

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 A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 2000. <i>(Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 2000)</i>	Løpenr. (for bestilling) 4388-2001	Dato Mai 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-85063	Sider Pris 34 kr 75,-
Forfatter(e) Håvardstun, Jarle	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Agder Renovasjon	Oppdragsreferanse
--------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i Mjåvann overvåkes årlig for å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass. Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringsssalter (tilstandsklasse III). Vannkvaliteten i innsjøene tilfredsstilte i 2000 Folkehelsas hygieniske krav til "godt badevann". Det er foreløpig ikke påvist trender i materialet som tyder på at søppelfyllplassen har hatt negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann. Det er imidlertid grunn til å rette oppmerksomheten mot total fosfor, som kan være i ferd med å øke i innsjøen.</p> <p>I grunnvann fra fyllplassområdet ble det i 1998 og 1999 registrert en økning i konsentrasjonene av total fosfor og bly i den østre prøvebrønnen. I 2000 har disse konsentrasjonene avtatt til nivåer målt tidligere i overvåkingsperioden. Dersom forureningsgraden i grunnvannet øker vesentlig fra dagens nivå, kan det etterhvert få negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann.</p> <p>I sigevannet fra søppelfyllplassen (som ledes til kommunalt nett) var det som tidligere svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. Større overløp av forurenset sigevann til Mjåvann vil kunne ha betydelige negative konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking 2. Søppelfylling 3. Avrenning 4. Vannkvalitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring 2. Landfill 3. Leaching 4. Water quality
---	--

Jarle Håvardstun
Prosjektleder

Vilhelm Bjerknes
Forskningsleder
ISBN 82-577-4028-4

Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen
søppelfyllplass i 2000**

Forord

Overvåkingsprogrammet for Mjåvann ble opprinnelig utarbeidet i samarbeid med Nidarkretsen (interkommunalt selskap før kommunesammenslåingen den 1.1.1992) og Fylkesmannen i Aust-Agder. Overvåkingen skal klarlegge om avrenningen fra fyllplassen har uheldige konsekvenser for vannkvaliteten i Mjåvann.

Arendal kommune har vært oppdragsgiver for overvåkingen til og med 28.2.98. Etter 1.3.98 er denne funksjonen overtatt av Agder Renovasjon, et nyopprettet interkommunalt selskap for Arendal, Froland og Grimstad.

Vannkjemiske analyser er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo. KM-lab i Grimstad har analysert bakterieprøvene og prøvene fra grunnvannsbrønnene og sigevannet. I løpet av året har KM-lab blitt overtatt av Analycen, dette har medført endrede deteksjonsgrenser på metallanalysene.

Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA.

Agder Renovasjon har selv tatt prøver av to grunnvannsbrønner, samt av sigevann fra søppelfyllplassen. Prøvene ble analysert på KM-lab/analycen i Grimstad. Resultatene fra disse målingene er presentert og diskutert i rapporten.

Grimstad, mai 2001

Jarle Håvardstun

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. INNLEDNING	8
1.1 OMRÅDEBESKRIVELSE	8
1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER	9
1.3 MÅLSETTING OG PROGRAM	9
1.4 NEDBØR I 2000	10
2. RESULTATER OG DISKUSJON	11
2.1 TEMPERATUR OG OKSYGEN.....	11
2.2 NÆRINGSSALTER OG KLOROFYLL.....	12
2.3 TARMBAKTERIER	17
2.4 KJEMISKE ANALYSER AV VANN FRA GRUNNVANNSBRØNNENE.....	17
2.5 KJEMISKE ANALYSER AV SIGEVANN SOM LEDES TIL KOMMUNALT AVLØPSNETT.	18
3. VURDERING AV RESULTATENE	23
3.1 KLASSIFISERING AV VANNKVALITETSTILSTAND.....	23
3.2 VANNKVALITETSUTVIKLING 1988-2000.....	24
3.3 VURDERING AV BEHOV FOR TILTAK.	24
4. REFERANSER	25
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem.....	27
Vedlegg B. Primærdata 2000	28
Vedlegg C. Årsmidler 1986-2000	31

Sammendrag

I forbindelse med etablering og drift av Heftingsdalen søppelfyllplass i Songevassdraget, Arendal kommune, foretas en løpende overvåking av vannkvaliteten i Mjåvann rett nedstrøms søppelfyllplassen. Disse undersøkelsene har som formål å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler sigevann fra fyllplassområdet. Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise eventuelle virkninger på økosystemet i Songevassdraget. Ved to anledninger, i 1986 og 1995, har sigevann fra fyllplassen flommet over fangdammen og ut i Mjåvann.

Vannkvalitet i Mjåvann og Bjorendalstjern

Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III og IV). Basert på belastningsmodeller for grunne innsjøer lå fosforkonsentrasjonen i Mjåvann i 2000 såvidt innenfor grensen av hva som kan kalles akseptabelt. Klorofyllkonsentrasjonen i Mjåvann ligger vanligvis langt over det som kan regnes som akseptabelt for innsjøen. Dette skyldes i stor grad algen *Gonyostomum semen* som ofte opptrer i store mengder i planktonet.

Klorofyllkonsentrasjonen i Bjorendalstjern lå i 1999 på et nivå som blir klassifisert som klasse IV dårlig, i hht SFTs klassifiseringssystem. I Bjorendalstjern lå både fosforkonsentrasjonen og klorofyllkonsentrasjonen under det som belastningsmodellen for grunne innsjøer kaller akseptabelt i 2000.

Det ble i 2000 påvist lavt antall av termostabile koliforme bakterier (TKB) i alle prøver fra Mjåvann og Bjorendalstjern. Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hoved, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern var hhv. 13, 27, 4 og 2 TKB/100 ml. Basert på de målinger som er foretatt, tilfredsstilte vannkvaliteten i innsjøene Folkehelsas krav til "godt badevann". Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

Prøvene fra tilløpsbekkene til Mjåvann viser at disse i gjennomsnitt har et høyere innhold av termostabile koliforme bakterier (TKB) enn innsjøstasjonene.

Det er foreløpig ikke påvist trender i materialet som tyder på at søppelfyllplassen har hatt negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann. Konsentrasjonene av til fosfor har ligget over 10 µg/l i alle prøver siden 1996, mens det tidligere hyppig ble målt verdier under 10µg/L. Det er dessuten tegn på at konsentrasjonen av total fosfor kan være i ferd med å øke i grunnvannet nedstrøms Heftingsdalen.

Den samme trenden har ikke vært til stede for Bjorendalstjern som er referanselokaliteten I 2000 var konsentrasjonen total fosfor redusert til 11 µg/L (15µg/L i 1999).

Grunnvann fra fyllplassområdet

P.g.a. forskjellene i deteksjonsgrenser på prøvetakingstidspunktene (**vedlegg B3**), er det ikke regnet fram gjennomsnittsverdier for metallene. Basert på målingene med lavest deteksjonsgrense er det ikke grunn til å tro at konsentrasjonene av metallene bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) har endret seg fra tidligere år.

Konsentrasjonen av total fosfor var lavere i 2000 enn 1999 og 1998, men er blant de høyeste verdiene målt i overvåkingsperioden.

Nitrogenkonsentrasjonene lå i 2000 likevel på et "normalt" nivå i prøvebrønn øst. I grunnvannsbrønn vest ble det målt en økt mengde nitrogen sammenlignet med de to foregående år.

Basert på middelverdier i 2000 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 1.9, 2.7, 2.5 og 1.45 ganger konsentrasjonene i innsjøen. Grunnvannstilsiget fra fyllplassområdet vil bli relativt godt fortynnet med det øvrige tilsiget fra innsjøens nedbørfelt, men en bør være oppmerksom på at vesentlige økninger i konsentrasjonen av kjemiske komponenter (for eksempel fosfor) i grunnvannet etterhvert vil kunne gi effekter i innsjøen.

Sigevann fra fyllplassområdet som ledes til kommunalt avløpsnett

Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 2000, eller spesielle endringer fra de foregående årene. Variasjonen mellom målingene var forholdsvis liten i 2000, noe som trolig var en følge av de relativt like avrenningsforholdene. Større overløp av forurenset sigevann til Mjåvann vil kunne ha betydelige negative konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.

Vannføringsmålinger for sigevann ble også logget for 2000 og det vil dermed være mulig å kvantifisere tilført mengde av f.eks. næringssalter.

Vurdering

Overvåkingsresultatene for 2000 viser ingen dramatiske endringer i vannkvaliteten, hverken i Mjåvann, eller i grunnvannsbrønnene. Det er likevel grunn til å følge utviklingen framover, spesielt med tanke på endringer i grunnvannskvaliteten. Det vises da spesielt til de forhøyede konsentrasjonene av total fosfor som ble målt i den østre prøvebrønnen i 1998. I 1999 var det høye fosforkonsentrasjoner i begge prøvebrønnene og dette var betenkelig siden Mjåvann lå på grensen av akseptabel fosforbelastning allerede. I 2000 var disse fosforkonsentrasjonene tilbake på et lavere nivå, og tilsvarer verdier målt tidligere i overvåkingsperioden. Konsentrasjonene av næringssalter og organisk stoff i sigevannet fra søppelfyllingen er høye og understreker viktigheten av at overløp til Mjåvann må unngås.

Overvåkingen anbefales videreført på dagens nivå på vannkjemi, men det anbefales at en inkluderer fytoplanktonprøvetaking i begge innsjøene for å vurdere effekten av fosforbelastningen på eventuelle algeoppblomstringer.

Kvantifisering av grunnvannsstrømmen fra fyllplassområdet, er gjort mulig v.h.a data fra de kontinuerlige vannføringsmålingene av sigevannsmengden. Det bør også vurderes anlagt en ekstra prøvebrønn utenfor fyllplassen - som referanse til dagens prøvebrønner.

Spesialundersøkelsene som ble foreslått i 1998 (beregning av forurensetningsstilførsler, prøvetaking på isen om vinteren, samt av sidebekker om sommeren), er gjennomført i løpet av 1999 og 2000-sesongen. Resultatene fra vinterprøvetaking, og sidebekker i 2000 er tatt med i denne rapporten. Forurensetningsstilførsler er rapportert av (Kaste 2001).

Summary

Title: Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 2000.
Year: 2001
Author: Håvardstun, Jarle.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4028-4

The water quality of Lake Mjåvann is monitored to assess possible influences from Heftingsdalen landfill.

Lake Mjåvann is markedly affected by phosphorus and has very high chlorophyll concentrations. The reference Lake Bjorendalstjern is also markedly affected by phosphorus, but it has lower chlorophyll concentrations. In 2000, concentrations of coliform bacteria were relatively low, allowing the classification “good bath water quality”. So far, no trends indicate that the landfill has affected the water quality of the lake during the period 1988-2000. Data from the period 1996-2000, however, indicate a possible increase in total phosphorus concentrations.

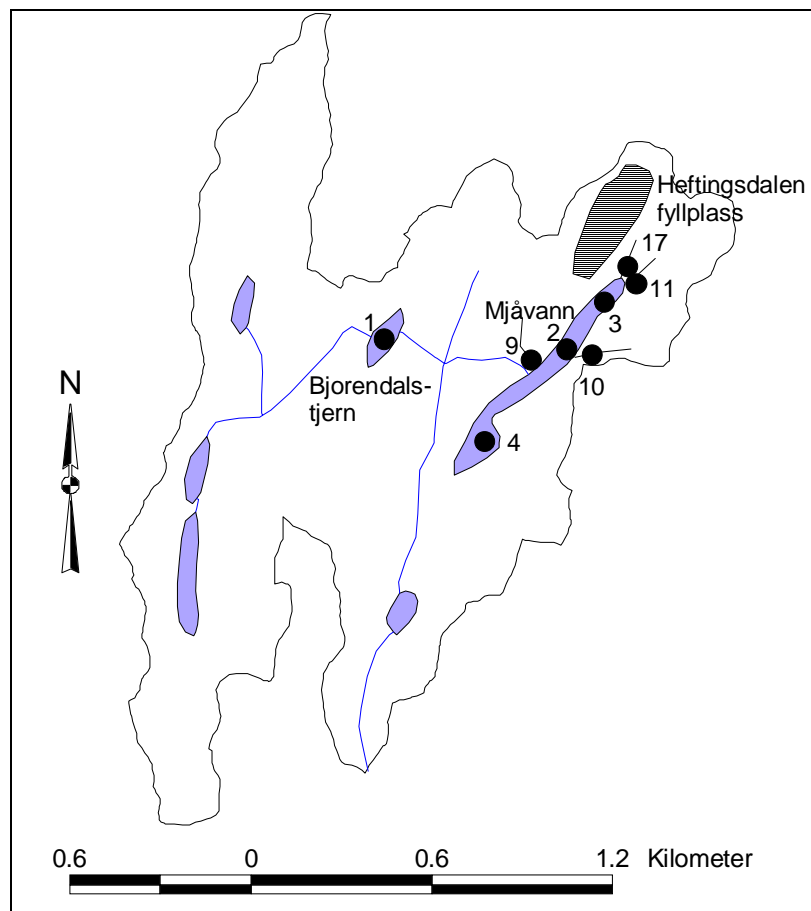
In groundwater from the dump area, increases in total phosphorus concentrations were measured in well-water in 1999, these concentrations were reduced in 2000 . In overland flow from the dump area, very high concentrations of total phosphorus, nitrogen, TOC, iron and other heavy metals were measured. This highly polluted water is transferred to the sewer system, and will normally not affect Lake Mjåvann.

1. Innledning

1.1 Områdebeskrivelse

Mjåvann - Songevassdraget ligger i Arendal kommune (

Figur 1.) Fra 1986 ble Heftingsdalen i den nordvestre delen av Mjåvanns nedbørfelt tatt i bruk som søppelfyllplass. Fyllplassen utgjør knapt 10% av innsjøens nedbørfelt. I **Tabell 1** er det gitt en del morfometriske og hydrologiske data for innsjøen. Sigevannet fra søppelfyllplassen blir samlet opp ved en dam nederst i dalføret, og ført ut av Songevassdragets nedbørfelt. I den grad dette lykkes fullt ut, skal det ikke bli noen direkte forurensningsbelastning på Mjåvann.



Figur 1. Songevassdragets nedbørfelt med prøvetakingsstasjoner. Søppelfyllplassen er skravert i figuren.

Det er utarbeidet dybdekart for Mjåvann, men ikke for Bjorendalstjern. Bjorendalstjern har et overflateareal på omlag $0,04 \text{ km}^2$ og et nedbørfelt på $2,8 \text{ km}^2$. Teoretisk oppholdstid er trolig omlag en tredel av den som er beregnet for Mjåvann.

Vassdraget er sterkt humuspreget. Vannet har relativt høy pH ($> 6,0$) og ledningsevne fordi det påvirkes av marine avsetninger. Vassdraget er dermed fiskerikt, på tross av at området er sterkt belastet med sur nedbør. I Mjåvanns nedbørfelt er det svært lite dyrket mark, og bare enkelte bolighus.

I nedbørfeltet til Bjorendalstjern er det noe landbruksaktivitet, samt noe bebyggelse i de øvre delene. Området blir brukt til friluftsliv, bading og fiske.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for Mjåvann. Etter Boman (1982).

Høyde over havet	31	m
Innsjøareal	0,127	km ²
Innsjøvolum	0.65	mill. m ³
Maks. dyp	9.4	m
Middeldyp	5.1	m
Nedbørfeltareal	2,15	km ²
Heftingsdalens areal	0,192	km ²
Teor. oppholdstid *)	0.35	år

*) uten Heftingsdalen og basert på spesifikk avrenning på 30 l/s·km²

1.2 Tidligere undersøkelser

Det er redegjort for tidligere undersøkelser i Håvardstun (2000). Resultater for 1999 er rapportert av Håvardstun (2001).

For 1999-2000 er det gjennomført en overvåking av Songevassdraget (Kaste 2001) for å vurdere forurensningssituasjonen i vassdraget med hovedvekt på næringssalter og tarmbakterier. I den undersøkelsen er også data fra Mjåvann og Bjorendalstjern inkludert.

1.3 Målsetting og program

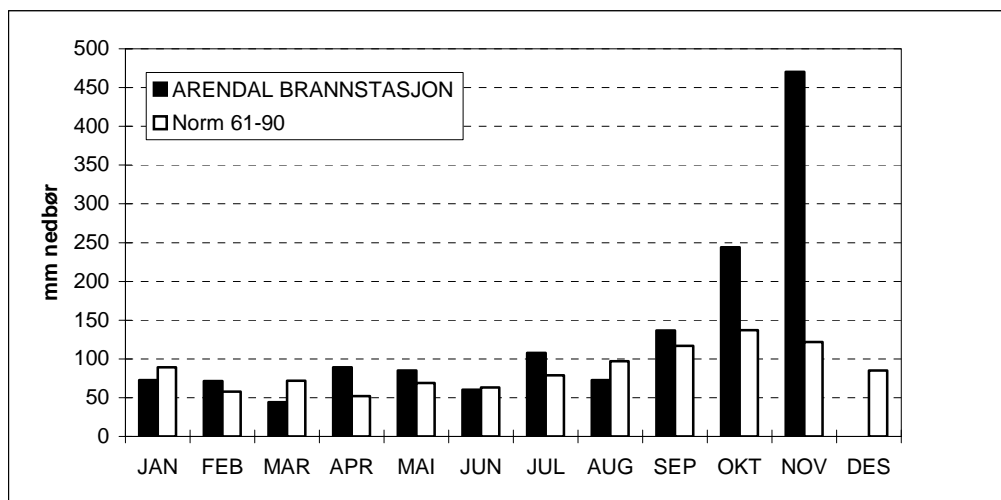
Målet med undersøkelsene er:

- å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler sigevann fra fyllplassområdet.
- Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise virkninger på økosystemet i vassdraget.

Programmet for undersøkelsene i 2000 fulgte stort sett samme prosedyre som i perioden 1993-1998. Det ble i 2000 tatt 4 vannkjemiske og bakteriologiske prøveserier i Bjorendalstjern. I Mjåvann ble det i tillegg tatt 1 prøve under isen, og prøver av 4 innløpsbekker.

1.4 Nedbør i 2000

Meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon:	Årsnedbør 2000:	1454 mm
	Normalt:	1040 mm
	% av normalen:	140



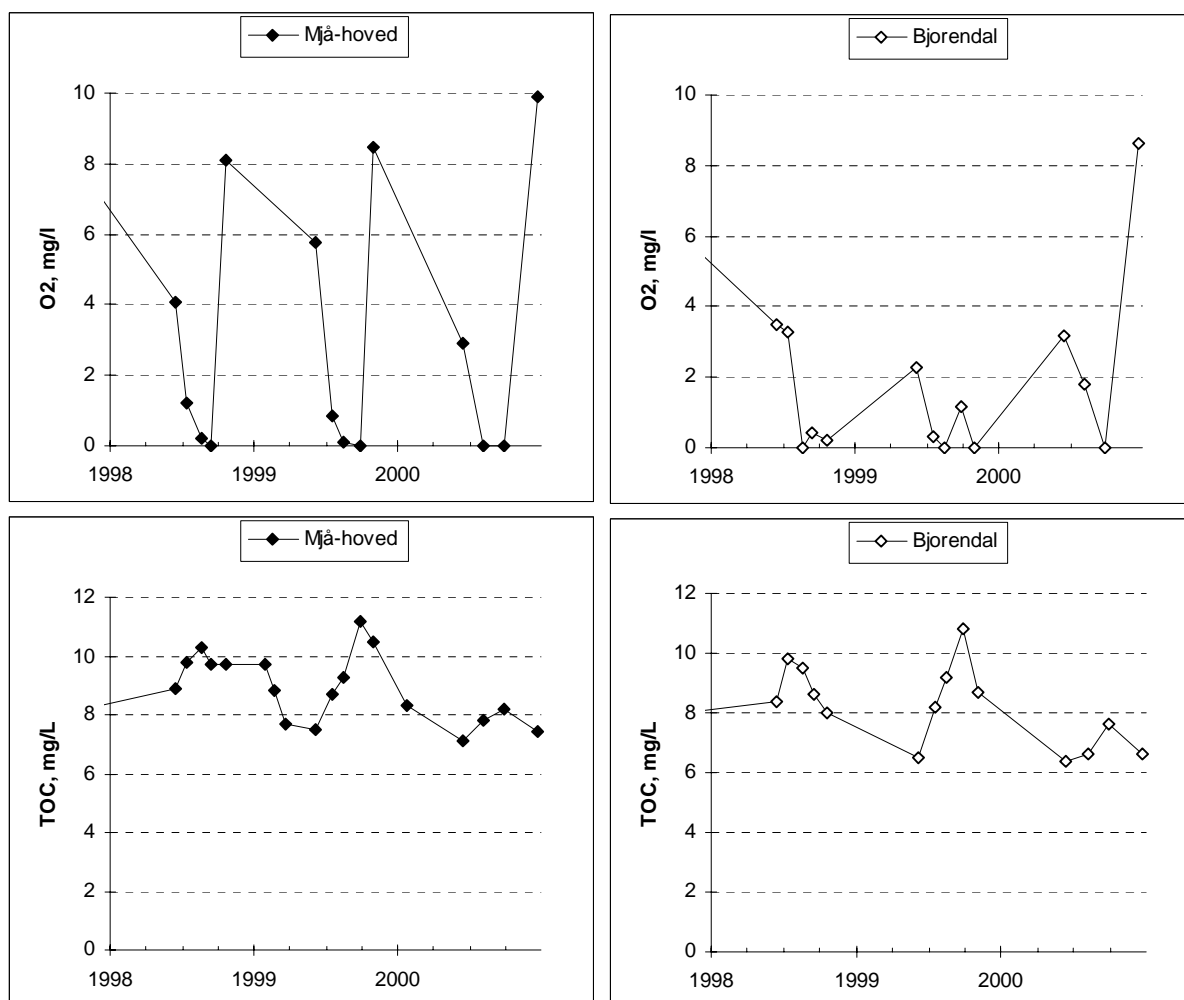
Figur 2. Månedlig nedbør i 2000 ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 2001).

2. Resultater og diskusjon

2.1 Temperatur og oksygen

Generelt

Mjåvann er grunnere og mer vindeksponert enn Bjorendalstjern. Dette medfører at Mjåvann har en svakere temperatursjiktning mot dypet om sommeren, og innsjøen sirkulerer vanligvis tidligere om høsten enn Bjorendalstjern. Disse forskjellene i temperaturstratifikasjon har stor betydning for oksygenutviklingen i de to innsjøenes bunnvann. Bjorendalstjern har ofte lengre perioder med oksygenfritt bunnvann enn Mjåvann om sommeren (**Figur 3.**). Dette var ikke tilfelle i 2000; da var det oksygenfritt bunnvann i Mjåvann i august, mens det ennå var lav konsentrasjon av oksygen i Bjorendalstjern (**Figur 3**). Begge innsjøer har stort oksygenforbruk i bunnvannet, noe som i hovedsak skyldes nedbryting av organisk materiale som dels er produsert i innsjøene og dels er tilført naturlig fra nedbørfeltet. Innsjøene har forholdsvis høy vannfarge (**Vedlegg C1**) og TOC-konsentrasjon (**Figur 3.**), som følge av tilførsler av naturlig organisk materiale (bl.a. humusstoffer).



Figur 3. Oksygen i bunnvannet (8 meters dyp i Mjåvann og 12 meters dyp i Bjorendalstjern), konsentrasjon av totalt organisk karbon i overflatevannet (0-4 meters dyp).

Temperatur

Begge innsjøene hadde temperatursjiktning fram til desember (

Tabell 2). Det var ikke fullsirkulasjon før siste prøverunde i slutten av desember.

Tabell 2. Temperatur og oksygenutvikling i Mjåvann og Bjorendalstjern 2000.

Mjåvann Dato	Temperatur			O ₂ 8m	Bjorendalstj. Dato	Temperatur			O ₂ 12m
	1m	4m	8m			1m	4m	12m	
26.01.2000	1,5	2,2	3,5						
15.06.2000	16,3	11,3	6,4	2,9	15.06.2000	15,3	8,1	4,4	3,2
09.08.2000	19,1	16,2	9,5	0	09.08.2000	18	11,2	4,7	1,8
28.09.2000	12,2	12,3	8,9	0	28.09.2000	11,8	11,4	4,7	0
21.12.2000	4,5	4,5	4,5	9,9	21.12.2000	4,6	4,6	4,6	8,6

Oksygen og organisk stoff

Det var et kraftig oksygenavtak i bunnvannet i begge innsjøer utover sommeren og høsten 2000 (

Tabell 2, Figur 3). Mjåvann hadde helt oksygenfritt bunnvann i august, men i Bjorendalstjern ble det ikke registrert helt oksygenfritt bunnvann før i september. Begge innsjøene fikk innblandet rikelig med oksygen i forbindelse med fullsirkulasjonen i desember.

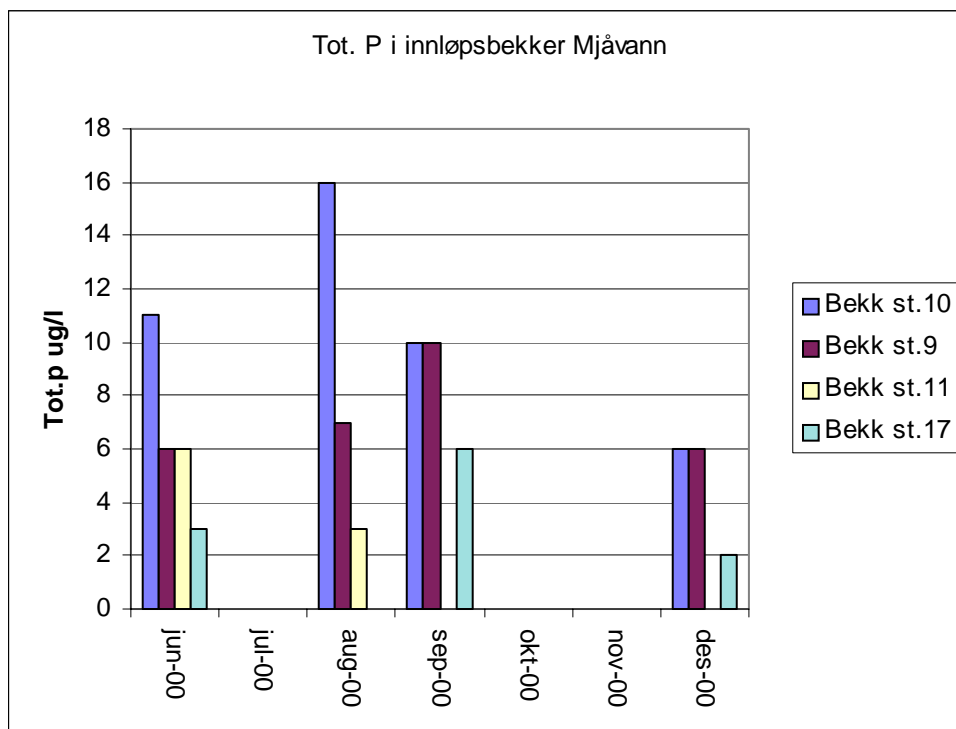
Konsentrasjonene av totalt organisk karbon (TOC) som ble målt i Mjåvann og Bjorendalstjern i 2000 er blant de laveste som er målt i overvåkingsperioden (**Vedlegg C1, Figur 3**). Det har de siste årene vært en generell tendens til økte TOC-verdier i begge innsjøene. Resultatene for 2000 avviker fra dette mønsteret, men er innenfor den variasjon på 1-15µg/l en ofte finner i overflatevann (Skjelkvåle et al. 1997).

2.2 Næringsalter og klorofyll

Fosfor

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 µg P/L, mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier, omkring 8-12 µg/L omregnet fra Østlandsforhold (Bratli et al. 1997). 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. I og med at begge innsjøene ligger under marin grense (ca 70 moh. i området), vil de fra naturens side ha høyere ioneinnhold og være mer næringsrike enn innsjøer som ligger over denne grensen.

Ved prøvetakingen i juni varierte fosforkonsentrasjonen i innløpsbekkene fra 3-11 µg P/L (**Figur 4**). Bortsett fra søppelfyllplassen ved Mjåvann, samt litt spredt bosetting og landbruksaktivitet rundt Bjorendalstjern, er det ubetydelige forurensningskilder i de to innsjøenes nedbørfelt. En bieffekt av søppelfyllplassen er en økt måkebestand som sannsynligvis bidrar til en viss gjødsling av Mjåvann. Det er å forvente at ansamlingen av måker kan avta ettersom det nå ikke blir deponert matavfall på fyllingen. Matavfallet blir nå kompostert på eget område i Heftingsdalen.



Figur 4. Fosforkonsentrasjon i innløpsbekker til Mjåvann.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv 14 og 11 $\mu\text{g/L}$ i 2000 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 8-21 $\mu\text{g/L}$ i Mjåvann og 10-13 $\mu\text{g/L}$ i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). En del av variasjonen i fosforkonsentrasjonen i Mjåvann kan sannsynligvis forklares ved svingninger i total algeomengde (**Figur 6**). Algene inneholder også en del fosfor som registreres i forbindelse med analysen av total fosfor. Maksimumskonsentrasjonene i 2000 lå ikke høyere enn det som er registrert i innsjøene tidligere i overvåkingsperioden (**Figur 6, Vedlegg C1**).

Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn 2-3 $\mu\text{g/L}$, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor enn det som kan omsettes biologisk. Det ble ikke funnet konsentrasjoner over 3 $\mu\text{g/L}$ i noen av innsjøene i 2000 (**Figur 6**).

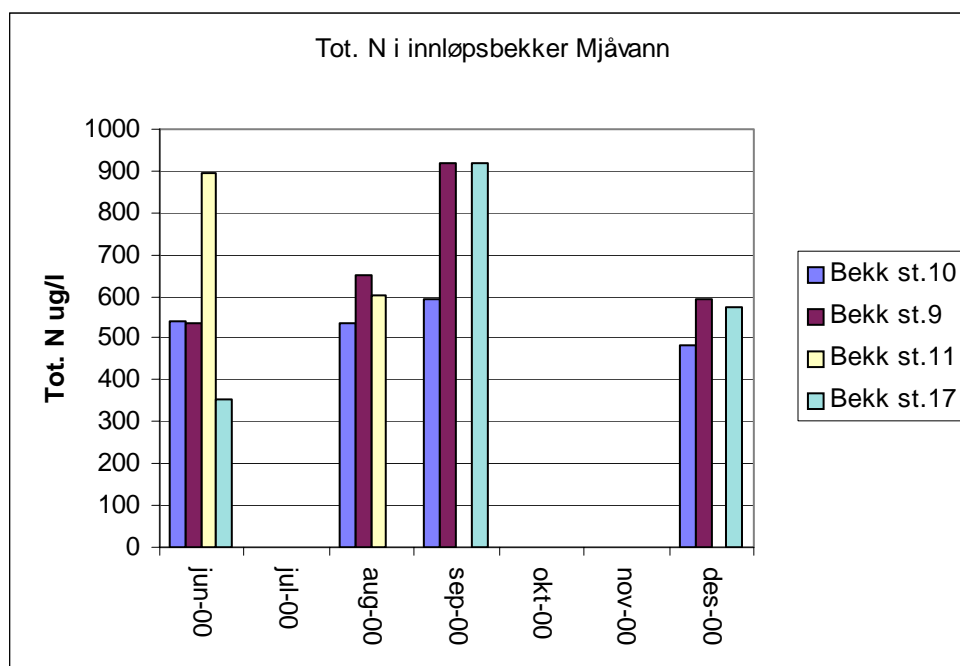
Klorofyll

Årsmiddelkonsentrasjonene av klorofyll a i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 33,8 og 4,5 $\mu\text{g/L}$ i 2000 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 0,5-99,7 $\mu\text{g/L}$ i Mjåvann og 0,6-6,9 $\mu\text{g/L}$ i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). Den store variasjonen i konsentrasjonene av klorofyll (**Figur 6**) i Mjåvann er tidligere dokumentert å skyldes tilstedeværelse av den store flagellaten *Gonyostomum semen*, som har en tendens til å dominere planteplanktonet i innsjøer den etablerer seg i (Kaste 1995a). Denne algen er kjent for å foreta vertikale vandringer i vannsøylen, noe som gjør det vanskelig å foreta representativ prøvetaking (Cronberg et al. 1988, Hongve et al. 1988). Den store bevegeligheten gjør den sannsynligvis også i stand til å utnytte næringsressurser dypere ned i innsjøens vannlag.

Nitrogen

Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker kan ligge opp mot 300-500 $\mu\text{g/L}$ i utmarksområder på Sørlandet (Bratli et. al. 1997). En stor del av dette nitrogenet stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT 1998, 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 bekker.

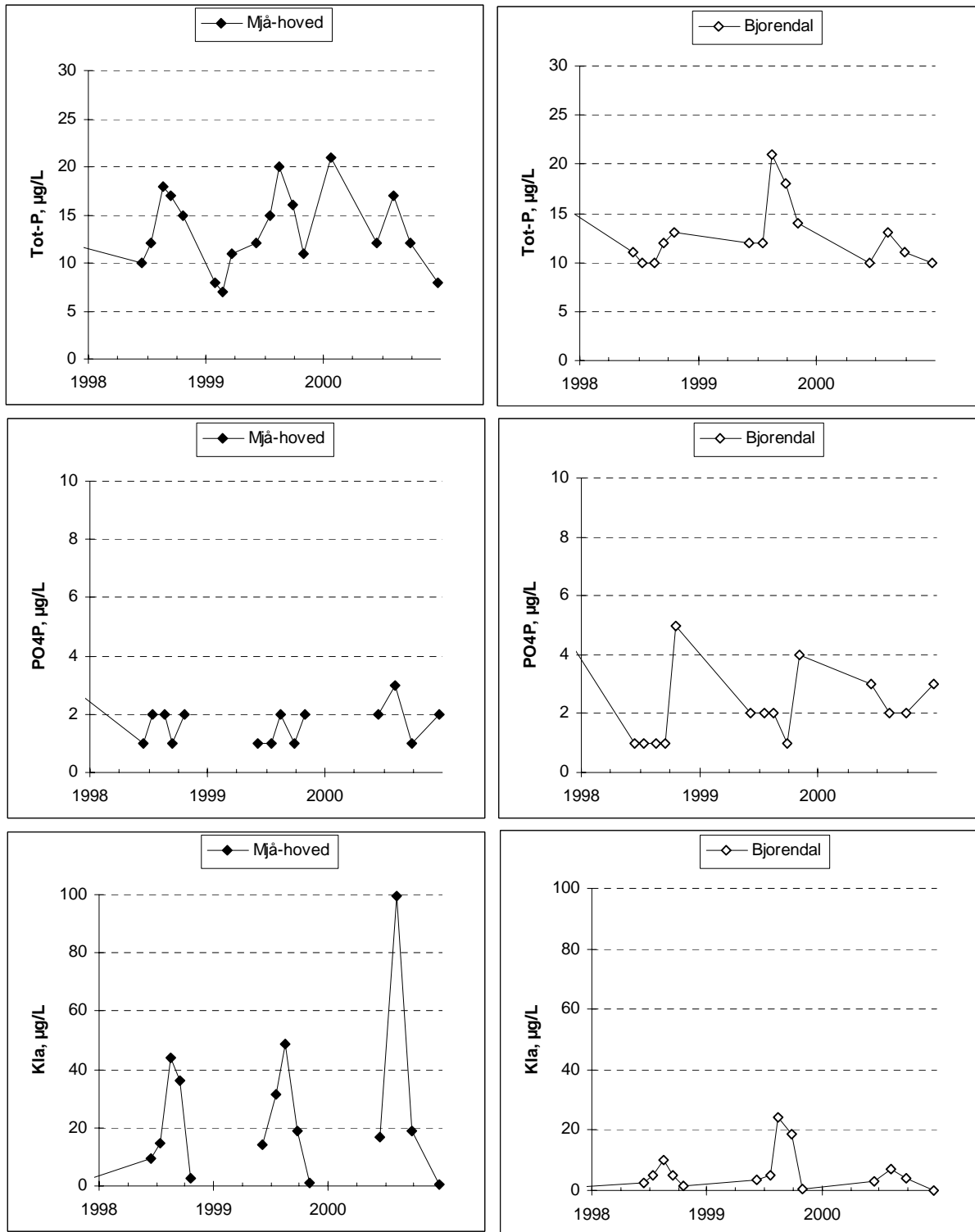


Figur 5. Konsentrasjon av total nitrogen i innløpsbekker til Mjåvann.

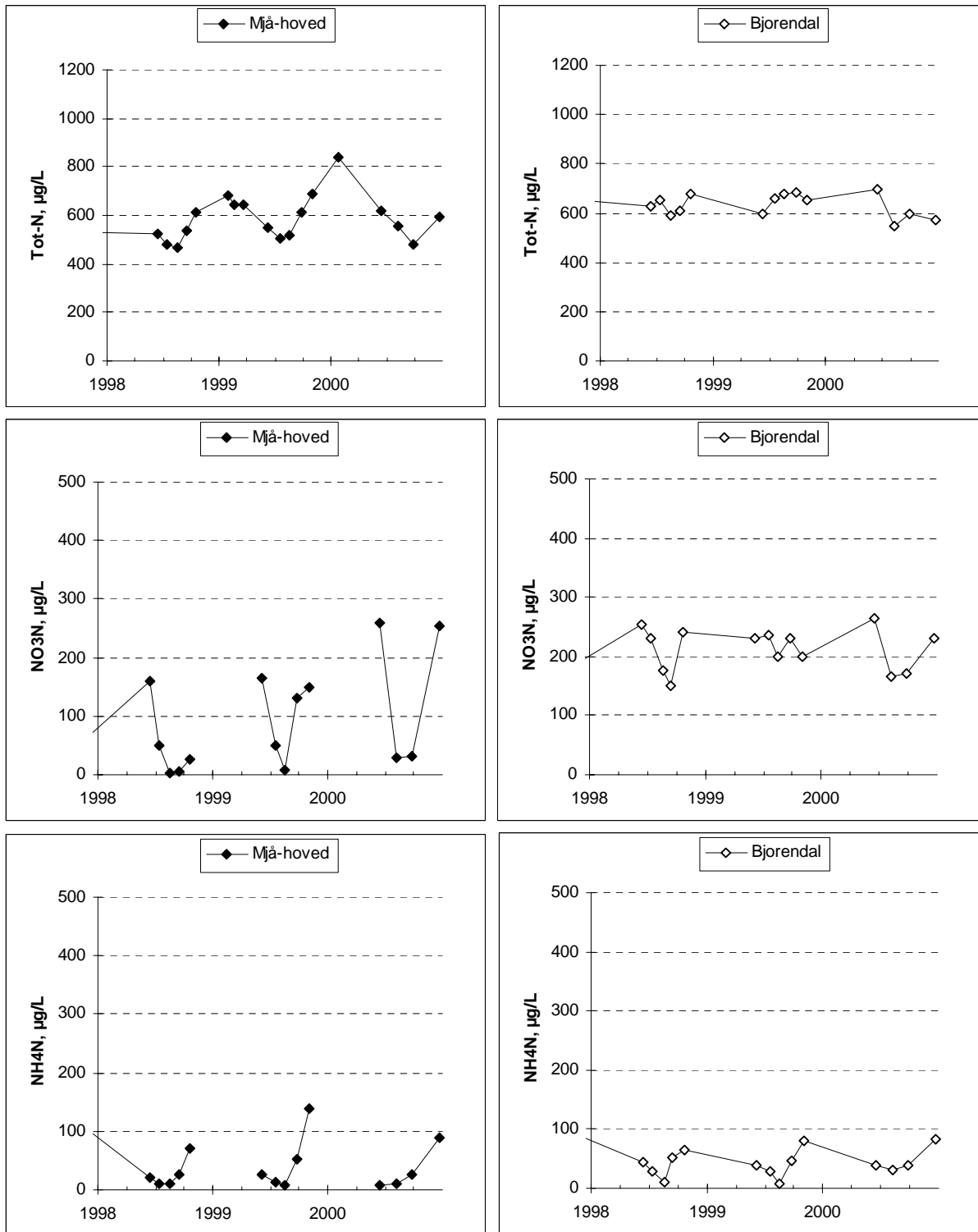
Verdiene av Tot. N i innløpsbakkene varierer fra 355 μ g/L til 920 μ g/L (**Figur 5**). Årsmiddelkonsentrasjonene av total nitrogen i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 618 og 604 μ g/L i 2000 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 480-840 μ g/L i Mjåvann og 550-695 μ g/L i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). Nitrogenkonsentrasjonene i 2000 var ikke spesielt høye i forhold til målinger i perioden 1996-1999 (**Figur 7**). Konsentrasjonene av nitrat i Mjåvann er mye lavere i sommerhalvåret enn i Bjorendalstjern (**Figur 7**). En viktig årsak til dette er trolig at nitrat i innsjøen i stor grad blir brukt i forbindelse med vannplantenes (inkl. algenes) fotosyntese.

Høye konsentrasjoner av ammonium i overflatevann er en indikator på forurensning fra lokale kilder som f.eks. kommunal kloakk, søppelfyllinger eller landbruk. I uforurenset bekkevann er ammoniumkonsentrasjonene vanligvis lave, < 50 μ g N/L. Konsentrasjonene av ammonium i innsjøene var lave (<50 μ g N/L) helt fram til prøvetakingen i desember (**Figur 7**). Verdiene har en tendens til å øke noe om høsten i forbindelse med sirkulasjon og innblanding av oksygenfattig (og ammoniumrikt) bunnvann i overflatevannet, dette er årsaken til de økte verdiene på prøvetakingstidpunktet i desember.

I forbindelse med overløpet fra Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995 (Kaste 1995b) ble det registrert forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i Mjåvann (~250 μ g N/L).



Figur 6. Total fosfor, løst fosfat og klorofyll a i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.



Figur 7. Total nitrogen, nitrat og ammonium i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.

2.3 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. I følge Folkehelsas krav må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet skal oppnå betegnelsen "god drikkevannskvalitet" (SIF 1987). Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann er <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode (Statens helsetilsyn 1994). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltresultatene (SIF 1976).

Det ble i 2000 påvist svært lavt antall termotabile koliforme bakterier (TKB) i alle prøver fra Mjåvann og Bjorendalstjern unntatt septemberprøven fra st. 2 i Mjåvann (**Vedlegg B1**). Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hoved, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern var hhv. 13,22, 4 og 2 TKB/100 ml i 2000. Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på de samme stasjonene i 1999 var hhv. 18, 24, 47 og 50 TKB/100 ml (**Figur 8**). Basert på de målinger som er foretatt i 2000, tilfredsstilte vannkvaliteten i innsjøene Folkehelsas krav til "godt badevann". Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

I innløpsbekkene var det også generelt lite termotabile koliforme bakterier (TKB) (**Vedlegg B2**). Det var kun en høy verdi på 750 (TKB) den 28.09.00 i bekk fra midt-vest. Den hygieniske vannkvaliteten i 2000 var bedre enn i 1999. Den hygieniske vannkvaliteten for Mjåvann karakteriseres som god sammenlignet med tidligere målinger foretatt i perioden 1988-1998 (**Figur 8**). Det er imidlertid store år til år variasjoner i bakterietallene, slik at det er vanskelig å påvise trender i materialet. Klimatiske forhold, hydrologi (vanngjennomstrømning) og variasjoner i forekomsten av måker er trolig faktorer som innvirker på de hygieniske forholdene i innsjøen. Påvirkning fra lokale kilder som landbruk og bebyggelse er små.

2.4 Kjemiske analyser av vann fra grunnvannsbrønnene

For å kunne registrere eventuelle endringer i grunnvannskvaliteten nedstrøms Heftingsdalen, er det satt ned to peilerør mellom søppelplassen og innsjøen. Fra 2000 foreligger det i alt 6 prøver fra hver av disse grunnvannsbrønnene (**vedlegg B3**). Resultatene er framstilt i **Figur 9**, **Figur 10** og middelveidier er gjengitt i **Vedlegg C3**.

Blant resultatene fra 1998 til 2000 har vi merket oss enkelte forhold:

- De høyeste konsentrasjonene av total fosfor i måleperioden ble registrert i prøvebrønnene i 1998 og 1999.
- Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997 -2000, ligget på et "normalt" nivå for brønn øst, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert tildels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene. For brønn vest var det i 2000 like høy verdi som i 1996 (**Vedlegg C3**).

Middelkonsentrasjonene av kadmium og kvikksølv har generelt holdt seg på et konstant nivå siden overvåkingen startet. Verdiene i 2000 tilfredsstilte Folkehelsas krav til "godt" drikkevann (kranvann) for kadmium (<1 µg Cd/L) (SIF 1987). Dersom en ser på analyseresultatene med lavest deteksjonsgrense for kvikksølv (**Vedlegg B3**) var disse verdiene lave.

Basert på middelveidier i 2000 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 1.9, 2.7, 2.5 og 1.5 ganger konsentrasjonene i innsjøen. Grunnvannstilsetget fra fyllplassområdet vil bli relativt godt fortynnet med det øvrige tilsetget fra

innsjøens nedbørfelt, men en bør være oppmerksom på at vesentlige økninger av kjemiske komponenter i grunnvannet etterhvert vil kunne gi effekter i innsjøen. En bør derfor følge vannkvaliteten både i Mjåvann og i grunnvannsbrønnene videre for å registrere eventuelle endringer. Dette gjelder spesielt fosfor og organisk stoff, som synes å øke i grunnvannet.

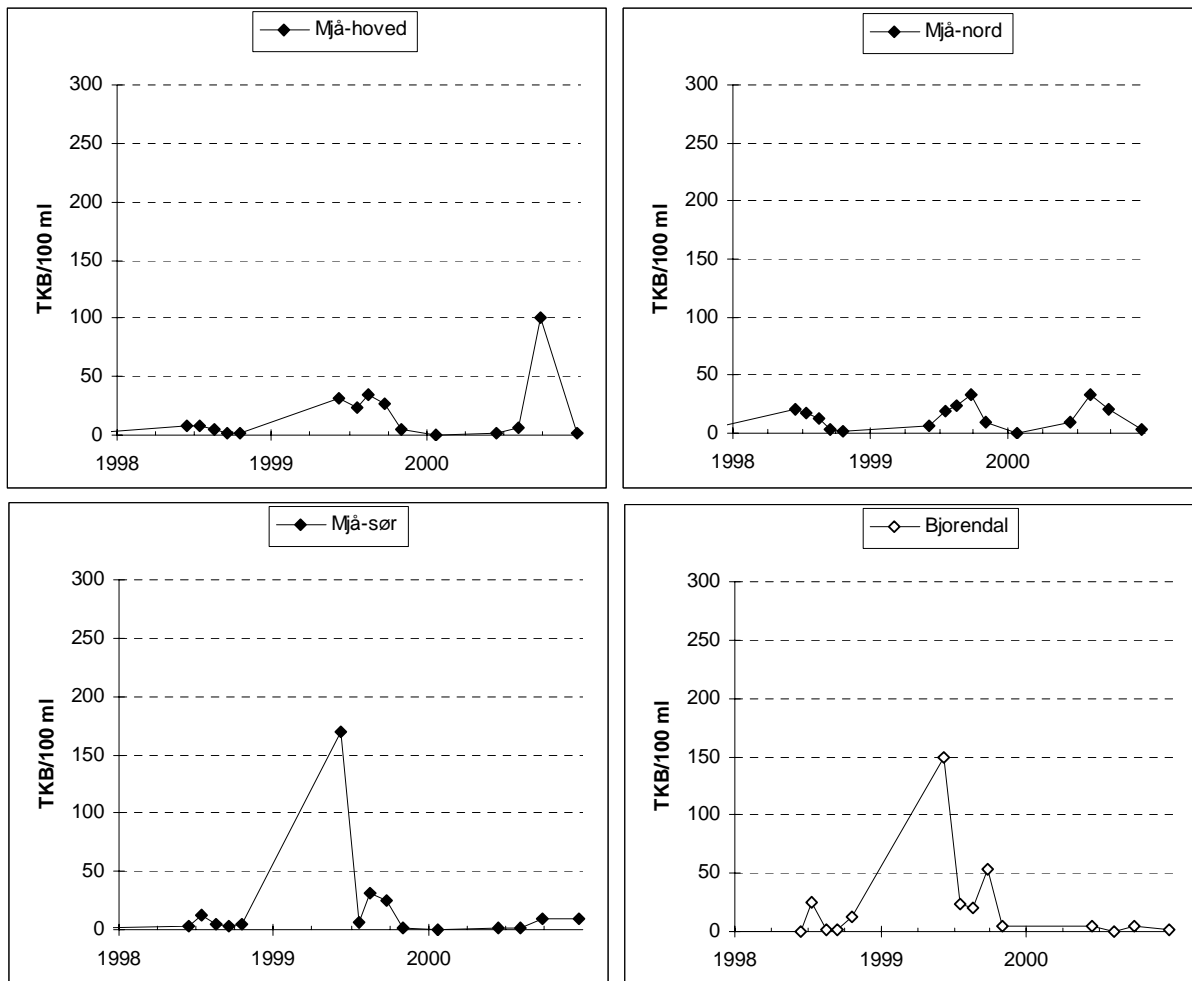
Etter at kildesortering av avfall er kommet i gang, er matavfall som tidligere ble deponert i Heftingsdalen nå bare innom i lukkede beholdere. Det ble kompostert noe mer slam i 2000 enn tidligere. Ferdig kompostert materiale skal ikke lagres videre i Heftingsdalen.

2.5 Kjemiske analyser av sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett.

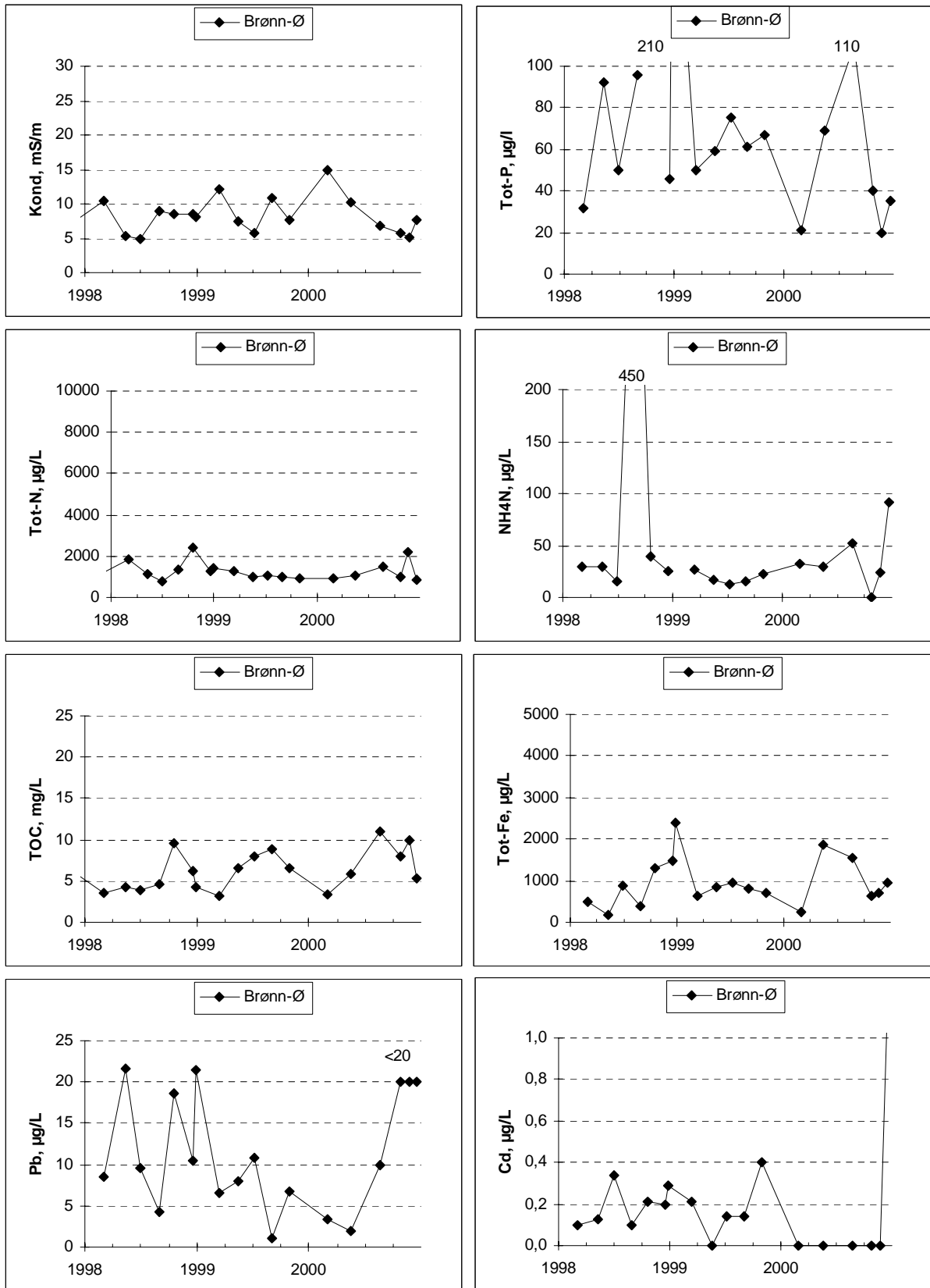
I henhold til utslippstillatelsen for søppelfyllplassen skal det tas prøver av sigevannet fra søppelfyllplassen som samles opp ved hjelp av en fangdam og ledes til kommunalt avløpsnett. Hensikten med dette er å karakterisere vannet som tas inn på det kommunale avløpsnettet, samt å ha en dokumentasjon på sigevannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann. Arbeidet med å dekke til deler av fyllingen, for å redusere sigevannsmengden ble avsluttet i 1999. Dette omfattet ca. 20 da, eller omlag 25% av tilsiget fra fyllplassområdet. I 2000 ble det i alt tatt 6 prøver av sigevannet (**Vedlegg B2**). Resultatene er framstilt i **Figur 11**, medianverdier er gjengitt i **Vedlegg C4**.

Vannføringsmålingene er viktige for å kunne beregne forurensningstransport til det kommunale avløpssystemet og til Mjåvann i forbindelse med et evt. overløp. Sigevannsmengden måles kontinuerlig i inntakssjakten til det kommunale avløpssystemet, og for år 2000 ble det målt 209245m^3 vann overført til det kommunale avløpsnettet. Dette tilsvarer 375 m^3 pr. døgn i gjennomsnitt.

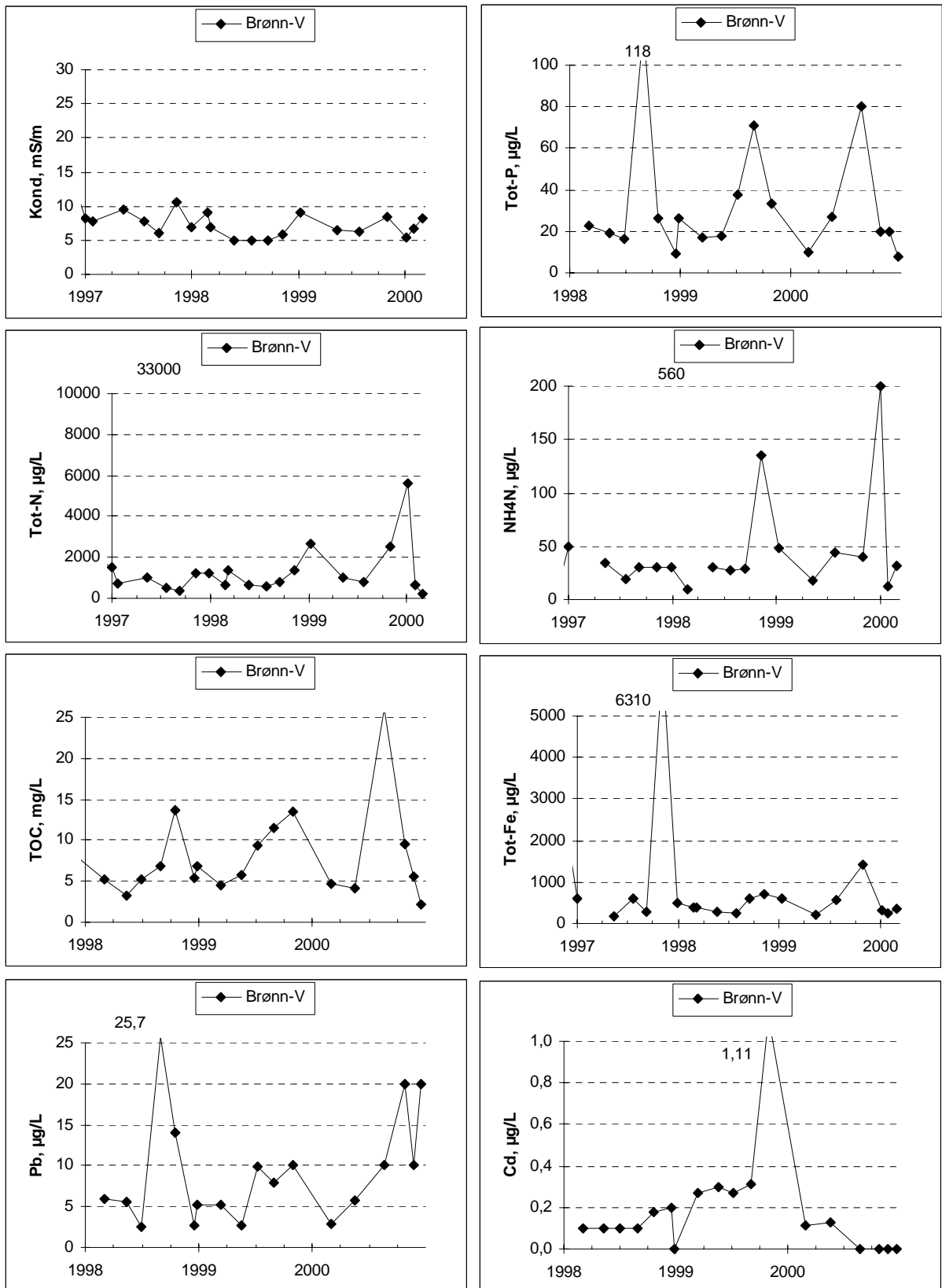
Sigevannet inneholder svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 2000, slik som tilfellet var i 1990 og 1996, eller spesielle endringer fra de foregående årene. Variasjonen mellom målingene var relativt liten i 2000, noe som trolig var en følge av de relativt like avrenningsforholdene. Større overløp av forurenset sigevann til Mjåvann vil kunne ha betydelige negative konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.



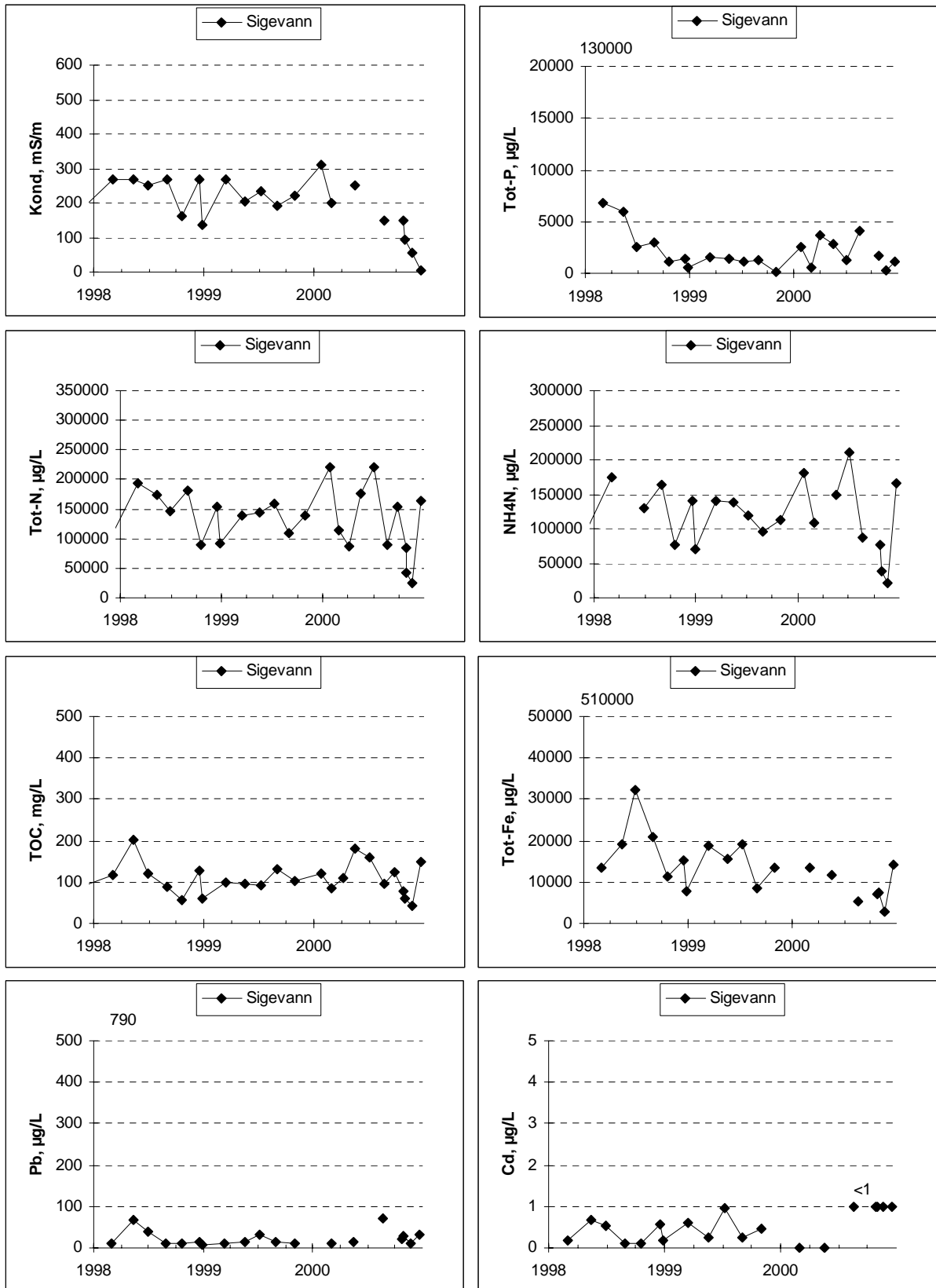
Figur 8. Termotabile koliforme bakterier i overflaten (0 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.



Figur 9. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Øst.



Figur 10. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Vest.



Figur 11. Kjemiske analyser av sigevann fra søppelfyllplassen som ledes til kommunalt avløpsnett.

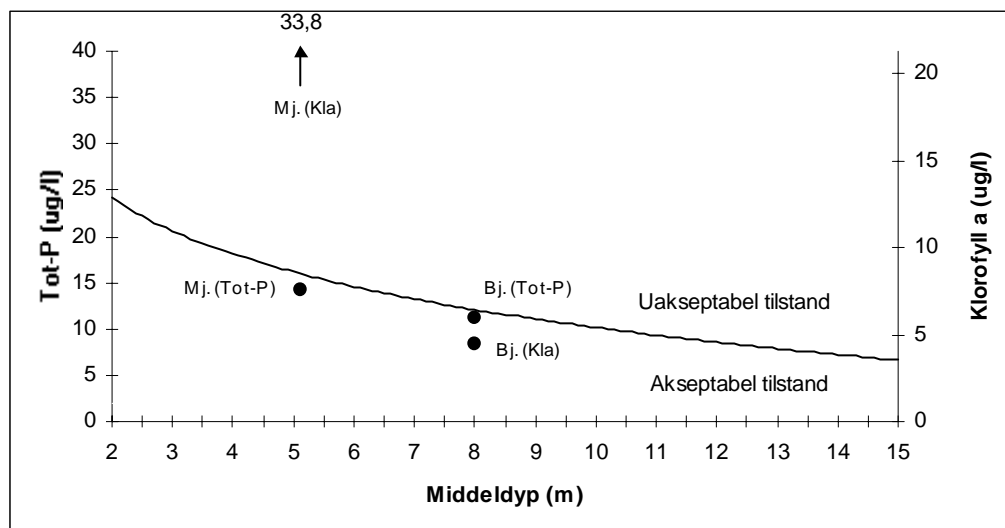
3. Vurdering av resultatene

3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (**Vedlegg A**) er både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern markert påvirket av næringsalter (tilstandsklasse III for Tot.P og tilstandsklasse III og IV for Tot. N for hhv. Mjåvann og Bjorendalstjern).

Basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne innsjøer (Berge 1987) kan Mjåvann med et middeldyp på 5.1 meter tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 16 $\mu\text{g P/l}$ (**Figur 12**). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 14 $\mu\text{g P/l}$ i 2000, noe som ligger såvidt innenfor grensen av hva som kan kalles akseptabelt. Ut fra samme modellbetraktning må klorofyllkonsentrasjoner over 8-9 $\mu\text{g/l}$ karakteriseres som uakseptabelt i Mjåvann. Midlere klorofyllkonsentrasjon i 2000 var 33,8 $\mu\text{g/l}$, men tatt i betraktning at en stor del av biomassen sannsynligvis bestod av den mobile flagellaten *Gonyostomum semen*, vil det være mest riktig å legge vekt på fosforkonsentrasjonen som et mål på belastning (Kaste 1995a). *Gonyostomum semen* utnytter sannsynligvis næringsressurser dypere ned i innsjøen og vil derfor være forholdsvis uavhengig av næringsalkonsentrasjonen i overflatevannet.

Bjorendalstjern har et antatt middeldyp på 8 meter (Hindar 1992) og kan derfor tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 12 $\mu\text{g P/l}$ og en klorofyllkonsentrasjon på 6-7 $\mu\text{g/l}$. Midlere konsentrasjon av total fosfor i Bjorendalstjern var 11 $\mu\text{g P/l}$ i 2000, altså under grensen for det akseptable nivået. I 1999 var grensen såvidt overskredet. Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjorendalstjern lå på et akseptabelt nivå i 2000 med en gjennomsnittlig verdi på 4,5 $\mu\text{g/l}$. Vi har ikke observert spesiell aktivitet i nedbørfeltet som kan forklare den reduserte fosformengden.



Figur 12. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelkonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) i 2000 er markert for Mjåvann (Mj) og Bjorendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987).

3.2 Vannkvalitetsutvikling 1988-2000

Det er samlet inn lite data før søppelplassen ble etablert (kun tre prøvetakingsrunder i perioden 1982-1986). Enkelte av prøvene fra 1986 og 1987 er dessuten samlet inn i vinterhalvåret (oktober-mars), mens alle prøver fom. 1988 er samlet inn i sommerhalvåret. Det er derfor først fra og med 1988 det er sammenlignbare data fra området.

Mjåvann

Det er hittil ikke funnet endringer i kjemiske parametre som kan skyldes påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass. Konsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann bør imidlertid følges spesielt nøye framover av flere grunner:

- stoffet er begrensende for algeproduksjonen i innsjøen
- konsentrasjonene har ligget over 10 µg/l i alle prøver siden 1996, mens det tidligere hyppig ble målt verdier under 10µg/L (**Figur 6**)
- konsentrasjonene av total fosfor kan være i ferd med å øke i grunnvannet nedstrøms Heftingsdalen.

Grunnvannsbrønnene

Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997-2000 ligget på et "normalt" nivå for prøvebrønn øst etter at det i 1995 og 1996 ble registrert til dels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene. Nitratkonsentrasjonene i brønn vest var blant de høyeste i måleperioden. Det ble registrert en økning i konsentrasjonene av total fosfor og bly i prøvebrønn Ø i 1998, sammenlignet med tidligere år. Det er imidlertid for tidlig å slå fast om det dreier seg om en trend, men fosforverdiene for de tre siste årene er de høyeste målt siden 1988.

Sigevann fra søppelfyllplassen som føres til kommunalt avløpsnett

I løpet av de første årene etter at fyllingen var etablert, ble det registrert en økning i konduktiviteten i sigevannet fra fyllingen. Dette viser at det var en økning i konsentrasjonen av ulike ioner, trolig som følge av økt stoff-utlekking etterhvert som volumet og alderen på søppelfyllingen økte. Det ble ikke registrert vesentlige endringer i sigevannets kjemiske sammensetning i 2000, sammenlignet med de senere årene.

3.3 Vurdering av behov for tiltak.

Overvåkingsresultatene for 2000 viser at fosforkonsentrasjonen i Mjåvann avtok i forhold til 1999. Det tyder på at det ikke har vært økt tilsig fra Heftingsdalen i 2000. Det er likevel grunn til å følge utviklingen framover, også med tanke på endringer i grunnvannskvaliteten. De høye konsentrasjonene av næringssalter og organisk stoff i sigevannet fra søppelfyllingen understreker viktigheten av at overløp til Mjåvann må unngås.

Overvåkingen anbefales videreført på dagens nivå. En prøvetakingshyppighet på 5 runder i innsjøene er et minimum for å holde oversikt med forurensningsutviklingen. Det er viktig å få den kontinuerlige målingen av sigevannsmengder i stabil drift, slik at en blant annet kan anslå grunnvannsbidraget fra fyllplassområdet (mer om dette i Kaste (1998)). Gode vannføringsdata (minimum døgnmidler) er også viktig i forbindelse med tolkningene av de kjemiske analysene av sigevannet. Det bør også vurderes anlagt en ekstra prøvebrønn utenfor fyllplassområdet - som referanse til dagens prøvebrønner.

4. 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. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04, TA-1468/1997, 31 s.
- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport, løpenr. 2001, 44 s.
- Boman, E. 1982. Mjåvann. En vurdering av resipientforhold i forbindelse med planlagt søppelfyllplass i Heftingsdalen, Moland og Arendal. NIVA-notat O-82115, 19 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 1999. Nedbørhøyder for 1998 fra meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorogogiske institutt, Oslo.
- Hindar, A. 1988. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1987. NIVA-rapport, løpenr. 2112, 17 s.
- Hindar, A. 1989. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1988. NIVA-rapport, løpenr. 2249, 21 s.
- Hindar, A. 1992. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1991. NIVA-rapport, løpenr. 2767, 25 s.
- 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. 2001. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalebn søppelfyllplass i 1999. NIVA-rapport, under utarbeidelse.
- Kaste, Ø. 1994. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1992 og 1993. NIVA-rapport nr. 3023, 19 s.
- Kaste, Ø. 1995a. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1994. NIVA-rapport nr. 3243, 26 s.
- Kaste, Ø. 1995b. Oversvømmelsen i Heftingsdalen i september 1995. Beregning av forurensningstransport til Mjåvann og vurdering av vannkvaliteten i innsjøen i tiden etter oversvømmelsen. Notat til Arendal kommune 17/11-95, 7 s.
- Kaste, Ø. 1996. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995. NIVA-rapport nr. 3433, 22 s.
- Kaste, Ø. 1998. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1997. NIVA-rapport nr. 3848, 30 s.
- Kaste, Ø. og Håvardstun, J. 1997. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1996. NIVA-rapport nr. 3629, 21 s.
- Kaste, Ø. 2001. Vannkjemiske undersøkelser i Songevassdraget, Arendal kommune, 1999-2000. Under utarbeidelse.

- Kaste, Ø., A. Henriksen, and A. Hindar. 1997. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1990. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1989. NIVA-rapport, løpenr. 2437, 12 s.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1991. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1990. NIVA-rapport, løpenr. 2564, 20 s.
- Lande, A. 1986. Mjåvann - Songevassdraget. Overvåkingsundersøkelse 1986. Fysisk - kjemiske, biologiske og bakteriologiske undersøkelser. NIVA-notat O-85063, 20 s.
- Lande, A. og E. Boman. 1986. Mjåvann - Songevassdraget 1985. Undersøkelser i vassdraget, før anleggelse av søppelfyllplassen i Heftingsdalen. NIVA-notat O-85063, 19 s.
- SFT 1998. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1997. SFT-rapport 748/98, 217 s.
- SIFF. 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- SIFF. 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. G2. Statens institutt for folkehelse. 72 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.
- Statens Helsetilsyn. 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.

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 egnethet 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).

Virknings 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 2000

B1. Innsjøene

STNR	LOKALITET	DYP	DATO	PH	KOND 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	O2 mg/L	KLA µg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C	
1	Bjorendal	0	15.06.2000															4	3,4	
1	Bjorendal	0	09.08.2000															0	2,6	18
1	Bjorendal	0	28.09.2000															4	2,5	
1	Bjorendal	0	22.12.2000															1	2,9	4,6
1	Bjorendal	1	15.06.2000																	15,3
1	Bjorendal	1	09.08.2000																	18
1	Bjorendal	1	28.09.2000																	11,8
1	Bjorendal	1	22.12.2000																	4,6
1	Bjorendal	2	15.06.2000																	15,1
1	Bjorendal	2	09.08.2000																	18
1	Bjorendal	2	28.09.2000																	11,7
1	Bjorendal	2	22.12.2000																	4,6
1	Bjorendal	3	15.06.2000																	12,2
1	Bjorendal	3	09.08.2000																	14,6
1	Bjorendal	3	28.09.2000																	11,6
1	Bjorendal	3	22.12.2000																	4,6
1	Bjorendal	4	15.06.2000																	8,1
1	Bjorendal	4	09.08.2000																	11,2
1	Bjorendal	4	28.09.2000																	11,4
1	Bjorendal	4	22.12.2000																	4,6
1	Bjorendal	12	15.06.2000												3,2					4,4
1	Bjorendal	12	09.08.2000												1,8					4,7
1	Bjorendal	12	28.09.2000																	4,7
1	Bjorendal	12	21.12.2000												8,6					
1	Bjorendal	12	22.12.2000																	4,6
1	Bjorendal	0-4	15.06.2000	6,71	5,94	1,23	52	265	39	695	3	10	6,4	0,83		2,93				
1	Bjorendal	0-4	09.08.2000	6,6	6	0,72	61	165	31	550	2	13	6,6	0,73		6,86				
1	Bjorendal	0-4	28.09.2000	6,44	6,04	1,3	68	170	40	595	2	11	7,6	0,74		3,8				
1	Bjorendal	0-4	21.12.2000	6,1	5,06	1,2	67	230	82	575	3	10	6,6	0,71	<0.62					
2	Mjå-hoved	0	26.01.2000															0		1,2

NIVA 4388-2001

STNR	LOKALITET	DYP	DATO	PH	KOND 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	O2 mg/L	KLA µg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C
2	Mjå-hoved	0	15.06.2000															2	
2	Mjå-hoved	0	09.08.2000															6	2,2
2	Mjå-hoved	0	28.09.2000														100	2	
2	Mjå-hoved	0	22.12.2000														1	2,6	4,5
2	Mjå-hoved	1	26.01.2000																1,5
2	Mjå-hoved	1	15.06.2000																16,3
2	Mjå-hoved	1	09.08.2000																19,1
2	Mjå-hoved	1	28.09.2000																12,2
2	Mjå-hoved	1	22.12.2000																4,5
2	Mjå-hoved	2	26.01.2000																1,6
2	Mjå-hoved	2	15.06.2000																16,8
2	Mjå-hoved	2	09.08.2000																19
2	Mjå-hoved	2	28.09.2000																12,3
2	Mjå-hoved	2	22.12.2000																4,5
2	Mjå-hoved	3	26.01.2000																2,1
2	Mjå-hoved	3	15.06.2000																14,4
2	Mjå-hoved	3	09.08.2000																19
2	Mjå-hoved	3	28.09.2000																12,3
2	Mjå-hoved	3	22.12.2000																4,5
2	Mjå-hoved	4	26.01.2000																2,2
2	Mjå-hoved	4	15.06.2000																11,3
2	Mjå-hoved	4	09.08.2000																16,2
2	Mjå-hoved	4	28.09.2000																12,3
2	Mjå-hoved	4	22.12.2000																4,5
2	Mjå-hoved	8	26.01.2000																3,5
2	Mjå-hoved	8	15.06.2000												2,9				6,4
2	Mjå-hoved	8	09.08.2000																9,5
2	Mjå-hoved	8	28.09.2000												0				8,9
2	Mjå-hoved	8	21.12.2000												9,9				
2	Mjå-hoved	8	22.12.2000																4,5
2	Mjå-hoved	0-4	26.01.2000							840		21	8,3						
2	Mjå-hoved	0-4	15.06.2000	6,52	5,31	1,26	60	260	9	620	2	12	7,1	0,64		16,5			
2	Mjå-hoved	0-4	09.08.2000	6,54	5,3	2,17	66	28	10	555	3	17	7,8	0,61		99,7			
2	Mjå-hoved	0-4	28.09.2000	6,55	5,39	1,2	76	32	25	480	1	12	8,2	0,62		18,6			

STNR	LOKALITET	DYP	DATO	PH	KOND 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	O2 mg/L	KLA µg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C
2	Mjå-hoved	0-4	21.12.2000	5,83	4,97	0,91	76	255	89	595	2	8	7,4	0,64		0,5			
3	Mjå-nord	0	26.01.2000															0	
3	Mjå-nord	0	15.06.2000															9	
3	Mjå-nord	0	09.08.2000															33	
3	Mjå-nord	0	28.09.2000															20	
3	Mjå-nord	0	22.12.2000															3	
4	Mjå-sør	0	26.01.2000															0	
4	Mjå-sør	0	15.06.2000															2	
4	Mjå-sør	0	09.08.2000															1	
4	Mjå-sør	0	28.09.2000															10	
4	Mjå-sør	0	22.12.2000															9	

B2. Innløpsbekker til Mjåvann

STNR	LOKALITET	DYP	DATO	PH	KOND 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	O2 mg/L	KLA µg/L	BAKT /100 ml
9	Bekk, midtvest	0	15.06.2000							535		6	8				6
9	Bekk, midtvest	0	09.08.2000							650		7	9,4				38
9	Bekk, midtvest	0	28.09.2000							920		10	11,9				750
9	Bekk, midtvest	0	21.12.2000							595		6	7,5				1
10	Bekk, midtøst	0	15.06.2000							540		11	9,9				9
10	Bekk, midtøst	0	09.08.2000							535		16	11,1				4
10	Bekk, midtøst	0	28.09.2000							595		10	15,5				35
10	Bekk, midtøst	0	21.12.2000							485		6	8,7				1
11	Bekk, nord	0	28.09.2000							895		6	8,6				72
11	Bekk, nord	0	21.12.2000							605		3	4,3				0
17	Bekk, nord-vest	0	15.06.2000							355		3	3,4				20
17	Bekk, nord-vest	0	28.09.2000							920		6	8,2				80
17	Bekk, nord-vest	0	21.12.2000							575		2	4				0

B3. Grunnvannsbrønner og sigevann fra søppelfyllplassen

STNR	LOKALITET	DATO	KOND mS/m	NH4N µg/L	TOTN µg/L	TOTP µg/L	TOC mg/L	TOTFE µg/l	Pb µg/L	Cd µg/L	Hg µg/L
5	Brønn-Ø	02.03.00	15,00	33	925	21	3	249	3	<0,10	<0,5
5	Brønn-Ø	18.05.00	10,20	30	1030	69	6	1860	2	<0,10	<0,5
5	Brønn-Ø	23.08.00	6,86	52	1500	110	11	1550	<10	<0,5	<0,01
5	Brønn-Ø	27.10.00	5,85	<200	970	40	8	620	<20	<1	0
5	Brønn-Ø	22.11.00	5,21	24	2200	20	10	702	<20	<0,5	<0,01
5	Brønn-Ø	20.12.00	7,74	92	849	35	5	952	<20	1	<0,01
6	Brønn-V	02.03.00	6,58	18	1040	9,7	4,64	200	2,81	0,11	<0,5
6	Brønn-V	18.05.00	6,28	44	785	27	4,22	582	5,77	0,13	<0,5
6	Brønn-V	23.08.00	8,36	40	2500	80	26	1410	<10	<0,5	0,01
6	Brønn-V	27.10.00	5,46	<200	5600	20	9,5	320	<10	<1	0,01
6	Brønn-V	22.11.00	6,64	12	640	20	5,5	244	<10	<2	<0,01
6	Brønn-V	20.12.00	8,21	32	185	<8	2,1	345	<20	<1	<0,01
7	Sigevann	26.01.00	312,00	181000	221000	2490	121				
7	Sigevann	02.03.00	201,00	108000	113000	593	86	13300	12	<0,10	<0,5
7	Sigevann	06.04.00			87800	3730	111				
7	Sigevann	18.05.00	249,00	148000	177000	2770	180	11700	15	<0,10	<0,5
7	Sigevann	04.07.00		210000	220000	1263	160				
7	Sigevann	22.08.00	147,90	88000	88500	4100	95	5250	70	<1	0
7	Sigevann	27.09.00			155000		124				
7	Sigevann	27.10.00	150,00	76000	84500	1700	77	7020	<20	<1	0
7	Sigevann	31.10.00	92,90	39000	42200		61	7300	<30	<1	0
7	Sigevann	22.11.00	54,90	21200	25000	310	44	2670	<10	<1	<0,01
7	Sigevann	20.12.00	2,89	166000	165000	1186	150	14100	32	<1	<0,01

Vedlegg C. Årsmidler 1986-2000**C1. Mjåvann og Bjorendalstjern; årsmidler for kjemiske parametre 1986-2000.**

År	Antall målinger	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	NO ₃ -N µg N/l	NH ₄ -N µg N/l	Tot-N µg/l	Orto-P µg P/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Kla µg/l
Mjåvann										
1986	3	4,50	-	-	38	458	-	9	-	-
1987	3	5,20	-	-	-	510	-	10	-	-
1988	3	5,13	-	-	117	612	-	9	-	-
1989	3	5,33	60	-	42	510	-	17	-	-
1990	3	6,57	51	-	47	512	-	24	-	-
1991	7	6,97	52	71	73	391	2,7	12	-	13,7
1993	6	6,59	53	129	33	418	2,0	13	7,1	30,9
1994	7	5,80	57	99	26	508	4,1	11	7,6	16,1
1995	7	5,75	78	88	100	681	2,7	15	8,7	32,6
1996	6	5,49	66	131	44	590	2,1	16	8,2	20,3
1997	5	5,66	53	31	31	484	1,6	16	7,7	28,8
1998	5	4,76	83	49	28	524	1,6	14	9,7	21,4
1999	5	4,36	95	100	48	576	1,4	15	9,4	22,8
2000	4	5,24	70	144	33	618	2,0	14	7,8	33,8

År	Antall målinger	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	NO ₃ -N µg N/l	NH ₄ -N µg N/l	Tot-N µg/l	Orto-P µg P/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Kla µg/l
Bjorendalstjern										
1986	3	5,57	-	-	17	535	-	13	-	-
1987	3	5,83	-	-	-	537	-	12	-	-
1988	3	5,70	-	-	200	765	-	11	-	-
1989	3	6,53	33	-	31	660	-	10	-	-
1990	3	7,60	54	-	42	648	-	17	-	-
1991	7	7,47	58	140	67	500	3,0	15	-	7,3
1993	6	7,71	43	152	33	356	2,0	12	6,1	8,5
1994	7	5,52	49	172	30	619	2,2	10	6,6	3,9
1995	6	6,24	63	163	27	632	2,2	12	7,4	6,1
1996	6	6,40	52	280	51	720	2,5	12	7,5	3,9
1997	5	6,50	45	114	35	543	2,6	12	7,0	6,8
1998	5	5,39	74	210	40	632	2,0	11	8,9	4,8
1999	5	4,83	83	219	41	656	2,2	15	8,7	10,4
2000	4	5,76	62,00	207,50	48,00	603,75	2,50	11,00	6,80	4,53

C2. Mjåvann og Bjorendalstjern; termostabile koliforme bakterier; årsmidler 1986-2000.

År	Ant. målinger	Mjåvann - N	Mjåvann - H	Mjåvann - S	Bjorendalstjern
1986	3	-	-	5	-
1987	8/3	3	3	1	1
1988	8	49	28	10	4
1989	8	5	3	3	19
1990	8	68	32	19	21
1991	10	15	3	2	2
1992	10	41	37	5	-
1993	7-10	17	8	2	1
1994	7-10	7	2	3	0
1995	5-7	25	31	7	2
1996	6	66	25	9	4
1997	5	18	12	3	0
1998	5	11	5	5	8
1999	5	18	24	47	50
2000	4	13	22	4	2

C3. Grunnvannsbrønner; årsmidler for perioden 1988-2000. * middelerdi ikke beregnet p.g.a. ulike deteksjonsgrenser.

År	Antall prøver	Kond mS/m	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-Ø										
1988	6	15,6	50	6640	40		576			
1990	6	7,9	36	1455	29	4,4	361	8,58	0,19	<0,5
1991	6	7,2	63	1060	46	4,0	533			<0,5
1993	5	7,5	31	1119	24	5,3	733	4,53	0,16	<0,5
1994	7	6,9	45	1281	26	4,6	730	8,71	0,21	<0,5
1995	6	8,9	9	1860	24	5,2	378	4,41	0,20	<0,5
1996	5	11,8	15	3833	19	4,1	453	3,68	0,13	<0,5
1997	4	7,9	20	1565	37	8,2	1830	6,08	0,12	<0,5
1998	7	7,8	98	1451	88	5,2	1027	13,53	0,24	<0,5
1999	5	8,8	19	1034	62	6,6	789	6,64	0,22	<0,5
2000		8,5	55	1246	49	7,3	989	*	*	*
Brønn-V										
1988	6	12,8	19	586	19		198			
1990	6	8,5	35	1048	25	5,4	432	9,78	0,25	<0,5
1991	6	10,9	26	667	18	2,7	305	1,72	0,15	<0,5
1993	5	9,2	23	583	22	4,6	463	6,24	0,15	<0,5
1994	7	9,5	25	983	21	4,0	476	5,95	0,24	<0,5
1995	6	11,5	12	2297	27	3,6	460	5,11	0,23	0,72
1996	5	8,5	30	1773	19	7,8	279	3,67	0,21	<0,5
1997	4	12,7	205	1128	27	9,8	1270	9,56	<0,10	<0,5
1998	7	8,0	26	906	34	6,6	1239	8,83	0,18	<0,5
1999	5	6,0	54	1219	35	8,9	487	7,11	0,45	<0,5
2000	6	6,9	41	1792	27	8,7	517	*	*	*

C4. Sigevann fra søppelfyllplassen; års-medianverdier for perioden 1988-2000. * medianverdi ikke beregnet p.g.a. ulike deteksjonsgrenser.

År	Antall prøver	Kond mS/m	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Sigevann										
1988	5	80,6	15000	21200	200		17100	5,00	0,57	
1990	6	286,3	126850	159950	3630	106,5	74500	39,50	0,91	0,20
1991	6	282,0	133000	142000	1840	109,5	13700	8,87	0,72	0,20
1993	5	231,0	98600	148000	1710	102,0	13300	5,88	0,61	0,27
1994	6	305,8	173500	177000	2195	190,0	23300	13,10	0,42	<0,5
1995	8	201,0	105000	106000	990	124,0	20200	34,30	1,11	<0,5
1996	5	299,0	134500	210000	4150	143,0	44000	37,40	2,05	<0,5
1997	4	260,5	119125	141000	3210	163,0	20500	35,10	0,23	<0,5
1998	7	267,0	135000	155000	2530	116,0	15400	10,70	0,53	<0,5
1999	5	221,0	120000	140000	1220	101,0	15600	14,60	0,45	<0,5
2000	11	225,0	148000	145000	2630	116,0	11700,0	*	*	*