samt C:N og N:P forhold i innsjøene. Alle øvrige resultater ligger i **Vedlegg 5.1**. De tre innsjøene på Sørlandet har klart lavest pH, mens Breisjøen har de høyeste verdiene. Krosshøl og Bindingsvatn hadde de høyeste konsentrasjonene av total organisk karbon (TOC), spesielt i høstprøvene da verdiene oversteg 12 mg/L på begge lokaliteter. Konsentrasjonen av nitrat var omtrent på samme nivå i innsjøene på Sørlandet og Vestlandet, opp mot 200 µg N/L tidlig i vekstsesongen (juni). Bindingsvatn hadde de klart laveste nitratkonsentrasjonene under begge prøvetakingsrundene. Konsentrasjonene av ammonium var klart lavere enn nitrat i alle innsjøer, og verdiene var gjennomgående høyere i den andre prøvetakingsrunden som ble foretatt lengst ut i vekstsesongen. Den høyeste verdien (62 µg N/L) ble registrert i Krosshøl i slutten av september.



Figur 2. Vannkjemisk sammensetning i de seks innsjøene som var med i gradient-undersøkelsen. Total karbon (TC) er her definert som summen av totalt organisk karbon (TOC), totalt uorganisk karbon (UOC) og CO₂.

Forholdet mellom karbon og nitrogen lå mellom 20 og 35 i Sørlandssjøene, samt i Breisjøen. Bindingsvatn hadde det høyeste C:N forholdet (46-53), mens Brekkevatn hadde det klart laveste (6-11). Som forventet hadde Nedre Lundetjenn det laveste N:P forholdet blant innsjøene (61-65) pga. fosfortilsettingen. Bindingsvatn det laveste N:P forholdet blant de ikke-manipulerte innsjøene med verdier i området 66-87. Høyeste N:P forhold ble funnet i Brekkevatn på Vestlandet, spesielt på den første runden da forholdet var over 300.

I porevannet fra bunnsedimentet ble det målt fosfatkonsentrasjoner opp mot 34 µg P/L (**Vedlegg 5.2**). De høyeste konsentrasjonene ble målt tidlig i vekstsesongen i Øvre og Nedre Lundetjenn. Konsentrasjonen av ammonium i porevannet var betydelig høyere, 140-2150 µg N/L. Her ble de høyeste konsentrasjonene målt i høstprøvene. Laveste konsentrasjoner ble målt i Bindingsvatnet og Brekkevannet.

3.2.2 Beskrivelse av krypsiv-status i innsjøene

Krosshøl er en typisk problemvekstsjø, med rosetter med fjorårsskudd opp mot overflaten allerede på våren. Noe begroing med blågrønnalger ble observert på de nedre, eldre deler av plantene. På høsten dannet krypsiv massebestander, med såter i overflata flere steder. Plantene virket imidlertid litt slitne, noe som muligens skyldes begynnende høst-nedbrytning. Det ble ikke observert særlig algebegroing på plantene.

Brekkevatnet. På våren fantes store rosettplanter med fjorårsskudd opp mot overflata i det meste av littoralsonen. Bestandene hadde litt såtepreg, som tidligere observert i kalkede innsjøer. Det var tydelig belegg av "algefilt" på bunnen og på nedre plantedeler. På høsten ble krypsiv observert ned til 4 meters dyp rundt det meste av innsjøen, og spesielt tett i bukter med mest finsubstrat. De lengste såtene kom fra ca. 3 meters dyp og nådde til like under overflaten. Disse var enkeltstående, og selv om de så noe grå og visne ut hadde de meget friske årsskudd og noen grønne og røde blader i de eldre rosettene. Karakteristisk for årsskuddene var dannelse av rosettblader i hvert nodie og enkelte steder også nye røtter som ikke hadde hatt kontakt med sedimentet. Store deler av sedimentoverflaten hadde et markert dekke av blågrønnalgefilt. Noe blågrønnalgebelegg fantes også nederst på selve plantene.

Breisjøen. På våren ble det bare registrert små rosett-planter, med litt svartbrunt begroingsbelegg på enkelte blader. På høsten dominerte fortsatt rosettplanter, med få og korte årsskudd. En begrenset, frodig bestand med 40-50 cm lange årsskudd ble registrert i nordvestre bukt. Algebegroingen på plantene var svært sparsom.

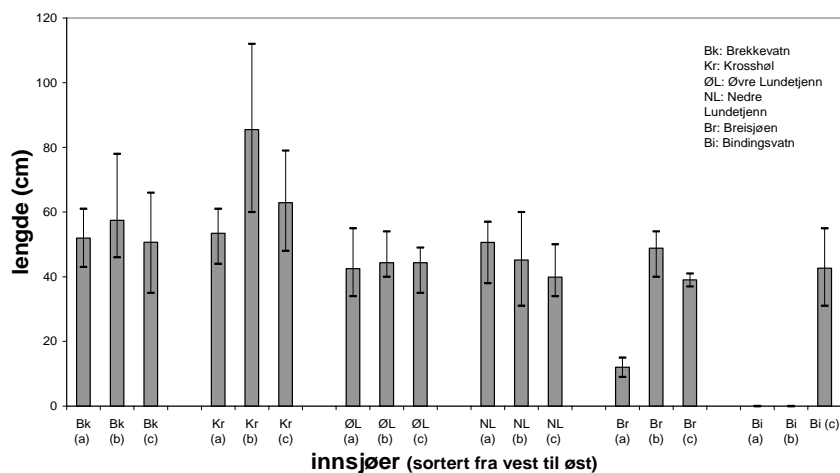
Bindingsvatnet. På våren fantes spredte planter i overflaten. Driv av krypsiv i et par bukter tydet på noe vinteravgang. Noe blågrønn algebegroing på eldre plantedeler ble registrert. På høsten var krypsivforekomstene svært variable. Det ble registrert én lokalitet med svært lange rosettblader og svært små årsskudd, én lokalitet hvor plantene var nesten borte i forhold til våren 2006 og én lokalitet med en frodig, men begrenset bestand, opp mot overflata. Noe "gammel" algebegroing ble registrert på enkelte planter. Forekomsten av krypsiv viste en klar tilbakegang i forhold til 2004 (Mjelde 2005).

3.2.3 Årsskudd krypsiv

Lengde av årsskudd har ofte vært brukt for å si noe om vitaliteten hos krypsivplanter (bl.a. Rørslett m.fl. 1990, Hobæk m.fl. 1996). Hobæk m.fl. (1996) foretok følgende inndeling: årsskudd <15 cm representerer rosettplanter med få eller lite vitale årsskudd, årsskudd på 15-30 cm representerer vitale planter som kan nå overflaten i grunne områder, årsskudd på >50 cm representerer aggressive vertikalskudd som kan danne overflatematter. Imidlertid vil frodigheten i planteveksten, bl.a. lengden av års-

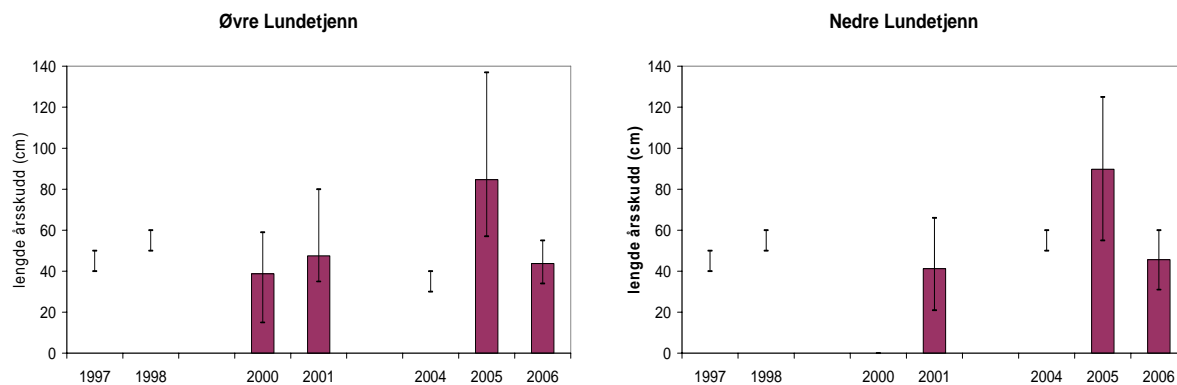
skuddene, variere med klimatiske og hydrologiske forhold. Frodigheten vil også variere med substratet, bl.a. har planten kraftigst vekst i områder med mudderbunn.

De lengste årsskuddene av krypsiv (opptil 100-110 cm) ble registrert på en av lokalitetene i Krosshøl (**Figur 3**). Dette er innsjøen med de frodigste krypsivbestandene. Også Brekkevatnet hadde noe lengre årsskudd i forhold til de øvrige innsjøene. I de øvrige innsjøene varierte lengden på årsskuddene stort sett mellom 40 og 60 cm.



Figur 3. Lengde av årsskudd i undersøkte innsjøer i 2006.

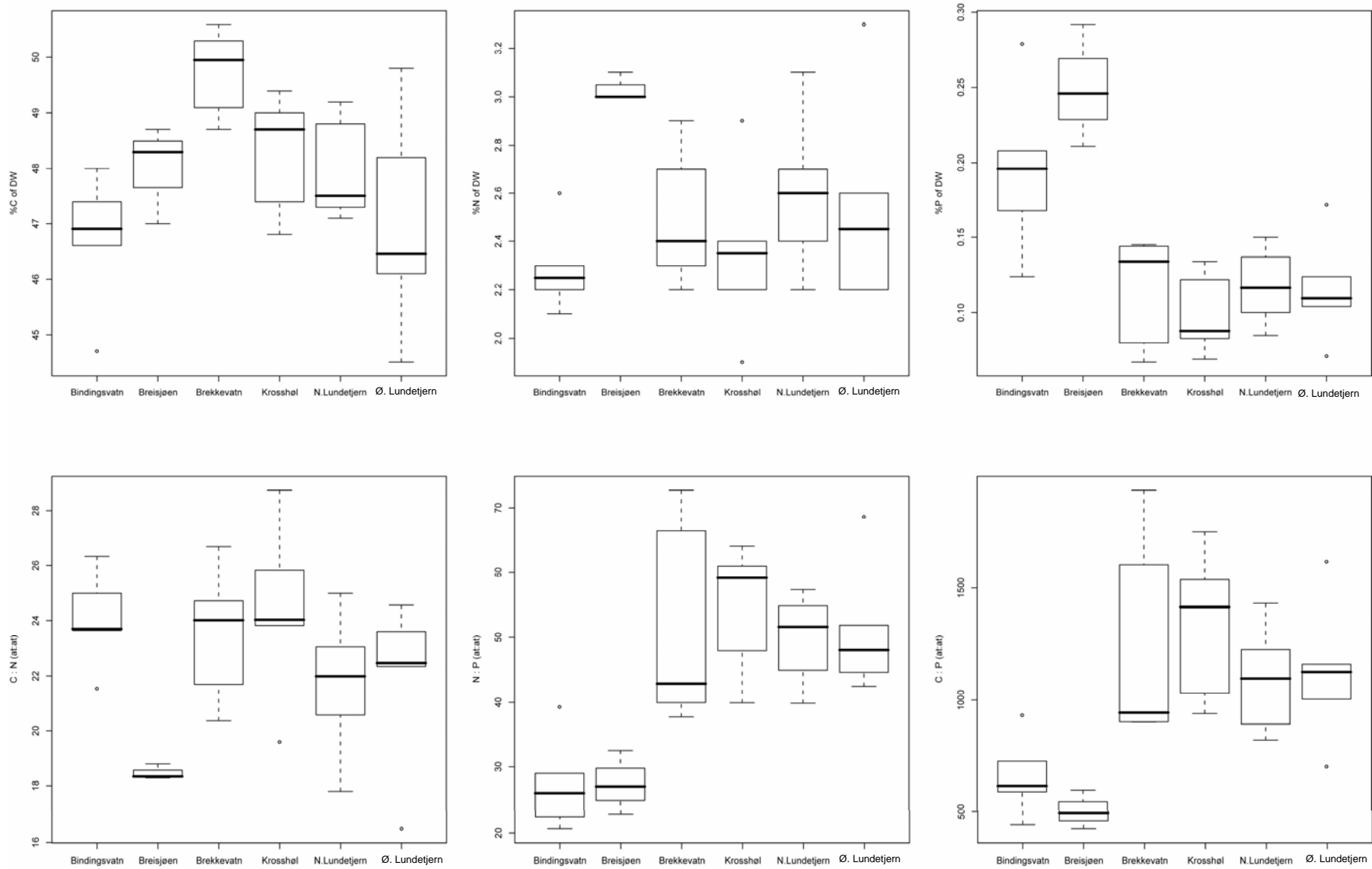
I Øvre og Nedre Lundetjenn var årsskuddene i samme størrelsesorden som tidligere år, både før og etter første gjødslingsperiode (**Figur 4**). De lange årsskuddene i 2005 kan skyldes klimaforholdene, eventuelt en forsinket effekt av tilsetningen av kalksalpeter i innløpsbakkene til Øvre Lundetjenn i 2002 (se Mjelde 2004).



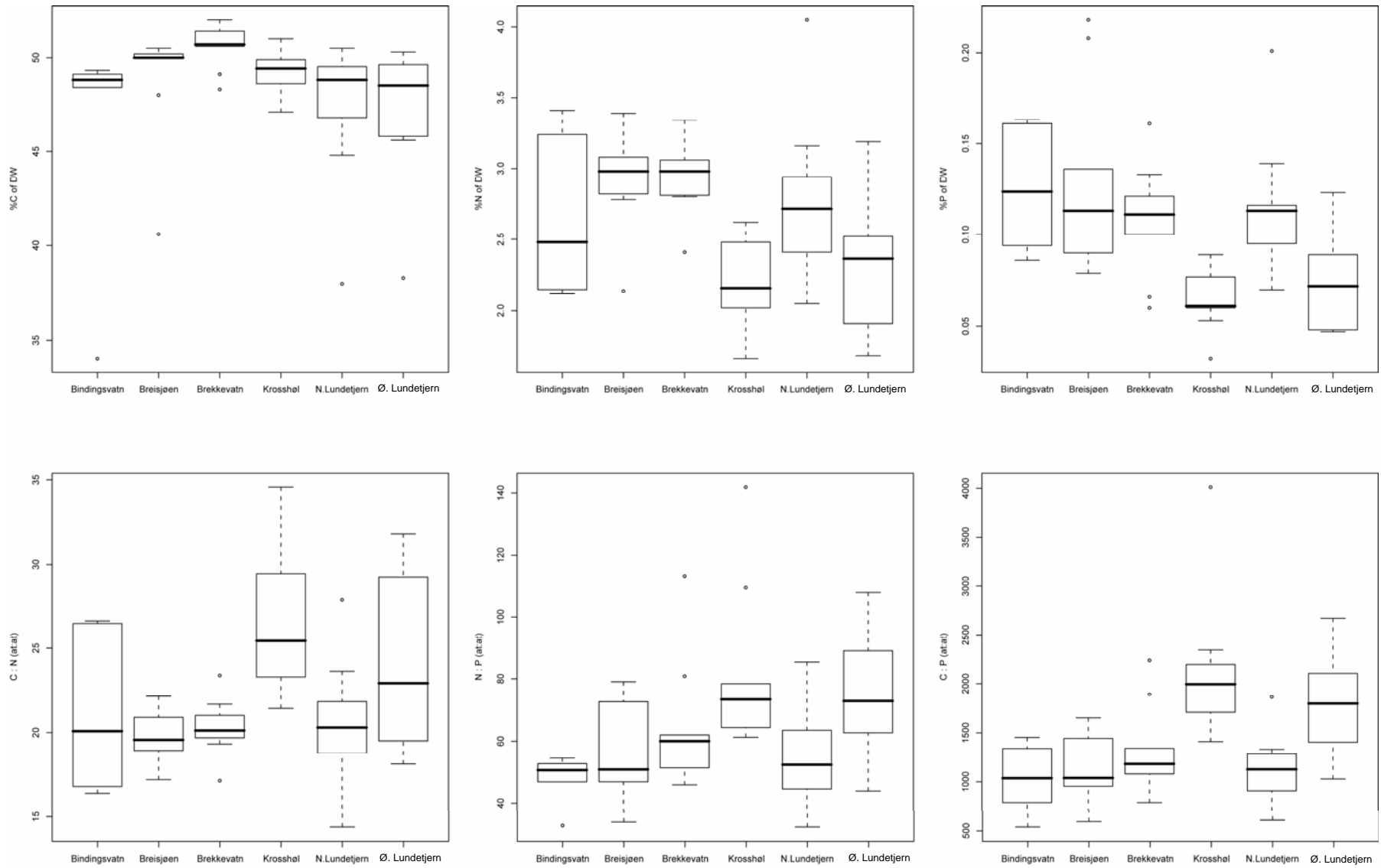
Figur 4. Lengder av årsskudd i Øvre og Nedre Lundetjenn 1997-2006. Kun maks- og min-verdier tilgjengelig for årene 1997, 1998 og 2004.

3.2.4 Elementinnhold i krypsiv

Elementinnholdet i krypsivplantene på våren viste klare forskjeller mellom innsjøer med såtevekst/problemvekst og de med dårligere vekst (**Figur 5**). Ellers var det en tendens til noe lavere N:P og C:P i rosetter enn i hele planter (bulk). Denne forskjellen var imidlertid på langt nær så stor som mellom innsjøene.

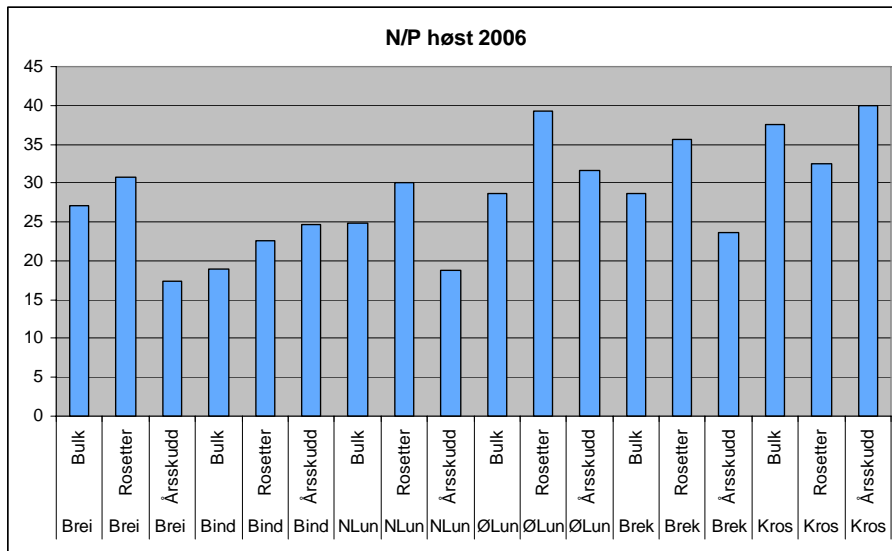


Figur 5. Elementinnhold i *Juncus bulbosus* juni 2006. Samlet for alle prøvetyper (bulk, rosetter, årsskudd).



Figur 6. Elementinnhold i *Juncus bulbosus* september 2006. Samlet for alle prøvetyper (bulk, rosetter, årsskudd).

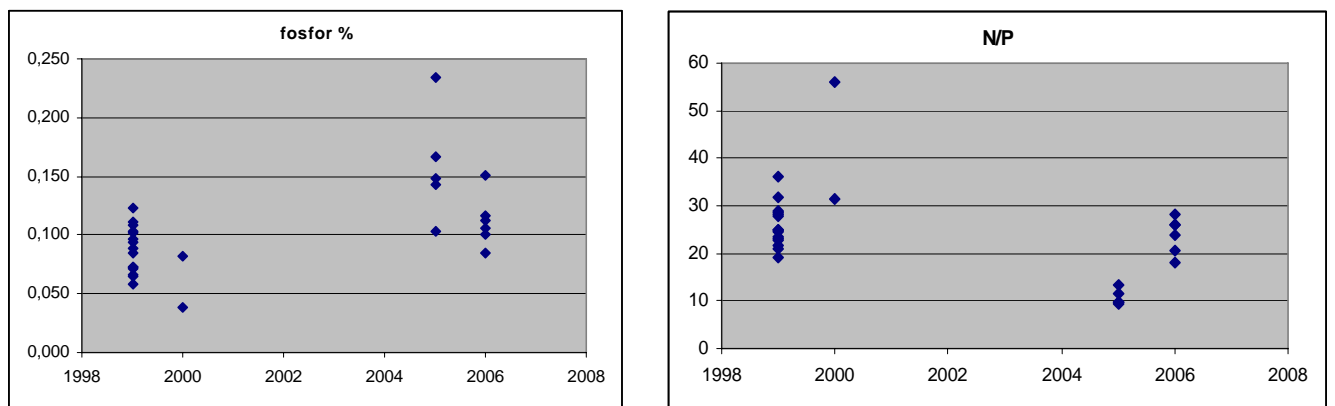
Forskjellene i elementinnhold var mindre utpreget i høstprøvene (**Figur 6**). Det var imidlertid fortsatt en tendens til lavest fosforinnhold og tilsvarende høyest N:P i krypsivplantene fra innsjøer med såtevekst/ problemvekst (Øvre Lundetjenn, Brekkevatn og Krosshøl). På høsten var det en tendens til høyere N:P forhold i rosetter enn i bulkprøver, altså motsatt av situasjonen tidligere på året (**Vedlegg 5.3; Figur 7**). N:P forholdet i årsskuddene varierte mer i forhold til de øvrige prøvetypene, og det så ikke ut til å være noen klar sammenheng mellom nivået i årsskuddene og såtevekst av krypsiv.



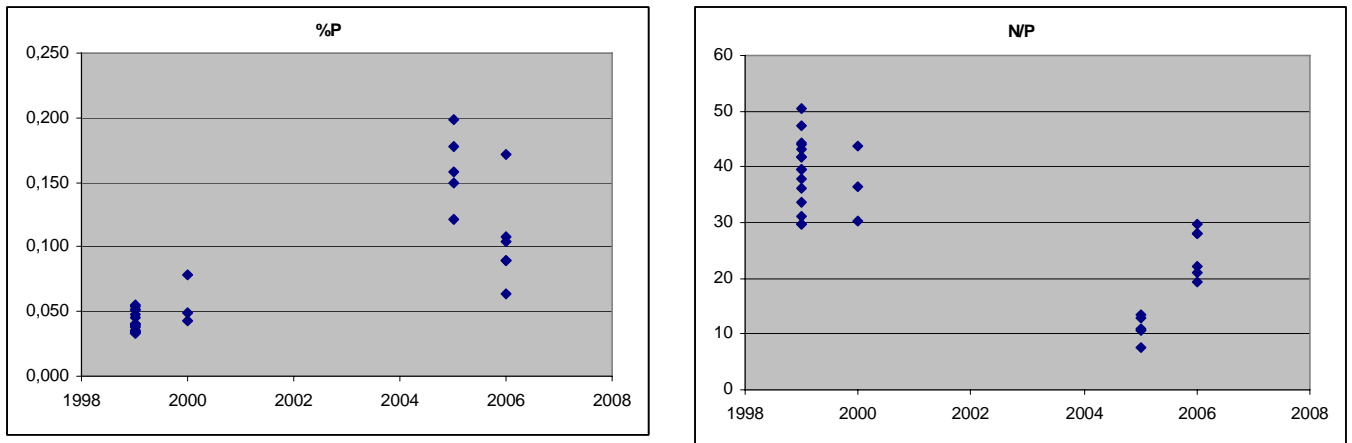
Figur 7. N:P-forhold i bulk, rosetter og årsskudd høsten 2006. Sortert etter økende såtevekst av krypsiv.

Vi har også sammenliknet elementinnholdet i bulk-prøver for Nedre Lundetjenn med tidligere år (**Figur 8, Vedlegg 5.3**). Fosforinnholdet i plantene var lavere i 2006 enn i 2005 og omtrent på samme nivå som første år av forrige gjødslingsperiode (1999). Fosforinnholdet viste tendens til nedgang, og N:P forholdet tilsvarende økning, fra 1999 til 2000, den gang antatt å ha sammenheng med den massive algebegroingen (Mjelde 2004). Vi forventer tilsvarende nedgang i fosfor i 2007 og en samtidig økning i N:P.

Fosforinnholdet i Øvre Lundetjenn viste en svak økende tendens i 2000 i forhold til 1999 (**Figur 9, Vedlegg 5.3**). Begge Lundetjennene hadde for øvrig relativt høyt P innhold og tilsvarende lavt N:P forhold i 2005. Årsaken til dette er foreløpig uklar.



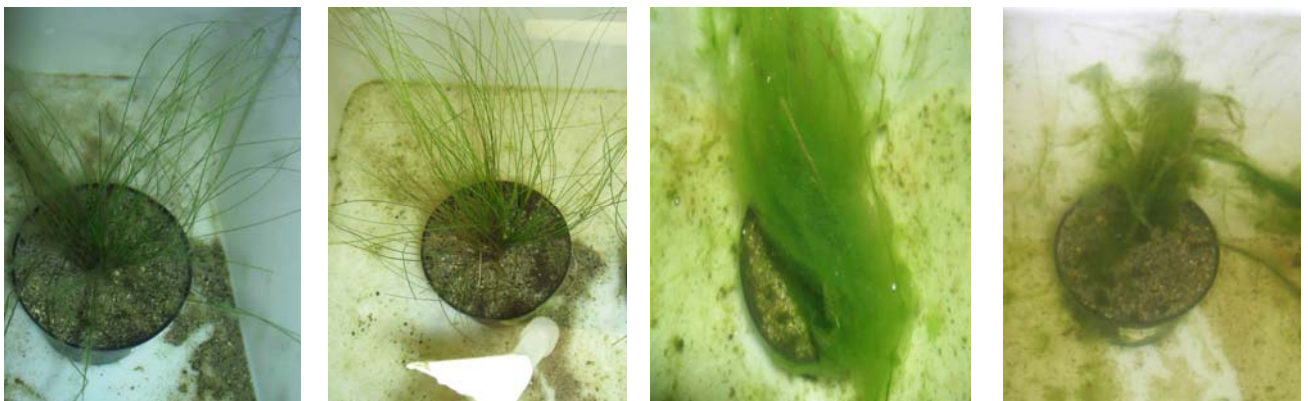
Figur 8. Elementinnholdet i bulk-prøver fra Nedre Lundetjenn i perioden 1998-2006.



Figur 9. Elementinnholdet i bulk-prøver fra Øvre Lundetjenn i perioden 1998-2006.

3.3 Eksperimentelle vekstforsøk med krypsiv i akvarier

Tilsetningsforsøkene i laboratoriet viste klare forskjeller i krypsivveksten (**Figur 10**). Krypsivplantene i karet tilsatt nitrogen viste god og tydelig vekst. Plantene dannet nye skudd både i morplanten og i sedimentet. Røttene vokste ut av pottene og forgreningene av røtter holdt sedimentet godt sammen. Det ble ikke observert begroingsalger på plantene. I kontrollkassen hadde krypsiv noe mindre vekst enn i kassen med nitrogentilsetning, samt svak vekst av begroingsalger. Plantene tilsatt fosfor og fosfor + nitrogen hadde ved samme tidspunkt dårlig vekst og ingen nye skudd, og var dekket med begroingsalger. Ved høstingstidspunktet ble det i karet tilsatt fosfor registrert skjøre røtter og skudd i ferd med å visne.



Kontroll

Tilsatt nitrogen

Tilsatt fosfor

Tilsatt nitrogen+fosfor

Figur 10. Planter i kassene med ulik næringstilsetning. Bildene er tatt 3.oktober 2006, ca. 3,5 måned etter tilsetning.

I løpet av forsøksperioden viste krypsivplantene i kontrollen og karet tilsatt N en gjennomsnittlig økning i bladlengder på hhv. 7 og 8 cm. Karene tilsatt P viste minimal økning (0,1 cm) mens plantene i karet tilsatt P+N viste en reduksjon i bladlengde på 2 cm (**Vedlegg 5.5**).

Kontrollen og karet tilsatt N hadde ved høstingstidspunktet nesten 3 ganger så mange grønne skudd som karene med P eller P+N tilsetning (**Tabell 3**). Forsøket viser altså klart at nitrogentilsetning fremmer veksten av krypsiv mens tilsetning av fosfor hemmer og reduserer veksten. Laboratorieforsøkene bekrefter dermed resultatene fra storskalaforsøkene i Nedre Lundetjenn (Mjelde 2004).

Plantene i kassene med P tilsetning hadde massiv algebegroing (**Tabell 4**). Dette antas å ha stor betydning for veksten av krypsiv, men det er usikkert på hvilken måte dette påvirker plantene. Temaet vil imidlertid bli studert videre i oppfølgende vekstforsøk i forbindelse med forskningsprosjektet JUNCUS som startet med finansiering fra Norges forskningsråd i 2007.

Tabell 3. Antall grønne skudd på krypsivplantene ved høsting 3. oktober 2006

	Plante 1	Plante 2	Plante 3	Plante 4
Kontroll	40 (+1 nytt)	48	81	73 (+1 nytt)
+ nitrogen (N)	60 (+5 nye)	27	95	103 (+3 nye)
+ fosfor (P)	35	4 (+1 nytt)	24 (+3 nye)	35
+ nitrogen og fosfor	11	9	16	16

Tabell 4. Biomasse av begroingsalger i kassene ved høstingstidspunktet, gitt som mg tørrvekt.

Kasse 1	Kasse 2 (+N)	Kasse 3 (+P)	Kasse 4 (+N og P)
11	0	314	404

4. Referanser

- Donali, E., Brettum, P., Kaste, Ø., Løvik, J.E., Lyche-Solheim, A., Andersen, T. 2005. Pelagic response of a humic lake to three years of phosphorus addition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 322-332.
- Hobæk, A., Bjerknes, V., Brandrud, T.E. og Bækken, T. 1996. Evaluering av fullkalkete innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr og dyreplankton. NIVA-rapport 3385, 81 s.
- Johansen, S.W., Brandrud, T.E., Mjelde, M. 2000. Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv. Kunnskapsstatus. NIVA-rapport 4321, 67 s.
- Kaste, Ø., Lyche-Solheim, A. 2005. Influence of moderate phosphate addition on nitrogen retention in a Norwegian acid-sensitive lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 312-321.
- Lydersen, E., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Lien, L., Lindstrøm, E-A., Mjelde, M., Oredalen, T.J., Solheim, A.L., og Rørslett, B. 2000. Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999. - Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet. NIVA-rapport 4307, 167 s.
- Mjelde, M. 2004. Utvikling av krypsiv - *Juncus bulbosus* - i Øvre og Nedre Lundetjern. NIVA-rapport 4881, 17 s.
- Mjelde, M. 2005. Vansjø-Hobøl-vassdraget. Økologisk status for vannvegetasjon i 2004. NIVA-rapport 5036, 18 s.
- Rørslett, B., Brandrud, T.E., Johansen, S.W. 1990. Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 2442, 117 s.
- SFT, 2006. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – effekter 2005. Statlig program for forurensningsovervåking 970/2006. TA-2205/2006, 172 s.

5. Vedlegg

5.1 Kjemi – overflatevann

A) Innsjødata fra 2005 og 2006:

Lok nr.	Navn	Dato	pH	KOND mS/m	ALK mmol/l	Tot-P/L µg/l P	PO4-P µg/l P	Tot-N/L µg/l N	NH4-N µg/l N	NO3-N µg/l N	TOC mg/l C	UOC mg/l C	CO2 mg/l C	Ca mg/l
1	Utløp N Lundetjenn	12.07.2005	4,89		0,020	5	<1	400	21	145	4,3			
1	Utløp N Lundetjenn	26.07.2005	5,03		0,026	6	4	420	10	145	4,1	0,47	0,48	
1	Utløp N Lundetjenn	02.09.2005	5,01		0,024	8	<1	350	19	120	4,4	0,72	0,73	
1	Utløp N Lundetjenn	28.09.2005	5,04		0,029	5	<1	365	22	125	4,3	0,72	0,78	
1	Utløp N Lundetjenn	24.10.2005	4,98		0,027	10	<1	415	38	170	5,7	1,3	1,2	
1	Utløp N Lundetjenn	11.05.2006	5,00	3,05		5	<1	490	38	195	5,7	1,3	1,3	0,81
1	Utløp N Lundetjenn	06.06.2006	5,15	2,87		15	1	410	14	135	6,3	0,54	0,51	0,77
1	Utløp N Lundetjenn	10.07.2006	5,50	2,80		11	3	325	24	74	5,0	1,2	1,2	0,80
2	Utløp Ø Lundetjenn	12.07.2005	4,88		0,022	6	<1	355	<5	100	4,6			
2	Utløp Ø Lundetjenn	26.07.2005	5,11		0,029	8	1	355	12	56	4,5	1,1	1,1	
2	Utløp Ø Lundetjenn	02.09.2005	5,07		0,027	13	<1	390	22	110	5,1	0,95	0,86	
2	Utløp Ø Lundetjenn	28.09.2005	5,17		0,035	8	<1	425	28	120	5,0	1,3	1,4	
2	Utløp Ø Lundetjenn	24.10.2005	4,95		0,027	9	<1	435	35	170	6,8	1,6	1,5	
2	Utløp Ø Lundetjenn	11.05.2006	4,95	3,32		4	<1	490	50	210	5,4	1,9	1,6	0,86
2	Utløp Ø Lundetjenn	06.06.2006	5,02	2,78		5	<1	410	11	165	6,8	0,56	0,21	0,70
2	Utløp Ø Lundetjenn	10.07.2006	5,43	2,65		7	1	400	29	84	6,1	1,5	1,5	0,78
3	Krosshøl	01.06.2006	5,11	2,10		7	1	405	11	105	7,8	0,76	0,8	0,54
3	Krosshøl	27.09.2006	5,03	2,44		11	2	540	62	120	12,6	1,8	1,5	1,11
4	Breisjøen	14.06.2006	6,67	2,75		4	<1	230	5	60	3,2	1,0	0,6	2,44
4	Breisjøen	12.10.2006	6,69	2,82		5	<1	280	23	22	3,2	1,5	0,93	2,78
5	Bindingsvatn	14.06.2006	6,22	3,21		8	2	240	4	<1	7,8	0,97	0,7	2,30
5	Bindingsvatn	12.10.2006	5,98	3,72		9	2	355	21	5	12,7	1,8	1,7	3,00
6	Brekkevatt	13.06.2006	6,09	1,62		2	<1	280	19	185	0,84	0,32	0,22	0,74
6	Brekkevatt	11.10.2006	6,15	1,65		3	<1	235	28	110	1,2	0,62	0,47	0,95

B) Fosfordata fra Nedre Lundetjenn i forbindelse med fosfortilsetning sommeren 2006

Lok. nr.	Navn	I = innsjø U = utløp	Dato	Tot-P/L µg/l P
1	Utløp N Lundetjenn	U	11.05.2006	5
5	N Lundetjenn	I	18.05.2006	13
5	N Lundetjenn	I	26.05.2006	9
1	Utløp N Lundetjenn	U	29.05.2006	23
5	N Lundetjenn	I	01.06.2006	15
1	Utløp N Lundetjenn	U	06.06.2006	15
5	N Lundetjenn	I	07.06.2006	14
1	Utløp N Lundetjenn	U	10.06.2006	11
1	Utløp N Lundetjenn	U	12.06.2006	11
5	N Lundetjenn	I	15.06.2006	24
1	Utløp N Lundetjenn	U	19.06.2006	12
5	N Lundetjenn	I	24.06.2006	18
1	Utløp N Lundetjenn	U	26.06.2006	14
5	N Lundetjenn	I	30.06.2006	14
1	Utløp N Lundetjenn	U	03.07.2006	12
1	Utløp N Lundetjenn	U	10.07.2006	11
1	Utløp N Lundetjenn	U	17.07.2006	9
5	N Lundetjenn	I	21.07.2006	11
1	Utløp N Lundetjenn	U	24.07.2006	8
1	Utløp N Lundetjenn	U	31.07.2006	10
5	N Lundetjenn	I	31.07.2006	11
1	Utløp N Lundetjenn	U	03.08.2006	9
5	N Lundetjenn	I	03.08.2006	11
1	Utløp N Lundetjenn	U	07.08.2006	10
5	N Lundetjenn	I	11.08.2006	13
1	Utløp N Lundetjenn	U	14.08.2006	8
1	Utløp N Lundetjenn	U	21.08.2006	16
5	N Lundetjenn	I	21.08.2006	15
5	N Lundetjenn	I	25.08.2006	16
1	Utløp N Lundetjenn	U	28.08.2006	14
5	N Lundetjenn	I	01.09.2006	16
1	Utløp N Lundetjenn	U	04.09.2006	13
1	Utløp N Lundetjenn	U	11.09.2006	16
5	N Lundetjenn	I	11.09.2006	12
5	N Lundetjenn	I	15.09.2006	14
1	Utløp N Lundetjenn	U	18.09.2006	13
5	N Lundetjenn	I	22.09.2006	18
1	Utløp N Lundetjenn	U	25.09.2006	12
5	N Lundetjenn	I	29.09.2006	7
1	Utløp N Lundetjenn	U	02.10.2006	9

5.2 Porevannskjemi

Lok nr.	Navn	Dato	PO4-P µg/l P	NH4-N µg/l N
1	Øvre Lundetjern	01.06.2006	34	930
1	Øvre Lundetjern	26.09.2006	<1	2150
2	Nedre Lundetjern	01.06.2006	26	1350
2	Nedre Lundetjern	26.09.2006	<1	1400
3	Krosshøl	01.06.2006	22	1200
3	Krosshøl	27.09.2006	1	1700
4	Breisjøen	14.06.2006	2	1850
4	Breisjøen	12.10.2006	<1	2450
5	Bindingsvatnet	14.06.2006	5	770
5	Bindingsvatnet	12.10.2006	<1	440
6	Brekkevatnet	13.06.2006	19	140
6	Brekkevatnet	11.10.2006	<1	240

5.3 Elementinnhold i plantemateriale

A) Fra gradientforsøkene våren (V) og høsten (H) 2006

Sesong	Lokalitet	del	%N(DW)	%C(DW)	%P(DW)
V	Bindingsvatn	Bulk	2.20	44.7	0.124
V	Bindingsvatn	Bulk	2.10	47.4	0.208
V	Bindingsvatn	Bulk	2.20	47.1	0.168
V	Bindingsvatn	Rosetter	2.60	48.0	0.279
V	Bindingsvatn	Rosetter	2.30	46.7	0.199
V	Bindingsvatn	Rosetter	2.30	46.6	0.193
V	Breissjøen	Rosetter	3.10	48.7	0.211
V	Breissjøen	Rosetter	3.00	48.3	0.292
V	Breissjøen	Rosetter	3.00	47.0	0.246
V	Brekkevatn	Bulk	2.20	50.3	0.067
V	Brekkevatn	Bulk	2.40	49.1	0.133
V	Brekkevatn	Bulk	2.40	49.7	0.080
V	Brekkevatn	Rosetter	2.30	48.7	0.135
V	Brekkevatn	Rosetter	2.70	50.2	0.144
V	Brekkevatn	Rosetter	2.90	50.6	0.145
V	Krosshøl	Bulk	1.90	46.8	0.069
V	Krosshøl	Bulk	2.30	47.4	0.086
V	Krosshøl	Bulk	2.20	48.7	0.122
V	Krosshøl	Rosetter	2.40	49.0	0.090
V	Krosshøl	Rosetter	2.40	49.4	0.083
V	Krosshøl	Rosetter	2.90	48.7	0.134
V	Nedre Lundetjern	Bulk	2.20	47.1	0.085
V	Nedre Lundetjern	Bulk	2.70	47.6	0.150
V	Nedre Lundetjern	Bulk	2.40	47.4	0.100
V	Nedre Lundetjern	Rosetter	3.10	47.3	0.137
V	Nedre Lundetjern	Rosetter	2.60	49.2	0.128
V	Nedre Lundetjern	Rosetter	2.60	48.8	0.105
V	Øvre Lundetjern	Bulk	3.30	46.6	0.172
V	Øvre Lundetjern	Bulk	2.20	46.3	0.104
V	Øvre Lundetjern	Bulk	2.40	46.1	0.108
V	Øvre Lundetjern	Rosetter	2.20	44.5	0.071
V	Øvre Lundetjern	Rosetter	2.50	48.2	0.124
V	Øvre Lundetjern	Rosetter	2.60	49.8	0.111
H	Bindingsvatn	Bulk	2.42	34.0	0.163
H	Bindingsvatn	Bulk	2.15	48.8	0.094
H	Bindingsvatn	Rosetter	3.41	49.1	0.161
H	Bindingsvatn	Rosetter	3.24	49.3	0.136
H	Bindingsvatn	Rosetter	2.54	48.8	0.111
H	Bindingsvatn	Årsskudd	2.12	48.4	0.086
H	Breissjøen	Bulk	2.82	50.5	0.079
H	Breissjøen	Bulk	3.04	50.2	0.136
H	Breissjøen	Bulk	3.08	50.0	0.134
H	Breissjøen	Rosetter	2.78	50.1	0.083
H	Breissjøen	Rosetter	2.98	50.0	0.113
H	Breissjøen	Rosetter	2.95	50.3	0.090
H	Breissjøen	Årsskudd	2.14	40.6	0.101
H	Breissjøen	Årsskudd	3.39	50.0	0.218
H	Breissjøen	Årsskudd	3.19	48.0	0.208
H	Brekkevatn	Bulk	2.41	48.3	0.066
H	Brekkevatn	Bulk	2.91	50.6	0.111
H	Brekkevatn	Bulk	2.81	50.6	0.121
H	Brekkevatn	Rosetter	3.07	52.0	0.060
H	Brekkevatn	Rosetter	2.98	51.4	0.108
H	Brekkevatn	Rosetter	2.80	52.0	0.100
H	Brekkevatn	Årsskudd	3.34	49.1	0.161
H	Brekkevatn	Årsskudd	3.01	50.8	0.111
H	Brekkevatn	Årsskudd	3.06	50.7	0.133
H	Krosshøl	Bulk	2.16	47.1	0.061
H	Krosshøl	Bulk	2.48	48.6	0.089
H	Krosshøl	Bulk	2.62	48.1	0.053
H	Krosshøl	Rosetter	2.34	49.9	0.077
H	Krosshøl	Rosetter	2.02	51.0	0.060
H	Krosshøl	Rosetter	2.55	50.9	0.077
H	Krosshøl	Årsskudd	2.05	49.7	0.032
H	Krosshøl	Årsskudd	1.86	49.4	0.064
H	Krosshøl	Årsskudd	1.66	49.2	0.060
H	Nedre Lundetjern	Bulk	3.16	49.5	0.112
H	Nedre Lundetjern	Bulk	2.73	46.8	0.106
H	Nedre Lundetjern	Bulk	2.41	48.8	0.116
H	Nedre Lundetjern	Rosetter	2.70	50.5	0.070
H	Nedre Lundetjern	Rosetter	2.58	44.8	0.090
H	Nedre Lundetjern	Rosetter	2.10	38.0	0.114
H	Nedre Lundetjern	Rosetter	4.05	50.0	0.116
H	Nedre Lundetjern	Årsskudd	2.05	49.0	0.095
H	Nedre Lundetjern	Årsskudd	2.94	47.3	0.201
H	Nedre Lundetjern	Årsskudd	2.80	48.8	0.139
H	Øvre Lundetjern	Bulk	2.52	48.4	0.089
H	Øvre Lundetjern	Bulk	2.47	45.6	0.089
H	Øvre Lundetjern	Bulk	1.91	47.9	0.064
H	Øvre Lundetjern	Rosetter	2.29	38.3	0.047
H	Øvre Lundetjern	Rosetter	3.19	49.6	0.075
H	Øvre Lundetjern	Rosetter	2.19	50.3	0.069
H	Øvre Lundetjern	Rosetter	3.13	50.1	0.092
H	Øvre Lundetjern	Årsskudd	1.68	45.8	0.048
H	Øvre Lundetjern	Årsskudd	2.44	49.0	0.123
H	Øvre Lundetjern	Årsskudd	1.89	48.6	0.047

B) Tidligere analyser fra Øvre Lundetjenn (ØL).

Innsjø	lok.	år	dato	BULK			ROSETTER			ÅRSSKUDD		
				%P	%N	%C	%P	%N	%C	%P	%N	%C
ØL	A-III	1999	juli	0,038	1,68	40,6						
ØL	A-III	1999	juli	0,034	1,63	41,8						
ØL	A-III	1999	juli	0,036	1,56	42,3						
ØL	A-III	1999	juli	0,039	1,55	41,8						
ØL	A-III	1999	juli	0,048	1,82	40,0						
ØL	A-I a	1999	juli	0,052	1,62	41,8						
ØL	A-I	1999	juli	0,034	1,71	40,6						
ØL	A-I	1999	juli	0,040	1,67	40,6						
ØL	A-I	1999	juli	0,035	1,53	41,6						
ØL	A-I	1999	juli	0,054	1,60	41,2						
ØL	A-I	1999	aug.	0,041	1,60	40,8						
ØL	A-I	1999	aug.	0,052	1,74	42,1						
ØL	A-I	1999	aug.	0,055	1,64	42,5						
ØL	A-I	1999	aug.	0,046	1,66	43,2						
ØL	A-I	1999	aug.	0,033	1,37	43,3						
						0,0						
ØL	vest	2000	sept.	0,043	1,87	41,0						
ØL	nord	2000	sept.	0,049	1,79	42,5						
ØL	bekk	2000	sept.	0,079	2,39	43,2						
						0,0						
ØL	A	2005	31.aug	0,199	1,52	42,9						
ØL	B	2005	31.aug	0,121	1,64	42,8						
ØL	C	2005	31.aug	0,178	2,28	41,5						
ØL	D	2005	31.aug	0,159	1,74	43,0						
ØL	F	2005	31.aug	0,150	1,61	42,4						
ØL	A	2006	31.mai	0,172	3,30	46,6	0,124	2,50	48,2			
ØL	B	2006	31.mai	0,108	2,40	46,1	0,071	2,20	44,5			
ØL	C	2006	31.mai	0,104	2,20	46,3	0,111	2,60	49,8			
ØL	A	2006	26.sep	0,089	2,50	48,4	0,047	2,30	38,3	0,048	1,70	45,8
ØL	B	2006	26.sep	0,089	2,50	45,6	0,075	3,20	49,6	0,123	2,40	49,0
ØL	C	2006	26.sep	0,064	1,90	47,9	0,069	2,20	50,3	0,047	1,90	48,6

C) Tidligere analyser fra Nedre Lundetjenn (NL).

Innsjø	lok.	år	dato	BULK			ROSETTER			ÅRSSKUDD		
				%P	%N	%C	%P	%N	%C	%P	%N	%C
NL	B-II	1999	aug.	0,111	2,33	43,0						
NL	B-II	1999	aug.	0,101	2,19	42,9						
NL	B-II	1999	aug.	0,093	2,34	41,7						
NL	B-II	1999	aug.	0,103	2,37	43,9						
NL	B-II	1999	aug.	0,059	2,12	43,3						
NL	B-II	1999	aug.	0,089	2,10	43,0						
NL	B-III	1999	aug.	0,109	2,73	41,7						
NL	B-III	1999	aug.	0,123	2,38	42,6						
NL	B-III	1999	aug.	0,097	2,37	41,9						
NL	B-III	1999	aug.	0,072	2,10	42,1						
NL	B-III	1999	aug.	0,066	1,87	42,4						
NL	B-III	1999	aug.	0,085	1,93	42,6						
NL	B-III	1999	aug.	0,065	2,06	42,0						
NL	B-III	1999	aug.	0,073	2,06	41,8						
NL	B-III	1999	aug.	0,071	1,98	42,2						
NL	nord	2000	sept.	0,038	2,14	36,6						
NL	vest	2000	sept.	0,082	2,57	38,8						
NL	A	2005	31.aug	0,103	1,38	43,1						
NL	B	2005	31.aug	0,167	1,63	42,6						
NL	C	2005	31.aug	0,143	1,41	43,1						
NL	Ea	2005	31.aug	0,235	2,20	40,8						
NL	Ec	2005	31.aug	0,148	1,69	41,0						
NL	A	2006	31.mai	0,085	2,20	47,1	0,128	2,60	49,2			
NL	B	2006	31.mai	0,150	2,70	47,6	0,137	3,10	47,3			
NL	C	2006	31.mai	0,100	2,40	47,4	0,105	2,60	48,8			
NL	A	2006	26. sept.	0,112	3,16	49,5	0,070	2,70	50,5	0,095	2,05	49,0
NL	B	2006	26. sept.	0,106	2,73	46,8	0,090	2,58	44,8	0,201	2,94	47,3
NL	C	2006	26. sept.	0,116	2,41	48,8	0,114	2,10	38,0	0,139	2,80	48,8

5.4 Sedimentkjemi

Analyse-resultatene var ikke klare da denne rapporten ble trykket

5.5 Vekstforsøk

Bladlengder av krypsivplanter i vekstforsøkene

Krypsiv juni 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1 før plantr	09-Jun	10	12	15	16
Akvarium 2 før	09-Jun	13	14	15	18
Akvarium 3 før	09-Jun	16	16	14	16
Akvarium 4 før	09-Jun	14,5	14	14,5	14
Krypsiv juni 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	09-Jun	15	16,5	16	19
Akvarium 2	09-Jun	18	16,5	18	19
Akvarium 3	09-Jun	18	15	15	20,5
Akvarium 4	09-Jun	15	20	18,5	17
Krypsiv juni 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	22-Jun	15	17	18	19
Akvarium 2	22-Jun	19	16	21	21
Akvarium 3	22-Jun	20	18	16	21
Akvarium 4	22-Jun	18	20	19	19
Krypsiv juni 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	30-Jun	15	16	18	21
Akvarium 2	30-Jun	18	16	19	21
Akvarium 3	30-Jun	20	16	16	21
Akvarium 4	30-Jun	18	22	19	17
Krypsiv juli 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	07-Jul	15	16	18	21
Akvarium 2	07-Jul	17	16	18	20
Akvarium 3	07-Jul	19	14	19	21
Akvarium 4	07-Jul	19	20	19	17
Krypsiv juli 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	14-Jul	14	15	19	22
Akvarium 2	14-Jul	16	14	17	20
Akvarium 3	14-Jul	17	14	19	21
Akvarium 4	14-Jul	19	19	19	17
Krypsiv juli 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	21-Jul	14	16	19	21
Akvarium 2	21-Jul	17	14	18	21
Akvarium 3	21-Jul	18	14	18	21
Akvarium 4	21-Jul	21	21	18	18
Krypsiv juli 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	28-Jul	16	17	20	22
Akvarium 2	28-Jul	18	15	20	22
Akvarium 3	28-Jul	19	14	19	22
Akvarium 4	28-Jul	21	21	18	18
Krypsiv august 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	03-Aug	18	17	20	22
Akvarium 2	03-Aug	17	18	21	22
Akvarium 3	03-Aug	20	14	19	22
Akvarium 4	03-Aug	25	21	18	18
Krypsiv august 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	11-Aug	19	18	20	22
Akvarium 2	11-Aug	19	20	23	25
Akvarium 3	11-Aug	21	14	20	22
Akvarium 4	11-Aug	25	21	19	19
Krypsiv august 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	18-Aug	19	19	18	22
Akvarium 2	18-Aug	19	19	24	25
Akvarium 3	18-Aug	20	14	20	22
Akvarium 4	18-Aug	25	21	19	19
Krypsiv august 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	25-Aug	19	20	19	20
Akvarium 2	25-Aug	19	20	23	25
Akvarium 3	25-Aug	19	14	17	20
Akvarium 4	25-Aug	23	19	18	18
Krypsiv sept 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	01-Sep	20	20	19	22
Akvarium 2	01-Sep	20	20	23	25
Akvarium 3	01-Sep	20	14	17	20
Akvarium 4	01-Sep	23	19	18	18
Krypsiv sept 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	08-Sep	24	23	18	24
Akvarium 2	08-Sep	22	21	25	29
Akvarium 3		*	*	*	*
Akvarium 4		*	*	*	*
Krypsiv sept 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	15-Sep	25	24	18	27
Akvarium 2	15-Sep	24	24	26	30
Akvarium 3	*	*	*	*	*
Akvarium 4	*	*	*	*	*
Krypsiv sept 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	22-Sep	26	25	18	27
Akvarium 2	22-Sep	24	23	26	30
Akvarium 3	*	*	*	*	*
Akvarium 4	*	*	*	*	*
Krypsiv sept 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	22-Sep	26	26	26	27
Akvarium 2	22-Sep	24	23	26	32
Akvarium 3	*	*	*	*	*
Akvarium 4	*	*	*	*	*
Krypsiv okt 2006	Dato	Plante 1 (cm)	Plante 2 (cm)	Plante 3 (cm)	Plante 4 (cm)
Akvarium 1	05-Oct	25,5	28	16	26
Akvarium 2	05-Oct	23	23,5	24	34
Akvarium 3	03-Oct	25	11	14	19
Akvarium 4	03-Oct	21	12,5	15	13