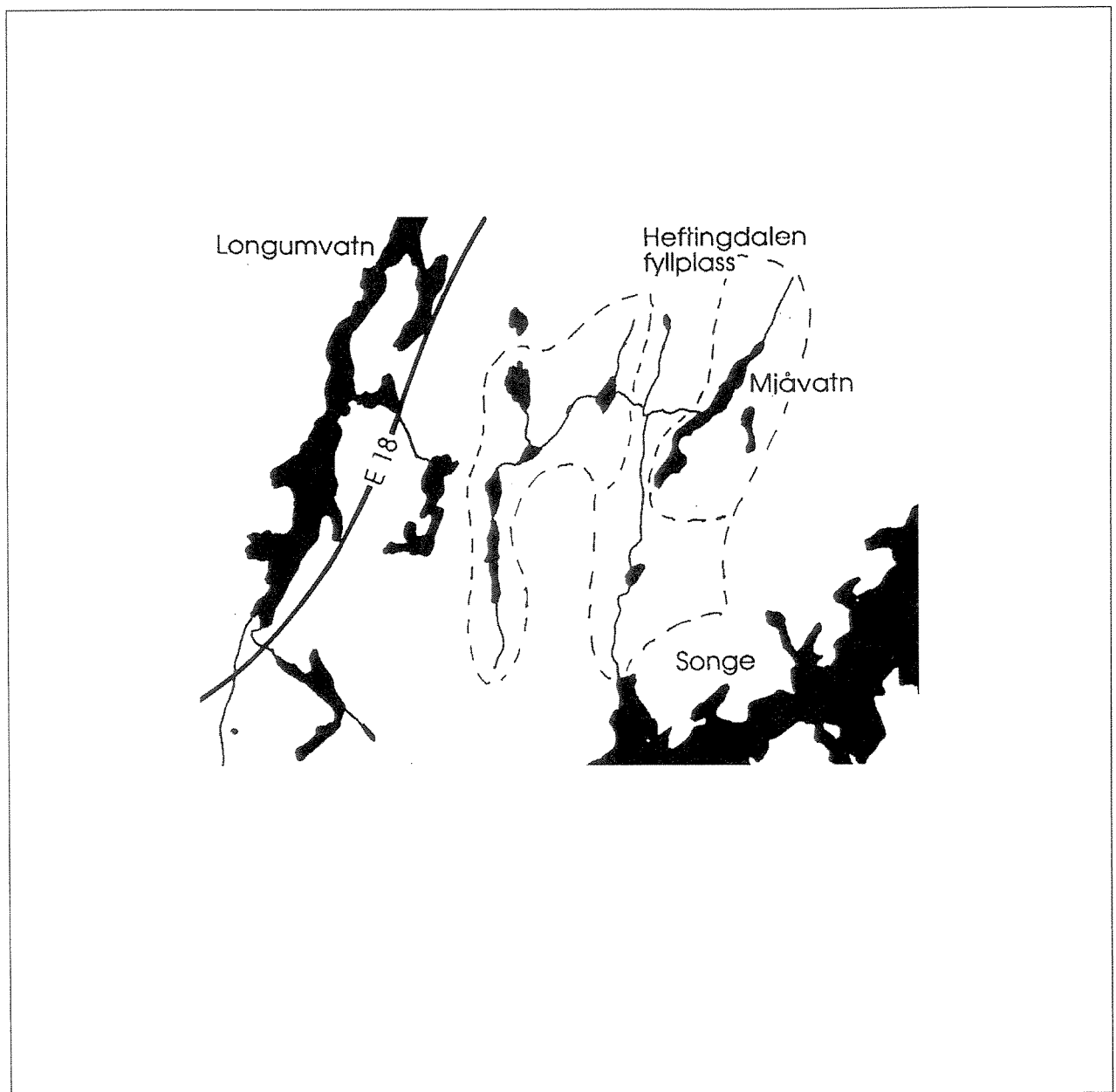



RAPPORT LNR 3433-96

Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-85063	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3433-96	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995.	Mar/96	NIVA 1996
	Faggruppe:	
	Eutrofi ferskvann	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Øyvind Kaste	Aust-Agder	
	Antall sider:	Opplag:
	22	100

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Arendal kommune	

Ekstrakt:
Både Mjåvann og referanselokaliteten Bjorendalstjern hadde i 1995 et noe høyere innhold av organisk stoff, fosfor og klorofyll enn det som er målt i de senere år. De hygieniske forholdene i Mjåvann var i 1995 totalt sett noe dårligere enn i de to foregående år.
I forbindelse med en kraftig nedbørepisode i september 1995 ble det registrert overløp til Mjåvann fra sigevannsdammen nedenfor Heftingsdalen søppelfyllplass. Overløpet førte til forhøyet ammoniums-konsentrasjon og en forbigående økning i konsentrasjonen av termotabile koliforme bakterier i innsjøen. Det ble ikke registrert nevneverdige endringer i den øvrige vannkjemien i forbindelse med overløpet.
Kjemiske analyser av to prøvebrønner plassert mellom søppelplassen og innsjøen viste ingen vesentlige endringer i 1995 for de fleste parametre, bortsett fra nitrogen som har økt de siste to årene. I sigevann fra fyllingen ble det registrert noe lavere konsentrasjoner av nitrogen, organisk stoff og jern sammenlignet med 1994. Blykonsentrasjonen i sigevannet har vist en økende tendens de to siste årene.

4 emneord, norske

1. Overvåking
2. Søppelfylling
3. Avrenning
4. Vannkvalitet

4 emneord, engelske

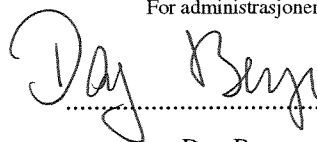
1. Monitoring
2. Rubbish dump
3. Runoff
4. Water quality

Prosjektleder



Øyvind Kaste

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN 82-577-2967-1

Norsk institutt for vannforskning
Sørlandsavdelingen

O-85063

**OVERVÅKING AV MJÅVANN
NEDSTRØMS HEFTINGSDALEN SØPELFYLLPLASS I 1995.**

Grimstad

Mars 1996

Saksbehandler:

Øyvind Kaste

Medarbeidere:

Rolf Høgberget

Jarle Håvardstun

Forord

På oppdrag for Arendal kommune gjennomfører NIVA-Sørlandsavdelingen en overvåking av vassdraget nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass.

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

Agderforskning-Teknikk i Grimstad har analysert vannprøvene. Næringsmiddeltilsynet i Aust-Agder har analysert bakterieprøvene. Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA.

NIVA er også bedt om å vurdere vannkjemiske analyser fra to prøvebrønner, samt sigevann fra fyllplassen. En slik vurdering er tatt med i eget avsnitt.

*Grimstad, mars 1996
Øyvind Kaste*

Innhold

Forord.....	3
Innhold.....	4
1. SAMMENDRAG.....	5
2. INNLEDNING.....	7
2.1. Områdebeskrivelse.....	7
2.2. Tidligere undersøkelser	8
2.3. Målsetting og program.....	8
3. RESULTATER OG DISKUSJON.....	9
3.1. Oversvømmelse fra Heftingsdalen i september 1995	9
3.2. Fysisk-kjemiske forhold	9
3.3. Forekomst av tarmbakterier	17
3.4. Kjemiske analyser fra prøvebrønnene	18
3.5. Kjemiske analyser av sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett.....	20
Litteratur	21
Vedlegg.....	23
SFTs klassifiseringssystem.....	23

1. SAMMENDRAG

I forbindelse med etablering og drift av Heftingsdalen søppelfyllplass i Songevassdraget, Arendal kommune, er det en løpende overvåking av vannkvaliteten i Mjåvann rett nedstrøms søppelfyllplassen. Disse undersøkelsene har som formål å kontrollere om det skjer gjennomslag av sigevann fra søppelfyllplassen til Mjåvann, og dessuten å påvise virkninger på økosystemet i Songevassdraget ved et eventuelt gjennomslag.

I forbindelse med en kraftig nedbørepisode i midten av september 1995 ble det registrert overløp til Mjåvann fra sigevannsdammen i Heftingsdalen. Overløpet førte til forhøyet ammoniumkonsentrasjon og en forbigående økning i konsentrasjonen av termostabile koliforme bakterier i innsjøen. Det ble ikke registrert nevneverdige endringer i den øvrige vannkjemien i forbindelse med overløpet. En vurdering av vannkvaliteten i innsjøen i tiden etter oversvømmelsen er foretatt i særskilt rapport.

Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann lå Mjåvann i 1995 innenfor tilstandsklasse III ("nokså dårlig") for middelkonsentrasjoner av fosfor og innenfor tilstandsklasse V ("meget dårlig") når det gjaldt klorofyll. Bjorendalstjern lå i 1995 innenfor tilstandsklasse III for både fosfor og klorofyll. De høye klorofyllkonsentrasjonene som ble registrert i Mjåvann i 1995 bestod trolig, som i 1994, hovedsakelig algen *Gonyostomum semen*. Basert på eksisterende fosforbelastningsmodeller for grunne innsjøer kan den midlere fosforkonsentrasjonen i Mjåvann såvidt karakteriseres som akseptabel. Fosforkonsentrasjonen i referanselokaliteten Bjorendalstjern lå like innenfor tålegrensen for innsjøen.

Mjåvann og Bjorendalstjern hadde i 1995 et noe høyere innhold av organisk stoff, fosfor og klorofyll enn det som er målt i de senere år. Den varme og nedbørfattige etter sommeren i 1995 kan ha bidratt til dette, gjennom liten vannutskifting og gunstige fysiske forhold for algevekst. Ammonium var den eneste kjemiske parameteren som viste ulik utvikling i de to innsjøene. Den forhøyede ammoniumkonsentrasjonen i Mjåvann høsten 1995 kan trolig settes i direkte sammenheng med overløpet fra Heftingsdalen i september.

Det ble i 1995 påvist termostabile koliforme bakterier (TKB) i 85-100% av prøvene fra de tre stasjonene i Mjåvann. Dette er en høyere frekvens enn i 1994, men omtrent på linje med resultatene for 1993. I gjennomsnitt for hele prøveperioden i 1995 ble det registrert 7-31 TKB/100 ml på tre stasjoner i Mjåvann. De høyeste bakteriekonsentrasjonene ble registrert i den øvre delen av innsjøen rett etter oversvømmelsen i Heftingsdalen (110-160 TKB/100 ml). En uke senere var imidlertid konsentrasjonene nede på omkring 10 TKB/100 ml i hele innsjøen. I "bade-månedene" juni-august lå bakteriekonsentrasjonen i Mjåvann mellom 4 og 24 TKB/100 ml. Dette kan karakteriseres som tilfredsstillende i henhold til helsemyndighetenes anbefalinger. I Bjorendalstjern ble det registrert TKB i 3 av 5 prøver, med 7 TKB/100 ml som den høyeste bakteriekonsentrasjonen.

Resultatene fra de kjemiske analysene av prøvebrønnene viste ingen vesentlige endringer sammenlignet med 1993 og 1994 for de fleste parametre. Det er imidlertid registrert

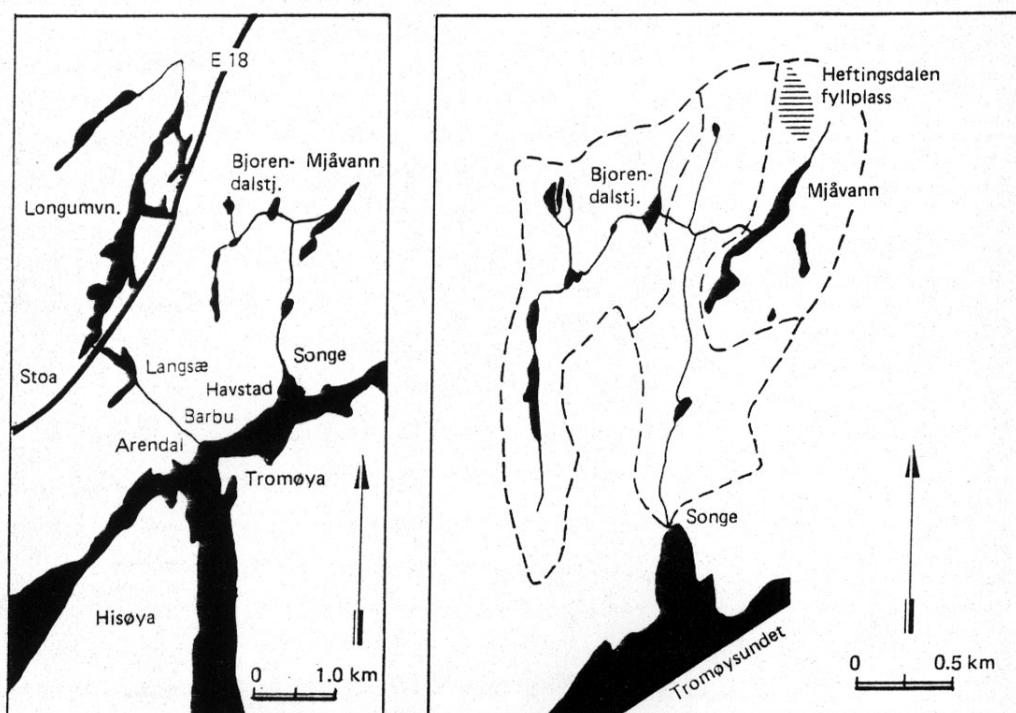
stigning i middelkonsentrasjon av total nitrogen både i den østre og vestre prøvebrønnen siden 1993. Sigevannet, som ledes til kommunalt renseanlegg, var som i 1993 og 1994 sterkt forurenet av fosfor, nitrogen, jern og organisk stoff. Etter at middelkonsentrasjonen av nitrogen, organisk stoff og jern steg med 50-70% fra 1993 til 1994, avtok nivået igjen i 1995. Når det gjelder bly, ble det registrert en fortsatt økning i 1995 til en gjennomsnittskonsentrasjon på omlag 44 µg/l. Videre overvåking vil vise om dette er en utviklingstendens som følger alderen på søppelfyllingen.

Faren for forurensning av Mjåvann fra Heftingsdalen søppelfyllplass vil være liten, så lenge sigevannet ledes utenom innsjøen og vannkvaliteten i grunnvannet holder seg på dagens nivå. Vannkvaliteten i prøvebrønnene skiller seg såvidt lite fra vannkvaliteten i selve innsjøen at vannmassene neppe forurenes nevneverdig via grunnvannet. Det er imidlertid fortsatt grunn til å følge vannkvaliteten både i Mjåvann og i grunnvannsbrønnene for å registrere eventuelle endringer i dette forholdet over tid. Blant annet bør utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i grunnvannet følges framover.

2. INNLEDNING

2.1. 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 nedbørfeltets areal. I tabell 1 er det gitt en del morfometriske og hydrologiske data. Sigevannet fra søppelfyllplassen blir samlet opp ved 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 40 dekar og et nedbørfelt på 2800 dekar. Teoretisk oppholdstid er trolig omlag en tredel av den som er beregnet for Mjåvann. Andre morfometriske og hydrologiske data for vassdraget finnes i tabell 1.

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 større landbruksaktivitet. Området blir brukt til friluftsliv, bading og fiske.

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

Høyde over havet	31	meter
Innsjøareal	127	dekar
Nedbørfeltareal	2150	dekar
Heftingsdalens areal	192	dekar
Volum	0.65	mill. m ²
Maks. dyp	9.4	meter
Middeldyp	5.1	meter
Teor. oppholdstid *)	0.35	år

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

2.2. 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 polysykliske 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 - 1994 er rapportert av Hindar (1989, 1992), Kroglund og Hindar (1990, 1991) og Kaste (1994, 1995a).

2.3. Målsetting og program

Målet med undersøkelsene er:

- a) å kontrollere om det skjer gjennomslag av sigevann fra søppelfyllplassen til Mjåvann.
- b) å påvise virkningene på økosystemet i Songevassdraget ved et eventuelt gjennomslag.

Programmet for undersøkelsene i 1995 fulgte stort sett samme prosedyre som i 1994 (Kaste 1995a), men med noe færre prøvetakingsrunder. Det ble i 1996 tatt 6-7 vannkjemiske prøveserier i hhv. Bjorendalstjern og Mjåvann.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. Oversvømmelse fra Heftingsdalen i september 1995

I forbindelse med en kraftig nedbørepisode i midten av september 1995 ble det registrert overløp ved sigevannsdammen i Heftingsdalen. Det kraftige regnværet begynte mandag 11/9 og varte i en uke. Ved brannstasjonen i Arendal ble det målt en samlet nedbørmengde på temmelig nøyaktig 300 mm i løpet av disse 7 dagene. Normal årsnedbør ved målestasjonen er 1040 mm (DNMI 1996). Det ble registrert overløp ved sigevannsdammen i perioden 15/9 kl 0900 - 17/9 kl 1400, altså tilsammen i 53 timer.

For å undersøke effekten av dette overløpet på vannkvaliteten i Mjåvann, ble det innhentet ekstra vannprøver fra innsjøen, samt av sigevannet bak fangdammen den 18/9. Nye vannprøver i innsjøen ble innhentet den 27/9. Beregning av forurensnings-transport til Mjåvann og vurdering av vannkvaliteten i innsjøen i tiden etter oversvømmelsen ble foretatt av NIVA (Kaste 1995b).

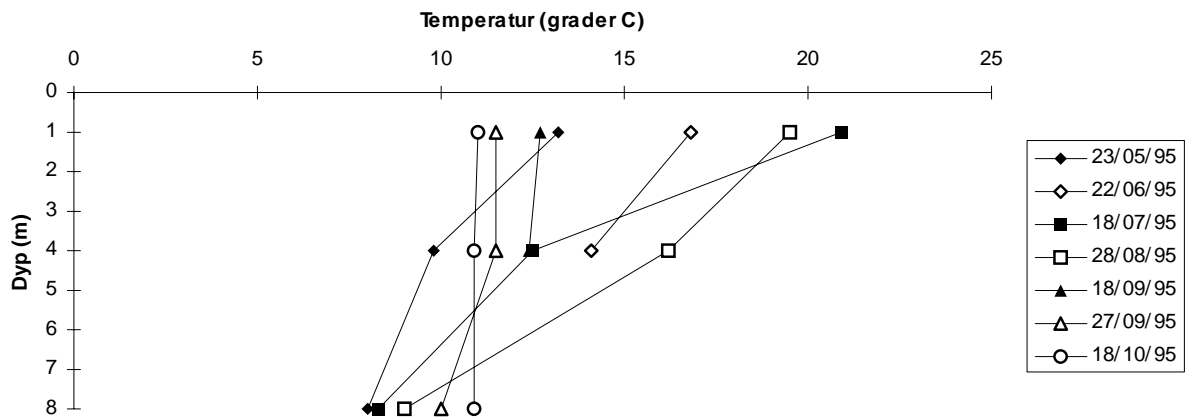
Undersøkelsen konkluderte med at overløpet ved sigevannsdemningen i Heftingsdalen den 15-17/9-1995 synes å ha hatt små konsekvenser for vannkvaliteten i Mjåvann. Dette ble forklart med at det forurensede vannet fra søppelfyllplassen under den kraftige flommen ble fortynnet over 50 ganger med tilnærmet rent vann fra resten av nedbørfeltet rundt innsjøen.

Det ble registrert en økning i forekomsten av termotabile koliforme bakterier i innsjøen i forbindelse med flomeepisoden. Konsentrasjonene kvalifiserte til betegnelsen "mindre god badevannskvalitet" i henhold til helsemyndighetenes krav. Bakterietallene var imidlertid tilbake på et normalt nivå ("god badevannskvalitet") for Mjåvann en drøy uke senere. Av de kjemiske forbindelsene i vann var det nitrogenfraksjonen ammonium som viste størst endring i forbindelse med flommen. Verdiene var imidlertid ikke spesielt høye i forhold til tidligere registrerte topper som er målt i Mjåvann og på referansestasjonen i Bjorendalstjern.

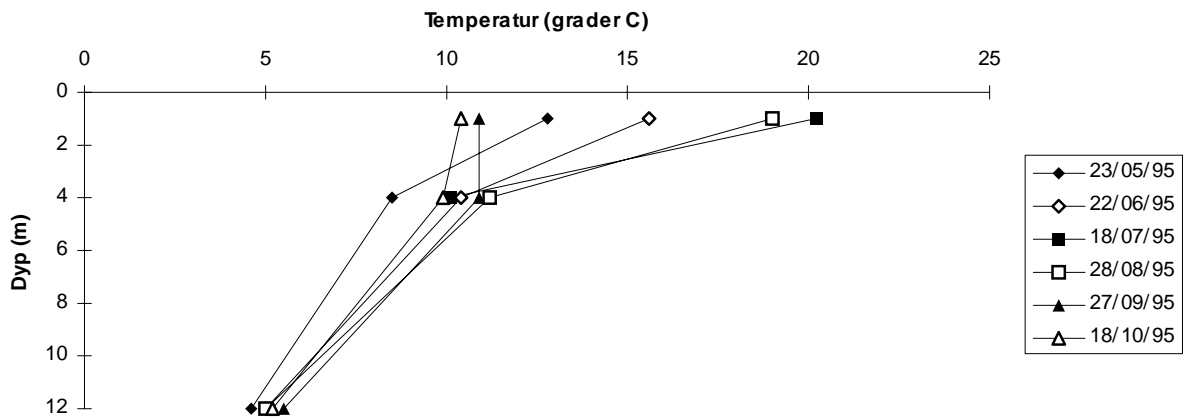
3.2. Fysisk-kjemiske forhold

Temperatur og oksygen

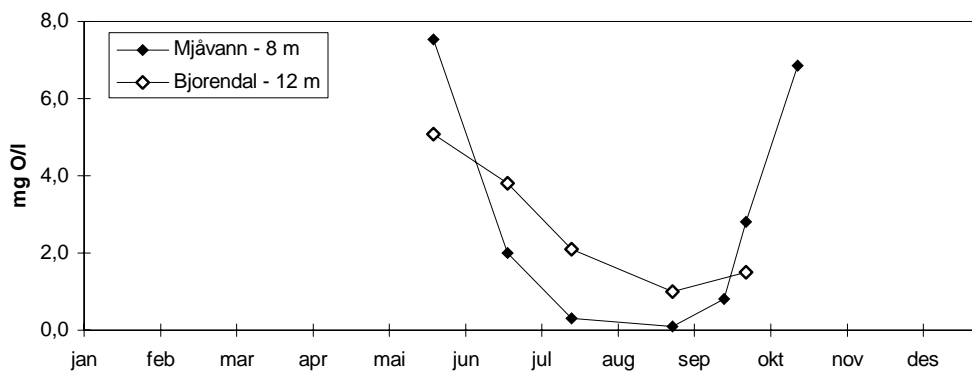
Ved den første prøvetakingsrunden den 23. mai hadde både Mjåvann og Bjorendalstjern en tydelig temperaturstratifikasjon (figur 2 og 3). Overflatetemperaturen var rundt 13 °C i begge innsjøene på denne tiden. I Bjorendalstjern holdt bunnvannets temperatur seg forholdsvis konstant på 5-6 °C sommeren gjennom. I Mjåvann, som er mer vindeksponert og dessuten grunnere med større overflateareal, ble bunnvannet gradvis varmet opp fra omlag 8 til 11 °C. Den forholdsvis svake temperatur-sjiktningen i Mjåvann førte til at innsjøen var i full sirkulasjon den 18. oktober, mens Bjorendalstjern på denne tiden ennå hadde en skarp temperatur-gradient.



Figur 2. Temperaturutvikling i Mjåvann.



Figur 3. Temperaturutvikling i Bjorendalstjern.



Figur 4. Oksygenfordeling i bunnvann fra Mjåvann og Bjorendalstjern 1995.

Disse forskjellene har stor betydning for oksygenutviklingen i de to innsjøenes dypvann. Begge vannene hadde et kraftig oksygenavtak utover sommeren 1995 (figur 4). Oksygenforbruket var størst i Mjåvann, noe som førte til nesten fullstendig oksygenfattighet i slutten av august (0,1 mg O/l). Allerede i løpet av september fikk imidlertid bunnvannet innblandet noe oksygen, og konsentrasjonen steg deretter gradvis. Ved siste prøvetaking den 18. oktober var det oppnådd 60% oksygenmetting i bunnvannet (6,9 mg O/l). Oksygenutviklingen i Mjåvann i 1995 fulgte med dette omlag samme mønster som i 1994 (Kaste 1995a). I Bjorendalstjern ble det ikke registrert fullt så sterkt oksygenavtak i 1995 som i 1994. Til tross for en skarp temperatur-sjiktning som holdt seg hele sommeren, ble det ikke registrert oksygenfattighet ved noen av prøvetakingene i denne innsjøen. I 1994 ble bunnvannet i Bjorendalstjern til sammenligning helt oksygenfritt i slutten av september.

Det relativt høye oksygenforbruket i de to innsjøene skyldes nedbrytning av organisk materiale som er produsert i og utenfor innsjøen. Den relativt høye vannfargen i de to innsjøene (50-60 mg Pt/l i middel) tyder på at tilførsler av naturlig organisk materiale (bl.a. humusstoffer) har stor betydning for oksygenforbruket (tabell 2 og 3). Det var en tendens til økte TOC-verdier i begge innsjøene utover høsten, noe som trolig kan settes i sammenheng med tørken i juli og august (50% av normal nedbør) og påfølgende erosjon i forbindelse med den kraftige flommen i september (360% av normalen) (DNMI 1996). Eventuelle bidrag fra oversvømmelsen i Heftingsdalen til TOC-konsentrasjonen i Mjåvann er vanskelig å skille fra den naturlige transporten av organisk stoff fra nedbørfeltet.

Næringssalter og klorofyll

Tabellene 2 og 3 viser at vannkvaliteten i de to innsjøene er forholdsvis lik. Mjåvann har imidlertid som årsmiddel noe høyere organisk innhold (7-9 mg TOC/l, 50-80 mg Pt/l) og høyere konsentrasjoner av total fosfor (9-24 µg P/l) og klorofyll (14-33 µg kl.a/l). De høye klorofyll-konsentrasjonene som kan registreres i Mjåvann skyldes for en stor del algen *Gonyostomum semen* (Kaste 1995a).

Begge innsjøene hadde i 1995 høyere konsentrasjoner av total fosfor og klorofyll enn i 1994. Dette kan ha sammenheng med den varme og nedbørfattige ettersommeren i 1995, med liten vannutskifting og gunstige forhold for algevekst. Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (vedlegg) lå Mjåvann i tilstandsklasse III ("nokså dårlig") for middelkonsentrasjoner av fosfor og innenfor tilstandsklasse V ("meget dårlig") når det gjaldt klorofyll. Bjorendalstjern lå i 1995 innenfor tilstandsklasse III for både fosfor og klorofyll. 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, samt litt landbruksaktivitet rundt Bjorendalstjern, er det ikke kjente, stasjonære forurensningskilder i de to innsjøenes nedbørfelter. Etter at Heftingsdalen søppelfyllplass ble anlagt har fuglebestanden omkring Mjåvann økt betydelig. Næringsstoff-bidraget fra disse fuglene er foreløpig ikke forsøkt kvantifisert.

Tabell 2. Fysisk-kjemiske resultater 1995 for blandprøver fra 0-4 meters dyp.

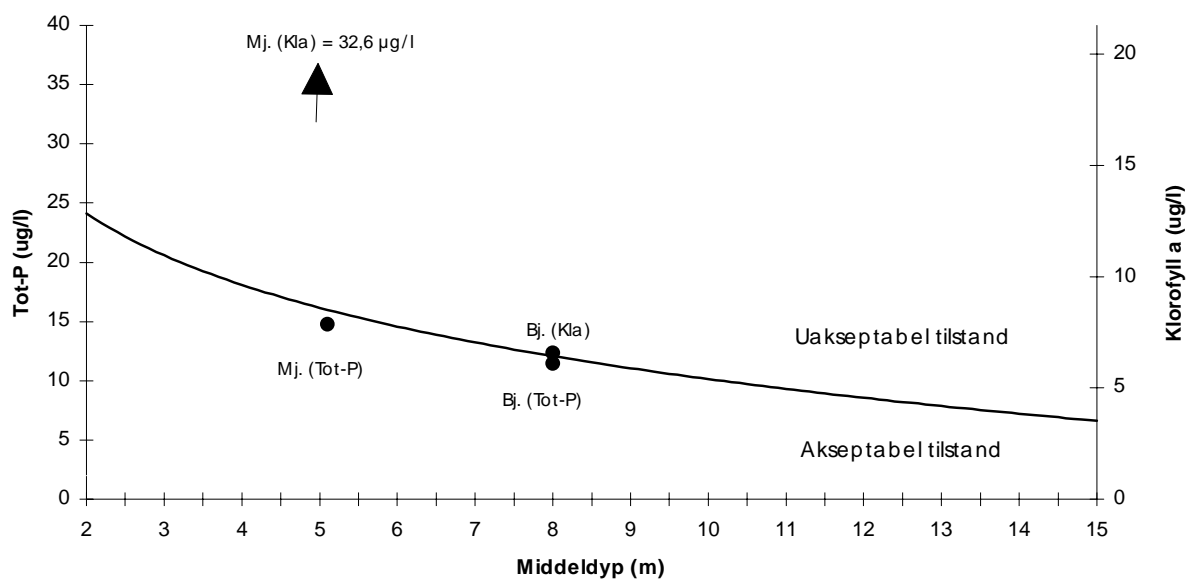
Dato	pH	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	Turb FTU	Tot-P µg/l	Orto-P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l	TOC mg/l	Kl.a µg/l
Mjåvann											
23/05/95	6,12	5,90	58	0,42	18	< 2	640	225	10	6,6	9,5
22/06/95	6,24	5,44		0,35	10	5,2	610	105	5	8,4	14,6
18/07/95	6,18	5,45	67	0,51	15	< 2	570	40	15	7,7	48,4
28/08/95	6,36	5,80	63	0,60	18	< 2	500	10	20	7,7	75,3
18/09/95	6,08	6,09	84	0,75	19	3,9	980	80	250	10,0	
27/09/95	6,16	5,99	92	0,60	14	< 2	700	70	150	9,6	15,0
18/10/95	6,07	5,58	102	0,50	9	< 2	770	85	250	10,8	
Middel	6,17	5,75	78	0,53	15	2,7	681	88	100	8,7	32,6
Bjorendalstjern											
23/05/95	6,29	6,52	48	0,53	13	3,3	690	275	15	5,8	4,1
22/06/95	6,25	6,35		0,40	10	2,4	690	165	20	7,3	2,6
18/07/95	6,31	6,34	52	0,41	14	1,9	490	130	35	6,6	3,4
28/08/95	6,32	6,69	50	0,40	8	2,0	580	130	35	6,1	3,5
27/09/95	6,05	5,82	80	0,50	19	1,9	610	140	5	9,5	16,8
18/10/95	6,00	5,74	84	0,40	9	1,9	730	140	50	8,9	
Middel	6,20	6,24	63	0,44	12	2,2	632	163	27	7,4	6,1

Tabell 3. Middeler verdier for et utvalg kjemiske parametre fra perioden 1988-1995.

År	Antall målinger	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	Orto-P µg P/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg N/l	NH ₄ -N µg N/l	TOC mg/l	Kl.a µg/l
Mjåvann										
1988	3	5,13	-	9	-	612	-	117	-	-
1989	3	5,33	60	17	-	510	-	42	-	-
1990	3	6,57	51	24	-	512	-	47	-	-
1991	7	6,97	52	12	2,7	391	71	73	-	13,7
1993	6	6,59	53	13	2,0	418	129	33	7,1	30,9
1994	7	5,80	57	11	4,1	508	99	26	7,6	16,1
1995	7	5,75	78	15	2,7	681	88	100	8,7	32,6
Middel		6,02	59	14	2,9	519	97	63	7,8	23,3
Bjorendalstjern										
1988	3	5,70	-	11	-	765	-	200	-	-
1989	3	6,53	33	10	-	660	-	31	-	-
1990	3	7,60	54	17	-	648	-	42	-	-
1991	7	7,47	58	15	3,0	500	140	67	-	7,3
1993	6	7,71	43	12	2,0	356	152	33	6,1	8,5
1994	7	5,52	49	10	2,2	619	172	30	6,6	3,9
1995	6	6,24	63	12	2,2	632	163	27	7,4	6,1
Middel		6,68	50	12	2,4	597	157	61	6,7	6,5

Basert på eksisterende fosforbelastningsmodeller for grunne innsjøer (Berge 1987) kan Mjåvann med et middeldyp på 5.1 meter tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på 16-18 $\mu\text{g/l}$ (figur 5). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 15 $\mu\text{g P/l}$ i 1995, noe som altså såvidt kan karakteriseres som akseptabelt. Ut fra samme modellbetraktning må klorofyllkonsentrasjoner over 8-9 $\mu\text{g/l}$ karakteriseres som uakseptabelt i Mjåvann. Midlere klorofyllkonsentrasjon i 1995 var 33 $\mu\text{g/l}$, men tatt i betraktning at en stor del av biomassen sannsynligvis også i 1995 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 næringssaltkonsentrasjonen i overflatevannet.

Bjorendalstjern har et antatt middeldyp på 8 meter (Hindar 1992) og kan derfor tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på 11-13 $\mu\text{gP/l}$ og en klorofyllkonsentrasjon på 6-7 $\mu\text{g/l}$ (figur 10). Midlere konsentrasjon av total fosfor i Bjorendalstjern var 12 $\mu\text{gP/l}$ i 1995, altså på grensen av det akseptable. Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjorendalstjern var i 1995 i overkant av akseptabelt nivå med 6,1 $\mu\text{g/l}$.



Figur 10. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelskonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) i 1994 er markert for Mjåvann (Mj) og Bjorendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987).

Figurene 6 til 9 viser variasjonene i næringssaltkonsentrasjon i Mjåvann og Bjorendalstjern siden 1988. Konsentrasjonen av total fosfor har variert forholdsvis mye i begge innsjøer. De høyeste konsentrasjonene på 25 $\mu\text{g P/l}$ kan skyldes utvasking fra

nedbørfeltene under kraftige nedbørepisoder og/eller at organismer som inneholder fosfor (f.eks. algen *Gonyostomum semen*) foretar vertikale migrasjoner i vannmassene (Kaste 1995a). Konsentrasjonen av total nitrogen har variert mindre, relativt sett, enn fosfor i de to innsjøene.

I 1995 ble det målt maksimal-konsentrasjoner av total fosfor på ca. 20 µg/l i begge innsjøer. Overløpet fra Heftingsdalen i september så ikke ut til å ha økt konsentrasjonen av total fosfor i Mjåvann i nevneverdig grad. En viss økning i konsentrasjonen av løst fosfat, fra deteksjonsgrense-nivå til 4 µg P/l i perioden 28/8 - 18/9, kan ha vært forårsaket av overløpet. Raskt opptak i algebiomassen førte trolig til at konsentrasjonen av løst fosfat var nede på opprinnelig nivå igjen en uke senere.

Overløpet fra Heftingsdalen i 1995 var trolig årsak til at ammoniumkonsentrasjonen i tiden mellom 28/8 og 18/9 ble mer enn tidoblet, fra 20 til 250 µg N/l. Samtidig økte også nitratkonsentrasjonene i innsjøen fra deteksjonsgrense-nivå til omlag 80 µg N/l. Noe av nitratøkningen kan dermed skyldes oksydasjon av ammonium fra sigevannspåvirkningen. Prøver av sigevannet som rant over demningen på denne tiden viste en ammoniumkonsentrasjon på 38 mg/l. Det ble ikke registrert tilsvarende endringer i ammoniums- eller nitrat-konsentrasjonen i Bjorendalstjern i det samme tidsrommet.

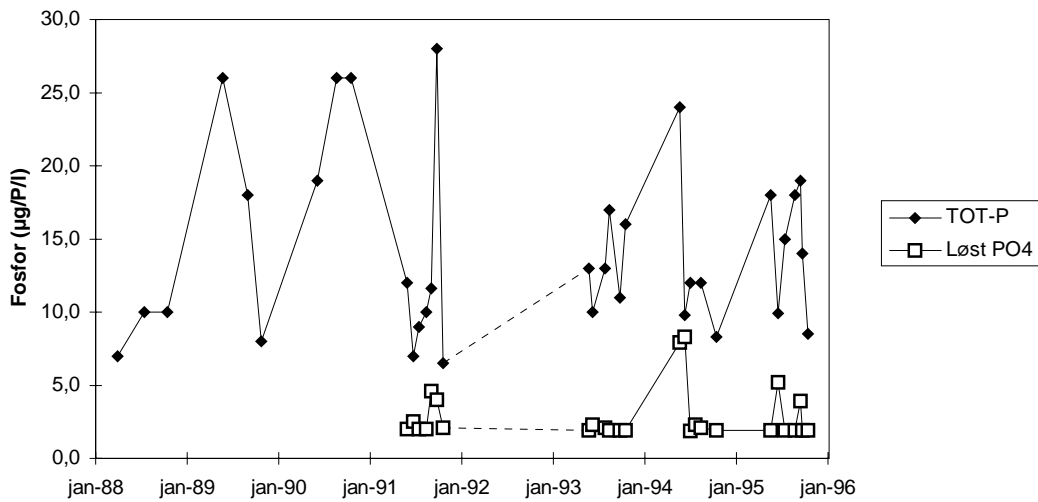
Vannkvalitetsutvikling 1988-1995

Mjåvann og Bjorendalstjern hadde i 1995 et noe høyere innhold av organisk stoff, målt som TOC og farge, enn det som tidligere er registrert (tabell 3). Forholdet kan trolig settes i sammenheng med tørken i juli / august og påfølgende erosjon i forbindelse med kraftig nedbør i september.

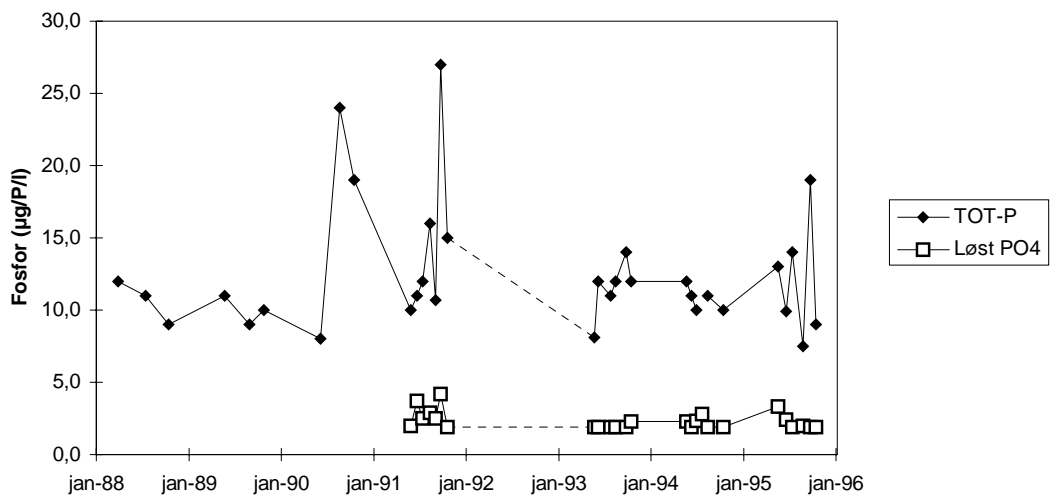
Årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor i Mjåvann var i 1995 den høyeste siden 1989 / 1990. Det må her legges til at de vannkjemiske resultatene for perioden 1991-1994 ikke er direkte sammenlignbare med data fra årene 1988-90, da det kun foreligger tre prøvetakinger per år fra den tidligste perioden. Liten vannutskifting i forbindelse med den varme og nedbørfattige ettersommeren 1995 er en mulig årsak til de forhøyede fosforverdiene.

Den gjennomsnittlige algebiomassen, målt som klorofyll, var i 1995 den høyeste som er registrert i Mjåvann siden klorofyll-målingene kom i gang i 1991. Årsaken til de store klorofyll-svingningene i perioden 1991-1995 er trolig at flagellaten *Gonyostomum semen* dominerer planteplanktonet. 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). Ved vurdering av innsjøen næringsstatus bør det derfor legges mer vekt på fosfor-konsentrasjonen enn klorofyll-konsentrasjonen. I Bjorendalstjern var fosforkonsentrasjonen og algebiomassen i 1995 gjennomgående høyere enn i 1994, men lavere enn både i 1991 og 1993.

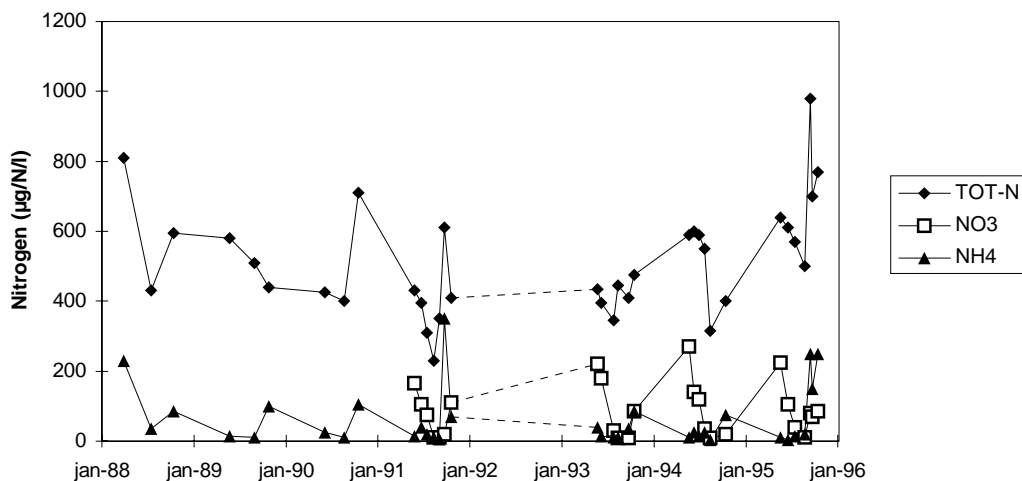
Ammonium var den eneste parameteren som viste ulik utvikling i de to innsjøene. Den forhøyede ammoniumkonsentrasjonen i Mjåvann høsten 1995 kan trolig settes i direkte sammenheng med overløpet fra Heftingsdalen i september.



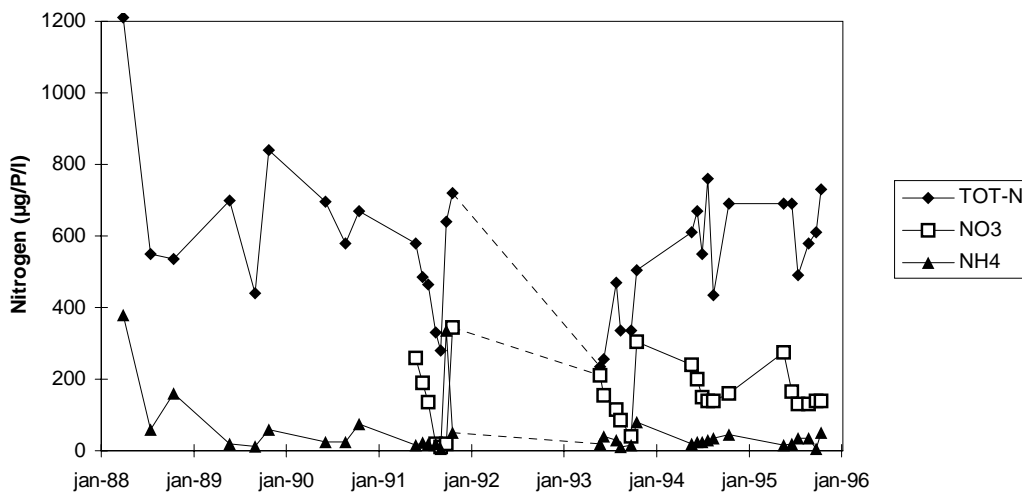
Figur 6. Variasjon i konsentrasjonen av fosforfraksjoner i Mjåvann 1988-1995.



Figur 7. Variasjon i konsentrasjonen av fosforfraksjoner i Bjorendalstjern 1988-1995.



Figur 8. Variasjon i konsentrasjonen av nitrogenfraksjoner i Mjåvann 1988-1995.



Figur 9. Variasjon i konsentrasjonen av nitrogenfraksjoner i Bjørendalstjern 1988-1995.

3.3. Forekomst av tarmbakterier

Vannprøver til analyse av termotabile koliforme bakterier (TKB) ble i 1995 samlet 7 ganger i Mjåvann og 5 ganger i Bjørendalstjern. Resultatene fra bakteriemålingene er vist i tabell 4.

Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann ble i 1994 endret fra <50 til <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall (Statens helsetilsyn 1994). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltresultatene (SIF 1976, 1987). I SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann er 50 TKB/100ml brukt som grense for betegnelsen godt egnet badevann (Holtan og Rosland 1992).

Det ble i 1994 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i 85-100% av prøvene fra de tre stasjonene i Mjåvann (tabell 4). Dette er en høyere frekvens enn i 1994, men omtrent på linje med resultatene for 1993. Det ble gjennomgående registrert høyere konsentrasjoner av TKB i Mjåvann i 1995, sammenlignet med 1994. Det må her legges til at Mjåvann i 1994 hadde svært god hygienisk kvalitet sammenlignet med tidligere år. I gjennomsnitt for hele prøveperioden i 1995 ble det registrert 7-31 TKB/100ml på de tre stasjonene i Mjåvann.

De høyeste bakteriekonsentrasjonene ble registrert i den øvre delen av innsjøen rett etter oversvømmelsen i Heftingsdalen (110-160 TKB/100 ml). En uke senere var imidlertid konsentrasjonene nede på nivået som kjennetegnet tiden før oversvømmelsen (~ 10 TKB/100ml). I "bade-månedene" juni-august lå bakteriekonsentrasjonen mellom 4 og 24 TKB/100 ml i innsjøen, noe som må kunne karakteriseres som tilfredsstillende i henhold til helsemyndighetens anbefalinger (Statens helsetilsyn 1994). Den beste hygieniske vannkvaliteten fant en nesten uten unntak i den sørligste delen av innsjøen (tabell 4). I Bjørendalstjern ble det registrert TKB i 3 av 5 prøver i 1995, med 7 TKB/100 ml som den høyeste bakteriekonsentrasjonen.

Den hygieniske vannkvaliteten i Mjåvann i 1995 var dårligere enn i de to foregående år (tabell 5). Dette skyldes i hovedsak overløpet fra Heftingsdalen i september 1995, som førte til en kortvarig forverring av de hygieniske forholdene i innsjøen. Gjennomsnittskonsentrasjonen av TKB i 1995 var omlag på nivå med, eller noe lavere enn i de "dårlige" årene 1988, 1990 og 1992. I tillegg til belastningen som overløpet i september representerte, er det sannsynlig at bakterietallene i Mjåvann påvirkes av mengden måker som oppholder seg omkring søppelfyllplassen. En kan derfor også i årene framover forvente svingninger i bakteriekonsentrasjonen i takt med måkebestanden i området.

Tabell 4. Antall termostabile koliforme bakterier per 100 ml prøvevann i Mjåvann og Bjorendalstjern i 1995.

	Mjåvann			Bjorendalstjern
	Nord	Hovedst.	Sør	
23/05/95	9	5	1	
22/06/95	4	6	9	0
18/07/95	23	24	14	7
28/08/95	16	12	4	2
18/09/95	110	160	10	
27/09/95	10	10	10	0
18/10/95	1	0	1	1
Middel	25	31	7	2
Frekvens (%)	100	86	100	60

Tabell 5. Termostabile koliforme bakterier i årene 1988-1994 (middeltall).

År	Ant. målinger	Mjåvann - nord	Mjåvann - hovedst.	Mjåvann - sør	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

3.4. Kjemiske analyser fra prøvebrønnene

For å kunne registrere sigevannspåvirkning av Mjåvann fra Heftingsdalen, er det satt ned to prøvebrønner mellom søppelplassen og innsjøen. Arendal kommune tok i 1995 i alt 6 prøver fra prøvebrønnene.

Resultatene fra de kjemiske analysene av prøvebrønnene viste ingen vesentlige endringer sammenlignet med 1993 og 1994 for de fleste parametre (tabell 6 og 7). Det er imidlertid registrert stigning i middelkonsentrasjon av total nitrogen både i den østre og vestre prøvebrønnen siden 1993. Middelkonsentrasjonen av bly var 5,1 og 4,4 µg Pb/l i hhv. den vestre og østre brønnen (tabell 6). Folkehelsa setter grenseverdien for drikkevann (kranvann) ved 20 µg Pb/l (SIF 1987). Det ble registrert en enkeltverdi av kvikksølv (1,8 µg Hg/l) som lå over Folkehelsas grenseverdi for kranvann (0,5 µg Hg/l). Ingen enkeltverdier av kadmium oversteg drikkevannsnormene for kranvann i 1995 (5 µg Cd/l). Den høyeste kadmiumkonsentrasjonen i 1995 ble målt i den vestre prøvebrønnen (0,59 µg Cd/l).

Tabell 6. Kjemiske analyser fra prøvebrønner, pumpestasjon og sigevann i 1995.

Dato	Kond mS/m	Tot-P µg/l	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-V									
24/01/95	11,20	18	25	2700	4,1	80	2,65	0,14	1,80
14/03/95	12,40	46	< 5	3000	3,0	640	10,10	0,59	<0,5
14/06/95	5,64	26	10	1000	4,4	775	9,70	0,20	<0,5
10/08/95	8,98	42	15	1100	4,4	560	2,85	< 0,1	<0,5
18/10/95	11,40	20	< 5	5200	4,0	465	1,85	0,17	<0,5
13/12/95	19,20	11	10	780	1,6	240	3,53	0,18	<0,5
Middel	11,47	27	12	2297	3,6	460	5,11	0,23	0,72
Brønn-Ø									
24/01/95	6,56	10	15	780	5,6	140	1,96	0,25	<0,5
14/03/95	6,20	28	< 5	600	4,1	350	2,80	0,27	<0,5
14/06/95	6,74	43	15	1130	5,2	455	9,90	0,17	<0,5
10/08/95	13,30	11	10	950	2,8	625	5,32	< 0,1	<0,5
18/10/95	8,39	36	< 5	2100	10,5	335	2,32	0,20	<0,5
13/12/95	11,90	14	< 5	5600	3,0	360	4,16	0,21	<0,5
Middel	8,85	24	9	1860	5,2	378	4,41	0,20	<0,5
Sigevann									
24/01/95	201,00	930	106000	106000	151,0	21000	51,70	1,20	<0,5
14/03/95	202,00	1050	104000	104000	79,8	15300	39,80	1,08	<0,5
14/06/95	192,00	2530	100000	128000	90,7	19900	191,00	1,27	<0,5
10/08/95	484,00	3200	270000	270000	253,0	29500	20,70	0,34	<0,5
18/09/95	99,70	900	39000	39200	129,0	11900	10,20	1,00	<0,5
19/09/95	100,00	750	37000	39200	115,0	11500	10,00	1,13	<0,5
18/10/95	333,00	1950	220000	220000	133,0	20500	6,50	0,14	<0,5
13/12/95	172,00	470	100000	100000	57,8	10000	28,80	0,27	<0,5
Middel	222,96	1473	122000	125800	126,2	17450	44,84	0,80	<0,5

Tabell 7. Årsmidler fra prøvebrønner og sigevann i perioden 1993-1995.

Dato	Kond mS/m	Tot-P µg/l	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-V									
1993	9,20	22	23	583	4,6	463	6,24	0,15	<0,5
1994	9,53	21	25	983	4,0	476	5,95	0,24	<0,5
1995	11,47	27	12	2297	3,6	460	5,11	0,23	0,72
Brønn-Ø									
1993	7,50	24	31	1119	5,3	733	4,53	0,16	<0,5
1994	6,85	26	45	1281	4,6	730	8,71	0,21	<0,5
1995	8,85	24	9	1860	5,2	378	4,41	0,20	<0,5
Sigevann									
1993	205,30	3497	102200	114340	119,0	13312	11,00	0,60	<0,5
1994	287,66	3199	154786	169286	185,0	22857	18,10	0,63	<0,5
1995	222,96	1473	122000	125800	126,2	17450	44,84	0,80	<0,5

Vannkvaliteten i prøvebrønnene skiller seg såvidt lite fra vannkvaliteten i selve innsjøen at vannmassene neppe forurenses nevneverdig via grunnvannet. Det er imidlertid fortsatt grunn til å følge vannkvaliteten både i Mjåvann og i grunnvannsbrønnene for å registrere eventuelle endringer i dette forholdet over tid. Blant annet bør utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i grunnvannet følges framover.

3.5. Kjemiske analyser av sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett.

I henhold til utslippstillatelsen skal det tas prøver av sigevannet fra søppelfyllplassen. Hensikten med dette er å karakterisere vannet som tas inn på det kommunale avløpsnett, samt å ha en dokumentasjon på sigevannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann. I 1995 ble det i alt tatt 8 prøver.

Sigevannet var som i 1993 og 1994 sterkt forurensset av fosfor, nitrogen, jern og organisk stoff. Det reduserende miljøet i fyllinga fører ved siden av høye jernkonsentrasjoner til at en stor del av nitrogenet (~90%) foreligger som ammonium (tabell 6 og 7). Det ble i 1994 registrert en stigning i middelkonsentrasjonene av nitrogen, organisk stoff, jern og bly på 50-70% i forhold til 1993. For de tre førstnevnte stoffene ble det registrert en reduksjon i 1995, slik at årsmiddelet la seg et sted mellom 1993 og 1994-nivået. Når det gjelder bly, ble det registrert en ytterligere økning i 1995 til et gjennomsnitt på omlag 44 µg/l. Videre overvåking vil vise om dette er begynnelsen på en trend som følger alderen på søppelfyllingen. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium i sigevannet i 1995 var 0,8 µg/l, mens kvikksølvkonsentrasjonen lå på nivå med grunnvannsbrønnene.

Faren for forurensning av Mjåvann fra Heftingsdalen søppelfyllplass vil være liten, så lenge sigevannet ledes utenom innsjøen og vannkvaliteten i grunnvannet holder seg på dagens nivå. Overløpet fra sigevannsdammen i september fikk, bortsett fra enkelte korttidseffekter, ikke målbare negative følger for den generelle vannkvaliteten i Mjåvann.

Litteratur

- 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.
- Cronberg, G., Lindmark, G. og Bjørk, S. (1988). Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes - an effect of acidification ? *Hydrobiologia* 161: 217-236.
- DNMI 1996. Daglige nedbørhøyder i 1995 fra meteorologisk stasjon 3606 Arendal brannstasjon. Det norske meteorologiske 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.
- Holtan, H. og Rosland, D.S. (1992). Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06, TA-905/1992, 32 s.
- Hongve, D., Løvstad, Ø. og Bjørndalen, K. (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.
- Kroglund, F og Hindar, A. (1990). Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1989. NIVA-rapport, løpenr. 2437, 12 s.
- Kroglund, F og Hindar, A. (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 Boman, E. (1986). Mjåvann - Songevassdraget 1985. Undersøkelser i vassdraget, før anleggelse av søppelfyllplassen i Heftingsdalen. NIVA-notat O-85063, 19 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

SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra 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, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske.

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder fra 1992 (Holtan og Rosland 1992).

Virksomheter av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	Totalfosfor ($\mu\text{g P/l}$)	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Klorofyll a ($\mu\text{g kl.a/l}$)	<2	2-3,7	3,7-7,5	7,5-20	>20
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Organiske stoffer	TOC (mg C/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	KOF _{Mn} (mg O/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
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Forsurende stoffer	Alkalitet (mmol/l)	>0,2	0,05-0,2	0-0,05	0	0
	pH	>6,7	6,0-6,7	5,3-6,0	4,7-5,3	<4,7
Miljøgifter	Kobber ($\mu\text{g Cu/l}$)	<2	2-5	5-15	15-20	>50
	Sink ($\mu\text{g Zn/l}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
	Kadmium ($\mu\text{g Cd/l}$)	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Bly ($\mu\text{g Pb/l}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
	Nikkel ($\mu\text{g Ni/l}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
	Krom ($\mu\text{g Cr/l}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
	Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/l}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3
	Aluminium ($\mu\text{g Al/l}$)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Jern ($\mu\text{g Fe/l}$)	<50	50-100	100-300	300-600	>600
	Mangan ($\mu\text{g Mn/l}$)	<20	20-50	50-100	100-150	>150
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)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termostabile koli. bakt. (antall/100 ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000