



RAPPORT LNR 4955-2005

**S**luttrapport for  
vannkvalitetsovervåking i  
Puttjernene, Østmarka

Resultatene for 2004 og  
sammenstilling av resultatene for hele  
undersøkelsesperioden 1998-2004



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 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**

Nordnesboder 5  
5005 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 <b>Sluttrapport for vannkvalitetsovervåking i Puttjernene, Østmarka.</b> Resultatene for 2004 og sammenstilling av resultatene for perioden 1998-2004	Løpenr. (for bestilling) 4955-2005	Dato 1. mars 2005
	Prosjektnr. Undernr. O-24115	Sider Pris 54
Forfatter(e) Pål Brettum Jarl Eivind Løvik	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Østmarka, Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e)  Jernbaneverket, Region Øst	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**

NIVA har i 2004 gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Nordre og Søndre Puttjern i Østmarka, Oslo. Dette er avsluttende undersøkelser av disse tjernene og en oppfølging av undersøkelsene i 1998, 1999, 2000 og 2001. Overvåkingen i 1999-2004 har vært videreføring av den mer omfattende undersøkelsen som ble gjort i 1998 av lokaliteter i Østmarka som direkte eller indirekte kunne være berørt av lekkasjene til Romeriksporten i 1997-1998. Undersøkelsene i den første perioden viste at Nordre Puttjern var den lokaliteten som var klart påvirket av lekkasjene, og undersøkelsene de senere årene har derfor konsentrert seg om dette tjernet og Søndre Puttjern. Søndre Puttjern ble ikke påvirket, og en har antatt at de to tjernene må ha vært tilnærmet like med hensyn til vannkvalitet før lekkasjene satte inn. Derfor har en benyttet Søndre Puttjern som referanselokalitet og sammenlignet analyseresultatene fra dette tjernet med resultatene fra Nordre Puttjern, for å registrere om tiltak satt inn for å bedre vannkvaliteten i Nordre Puttjern hadde den ønskete virkning. Resultatene og utviklingen for en rekke kjemiske parametre og enkelte biologiske parametre gjennom undersøkelses-perioden i de to tjernene er fremstilt i enkle og oversiktlige figurer. Resultatene viser at det har skjedd en kraftig forbedring av vannkvaliteten i Nordre Puttjern gjennom undersøkelsesperioden, og at Nordre Puttjern langt på vei er tilbake til den førtilstanden en antar at tjernet hadde ut fra analyseresultatene fra Søndre Puttjern. Tiltak som ble satt igang for å opprettholde normal vannstand i Nordre Puttjern, sammen med kalking av tjernene i undersøkelsesperioden, ser ut til å ha hatt en avgjørende effekt for den raske forbedringen av vannkvaliteten i Nordre Puttjern.

Fire norske emneord 1. Limnologiske undersøkelser 2. Vannkvalitet 3. Overvåking 4. Østmarka, Oslo	Fire engelske emneord 1. Limnological investigations 2. Water quality 3. Monitoring 4. Østmarka area, Oslo
---	--



Pål Brettum  
Prosjektleder



Nils Roar Sælthun  
Forskningsdirektør



O-24115

**Sluttrapport for vannkvalitetsovervåking i  
Puttjernene, Østmarka**

Resultatene for 2004 og sammenstilling av resultatene  
for hele undersøkelsesperioden 1998-2004



## Forord

I 1998 ble flere innsjøer og bekker, som en antok kunne være berørt av lekkasjene til Romeriksporten, undersøkt. Etter at disse undersøkelsene var rapportert, ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) av NSB Gardermobanen A/S bedt om å utforme og gjennomføre et overvåkingsprogram for de områdene som viste seg å være berørt av lekkasjene. Bare Nordre Puttjern var synbart påvirket blant innsjølokalitetene i området.

Overvåkingen av vannkvaliteten har derfor siden 1999 i hovedsak omfattet Nordre Puttjern og Søndre Puttjern (referanselokalitet). I 2004 har undersøkelsene bare omfattet de to Puttjernene.

Fra 2000 har Jernbaneverket Region Øst vært oppdragsgiver.

Alle kjemiske analyser av innsamlete vannprøver er utført ved Kjemisk laboratorium på NIVA.

Alt feltarbeid i 2004 er utført med god assistanse av skogtekniker Sigbjørn Andersen.

Analyse og sammenstilling av dyreplanktonmaterialet er, som tidligere år, utført av forsker Jarl Eivind Løvik.

Planteplanktonanalysene er utført av forsker Pål Brettum, som også har sammenstilt de fysisk-kjemiske analyseresultatene og er ansvarlig for utformingen av denne rapporten.

Oslo, 28. februar 2005

*Pål Brettum*

---



# Innhold

<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Prøvetakingsstasjoner, -program og frekvens</b>	<b>12</b>
<b>3. Nedbør og lufttemperatur</b>	<b>13</b>
<b>4. Vannstandsvariasjoner</b>	<b>13</b>
<b>5. Fysisk-kjemiske forhold og plankton</b>	<b>16</b>
5.1 Temperatur- og oksygenforhold	16
5.2 Kjemiske forhold	22
5.3 Planteplankton og klorofyll	32
5.3.1 Variasjoner i planteplanktonets sammensetning og mengde	32
5.3.2 Klorofyll	37
5.4 Dyreplankton	37
<b>6. Referanser</b>	<b>42</b>
<b>7. Vedlegg</b>	<b>44</b>
<b>Tabell 1-8</b>	<b>44-54</b>

---





## Sammendrag og konklusjoner

Denne rapporten er en avsluttende og sammenstillende rapport for de limnologiske overvåkingsundersøkelsene i Søndre og Nordre Puttjern i perioden 1998-2004, i forbindelse med lekkasjene til Romeriksporten. På et tidlig stadium av undersøkelsene omfattet overvåkingen flere andre lokaliteter som Lutvatn, Nøklevatn og Krokktjern, og deler av elve- og bekkesystemer i Ljanselva, Ellingsrudelva, Lutvannsbekken, Munkebekken og Puttjernsbekken, som en den gang mistenkte kunne være berørt av lekkasjene. Resultatene fra disse andre lokalitetene er gitt i tidligere rapporter fra undersøkelsene.

Undersøkelsene de første årene klarla at bare Nordre Puttjern var klart påvirket som følge av lekkasjene. De senere årene har en derfor konsentrert de limnologiske undersøkelsene i området til Søndre og Nordre Puttjern.

Vann ut fra Søndre Puttjern renner naturlig nordover til Nordre Puttjern.

De to tjernene er i store trekk like med hensyn på størrelse og form, og en har antatt at de kjemisk-fysiske og biologiske forholdene før lekkasjene var svært like. Da vannkvaliteten i Søndre Puttjern ikke ble påvirket av lekkasjene, har en brukt analyseresultatene fra dette tjernet som en referanse til førtilstanden i begge tjernene. Analyseresultatene fra Nordre Puttjern i undersøkelsesperioden er derfor sammenlignet med resultatene fra Søndre Puttjern for å kunne dokumentere en eventuell bedring av vannkvaliteten. Limnologiske undersøkelser er gjennomført i de to tjernene gjennom årene 1998, 1999, 2000, 2001 og 2004, og denne avsluttende rapporten sammenstiller resultatene gjennom undersøkelsesperioden i form av enkle, oversiktlige figurer. Som vedlegg innholder rapporten analyseresultatene for undersøkelsene i 2004 i form av tabeller.

Etter at vannstanden sank drastisk i Nordre Puttjern i 1997, har den siden 1999 ligget mer eller mindre nær overløpshøyden. Lekkasjevann til tunnelen i Romeriksporten er i tørre perioder pumpet tilbake inn i fjellet ved hjelp av et infiltrasjonsanlegg for å motvirke grunnvannsdrenering i tørre periode. Dette har holdt grunnvannspeilet i Puttjerns-området mer stabilt og også opprettholdt en tilnærmet normal vannstand i tjernet. Det er viktig å opprettholde grunnvannstanden så myrområdene rundt tjernet ikke blir tørrlagt slik tilstanden var i 1997-98. Tilnærmet fullt basseng i Nordre Puttjern gjennom sesongen har vært den viktigste årsaken til at de limnologiske forholdene har bedret seg raskt.

Selv om det mesteparten av tiden har vært tilnærmet oksygenfritt i Nordre Puttjern under ca.3-3,5 m dyp undersøkelsesperioden sett under ett, har en registrert bedringer i oksygenforholdene fra 1999 til 2004. I 1999 var det oksygenfritt under 2-2,5 m dyp, og lukt av H<sub>2</sub>S ble registrert fra ca. 2,5-3 m. I sesongen 2004 ble H<sub>2</sub>S-lukt først registrert fra 4-5 m dyp. I oktober 2004 under blandingsperioden ble det registrert brukbare oksygenforhold helt ned til 5 m dyp med 3,4 mg/l O<sub>2</sub> i dette dypet. I oktober de tidligere årene ble vannmassene ikke blandet med mer oksygenrikt vann dypere enn til ca.3-3,5 m. I Søndre Puttjern er det H<sub>2</sub>S-lukt først under 8,5-9 m dyp.

En annen bedring som er tydelig er siktedypet. Dette lå de første årene i sommerperioden gjennomgående mellom 1,5-2,1 m, mens det i sommersesongen 2004 ble målt siktedyp stort sett mellom 3,1-3,5 m, noe som er en markert forbedring og som er nær siktedypene som ble målt i Søndre Puttjern.

Av de kjemisk parametrene som ble analysert gjennom undersøkelsesperioden viser så å si alle en kraftig forbedring sammenlignet med resultatene for 1998, det første undersøkelsesåret, og for langt de fleste viste analyseresultatene for 2004 verdier tett opp til eller likt med de tilsvarende analyseresultatene for Søndre Puttjern.

I rapporten er utviklingen for alle de vesentlige miljøparametrene gjennom hele undersøkelsesperioden for begge tjernene samlet og parameter for parameter fremstilt i enkle oversiktlige figurer, så det er lett å se utviklingen og forbedringen. Disse figurene viser resultatene for blandprøvene i de to tjernene.

pH har vist en kraftig forbedring fra mellom 4 og 4,5 det meste av sesongen 1998 til 6,5 og over 7 i 2004. En vesentlig årsak til rask bedring her er at tjernene ble kalket i undersøkelsesperioden.

For konduktivitet, som er et mål på innholdet av løste salter, nådde verdiene i Nordre Puttjern nivået til Søndre Puttjern allerede i 1999. Det samme var tilfelle med turbiditeten, som er et mål på partikkelinnholdet i vannmassene.

Fargetallet er i hovedsak et mål på innholdet av humusstoffer i vannmassene, og dette var relativt lavt i Nordre Puttjern i 1998 og lavere enn i Søndre, noe som skyldtes mindre tilførsler fra myrområdene rundt tjernet, som da var delvis tørrlagte. Dette endret seg kraftig i 1999 da vannstanden igjen var som før og mye humusstoffer ble tilført vannet. Det året var forskjellen mellom Nordre og Søndre Puttjern svært stor. Senere har fargetallet sunket for Nordre Puttjern, og nærmet seg verdiene for Søndre Puttjern. Noe høyere verdier for farge vil det alltid være i Nordre Puttjern da dette tjernet får større tilførsler av humusstoffer enn Søndre Puttjern.

Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) er nær knyttet til fargetallet, da begge sier noe om innholdet av organisk materiale i vannmassene. TOC viste i store trekk omtrent samme variasjonsmøster som fargetallet, og i 2004 var det små forskjeller i TOC for de to tjernene.

Innholdet av jern var også svært høyt i 1998 i Nordre Puttjern, selv om det ble kraftig redusert gjennom sesongen ettersom vannstanden steg og det igjen ble reduserende forhold i myrområdene. Fra og med sesongen 1999 har jerninnholdet i de to tjernene vært tilnærmet likt i blandprøvene. Innholdet av sulfationer økte også kraftig i 1998, på samme måte som jerninnholdet, som en følge av oksydasjon av sulfid-holdig vann. Også for denne parameteren sank imidlertid verdiene raskt da bassenget ble fylt og vannstanden steg til normalt nivå. I 2004 var verdiene for denne parameteren så å si helt lik i de to tjernene.

For totalfosfor ble det i 1999 målt høye verdier i Nordre Puttjern, sammenlignet med Søndre, og det samme var tilfelle i 2000 og 2001, selv om forskjellen ble mindre fra år til år. I 2004 var imidlertid konsentrasjonen av totalfosfor omtrent den samme i begge tjernene. De høye verdiene tidligere må henge sammen med stor utvasking til tjernet av partikulært bundet fosfor, som er lite tilgjengelig for planteplanktonvekst. Særlig må andelen av partikulært bundet fosfor ha vært stor i sesongen 1999, da en ikke registrerte en økning av planteplanktonbiomassen som sto i forhold til konsentrasjonen av totalfosfor. Innholdet av tilgjengelig fosfor i form av fosfat var svært lite.

Konsentrasjonene av totalnitrogen var også høye i 1998 i Nordre Puttjern, men sank raskt og har i 2004 tilnærmet vært på samme nivå som i Søndre Puttjern.

Utviklingen for parametrene pH, konduktivitet og sulfat i ulike dyp i Nordre Puttjern viser at pH har økt markert gjennom hele undersøkelsesperioden fra 3,5-4 i de dypere lag (4 og 7 m dyp) i 1998 til 6,5 og opp mot 8 i 2004. En vesentlig årsak til dette er kalkingen, noe en ser ved at pH steg umiddelbart etter hver kalkingsperiode. Dette ser en også på konduktiviteten som har svært høye og stabile verdier i de dypeste og bunnære vannmassene der kalkinnholdet er størst. Sulfatverdiene i 2004 var fremdeles høye i de bunnære områdene i Nordre Puttjern, men det har vært en markert reduksjon av konsentrasjonen gjennom hele perioden, fra ca. 375 mg/l SO<sub>4</sub> i 1998 til ca. 125 mg/l SO<sub>4</sub> i 2004.

Sammenligner en dypvannsmålingene for disse parametrene i Nordre Puttjern med de tilsvarende i Søndre Puttjern ser en at pH har økt og nærmet seg gjennom hele perioden, så det i 2004 var praktisk talt på samme nivå i de to tjernene. Konduktiviteten viser betydelig høyere verdier i Nordre Puttjern

enn i Søndre Puttjern, men med den samme forskjellen gjennom hele perioden 1999-2004. Årsaken må være at Nordre Puttjern kalkes hardere enn Søndre og at dette fører til høyere konsentrasjoner av løste salter i de bunnære vannmasser der. Verdiene for sulfat er ennå betydelig høyere i dypvannet i Nordre Puttjern enn i Søndre Puttjern, men resultatene viser en markert og jevn reduksjon gjennom hele perioden. Sannsynligvis vil innholdet av sulfationer i dypvannet i de to tjernene være tilnærmet lik om noen få år.

Planteplanktonet i Nordre Puttjern hadde et maksimum biovolum i 1998 og 1999 på henholdsvis 873 og 990 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> ( $\approx$  mg/m<sup>3</sup> våtvekt), noe som viser oligomesotrofe vannmasser. Det vil si et mellomstadium mellom oligotrofe, næringsfattige og mesotrofe, middels næringsfattige vannmasser. I 2000 og 2001 steg planteplanktonmengden sterkt til et maksimum på henholdsvis 2699 og 3121 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, noe som viste eutrofe, næringsrike vannmasser. Dette samsvarer med en økning i fosforinnholdet, også tilgjengelig fosfor for planteplanktonet, disse årene. I 2004 var fosforinnholdet igjen kraftig redusert og mengdene av planteplankton mindre og på det nivå analyseresultatene gjennom hele undersøkelsesperioden har ligget på i Søndre Puttjern. Maksimum var i 2004 for Nordre Puttjern 659 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, som viser oligotrofe, næringsfattige vannmasser. I Søndre Puttjern har maksimumsverdiene for planteplankton biovolum ligget omkring 500-600 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, som også viser oligotrofe, næringsfattige vannmasser. I Søndre Puttjern har det vært et diverst samfunn hele undersøkelsesperioden med mange arter/taksa som er typiske for næringsfattige vannmasser. I Nordre Puttjern har det tidligere totalt vært færre arter/taksa enn i Søndre Puttjern, med innslag av flere arter som er mer vanlig i middels næringsrike, mesotrofe vannmasser. Flere av disse artene er igjen borte eller kraftig redusert i individantall i planktonet for 2004.

Også innen dyreplanktonet i Nordre Puttjern ble det observert en markert forbedring, sammenlignet med 2001 og tidligere år. Artsantallet har økt jevnt siden 1999. Inntil 2001 var det gruppen hjuldyr som hadde greid forholdene best, noe som ga seg utslag i økning av såvel artsantall som biomasse. I 2001 representerte gruppen hjuldyr hele 90 % av totalbiomassen, mens krepsdyr utgjorde bare ca. 10 %. Dette var en høyst uvanlig sammensetning. I 2004 var derimot alle vanlige hovedgrupper av krepsdyr tilstede i dyreplanktonet med betydelige biomasser. Vannloppen *Daphnia longispina* regnes som meget sensitiv overfor surt vann og høye konsentrasjoner av metaller. I 2004 var den helt dominerende blant vannloppene i Nordre Puttjern i sommermånedene, og må derfor ha etablert seg i perioden 2002-2003. Også andre vannloppe-arter ble observert, og det totale artsantallet dyreplankton var det samme i Nordre som i Søndre Puttjern i 2004. Biomassen var betydelig høyere i 2004 enn tidligere år, og kan betegnes som meget høy sammenlignet med andre innsjøer. Det er sannsynlig at relativt høye konsentrasjoner av kalsium på grunn av kalkingen er en vesentlig årsak til at *Daphnia longispina* har hatt suksess i Nordre Puttjern.

**Basert på analyseresultatene for kjemiske parametre og biologiske parametre kan en konkludere med at det har skjedd en kraftig forbedring av vannkvaliteten i Nordre Puttjern fra de forhold en registrerte i tjernet ved undersøkelsenes begynnelse i 1998. Med få unntak viser analyseresultatene for 2004 at flere av de miljøparametre som ble analysert gjennom undersøkelsesperioden, i 2004 var like eller på samme nivå i de to tjernene. Vannkvaliteten i Nordre Puttjern er langt på vei tilbake til den førtilstand en har antatt at det hadde ut fra analyseresultatene for Søndre Puttjern. Det synes derfor som om de tiltak som en har gjennomført i Nordre Puttjern og nærmeste omgivelser har hatt den ønskete effekt.**

Nedenfor har en forsøkt å fremstille flere av de omtalte parametrene etter klassifisering av tilstand for Søndre og Nordre Puttjern basert på SFTs Veiledning 97:04;

**Etter SFTs Veiledning 97:04: ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann**

Lokalitet	pH	Alk	Turb	Farge	TOC	Tot-P	Tot-N	Jern	Klorofyll	Samlet
Søndre Puttjern 1998	Light Blue	Light Blue	Green	Orange	Yellow	Light Blue	Green	Yellow	Yellow	Green
Søndre Puttjern 1999	Light Blue	Light Blue	Green	Orange	Yellow	Light Blue	Green	Yellow	Yellow	Green
Søndre Puttjern 2000	Light Blue		Green	Orange	Yellow	Light Blue	Green	Yellow	Green	Green
Søndre Puttjern 2001	Light Blue	Light Blue	Green	Yellow	Yellow	Light Blue	Green	Yellow	Green	Green
Søndre Puttjern 2004	Light Blue	Light Blue	Green	Yellow	Yellow	Light Blue	Green	Yellow	Green	Green

Lokalitet	pH	Alk	Turb	Farge	TOC	Tot-P	Tot-N	Jern	Klorofyll	Samlet
Nordre Puttjern 1998	Red	Red	Orange	Light Blue	Yellow	Green	Orange	Red	Yellow	Orange
Nordre Puttjern 1999	Green	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Nordre Puttjern 2000	Green		Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow
Nordre Puttjern 2001	Green	Green	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Nordre Puttjern 2004	Green	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green

\*) Det ble ikke analysert på alkalitet i prøvene fra Søndre og Nordre Puttjern i 2000

Klasse I "Meget god" tilstand		Klasse IV "Dårlig" tilstand	
Klasse II "God" tilstand		Klasse V "Meget dårlig" tilstand	
Klasse III "Mindre god" tilstand			

For Nordre Puttjern er resultatene for enkelte parametre i den nedre delen av intervallene de er klassifisert i, på overgangen mot en bedre tilstandsklasse. Dette kommer ikke frem på den relativt grove klasseinndelingen ovenfor, og gjelder pH, alkalitet og farge.

## Summary

Title: Monitoring of water quality of the tarns Søndre- and Nordre Puttjern in Østmarka area, Oslo. Results from 2004 and a comparison of the results throughout the monitoring period 1998-2004.

Year: 2005

Authors: Pål Brettum and Jarl Eivind Løvik

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4649-5

Building the railway tunnel Romeriksporten caused leakage of water into the tunnel, and lowering of the ground-water level in parts of the Østmarka area in 1997-98. A comprehensive investigation of the water quality and ecological status in lakes and brooks was carried out in 1998. This investigation showed that most of the damage of the leakage was restricted to the tarn Nordre Puttjern, where the water level in 1997 was approximately 6 m below the outlet level. The tarn Søndre Puttjern has functioned as a reference site.

Most of the chemical parameters and the biological parameters like amount and composition of phytoplankton and zooplankton in Nordre Puttjern show an improvement and are now close to the reference site Søndre Puttjern, even though it is still some way to go before the water quality will be as good as before the leakage took place. The report gives the results of chemical and biological analyses throughout the monitoring period 1998-2004 from both tarns.

# 1. Innledning

Lekkasjer til Romeriksporten i forbindelse med byggingen av denne, berørte en del vann og vassdrag i Østmarka i områdene over strekningen for tunnelen. I den forbindelse ble det gjennomført en omfattende undersøkelse i 1998 av en rekke vannforekomster som en antok kunne være berørt. Undersøkelsene ble gjennomført av NIVA (Norsk institutt for vannforskning) og LFI (Laboratorium for fersvannsøkologi og innlandsfiske) (Brettum og medarb. 1999), dengang med NSB Gardermobanen A/S som oppdragsgiver. De senere år har Jernbaneverket Region Øst vært oppdragsgiver.

Parallellt med dette ble det satt igang tettningarbeider inne i tunnelen i områdene der lekkasjene var størst, for å få lekkasjene ned på et akseptabelt nivå. Dette var i hovedsak under Puttjernsområdene og under Lutvatn.

For å bedre forholdene rundt Puttjernsområdet, og særlig Nordre Puttjern, ble det i 1999 installert et infiltrasjonsanlegg som pumpet vannet, som kom til tunnelen som lekkasjer, tilbake til fjellet. Dette skaper et mottrykk til det inntrengende vannet. Anlegget settes igang etter behov for å opprettholde grunnvannsnivået og vannstanden i tjernet i tørre perioder.

Etter at undersøkelsene i 1998 var gjennomført og resultatene rapportert (Brettum og medarb.1999), ble NIVA bedt om å utforme og gjennomføre en overvåkingsundersøkelse av de områdene der det var registrert endringer på grunn av lekkasjene. Overvåkingsundersøkelsene i 1999 omfattet i første rekke Puttjernene og Puttjernsbekken. Resultatene fra overvåkingen i 1999 er rapportert i Brettum og Løvik (1999).

Fordi LFI skulle gjennomføre en undersøkelse av fisk- og bunndyrforholdene i Lutvannsbekken, var det ønskelig med en undersøkelse av de fysiske-kjemiske forholdene også i dette bekkesystemet. Prøver for slike analyser ble derfor i tillegg samlet inn fra tre stasjoner der i 1999.

Overvåkingsprogrammet for 1999 ble i store trekk fulgt og gjennomført også i sesongen 2000. I forhold til programmet for 1999 ble imidlertid bekkestasjonen i Munkebekken (M1) ikke tatt med da en fant at denne ikke lenger var egnet som overvåkingsstasjon på grunn av lokale tilførsler. Resultatene for 2000 er rapportert i Brettum og Løvik (2001).

I 2001 omfattet overvåkingsundersøkelsene de to Puttjernene og Puttjernsbekken, og er rapportert i Brettum og Løvik (2002).

En siste overvåkingsundersøkelse ble gjennomført i sesongen 2004, etter to sesonger uten undersøkelser, for å se om vannkvaliteten i Nordre Puttjern viste den ønskete forbedring og nærmet seg forholdene i Søndre Puttjern. Søndre Puttjern er ikke påvirket av lekkasjene til Romeriksporten, og en har antatt at forholdene i Søndre- og Nordre Puttjern var ganske like før lekkasjene satte inn. Ingen andre innsjø- eller bekkestasjoner ble undersøkt i 2004.

Denne rapporten omfatter resultatene av overvåkingsundersøkelsene i 2004, og en sammenligning med resultatene fra 1998, 1999, 2000 og 2001.

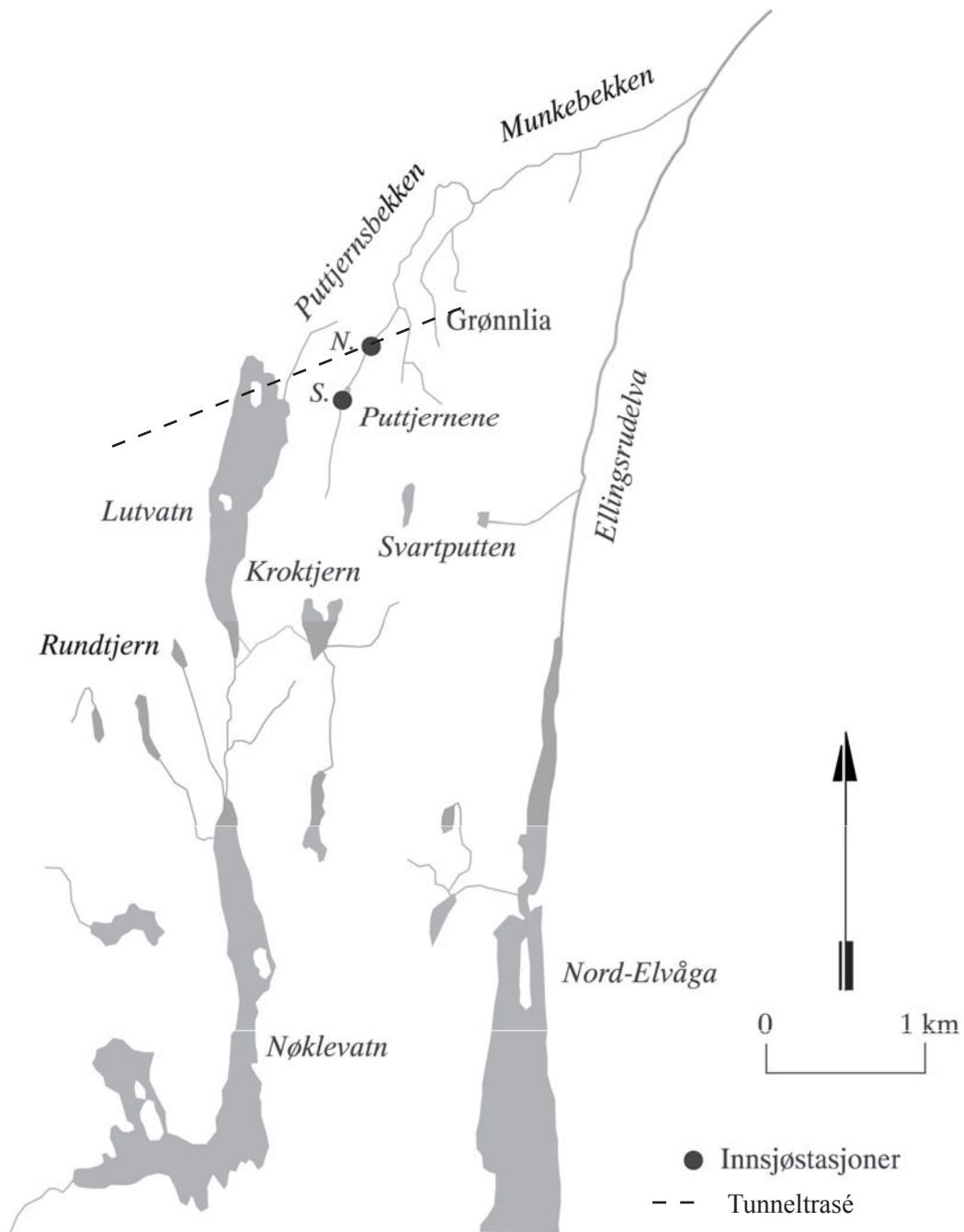


Fig. 1 Kartskisse som viser plasseringen av prøvetakingsstasjonene i Søndre (S) og Nordre (N) Puttjern.



## 2. Prøvetakingsstasjoner, -program og frekvens

Overvåkingsundersøkelsene i 2004 har bare omfattet innsjøstasjoner i de to tjernene Søndre- og Nordre Puttjern (figur 1). Også i 1999, 2000 og 2001 var det bare disse to små tjernene av innsjølokalitetene som ble undersøkt. Søndre Puttjern viste seg under undersøkelsene i 1998 ikke å være påvirket i nevneverdig grad av lekkasjene. Denne har derfor senere fungert som referanselokalitet under overvåkingsundersøkelsene i 1999, 2000, 2001 og 2004 for å sammenligne med forholdene i Nordre Puttjern. En må anta at forholdene i Søndre og Nordre Puttjern var svært like før lekkasjene til Romeriksporten. Søndre Puttjern renner nordover til Nordre Puttjern og er derfor en god referanselokalitet for å påvise hvor mye lekkasjene hadde endret vannkvaliteten i Nordre Puttjern, og hvor langt den hadde fjernet seg fra det normale. Målinger av forholdene i Søndre Puttjern er derfor viktig for å kunne registrere bedringer i vannkvaliteten i Nordre Puttjern..

Overvåkingsprogrammet for 2004 startet med første prøvetaking i mars mens isen ennå lå på tjernene, og prøver fra tjernene ble samlet inn en gang i måneden i perioden mars-oktober med unntak for april.

Prøvene for fysisk-kjemiske analyser har, som tidligere, omfattet blandprøver fra 0-6 m sjiktet i Søndre Puttjern og 0-2 m sjiktet i Nordre Puttjern. I Nordre Puttjern er det i undersøkelsesperioden bare tatt med blandprøver fra 0-2 m for å være sikker på å unngå H<sub>2</sub>S-holdig vann. I tillegg til blandprøvene kom, som tidligere, prøver fra 8 m dyp i Søndre Puttjern og 2, 4 og 7 m dyp i Nordre Puttjern. Analyseprogrammet for de fysisk-kjemiske blandprøvene har omfattet pH, konduktivitet, turbiditet, farge, tot-P, PO<sub>4</sub>-P, tot-N, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, TOC, Fe, Mn, Na, Ca, Mg, K, Cl og SO<sub>4</sub>. For på en enkel måte å følge med i utviklingen i ulike dyp i Nordre Puttjern ble det, som nevnt, samlet inn ekstra prøver fra 2, 4 og 7 m dyp, ved hver prøvetakingsdato. Disse ble analysert med hensyn på pH, konduktivitet, Fe og SO<sub>4</sub>. Prøvene fra 8 m dyp i Søndre Puttjern ble også analysert med hensyn på disse parametrene, for å kunne sammenligne forholdene i dypvannet i de to tjernene.

Prøver for planteplankton og dyreplankton ble samlet inn som blandprøver i de samme dypene som kjemiprøvene (0-6 m og 0-2 m), ved hvert prøvetakingstidspunkt i vekstsesongen mai-oktober, samtidig med vannprøver for analyse av klorofyll. Ved prøvetakingene i august, september og oktober 1999 ble blandprøvene for klorofyll tatt noe for dypt. Dette gjorde at store bestander av fotosyntetiserende bakterier kom med i prøvene, og ga et unormalt høyt klorofyllinnhold. Slike bakterier ligger ofte i store konsentrasjoner i området mellom oksygenholdig og oksygenfritt, H<sub>2</sub>S-holdig vann. Denne overgangssonen kan være svært skarp, slik at en lett får vannhenteren ned under dette sjiktet, og dermed får med store konsentrasjoner av disse bakteriene. For å unngå dette ble blandprøvene tatt i 0-2 m sjiktet både i 2000, 2001 og 2004.

I forbindelse med prøvetakingsinnsamlingen ble temperatur og oksygen målt i ulike dyp langs en vertikal gradient fra overflaten til bunnen over det dypeste området i innsjøene. Til innsamlingen av vannprøvene ble det benyttet en 3 liters Limnos-henter.

### 3. Nedbør og lufttemperatur

I figur 2 er fremstilt variasjonene i nedbør og lufttemperatur målt av DNMI, Meteorologiske institutt, på Blindern. Disse registreringene bør være representative i store trekk for variasjonene i nedbør og lufttemperatur slik de var i Østmarkas vestre deler i 1998, 1999, 2000, 2001 og 2004, selv om enkelte lokale forhold vil spille inn. Figurene viser månedsmiddel for temperaturen de fem årene og nedbørmengden pr.måned for de samme årene sammen med normalverdiene. Da månedsmiddel er grove mål for å vurdere avrenningen til tjernene, har en ved vurderingene sett mer i detalj på måleresultatene for nedbør i perioden før tidspunktene for prøvetakingene.

Figuren viser at temperaturen det meste av året 2004 lå godt over normaltemperaturen. På ettersommeren og høsten lå den betydelig over normalen, det samme var tilfelle i deler av vinterperioden. Sammenlignet med tidligere år lå middeltemperaturen for 2004 over de tilsvarende målingene da. Normaltemperaturen er snittet av målingene fra 1961-1990.

Ser en på nedbørsforholdene i 2004 for perioden januar-oktober, viser disse at nedbørmengden som månedssum lå omkring eller noe lavere enn normalen i vår- og sommermånedene, mens de i januar og høstmånedene var noe høyere. Sammenlignet med de tidligere undersøkelsesårene var 2004 det året da nedbøren gjennom året var nærmest normalen for de fleste månedene. (Se for øvrig Myrabø og Færgestad 2005)

### 4. Vannstandsvariasjoner

Vannstandsmålingene i Søndre og Nordre Puttjern ble gjennomført og bearbeidet av NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) frem til årsskiftet 1999/2000. I 2000, 2001 og 2004 ble vannstandsdataene for Puttjernene registrert av NSB Gardermobanen A/S og Jernbaneverket Region Øst. I figur 3 er fremstilt vannstandsvariasjonene for de to undersøkte tjernene, Søndre- og Nordre Puttjern.

#### Søndre Puttjern

Som i 2001 rant det vann ut av Søndre Puttjern i utløpet mot nord til Nordre Puttjern i 2004 det meste av året, med unntak av kortere perioder i sommermånedene. I september var det, relativt sett, stor vannføring ut av tjernet, som figur 3 viser. Overløpshøyden gitt i kotehøyde er 265.10 m for dette tjernet.

#### Nordre Puttjern

Kotehøyden for overløp fra Nordre Puttjern til Puttjernsbekken er 263.90 m. Vannstandsmålingene som er vist i figur 3 for Nordre Puttjern viser at vann rant ut av tjernet mesteparten av sesongen. Om høsten rant det mye vann ut av tjernet. Vannstanden var imidlertid høy det meste av den isfrie perioden. Tiltaket i Romeriksporten, der en i tørre perioder kan pumpe lekkasjevannet til tunnelen tilbake inn i fjellet ved hjelp av et infiltrasjonsanlegg for å motvirke grunnvannsdrenering, har holdt grunnvannspeilet i Puttjerns-området mer stabilt, og også opprettholdt en tilnærmet normal vannstand i Nordre Puttjern.

Det er en fordel at en i tørre perioder regulerer nivået i tjernet ved hjelp av infiltrasjonsanlegget slik at en i størst mulig grad holder fullt basseng i tjernet, med overløp til bekken. Dette for å holde grunnvannstanden og for at myrområdene rundt tjernet ikke skal bli tørrlagt slik tilstanden var i 1997-98 (Se for øvrig Myrabø og Færgestad 2005)

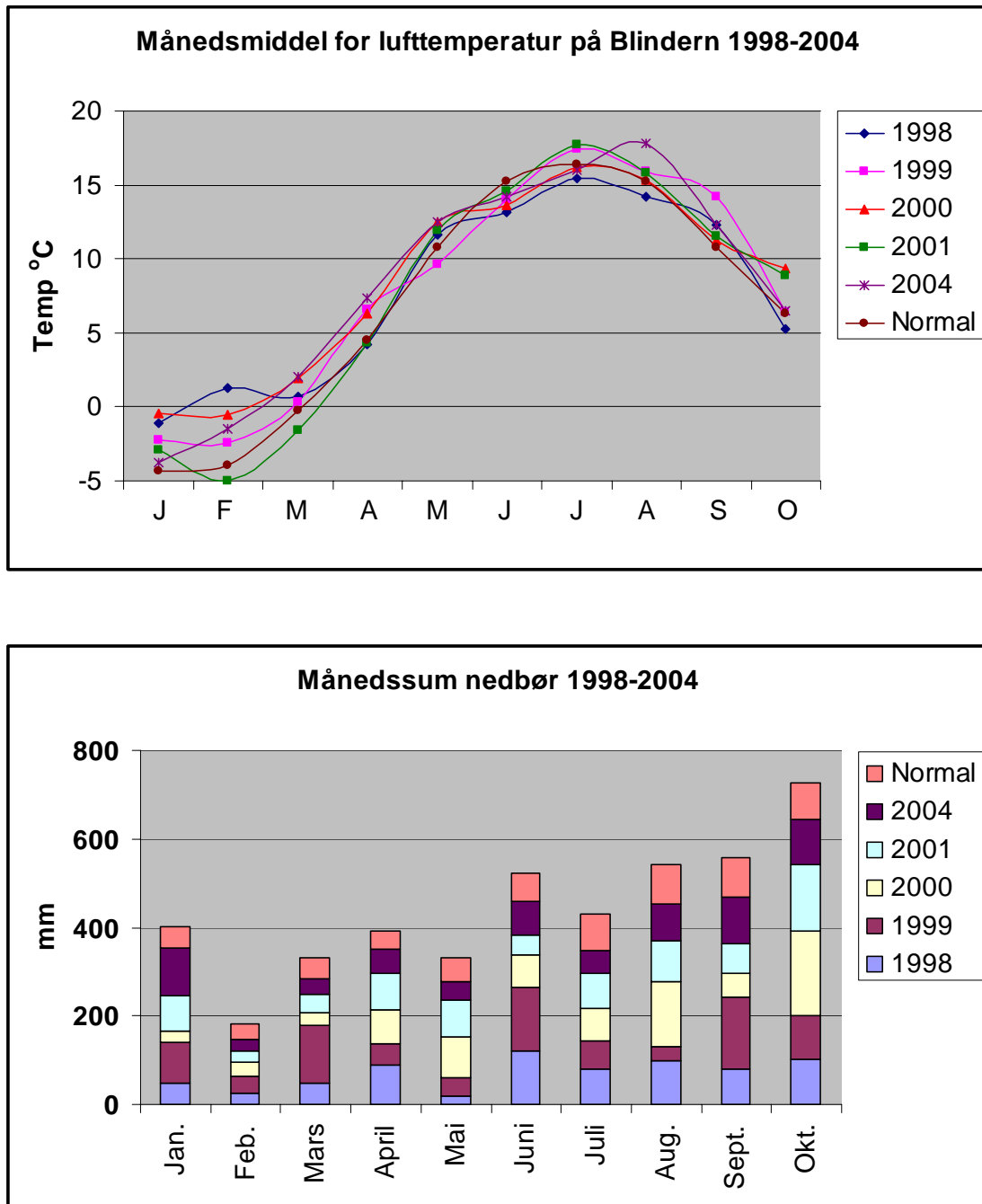


Fig. 2 Variasjoner i månedsmiddel for lufttemperatur og nedbørsmengde pr. måned på Blindern 1998-2004. Akkumulert nedbørsmengde.

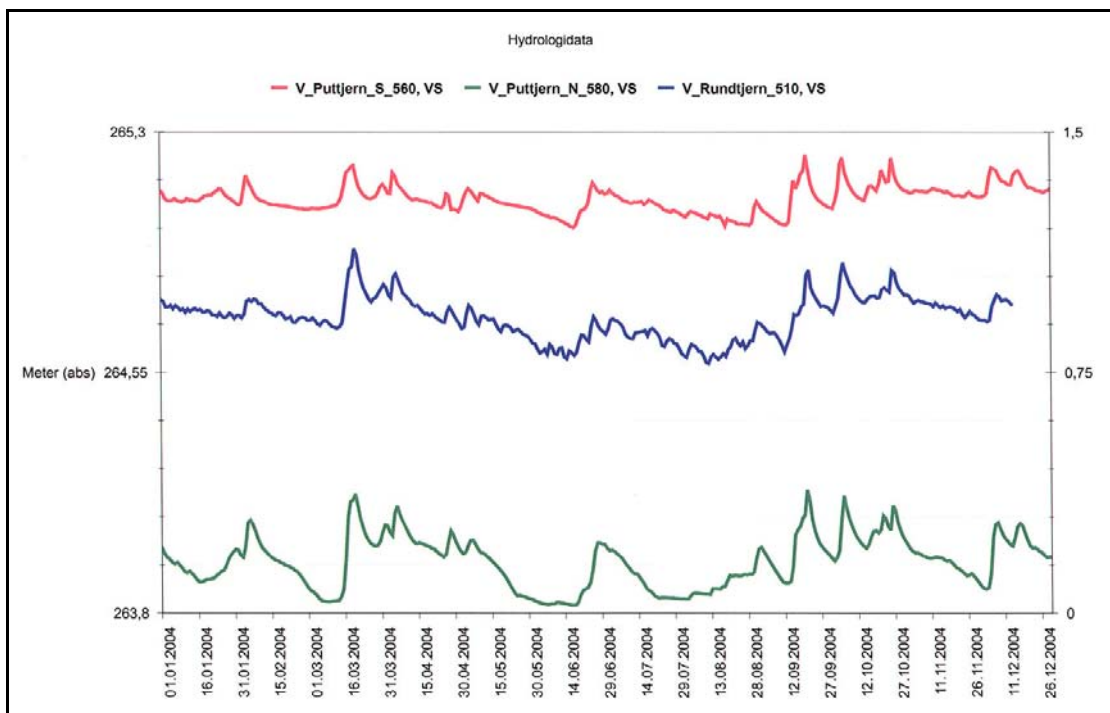
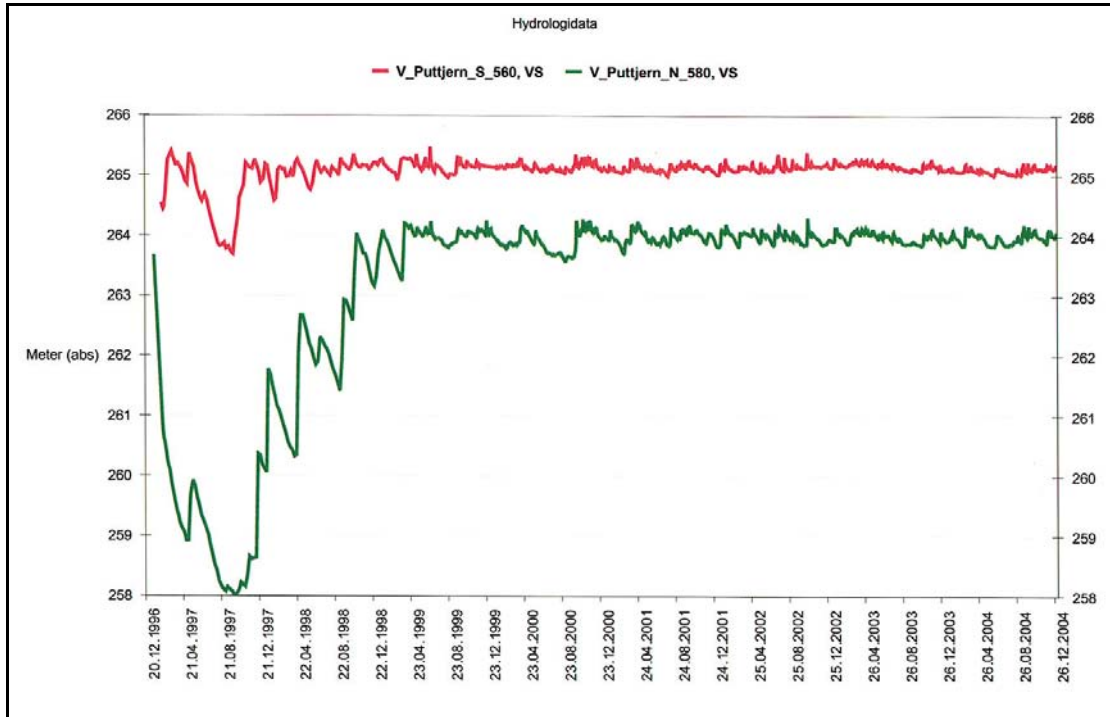


Fig. 3 Variasjoner i vannstand i Søndre og Nordre Puttjern i perioden 1997-2004 og mer detaljert for 2004. Rundtjern er tatt med som referansetjern.

## 5. Fysisk-kjemiske forhold og plankton

Analysemetodikken for de fysisk-kjemiske parametrene har i hele undersøkelsesperioden fulgt Norsk Standard (NS). Til analyse av næringssaltene fosfor og nitrogen er benyttet en automatisert versjon av Norsk Standard. Analysene av TOC (totalt organisk karbon) er utført gjennom oksydasjon ved UV-belysning og peroksidisulfat.

Det er i hovedsak de analyserte blandprøvene fra epilimnion (vannlagene over termoklinen) som danner grunnlaget for omtale og bedømmelse av de kjemisk-fysiske forhold i de to innsjøene.

Variasjonene i de viktigste fysisk-kjemiske parametrene for bedømmelse av miljøkvalitet etter SFTs: "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann", Veiledning 97:04, er fremstilt for Søndre og Nordre Puttjern i forbindelse med sammendraget foran. Forøvrig er alle analyseresultater for sesongen 2004 (ingen resultater for september 2004 i Nordre Puttjern, da båten ble ødelagt) å finne som vedlegg (tabell 1-4) bakerst i rapporten, mens analyseresultatene for de tidligere undersøkelsesperiodene finnes i de tidligere delrapportene for hvert år.

Fra begge de undersøkte innsjølokalitetene, Søndre og Nordre Puttjern, er det for alle undersøkelsesårene målt temperatur og oksygenkonsentrasjon i ulike dyp. Målingene er gjort gjennom hele vannsøylen over de dypeste områdene ved hvert prøvetakingstidspunkt. Målingene av temperatur og oksygen ble utført ved hjelp av et oxymeter.

### 5.1 Temperatur- og oksygenforhold

#### Søndre Puttjern

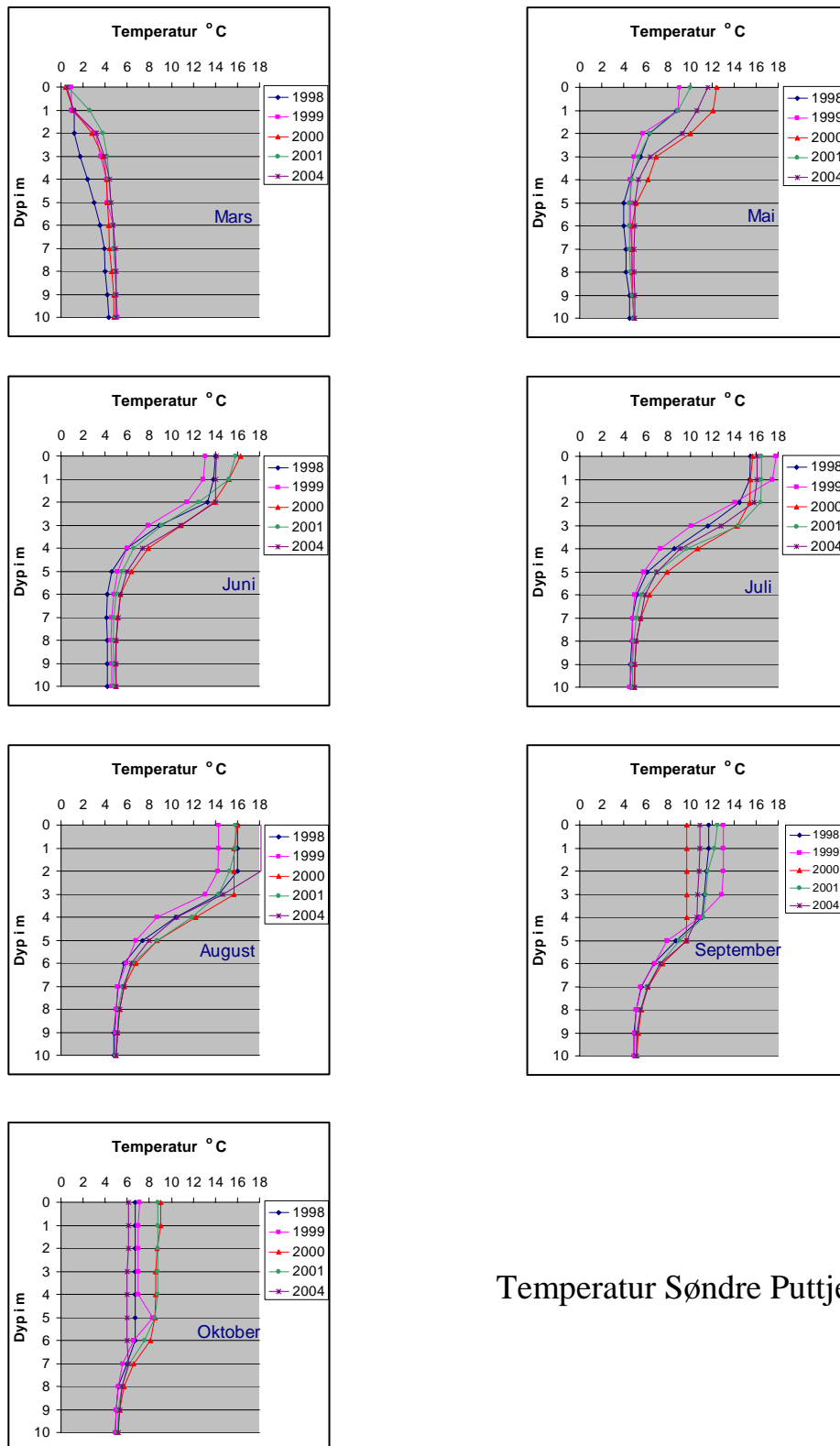
Figur 4 viser temperaturvariasjonene i Søndre Puttjern fra overflaten til bunnområdene ved største dyp, for hvert av undersøkelsesårene og hver måned.

Som figuren viser var det noe variasjoner i temperaturen i de dypeste vannlag gjennom sesongen alle årene. Verdiene i dyplagene varierte mellom 4,6-5,2 °C, men for det meste mellom 4,9 og 5,1 °C. Termoklinen lå stort sett mellom 3 og 5 m dyp med temperatursprang på 2-3 °C pr.m. I epilimnion har det gjennom perioden vært variable temperaturer om våren med forskjeller fra 9 °C i de øverste vannlag i mai 1999 til ca.12 °C i mai 2000. De andre årene lå temperaturen om våren mellom disse ytterpunktene.

Maksimumstemperaturen i epilimnion ble som regel registrert i juli-august med fra 15,5 °C (1998) til 17,8 °C (1999) i juli og fra 14 °C (1999) til 18 °C (2004) i august.

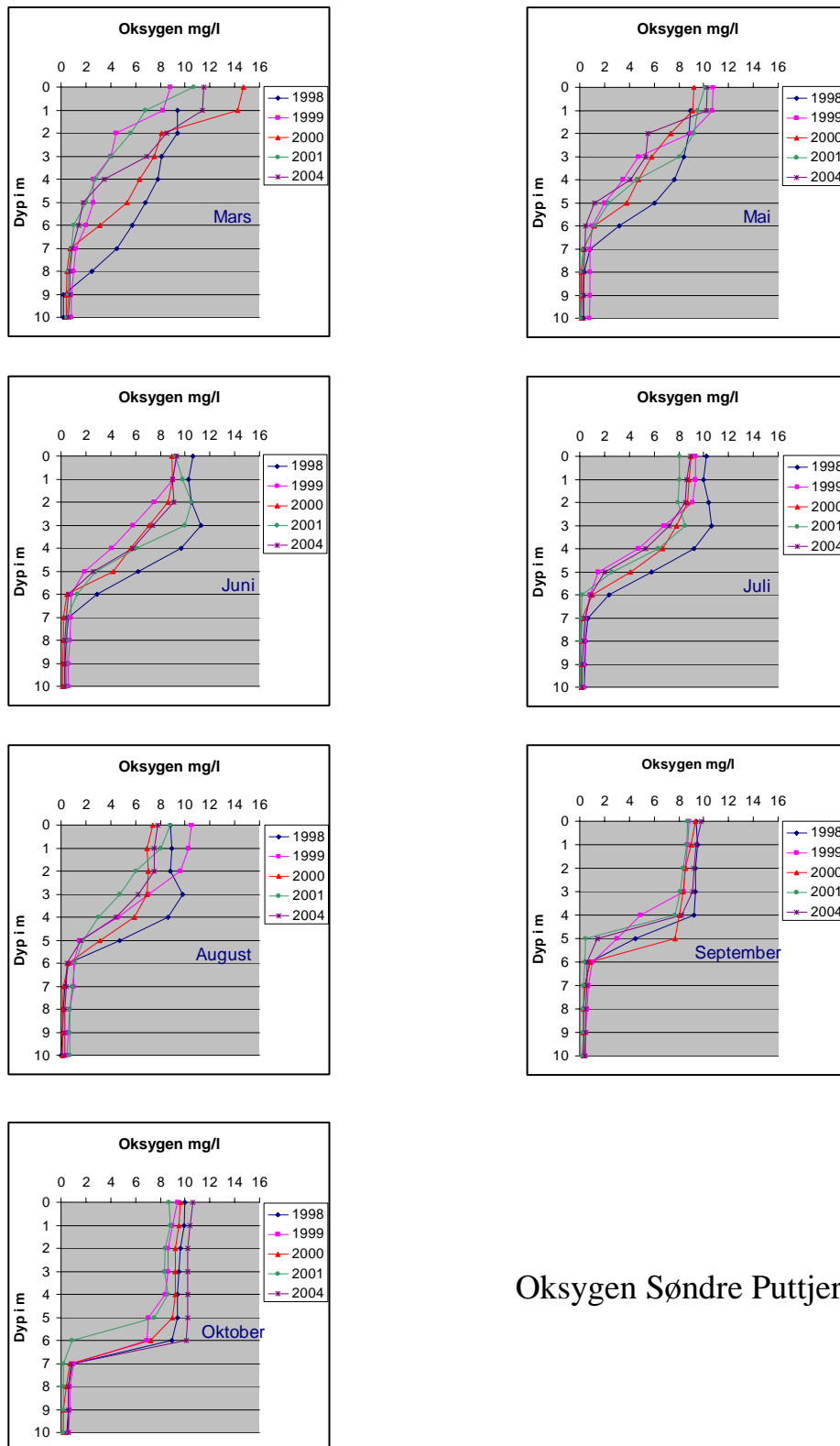
Mot slutten av sesongen, i oktober, var det også en del variasjoner fra år til år, fra 6 °C i overflatevannet og god gjennomblanding gjennom det meste av vannsøylen i 2004, til 9 °C og nær dette i overflaten og mindre blanding av vannmassene i oktober 2000 og 2001.

Som helhet følger imidlertid temperaturkurvene i Søndre Puttjern i stor grad det samme variasjonsmønsteret vertikalt fra år til år. Mest avvik viser kurven for mars 1998 da temperaturen lå godt under 4 °C helt ned til ca. 7 m dyp. De andre årene nådde vannmassene denne temperaturen alt på 2-3 m dyp. Årsaken er sannsynligvis at kaldere vann fra under isen i Kroktjern lenger sør ble pumpet opp i Søndre Puttjern for å motvirke den senkningen i vannstanden som en hadde registrert også her sommeren 1997 (se figur 3).



Temperatur Søndre Puttjern

Fig. 4 Vertikale variasjoner i temperatur i perioden 1998-2004 i Søndre Puttjern.



Oksygen Søndre Puttjern

Fig. 5 Vertikale variasjoner i oksygen i perioden 1998-2004 i Søndre Puttjern.

Figuren for oksygeninnhold vertikalt i vannmassene i Søndre Puttjern ( figur 5) viser en del variasjoner fra år til år gjennom vannsøylen, størst rett under isen i mars da det varierte fra ca. 8,5 mg/l O<sub>2</sub> (1999) til 14,7 mg/l O<sub>2</sub> (2000), og det i 2000 var nær 4 mg/l O<sub>2</sub> selv i 5-6 m dyp.

De andre årene var det ca. 1 mg/l O<sub>2</sub> eller mindre oksygen under 6 m dyp, men H<sub>2</sub>S lukt ble ikke registrert de fleste årene før svært nær bunnen i Søndre Puttjern.

Målingene fra 1998 viste stort sett avvik i forhold til resultatene de etterfølgende årene gjennom det meste av sesongen, med maksimum gjennom sommersesongen i 3-4 m dyp. Årsaken kan som nevnt være at oksygenrikere vann ble tilført tjernet ved at vann ble pumpet opp fra Krokktjern. Kurven for 1998 viser høyere verdier for oksygen helt frem til august, sammenlignet med målingene for senere sesonger.

## **Nordre Puttjern**

Figur 6 viser temperaturvariasjonene i Nordre Puttjern fra overflaten til bunnområdene ved største dyp, for hvert av undersøkelsesårene og hver måned.

Figuren viser at det var variasjoner i temperaturen i de dypeste vannlag gjennom sesongen alle årene, med verdier stort sett mellom 5,2-5,8 °C, men med lavere temperaturer i 4-6 m dyp enn ovenfor og nedenfor. Dette var mindre utpreget i 1998 enn de senere årene. Muligens skyltes dette overføring av vann fra Krokktjern til Søndre Puttjern i denne perioden. Unormaliteten kan også skyldes den lave vannstanden.

Termoklinen var i Nordre Puttjern mindre utpreget enn i Søndre Puttjern, og lå stort sett mellom 1 og 4 m dyp med temperatursprang på 2-3 °C pr.m. Temperaturen i epilimnion i Nordre Puttjern har variert mindre enn i Søndre, fra 10,9 °C i de øverste vannlag i mai 1999 til 12,9 °C i 2000.

I Nordre Puttjern varierte tidspunktet for maksimumstemperaturen i epilimnion mer enn i Søndre. Maksimum ble registrert i juni-august. I 2001 var høyeste temperatur 17,1 °C i juni , i 1999 i juli med 17,1 °C og i 2004 i august med 17,6 °C.

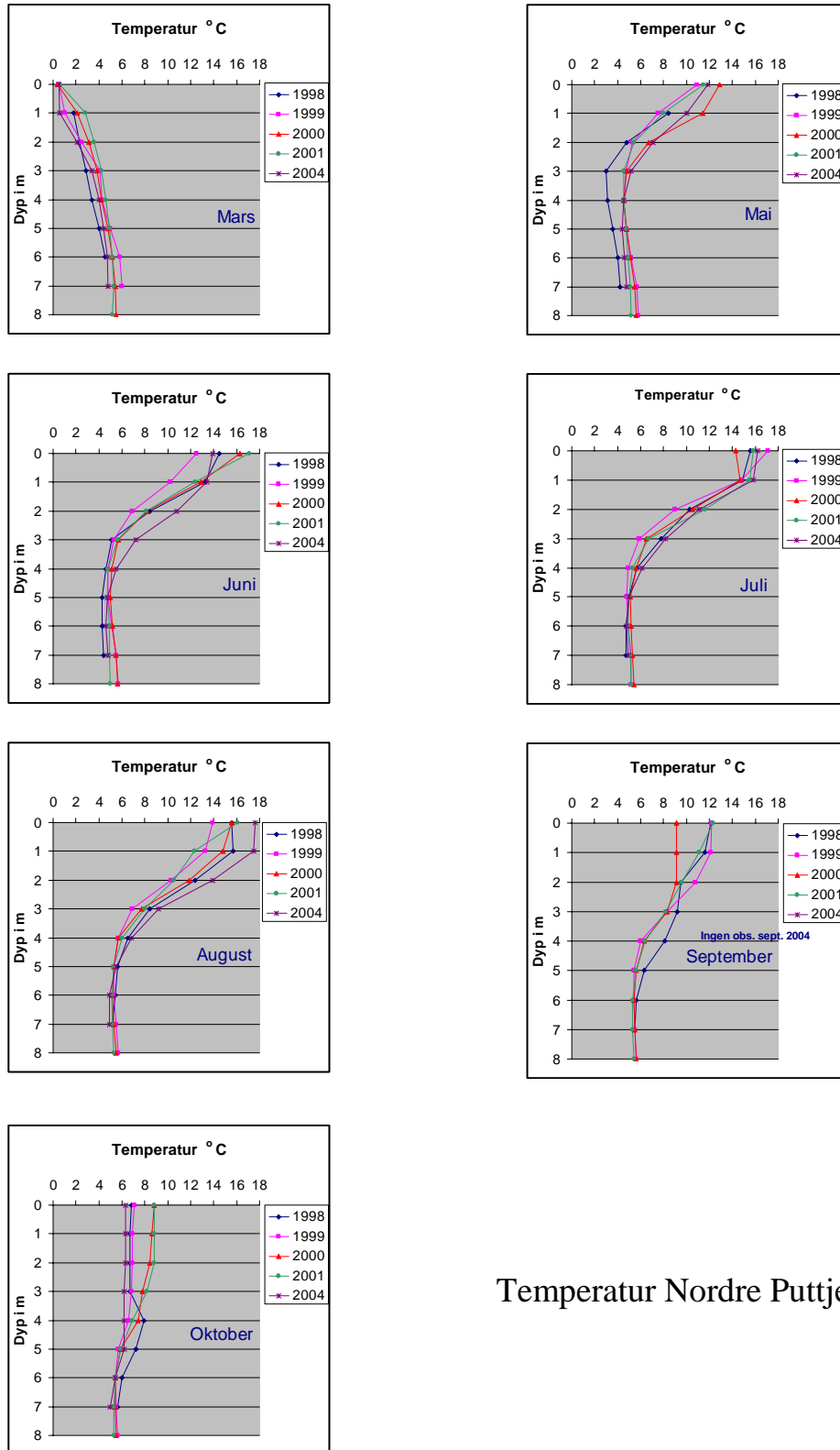
Om høsten, i oktober, var det også i Nordre Puttjern, som i Søndre Puttjern, en del variasjoner fra år til år, fra 6,3 °C i overflatevannet og god gjennomblending gjennom det meste av vannsøylen i 2004, til 8,8 °C i overflaten og mindre blanding av vannmassene i oktober 2000 og 2001.

Også i Nordre Puttjern følger imidlertid temperaturkurvene i stor grad det samme variasjonsmønsteret vertikalt fra år til år. Mest avvik viser kurven for september og særlig oktober 1998 i 3-5 m dyp, da temperaturen viste en viss økning sammenlignet med temperaturen over og under . Dette ble ikke registrert de etterfølgende årene.

Figur 7 viser de vertikale variasjonene i oksygeninnhold i undersøkelsesperioden. Av figuren ser en at vannmassene i Nordre Puttjern viser tidels store forskjeller fra år til år, størst i mars da det varierte fra 4,3 mg/l O<sub>2</sub> i 2000 og 2001 til 11,4 mg/l O<sub>2</sub> i 2004 i 0-1 m dyp under isen. I 1998 ble det målt 3,4 mg/l O<sub>2</sub> i 1 m dyp.

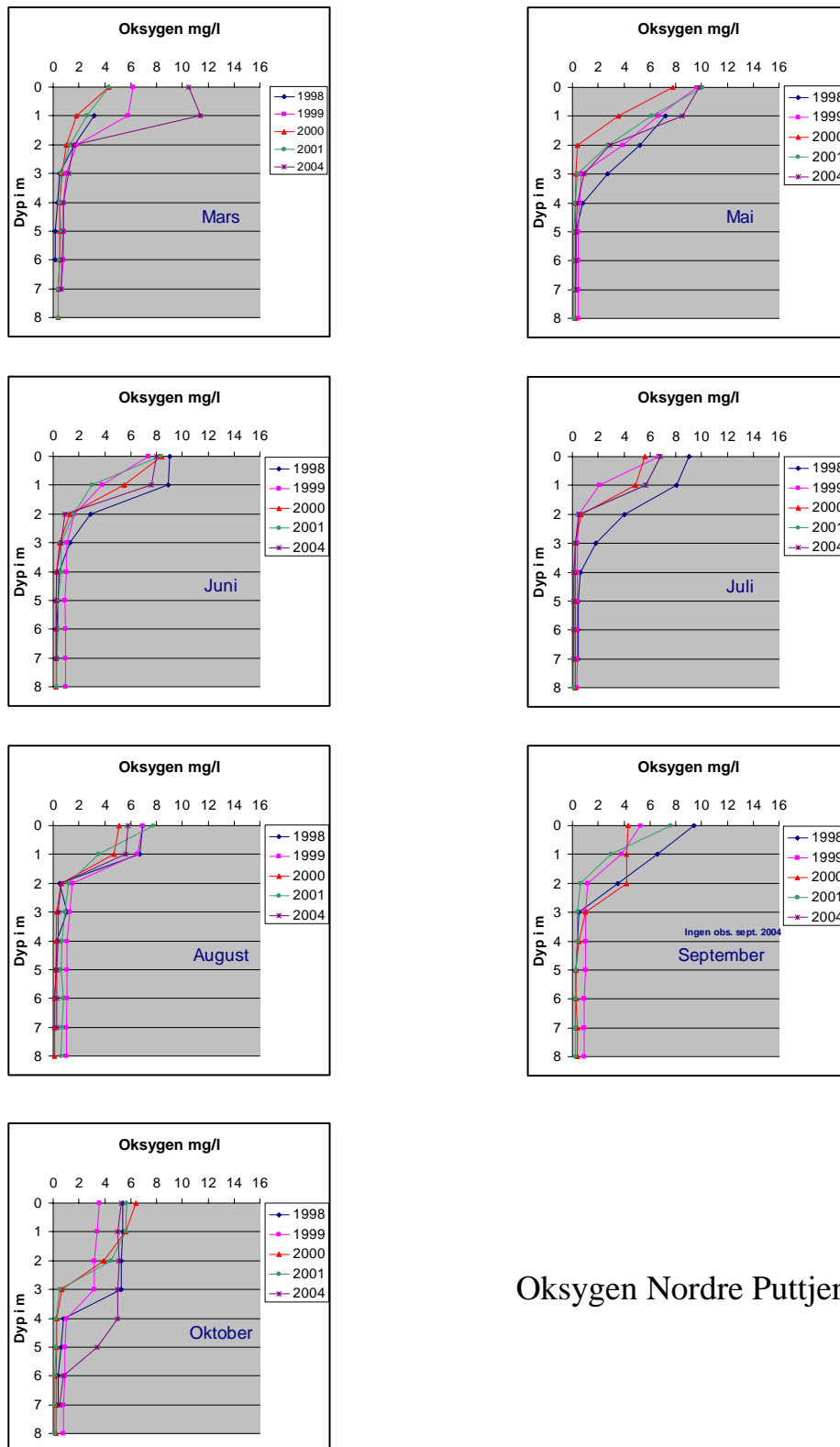
Vannmassene i Nordre Puttjern har vært tilnærmet oksygenfrie under ca.3 m dyp ser en hele perioden under ett. Minst oksygeninnhold var det gjennom sesongen 1999 da det stort sett var oksygenfritt under ca. 2-2,5 m dyp, og lukt av H<sub>2</sub>S ble registrert fra 2,5-3 m dyp. I sesongen 2004 ble H<sub>2</sub>S-lukt først registrert fra 4-5 m dyp og dypere. I oktober 2004 var det relativt brukbare oksygenforhold helt ned til 5 m dyp (figur 7) med 3,4 mg/l O<sub>2</sub> i dette dypet.





Temperatur Nordre Puttjern

Fig. 6 Vertikale variasjoner i temperatur i perioden 1998-2004 i Nordre Puttjern.



Oksygen Nordre Puttjern

Fig. 7 Vertikale variasjoner i oksygen i perioden 1998-2004 i Nordre Puttjern.

## 5.2 Kjemiske forhold

### Søndre og Nordre Puttjern

For å fremstille utviklingen i de to tjernene gjennom undersøkelsesperioden har en valgt å ta med i figurene for de ulike kjemiske miljøparametre resultatene for begge i samme figur, slik at det er lett å se utviklingen.

Innledningsvis ble det begrunnet at de to tjernene, Søndre og Nordre Puttjern, før lekkasjene rammet området i 1997, fra naturens side antagelig hadde vært svært like med hensyn til vannkvalitet. Da det viste seg at lekkasjene ingen synlige skader hadde hatt på Søndre Puttjern, og vann fra dette tjernet rant nordover til Nordre Puttjern, var det derfor naturlig å bruke analyseresultatene fra Søndre Puttjern som referanse for førtilstanden i begge tjernene.

Den innsats som er gjort i Nordre Puttjern og nærmeste omgivelser, har hatt som mål å få vannkvaliteten der så langt som mulig tilbake til førtilstanden. Det er derfor naturlig å sammenligne utviklingen i de to tjernene gjennom undersøkelsesperioden.

Sammenligningen omfatter viktige miljøparametre i epilimnion eller ”lyslagene”, basert på blandprøver fra henholdsvis 0-6 m sjiktet i Søndre Puttjern og 0-2 m sjiktet i Nordre Puttjern. Grunnen til at en bare har blandprøver fra 0-2 m dyp i Nordre Puttjern i undersøkelsesperioden var for å unngå å få med H<sub>2</sub>S-holdig vann i prøven.

Videre omfatter sammenligningen enkelte kjemiske parametre i dypvannsprøvene fra henholdsvis 8 m i Søndre Puttjern og 7 m i Nordre Puttjern

### pH

Utviklingen i pH gjennom undersøkelsesperioden er fremstilt i figur 8. Som figuren viser har variasjonene i Søndre Puttjern ikke vært så store og dramatiske som i Nordre Puttjern, med laveste verdier i begynnelsen av sesongene på 6,0-6,5, men med en markert økning mot slutten av sesongene da pH økte til rundt 7,2-7,3. I 1998 og 2004 var pH i Søndre Puttjern hele sesongen stort sett over 7,0. Både Søndre og Nordre Puttjern ble kalket flere ganger i undersøkelsesperioden. Som helhet kan en si at pH i Søndre Puttjern varierte rundt nøytralpunktet  $7,0 \pm 0,5$ .

I Nordre Puttjern førte lekkasjene og den kraftige reduksjonen i vannstanden i 1997-98 til en senkning av grunnvannsspeilet. Vannmassene i myrområdene rundt tjernet, som hadde hatt anaerobe forhold kom demed i kontakt med luften. Dette ga en oksydasjon av sulfider som førte til sterk økning i konsentrasjonene av sulfat- og hydrogenioner, som igjen ga en kraftig forsurening av vannmassene. Som figuren viser var pH i blandprøven fra mars 1998 i underkant av 4,0, men steg gjennom sesongen ettersom bassenget ble fylt opp med vann. Ved sesongslutt var verdien kommet opp i 5,57.

Gjennom resten av undersøkelsesperioden har verdiene for pH nærmet seg de tilsvarende verdiene for Søndre Puttjern, også der med kraftig økning mot slutten av sesongene etter kalkingsperioder. pH i Nordre Puttjern er kraftig forbedret og ligger nå i store trekk mellom 6,0 og 7,0. Dette er noe lavere enn de tilsvarende verdiene for Søndre Puttjern, men allikevel godt akseptable resultater. I 2004 var det en markert økning i begge tjernene i slutten av sesongen, noe som må gjenspeile kalking i området.

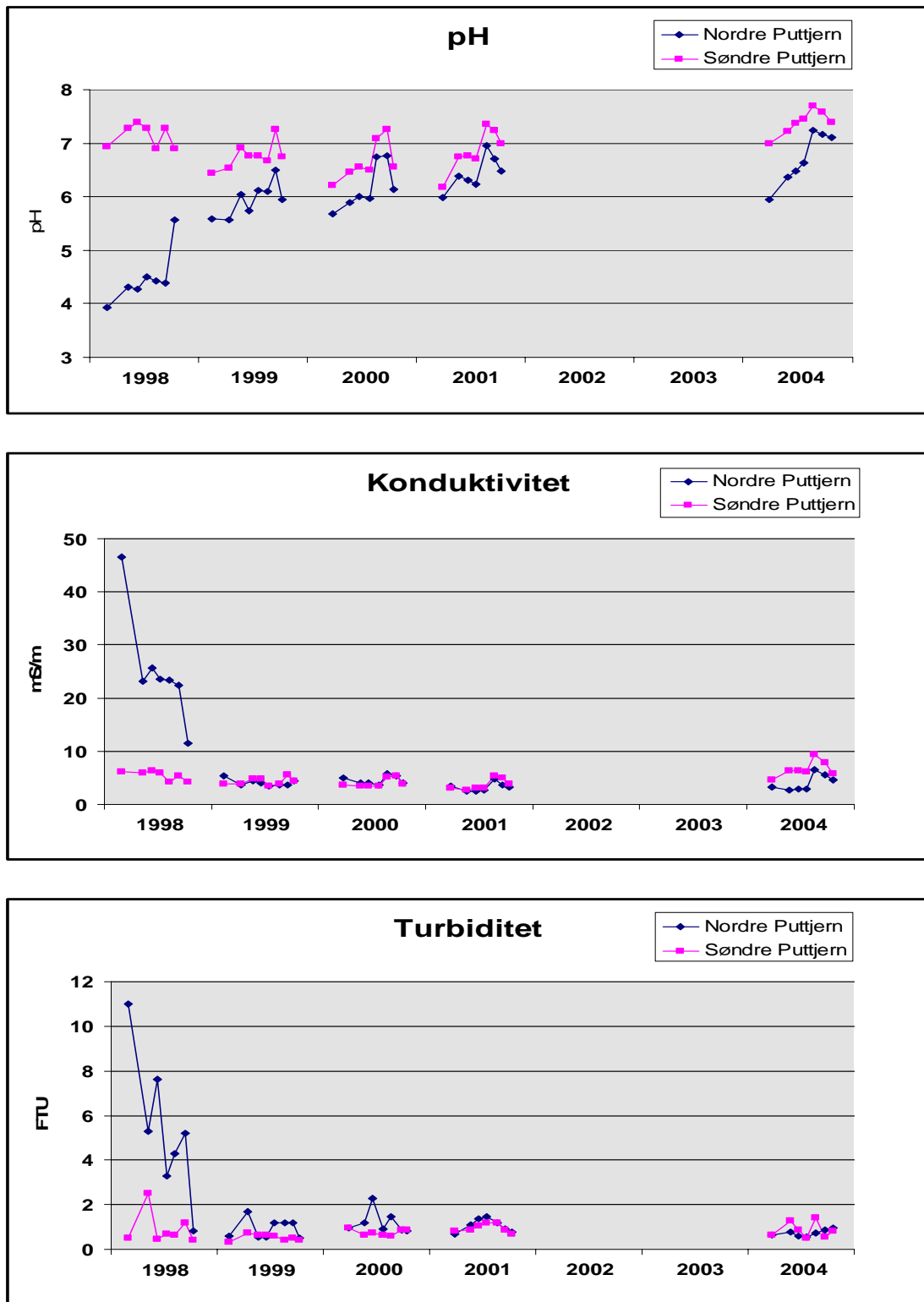


Fig. 8 Variasjoner i pH, konduktivitet og turbiditet i Nordre og Søndre Puttjern i perioden 1998-2004

### **Konduktivitet**

Figur 8 viser også utviklingen av konduktivitet, som er et mål på innholdet av løste salter i vannmassene samlet. Som en ser av figuren var det svært høye verdier for konduktivitet i Nordre Puttjern gjennom sesongen 1998, men innholdet av løste salter sank raskt mot slutten av sesongen. At det var et stort innhold av løste salter i 1998 med store tilførsler av ionerikt vann til tjernet fra omgivelsene er naturlig. Etterhvert som bassenget ble fylt opp sankt da også konduktiviteten i Nordre Puttjern. Resten av undersøkelsesperioden har konduktiviteten i Søndre og Nordre Puttjern vært praktisk talt lik, og ligget mellom 3,5 og 5,0 mS/m, som er vanlige verdier for små tjern i Norge. Økningen i verdier i begge tjernene i 2004 sammenlignet med 1999-2001 må, på samme måte som økningen i pH, være et resultat av kalking i området.

### **Turbiditet**

Variasjonene i turbiditet i de to tjernene i undersøkelsesperioden er vist i figur 8. Turbiditeten er et mål på partikkelinnholdet i vannmassene, og figuren viser at det var et meget høyt partikkelinnhold i Nordre Puttjern i begynnelsen av sesongen 1998, noe som er naturlig med store tilførsler av partikkelrikt vann fra omgivelsene og de blottlagte bunnområdene i regnværsperioder. Etterhvert som tjernets basseng ble fylt opp avtok imidlertid partikkelinnholdet radikalt ved at mye av partikler sedimenterte på bunnen.

Selv om det i 1999 og 2000 var noe høyere innhold av partikler i Nordre Puttjern sammenlignet med Søndre Puttjern var forskjellene ikke store. I 2001 og i 2004 var partikkelinnholdet i de to tjernene praktisk talt like.

### **Farge**

Fargetall (figur 9) er hovedsakelig et mål på innholdet av humusstoffer i vannmassene. I 1998 var verdiene for fargetall relativt lav i Nordre Puttjern, og gjennomgående lavere enn i Søndre Puttjern. Dette viser at det var liten tilrenning av humøst vann til Nordre Puttjern da, fordi myrområdene var delvis tørrlagte. De lave fargetallene i Nordre Puttjern store deler av sesongen 1998 kan også skyldes avfarging av humus ved de ekstremt lave pH-verdiene og fotooksydasjon i vannmassene pga. liten vanngjennomstrømning.

I 1999 med normal vannstand økte fargeverdiene utover sesongen med økende nedbør. Dette viser at det da ble tilført rikelig med humøst vann til tjernet. Høyeste verdi for fargetall var da 102 mg/l Pt som viser svært brunt vann. Verdiene i 1999 var svært høye, men utviklingen i fargetall gjennom sesongen har vært mye den samme i årene etterpå. Fargetallene er normalt høyere i Nordre Puttjern enn i Søndre Puttjern fordi det får mer tilførsel av vann fra myrområder. Forskjellen i farge har i store trekk vært omtrent den samme i årene 2000, 2001 og 2004. Fargetallet for Søndre Puttjern har ligget relativt stabilt gjennom hele undersøkelsesperioden mellom 25 og 55 mg/l Pt.

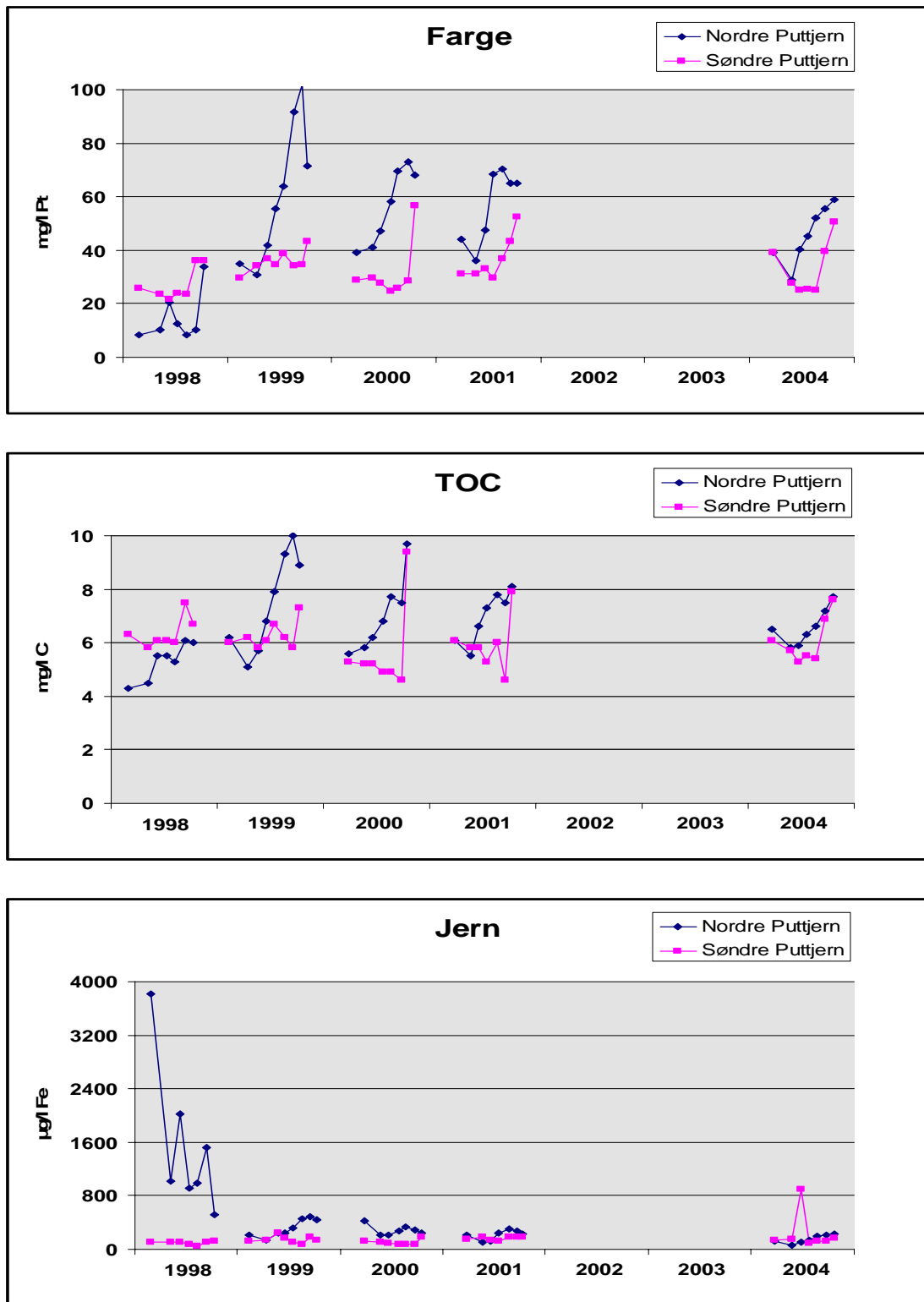


Fig. 9 Variasjoner i farge, totalt organisk karbon (TOC) og jern i Nordre og Søndre Puttjern i perioden 1998-2004.

## TOC

Totalt organisk karbon (TOC) er et mål på det totale innholdet av organisk materiale i vannmassene. I 1998 var innholdet av TOC mindre i Nordre Puttjern enn i Søndre på samme måte som fargeverdiene, fordi mindre organisk materiale ble tilført tjernet fra omgivelsene og da spesielt fra myrområdene rundt tjernet (figur9). Disse to parametrene følger hverandre i grove trekk i variasjonsmønsteret gjennom sesongen, noe som figuren viser. Resultatene for 2004 viser at verdiene da var tilnærmet like i de to tjernene, stort sett mellom 5,0 og 7,5 mg/l C, noe som viser et betydelig innhold av organisk materiale.

## Jern

Som figur 9 viser var det meget høye verdier for jern i Nordre Puttjern (selv i blandprøvene) i 1998. Verdiene varierte en del, og sank radikalt gjennom sesongen, til 515 µg/l Fe ved sesongslutt. Resten av undersøkelsesperioden har innholdet av jern stort sett vært det samme i de to tjernene.

## Sulfat

Figur 10 viser, på samme måte som utviklingen av jern i Nordre Puttjern, svært høye verdier gjennom sesongen 1998. Verdiene sank imidlertid ettersom vannstanden i tjernet tok seg opp til normal høyde. Dette skyldtes som nevnt tidligere oksydasjon av sulfid-holdig vann som ble oksydert og økte innholdet av sulfat- og hydrogenioner, når det kom i kontakt med luft ved vannstandssenkningen.

Konsentrasjonene avtok igjen når myrområdene rundt tjernet igjen ble dekket med vann. I 1999 var det ennå litt høyere verdier for sulfat i Nordre Puttjern sammenlignet med Søndre og i begynnelsen av sesongen 2000, men i 2001 og 2004 har de to tjernene hatt praktisk talt samme konsentrasjoner av sulfat, mellom 4-6 mg/l SO<sub>4</sub>.

## Totalfosfor

Dette viktige næringsstoffet for planteplanktonvekst økte i Nordre Puttjern alt mot slutten av sesongen 1998 (figur10), antagelig som en følge av økte tilførsler til vannmassene ved utvasking fra områdene som lå tørrlagte og fra områdene rundt tjernet. I 1999, 2000 og 2001 ble det fremdeles registrert betydelig høyere verdier for totalfosfor i Nordre Puttjern, sammenlignet med Søndre.

At mye av dette fosforet var partikulært og ikke tilgjengelig for planteplanktonet viser biomasseberegningene av planteplankton (se senere), men mengden av tilgjengelig fosfor økte i perioden, og ga betydelig økt planteplanktonbiomasse i Nordre Puttjern spesielt i 2000 og 2001 (se under omtale av planteplankton). I 2004 er verdiene for totalfosfor i de to tjernene tilnærmet på samme nivå.

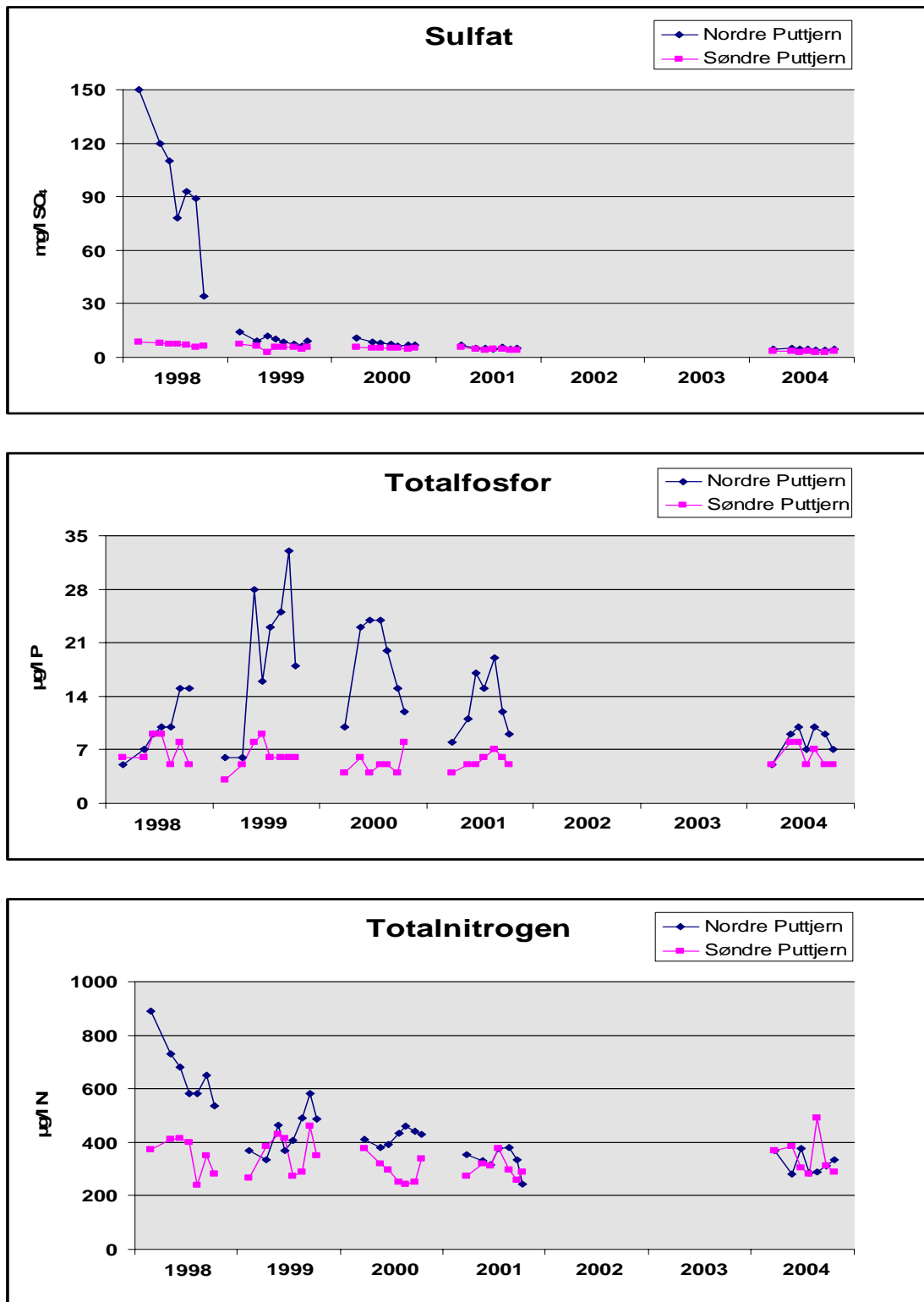


Fig. 10 Variasjoner i sulfat, totalfosfor og totalnitrogen i Nordre og Søndre Puttjern i perioden 1998-2004.



## Totalnitrogen

I motsetning til totalfosfor viser resultatene for totalnitrogen en lignende utvikling som en registrerte for jern og sulfat, med svært høye verdier i Nordre Puttjern i begynnelsen av sesongen 1998 (figur 10), men med en kraftig reduksjon etterhvert som vannstanden i tjernet nådde overløpshøyde.

Sammenlignet med Søndre Puttjern var det gjennomgående noe høyere verdier for totalnitrogen også i 1999 og 2000. I 2001 og 2004 var innholdet av totalnitrogen i store trekk den samme i begge tjernene. Verdiene for Søndre Puttjern har i hele undersøkelsesperioden vært stabil med verdier mellom 250 og 400  $\mu\text{g/l N}$ .

## Vertikale variasjoner for enkelte parametre i Nordre Puttjern

Gjennom hele undersøkelsesperioden ble det samlet inn prøver for analyse av enkelte kjemiske parametre i tre ulike dyp i Nordre Puttjern i tillegg til blandprøvene fra epilimnion. Prøvene ble tatt på 2, 4 og 7 m dyp. Hensikten med å analysere prøver fra disse dypene var å følge med i eventuelle bedringer av vannkvaliteten også i dypvannet, slik en har gjort for blandprøvene fra de øvre vannlagene i perioden 1998-2001. Analysene av prøvene har omfattet pH, konduktivitet, jern og sulfat. I figur 11 er variasjonene for pH, konduktivitet og sulfat gjennom hele perioden fremstilt.

### pH

Som figuren viser var det gjennom sesongen 1998 betydelig høyere verdier for denne parameteren i 2 m dyp enn i 4 og 7 m dyp. I 1999 var verdiene i 2 og 4 m dyp tilnærmet de samme, sesongen sett under ett, mens verdiene i 7 m dyp var økt sterkt, men fremdeles var markert lavere. I første del av sesongen 2000 lå fremdeles verdiene for pH lavere i 7 m dyp enn i 2 og 4 m, men mot slutten av sesongen var pH i alle tre dyp tilnærmet på samme nivå.

Gjennom sesongen 2001 lå pH i alle tre dyp på samme nivå, mens resultatene for 2004 viser at pH i det dypeste området, her representert med 7 m dyp, stort sett lå godt over verdiene i 2 og 4 m dyp. Årsaken er kalkingen av tjernet og økt konsentrasjon av kalk i bunnområdene.

### Konduktivitet

Denne parameteren, som gir et mål på mengden løste salter i vannmassene, viste høye verdier i 1998 for alle dyp, noe som en også så på figur 8 for blandprøvene det året. Figur 11 viser imidlertid at verdiene for konduktivitet var høyere i 1998 i 4 m dyp og ennå høyere i 7 m dyp.

Som det fremgår av figuren var verdiene for konduktivitet kraftig redusert resten av undersøkelsesperioden, og verdiene for 2 og 4 m tilnærmet de samme, mens verdiene for de bunnære områdene i tjernet var svært mye høyere, noe som gjenspeiler økt konsentrasjon av kalk nær bunnen.

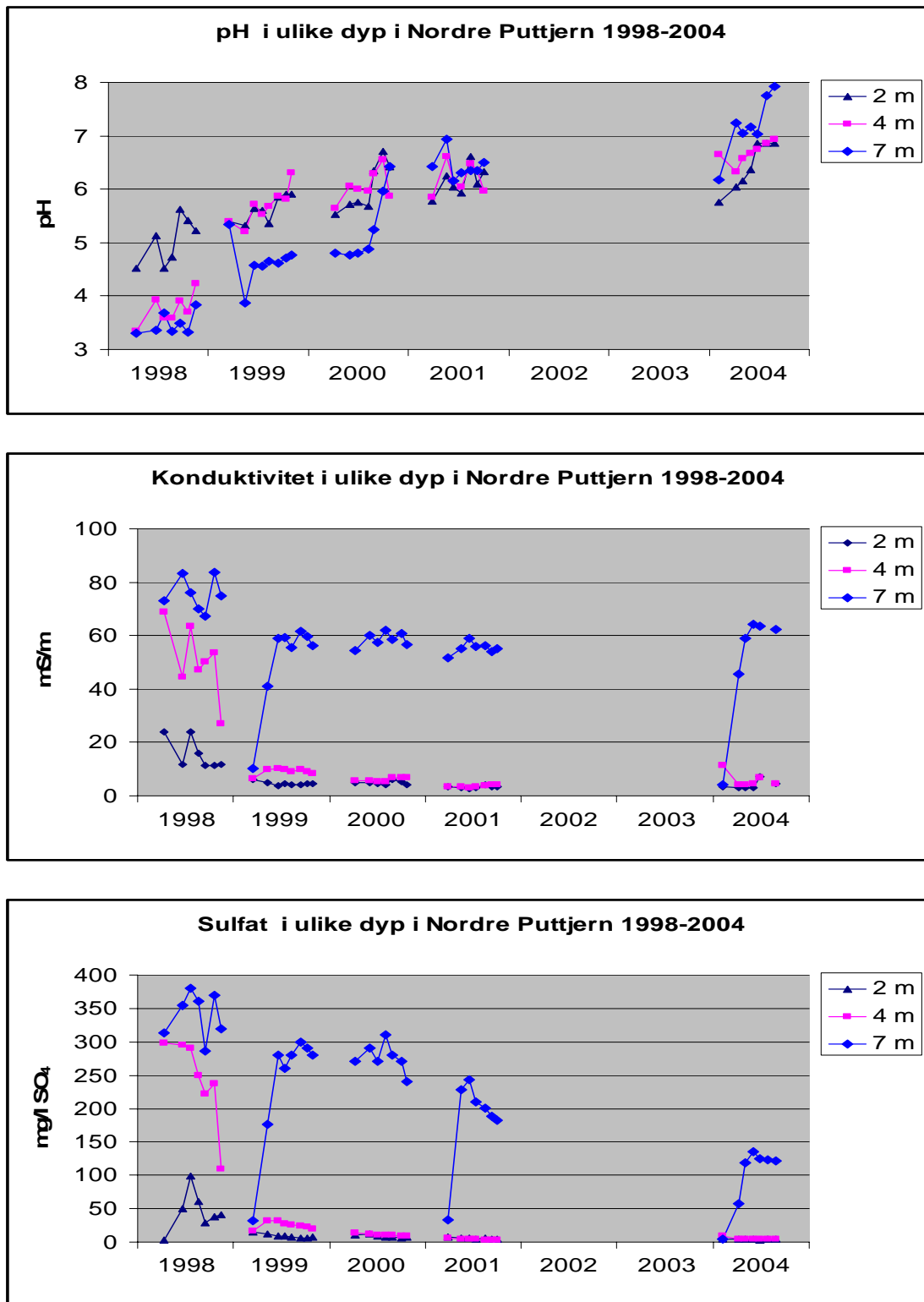


Fig. 11 Variasjoner i pH, konduktivitet og sulfat i 2, 4 og 7 m dyp i Nordre Puttjern i 1998-2004.

## Sulfat

For sulfat viser figur 11 relativt høye verdier gjennom det meste av sesongen 1998 i 2 m dyp, og svært høye verdier store deler av sesongen i 4 m dyp og særlig 7 m dyp. Årsaken var, som nevnt tidligere, at grunnvannspeilet sank kraftig i 1998. Dette førte til at store deler av vannet i området, særlig i myrområdene rundt tjernet, som tidligere hadde anoksiske forhold, ble eksponert mot luft og en oksydasjon fant sted av sulfider til sulfat. Dette igjen førte til økt innhold i vannmassene av hydrogen- og sulfationer.

Etterhvert som vannstanden nådde overløpshøyde, sank innholdet av sulfationer i 2 og 4 m dyp, men holdt seg fremdeles høyt i de bunnære områdene av tjernet. Bare mens isen ennå ligger på tjernet og det er anoksiske bunnvann, før omrøringen av vannmassene setter inn, er verdiene også for 7 m relativt sett lave. Resten av sesongene 1999-2004 var verdiene svært høye i 7 m dyp. Figuren viser imidlertid at det har vært en kraftig reduksjon av sulfatinnholdet i dypvannet gjennom undersøkelsesperioden. Fra 2000 har innholdet av sulfationer vært lite og tilnærmet likt i 2 og 4 m dyp.

## Sammenligning av enkelte parametre i dypvannet i Søndre- og Nordre Puttjern

Gjennom hele undersøkelsesperioden ble det samlet inn og analysert prøver fra dypvannet også i Søndre Puttjern. Utgangspunkt for undersøkelsene i begge Puttjernene var som nevnt at de sannsynligvis har vært omtrent like med hensyn til vannkvalitet før lekkasjene til Romeriksporten satte inn.

En sammenligning av analyseresultatene av enkelte parametre for dypvannsområdene i de to tjernene kan derfor si noe om det har skjedd en bedring av vannkvaliteten også i dypvannet i Nordre Puttjern, mot en førtilstand.

Analysereultatene fra dypvannsprøvene i Nordre og Søndre Puttjern for de tre parametrene pH, konduktivitet og sulfat er fremstilt i figur 12. Som figuren viser har det vært en jevn økning i pH i dypvannet i Nordre Puttjern gjennom hele perioden til pH i dag er praktisk talt den samme i begge tjernene.

Når det gjelder konduktiviteten viser figuren at nivået har stabilisert seg i Nordre Puttjern og at den innbyrdes forskjellen mellom de to tjernene i store trekk er den samme. Årsaken kan være at Nordre Puttjern er kalket så kraftig gjennom undersøkelsesperioden at konsentrasjonen i dypvannet er betydelig høyere der enn i Søndre Puttjern, og dermed innholdet i vannmassene av løste salter.

Forskjellen i sulfat har vært svært stor gjennom hele undersøkelsesperioden, men figuren viser at det har vært en betydelig reduksjon i Nordre Puttjern fra 1998 til 2004, en reduksjon på 200-250 mg/l SO<sub>4</sub>, noe som viser at vannmassene i dypvannet i Nordre Puttjern nærmer seg forholdene i Søndre, og at innholdet av sulfat i dypvannet i de to tjernene vil være tilnærmet lik om noen få år.

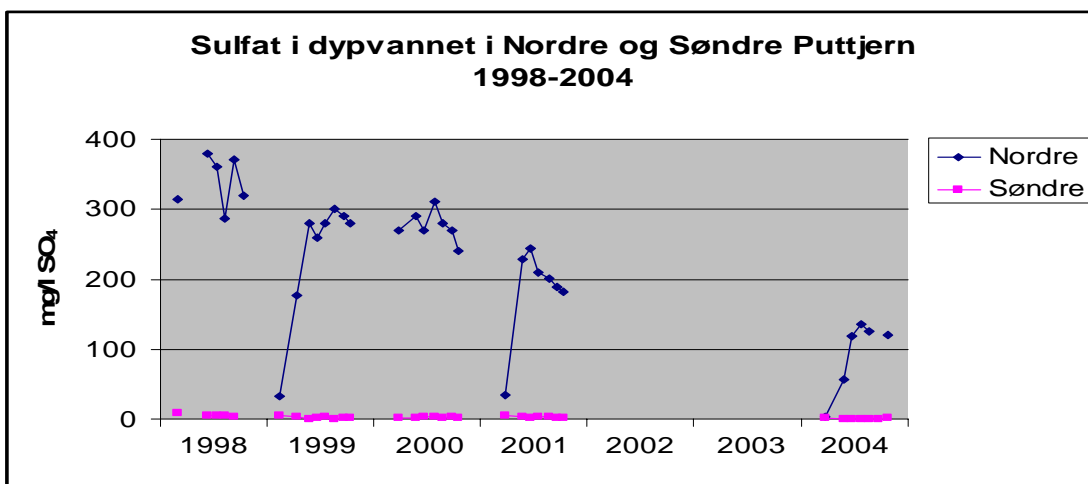
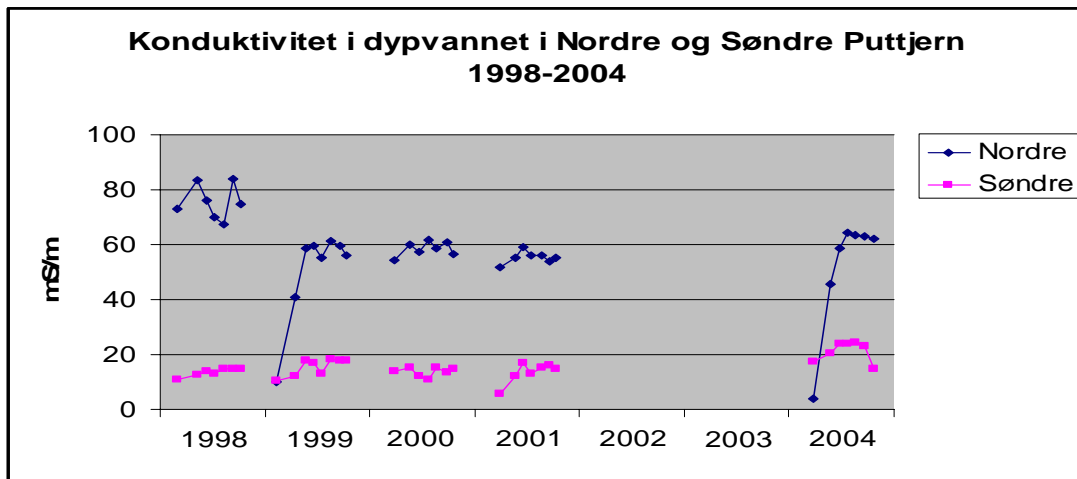
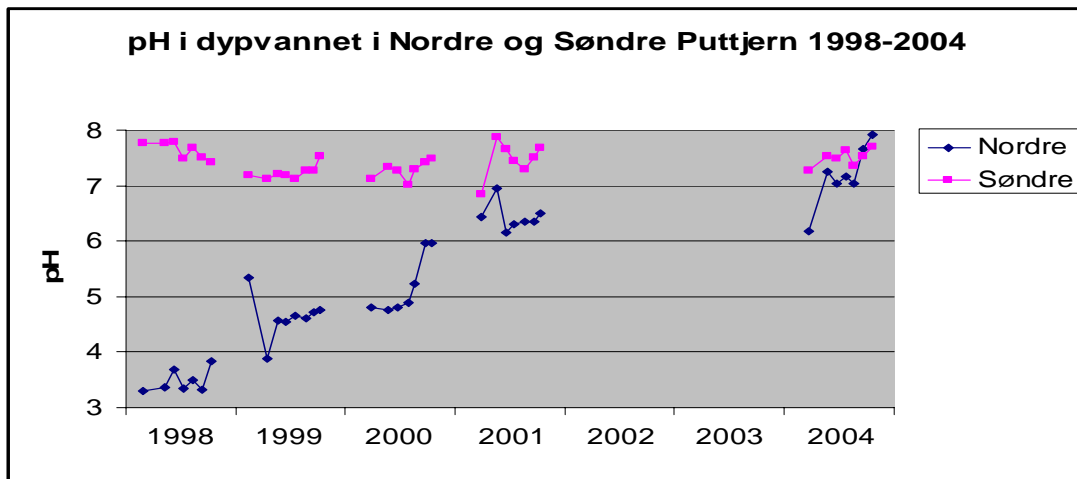


Fig. 12 Variasjoner i pH, konduktivitet og sulfat i dypvannet i Nordre og Søndre Puttjern i perioden 1998-2004.

## 5.3 Planteplankton og klorofyll

De analyserte prøvene for planteplankton og klorofyll var blandprøver fra den eufotisk (lyslagene) sone i de undersøkte innsjøene. Prøvene har vært blandprøver fra 0-6 m dyp i Søndre Puttjern og fra 0-2 m dyp i Nordre Puttjern.

De kvantitative planteplanktonprøvene ble analysert etter "Sedimenteringsmetoden" utarbeidet av Utermöhl (1958), med etterfølgende volumberegninger beskrevet av Rott (1981). En samlet metodebeskrivelse er gitt av Brettum (1984) og Olrik og medarb. (1998). Metoden omfatter analyser ved hjelp av et omvendt mikroskop og gir det kvantitative innholdet av hver enkelt art/takson planteplankton som volum eller biomasse, den prosentvise andel av hver algegruppe som f. eks. blågrønnalger (cyanobakterier), kiselalger, grønnalger osv. og det samlede planteplanktoninnhold. Figurene, 13 og 14, som viser variasjonene i planteplanktonvolum og -sammensetning i Puttjernene er tegnet ut i samme målestokk for alle årene og begge tjernene, for å gjøre det enklere å sammenligne innsjøene innbyrdes. Analyseresultatene er gitt i tabell 5 og 6 i vedlegget.

Måling av klorofyllinnholdet i vannet er en enklere metode for å gi et mål på planteplanktonets samlede biomasse. Denne metoden gir ingen opplysninger om planteplanktonsamfunnets sammensetning av grupper og arter. Da klorofyllinnholdet i planteplanktonet varierer både med artsammensetningen, vekstfase og ytre forhold, gir det et relativt grovt mål på planteplanktonbiomassen til enhver tid. Med et sammensatt planteplanktonsamfunn vil imidlertid klorofyllmengden variere i store trekk på samme måte som totalvolum av planteplankton, beregnet ut fra de kvantitative mikroskopanalysene. Analysemetodikken for klorofyllanalyser har fulgt Norsk Standard (NS 4767).

### 5.3.1 Variasjoner i planteplanktonets sammensetning og mengde

#### Nordre Puttjern

Variasjonene i mengde og sammensetning er vist i figur 13, og i tabell 6 i vedlegget bakerst i rapporten er analyseresultatene for 2004 for Nordre Puttjern gitt. Prøver for september ble ikke samlet inn dette året i Nordre Puttjern. Figur 13 viser at det var omtrent like mye planteplankton biovolum eller biomasse i Nordre Puttjern i 1998 og 1999, med maksimum i 1998 på  $990 \text{ mm}^3/\text{m}^3$  ( $\approx \text{mg}/\text{m}^3$  våtvekt) og i 1999 på  $873 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ . Verdiene er ikke spesielt høye, men tydet da på at vannmassene var oligomesotrofe, det vil si på overgangen mellom oligotrofe, næringsfattige og mesotrofe, middels næringsrike (Brettum 1989). Gjennomsnittet var henholdsvis 490 og  $462 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ , altså svært likt, og noe mer enn hva en registrerte i Søndre Puttjern (se senere). De kjemiske analyseresultatene for Nordre Puttjern viste høye verdier for totalfosfor begge årene, noe som burde tilsi større algevolum i Nordre Puttjern enn det en registrerte. Sannsynlige årsak er at det meste av totalfosforet var partikulært bundet, og derfor i liten grad tilgjengelig for planteplanktonet.

Figuren viser at det i 2000 skjedde en kraftig økning i planteplanktonbiomassen sammenlignet med de to foregående år, på tross av at fosforinnholdet var omtrent på samme nivå som i 1999. Større andel av tilgjengelig fosfor kan være årsaken for økningen. En mulig årsak kan også være at vannmassene etterhvert var blitt mindre sure, slik at flere forsurningsømfintlige arter kunne etablere seg og danne større bestander. Registrert maksimum i 2000 var på  $2699 \text{ mm}^3/\text{m}^3$  og gjennomsnittet for sesongen  $1581 \text{ mm}^3/\text{m}^3$  som, ifølge Brettum (1989), viser mesotrofe vannmasser. Resultatene for 2001 viser med hensyn til algevolum at nivået og utviklingen da var omtrent som i 2000. Maksimum i 2001 var på  $3121 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ , og gjennomsnittet for sesongen på  $1457 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ . Dette viser mesotrofe vannmasser på overgangen til eutrofe, eller næringsrike forhold.

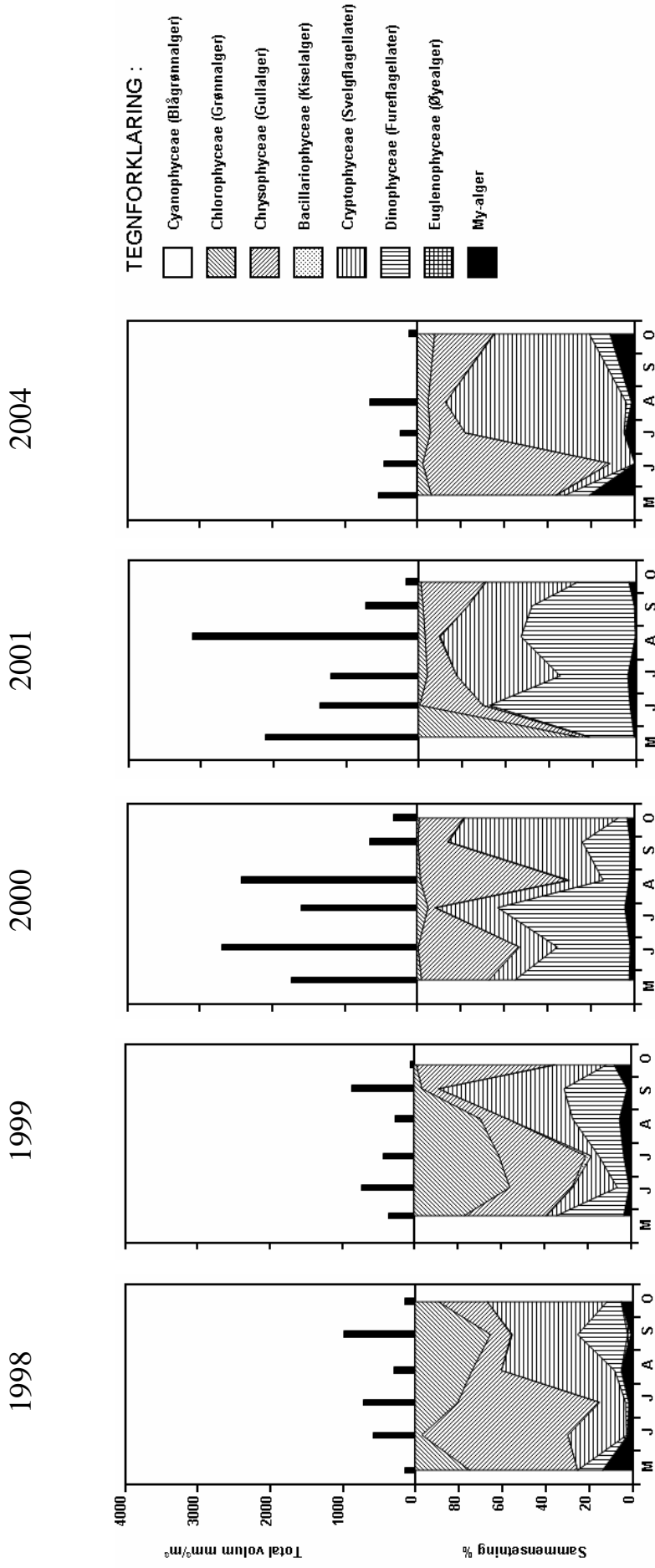


Fig. 13 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Nordre Puttjern i perioden 1998-2004.

Planteplanktonet i Nordre Puttjern var betydelig mindre variert gjennom sesongen både i 1998 og 1999 enn hva som ble registrert i Søndre Puttjern. Bare 36 arter/taksa ble registrert totalt i prøvene fra 1998. I prøvene fra 1999 ble 51 arter eller taksa registrert. Dette var en kraftig bedring. Det økte artsmangfold henger sannsynligvis sammen med den bedre vannkvaliteten som en registrerte i epilimnion i 1999 sammenlignet med forholdene i 1998, i første rekke ved økt pH. Mange arter har vist seg å forsvinne fra planteplanktonsamfunnet når pH blir lavere enn ca. 5-5.5.

I 2000 økte totalvolum planteplankton kraftig, mens artsinventaret var omtrent det samme som i 1999. Da ble 49 arter/taksa registrert. I 2001 ble det som nevnt registrert omtrent samme eller litt større algebiomasse enn i 2000, og antall arter/taksa var økt til 57. I 2004 var planteplanktonbiomassen svært mye mindre enn i 2000 og 2001, med et registrert maksimum på  $659 \text{ mm}^3/\text{m}^3$  og et gjennomsnitt for sesongen på  $406 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ , altså tilbake omtrent til nivået fra 1998 og 1999. Antall registrerte arter/taksa i 2004 var 64, altså en ytterligere økning i mangfoldet fra 2001.

Gruppene Chrysophyceae (gullalger) og Chlorophyceae (grønnalger) var de viktigste sesongen sett under ett de to første årene av undersøkelsene, med arter som *Dinobryon sociale v. americanum* og *Uroglena americana* blant chryomonadene og *Chlamydomonas* spp. og *Scourfieldia* sp. som viktige elementer blant grønnalgen. I 1999 ble hele 25 arter/taksa registrert fra denne gruppen i prøvene, det vil si halvparten av de registrerte artene.

I de to årene 2000 og 2001 med økt planteplanktoninnhold i vannmassene var gruppene Cryptophyceae (svelgflagellater) med ulike arter av slekten *Cryptomonas*, de viktigste elementene i planteplanktonsamfunnet. Svært viktig var også gruppen Dinophyceae (fureflagellater) med arter som *Peridinium umbonatum* (= *P. inconspicuum*) og *P. raciborskii* (= *P. palustre*). I 2004 var det igjen gruppen Chrysophyceae (gullalger) som dominerte tidlig i sesongen, med ulike chryomonader og *Uroglena americana*, mens gruppen Cryptophyceae (svelgflagellater) ble helt dominerende siste delen av vekstsesongen med arter innen slektene *Cryptomonas* og *Chroomonas*. Noen eksemplarer av arten *Katablepharis ovalis* ble registrert i 2004. Denne arten er svært forsuringfølsom og var ikke registrert i Nordre Puttjern tidligere i undersøkelseperioden.

## Søndre Puttjern

Figur 14 viser at gjennom hele undersøkelsesperioden var det noe mindre mengder av planteplankton i Søndre Puttjern enn i Nordre Puttjern, med maksimum biovolum på henholdsvis 735, 664, 501, 517 og  $623 \text{ mm}^3/\text{m}^3$  i årene 1998, 1999, 2000, 2001 og 2004. Dette er ikke spesielt høye verdier, og normalt for mange skogstjern av denne typen. Gjennomsnittsverdiene var henholdsvis 427, 399, 323, 277 og  $318 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ . I følge Brettum (1989) viser dette oligotrofe, næringsfattige vannmasser.

Gruppene Chrysophyceae (gullalger), Cryptophyceae (svelgflagellater) og Dinophyceae (fureflagellater) var gjennomgående de viktigste, undersøkelsesperioden sett under ett. Innslaget av blågrønnalger (cyanobakterier) var markert til tider. Det var to arter som er typisk for næringsfattige vannmasser i motsetning til mange andre arter innen denne gruppen. Artene var *Merismopedia tenuissima* og *Pseudanabaena* sp.. Ulike chryomonader utgjorde det meste av biomassen innen gruppen Chrysophyceae, sammen med ulike arter innen slekten *Dinobryon* som *D. bavaricum*, *D. crenulatum*, *D. divergens* og *D. sociale v. americanum*, sammen med arten *Chrysolykos skujai*. I gruppen Cryptophyceae (svelgflagellater) ble begge de to forsuringfølsomme artene *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis* registrert. Gruppen Dinophyceae (fureflagellater) var representert først og fremst ved arten *Peridinium raciborskii* (= *P. palustre*).

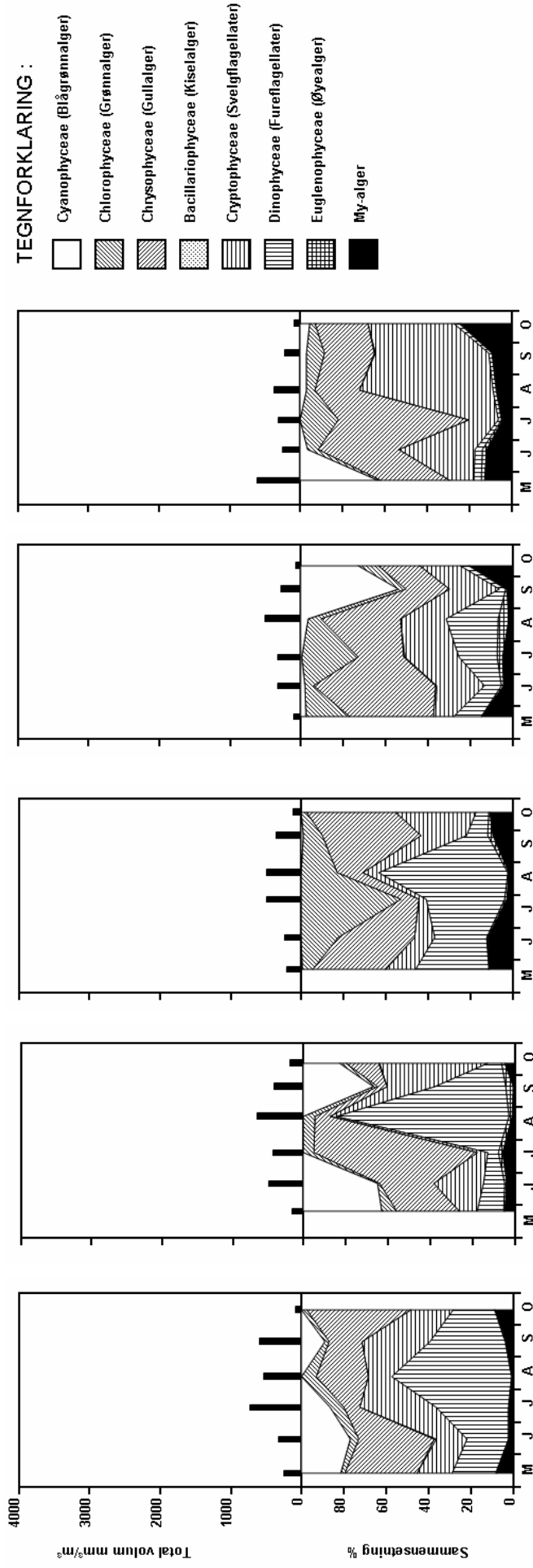


Fig. 14 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i perioden 1998-2004 i Søndre Puttjern.



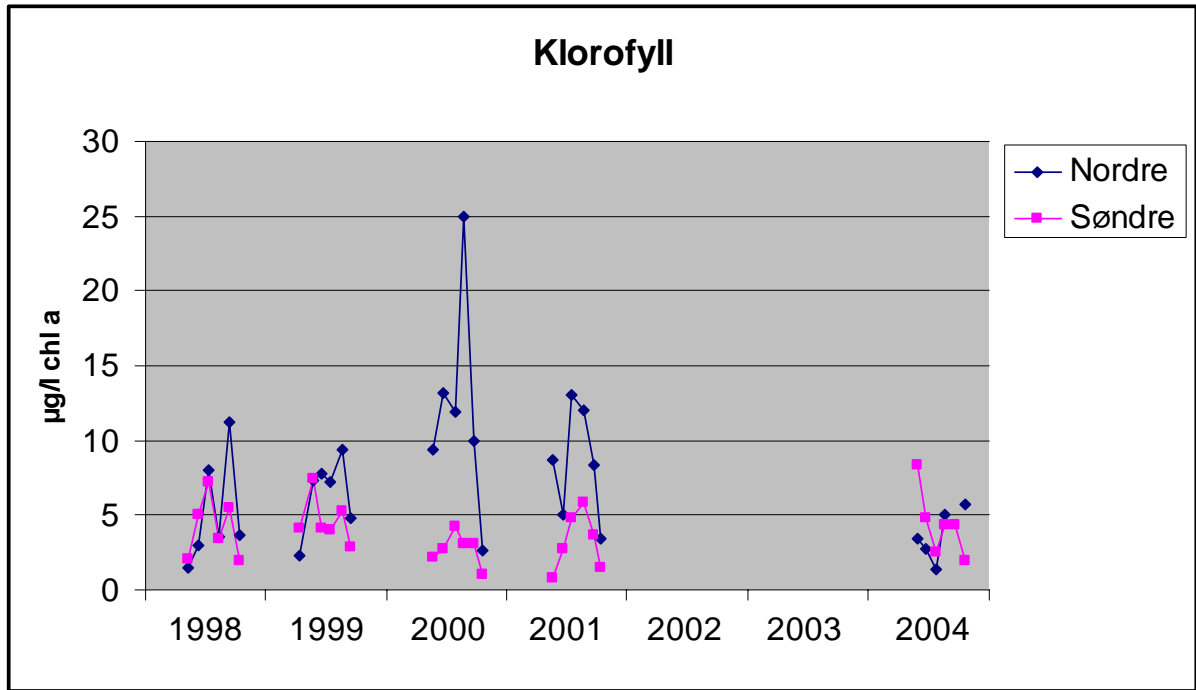


Fig. 15 Variasjoner i klorofyll i Nordre og Søndre Puttjern i perioden 1998-2004.

### 5.3.2 Klorofyll

Figur 15 viser variasjonene i klorofyll i de to tjernene i undersøkelsesperioden. Prøvene for de tre siste prøvetakingsdatoer i 1999 ble tatt slik at større bestander av fotosyntetiserende bakterier kom med i prøvene. Mengden av bakterieklorofyll kommer med i den analyserte totalmengden klorofyll, og ga derfor et helt annet mål enn planteplanktonklorofyllet alene. Ut fra erfaring med forholdet mellom klorofyll og totalvolum planteplankton fra andre lokaliteter, har en på figuren antydnet omtrent nivået for planteplanktondelen av det samlede klorofyll. Ut fra dette ser en at variasjonene i klorofyll er godt samstemt med de tilsvarende planteplanktonanalysene med hensyn til algemengde. Verdiene er omtrent på samme nivå i Søndre Puttjern gjennom hele undersøkelsesperioden, med maksimum varierende mellom 4,5 og 8 µg/l chl a. I Nordre Puttjern var verdiene høyere med maksimum mellom 6 og 12 µg/l chl a i 1998, 1999 og 2004, og med maksimum i 2000 på hele 25 µg/l chl a og i 2001 på 13 µg/l chl a.

## 5.4 Dyreplankton

Prøver av dyreplankton ble samlet inn månedlig i perioden mai-oktober 2004. På grunn av problemer med båt ble det imidlertid ikke samlet inn prøver fra Nordre Puttjern i september. Ved hjelp av en 3-liters Limnos-henter ble det laget blandprøver fra sjiktet 0-6 m i Søndre Puttjern og 0-2 m i Nordre Puttjern. 10 liter fra hver blandprøve ble filtrert i felt gjennom duk med maskevidde 45 µm (=0,045 mm). Planktoniske krepsdyr (Crustacea) ble identifisert til art med unntak av copepoditter og nauplier av cyclopoide hoppekreps. Alle individer i prøven ble vanligvis telt opp, men i en del tilfeller med spesielt mye dyr ble nauplier av cyclopoide hoppekreps telt i en representativ delprøve (1/5). Hjuldyr ble identifisert til art eller slekt og telt opp i en representativ delprøve (1/5 eller 1/10). Ved beregninger av biomasser (tørrvekt) ble det brukt faste spesifikke vekter for de forskjellige hjuldyrartene og nauplier av hoppekreps (Copepoda). For vannløpper (Cladocera) samt copepoditter og voksne av hoppekreps ble totallengden målt enten på hvert individ i prøven eller på et representativt utvalg i de tilfellene der individantallet var større enn 20. Tørrvekter av hjuldyr og nauplier samt lengde/vekt-relasjoner for de øvrige gruppene ble utledet fra Bottrell og medarb.(1976), Dumont og medarb. (1975) og Yan og Mackie (1987). Resultatene for 2004 er gitt i tabell 7 og 8 i vedlegget og vist sammen med resultatene for årene 1998-2001 i figurene 16 og 17.

### Søndre Puttjern

Dyreplanktonet i Søndre Puttjern hadde i 2004 en "normal" sammensetning med dominans av arter som er vanlige over et relativt vidt spekter av innsjøtyper, dvs. såkalte generalister. Dominerende krepsdyrarter var den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, de cyclopoide hoppekrepsene *Cyclops scutifer* og *Thermocyclops oithonoides* samt vannloppene *Holopedium gibberum*, *Bosmina longispina* og *Bosmina longirostris*. *H. gibberum* er mest vanlig i næringsfattige og kalkfattige lokaliteter. Artsantallet var omtrent likt med tidligere år (totalt 20 arter eller taksa), og alle hovedgrupper som er vanlig å finne, var tilstede. Biomassen av krepsdyr var betydelig høyere enn tidligere år (figur 16), med maksimum i juni-juli. Sammenlignet med andre innsjøer kan middelbiomassen for perioden mai-oktober betegnes som i overkant av middels høy (Hessen og medarb.1995 a). Det kan være flere årsaker til at biomassen var såpass høy i 2004. Sannsynligvis har tilgangen på føde i form av alger, bakterier og/eller dødt organisk materiale vært god.

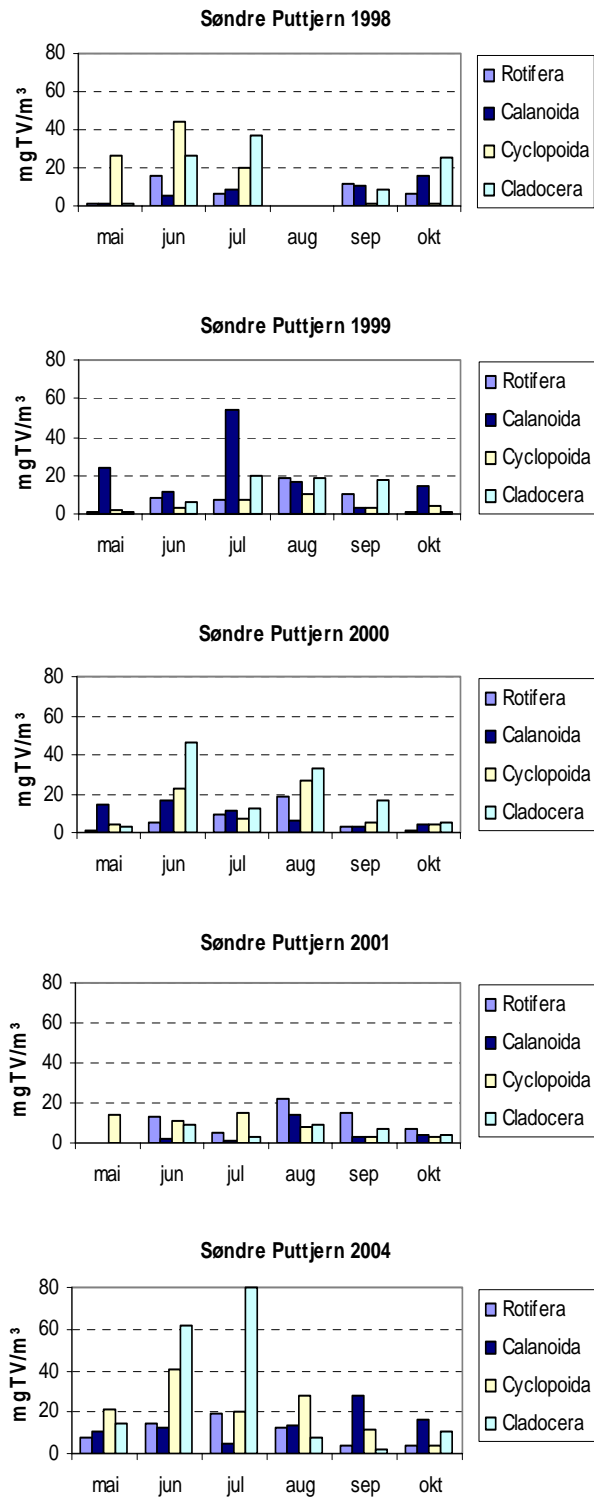


Fig.16 Dyreplankton i Søndre Puttjern i perioden 1998-2004, fordelt på hovedgruppene hjuldyr (Rotifera), calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps og vannlopper (Cladocera). Mengdene er gitt i mg tørrvekt (TV) pr.m<sup>3</sup> i sjiktet 0-6 m.

Krepsdyrplanktonet var dominert av småvokste former. Middellengden av voksne hunner av *H. gibberum*, *B. longispina* og *B. longirostris* var henholdsvis ca. 0,8 mm, ca. 0,6 mm og ca. 0,4 mm. Dette indikerer et hardt predasjonspress ("beitepress") fra planktonspisende fisk. I Søndre Puttjern fins bestander av abbor og ørret (Bremnes og medarb.2002), og det er sannsynligvis abboeren som i perioder kan utøve et betydelig predasjonspress på krepsdyrplanktonet. Fra og med august var det en markert nedgang i bestanden av *H. gibberum* samtidig som sammensetningen innen slekten *Bosmina* endret seg fra dominans av *B. longispina* til den betydelig mindre *B. longirostris*. Dette kan være forårsaket av et økende predasjonspress fra planktonspisende fisk utover sommeren.

### Nordre Puttjern

Det ble observert en markert forbedring innen dyreplanktonet i Nordre Puttjern i 2004 sammenlignet med i 2001 og tidligere år. Artsantallet ser ut til å ha økt jevnt siden 1999 (figur 17). I 1998 var dyreplanktonet tydelig skadet som følge av de ekstreme forholdene med bl.a. meget surt vann (pH < 4,5 i sjiktet 0-2 m mesteparten av den isfrie perioden). Calanoide hoppekreps ble ikke påvist i perioden juni til oktober, og cyclopoide hoppekreps og vannlopper forekom med kun meget lave individantall. Artsantallet og biomassen av hjuldyr var også lave, men enkelte arter innen denne gruppa så likevel ut til å klare seg relativt bra i hvert fall i deler av 1998-sesongen. Det gjaldt først og fremst *Polyarthra* spp. og *Asplanchna priodonta*. Hjuldyr er også den gruppa som inntil 2001 har hatt størst suksess i forbindelse med normaliseringen av forholdene i tjernet. Dette har gitt seg utslag i økninger i såvel artsantall som biomasser. I 2001 representerte denne gruppa nesten 90 % av totalbiomassen (middel for perioden mai-oktober), mens krepsdyr utgjorde en tilsvarende lav andel (ca. 10 %). Dette må betegnes som en høyst uvanlig sammensetning. I 2004 var derimot alle vanlige hovedgrupper av krepsdyr til stede i dyreplanktonet med betydelige biomasser. Den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* ble observert fra og med sensommeren 2001, og i 2004 forekom den rikelig i hele perioden mai-oktober. I 2004 var det også i motsetning til tidligere år en bra bestand av den cyclopoide hoppekrepsen *Thermocyclops oithonoides*. Vannloppen *Daphnia longispina* regnes som meget sensitiv overfor surt vann og for eksempel høye konsentrasjoner av metaller (se f.eks. Schartau og medarb.1997 med referanser). Arten har etablert seg i Nordre Puttjern sannsynligvis en gang i perioden 2002-2003. I 2004 var den helt dominerende blant vannloppene med en meget stor bestand i sommermånedene juni-august. 3 andre vannlopparter ble også observert, og det totale artsantallet var det samme i Nordre Puttjern som i Søndre Puttjern i 2004. Middelbiomassen av dyreplankton for perioden mai-oktober var betydelig høyere enn tidligere år og kan betegnes som meget høy sammenlignet med andre innsjøer.

De nevnte forandringene i dyreplanktonet viser at vannkvaliteten i Nordre Puttjern ikke lenger virker toksisk for denne dyregruppa, og at mange arter har rukket å reetablere seg. Det innebærer at sammensetningen og den sesongmessige utviklingen i dyreplanktonet i hovedsak styres av variasjonene i forhold som vanntemperatur, tilgang på egnet føde, konkurranse mellom artene og predasjon fra virvelløse dyr og planktonspisende fisk. Konsentrasjonen av kalsium i vannmassene kan også være en vesentlig faktor for artssammensetningen (Hessen og medarb. 1995 b, Wærvågen og medarb. 2002). Det er sannsynlig at den relativt høye konsentrasjonen av kalsium pga. kalking kan være en medvirkende årsak til at *D. longispina* har hatt stor suksess i Nordre Puttjern, mens en art som *H. gibberum* ikke ser ut til å ha etablert seg.

Mens Nordre Puttjern var fisketomt, kunne svevemygglarven *Chaoborus* utvikle seg relativt fritt, og den oppnådde derfor en stor bestand i tjernet (Brettum og Løvik 2002, Bremnes og medarb. 2002). Hardt predasjonspress fra *Chaoborus* kan imidlertid ha hemmet bestandsutviklingen av flere arter av krepsdyrplankton i denne perioden. Høsten 2003 ble det satt ut ørret i tjernet, og observasjoner av vak sommeren 2004 viser at i hvert fall en del av fisken har klart seg (T. Bremnes, Lfi, pers. oppl.). *Chaoborus* ble funnet i en dyreplanktonprøve i 2004 også, men det er mulig at ørreten beiter på den og

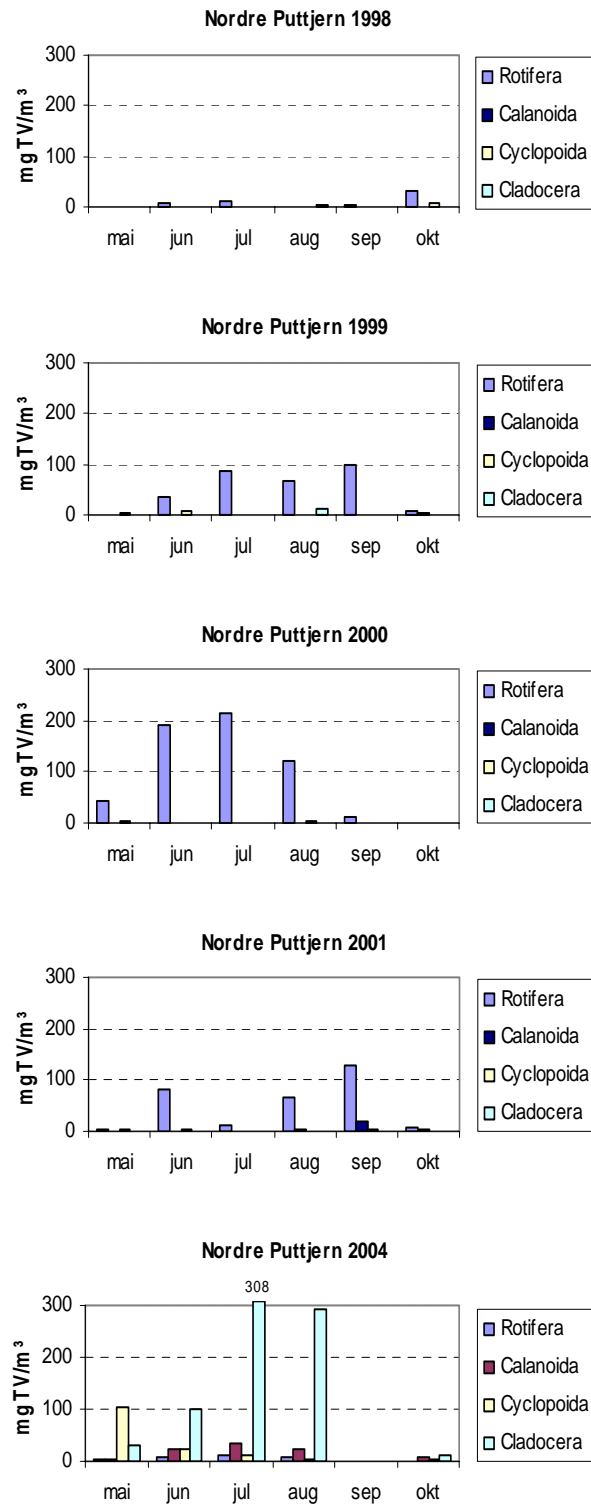


Fig.17 Dyreplankton i Nordre Puttjern i perioden 1998-2004, fordelt på hovedgruppene hjuldyr (Rotifera), calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps og vannlopper (Cladocera). Mengdene er gitt i mg tørrvekt (TV) pr.m<sup>3</sup> i sjiktet 0-6 m. (data mangler for september 2004).

dermed holder bestanden på et noe lavere nivå enn tidligere. Dette kan i sin tur ha bidratt til at flere krepsdyrplanktonarter har etablert seg og kunnet utvikle betydelige bestander i 2004. Dominansen av en så stor art som *D. longispina* tyder imidlertid på at predasjonspresset på dyreplanktonet fra planktonspisende fisk har vært lavt mesteparten av sesongen.

## 6. Referanser

- Bottrell, H.H., A. Duncan, Z.M. Gliwics, E. Grygierek, A. Herzig, A. Hillbricht-Ilkowska, H. Kurasawa, P. Larsson, og T. Weglenska. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.* 24: 419-456.
- Bremnes, T., Brabrand, Å. og Saltveit, S.J. 2002. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Puttjerna 2001. Sammenligning med resultatene fra 1997 – 2000. I: Miljøovervåking og tiltak i Østmarka 2001. Jernbaneverket Region Øst. 14 s.
- Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (red.). Norsk Limnologiforening. Universitetsforlaget, Oslo. 146-154.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr.2344. O-86116. 111 s.
- Brettum, P., Faafeng, B. og Oredalen T.J. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by og tettstedsnære områder. Biologisk mangfold av planteplankton - En kunnskapsstatus. NIVA-rapport nr.3770-97. P-966024. 73 s.
- Brettum, P., Berge, D., Løvik, J.E., Mjelde, M., Saltveit, S.J., Brabrand, Å. og Bremnes, T. 1999. Undersøkelse av vannkvalitet og økologiske forhold i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten. NIVA-rapport nr. 4019-99. O-97234. 137 s.
- Brettum, P. og Løvik, J.E. 1999. Overvåking i 1999 av vannkvalitet og økologiske forhold i vassdrag i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten. NIVA-rapport nr. 4137-99. O-97234. 57 s.
- Brettum, P. og Løvik, J.E. 2001. Overvåking i 2000 av vannkvaliteten i Puttjernene, Puttjernsbekken og Lutvannsbekken i Østmarka. Sammenligning med resultatene fra undersøkelsene i 1998 og 1999. NIVA-rapport nr. 4329-2001. O-97234. 77 s.
- Brettum, P. og Løvik, J.E. 2002. Overvåking i 2001 av vannkvaliteten i Puttjernene og Puttjernsbekken i Østmarka. Sammenligning med resultatene fra undersøkelsene i 1998, 1999 og 2000. NIVA-rapport nr. 4480-2002. O-97234. 67 s.
- Dumont, H.J., I. Van de Velde og S. Dumont. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19: 75-97.
- Hessen, D.O., B.A. Faafeng og T. Andersen. 1995 a. Replacement of herbivore zooplankton species along gradients of ecosystem productivity and fish predation pressure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 733-742.
- Hessen, D.O., B.A. Faafeng og T. Andersen. 1995 b. Competition and niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. *Hydrobiologia* 307: 253-261.
- Myrabø, S. og Færgestad, A. (red.) 2005. Miljøovervåking og tiltak i Østmarka 2004. Romeriksporten. Overflatehydrologi. Status pr. desember 2004.

- Olrik, K., Blomqvist, P., Brettum, P., Cronberg, G. og Eloranta, P. 1998. Methods for Quantitative Assessment of Phytoplankton in Freshwaters, part I. Naturvårdsverkets rapport nr.4860. 86 s.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. Schweiz. Z. Hydrol. 43. 34-62.
- Schartau, A.K.L., A. Hobæk, B. Faafeng, G. Halvorsen, J.E. Løvik, T. Nøst, A.L. Solheim, og B. Walseng. 1997. Diversitet av dyreplankton og litorale krepsdyr – naturlige gradienter og effekter av forurensninger, fysiske inngrep og introduksjoner. NINA temahefte 14, NIVA-rapport, løpenr. 3768: 1-58.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning nr.97:04. 31 s. Forfattere: Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., og Aanes, K.J.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. Limnol. 9. 1-38.
- Yan, N.D. og G.L. Mackie. 1987. Improved estimation of the dry weight of *Holopedium gibberum* (Crustacea, Cladocera) using clutch size, a body fat index, and lake water total phosphorus concentration. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 382-389.
- Wærvågen, S.B., N.A. Rukke and D.O. Hessen. 2002. Calcium content of zooplankton and its potential role in species distribution. Freshwater Biology 47: 1866-1878.



## **7. Vedlegg**

Tabell 1 Temperatur-, oksygen- og siktedypmålinger i Søndre Puttjern 2004

Dato	23.mars		24.mai		22.juni		20.juli		17.aug.		21.sep.		19.okt.		
	Dyp i m	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l
0	0.5	11.5	10.3	11.6	10.3	14.1	9.3	16.1	8.9	18.1	7.8	10.9	9.8	6.1	10.6
1	1.1	11.4	10.2	10.6	10.2	14.0	9.0	16.1	8.5	18.1	7.5	10.9	9.4	6.1	10.4
2	3.2	8.5	5.5	9.3	5.5	14.0	9.2	15.8	8.6	18.1	7.5	10.8	9.2	6.1	10.2
3	3.9	6.9	5.3	6.4	5.3	10.8	7.4	12.8	7.2	14.7	6.2	10.7	9.1	6.0	10.2
4	4.4	3.5	4.1	5.3	4.1	7.4	5.8	9.1	5.3	10.5	4.4	10.6	8.2	6.0	10.2
5	4.5	1.8	1.2	5.0	1.2	6.0	2.6	7.0	2.0	8.0	1.6	9.7	1.4	6.0	10.2
6	4.7	1.4	0.5	5.0	0.5	5.4	0.6	5.9	0.9	6.4	0.5	7.3	0.6	6.0	10.1
7	4.9	0.9	0.4	4.9	0.4	5.2	0.4	5.5	0.4	5.7	0.4	6.2	0.6	6.1	0.9
8	5.0	0.7	0.3	4.9	0.3	5.0	0.3	5.1	0.3	5.3	0.3	5.5	0.5	5.5	0.6
9	5.0	0.7	0.3	5.0	0.3	5.0	0.3	5.0	0.2	5.1	0.3	5.2	0.5	5.3	0.6
10				5.0	0.3	5.0	0.3	5.0	0.2	5.0	0.3		0.5	5.1	0.5
Siktedyp i m		3.95		4.75		4.60		3.45		3.80		3.60			

Tabell 2 Temperatur-, oksygen- og siktedypmålinger i Nordre Puttjern 2004

Dato	23.mars		24.mai		22.juni		20.juli		17.aug.		21.sep.		19.okt.		
	Dyp i m	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l
0	0.5	10.5	9.8	11.9	9.8	13.9	8.0	16.2	6.4	17.6	5.8			6.3	5.3
1	0.6	11.4	8.5	10.0	8.5	13.4	7.6	15.8	6.4	17.5	5.6			6.3	5.0
2	2.1	1.6	2.9	7.1	2.9	10.8	0.9	11.1	0.9	13.9	0.6			6.3	5.2
3	3.4	1.2	0.9	5.2	0.9	7.2	0.6	8.2	0.6	9.2	0.4			6.2	5.0
4	4.0	0.8	0.4	4.5	0.4	5.5	0.3	6.1	0.5	6.8	0.4			6.2	5.0
5	4.4	0.8	0.3	4.4	0.3	4.7	0.2	5.0	0.4	5.5	0.3			6.2	3.4
6	4.7	0.7	0.3	4.6	0.3	4.6	0.2	4.8	0.3	4.9	0.3			5.4	0.8
7	4.8	0.6	0.3	4.8	0.3	4.8	0.2	4.9	0.3	4.9	0.3			5.0	0.5
8														5.0	0.5
Siktedyp i m		3.20		3.10		3.50		2.50		Ingen observasjon		Ingen observasjon		2.75	

Tabell 3 Kjemiske analyseresultater fra Søndre Puttjern 2004

Dato	Dyp	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Turb FNU	Farge mg/l Pt	TOC mg/l	Tot-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	Tot-N µg/l	NO <sub>3</sub> µg/l	NH <sub>4</sub> µg/l	Fe µg/l
23.mars	0-6 m	7.00	4.63	0.300	0.63	36.8	6.1	4	<1	330	57	87	141
	8 m	7.28	17.30										3010
24.mai	0-6 m	7.23	6.29	0.516	1.3	27.9	5.7	8	1	385	26	105	146
	8 m	7.52	20.40										3920
22.juni	0-6 m	7.37	6.37		0.85	25.2	5.3	8	<1	305	9	48	90
	8 m	7.49	24.10										2920
20.juli	0-6 m	7.44	6.15	0.479	0.51	25.5	5.5	5	<1	280	5	46	86
	8 m	7.63	24.10										6231
17.aug.	0-6 m	7.69	9.31	0.858	1.4	25.2	5.4	7	1	490	<1	47	116
	8 m	7.35	24.30										6550
21.sept.	0-6 m	7.59	7.76	0.659	0.56	39.5	6.9	5	<1	310	10	50	127
	8 m	7.53	23.00										4750
19.okt.	0-6 m	7.40	5.67	0.413	0.80	50.7	7.6	5	<1	290	19	49	164
	8 m	7.69	14.70										2740

Dato	Dyp	Mn µg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Klf a µg/l
23.mars	0-6 m	71.8	1.80	6.99	0.61	0.28	1.93	3.18	
	8 m							0.96	
24.mai	0-6 m	124	1.55	10.40	0.69	0.24	1.98	3.16	8.4
	8 m							0.70	
22.juni	0-6 m	99.3	1.58	9.78	0.74	0.24	2.01	3.11	4.8
	8 m							0.32	
20.juli	0-6 m	65.1	1.56	10.80	0.72	0.22	1.94	3.38	2.5
	8 m							0.30	
17.aug.	0-6 m	104	1.56	17.80	0.77	0.22	2.00	3.00	4.4
	8 m							0.22	
21.sept.	0-6 m	105	1.67	14.10	0.80	0.23	2.27	3.12	4.4
	8 m							0.33	
19.okt.	0-6 m	91.5	1.79	8.70	0.68	0.23	2.58	3.43	1.9
	8 m							1.84	

Tabell 4 Kjemiske analyseresultater fra Nordre Puttjern 2004

Dato	Dyp	pH	Kond mS/m	Alk mmol/l	Turb FNU	Farge mg/l Pt	TOC mg/l	Tot-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	Tot-N µg/l	NO <sub>3</sub> µg/l	NH <sub>4</sub> µg/l	Fe µg/l
23.mars	0-2 m	5.96	3.17	0.070	0.65	39.1	6.5	5	<1	370	155	31	129
	2 m	5.76	3.34										126
	4 m	6.65	11.50										688
	7 m	6.18	4.06										399
24.mai	0-2 m	6.36	2.73	0.089	0.78	29.0	5.8	9	1	280	2	9	59
	2 m	6.05	2.93										101
	4 m	6.33	4.24										526
	7 m	7.24	45.80										296
22.juni	0-2 m	6.48	2.86		0.58	40.2	5.9	10	3	375	4	8	108
	2 m	6.15	3.04										158
	4 m	6.57	4.21										417
	7 m	7.04	58.90										175
20.juli	0-2 m	6.63	2.93	0.118	0.55	45.2	6.3	7	1	285	5	17	134
	2 m	6.36	3.22										187
	4 m	6.66	4.42										493
	7 m	7.16	64.40										122
17.aug.	0-2 m	7.24	6.59	0.517	0.74	52.2	6.6	10	1	290	<1	<5	201
	2 m	6.86	7.28										291
	4 m	6.74	6.67										487
	7 m	7.03	63.50										115
21.sept.	0-2 m												
	2 m												
	4 m												
	7 m												
19.okt.	0-2 m	7.10	4.57	0.262	0.98	58.8	7.7	7	<1	335	25	35	222
	2 m	6.85	4.51										222
	4 m	6.93	4.61										228
	7 m	7.92	62.30										142

Tabell 4 (forts.) Kjemiske analyseresultater fra Nordre Puttjern 2004

Dato	Dyp	Mn µg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Klf a µg/l
23.mars	0-2 m	29.2	1.79	6.50	0.52	0.28	2.16	4.77	
	2 m							4.95	
	4 m							9.86	
	7 m							3.86	
24.mai	0-2 m	15.2	1.48	2.97	0.48	0.23	1.77	4.98	3.4
	2 m							4.89	
	4 m							4.02	
	7 m							57.10	
22.juni	0-2 m	28.0	1.47	3.46	0.53	0.18	1.83	4.64	2.7
	2 m							4.46	
	4 m							4.06	
	7 m							119.0	
20.juli	0-2 m	39.9	1.42	3.53	0.53	0.19	1.74	4.35	1.4
	2 m							4.79	
	4 m							3.98	
	7 m							136.0	
17.aug.	0-2 m	47.6	1.46	11.40	0.63	0.18	1.78	3.90	5.0
	2 m							3.67	
	4 m							3.93	
	7 m							125.0	
21.sept.	0-2 m								
	2 m								
	4 m								
	7 m								
19.okt.	0-2 m	22.6	1.66	6.15	0.82	0.30	2.26	4.41	5.7
	2 m							4.40	
	4 m							4.39	
	7 m							121.0	

Tabell 5 Kvantitative planteplanktonanalyser av prøver fra :  
Søndre Puttjern (0-6 m).

Verdier gitt i mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> (=mg/m <sup>3</sup> våtvekt)						
År	2004	2004	2004	2004	2004	2004
Måned	5	6	7	8	9	10
Dag	24	22	20	17	21	19
Dyp	0-6 m	0-6 m	0-6 m	0-6 m	0-6 m	0-6 m
<b>Cyanophyceae (Blågrønnalger)</b>						
Merismopedia tenuissima	1,9	.	.	.	.	.
Pseudanabaena constricta	224,2	8,7	.	8,0	6,4	4,0
Tychonema bornetii	.	.	.	2,3	.	.
Sum - Blågrønnalger	226,0	8,7	0,0	10,3	6,4	4,0
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>						
Botryococcus braunii	.	0,5	.	.	.	.
Chlamydomonas sp. (I=8)	4,2	0,7	.	4,0	5,8	0,4
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)	.	0,1	0,2	3,0	5,2	1,2
Monoraphidium dybowskii	.	2,7	43,1	4,8	2,9	0,2
Monoraphidium griffithii	.	.	.	0,3	0,7	.
Mougeotia sp.	.	.	.	.	0,5	.
Oocystis submarina v.variabilis	.	3,8	5,7	0,8	1,4	.
Scenedesmus ecornis	.	.	.	.	1,1	.
Scenedesmus sp. (Sc.bicellularis ?)	.	0,8	0,3	0,8	.	.
Scourfieldia cordiformis	2,3	0,3	0,1	0,7	0,4	0,3
Tetraedron minimum v.tetralobulatum	0,6	2,3	0,4	.	0,2	0,1
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	1,6	2,5	7,9	1,2	1,6	.
Zygote av Closterium spp.	0,1	.	.	.	.	.
Sum - Grønnalger	8,8	13,6	57,8	15,5	19,9	2,2
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>						
Bitrichia chodatii	2,0	.	2,1	.	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	.	.	0,2	.	.
Chrysidiastrum catenatum	12,2	1,7	.	.	.	.
Chrysococcus cordiformis	.	0,3	.	.	.	.
Chrysolykos skujai	9,0	0,7	.	.	.	.
Craspedomonader	0,5	.	.	1,4	0,5	0,8
Cyster av Chrysolykos skujai	1,0	0,9	0,1	.	0,3	.
Dinobryon bavaricum	.	.	0,3	.	.	.
Dinobryon borgei	1,7	2,5	.	0,1	.	.
Dinobryon crenulatum	3,6	0,4	.	.	0,7	.
Dinobryon sociale v.americanum	9,3	0,4	0,2	.	.	.
Dinobryon suecicum v.longispinum	.	0,8	.	.	.	.
Kephyrion litorale	.	0,1	.	.	.	.
Kephyrion sp.	1,0	.	.	.	.	.
Mallomonas caudata	1,0	19,5	146,0	42,7	0,7	.
Mallomonas spp.	0,9	2,4	0,8	0,9	.	.
Ochromonas sp.	3,9	8,4	3,0	.	1,6	3,4
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	5,3	4,7	8,4	6,7	12,3	5,3

Tabell 5 (forts.)

Små chrysomonader (<7)	98,6	35,8	26,7	19,1	23,8	10,7
Store chrysomonader (>7)	53,4	19,8	8,6	6,9	12,1	2,6
Ubest.chrysomonade ( <i>Ochromonas</i> sp.?)	0,7	.	.	0,3	0,3	.
Ubest.chrysofytce	0,4	.	0,2	0,2	3,0	.
<i>Uroglena americana</i>	.	1,2	.	.	.	.
Sum - Gullalger	204,3	99,4	196,4	78,6	55,1	22,8
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>						
<i>Cyclotella</i> sp. (d=8-12 h=5-7)	.	0,2	.	.	.	.
<i>Cymbella</i> sp.	.	.	.	.	0,3	.
<i>Eunotia lunaris</i>	0,2	.	.	.	0,2	.
<i>Fragilaria</i> sp. (l=40-70)	.	.	.	.	.	0,1
<i>Navicula</i> sp.	.	.	0,4	.	.	.
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,4	.	.	.	1,0	.
Sum - Kiselalger	0,6	0,2	0,4	0,0	1,5	0,1
<b>Cryptophyceae (Svelgflagellater)</b>						
<i>Cryptomonas erosa</i> v.reflexa (Cr.refl.?)	0,3	2,4	1,9	6,1	.	2,4
<i>Cryptomonas marssonii</i>	.	.	0,3	.	.	.
<i>Cryptomonas</i> sp. (l=15-18)	31,8	21,3	2,4	194,0	83,5	18,3
<i>Cryptomonas</i> sp. (l=20-22)	3,7	8,5	19,5	9,1	5,7	4,0
<i>Cryptomonas</i> spp. (l=24-30)	0,4	4,0	7,7	9,0	1,8	1,4
<i>Katablepharis ovalis</i>	1,9	11,2	2,9	5,3	5,3	6,7
<i>Rhodomonas lacustris</i> (+v.nannoplantica)	19,1	42,9	2,7	6,6	14,2	1,2
Ubest.cryptomonade ( <i>Chroomonas</i> sp.?)	11,4	1,6	3,1	4,1	1,6	0,6
Ubest.cryptomonade (l=6-8) <i>Chro.acuta</i> ?	2,4	1,9	5,5	3,8	14,1	1,9
Sum - Svelgflagellater	71,0	93,9	46,0	238,1	126,2	36,5
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>						
<i>Gymnodinium</i> cf.lacustre	8,6	1,7	0,7	1,1	0,5	0,7
<i>Gymnodinium</i> sp. (l=14-16)	9,7	.	1,0	2,2	0,7	0,7
<i>Katodinium</i> sp.	.	.	.	.	1,2	.
<i>Peridinium</i> sp. (l=15-17)	0,7	5,6	.	.	.	0,3
<i>Peridinium umbonatum</i> (P.inconspicuum)	1,6	.	.	2,0	.	.
Ubest.dinoflagellat	.	2,3	2,7	.	1,4	0,9
Sum - Fureflagellater	20,6	9,6	4,3	5,3	3,8	2,7
<b>Euglenophyceae (Øyealger)</b>						
<i>Euglena acus</i>	.	.	0,6	.	.	.
<i>Euglena oxyuris</i> v.minor	10,0	5,0	.	.	.	.
<i>Trachelomonas furcata</i>	.	.	.	.	.	0,1
<i>Trachelomonas volvocina</i>	.	.	0,3	.	.	.
Sum - Øyealger	10,0	5,0	0,9	0,0	0,0	0,1
<b>My-alger</b>						
My-alger	82,6	31,7	15,4	28,7	22,4	22,6
Sum - My-alge	82,6	31,7	15,4	28,7	22,4	22,6
Sum totalt :	623,9	262,1	321,2	376,4	235,2	90,8

Tabell 6 Kvantitative planteplanktonanalyser av prøver fra :  
Nordre Puttjern (0-6 m).

Verdier gitt i mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (=mg/m<sup>3</sup> våtvekt)

	År	2004	2004	2004	2004	2004
	Måned	5	6	7	8	10
	Dag	24	22	20	17	19
	Dyp	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m	0-2 m
<b>Cyanophyceae (Blågrønnalger)</b>						
Snowella lacustris		.	0,3	.	.	.
Sum - Blågrønnalger		0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>						
Ankistrodesmus falcatus		.	5,3	.	.	.
Ankistrodesmus gracilis		11,0	.	.	.	.
Chlamydomonas sp. (l=12)		.	.	8,0	1,6	.
Chlamydomonas sp. (l=8)		20,7	1,2	.	3,6	0,8
Closterium acutum v.linea		1,5	1,0	0,3	7,8	8,3
Cosmarium contractum		.	.	1,4	.	.
Cosmarium sp.		.	0,3	.	.	.
Crucigenia quadrata		.	0,4	.	.	.
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)		.	0,5	3,6	0,3	.
Gyromitus cordiformis		.	.	.	2,4	.
Monoraphidium griffithii		.	.	.	.	0,2
Oocystis rhomboidea		.	.	.	0,8	.
Oocystis submarina v.variabilis		.	1,1	0,1	0,8	.
Scourfieldia cordiformis		0,5	.	.	0,4	0,3
Staurastrum erasum		.	.	.	10,8	.
Staurodesmus dejectus		.	.	.	1,8	.
Ubest. kuleformet gr.alge (d=9)		.	.	0,8	.	.
Sum - Grønnalger		33,8	9,7	14,3	30,3	9,6
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>						
Bitrichia chodatii		1,6	.	0,3	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		.	0,5	.	0,5	.
Chrysococcus cordiformis		4,2	0,3	.	.	.
Chrysococcus sp.		4,8	.	.	.	.
Craspedomonader		0,4	0,3	.	0,4	1,8
Dinobryon borgei		18,0	.	.	.	.
Dinobryon crenulatum		32,9	.	.	.	.
Dinobryon divergens		0,1	.	.	.	.
Dinobryon sociale v.americanum		13,5	0,4	.	.	.
Dinobryon sociale v.stipitata		1,2	.	.	.	.
Kephyrion sp.		0,5	.	.	.	.
Løse celler Dinobryon spp.		3,6	.	.	.	.
Mallomonas akrokomos (v.parvula)		.	.	.	1,6	1,4
Mallomonas caudata		.	11,0	.	.	.
Mallomonas cf.crasssquama		23,4	22,9	19,4	.	.



Tabell 6 (forts.)

Mallomonas punctifera (M.reginae)	2,0	.	.	.	.
Mallomonas spp.	36,0	.	.	23,9	.
Ochromonas sp.	.	.	0,8	.	3,3
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	5,9	3,1	1,3	4,1	8,2
Ochromonas spp.	6,0	.	.	.	.
Pseudopedinella sp.	.	.	.	7,6	.
Små chrysomonader (<7)	115,7	27,9	10,9	10,3	14,3
Store chrysomonader (>7)	43,1	4,3	4,3	4,3	5,2
Synura sp. (l=9-11 b=8-9)	.	.	.	1,8	.
Ubest.chrysophyceae	0,5	.	.	.	.
Uroglena americana	.	329,6	0,4	.	.
Sum - Gullalger	313,3	400,3	37,3	54,4	34,2
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>					
Eunotia lunaris	0,4	.	.	.	.
Navicula sp.	0,4	.	.	.	.
Tabellaria flocculosa	2,0	0,8	.	.	0,3
Sum - Kiselalger	2,8	0,8	0,0	0,0	0,3
<b>Cryptophyceae (Svelgflagellater)</b>					
Chroomonas sp.	.	.	.	218,9	10,3
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	.	3,6	22,4	29,2	7,2
Cryptomonas marssonii	.	7,9	.	3,4	.
Cryptomonas sp. (l=15-18)	.	1,2	1,3	21,2	8,3
Cryptomonas sp. (l=20-22)	1,2	7,8	40,5	117,1	9,1
Cryptomonas spp. (l=24-30)	1,2	6,8	46,7	50,9	15,0
Katablepharis ovalis	2,7	0,3	.	.	.
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	18,6	25,3	63,9	105,3	4,8
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?	.	0,2	.	.	.
Sum - Svelgflagellater	23,6	53,0	174,8	546,0	54,8
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>					
Gymnodinium cf.lacustre	17,2	0,1	1,1	.	.
Gymnodinium fuscum	.	.	.	6,0	.
Gymnodinium sp. (l=14-16)	20,4	.	.	6,4	.
Peridinium umbonatum	.	.	.	4,8	11,7
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	12,9	.	.	.	.
Ubest.dinoflagellat	8,0	.	.	0,5	.
Sum - Fureflagellater	58,5	0,1	1,1	17,7	11,7
<b>Euglenophyceae (Øyealger)</b>					
Strombomonas sp.	.	.	.	0,8	.
Sum - Øyealger	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
<b>My-alger</b>					
My-alger	116,8	.	10,8	10,0	14,7
Sum - My-alge	116,8	0,0	10,8	10,0	14,7
Sum totalt :	548,7	464,3	238,3	659,1	125,3

Tabell 7 Dyreplankton i Søndre Puttjern i 2004, gitt som mg tørrvekt pr.m<sup>3</sup> i sjiktet 0-6 m.Forekomst av *Chaoborus* er gitt som ant. Individider pr. prøver (10 liter).

	24.05.2004	22.06.2004	20.07.2004	17.08.2004	21.09.2004	19.10.2004
<b>Hjuldyr (Rotifera):</b>						
Kellicottia longispina	1,70	5,80	7,90	8,20	0,90	1,50
Conochilus spp.	1,65					
Polyarthra spp.			0,80		0,05	0,05
Keratella cochlearis	0,08	0,15	0,75	1,90	0,15	0,25
Keratella hiemalis	2,41	0,52	0,65	0,39	0,26	0,39
Asplanchna priodonta		0,15				
Ploesoma hudsoni		0,20				
Filinia longiseta	2,03	7,95	9,00	1,95	2,85	1,28
<b>Sum Rotifera</b>	<b>7,86</b>	<b>14,77</b>	<b>19,10</b>	<b>12,44</b>	<b>4,21</b>	<b>3,47</b>
<b>Hoppekreps (Copepoda):</b>						
Heterocope sp. naup.	0,05	0,15		4,46	0,47	
Eudiaptomus gracilis	11,00	12,32	5,27	9,40	27,72	16,07
<b>Sum Calanoida</b>	<b>11,05</b>	<b>12,47</b>	<b>5,27</b>	<b>13,86</b>	<b>28,20</b>	<b>16,07</b>
Cyclops scutifer	4,82	15,81	8,32	5,82	0,83	
Thermocyclops oithonoides	6,02	7,29	1,87	0,94	0,65	0,44
Cyclopoida ubest., cop.+naup.	10,71	17,78	9,64	21,19	9,98	3,67
<b>Sum Cyclopoida</b>	<b>21,55</b>	<b>40,88</b>	<b>19,83</b>	<b>27,95</b>	<b>11,47</b>	<b>4,11</b>
<b>Vannlopper (Cladocera):</b>						
Holopedium gibberum		13,63	47,52	0,72		
Diaphanosoma brachyurum		1,88	9,63	0,49	0,12	
Daphnia longispina			0,24	1,14		1,30
Daphnia cristata		0,09				
Ceriodaphnia quadrangula		0,99	0,27			
Bosmina longispina	8,48	26,77	13,17	1,04		
Bosmina longirostris	5,72	18,33	8,82	4,32	1,76	9,16
<b>Sum Cladocera</b>	<b>14,20</b>	<b>61,68</b>	<b>79,64</b>	<b>7,72</b>	<b>1,88</b>	<b>10,47</b>
<b>Sum krepdyrplankton</b>	<b>46,80</b>	<b>115,03</b>	<b>104,74</b>	<b>49,52</b>	<b>41,54</b>	<b>30,65</b>
<b>Sum dyreplankton</b>	<b>54,65</b>	<b>129,80</b>	<b>123,84</b>	<b>61,96</b>	<b>45,75</b>	<b>34,11</b>

Lengder av dominerende vannlopper (voksne hunner) i Søndre Puttjern (mm).

	Middell	Min	Maks	St.avvik	N
Holopedium gibberum	0,79	0,70	0,90	0,05	18
Bosmina longispina	0,60	0,50	0,72	0,07	18
Bosmina longirostris	0,40	0,30	0,50	0,05	32

Tabell 8 Dyreplankton i Nordre Puttjern i 2004, gitt som mg tørrvekt pr.m<sup>3</sup> i sjiktet 0-6 m.

Forekomsten av *Chaoborus* er gitt som ant.individer pr. prøve (10 liter).

	24.05.2004	22.06.2004	20.07.2004	17.08.2004	19.10.2004
<b>Hjuldyr (Rotifera):</b>					
Kellicottia longispina	0,26		0,60		
Conochilus spp.		1,65			
Polyarthra spp.		1,15	7,30	0,90	0,70
Keratella cochlearis	0,03	1,78	0,05		
Keratella hiemalis	0,21	0,98	0,52	0,52	0,07
Keratella sp. (K. testudo?)		0,13		5,35	
Asplanchna priodonta	2,37	0,23	0,75		
Synchaeta spp.	0,32	0,15			0,30
Ascomorpha (cf. minima)	2,00				
Filinia longiseta		0,98	1,80	2,10	
Rotifera ubest.					0,07
<b>Sum Rotifera</b>	<b>5,18</b>	<b>7,03</b>	<b>11,02</b>	<b>8,87</b>	<b>1,13</b>
<b>Hoppekreps (Copepoda):</b>					
Eudiaptomus gracilis	3,61	21,42	33,08	21,74	6,21
<b>Sum Calanoida</b>	<b>3,61</b>	<b>21,42</b>	<b>33,08</b>	<b>21,74</b>	<b>6,21</b>
Cyclops scutifer	1,35	1,22			0,68
Cyclops sp. (C. abyssorum?)	1,31				
Thermocyclops oithonoides	6,25	0,78	2,66	0,80	
Cyclopoida ubest., cop.+naup.	94,31	22,07	7,02	2,53	2,35
<b>Sum Cyclopoida</b>	<b>103,21</b>	<b>24,07</b>	<b>9,68</b>	<b>3,32</b>	<b>3,03</b>
<b>Vannlopper (Cladocera):</b>					
Daphnia longispina	28,19	98,35	297,61	293,15	9,02
Bosmina longispina		0,90	4,54	0,24	
Bosmina longirostris	0,74	1,21	5,62		0,68
Polyphemus pediculus		0,08			
<b>Sum Cladocera</b>	<b>28,93</b>	<b>100,54</b>	<b>307,76</b>	<b>293,39</b>	<b>9,69</b>
<b>Sum krepdyrplankton</b>	<b>135,75</b>	<b>146,03</b>	<b>350,53</b>	<b>318,45</b>	<b>18,93</b>
<b>Sum dyreplankton</b>	<b>140,93</b>	<b>153,05</b>	<b>361,55</b>	<b>327,32</b>	<b>20,06</b>
Chaoborus sp.				8	

Lengder av dominerende vannlopper (voksne hunner) i Nordre Puttjern i 2004 (mm).

	Middell	Min	Maks	St.avvik	N
Daphnia longiospina	1,96	1,36	2,30	0,25	38
Bosmina longirostris	0,43	0,36	0,48	0,04	15

