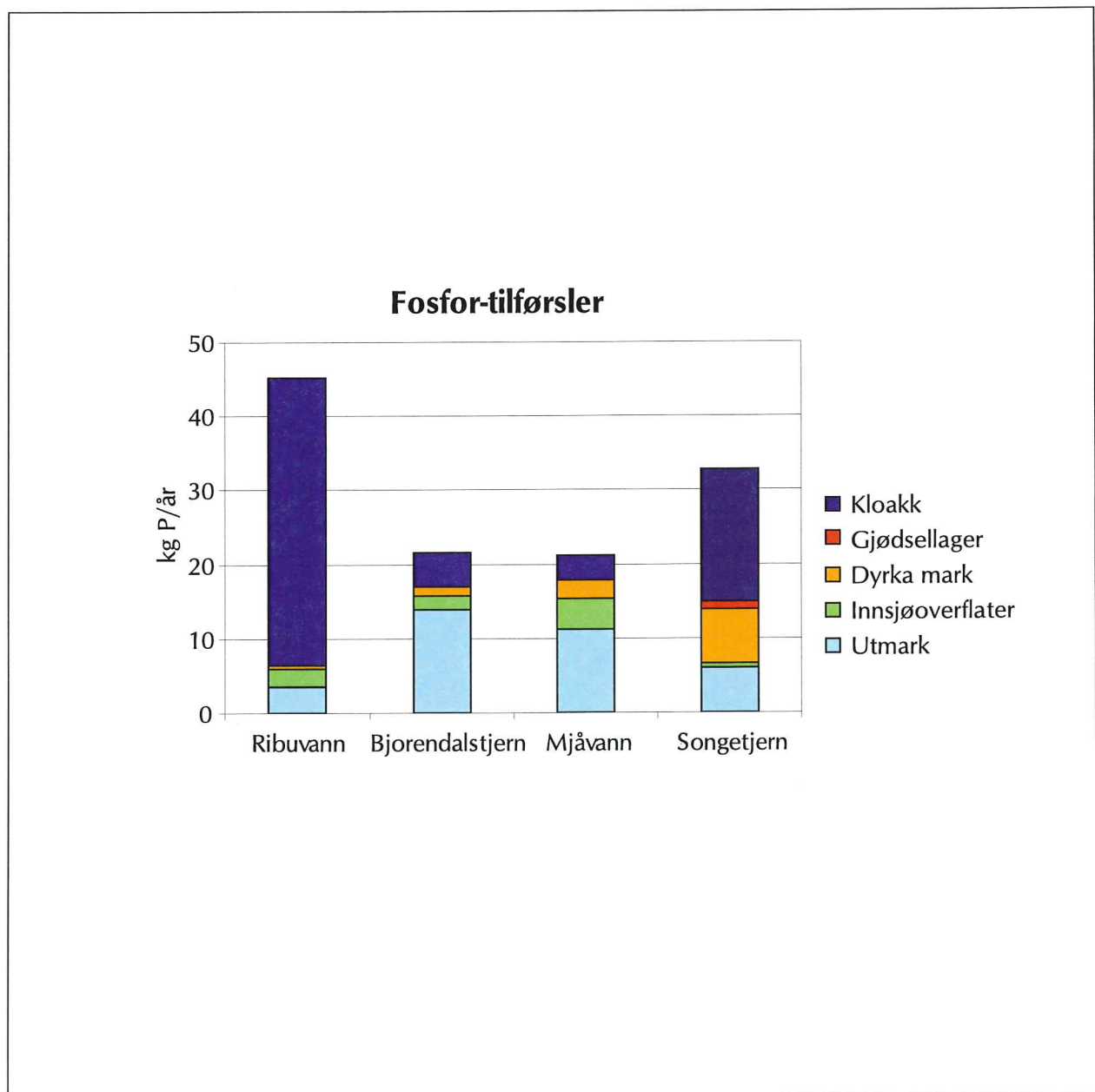




Vannkjemiske undersøkelser i Songevassdraget, Arendal kommune 1999 - 2000



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
5008 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 Vannkjemiske undersøkelser i Songevassdraget, Arendal kommune, 1999-2000. <i>Water quality surveillance in the Songe watercourse, Arendal municipality, 1999-2000</i>	Løpenr. (for bestilling)	Dato	
	4359-2001	April 2001	
	Prosjektnr. Undernr.	Sider	Pris
	O-94216	31	75,-
Forfatter(e) Kaste, Øyvind	Fagområde	Distribusjon	
	Eutrofi ferskvann		
	Geografisk område	Trykket	
	Aust-Agder	NIVA	

Oppdragsgiver(e) Arendal kommune, Agder Renovasjon DA.	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Songevassdraget ble undersøkt i 1999-2000 for å vurdere forurensningssituasjonen i vassdraget med hovedvekt på næringssalter og tarmbakterier. Middelveidier for overvåkingen i 1999-2000 viser at Songebekken var markert til sterkt påvirket av næringssalter og moderat til markert påvirket av tarmbakterier. Det er anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 120 kg P/år. Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 10 og 55%. Nitrogentilførslene stammer i større grad enn fosfor fra naturlige kilder / langtransportert forurenset luft og nedbør. Næringssalttilførslene og vannkvalitetsproblemene er størst i de øvre- og nedre delene av vassdraget. Problemene i den øvre delen er først og fremst knyttet til Ribuvann, som har høye fosfor- og algekonsentrasjoner samt dårlig sikt om sommeren. Det bør vurderes forurensningsbegrensende tiltak både på kloakksektoren og jordbrukssektoren for å redusere næringssalttilførslene til disse delene av vassdraget. Sidebekken fra Mjåvann, som ligger nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass, hadde omlag samme vannkvalitet som hovedvassdraget, og bidro dermed ikke til påviselig endring i vannkvaliteten nedstrøms samløpet med Songebekken.

Fire norske emneord 1. Vassdrag 2. Vannkvalitet 3. Forurensningstilførsler 4. Resipientundersøkelse	Fire engelske emneord 1. Watercourse 2. Water quality 3. Pollution inputs 4. Recipient surveillance
---	---

Øyvind Kaste
Øyvind Kaste
Prosjektleder

Brit Lisa Skjelkvåle
Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder

Nils Roar Sælthun
Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Vannkjemiske undersøkelser i Songevassdraget,
Arendal kommune, 1999-2000.**

Forord

I 1994 ble det igangsatt rullerende overvåking av vannforekomster i Arendal kommune. I den første langtidsperioden (1994-1998) ble det foretatt overvåking i Molands-/ Langangvassdraget, Barbuvasdraget og Assævatn/Lilleelv), samt noen enkelte småvassdrag i kommunen. I inneværende langtidsperiode (1998-2002) har det foreløpig vært overvåking i Assævatn/Lilleelv og Songevassdraget.

Overvåkingen av Songevassdraget har foregått i perioden 1999-2000, og ansvarlig for NIVAs prøvetaking har vært Jarle Håvardstun. De vannkjemiske prøvene er analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Landbrukskontoret og Teknisk etat i Arendal kommune har framskaffet opplysninger om arealbruk og forurensningskilder i nedbørfeltet, på hhv. skog/jordbrukssektoren og på avløpssektoren. Kartpresentasjonene i rapporten er laget av Jarle Håvardstun, NIVA, mens figurer/tabeller er laget av Liv Bente Skancke, NIVA.

Oppdragsgivere for prosjektet har vært Arendal kommune v/ Kristian A. Dahl og Agder Renovasjon DA v/Erik Andreassen.

Grimstad, april 2001

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Materiale og metoder	8
1.3 Områdebeskrivelse	9
1.4 Nedbør og avrenning	10
2. Vannkvalitet	11
2.1 Temperatur, oksygen, klorofyll og siktedyp i Ribuvann	11
2.2 Næringssalter	13
2.3 Tarmbakterier	16
2.4 Organisk stoff og partikler	16
2.5 Surhet	17
3. Næringsstofftilførsler	20
3.1 Avrenning fra utmarksområder	20
3.2 Landbruk	21
3.3 Bebyggelse	23
4. Vurdering av resultatene	24
4.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand	24
4.2 Samlede næringssalttilførsler til vassdraget	24
4.3 Samlet vurdering	25
5. Referanser	26
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	28
Vedlegg B. Primærdata	29

Sammendrag

Vannkvaliteten i Songevassdraget ble undersøkt i 1999-2000 som et ledd i en langtidsplan for rullerende overvåking av viktige vann og vassdrag i Arendal kommune. Undersøkelsene har hatt som mål å vurdere forurensningssituasjonen i vassdraget med hovedvekt på næringssalter og tarmbakterier.

Status 1999-2000

Middelverdier for overvåkingen i 1999-2000 viser at Songevassdraget var markert til sterkt påvirket av næringssalter (klasse III til IV) og moderat til markert påvirket av tarmbakterier (klasse II til III) (**Figur 1**). Stasjonene i vassdraget var ubetydelig til moderat påvirket av forsuring (klasse I til II) basert på registrerte pH-verdier. Forsuring representerer dermed ikke noe problem i sommerhalvåret, da denne undersøkelsen ble gjennomført.

Næringsstofftilførsler

Det er anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 120 kg P/år. Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 10 og 55%. Nær 90% av landbrukstilførslene stammer fra arealavrenning, resten utgjøres hovedsakelig av lekkasjer fra gjødsellagre. Avrenning fra siloer og melkerom bidrar lite til forurensning av vassdraget. De årlige nitrogentilførslene er anslått til 3300 kg. I forhold til fosfor, stammer nitrogentilførslene i større grad fra naturlige kilder eller fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Disse kildene bidrar med over 70% av de totale nitrogentilførslene til vassdraget. Blant de lokale kildene er det kun avrenning fra landbruksareal (13%) og bidrag fra husholdningskloakk (14%) som har kvantitativ betydning.

Samlet vurdering

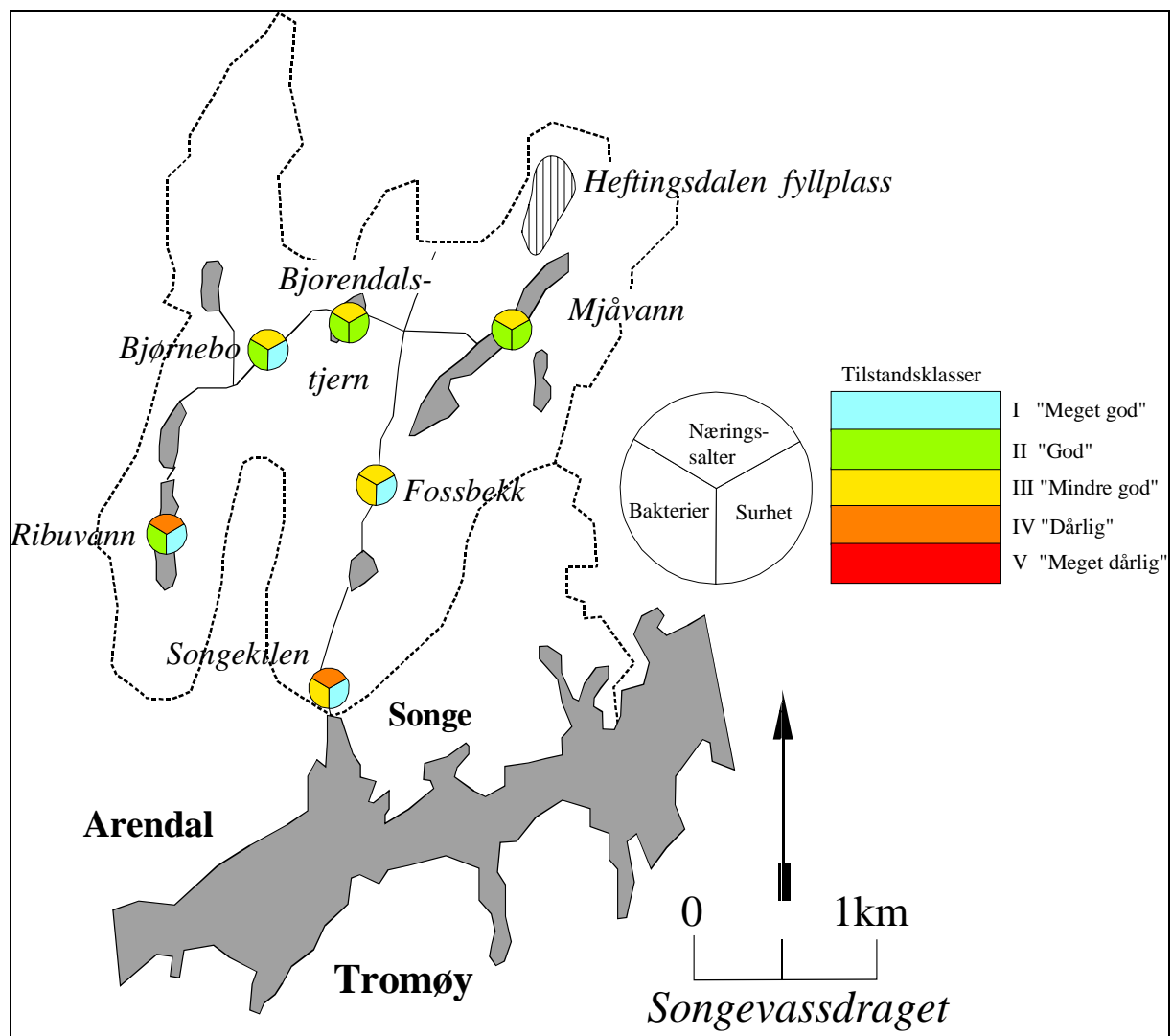
De vannkjemiske undersøkelsene i 1999-2000 viser at Songevassdraget er betydelig forurenset av næringsstoffer i de øvre- og nedre delene. Problemene i den øvre delen er først og fremst knyttet til Ribuvann, som har høye fosfor- og algekonsentrasjoner og dårlig sikt om sommeren. Oksygenfritt bunnvann om sommeren øker faren for at det vil kunne lekke fosfor fra sedimentet, slik at det oppstår en "indre gjødsling" i innsjøen. Det er tidligere dokumentert stor dominans av algen *Gonyostomum semen* i Mjåvann og andre innsjøer i nærområdet. Med de høye- og varierende klorofyll-konsentrasjonene som er registrert i Ribuvann antas det at *Gonyostomum* er en viktig bestanddel i algesamfunnet også her. *Gonyostomum semen* i store konsentrasjoner kan gi allergiske reaksjoner (kløe) hos badende, og det er antatt at algen også kan bidra til en viss "intern gjødsling" ved at den ofte vandrer vertikalt i vannsøylen. Det er usikkert om store konsentrasjoner av *Gonyostomum semen* kan ha negative effekter på fisk.

Den nedre delen av vassdraget er sterkt belastet med tarmbakterier, noe som gjør vannet mindre egnet eller uegnet for bading. I de øvre- og midtre delene (Ribuvann, Bjørendalstjern og Mjåvann) var den hygieniske vannkvaliteten gjennomgående god, men enkelte høye verdier førte til at disse lokalitetene lå på grensen mellom "god" og "mindre god" badevannskvalitet i 1999-2000. Forsuring ser ikke ut til å være noe problem i vassdraget i sommerhalvåret, men data fra Mjåvann (som overvåkes for å dokumentere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen renovasjonsanlegg) indikerer tidvis lave pH-verdier (<5.5) om vinteren. Omfang av forsuring om vinteren, og mulige effekter av dette på vannlevende organismer i vassdraget, er ikke kjent.

Beregninger av forurensningstilførsler viser at belastningen er størst i de øvre og nedre delene av vassdraget. Fosforbelastningen på Ribuvann er først og fremst forårsaket av bebyggelsen i området, og for å avlaste innsjøen med hensyn til fosfor bør det vurderes gjennomføring av ytterligere tiltak på kloakksektoren. Det er også mulig at utbyggingen i nedbørfeltet har ført til at mye av det naturlige tilsiget til innsjøen er ført vekk via avskjærende overvannsledninger. Dette har vist seg å skape problemer i flere andre bynære innsjøer hvor utbygging har redusert vanngjennomstrømmingen og

gjort dem mer sårbare for næringssaltpåvirkning. Nedre del av Songebekken trenger også avlastning med hensyn til næringssalter. Også her ser bebyggelsen ut til å være viktigste fosforkilde, mens arealavrenning fra jordbruket er den største lokale nitrogenkilden. Begge disse sektorene bør derfor vurderes med hensyn til forurensningsbegrensende tiltak.

Mjåvann, som ligger nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass, hadde omlag samme vannkvalitet som Bjorendalstjern, og bidro dermed ikke til påviselig endring i vannkvaliteten nedstrøms samløpet med Songebekken. Bjorendalstjern, som er referanse for overvåkingsprogrammet i Mjåvann, er imidlertid ikke fullt ut representativ for naturtilstanden i området, i og med at innsjøen påvirkes indirekte fra bebyggelsen omkring Ribuvann.



Figur 1. Klassifisering av vannkvalitetstilstand. Se vedlegg A for ytterligere forklaring.

Summary

Title: Water quality surveillance in the Songe watercourse, Arendal municipality, 1999-00.
Year: 2001
Author: Kaste, Ø.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3996-0

A water chemistry surveillance was performed in the Songe watercourse during 1999-2000. The purpose of the project has been to characterise the water quality at different sites, with main emphasis on nutrients and coliform bacteria. The examined sites within the Songe watercourse were markedly to strongly affected by nutrients and moderately to markedly affected by coliform bacteria. Yearly phosphorus inputs to the Songe watercourse are estimated to 120 kg P/yr. Of this, the contributions from agriculture and settlement are about 10 and 55%, respectively. A dominant part of the nitrogen inputs (3300 kg/yr) origins from “natural sources” as forested areas, bogs and deposition on water surfaces.

The eutrophication problems were largest the upper- and lower parts of the watercourse. The problems in the uppermost part were mainly located to Lake Ribuvann, where high phosphorus concentrations led to high phytoplankton biomass and reduced water transparency during the summer season. To reduce eutrophication problems in these parts of the catchment, we recommend an examination of possible abatement measures to reduce nutrient inputs from settlement and agricultural activities. The tributary from Lake Mjåvann, which is located downstream Heftingsdalen landfill, did not affect the overall water chemistry in the main stream.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Vannkvaliteten i Songevassdraget ble undersøkt i 1999-2000 som et ledd i en langtidsplan for rullerende overvåking av viktige vann og vassdrag i Arendal kommune. I dette overvåkingsprogrammet er det valgt å legge vekt på vassdrag med store brukerinteresser og tidligere dokumenterte forurensningsproblemer. Programmet har tidligere omfattet undersøkelser i Mølands- og Langangsvassdraget (1994-1996), Barbuvasdraget (1995-1997) og Assævatn/Lilleelv (1998-1999).

Deler av vassdraget (Mjåvann og Bjørendalstjern) er svært godt undersøkt gjennom resipientovervåkingen knyttet til Heftingsdalen renovasjonsanlegg. Overvåkingen her er gjennomført årlig siden 1985 (se blant annet Lande & Boman 1986, Kaste 1999a). I vassdraget for øvrig, er det ikke tidligere gjennomført systematiske vannkvalitetsundersøkelser. Bakgrunnen for at dette ble igangsatt i 1999-2000 var blant annet store brukerinteresser omkring Ribuvann-området, Bjørendalstjernes status som referansekalitet for Mjåvann-overvåkingen, samt Songebekkens status som god sjøarebekk (Matzow et al. 1990).

Undersøkelsene i Songevassdraget har hatt som mål å vurdere forurensningssituasjonen i vassdraget med hovedvekt på næringssalter og tarmbakterier.

1.2 Materiale og metoder

Vannkjemisk prøvetaking

Det er lagt vekt på å analysere parametere som kan dokumentere virkninger av næringssalter, organisk stoff og surhet i henhold til SFTs klassifiseringssystem for vannkvalitet (Andersen et al. 1997). En oversikt over prøvetakingsstasjoner er gitt i **Tabell 1** og **Figur 2**. Følgende parametre er analysert på alle stasjoner: pH, konduktivitet, turbiditet, farge, nitrat, ammonium, total nitrogen, fosfat, total fosfor, totalt organisk karbon, kalium, og termostabile koliforme bakterier. På innsjøstasjonene ble det i tillegg analysert klorofyll a i overflatevannet (0-4 meter) og oksygen i dypvannet.

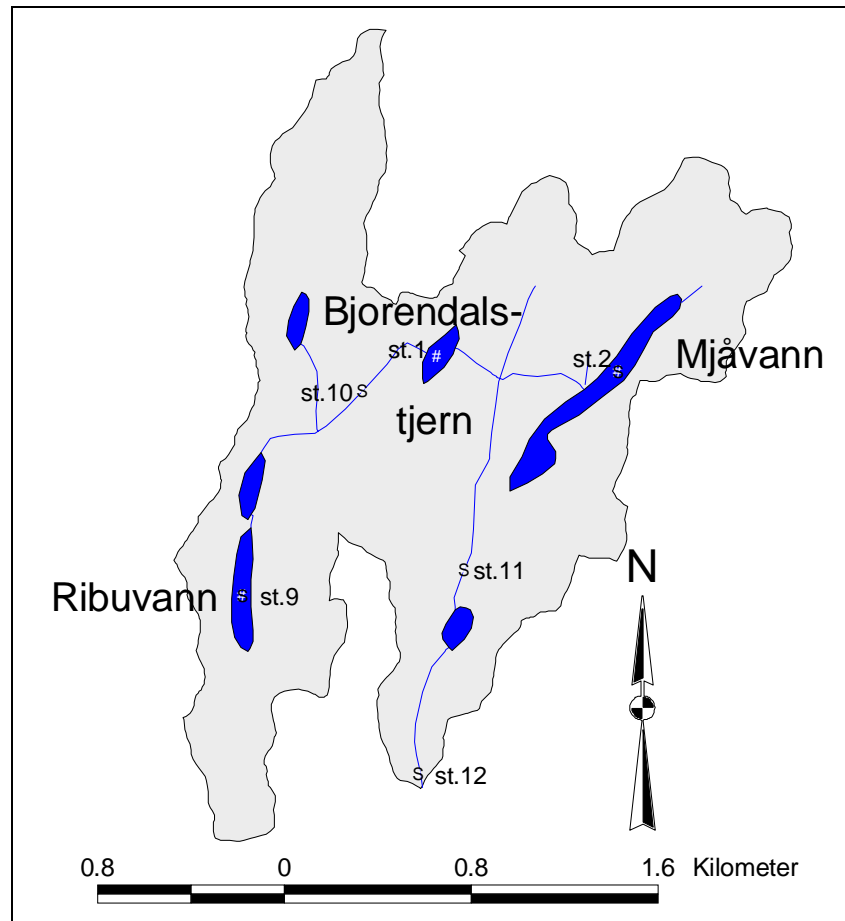
Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner.

ID.nr.	Stasjoner	UTM-ØV	UTM-NS	Kartblad
9	Ribuvann (innsjø)	4872	64823	1611 IV
10	Bjørnebo	4878	64836	1611 IV
1	Bjørendalstjern (innsjø)	4881	64846	1611 IV
2	Mjåvann hovedst. (innsjø)	4891	64838	1611 IV
11	Fossbekk	4884	64825	1611 IV
12	Utløp v. Songekilen	4883	64815	1611 IV

Forurensningsregnskap

Teoretiske tilførsler av fosfor og nitrogen til vassdraget er beregnet på grunnlag av opplysninger om arealbruk og forurensningskilder, samt koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1995). Næringsstofftilførslene er beregnet fra følgende kilder:

- naturlig bakgrunnsavrenning fra skog/myr, inkl. nedbør på innsjøoverflater.
- landbruk (arealavrenning/punktkilder)
- bebyggelse (punktkilder)



Figur 2. Vassdraget med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner.

1.3 Områdebeskrivelse

Songevassdraget (6.8 km^2) ligger i Arendal kommune og munner ut i Songekilen i Tromøysund (**Figur 2**). Normalt årsavløp er 25 L/s/km^2 (Valland 1988), noe som gir en middelvannføring i utløpet på $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$. Vassdraget er tilgjengelig for sjørrret på en strekning av 3.5 km, og sjørrreten er påvist i Mjåvann og ovenfor Bjørnebotjern. Sannsynligvis går den også helt opp i Ribuvann (Matzow et al. 1990). Dybdeforhold i Mjåvann og Bjørendalstjern er beskrevet i bl.a. Kaste (1999a). Ribuvann er ikke loddet opp. Det meste av vassdraget ligger under marin grense¹, som ligger omkring 70 moh. i Arendals-området (Matzow et al. 1990). Dette innebærer at vannet har relativt stor bufferevne (motstandskraft) mot forsuring.

Omlag 85% av nedbørfeltarealet er dekket av skog, mens ca. 3% er dyrka mark (**Tabell 2**). Resten utgjøres av annen utmark (myr, bart fjell) og vannoverflater. Det er en del bebyggelse i de øvre- og nedre delene av vassdraget. De fleste av husstandene er knyttet til renseanlegg (**Tabell 7**, kapittel 3). Jordbruksområdene er for det meste konsentrert omkring Songetjern, i de nedre delene av vassdraget.

¹ Høyeste havnivå etter siste istid.

Tabell 2. Arealfordeling i Songevassdraget (data fra Arendal kommune). Benevnning: km².

Nedbørfelt	Skog	Annen utmark	Innsjø	Boligfelt	Gjødsla beite	Korn/grønnfôr	Totalt
Ribuvann	0.600		0.100	0.250		0.005	0.955
Bjørendalstjern	2.300		0.080	0.050		0.020	2.450
Mjåvann	1.850		0.170		0.020	0.020	2.060
Songetjern	1.000	0.020	0.020	0.150	0.070	0.050	1.310
Samlet	5.750	0.020	0.370	0.450	0.090	0.095	6.775

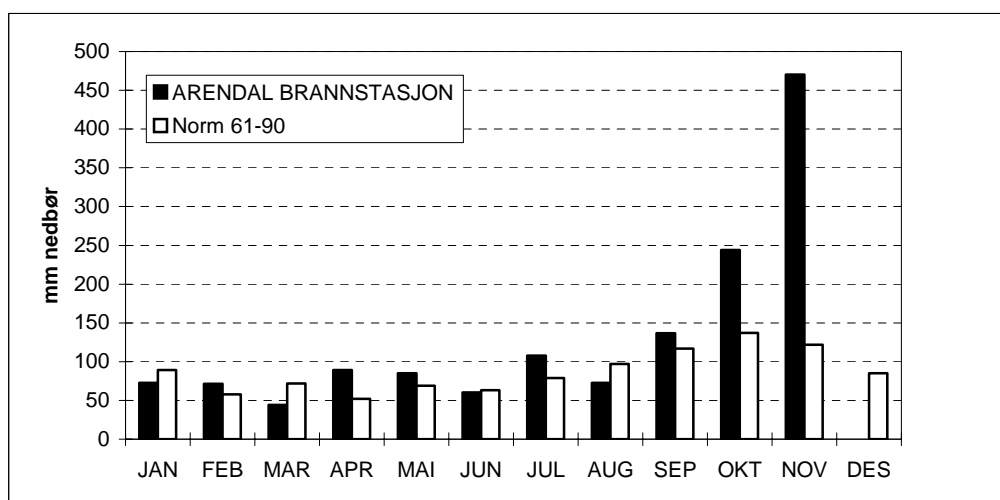
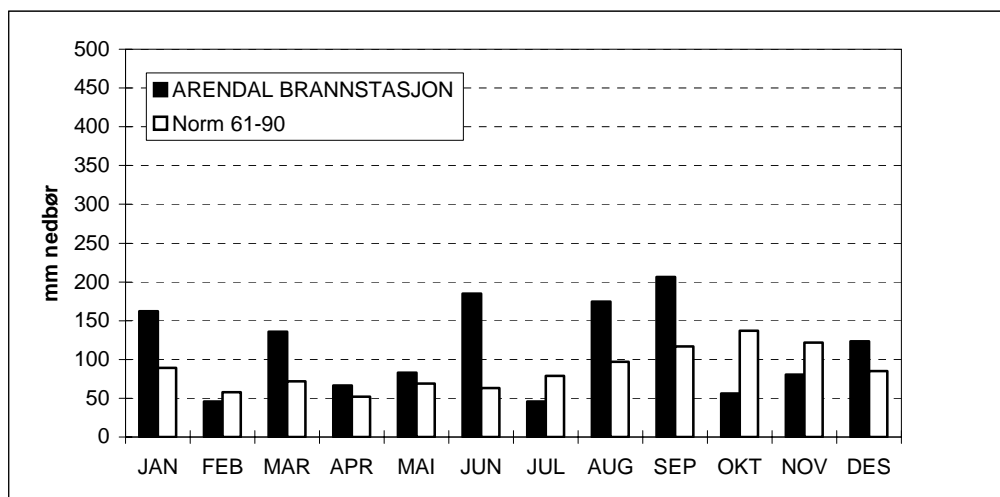
1.4 Nedbør og avrenning

Meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon:

Normalnedbør: 1040 mm

Årsnedbør 1999: 1365 mm (131 % av normalen)

Årsnedbør 2000: 1454 mm (140 % av normalen) (OBS! Data for desember mangler)



Figur 3. Månedlig nedbør i 1999 (øverst) og 2000 (nederst) ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 2001).

2. Vannkvalitet

2.1 Temperatur, oksygen, klorofyll og siktedyp i Ribuvann

Forholdene i Bjorendalstjern og Mjåvann 1999-2000 er beskrevet i (Håvardstun & Kaste 2001, Håvardstun 2001).

I de fleste norske innsjøer med en viss dybde er det stagnasjonsperioder i sommerhalvåret og i vinterhalvåret. I disse periodene er bunnvannet isolert fra overflatevannet pga. temperatur / tetthets - forskjeller. Om våren og høsten, når det er tilnærmet lik temperatur i overflatevann og bunnvann, vil det vanligvis oppstå sirkulasjon dvs. blanding av overflatevann og bunnvann. På denne tiden blir bl.a. bunnvannet tilført nytt oksygen. Høyeste målte temperatur i overflatevannet i løpet av sommer/høst 1999 og 2000 var 20.4 °C, mens temperaturen i bunnvannet (11 m) lå stabilt omkring 5-6°C i samme periode (**Tabell 3**).

Bunnvannet på 11 meters dyp ble oksygenfritt mot slutten av sommeren både i 1999 og 2000. Under slike forhold vil det kunne lekke fosfor fra sedimentet, slik at det oppstår en "indre gjødsling" i innsjøen. Oksygenforbruket i de dypere vannlagene skyldes nedbrytning av organisk materiale, som enten kan være produsert i innsjøen (f. eks. alger) eller tilført via nedbørfeltet (både naturlig og fra menneskeskapt kilder).

Tabell 3. Temperatur, oksygen og siktedyp i Ribuvann 1999 og 2000.

	Temperatur (°C)		Oksygen (mg/L)	Siktedyp (m)
	1 m	11 m	11 m	
09.06.99	16,0	5,5	2,1	2,5
21.07.99	20,4	5,9	0,3	1,8
18.08.99	16,8	5,9	0,0	1,4
27.09.99	13,3	6,4	0,0	2,2
03.11.99	7,6	6,3	0,4	2,3
15.06.00	15,5	5,6	3,5	3,4
09.08.00	18,0	6,4	0,6	1,6
28.09.00	12,2	6,0	0,0	2,0
21.12.00	4,8	4,8	8,9	3,2

Klorofyllkonsentrasjonen i innsjøer er et mål på mengden planteplankton (planktonalger) i vannet. Algemengden i en innsjø vil variere i forhold til tilgangen på plantenæringsstoffer (fortrinnsvis fosfor) i vannet. Dersom tilførselene av næringsstoffer blir for høye, vil det kunne oppstå algeoppblomstringer, sjenerende belegg på steiner etc. I slike tilfeller er algeproduksjonen høyere enn det næringskjedene (dyreplankton, bunndyr og fisk) greier å konsumere. De algene som ikke blir spist, dør etterhvert og synker ned på innsjøbunnen. Der blir det døde organiske materialet brutt ned under forbruk av oksygen. Dersom det er en stor overproduksjon av alger i en innsjø, kan det oppstå oksygenproblemer i bunnvannet under stagnasjonsperiodene.

Konsentrasjonene av klorofyll i Ribuvann viste ekstreme variasjoner, fra 0.3 til over 150 µg/L (Vedlegg B). De høyeste konsentrasjonene ble registrert i august begge år og er blant de høyeste klorofyll-konsentrasjonene som er målt av NIVA i regionen. Middelkonsentrasjonen for 1999 og 2000 samlet (48.3 µg/L) ligger innenfor tilstandsklasse V ("meget dårlig") i SFTs klassifiseringssystem (**Vedlegg A**). Klorofyll-konsentrasjonene var også høye i Bjorendalstjern og Mjåvann i 1999-2000 (opp mot hhv. 24.2 og 99.7 µg/L) (Håvardstun & Kaste 2001, Håvardstun 2001). Dette er også

observert tidligere i Mjåvann (Kaste 1995, 1999a) og er dokumentert å skyldes høye konsentrasjoner av den store flagellaten *Gonyostomum semen*. Med de høye- og varierende klorofyll-konsentrasjonene som er registrert i Ribuvann i 1999 og 2000, antas det at *Gonyostomum* er en viktig bestanddel i algesamfunnet også her. Denne algen har en tendens til å dominere planteplanktonet i innsjøer den etablerer seg i og er kjent for å foreta vertikale vandringer i vannsøylen (Cronberg et al. 1988, Hongve et al. 1988). Dette gjør at klorofyll-konsentrasjonene i overflaten av slike sjøer kan variere i løpet av døgnet og fra dag til dag. Den store bevegeligheten gjør algen sannsynligvis også i stand til å utnytte næringsressurser dypere ned i innsjøens vannlag. *Gonyostomum semen* i store konsentrasjoner er tidligere vist å kunne gi allergiske reaksjoner (kløe) hos badende, ved at den utskiller lange klebrige tråder ved fysisk påvirkning (Hongve et al. 1988). Det er usikkert om dette også kan påvirke andre vannlevende organismer som for eksempel fisk.

Siktedypet i innsjøer varierer med vannets innhold av partikler og løste stoffer. Det er ofte en god sammenheng mellom klorofyll-konsentrasjonen og siktedypet i innsjøer, men i myrpåvirkede innsjøer som Ribuvann er sikten også påvirket av humusstoffer som farger vannet brunt. Siktedypet varierte i området 1.4-3.4 meter og var lavest på de datoene det ble målt høyest konsentrasjoner av klorofyll.

2.2 Næringsalter

Fosfor

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 µg P/L (Skjelkvåle et al. 1997), mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier. Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner i avrenning fra områder under marin grense er imidlertid vanskelig å fastslå, i og med at det meste av disse arealene er dyrket opp.

Middelkonsentrasjonene av total fosfor varierte i området 13-39 µg/L i de ulike delene av vassdraget (**Figur 4**). Konsentrasjonene var høyest øverst- (Ribuvann) og nederst i vassdraget (utløp Songekilen), noe som er naturlig å knytte til tilførsler fra bebyggelse og jordbruksaktivitet (se kapittel 3). I Ribuvann ble det målt fosforverdier opp mot 50 µg/L, mens det i utløpet ved Songekilen ble målt hele 182 µg/L i august 2000. I de midtre delene av vassdraget lå middelverdiene stabilt rundt 13-14 µg/L, med maksimumskonsentrasjoner like i overkant av 20 µg/L. Mjåvann, som ligger nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass, bidro dermed ikke til å endre fosforkonsentrasjonene i Songebekken i noen retning. Reduksjonen av fosforkonsentrasjonene mellom Ribuvann og Bjørnebo skyldes trolig en kombinasjon av selvrensingsprosesser i bekken / innsjøene og fortynning med næringsfattig vann fra omkringliggende utmarksområder.

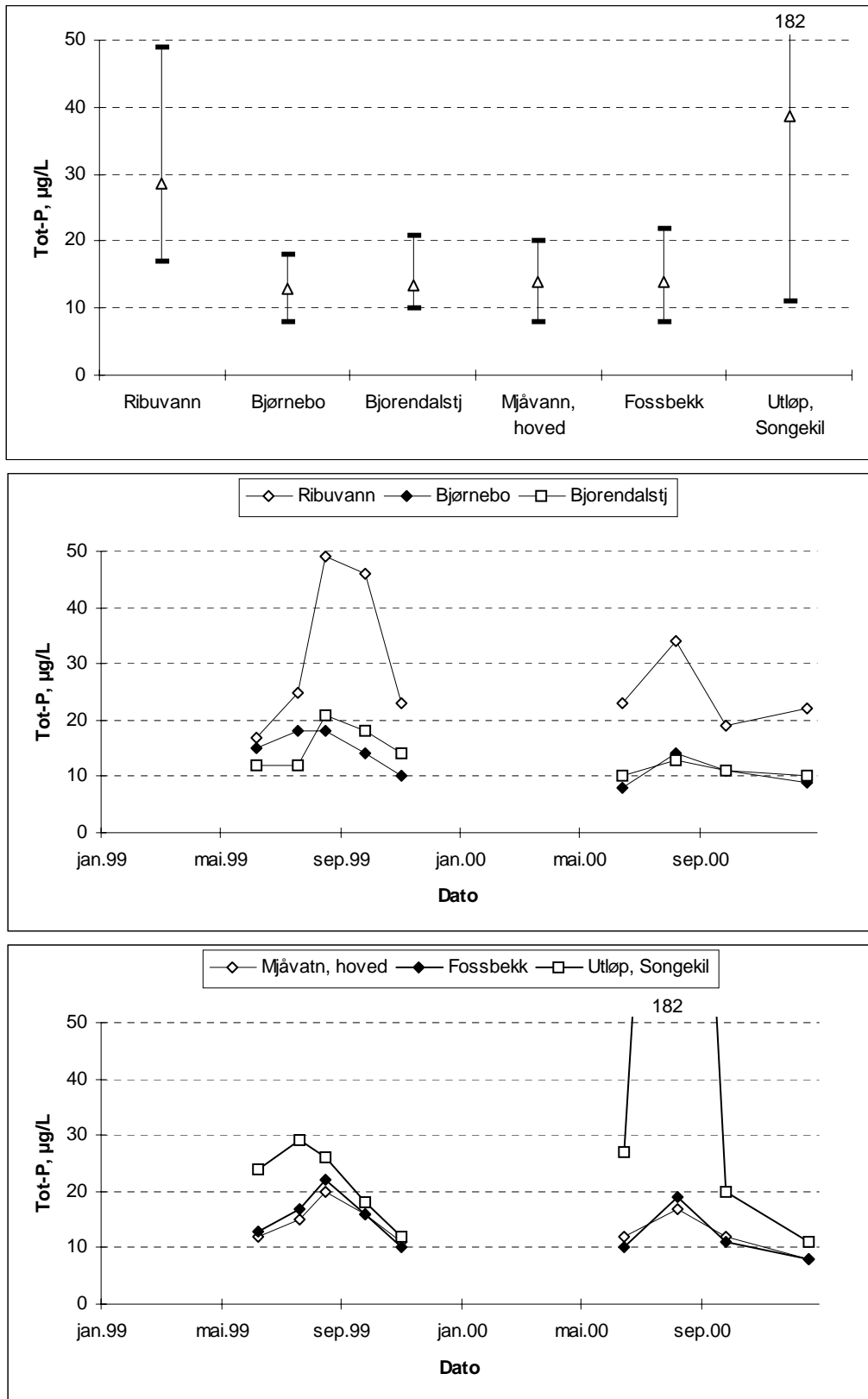
Fosfor som uorganisk, løst fosfat (PO_4^{3-}) i vann tas vanligvis raskt opp av alger og andre vannlevende planter. Dette skyldes at det er underskudd på fosfor i de fleste innsjøer og elver i Norge. I upåvirkede systemer er det derfor svært lave, eller ikke målbare konsentrasjoner av løst fosfat. Laveste målbare konsentrasjon (deteksjonsgrensen) av løst fosfat i standardanalyser er 1 µg P/L. Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn dette, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor fra menneskelige kilder enn det som kan omsettes biologisk. Fosfat-konsentrasjonene viste samme bilde som total fosfor – høye verdier øverst og nederst (opp mot 42 µg P/L i utløpet), og moderate verdier (maks 4 µg P/L) i de midtre delene (**Vedlegg B**).

Nitrogen

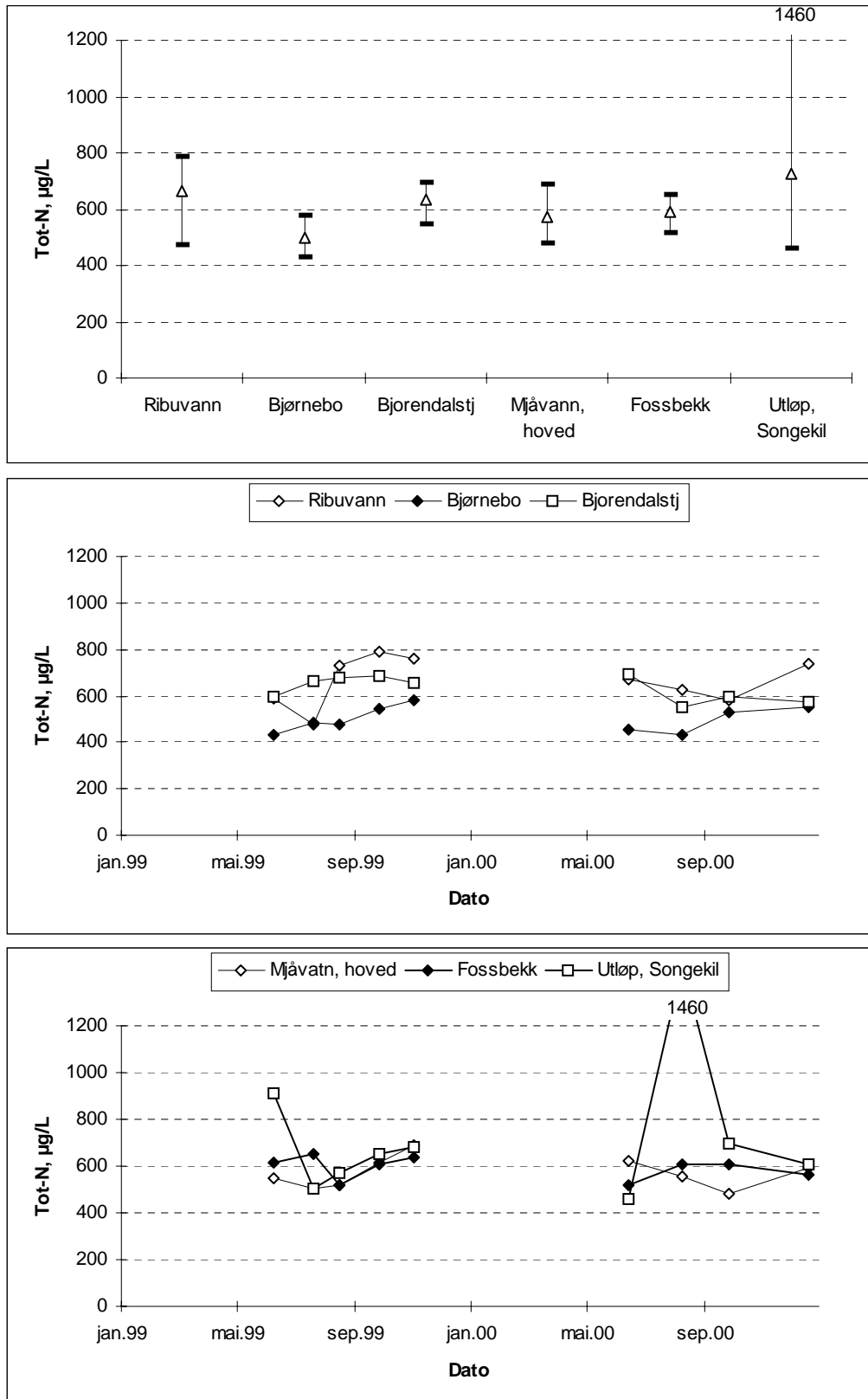
I utmarksområder på Sørlandet uten lokale forurensningskilder vil en vanligvis måle konsentrasjoner av total nitrogen i størrelsesorden 300-500 µg/L (Skjelkvåle et al. 1997). En stor del av dette stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT 1999, Kaste et al. 1997). Nitrogenedfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen i innsjøer og bekker. I vann med forholdsvis lite organisk stoff (f. eks. humusstoffer) utgjør vanligvis nitrat (NO_3^-) en dominerende andel (60-80%) av totalnitrogenet. Nitratkonsentrasjoner over 500 µg N/L indikerer ofte forstyrrelser i vassdraget, enten i form av inngrep (hogst, grøfting av myrer etc.) eller utslipp/avrenning fra jordbruk, bebyggelse eller industri.

Middelkonsentrasjonene av total nitrogen i vassdraget lå i området 500-730 µg/L (**Figur 5**). De relative forskjellene mellom stasjonene var derfor mindre for nitrogen enn for fosfor. Dette skyldes sannsynligvis at nitrogentilførsler fra langtransportert forurenset luft og nedbør gir et betydelig bakgrunnsbidrag til hele nedbørfeltet. Særlig den nederste stasjonen var imidlertid klart påvirket av lokale kilder, med maksimumskonsentrasjoner av total nitrogen på nær 1500 µg/L. I Ribuvann var nitrat-konsentrasjonene tidvis såpass lave (< 5 µg N/L) at algeveksten kan ha vært nitrogen-begrenset (**Vedlegg B**). I slike tilfeller kan det være fare for oppblomstring av cyanobakterier (blågrønnalger).

Høye konsentrasjoner av nitrogenfraksjonen ammonium i overflatevann er en indikator på forurensning fra lokale kilder som f.eks. kommunalt kloakkvann eller landbruk. I upåvirket bekkevann er ammoniumkonsentrasjonene vanligvis lave, < 50 µg N/L. I innsjøene ble det målt relativt høye verdier (>100 µg N/L) i forbindelse høstfullsirkulasjon (og oppvirvling av oksygenfritt bunnvann) både i 1999 og 2000. Ved utløpet i Songekilen ble det målt en ammoniums-konsentrasjon på hele 500 µg N/L i august 2000.



Figur 4. Total fosfor. Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.



Figur 5. Total nitrogen. Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.

Kalium

Kalium kan være en indikator på landbruksforurensning ved at naturgjødning, og i de fleste tilfeller kunstgjødning, inneholder dette plantenæringsstoffet. Kaliumkonsentrasjonene i naturlig bekkevann på Sørlandet er oftest under 1 mg/L (Skjelkvåle et al. 1997), men en må regne med noe forhøyede konsentrasjoner i områder som ligger under marin grense. Verdiene lå rundt 1.2-1.6 mg/L i Ribuvann, <1 mg/L i de midtre delene, mens det var større variasjon (0.6- 4.8 mg/L) ved utløpet i Songekilen (**Vedlegg B**). Dette er en indikasjon på at særlig den nederste stasjonen tidvis er påvirket av avrenning fra landbruket.

2.3 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. Sosial- og helsedepartementet (1995) har utarbeidet ”Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.” på grunnlag av EUs direktiver om drikkevann. Denne forskriften er gjort gjeldende fra 1.1.95. I følge disse forskriftene må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet skal oppnå betegnelsen ”god drikkevannskvalitet”.

Statens helsetilsyn (1994) har utarbeidet vannkvalitetsnormer for friluftsbad som er gjort gjeldende fra 1.7.94. Ut fra disse normene skal $\geq 90\%$ av prøvene ha mindre enn 100 TKB/100 ml og ingen prøver ha over 1000 TKB/100 ml dersom kravene til betegnelsen ”god badevannskvalitet” skal oppnås. Badevannskvaliteten karakteriseres som ”mindre god” dersom kravene ovenfor ikke tilfredsstilles, men $\geq 90\%$ av prøvene inneholder mindre enn 1000 TKB/100 ml. Dersom $\geq 10\%$ av prøvene inneholder mer enn 1000 TKB/100 ml må vannet karakteriseres som uegnet for bading. Det skal minst tas 10 prøver fordelt over en eller to badesesonger. Dette er ikke fullt ut tilfredsstillt i programmet for Songevassdraget, i og med at prøvetakingen strakk seg ut over badesesongens varighet.

Ingen av stasjonene hadde drikkevannskvalitet (**Figur 6**). Ved samtlige stasjoner ble det målt over 100 TKB/100 ml i minst én av de 9 prøvene som ble samlet inn i 1999 og 2000. Dersom en skal tolke badevannsnormene strengt, kan derfor ingen av stasjonene gis betegnelsen ”god badevannskvalitet”. Både Ribuvann, Bjørnebo, Bjørendalstjenn og Mjåvann ligger imidlertid så nær (<100 TKB i 89% av prøvene), at vi likevel velger å karakterisere badevannskvaliteten som god basert på de prøvene som er tatt. Årsaken til de tidvis høye TKB-konsentrasjonene er ikke klar. De oppsto til forskjellige tider i de ulike delene av vassdraget, og kan derfor ikke koples til en enkelt vær-situasjon eller utslippsepisode. Lignende høye TKB-konsentrasjoner er funnet i enkeltprøver fra andre antatt upåvirkete lokaliteter de senere årene (Kaste 1999b, Håvardstun & Kaste 2001, Håvardstun 2001), uten at en har funnet noen god forklaring på fenomenet. Badevannskvaliteten ved Fossbekk må karakteriseres som ”mindre god”, i og med at 2 av 9 prøver inneholdt mer enn 100 TKB/100 ml. Ved utløpet i Songekilen må vannet karakteriseres som uegnet for bading, i og med at 6 av 9 prøver inneholdt mer enn 100 TKB/100 ml, og telle-resultatene viser at 3 av prøvene fra 2000 inneholdt mer enn 1000 TKB/100 ml (data ikke presentert i Vedlegg B).

2.4 Organisk stoff og partikler

Organisk stoff er i denne undersøkelsen målt som totalt organisk karbon (TOC). TOC-konsentrasjoner i overflatevann varierer vanligvis i området 1-15 mg/L i Norge, avhengig av humustilførsler (Skjelkvåle et al. 1997). Humus er tungt nedbrytbare organiske forbindelser som bl.a. gir den karakteristiske brune fargen på avrenningsvann fra myrområder. På grunn av de store variasjonene en ofte finner av organisk stoff i naturlig ikke-forurensede vannforekomster, er denne parameteren forholdsvis lite egnet som indikator på lokal forurensning - med mindre en kjenner de naturlige bakgrunnskonsentrasjonene i området svært godt. Vannets innhold av organisk stoff kan imidlertid ha

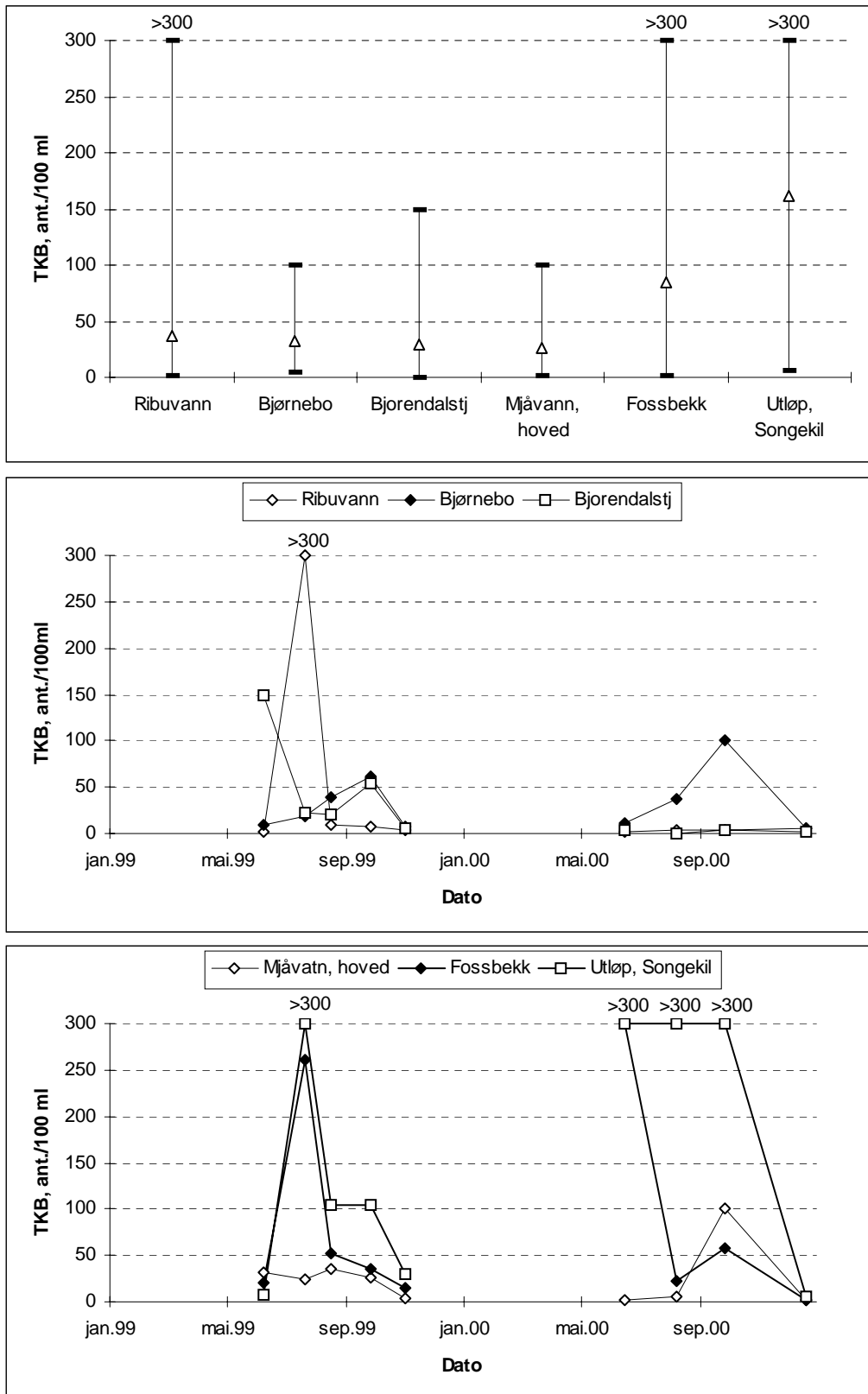
stor innvirkning på andre vannkvalitetsparametre (bl.a. næringsstoffenes tilstandsform), og data for TOC eller tilsvarende er derfor viktige ved tolkningen av disse. Vannets innhold av partikler kan også variere svært mye i naturlige vannforekomster. De høyeste partikkelkonsentrasjonene kan en vanligvis måle i områder under marin grense.

Hele vassdraget er relativt humøst, med midlere TOC-konsentrasjoner på 7.6-8.5 mg/L i 1999-2000 (**Vedlegg B**). Verdiene varierte relativt lite over tid og det var bare små forskjeller mellom de enkelte stasjonene. Vassdraget var relativt lite påvirket av partikler (middel: 0.8-1.2 FTU). Det var en generell tendens til høyere turbiditetsverdier i de nedre delene, noe som trolig skyldes en gradvis økende andel av marine avsetninger i nedbørfeltet.

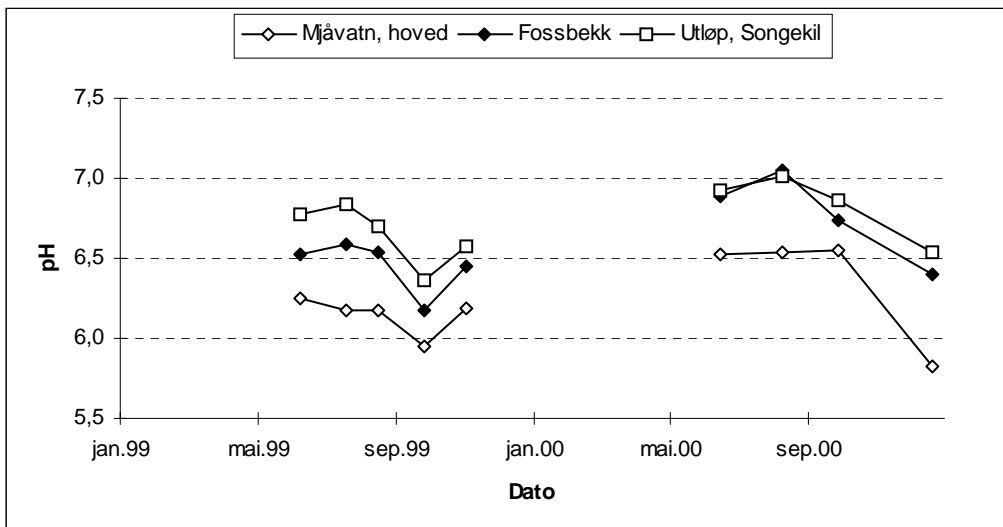
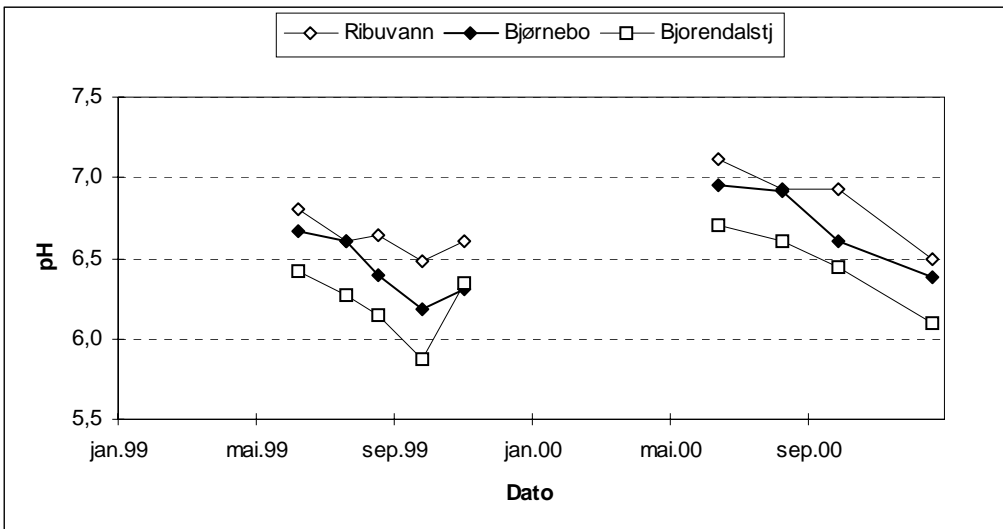
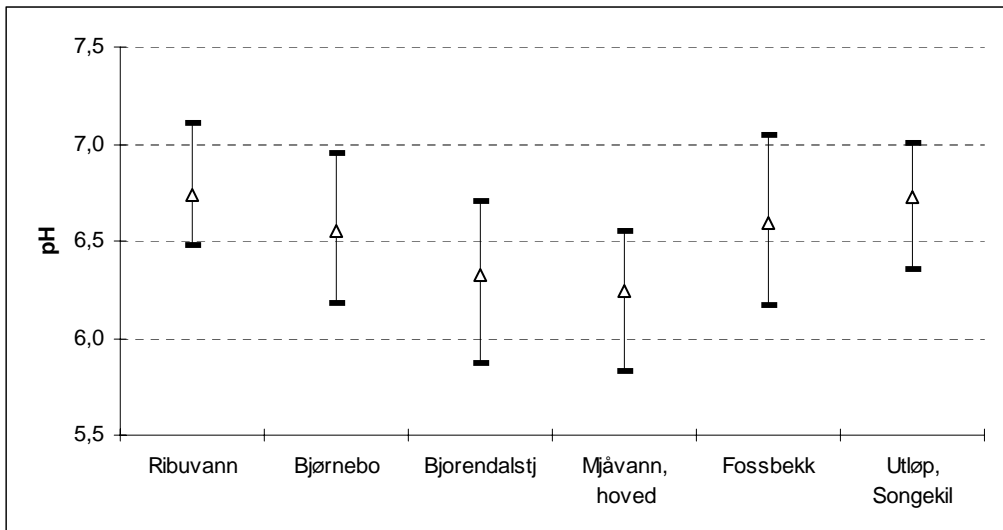
2.5 Surhet

Svovel og nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør har ført til forsuring av mange vassdrag i Sør-Norge. Problemet er spesielt stort på Sørlandet og deler av Vestlandet hvor tilførselene av atmosfærisk svovel og nitrogen er store, samtidig som hard og kalkfattig berggrunn gir liten avsyringskapasitet (bufferevne). Surt vann (pH under 5.5) og høye aluminiumskonsentrasjoner har medført fisketomme vann mange steder. Som et resultat av internasjonale forhandlinger er svovelinnholdet i nedbøren nå i ferd med å avta, og det er allerede registrert en svak pH-økning i flere av vassdragene på Sørlandet (SFT 1999).

På grunn av det meste av nedbørfeltet ligger under marin grense, er vannet relativt godt bufret mot forsuring. Det ble gjennomgående målt pH-verdier over 6.0, med unntak et par enkeltverdier like under 6.0 i Bjorendalstjern og Mjåvann (**Figur 7**). Forsuring ser ikke ut til å være noe problem i vassdraget i sommerhalvåret, men overvåkingen i Mjåvann har avdekket pH verdier helt ned mot 5.3 i vinterhalvåret (mars-88). Det er usikkert hvor stort omfang slike forsuringsepisoder om vinteren kan ha i vassdraget – både når det gjelder utstrekning i tid og rom. Kartlegging av for eksempel bunndyr- og fiskestatus i vassdraget vil kunne bidra til å gi svar på dette.



Figur 6. Termostabile koliforme bakterier (TKB). Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.



Figur 7. pH. Øverst: middel,- min- og maks-verdier. Midten og nederst: Sesongvariasjon på ulike stasjoner.

3. Næringsstofftilførsler

Dette kapittelet inneholder beregninger av næringsstofftilførsler fra ulike kilder basert på opplysninger om arealbruk og avrenning samt veiledende avrenningskoeffisienter for ulike areal typer og kilder (Bratli et al. 1997). Det er beregnet tilførsler til fire ulike delnedbørfelter: 1. Utløp Lille Ribuvann, 2. Utløp Bjorendalstjern, 3. Utløp Mjåvann og 4. Songetjern (restfeltet ned mot Songekilen).

3.1 Avrenning fra utmarksområder

Nitrogeninnholdet i nedbøren er godt dokumentert gjennom det statlige overvåkingsprogrammet for sur nedbør (SFT 1999). På Birkenes-stasjonen i Aust-Agder, som er den av overvåkingsstasjonene som ligger nærmest Songevassdraget, har den totale nitrogenavsetningen på 1990-tallet ligget omkring 1500 kg N/km²/år. Atmosfærisk tilførsel av fosfor er bare sporadisk undersøkt i Norge, men Bratli et al. (1997) anslår bidraget til 20-35 kg P/km² på Sørlandet (25 kg P/km² benyttet til beregninger i denne rapporten). Nitrogenforbindelsene i nedbøren stammer til en viss grad fra naturlige kilder, men det meste blir tilført som nitrogenoksider fra forbrenningsprosesser og som ammoniakkdamp fra landbruket. Kildene til fosfor i nedbøren er dårligere undersøkt, men det antas at en vesentlig del tilføres fra nærområdet i form av støvpartikler og pollen (Bratli et al. 1997).

Dersom nedbøren faller på vannoverflater, vil alt fosfor og nitrogen bli tilført vassdraget. Fra nedbør som faller over land blir det meste av næringsstoffene bundet i jorda eller i vegetasjonen, slik at en relativt liten andel blir tilført vassdragene. Det vil imidlertid alltid vaskes ut en viss mengde næringssalter fra utmarksområder (skog, myr, fjell) pga. naturlige jordprosesser. I følge Bratli et al. (1997) kan normalavrenningen fra utmarksområder på Sørlandet anslås til 6 kg P/km²/år og 325 kg N/km²/år (basert på en spesifikk avrenning på 30 L/s/km²).

Totalt er det beregnet en stofftransport fra utmarksområdene i Songevassdraget på 46 kg fosfor/år og 2420 kg nitrogen/år (**Tabell 4**).

Tabell 4. Songevassdraget. Arealavrenning fra utmark og næringsstoffbidrag fra nedbør avsatt direkte på innsjøoverflater. Koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1997).

Nedbørfelt	Utmark			Innsjøoverflater		
	Areal (km ²)	kg N/år	kg P/år	Areal (km ²)	kg N/år	kg P/år
Ribuvann	0.600	194	4	0.100	150	3
Bjorendalstjern	2.300	745	14	0.080	120	2
Mjåvann	1.850	599	11	0.170	255	4
Songetjern	1.020	330	6	0.020	30	1
Samlet	5.770	1869	35	0.370	555	9

3.2 Landbruk

Punktkilder

Næringsstofftilførsler fra punktkilder i landbruket stammer hovedsakelig fra siloanlegg, gjødsellager og melkerom. Antatt lekkasje av næringsstoffer fra **siloanlegg** er beregnet på basis av opplysninger om anleggets standard samt husdyrmengde. Koeffisienter for husdyrs inntak av silofor, stoffinnhold i pressaft og stofftap for ulike standarder av siloanlegg er hentet fra Bratli et al. (1997). Antatt lekkasje av næringsstoffer fra **gjødsellagre** er beregnet på basis av opplysninger om standard på lagrene samt husdyrmengde. Koeffisienter for beregning av næringsstoffinnhold i husdyrgjødsel og stofftap fra gjødsellagre er hentet fra Bratli et al. (1997). Antatt lekkasje av næringsstoffer fra **melkerom** er beregnet på basis av opplysninger om antall melkekyr samt disponering av melkeromsavløp. Koeffisienter for beregning av stoffinnhold i melkeromsavløp, samt stofftap ved ulike disponeringsmåter er hentet fra Bratli et al. (1997). Bidraget fra punktkilder i landbruket er svært lite i Songevassdraget, ca 1 kg forfor/år og 3 kg nitrogen/år, og alt stammer fra delfeltet omkring Songetjern. (Tabell 5).

Tabell 5. Antatt forurensningsproduksjon fra silo, gjødsellager og melkerom i Songevassdraget. Eventuelle lekkasjer fra rundballer er ikke medregnet. Koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1997).

	Ribuvann	Bjorend.tj	Mjåvann	Songetj	Samlet
Siloanlegg					
Andel, høy standard				1.00	1.00
Andel hvor lekkasjer forekommer					
Inntak av silofor (tonn /år)				133	133
Pressaftmengde (tonn /år)				33	33
P-innhold i pressaft (kg/år)				7	7
N-innhold i pressaft (kg/år)				67	67
Antatt P-lekkasje (kg/år)				0	0
Antatt N-lekkasje (kg/år)				2	2
Gjødsellager					
Andel tette				1.00	1.00
Andel med små lekkasjer					
Andel med plankeporter					
Andel med store lekkasjer					
P i husdyrgjødsel (kg/år)				273	273
N i husdyrgjødsel (kg/år)				1810	1810
Antatt P-lekkasje (kg/år)				1	1
Antatt N-lekkasje (kg/år)				1	1
Melkerom					
Utslipp ledes til gjødsellager (andel)				1.00	1.00
Infiltrasjon i grunnen (andel)				0.00	0.00
Direkte til vassdrag (andel)				0.00	0.00
Melkekyr (antall)				10	10
P i melkeromsavløp (kg/år)				0.6	0.6
N i melkeromsavløp (kg/år)				3.5	3.5
Antatt P-lekkasje (kg/år)				0	0
Antatt N-lekkasje (kg/år)				0	0
Sum P-lekkasje (kg/år)				1	1
Sum N-lekkasje (kg/år)				3	3

Arealavrenning

Arealavrenning i landbruket er vanligvis en vesentlig større kilde til nitrogentransport enn punktkilder. Totalt er det beregnet et nitrogenbidrag fra arealavrenning på 440 kg/år, mens det tilsvarende bidraget fra punktkildene er beregnet til 3 kg/år (**Tabell 6**). Forskjellene er imidlertid relativt sett mindre når det gjelder fosfor: Arealavrenning fra dyrka mark er beregnet til å bidra med 11 kg fosfor/år, mens bidraget fra punktkilder er anslått til 1 kg fosfor/år.

For beregning av arealavrenning er det benyttet veiledende koeffisienter for ytre strøk i Aust-Agder (Bratli et al. 1997). Dette tilsvarer 61 kg fosfor/km²/år og 2400 kg nitrogen/km²/år. For arealer benyttet til grønnsakproduksjon er koeffisientene i samråd med JORDFORSK (Nils Vagstad, pers. medd.) doblet i forhold til de veiledende.

Tabell 6. Arealavrenning fra jordbruket i Songevassdraget. Koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1997).

Nedbørfelt	Dyrka areal km²	Nitrogen kg/år	Fosfor kg/år
Ribuvann	0.005	12	0
Bjorendalstjern	0.020	48	1
Mjåvann	0.040	96	2
Songetjern	0.120	288	7
Samlet	0.185	444	11

3.3 Bebyggelse

Næringsstofftilførsler fra bebyggelse er beregnet på basis av opplysninger om antall personer bosatt i nedbørfeltet, samt valg av avløpsløsninger. Koeffisienter for spesifikk næringsstoffproduksjon (g/personekvivalent/døgn), samt renseeffekt ved ulike rensenanordninger i spredt bebyggelse er hentet fra Bratli et al. (1997). For kommunalt ledningsnett er det beregnet et tap på 5-15% avhengig av ledningsnettes standard. Totalt er det beregnet at bebyggelsen i vassdraget årlig bidrar med omlag 65 kg fosfor og 460 kg nitrogen (**Tabell 7**).

Tabell 7. Næringsstofftilførsler fra bebyggelse i Songevassdraget. Koeffisienter hentet fra Bratli et al. (1997).

	Ribuvann	Bjorend.tj	Mjåvann	Songetj	Samlet
Antall p.e.					
1. Tilknyttet renselanlegg	800	150		350	1300
2. Tilknyttet slamavskiller					
a) Med infiltrasjon					
b) Med sandfilter	9		3	6	18
c) Direkte utslipp					
3. Direkte utslipp	15		3	6	24
4. Minirenselanlegg (med infiltrasjon)					
5. Tett tank (med sandfilter)					
SUM	824	150	6	362	1342
Utslipp P, kg/år					
1. Tilknyttet renselanlegg	25	5	0	11	40
2. Tilknyttet slamavskiller					
a) Med infiltrasjon	0	0	0	0	0
b) Med sandfilter	5	0	2	3	9
c) Direkte utslipp	0	0	0	0	0
3. Direkte utslipp	9	0	2	4	15
4. Minirenselanlegg (med infiltrasjon)	0	0	0	0	0
5. Tett tank (med sandfilter)	0	0	0	0	0
SUM	39	5	3	18	65
Utslipp N, kg/år					
1. Tilknyttet renselanlegg	175	33	0	77	285
2. Tilknyttet slamavskiller					
a) Med infiltrasjon	0	0	0	0	0
b) Med sandfilter	34	0	11	23	69
c) Direkte utslipp	0	0	0	0	0
3. Direkte utslipp	66	0	13	26	105
4. Minirenselanlegg (med infiltrasjon)	0	0	0	0	0
5. Tett tank (med sandfilter)	0	0	0	0	0
SUM	275	33	25	126	459

4. Vurdering av resultatene

4.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

De undersøkte lokalitetene er klassifisert i henhold til SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (vedlegg A, **Tabell 8**). Middelerverdiene for overvåkingen i 1999-2000 viser at Songevassdraget var markert til sterkt påvirket av næringssalter (primært fosfor) (klasse III til IV) og moderat til markert påvirket av tarmbakterier (klasse II til III). Stasjonene i vassdraget var ubetydelig til moderat påvirket av forsuring (klasse I til II) basert på registrerte pH-verdier. Forsuring representerer dermed ikke noe problem i sommerhalvåret, da denne undersøkelsen ble gjennomført.

Tabell 8. Samlet vurdering av vassdragets vannkvalitetstilstand. I = meget god, II = god, III = mindre god, IV = dårlig, V = meget dårlig. Klassifiseringsgrunnlaget er gitt i vedlegg A.

Lokalitet	Antall prøver	Tilstandsklasser		
		Næringssalter	Tarmbakterier	Surhet
12 Ribuvann	9	IV	II	I
14 Bjørnebo	9	III	II	I
1 Bjørendalstj	9	III	II	II
2 Mjåvann, hoved	9	III	II	II
15 Fossbekk	9	III	III	I
16 Utløp, Songekilen	9	IV	III	I

4.2 Samlede næringssalttilførsler til vassdraget

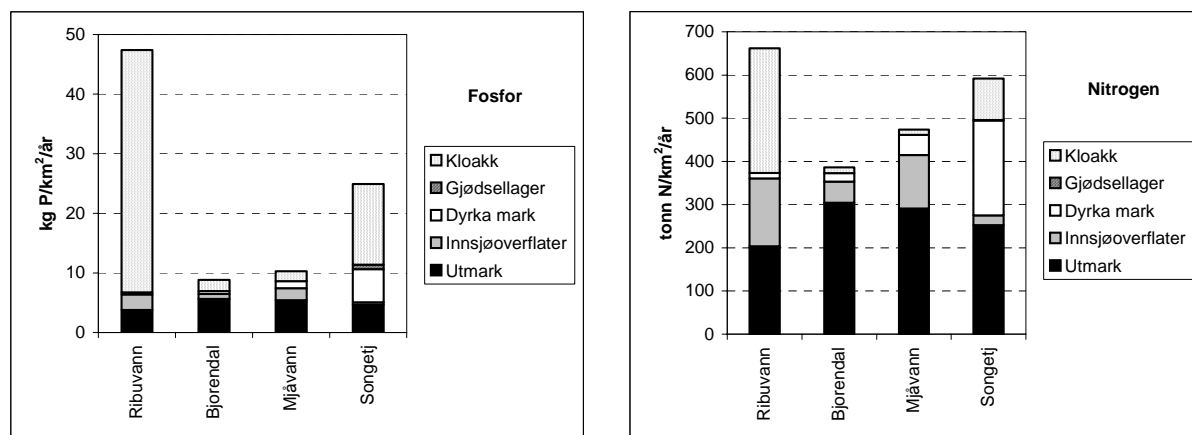
Basert på beregningene i kapittel 3 er det anslått en årlig fosfortilførsel til vassdraget på 120 kg P/år (**Tabell 9**). Av dette er bidraget fra landbruk og bebyggelse anslått til hhv. 10 og 55%. Nær 90% av landbrukstilførslene stammer fra arealavrenning, resten utgjøres hovedsakelig av lekkasjer fra gjødsellagre. Avrenning fra siloer og melkerom bidrar lite til forurensning av vassdraget.

De årlige nitrogentilførslene er anslått til 3300 kg. I forhold til fosfor, stammer nitrogentilførslene i større grad fra naturlige kilder eller fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Disse kildene bidrar med over 70% av de totale nitrogentilførslene til vassdraget. Blant de lokale kildene er det kun avrenning fra landbruksareal (13%) og bidrag fra husholdningskloakk (14%) som har kvantitativ betydning.

I **Figur 8** er næringsstoffbidraget fra ulike kilder framstilt som kg fosfor og nitrogen tilført per km² av nedbørfeltet.

Tabell 9. Songevassdraget. Samlede næringsstofftilførsler fordelt på kilder.

	Ribuvann	Bjorend.tj	Mjåvann	Songetj	Samlet
P-tilførsler (kg/år)					
Utmark	4	14	11	6	35
Innsjøoverflater	3	2	4	1	9
Dyrka mark	0	1	2	7	11
Siloanlegg				0	0
Gjødsellager				1	1
Melkerom				0	0
Kloakk	39	5	3	18	65
SUM	45	22	21	33	121
N-tilførsler (kg/år)					
Utmark	194	745	599	330	1869
Innsjøoverflater	150	120	255	30	555
Dyrka mark	12	48	96	288	444
Siloanlegg				2	2
Gjødsellager				1	1
Melkerom				0	0
Kloakk	275	33	25	126	459
SUM	632	946	975	777	3330

**Figur 8.** Næringsstoffbidrag fra ulike kilder, regnet som kg tilført per km².

4.3 Samlet vurdering

De vannkjemiske undersøkelsene i 1999-2000 viser at Songevassdraget er betydelig forurenset av næringsstoffer i de øvre- og nedre delene. Problemene i den øvre delen er først og fremst knyttet til Ribuvann, som har høye fosfor- og algekonsentrasjoner og dårlig sikt om sommeren. Oksygenfritt bunnvann om sommeren øker faren for at det vil kunne lekke fosfor fra sedimentet, slik at det oppstår en "indre gjødsling" i innsjøen. Det er tidligere dokumentert stor dominans av algen *Gonyostomum semen* i Mjåvann og andre innsjøer i nærområdet. Med de høye- og varierende klorofyll-konsentrasjonene som er registrert i Ribuvann antas det at *Gonyostomum* er en viktig bestanddel i

algesamfunnet også her. *Gonyostomum semen* i store konsentrasjoner kan gi allergiske reaksjoner (kløe) hos badende, og det er antatt at algen også kan bidra til en viss "intern gjødsling" ved at den ofte vandrer vertikalt i vannsøylen. Det er usikkert om store konsentrasjoner av *Gonyostomum semen* kan ha negative effekter på fisk.

Den nedre delen av vassdraget er sterkt belastet med tarmbakterier, noe som gjør vannet mindre egnet eller uegnet for bading. I de øvre- og midtre delene (Ribuvann, Bjorendalstjern og Mjåvann) var den hygieniske vannkvaliteten gjennomgående god, men enkelte høye verdier førte til at disse lokalitetene lå på grensen mellom "god" og "mindre god" badevannskvalitet i 1999-2000. Forsuring ser ikke ut til å være noe problem i vassdraget i sommerhalvåret, men data fra Mjåvann (som overvåkes for å dokumentere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen renovasjonsanlegg) indikerer tidvis lave pH-verdier (<5.5) om vinteren. Omfang av forsuring om vinteren, og mulige effekter av dette på vannlevende organismer i vassdraget, er ikke kjent.

Beregninger av forurensningstilførsler viser at belastningen er størst i de øvre og nedre delene av vassdraget. Fosforbelastningen på Ribuvann er først og fremst forårsaket av bebyggelsen i området, og for å avlaste innsjøen med hensyn til fosfor bør det vurderes gjennomføring av ytterligere tiltak på kloakksektoren. Det er også mulig at utbyggingen i nedbørfeltet har ført til at mye av det naturlige tilsiget til innsjøen er ført vekk via avskjærende overvannsledninger. Dette har vist seg å skape problemer i flere andre bynære innsjøer hvor utbygging har redusert vanngjennomstrømmingen og gjort dem mer sårbare for næringssaltpåvirkning. Nedre del av Songebekken trenger også avlastning med hensyn til næringssalter. Også her ser bebyggelsen ut til å være viktigste fosforkilde, mens arealavrenning fra jordbruket er den største lokale nitrogenkilden. Begge disse sektorene bør derfor vurderes med hensyn til forurensningsbegrensende tiltak.

Mjåvann, som ligger nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass, hadde omlag samme vannkvalitet som Bjorendalstjern, og bidro dermed ikke til påviselig endring i vannkvaliteten nedstrøms samløpet med Songebekken. Bjorendalstjern, som er referanse for overvåkingsprogrammet i Mjåvann, er imidlertid ikke fullt ut representativ for naturtilstanden i området, i og med at innsjøen påvirkes indirekte fra bebyggelsen omkring Ribuvann.

5. Referanser

- 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. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04, TA-1468/1997, 31 s.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1997. Miljømål for vannforekomstene - tilførselsberegninger. SFT-veileder 95:02, TA-1139/1995, 70 s.
- Cronberg, G., G. Lindmark, S. Bjørk. 1988. Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes - an effect of acidification? *Hydrobiologia* 161: 217-236.
- DNMI 2000. Meteorologisk stasjon 3606 Arendal brannstasjon, nedbørhøyder for 1999-2000 samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Hongve, D., Ø. Løvstad og K. Bjørndalen. 1988. *Gonyostomum semen* - a nuisance to bathers in Norwegian lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 430-434.

- Håvardstun, J. & Kaste, Ø. 2001. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1999. NIVA-rapport, under utarbeidelse.
- Håvardstun, J. 2001. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 2000. NIVA-rapport, under utarbeidelse.
- Kaste, Ø. 1995. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1994. NIVA-rapport nr. 3243, 26 s.
- Kaste, Ø. 1999a. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1998. NIVA-rapport 4030, 32 s.
- Kaste, Ø. 1999b. Vannkjemisk overvåking nedstrøms rasteplass på Østerholtheia, Aust-Agder. Resultater fra overvåkingen i 1998. Notat til Statens vegvesen, Arendal trafikkstasjon, 6 s.
- Kaste, Ø., Henriksen, A., & Hindar, A. 1997. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- Lande, A. og E. Boman. 1986. Mjåvann - Songevassdraget 1985. Undersøkelser i vassdraget, før anleggelse av søppelfyllplassen i Heftingsdalen. NIVA-notat O-85063, 19 s.
- Matzow, D., Simonsen, J.H. & Valland, N. 1990. Registrering av sjørretvassdrag i Aust-Agder 1988-1999. Fylkesmannen i Aust-Agder, rapport nr. 5-1990, 66 s.
- SFT 1999. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1998. SFT-rapport 781/99, 240 s.
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. & Buan, A.K. 1997. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statens forurensningstilsyn, rapport 677/96, 73 s.
- Sosial og helsedepartementet 1995. Forskrift om vannforsyning og drikkevann mm. Nr. 68, I-9/95, 38 s.
- Statens Helsetilsyn. 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.
- Valland, N. 1988. Kystnære småvassdrag i Aust-Agder. Hydrologiske beregninger, foreløpig utgave. MV-avd. i Aust-Agder. 146 s. + vedlegg.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut tabellen nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann-råvann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsdsfiske og jordvanning - åker og eng.

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder 97:04 (Andersen *et al.* 1997).

Virksomheter av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	Total fosfor, µg P/l	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Klorofyll a, µg/l	<2	2-4	4-8	8-20	>20
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	Prim. prod., g C/m ² år	<25	25-50	50-90	90-150	>150
	Total nitrogen, µg N/l	<300	300-400	400-600	600-1200	> 1200
Organiske stoffer	TOC, mg C/l	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Fargetall, mg Pt/l	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	Oksygen, mg O ₂ /l	>9	6,5-9	4-6,5	2-4	<2
	Oksygenmetning, %	>80	50-80	30-50	15-30	<15
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	KOF _{Mn} , mg O/l	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Jern, µg Fe/l	<50	50-100	100-300	300-600	>600
Mangan, µg Mn/l	<20	20-50	50-100	100-150	>150	
Forsurende stoffer	Alkalitet, mmol/l	>0,2	0,05-0,2	0,01-0,05	<0,01	0,00
	pH	>6,5	6,0-6,5	5,5-6,0	5,0-5,5	<5,0
Partikler	Turbiditet, FTU	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff, mg/l	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termotol koli. bakt., ant./100 ml	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000
Miljøgifter (tungmetaller) i vann	Kobber, µg Cu/l	<0,6	0,6-1,5	1,5-3	3-6	>6
	Sink, µg Zn/l	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Kadmium, µg Cd/l	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	>0,4
	Bly, µg Pb/l	<0,05	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5
	Nikkel, µg Ni/l	<0,5	0,5-2,5	2,5-5	5-10	>10
	Krom, µg Cr/l	<0,2	0,2-2,5	2,5-10	10-50	>50
	Kvikksølv, µg Hg/l	<0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	>0,02

Nøkkelparametre er gitt i kursiv.

Vedlegg B. Primærdata

Forkortelser:

K25	Konduktivitet	TOTN	Total nitrogen	KLA	Klorofyll a
TURB	Turbiditet (partikkelinnhold)	PO4P	Fosfat	TKB	Termostabile koliforme bakterier
FARG	Vannfarge	TOTP	Total fosfor		
NO3N	Nitrat	TOC	Totalt organisk karbon		
NH4N	Ammonium	K	Kalium		

Nr		DYP	DATO	pH	K25 mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO3N µg/L	NH4N µg/L	TOTN µg/L	PO4P µg/L	TOTP µg/L	TOC mg/L	K mg/L	KLA µg/L	TKB /100 ml
12	Ribuvann	0-4	09.06.99	6,80	6,74	0,5	56,7	190	37	590	3	17	6,8	1,23	7,4	1
12	Ribuvann	0-4	21.07.99	6,61	6,44	1,9	79,5	39	17	475	3	25	8,9	1,19	47,6	> 300
12	Ribuvann	0-4	18.08.99	6,64	6,51	1,1	85,9	< 1	9	730	4	49	10,2	1,45	152,0	9
12	Ribuvann	0-4	27.09.99	6,48	6,46	0,8	98,4	215	80	790	6	46	10,9	1,59	15,0	7
12	Ribuvann	0-4	03.11.99	6,61	6,81	0,5	90,1	195	141	760	11	23	8,9	1,50	0,6	3
12	Ribuvann	0-4	15.06.00	7,11	7,48	1,4	56,5	190	37	670	5	23	7,3	1,47	26,9	1
12	Ribuvann	0-4	09.08.00	6,93	7,41	2,3	70,4	4	10	625	4	34	8,5	1,51	150,0	4
12	Ribuvann	0-4	28.09.00	6,93	7,51	1,5	73,3	21	22	580	3	19	8,1	1,39	34,6	4
12	Ribuvann	0-4	21.12.00	6,49	6,53	1,1	64,2	350	84	740	12	22	6,8	1,28	< 0,3	5
12	Ribuvann		Mid	6,73	6,88	1,2	75,0	134	49	662	6	29	8,5	1,40	48,3	37
12	Ribuvann		Min	6,48	6,44	0,5	56,5	1	9	475	3	17	6,8	1,19	0,3	1
12	Ribuvann		Max	7,11	7,51	2,3	98,4	350	141	790	12	49	10,9	1,59	152,0	> 300
12	Ribuvann		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
14	Bjørnebo	0	09.06.99	6,67	5,27	0,8	49,0	62	17	435	1	15	6,4	0,71		10
14	Bjørnebo	0	21.07.99	6,60	5,18	1,0	71,4	20	42	485	3	18	8,1	0,54		19
14	Bjørnebo	0	18.08.99	6,39	4,56	0,5	82,0	48	8	475	2	18	9,0	0,46		40
14	Bjørnebo	0	27.09.99	6,18	4,87	0,7	97,1	107	19	545	2	14	10,2	0,78		62
14	Bjørnebo	0	03.11.99	6,31	5,38	0,4	83,6	180	68	580	2	10	8,4	0,88		7
14	Bjørnebo	0	15.06.00	6,95	6,45	0,7	45,8	141	20	455	2	8	5,9	0,87		12
14	Bjørnebo	0	09.08.00	6,91	6,66	0,8	51,5	61	42	430	3	14	6,0	0,71		38
14	Bjørnebo	0	28.09.00	6,60	6,03	1,2	63,4	134	27	530	2	11	7,4	0,79		100
14	Bjørnebo	0	21.12.00	6,38	5,34	1,0	65,8	225	73	550	3	9	6,6	0,83		5
14	Bjørnebo		Mid	6,55	5,53	0,8	67,7	109	35	498	2	13	7,6	0,73		33
14	Bjørnebo		Min	6,18	4,56	0,4	45,8	20	8	430	1	8	5,9	0,46		5
14	Bjørnebo		Max	6,95	6,66	1,2	97,1	225	73	580	3	18	10,2	0,88		100
14	Bjørnebo		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		9

NIVA-rapport 4359-2001

Nr		DYP	DATO	pH	K25 mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO3N µg/L	NH4N µg/L	TOTN µg/L	PO4P µg/L	TOTP µg/L	TOC mg/L	K mg/L	KLA µg/L	TKB /100 ml
1	Bjorendalstjern	0-4	09.06.99	6,42	4,97	0,4	57,3	230	40	600	2	12	6,5	0,67	3,3	150
1	Bjorendalstjern	0-4	21.07.99	6,27	4,77	0,5	82,4	235	29	660	2	12	8,2	0,58	5,2	23
1	Bjorendalstjern	0-4	18.08.99	6,14	4,87	0,5	87,6	200	8	680	2	21	9,2	0,65	24,2	20
1	Bjorendalstjern	0-4	27.09.99	5,87	4,58	0,7	100,0	230	46	685	1	18	10,8	0,72	18,7	54
1	Bjorendalstjern	0-4	03.11.99	6,35	4,97	0,4	88,6	200	81	655	4	14	8,7	0,83	0,4	5
1	Bjorendalstjern	0-4	15.06.00	6,71	5,94	1,2	52,9	265	39	695	3	10	6,4	0,83	2,9	4
1	Bjorendalstjern	0-4	09.08.00	6,60	6,00	0,7	61,7	165	31	550	2	13	6,6	0,73	6,9	0
1	Bjorendalstjern	0-4	28.09.00	6,44	6,04	1,3	68,2	170	40	595	2	11	7,6	0,74	3,8	4
1	Bjorendalstjern	0-4	21.12.00	6,10	5,06	1,2	67,8	230	82	575	3	10	6,6	0,71	< 0,6	1
1	Bjorendalstjern	0-4	Mid	6,32	5,24	0,8	74,1	214	44	633	2	13	7,8	0,72	7,3	29
1	Bjorendalstjern	0-4	Min	5,87	4,58	0,4	52,9	165	8	550	1	10	6,4	0,58	0,4	0
1	Bjorendalstjern	0-4	Max	6,71	6,04	1,3	100,0	265	82	695	4	21	10,8	0,83	24,2	150
1	Bjorendalstjern	0-4	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	09.06.99	6,25	4,41	0,5	68,5	165	25	550	1	12	7,5	0,59	14,0	32
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	21.07.99	6,18	4,30	1,3	90,9	49	14	505	1	15	8,7	0,39	31,6	24
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	18.08.99	6,18	4,26	0,6	94,0	8	9	520	2	20	9,3	0,39	48,5	35
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	27.09.99	5,95	4,28	0,6	107,0	131	53	615	1	16	11,2	0,51	18,8	26
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	03.11.99	6,19	4,57	0,7	117,0	149	138	690	2	11	10,5	0,65	0,9	4
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	15.06.00	6,52	5,31	1,3	60,3	260	9	620	2	12	7,1	0,64	16,5	2
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	09.08.00	6,54	5,30	2,2	66,7	28	10	555	3	17	7,8	0,61	99,7	6
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	28.09.00	6,55	5,39	1,2	76,4	32	25	480	1	12	8,2	0,62	18,6	100
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	21.12.00	5,83	4,97	0,9	76,8	255	89	595	2	8	7,4	0,64	0,5	1
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	Mid	6,24	4,75	1,0	84,2	120	41	570	2	14	8,6	0,56	27,7	26
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	Min	5,83	4,26	0,5	60,3	8	9	480	1	8	7,1	0,39	0,5	1
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	Max	6,55	5,39	2,2	117,0	260	138	690	3	20	11,2	0,65	99,7	100
2	Mjåvatn, hovedst.	0-4	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

NIVA-rapport 4359-2001

Nr		DYP	DATO	pH	K25 mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO3N µg/L	NH4N µg/L	TOTN µg/L	PO4P µg/L	TOTP µg/L	TOC mg/L	K mg/L	KLA µg/L	TKB /100 ml
15	Fossbekk	0	09.06.99	6,53	4,87	0,6	63,9	235	15	615	1	13	7,3	0,60		20
15	Fossbekk	0	21.07.99	6,59	5,00	1,3	84,5	215	29	650	2	17	8,3	0,58		260
15	Fossbekk	0	18.08.99	6,54	4,58	0,6	87,0	68	8	520	2	22	8,8	0,49		52
15	Fossbekk	0	27.09.99	6,17	4,41	0,7	99,0	155	36	610	2	16	10,3	0,65		36
15	Fossbekk	0	03.11.99	6,45	4,87	0,6	95,9	195	90	635	2	10	9,1	0,73		15
15	Fossbekk	0	15.06.00	6,89	6,15	2,0	50,7	200	14	520	2	10	5,9	0,81	>	300
15	Fossbekk	0	09.08.00	7,05	7,81	2,8	57,9	149	118	610	3	19	6,5	0,91		22
15	Fossbekk	0	28.09.00	6,74	6,03	1,4	71,3	170	32	605	2	11	7,8	0,75		57
15	Fossbekk	0	21.12.00	6,40	5,08	1,1	68,6	240	77	560	2	8	6,9	0,68		1
15	Fossbekk		Mid	6,60	5,42	1,2	75,4	181	47	592	2	14	7,9	0,69		85
15	Fossbekk		Min	6,17	4,41	0,6	50,7	68	8	520	1	8	5,9	0,49		1
15	Fossbekk		Max	7,05	7,81	2,8	99,0	240	118	650	3	22	10,3	0,91	>	300
15	Fossbekk		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		9
16	Utløp v/ Songekilen	0	09.06.99	6,77	6,31	0,7	50,2	520	25	910	4	24	6,2	1,11		7
16	Utløp v/ Songekilen	0	21.07.99	6,84	5,47	0,6	76,6	135	36	505	12	29	7,6	0,78	>	300
16	Utløp v/ Songekilen	0	18.08.99	6,70	4,84	1,8	83,6	93	8	570	4	26	8,4	0,60		105
16	Utløp v/ Songekilen	0	27.09.99	6,36	4,59	1,1	96,7	170	44	655	2	18	10,2	0,72		105
16	Utløp v/ Songekilen	0	03.11.99	6,58	5,10	0,6	90,3	250	93	685	2	12	8,8	0,80		30
16	Utløp v/ Songekilen	0	15.06.00	6,92	7,08	1,0	48,8	38	5	460	2	27	8,8	1,41	>	300
16	Utløp v/ Songekilen	0	09.08.00	7,01	10,2	1,6	64,7	100	502	1460	42	182	8,4	4,80	>	300
16	Utløp v/ Songekilen	0	28.09.00	6,86	6,40	2,2	71,3	245	55	695	3	20	7,6	0,96	>	300
16	Utløp v/ Songekilen	0	21.12.00	6,54	5,23	0,9	62,6	265	77	605	<	1	11	7,1	0,74	6
16	Utløp v/ Songekilen		Mid	6,73	6,14	1,2	71,6	202	94	727	8	39	8,1	1,32		161
16	Utløp v/ Songekilen		Min	6,36	4,59	0,6	48,8	38	5	460	1	11	6,2	0,60		6
16	Utløp v/ Songekilen		Max	7,01	10,20	2,2	96,7	520	502	1460	42	182	10,2	4,80	>	300
16	Utløp v/ Songekilen		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		9