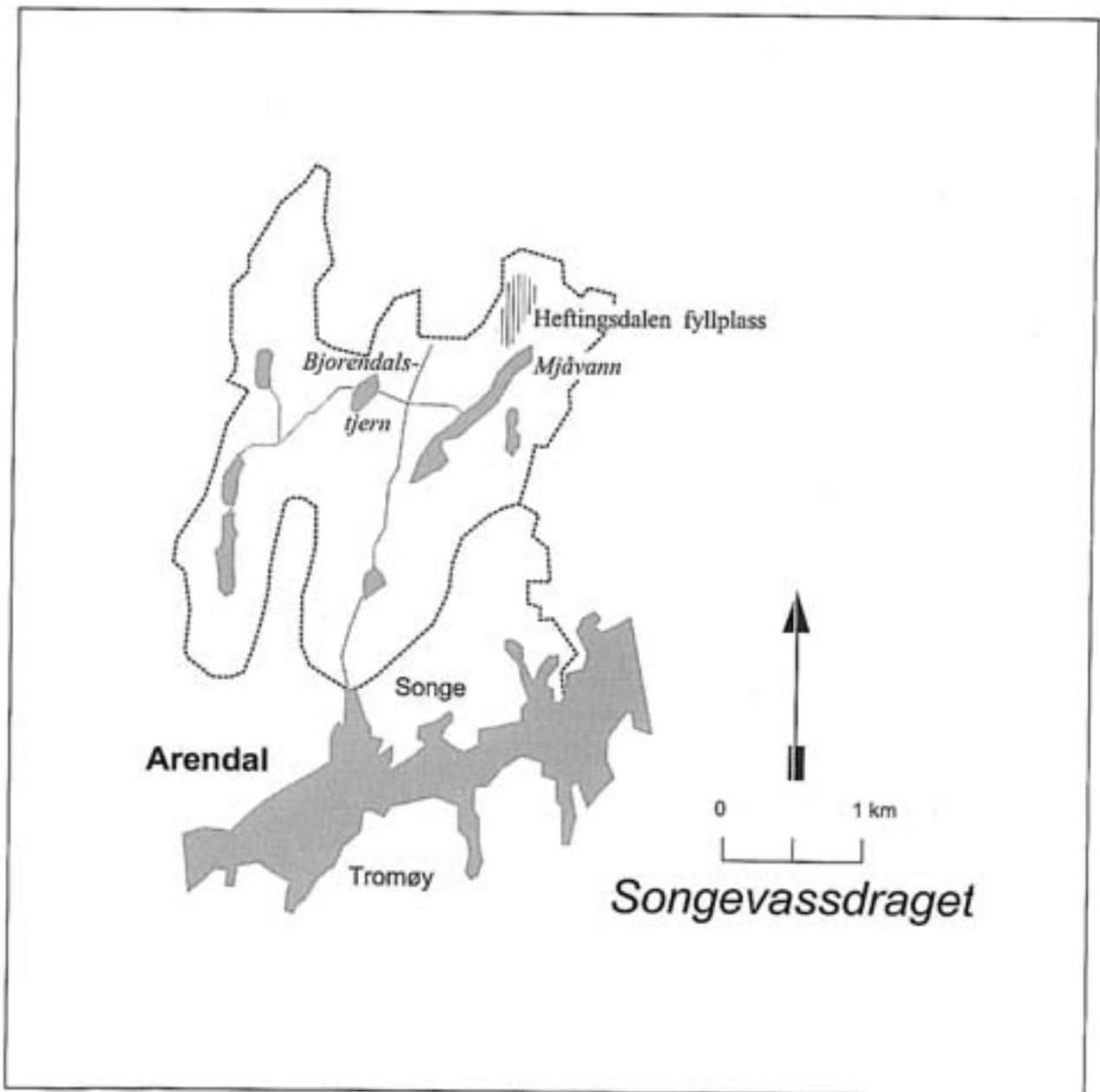


RAPPORT LNR 4030-99

Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1998



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 68 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 1998. <i>(Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 1998)</i>	Løpenr. (for bestilling)	Dato	
	4030-99	April 1999	
Forfatter(e) Kaste, Øyvind	Prosjektnr. Undernr.	Sider	Pris
	O-85063	32	kr 75,-
	Fagområde	Distribusjon	
	Eutrofi ferskvann		
	Geografisk område	Trykket	
	Aust-Agder	NIVA	

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


Sammendrag

Vannkvaliteten i Mjåvann overvåkes årlig for å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass. Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III). Vannkvaliteten i innsjøene tilfredsstilte i 1998 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. I grunnvann fra fyllplassområdet er det registrert en økning i konsentrasjonene av total fosfor og bly i den østre prøvebrønnen i 1998. Dersom forurensningsgraden i grunnvannet øker vesentlig fra dagens nivå, kan det etterhvert få negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann. 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.

Fire norske emneord 1. Overvåking 2. Søppelfylling 3. Avrenning 4. Vannkvalitet	Fire engelske emneord 1. Monitoring 2. Landfill 3. Leaching 4. Water quality
---	--


Øyvind Kaste
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder


Nils Roar Sæthun
Forskningsjef

**Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen
søppelfyllplass i 1998**

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. Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA.

Arendal kommune har selv tatt prøver av to grunnvannsbrønner, samt av sigevann fra søppelfyllplassen. Prøvene blir analysert på KM-lab i Grimstad. Resultatene fra disse målingene er presentert og diskutert i rapporten.

Grimstad, mars 1999

Øyvind Kaste

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 1998	10
2. RESULTATER OG DISKUSJON.....	11
2.1 TEMPERATUR OG OKSYGEN	11
2.2 NÆRINGSSALTER OG KOLORIFULL	12
2.3 TARMBAKTERIER	16
2.4 KJEMISKE ANALYSER AV VANN FRA GRUNNVANNSBRØNNENE	16
2.5 KJEMISKE ANALYSER AV SIGEVANN SOM LEDES TIL KOMMUNALT AVLØPSNETT.....	17
3. VURDERING AV RESULTATENE.....	22
3.1 KLASSIFISERING AV VANNKVALITETSTILSTAND	22
3.2 VANNKVALITETSUTVIKLING 1988-1998.....	22
3.3 VURDERING AV BEHOV FOR TILTAK	23
4. REFERANSER.....	24
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem.....	26
Vedlegg B. Primærdata 1998.....	27
Vedlegg C. Årsmidler 1988-1998.....	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

Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III). Basert på belastningsmodeller for grunne innsjøer lå fosforkonsentrasjonen i Mjåvann og Bjorendalstjern i 1998 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 1998 på et akseptabelt nivå.

Det ble i 1998 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i alle prøver fra Mjåvann og i 4 av 5 prøver fra Bjorendalstjern. Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hoved, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern var hhv. 11, 5, 5 og 8 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.

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 i tiden framover: Konsentrasjonene av dette stoffet 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.

Grunnvann fra fyllplassområdet

Det ble registrert en økning i konsentrasjonene av total fosfor og bly i den østre prøvebrønnen i 1998. Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997 og 1998 ligget på et "normalt" nivå, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert tildels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene.

Middelkonsentrasjonene av kadmium og kvikksølv har generelt holdt seg på et lavt nivå siden overvåkingen startet. Basert på middelverdier i 1998 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 2, 2-6, 2-3 og 1-4 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

Som tidligere dokumentert inneholder sigevannet svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 1998, slik som tilfellet var i 1990 og 1996, eller spesielle endringer fra de foregående årene. Variasjonen mellom målingene var forholdsvis liten i 1998, 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.

Vurdering

Overvåkingsresultatene for 1998 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 og bly som ble målt i den østre prøvebrønnen i 1998. 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. Det er behov for kvantifisering av grunnvannsstrømmen fra fyllplassområdet, enten ved hjelp av direkte målinger, eller indirekte via nedbørtall og kontinuerlige målinger av sigevannsmengde fra fyllplassområdet. Dette forutsetter imidlertid at dagens system for kontinuerlige vannføringsmålinger blir mer stabilt og driftssikkert. Det bør også vurderes anlagt en ekstra prøvebrønn utenfor fyllplassen - som referanse til dagens prøvebrønner.

Spesialundersøkelsene som ble foreslått i fjor (beregning av forurensningstilførsler, prøvetaking på isen om vinteren, samt av sidebekker om sommeren), vil bli gjennomført i løpet av 1999-sesongen.

Summary

Title: Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 1998.
Year: 1999
Author: Kaste, Ø.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3631-7

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

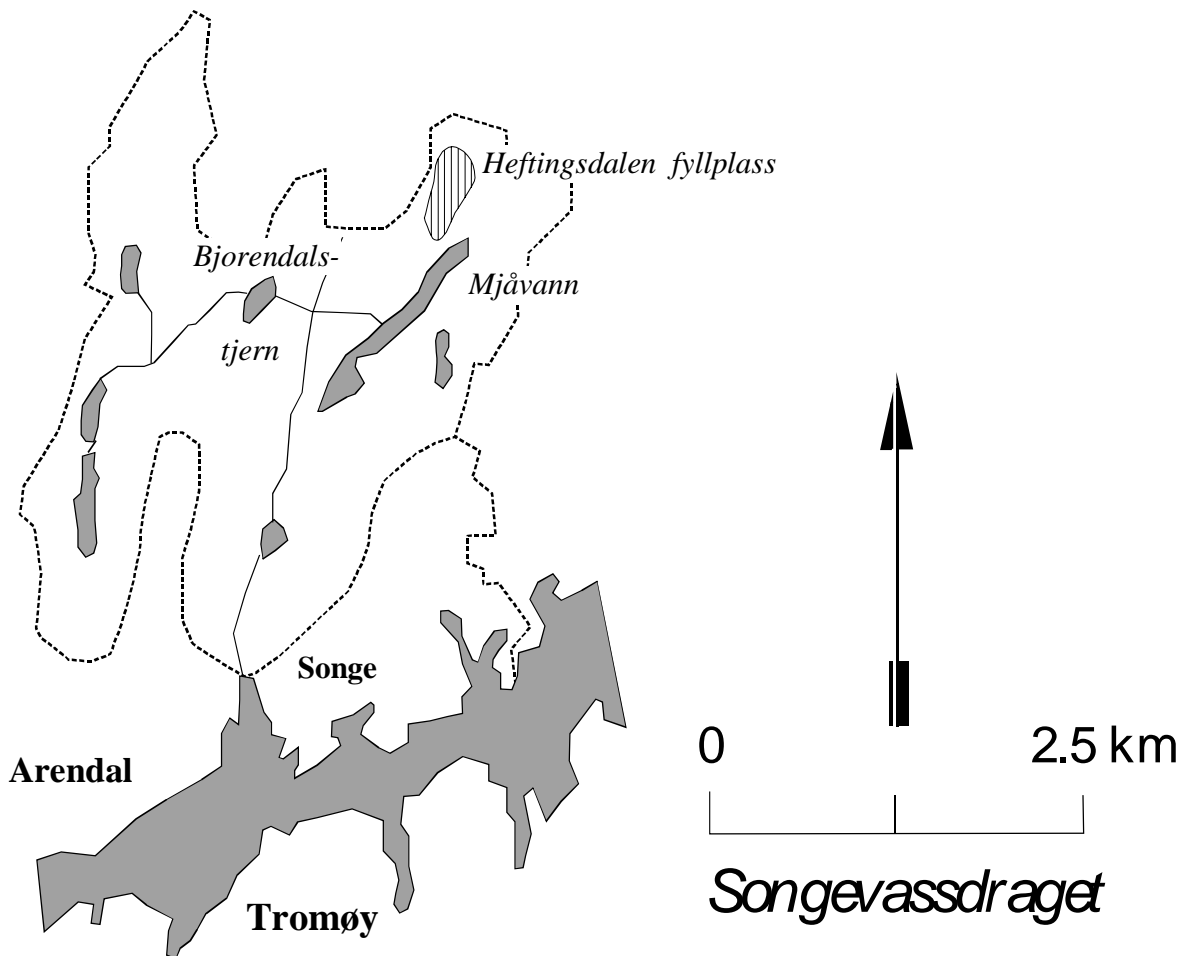
Lake Mjåvann is markedly affected by phosphorus and has very high chlorophyll concentrations. The reference Lake Bjorendalstjern is also markedly affected by phosphorus, but it has lower chlorophyll concentrations. In 1998, concentrations of coliform bacteria were relatively low, allowing the classification “good bath water quality”. So far, no trends indicate that the landfill has affected the water quality of the lake during the period 1988-1998. Data from the period 1996-1998, however, indicate a possible increase in total phosphorus concentrations.

In groundwater from the dump area, increases in total phosphorus and lead concentrations were measured in the eastern well in 1998. 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. Søppelfyllplassen er skravert i figuren.

Det er utarbeidet dybdekart for Mjåvann, men ikke for Bjorendalstjern. Bjorendalstjern har et overflateareal på omlag 0,04 km² og et nedbørfelt på 2,8 km². 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 ble tatt en vannprøveserie fra Mjåvann den 1. nov 1982 og gjort en del morfometriske og hydrologiske målinger og beregninger. Disse, sammen med en vurdering av resipientforholdene i Mjåvann, er presentert i notat av Boman (1982).

I 1985 ble det gjort en noe større undersøkelse av biologisk materiale (fisk, bunndyr, begroing) og av innsjøsedimenter. Resultatene av alle disse undersøkelsene er presentert i et notat av Lande og Boman (1986). Det ble påvist relativt høye konsentrasjoner av kadmium, bly og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentkjernene. Dette er resultater fra perioden før søppelfyllplassen ble tatt i bruk, slik at sedimentenes relativt høye innhold av slike stoffer er tilskrevet andre kilder. Overvåkingsresultater fra 1986 er presentert som notat av Lande (1986).

Data fra 1987 er rapportert av Hindar (1988). Sedimentene hadde også ved disse undersøkelsene høyt innhold av kadmium, bly og PAH. Dette tilskrives lokale luftforurensningskilder og/eller langtransportert forurenset luft og nedbør. Resultatene for perioden 1988-1998 er rapportert av Hindar (1989, 1992), Kroglund og Hindar (1990, 1991), Kaste (1994, 1995a, 1996, 1998), Kaste og Håvardstun (1997).

1.3 Målsetting og program

Målet med undersøkelsene er:

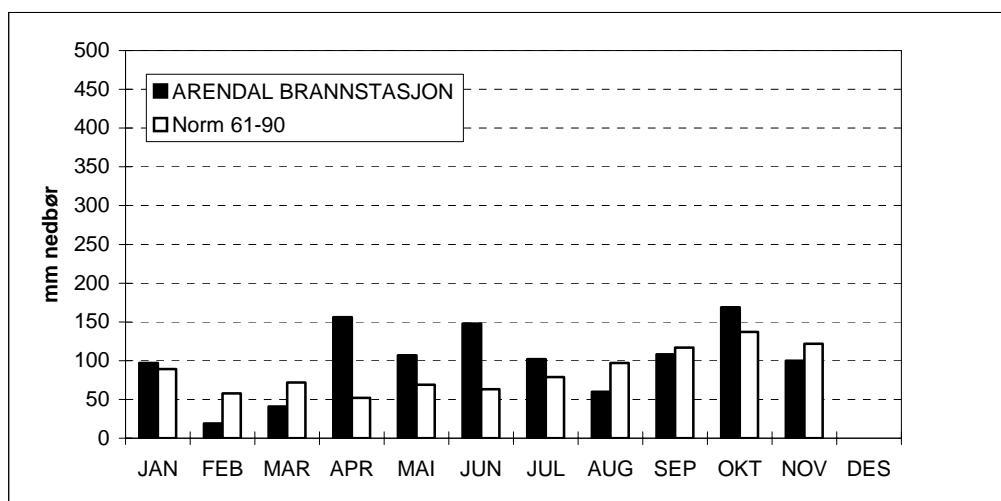
- å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler sigevann fra fyllplassområdet.
- Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise virkninger på økosystemet i vassdraget.

Programmet for undersøkelsene i 1998 fulgte stort sett samme prosedyre som i perioden 1993-1997. Det ble i 1998 tatt 5 vannkjemiske og bakteriologiske prøveserier i Bjorendalstjern og Mjåvann.

1.4 Nedbør i 1998

Meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon:	Årsnedbør 1998:	1127 mm*
	Normalt:	1040 mm
	% av normalen:	108

* ikke komplett måleserie i perioden 26-31. des



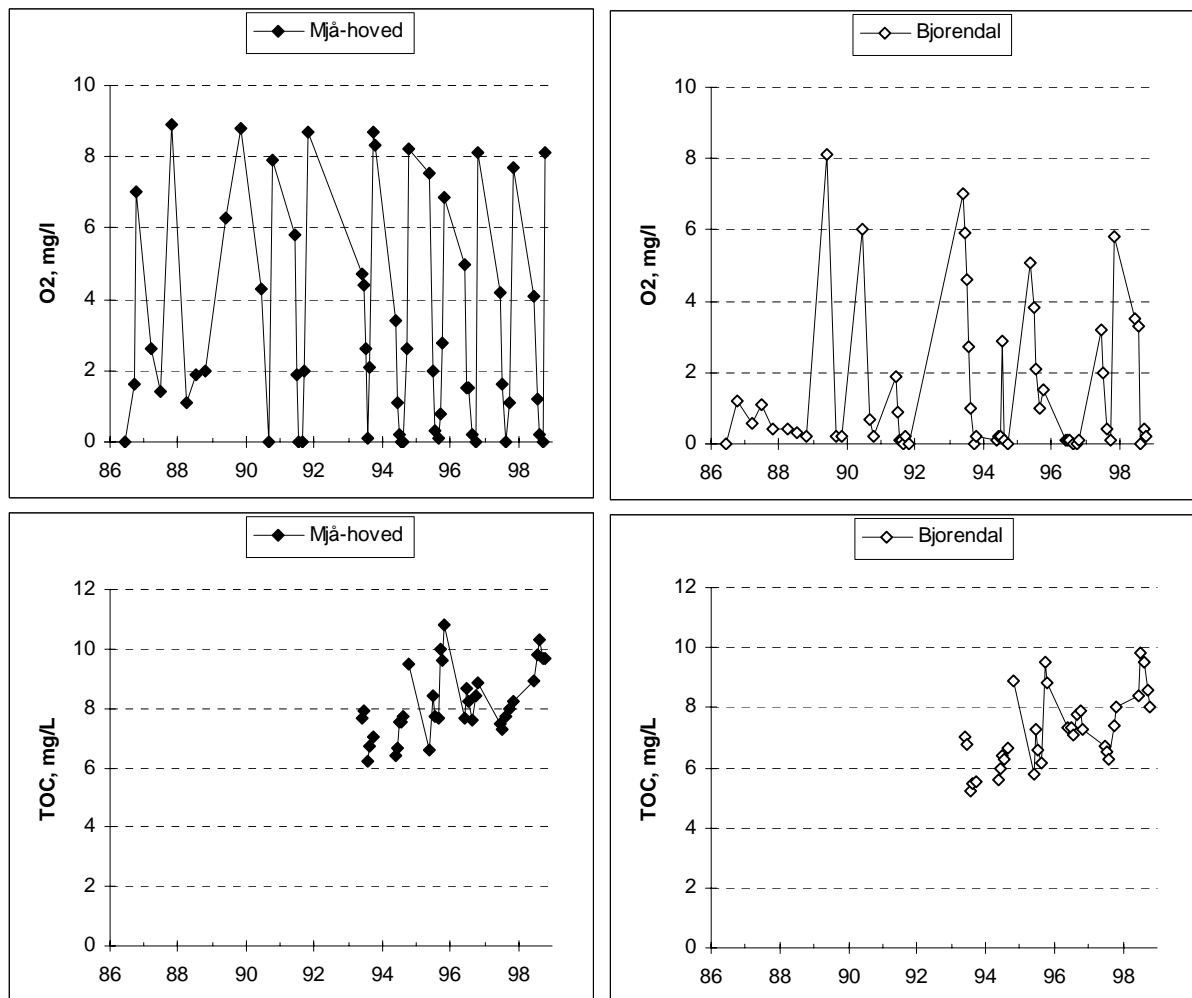
Figur 2. Månedlig nedbør i 1998 ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 1999). **OBS!** Desember utelatt pga. manglende målinger i perioden 26.-31. desember.

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**). 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 og med september (**Tabell 2**). Overflate-temperaturene var noe lavere enn i 1997, noe som skyldes en kald og nedbørrik sommer. Mjåvann sirkulerte (full blanding av overflatevann og bunnvann) ved den siste prøvetakingsrunden i oktober, mens det ennå var en svak temperaturgradient i Bjorendalstjern.

Tabell 2. Temperatur og oksygenutvikling i Mjåvann og Bjorendalstjern 1998.

Mjåvann Dato	Temperatur			O ₂	Bjorendalstj. Dato	Temperatur			O ₂
	1m	4m	8m	8m		1m	4m	12m	12m
16.06.98	17,7	13,9		4,1	16.06.98	16,6	7,2	4,5	3,5
15.07.98	18,3	13,9	7,7	1,2	15.07.98	17,1	8,5	4,8	3,3
20.08.98	17,7	15,5	7,9	0,2	20.08.98	16,6	9,5	4,8	0,0
17.09.98	14,5	14,1	8,0	0,0	17.09.98	13,9	9,5	4,9	0,4
21.10.98	7,3	7,3	7,3	8,1	21.10.98	6,4	6,4	4,8	0,2

Oksygen og organisk stoff

Det var et kraftig oksygenavtak i bunnvannet i begge innsjøer utover sommeren 1998 (**Tabell 2, Figur 3**). Mjåvann hadde helt oksygenfritt bunnvann i september, men fikk innblandet rikelig med oksygen i forbindelse med sirkulasjonen i oktober. I Bjorendalstjern ble det registrert helt oksygenfritt bunnvann i august, mens det så ut til å ha vært en viss oksygentilførsel i forkant av målingene i september og oktober. Det var fremdeles lav oksygenmetning i Bjorendalstjern under den siste prøvetakingsrunden i oktober.

Konsentrasjonene av totalt organisk karbon (TOC) som ble målt i Mjåvann og Bjorendalstjern i 1998 er blant de høyeste som er målt i overvåkingsperioden (**Figur 3**). Den kalde og nedbørrike sommeren er sannsynligvis en viktig forklaringsfaktor, men det kan også synes å være generell tendens til økte TOC-verdier i begge innsjøer i den aktuelle perioden.

2.2 Næringssalter 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. Bortsett fra søppelfyllplassen ved Mjåvann, samt litt spredt bosetting og landbruksaktivitet rundt Bjorendalstjern, er det ubetydelige forurensningskilder i de to innsjøenes nedbørfelter. En bieffekt av søppelfyllplassen er en økt måkebestand som sannsynligvis bidrar til en viss gjødsling av Mjåvann.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 14 og 11 µg/L i 1998 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 10-18 µg/L i Mjåvann og 10-13 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). En del av variasjonen i fosforkonsentrasjonen i Mjåvann kan sannsynligvis forklares ved svingninger i total algemengde (**Figur 4**). Algene inneholder også en del fosfor som registreres i forbindelse med analysen av total fosfor. Maksimumskonsentrasjonene i 1998 lå ikke høyere enn det som er registrert i innsjøene tidligere i overvåkingsperioden (**Figur 4**).

Fosfor som uorganisk, løst fosfat i vann tas vanligvis svært raskt opp biologisk. Dette skyldes at det er underskudd på fosfor i de fleste innsjøer og elver i Norge. I uforurensede 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 2-3 µg/L, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor enn det som kan omsettes biologisk. Med unntak av en noe forhøyet fosfat-konsentrasjon i Bjorendalstjern i oktober (5 µg P/L), ble det gjennomgående målt lave verdier i begge innsjøer i 1998 (**Figur 4**). Årsaken til den forhøyede fosfatkonsentrasjonen i Bjorendalstjern, er ikke kjent – det ble ikke målt spesielt høye konsentrasjoner av verken total fosfor, total nitrogen, totalt organisk karbon eller klorofyll a i forhold til de andre prøvene.

Klorofyll

Årsmiddelkonsentrasjonene av klorofyll a i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 21,4 og 4,8 µg/L i 1998 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 2,8-44 µg/L i Mjåvann og 1,1-10,1 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). Den store variasjonen i konsentrasjonene av klorofyll (**Figur 4**) 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.

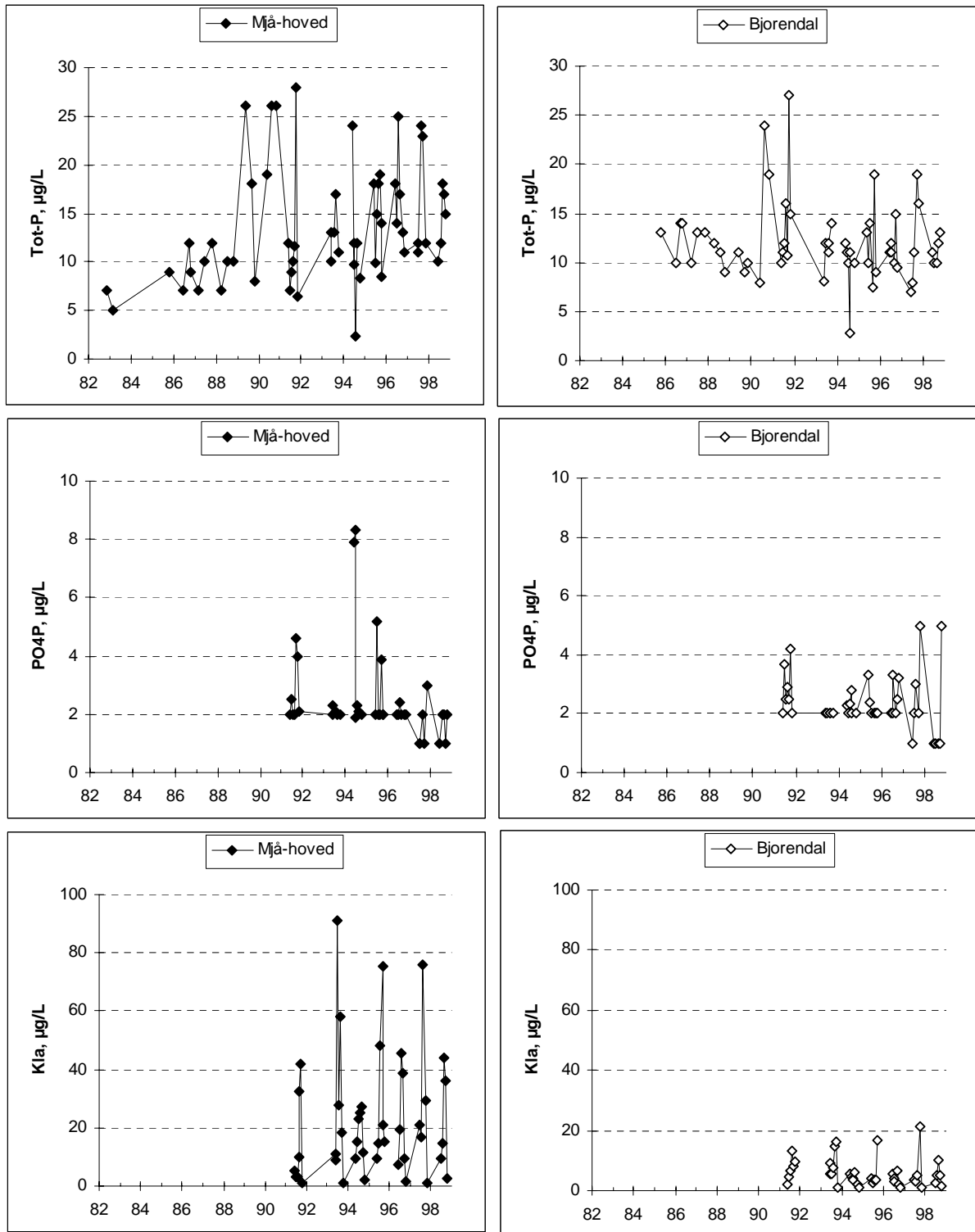
Nitrogen

Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker kan ligge opp mot 300-500 µg/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.

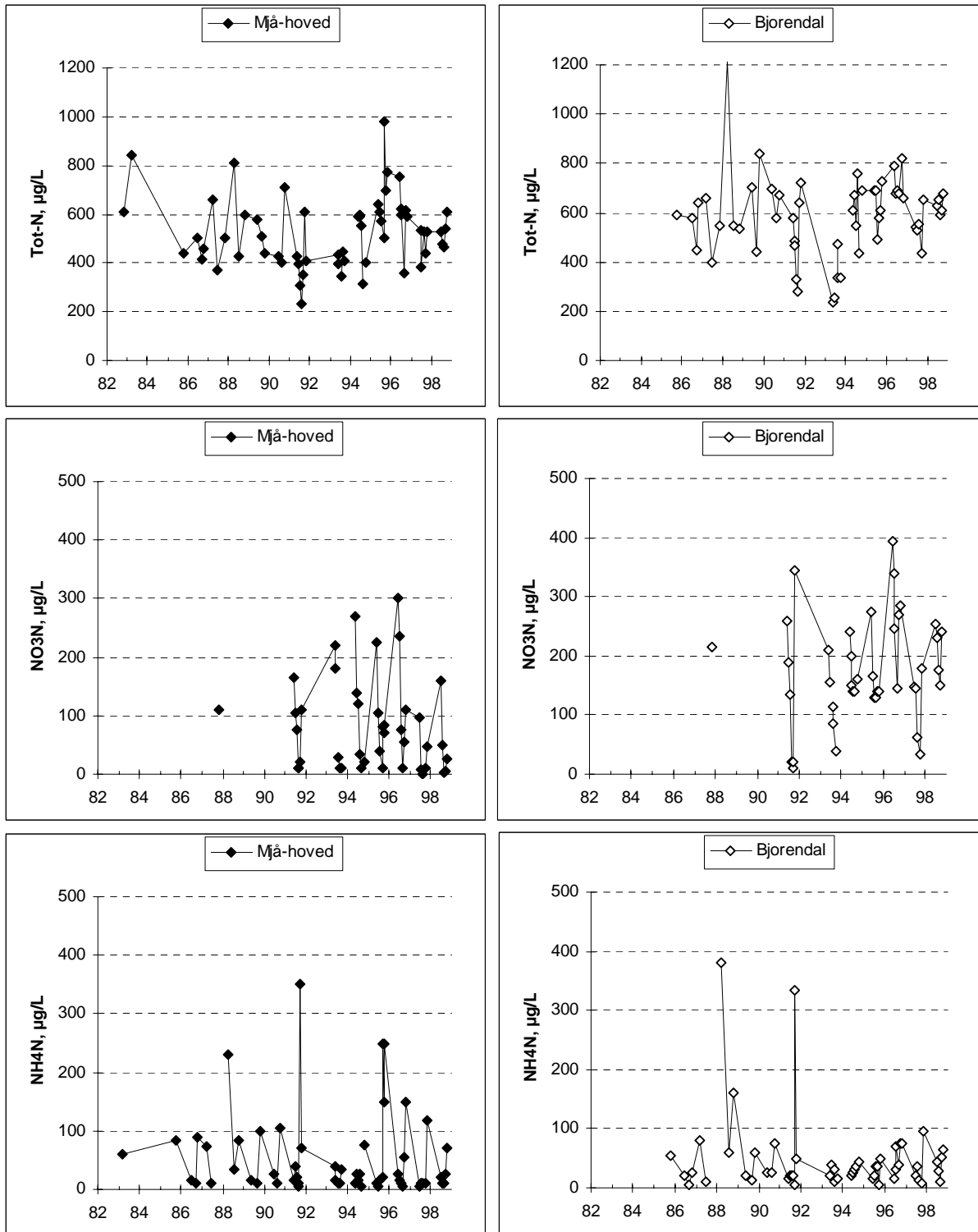
Årsmiddelkonsentrasjonene av total nitrogen i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 524 og 632 µg/L i 1998 (**Vedlegg C1**). Det ble målt konsentrasjoner på 465-610 µg/L i Mjåvann og 590-675 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (**Vedlegg B1**). Nitrogenkonsentrasjonene i 1998 var ikke spesielt høye i forhold til tidligere målinger i perioden 1988-1998 (**Figur 5**). En stor del av nitrogenet i innsjøene (gjennomsnittlig 85% i Mjåvann og 60% i Bjorendalstjern) forelå på organisk form i 1998. En viktig årsak til dette er at innsjøene inneholder relativt mye humus (naturlig organisk materiale), og at nitrogenet er bundet til disse stoffene i vannet. Konsentrasjonene av nitrat i Mjåvann er mye lavere i sommerhalvåret enn i Bjorendalstjern (**Figur 5**). 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 nitrogenfraksjonen 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 µg N/L.

Konsentrasjonene av ammonium i innsjøene var lave (<50 µg N/L) gjennom store deler av sommerhalvåret (**Figur 5**). Verdiene har en tendens til å øke noe om høsten i forbindelse med sirkulasjon og innblanding av oksygenfattig (og ammoniumrikt) bunnvann i overflatevannet. I forbindelse med overløpet fra Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995 (Kaste 1995b) ble det registrert forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i Mjåvann (~250 µg N/L).



Figur 4. Total fosfor, løst fosfat og klorofyll a i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern. Deteksjonsgrensen for fosfat ble senket til 1 µg/L i 1997.



Figur 5. 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” (SIFF 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 (SIFF 1976).

Det ble i 1998 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i alle prøver fra Mjåvann og i 4 av 5 prøver fra Bjorendalstjern (**Vedlegg B1**). Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hoved, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern var hhv. 11, 5, 5 og 8 TKB/100 ml i 1998. Maksimale TKB-konsentrasjoner på de samme stasjonene i 1998 var hhv. 20, 8, 12 og 25 TKB/100 ml (**Figur 6**). På tross av at det ble registrert flere prøver med TKB i 1998 sammenlignet med 1997, ble det i gjennomsnitt funnet færre bakterier i hver prøve. Basert på de målinger som er foretatt i 1998, tilfredsstilte vannkvaliteten i innsjøene Folkehelsas krav til “godt badevann”. Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfylder Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

Den hygieniske vannkvaliteten i 1998 må karakteriseres som god sammenlignet med tidligere målinger foretatt i perioden 1988-1998 (**Figur 6**). 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 trolig 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 1998 foreligger det i alt 7 prøver fra hver av disse grunnvannsbrønnene (**vedlegg B2**). Resultatene er framstilt i **Figur 7**, **Figur 8**, middelverdier er gjengitt i **Vedlegg C3**.

Blant resultatene i 1998 har vi merket oss enkelte forhold:

- Det ble registrert en kraftig økning i konsentrasjonene av total fosfor i prøvebrønn Ø i 1998 (middelverdi: 88 µg/L mot 19-46 µg/L tidligere år).
- Blykonsentrasjonene i prøvebrønn Ø var de høyeste som er målt i overvåkingsperioden (middelverdi: 13,5 µg/L mot 4,4-8,7 µg/L tidligere år).
- Det ble registrert høye enkeltverdier for ammonium (brønn Ø, 29. desember) samt total fosfor, total jern og bly (brønn V, 31. august).
- Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997 og 1998 ligget på et “normalt” nivå, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert tildels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene.

Middelkonsentrasjonene av kadmium og kvikksølv har generelt holdt seg på et lavt nivå siden overvåkingen startet. Verdiene i 1998 tilfredsstilte Folkehelsas krav til ”godt” drikkevann (kranvann) for de to parametrene (<1 µg Cd/L og < 0,05 µg Hg/L) (SIFF 1987). Blykonsentrasjonene ligger i snitt innenfor kravet til “mindre godt” drikkevann (<20 µg Pb/L). Sistnevnte parameter bør følges relativt nøye i tiden framover, i og med økningen som er registrert i prøvebrønn Ø.

Basert på middelverdier i 1998 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 2, 2-6, 2-3 og 1-4 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 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.

2.5 Kjemiske analyser av sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett.

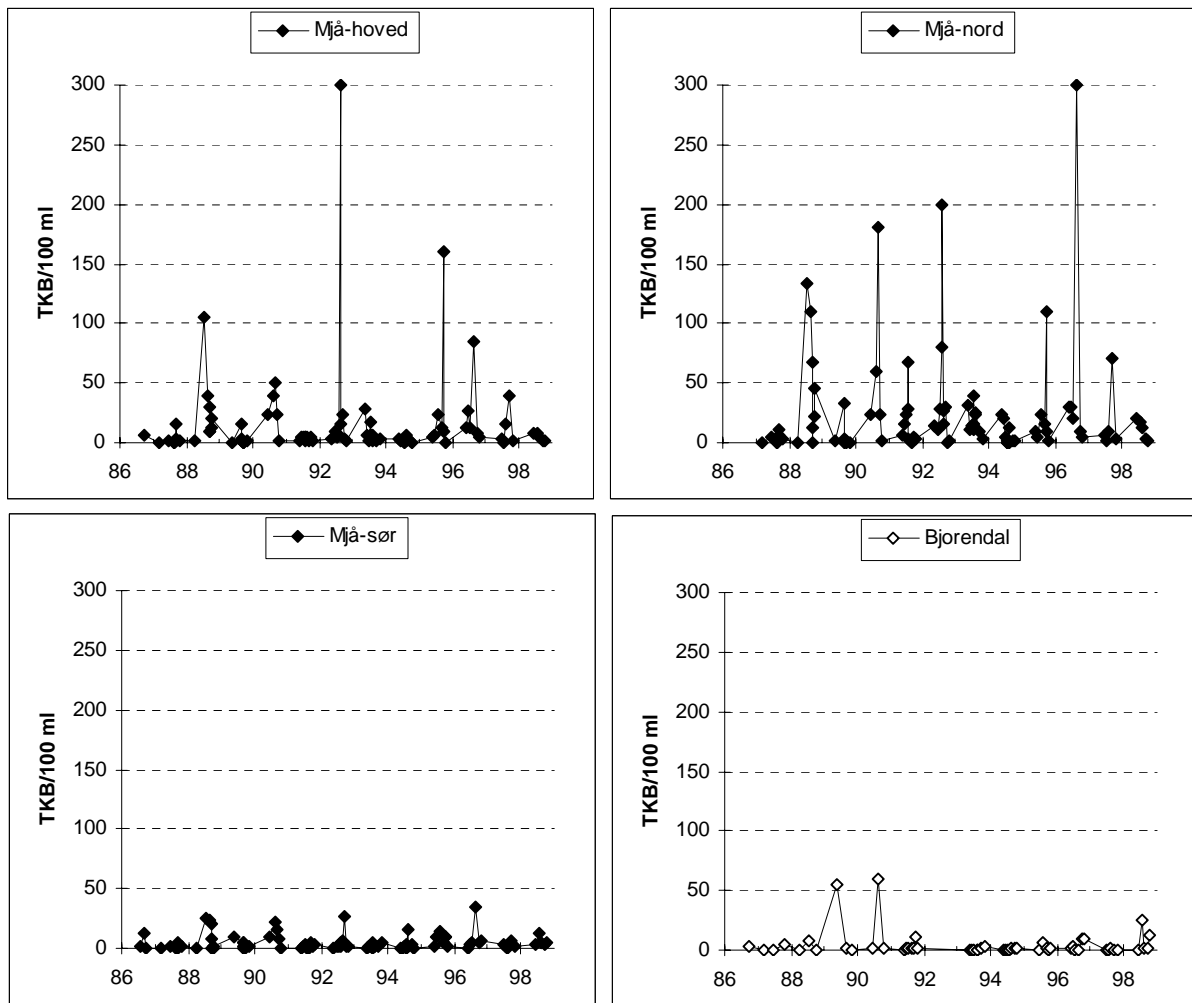
I henhold til utslippstillatelsen for søppelfyllplassen skal det tas prøver av sigevannet fra søppelfyllplassen som samles opp ved hjelp av en fangdam og ledes til kommunalt avløpsnett. Hensikten med dette er å karakterisere vannet som tas inn på det kommunale avløpsnettet, samt å ha en dokumentasjon på sigevannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann. Det arbeides for tiden med å dekke til deler av fyllingen, for å redusere sigevannsmengden. Dette omfatter ca. 20 da, eller omlag 25% av tilsiget fra fyllplassområdet. I 1998 ble det i alt tatt 7 prøver av dette sigevannet (**Vedlegg B2**). Resultatene er framstilt i **Figur 9**, medianverdier er gjengitt i **Vedlegg C4**.

Vannføringsmålingene er viktige for f.eks. 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, men tekniske problemer har ført til enkelte driftsavbrudd i 1998. Det er imidlertid foretatt manuell vannføringsavlesning i forbindelse med prøvetakingene:

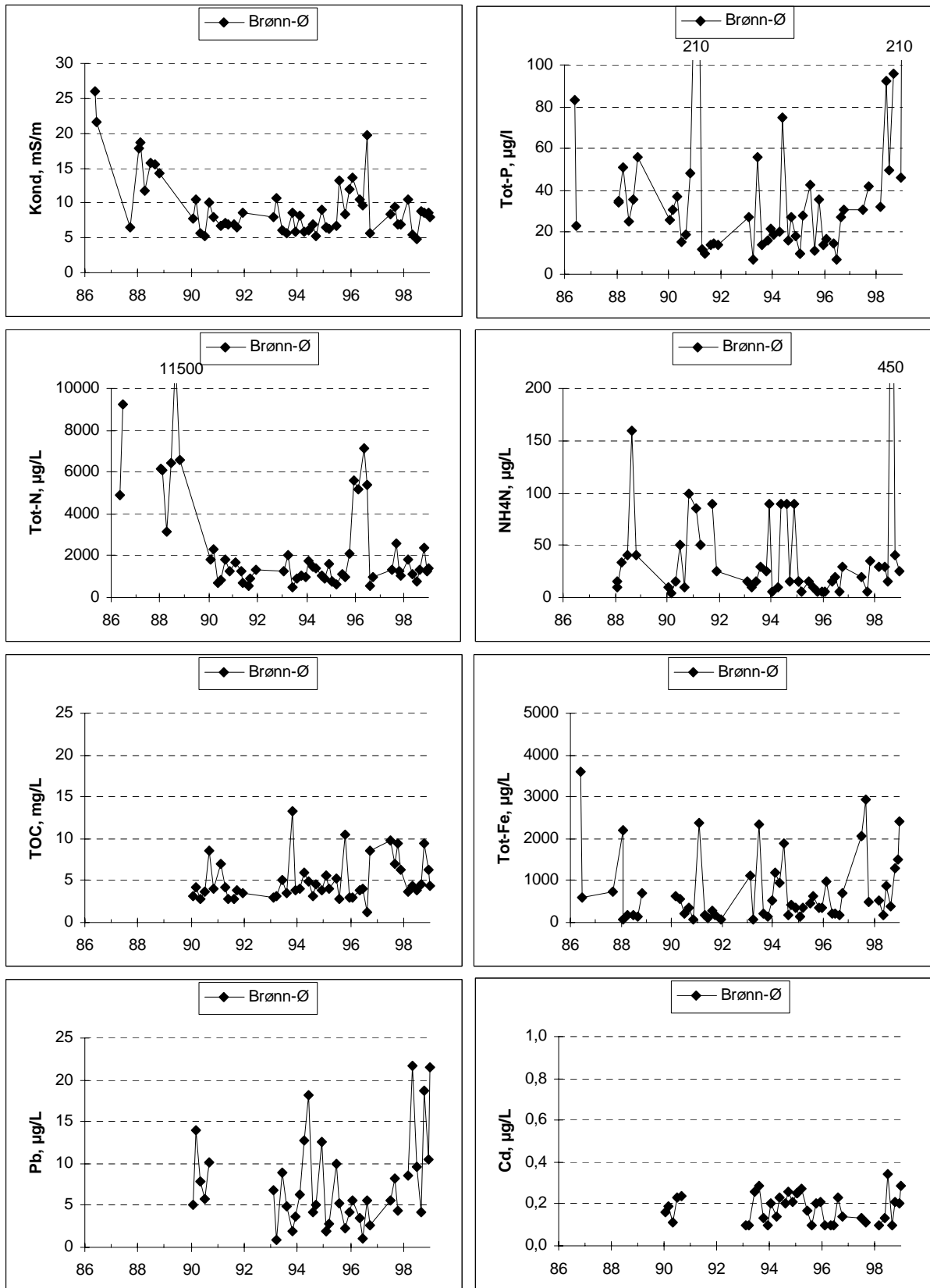
4. mars:	0,3 l/s
14. mai:	4,3 l/s
2. juli:	4,7 l/s
31. august:	2,6 l/s
20. oktober:	4,3 l/s
29. desember:	3,0 l/s

Bortsett fra 4. mars, da det var lite vann, var det relativt like sigevannsmengder ved prøvetakingstidspunktene (2,6-4,7 l/s). Basert på empiriske data fra 1997 tilsvarte vannføringen 6 l/s en sigevannsmengde på 540 m³/døgn.

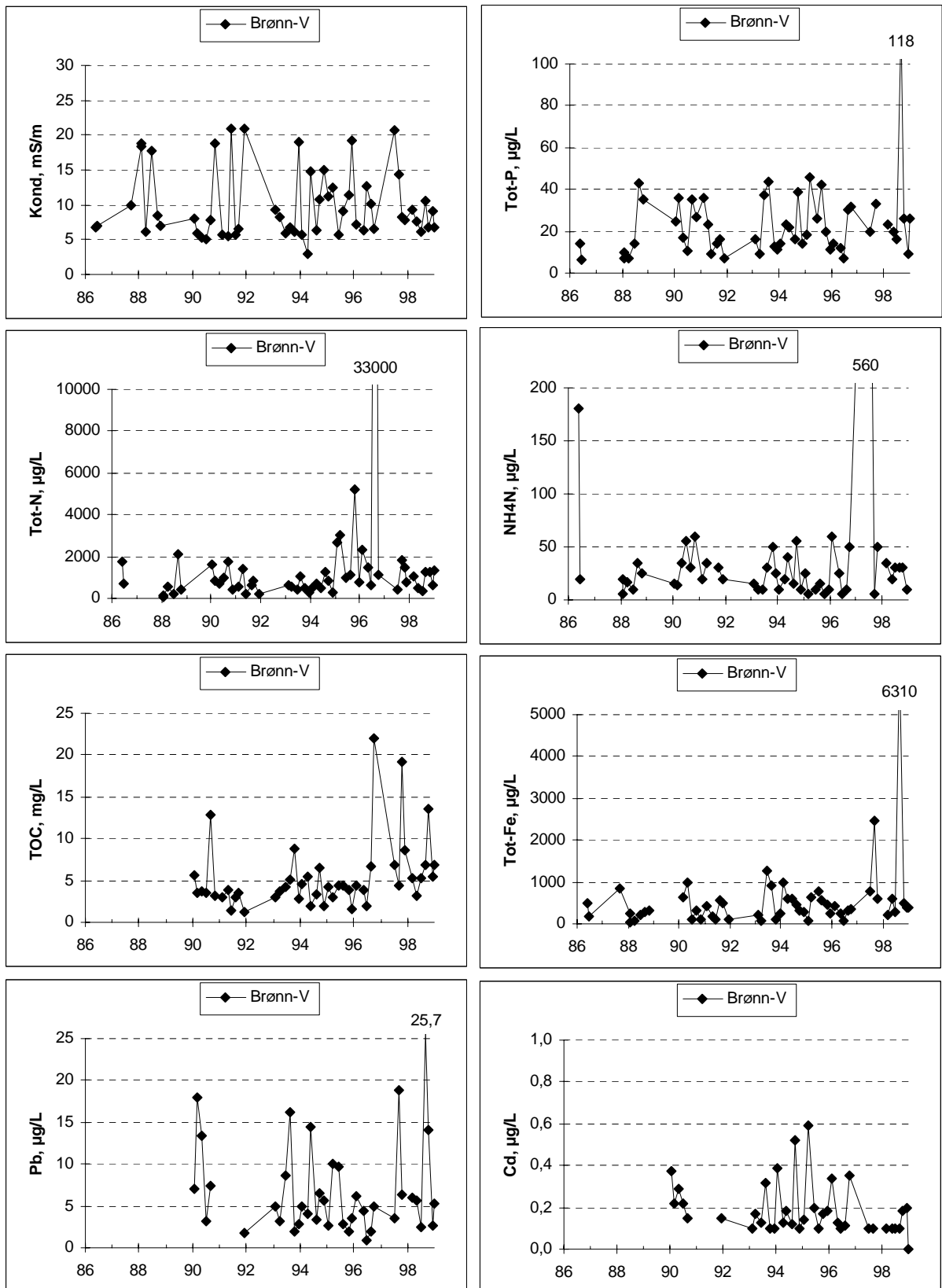
Sigevannet inneholder svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 1998, slik som tilfellet var i 1990 og 1996, eller spesielle endringer fra de foregående årene. Variasjonen mellom målingene var relativt liten i 1998, 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.



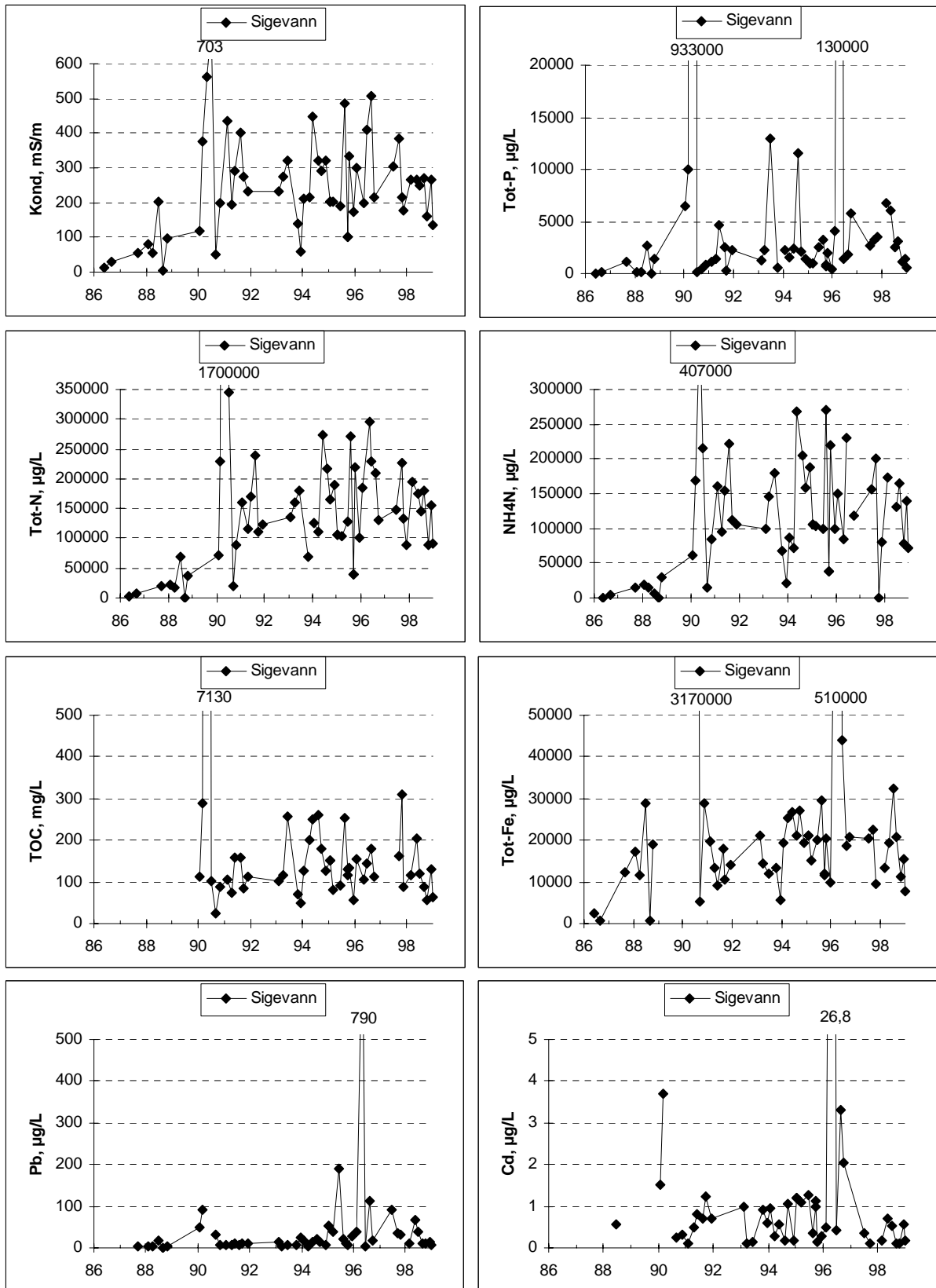
Figur 6. Termotabile koliforme bakterier i overflaten (0 meter) i Mjåvann og Bjørendalstjern.



Figur 7. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Øst.



Figur 8. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Vest.



Figur 9. Kjemiske analyser av sige vann fra søppelfyllplassen som ledes til kommunalt avløpsnett.

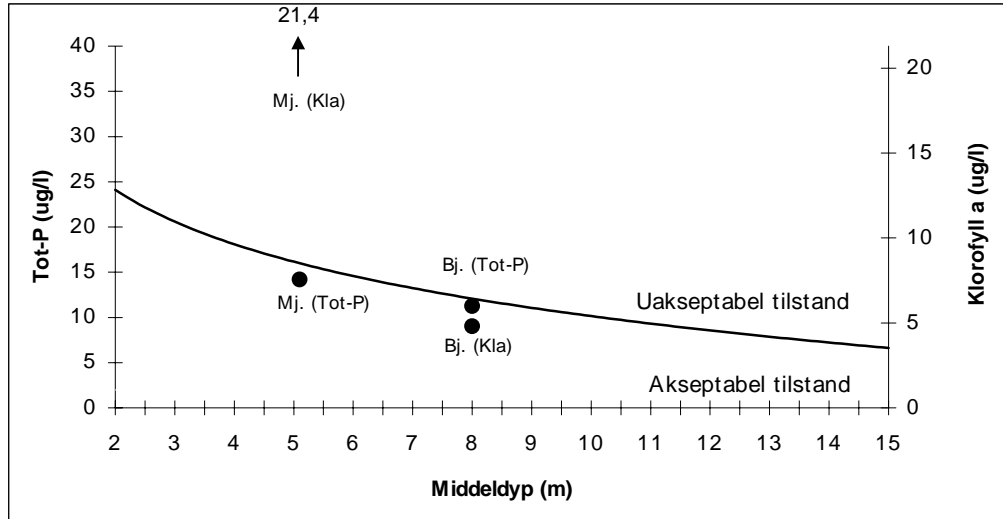
3. Vurdering av resultatene

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).

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 10**). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 14 $\mu\text{g P/l}$ i 1998, 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 1998 var 21,4 $\mu\text{g/l}$, 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 næringsaltkonsentrasjonen 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 1998, altså såvidt innenfor grensen av det akseptable. Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjorendalstjern lå i 1998 på et akseptabelt nivå.



Figur 10. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelskonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) i 1998 er markert for Mjåvann (Mj) og Bjorendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987).

3.2 Vannkvalitetsutvikling 1988-1998

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 4**)
- konsentrasjonene av total fosfor kan være i ferd med å øke i grunnvannet nedstrøms Heftingsdalen.

Grunnvannsbrønnene

Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997 og 1998 ligget på et "normalt" nivå, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert til dels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene. 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.

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 1998, sammenlignet med de senere årene.

3.3 Vurdering av behov for tiltak.

Overvåkingsresultatene for 1998 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 og bly som ble målt i den østre prøvebrønnen i 1998. 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. Prøvetakingshyppigheten i 1998 (5 runder i innsjøene) er et minimum for å holde oversikt med forurensningsutviklingen. Det er viktig å få den kontinuerlige målingen 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.

Spesialundersøkelsene som ble foreslått i fjor (beregning av forurensningstilførsler, prøvetaking på isen om vinteren, samt av sidebekker om sommeren), vil bli gjennomført i løpet av 1999-sesongen.

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.
- 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., 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.
- 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 egnet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann-råvann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsfiske 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 1998

B1. Innsjøene

Nr	LOKALITET	DATO	DYP m	pH	KOND mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO ₃ N µg/L	NH ₄ N µg/L	TOTN µg/L	PO ₄ P µg/L	TOTP µg/L	K mg/L	TOC mg/L	KLA µg/L	O ₂ mg/L	H ₂ S mg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C
1	Bjorendal	16.06.98	0															0	2,9	
1	Bjorendal	15.07.98	0															25	2,7	
1	Bjorendal	20.08.98	0															1	1,5	
1	Bjorendal	17.09.98	0															2	2,2	
1	Bjorendal	21.10.98	0															13	2,3	
1	Bjorendal	16.06.98	1																	16,6
1	Bjorendal	15.07.98	1																	17,1
1	Bjorendal	20.08.98	1																	16,6
1	Bjorendal	17.09.98	1																	13,9
1	Bjorendal	21.10.98	1																	6,4
1	Bjorendal	16.06.98	2																	13,8
1	Bjorendal	15.07.98	2																	14,6
1	Bjorendal	20.08.98	2																	15,5
1	Bjorendal	17.09.98	2																	13,6
1	Bjorendal	21.10.98	2																	6,4
1	Bjorendal	16.06.98	3																	9,4
1	Bjorendal	15.07.98	3																	11,2
1	Bjorendal	20.08.98	3																	11,4
1	Bjorendal	17.09.98	3																	12,3
1	Bjorendal	21.10.98	3																	6,4
1	Bjorendal	16.06.98	4																	7,2
1	Bjorendal	15.07.98	4																	8,5
1	Bjorendal	20.08.98	4																	9,5
1	Bjorendal	17.09.98	4																	9,5
1	Bjorendal	21.10.98	4																	6,4
1	Bjorendal	16.06.98	12													3,5				4,5
1	Bjorendal	15.07.98	12													3,3				4,8
1	Bjorendal	20.08.98	12													0,0	0,7			4,8
1	Bjorendal	17.09.98	12													0,4				4,9
1	Bjorendal	21.10.98	12													0,2				4,8

NIVA 4030-99

Nr	LOKALITET	DATO	DYP	pH	KOND mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO ₃ N µg/L	NH ₄ N µg/L	TOTN µg/L	PO ₄ P µg/L	TOTP µg/L	K mg/L	TOC mg/L	KLA µg/L	O ₂ mg/L	H ₂ S mg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C
1	Bjorendal	16.06.98	0-4	6,30	5,38	0,9	64	255	44	630	1	11	0,67	8,4	2,6					
1	Bjorendal	15.07.98	0-4	6,03	5,02	0,7	83	230	29	655	1	10	0,55	9,8	5,0					
1	Bjorendal	20.08.98	0-4	6,27	5,38	0,4	77	175	10	590	<1.0	10	0,55	9,5	10,1					
1	Bjorendal	17.09.98	0-4	6,44	5,38	0,5	77	150	52	610	1	12	0,56	8,6	5,2					
1	Bjorendal	21.10.98	0-4	6,31	5,80	0,5	68	240	66	675	5	13	0,74	8,0	1,4					
2	Mjå-hoved	16.06.98	0															8	3,1	
2	Mjå-hoved	15.07.98	0															8	2,4	
2	Mjå-hoved	20.08.98	0															4	1,9	
2	Mjå-hoved	17.09.98	0															2	2,4	
2	Mjå-hoved	21.10.98	0															2	2,1	
2	Mjå-hoved	16.06.98	1																	17,7
2	Mjå-hoved	15.07.98	1																	18,3
2	Mjå-hoved	20.08.98	1																	17,7
2	Mjå-hoved	17.09.98	1																	14,5
2	Mjå-hoved	21.10.98	1																	7,3
2	Mjå-hoved	16.06.98	2																	17,0
2	Mjå-hoved	15.07.98	2																	18,0
2	Mjå-hoved	20.08.98	2																	17,1
2	Mjå-hoved	17.09.98	2																	14,3
2	Mjå-hoved	21.10.98	2																	7,3
2	Mjå-hoved	16.06.98	3																	15,0
2	Mjå-hoved	15.07.98	3																	16,8
2	Mjå-hoved	20.08.98	3																	16,8
2	Mjå-hoved	17.09.98	3																	14,3
2	Mjå-hoved	21.10.98	3																	7,3
2	Mjå-hoved	16.06.98	4																	13,9
2	Mjå-hoved	15.07.98	4																	13,9
2	Mjå-hoved	20.08.98	4																	15,5
2	Mjå-hoved	17.09.98	4																	14,1
2	Mjå-hoved	21.10.98	4																	7,3
2	Mjå-hoved	20.08.98	5																	11,6
2	Mjå-hoved	17.09.98	5																	13,0
2	Mjå-hoved	15.07.98	6																	8,4
2	Mjå-hoved	17.09.98	6																	9,5
2	Mjå-hoved	16.06.98	8													4,1				
2	Mjå-hoved	15.07.98	8													1,2				7,7

NIVA 4030-99

Nr	LOKALITET	DATO	DYP	pH	KOND mS/m	TURB FTU	FARG mg Pt/L	NO ₃ N µg/L	NH ₄ N µg/L	TOTN µg/L	PO ₄ P µg/L	TOTP µg/L	K mg/L	TOC mg/L	KLA µg/L	O ₂ mg/L	H ₂ S mg/L	BAKT /100 ml	Sikt m	Temp °C
2	Mjå-hoved	20.08.98	8													0,2				7,9
2	Mjå-hoved	17.09.98	8													0,0	1,9			8,0
2	Mjå-hoved	21.10.98	8													8,1				7,3
2	Mjå-hoved	16.06.98	0-4	6,09	4,88	0,8	68	160	22	525	1	10	0,46	8,9	9,2					
2	Mjå-hoved	15.07.98	0-4	6,01	4,64	0,8	82	51	11	480	2	12	0,32	9,8	14,5					
2	Mjå-hoved	20.08.98	0-4	6,17	4,72	0,7	84	3	10	465	2	18	0,28	10,3	44,0					
2	Mjå-hoved	17.09.98	0-4	6,34	4,63	0,4	83	6	26	540	1	17	0,29	9,7	36,3					
2	Mjå-hoved	21.10.98	0-4	6,26	4,92	0,7	96	25	71	610	2	15	0,49	9,7	2,8					
3	Mjå-nord	16.06.98	0																	20
3	Mjå-nord	15.07.98	0																	18
3	Mjå-nord	20.08.98	0																	13
3	Mjå-nord	17.09.98	0																	3
3	Mjå-nord	21.10.98	0																	2
4	Mjå-sør	16.06.98	0																	3
4	Mjå-sør	15.07.98	0																	12
4	Mjå-sør	20.08.98	0																	4
4	Mjå-sør	17.09.98	0																	3
4	Mjå-sør	21.10.98	0																	4

B2. Grunnvannsbrønner og sigevann fra søppelfyllplassen

STNR	LOKALITET	DATO	KOND mS/m	NH ₄ N 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	04.03.98	10,4	30	1840	32	3,6	510	8,53	<0.10	<0.50
5	Brønn-Ø	14.05.98	5,4	30	1100	92	4,3	190	21,60	0,13	<0.50
5	Brønn-Ø	02.07.98	4,8	15	780	50	3,9	880	9,59	0,34	<0.50
5	Brønn-Ø	31.08.98	8,9	450	1360	96	4,6	400	4,28	<0.10	<0.50
5	Brønn-Ø	20.10.98	8,6	40	2400		9,5	1310	18,70	0,21	<0.50
5	Brønn-Ø	19.12.98	8,6	25	1250	46	6,3	1490	10,50	<0.20	<0.50
5	Brønn-Ø	29.12.98	8,1		1430	210	4,3	2410	21,50	0,29	<0.50
6	Brønn-V	04.03.98	9,4	35	1040	23	5,3	195	5,95	<0.10	<0.50
6	Brønn-V	14.05.98	7,7	20	485	19	3,2	610	5,64	<0.10	<0.50
6	Brønn-V	02.07.98	6,0	30	360	16	5,2	290	2,50	<0.10	<0.50
6	Brønn-V	31.08.98	10,6	30	1250	118	6,8	6310	25,70	<0.10	<0.50
6	Brønn-V	20.10.98	6,8	30	1240	26	13,6	510	14,10	0,18	<0.50
6	Brønn-V	19.12.98	9,0	10	620	9	5,5	380	2,68	<0.20	<0.50
6	Brønn-V	29.12.98	6,8		1350	26	6,9	380	5,26	<0.10	<0.50
7	Sigevann	04.03.98	268,0	174000	194000	6760	116,0	13400	10,70	0,19	<0.50
7	Sigevann	14.05.98	267,0		175000	6000	203,0	19200	66,70	0,69	<0.50
7	Sigevann	02.07.98	250,0	130000	146000	2530	119,0	32400	37,90	0,53	<0.50
7	Sigevann	31.08.98	270,0	164000	181000	3035	87,9	20900	10,30	<0.10	<0.50
7	Sigevann	20.10.98	162,0	77500	88400	1090	57,2	11200	10,60	<0.10	<0.50
7	Sigevann	19.12.98	268,0	140000	155000	1470	129,0	15400	12,70	0,57	<0.50
7	Sigevann	29.12.98	136,0	71050	91200	571	61,9	7920	8,34	0,19	<0.50

Vedlegg C. Årsmidler 1988-1998

C1. Mjåvann og Bjorendalstjern; årsmidler for kjemiske parametre 1988-1998.

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										
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
Bjorendalstjern										
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

C2. Mjåvann og Bjorendalstjern; termotabile koliforme bakterier; årsmidler 1988-1998.

År	Ant. målinger	Mjåvann - N	Mjåvann - H	Mjåvann - S	Bjorendalstjern
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

C3. Grunnvannsbrønner; årsmidler for perioden 1988-1998.

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	<0,50
1991	6	7,2	63	1060	46	4,0	533			<0,50
1993	5	7,5	31	1119	24	5,3	733	4,53	0,16	<0,50
1994	7	6,9	45	1281	26	4,6	730	8,71	0,21	<0,50
1995	6	8,9	9	1860	24	5,2	378	4,41	0,20	<0,50
1996	5	11,8	15	3833	19	4,1	453	3,68	0,13	<0,50
1997	4	7,9	20	1565	37	8,2	1830	6,08	0,12	<0,50
1998	7	7,8	98	1451	88	5,2	1027	13,53	0,24	<0,50
Brønn-V										
1988	6	12,8	19	586	19		198			
1990	6	8,5	35	1048	25	5,4	432	9,78	0,25	<0,50
1991	6	10,9	26	667	18	2,7	305	1,72	0,15	<0,50
1993	5	9,2	23	583	22	4,6	463	6,24	0,15	<0,50
1994	7	9,5	25	983	21	4,0	476	5,95	0,24	<0,50
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	<0,50
1997	4	12,7	205	1128	27	9,8	1270	9,56	<0,10	<0,50
1998	7	8,0	26	906	34	6,6	1239	8,83	0,18	<0,50

C4. Sigevann fra søppelfyllplassen; års-medianverdier for perioden 1988-1998.

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	<0,50
1995	8	201,0	105000	106000	990	124,0	20200	34,30	1,11	<0,50
1996	5	299,0	134500	210000	4150	143,0	44000	37,40	2,05	<0,50
1997	4	260,5	119125	141000	3210	163,0	20500	35,10	0,23	<0,50
1998	7	267,0	135000	155000	2530	116,0	15400	10,70	0,53	<0,50