

Undersøkelse av  
Gulfjellsvassdraget  
i 2004



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

Rådgivende Biologer AS

776





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Undersøkelse av Gul fjellsvassdraget i 2004

**FORFATTERE:**

Annie Elisabeth Bjørklund

Geir Helge Johnsen

Erling Brekke

**OPPDRAKSGIVER:**

Bergen kommune, Tekniske tjenester, Vann- og avløpsetaten, Postboks 7700, 5020 Bergen

**OPPDRAGET GITT:**

April 2004

**ARBEIDET UTFØRT:**

April 2004 – januar 2005

**RAPPORT DATO:**

31. januar 2005

**RAPPORT NR:**

776

**ANTALL SIDER:**

41

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-413-6

**EMNEORD:**

- Drikkevann
- Eutrofi

**SUBJECT ITEMS:**

- Tarmbakterieforurensning
- Bergen kommune

**RÅDGIVENDE BIOLOGER AS**

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082 - MVA

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78    Telefax: 55 31 62 75

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag av Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune, gjennomført en undersøkelse av vannkvaliteten i de to drikkevannskildene Svartavatnet og Kurlatjørne på Gulfjellet, samt foretatt en kartlegging av forurensningstilførslene i vassdraget. Den foreliggende undersøkelsen er delt opp i tre hovedelementer:

- 1) Eutrofieringsundersøkelse av Svartavatnet og Kurlatjørne med de viktigste innløpselvene.
- 2) Kartlegging av bakteriologisk forurensning fra nedbørfeltet.
- 3) Vurdering av nedbørfelt og sjiktningsmønster som et element i en hygienisk barriere

Prøvetakingen med hensyn på bakteriologiske forurensningskilder ble gjennomført ved ti prøvetakinger i perioden april til november 2004, mens eutrofieringsundersøkelsen og vurderingen av hygieniske barrierer ble gjennomført med seks månedlige prøver i perioden mai til oktober 2004.

De bakteriologiske og vannkjemiske analysene er gjennomført av Chemlab Services AS. Algeprøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Rådgivende Biologer AS takker Bergen kommune ved Kjell Rypdal for oppdraget.

Bergen, 15. januar 2005

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord.....	- 2 -
Innholdsfortegnelse .....	- 2 -
Sammendrag.....	- 3 -
1. Innledning.....	- 4 -
2. Beskrivelse av Gulfjellsvassdraget.....	- 6 -
3. Gjennomføring av undersøkelsen i 2004 .....	- 10 -
4. Resultater fra undersøkelsen i 2004 .....	- 14 -
5. Vurdering av resultatene .....	- 27 -
6. Vedleggstabeller.....	- 33 -
7. Litteratur.....	- 40 -

## SAMMENDRAG

*Bjørklund, A.E., G. H. Johnsen & E. Brekke 2004. Undersøkelse av Gul fjellsvassdraget i 2004. Rådgivende Biologer AS rapport nr. 776. 41 sider, ISBN 82-7658-413-6.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Bergen kommune, gjennomført en undersøkelse av drikkevannskildene Svartavatnet og Kurlatjørne og tilhørende nedbørfelter til Gul fjellet vannverk. Undersøkelsen beskriver tilstanden i vassdraget og dokumenterer de viktigste forurensningskildene, samt forhold som har betydning ved vurderingen av vassdraget som en naturlig hygienisk barriere. Prøvetakingene med hensyn på generell tilstand ble gjennomført med seks månedlige prøvetakinger i perioden mai til oktober, og prøvetakingen med hensyn på forurensningskilder med ti prøvetakinger i perioden april til november 2004

**Tilstanden** i vassdraget er meget bra med hensyn på innhold av næringsstoffer og virkningen av organisk stoff (SFT klasse I = "meget god"). Dette gjelder begge innsjøene og samtlige innløpselver, og tilsvarer den forventede naturtilstand i området. Den bakteriologiske tilstanden er god, bortsett fra i beitesesongen da det meste av vassdraget er forurenset, og de enkelte stedene ble klassifisert i tilstandsklasse II – III ("god" – "mindre god", 90 persentilen). Tilstanden er spesielt dårlig i perioder med mye nedbør.

Dominerende **forurensningskilde** er husdyr som beiter i nedbørfeltet. Nedbørperioder i beitesesongen medfører stor forurensningstilførsel til vassdraget. Beitesesongen omfatter perioden juni til september, men forurensningene registreres i en lengre periode utover høsten på grunn av møkk som ligger igjen i nedbørfeltet. Klausuleringen av nedbørfeltet tillater kun sau på beite, men kyr ble observert ved en av prøvetakingstidspunktene.

Resultatene viste et geografisk mønster, som trolig har sammenheng med hvor attraktivt og hvor lett tilgjengelig de enkelte delene av nedbørfeltet er for husdyrene:

1. Området rundt Kurlarinden var mest forurenset, spesielt elva fra Austrerinden til Svartavatnet.
2. Området mot Herlandsfjellet var moderat forurenset.
3. Området mot Gul fjellet var lite forurenset.

I de sentrale deler av vassdraget ble det påvist en annen type forurensning, men denne var atskillig mindre. I disse områdene er det turstier, og mulige forurensningskilder der er tilførsler fra toalettet på Redningshytten eller tilførsler fra hunder/hester som bruker disse veiene.

Ingen del av vassdraget, verken nedbørfeltet eller sjiktningmønsteret i innsjøene, tilfredsstilte kravet til en naturlig **hygienisk barriere** med dagens belastningsmengde. Dersom de naturgitte forholdene skal oppfylle disse kravene kan ikke nedbørfeltet brukes som beiteområde for noen type husdyr.

# 1. INNLEDNING

Gulfjellet vannverk bidrar med over 30 % av den samlede drikkevannsforsyningen i Bergen. Svartavatnet er hovedvannkilden, men det suppleres i varierende grad med vann fra det nedenforliggende Kurlatjørni, og de er råvannskilde for rundt 97.000 innbyggere i Bergen kommune. Det er utarbeidet klausuleringsbestemmelser for bruken av nedbørfeltet til drikkevannskildene, men det er tillatt å bruke nedbørfeltet som beiteområde for sau. Det er også betydelig aktivitet knyttet til friluftsliv på Gulfjellet.

Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften, Sosial- og helsedep. 2002) som trådte i kraft 1. januar 2002 vektlegger en del viktige prinsipper i norsk vannforsyning. Forskriftens § 14, første ledd, framholder at man så langt som mulig velger gode vannkilder og beskytter disse mot forurensning, slik at vannkilden kan fungere som hygienisk barriere. Dette gir et bedre sikkerhetsnivå enn man oppnår ved å fjerne eller uskadeliggjøre forurensningskomponenter gjennom vannbehandling. I forskriftens tredje ledd, stilles det krav om at godkjenningspliktige vannverk skal ha minimum 2 uavhengige hygieniske barrierer. De hygieniske barrierene skal ikke bare omfatte smittestoffer men også kjemiske og fysiske stoffer med helsemessig betydning. Fastsettelse av de hygieniske barrierene skal være basert på en helhetstenking, dvs. en vurdering av både vannkilde med tilhørende tilsigsområde og beskyttelse av disse, vannbehandling og distribusjon.

Bergen kommunes egne målinger av råvannskvaliteten har påvist betydelig bakteriell forurensning i enkelte tider på året. Råvannskvaliteten er generelt sett god om vinteren og våren, men vanligvis svært ustabil med hensyn på bakterieforurensning fra ettersommeren og ut året. Spesielt gjelder dette for Kurlatjørni, og bruken av denne innsjøen som ekstra råvannskilde begrenses eller stanses i perioder med dårlig vannkvalitet.

For å begrense forurensning har Bergen kommune utarbeidet klausuleringsbestemmelser som begrenser bruken av innsjøene og nedbørfeltet til turgåing og beiting av sau. Eneste tillatte bebyggelse er Redningshytten, som har påbud om tett kloakktank og ved tømning skal slammet deponeres utenfor nedbørfeltet.

Ettersom aktivitetene i nedbørfeltet Svartavatnet og Gulfjellet er regulert på denne måten, vil aktuelle forurensninger begrense seg til mikroorganismer som bakterier, virus og parasitter. Det er imidlertid ikke mulig å undersøke på alle potensielle skadelige mikroorganismer i vann. I stedet undersøker man for fekale indikatorbakterier og i Drikkevannsforskriften er det spesifisert hvilke bakterietyper som skal brukes ved undersøkelser og vurdering av drikkevannskilder.

Det er mange krav til den ideelle indikatorbakterien; den skal alltid være til stede i stort antall i feces, eneste reservoar skal være feces, den skal ikke formere seg ute i naturen og den må ha bedre overlevelse ute i naturen enn de sykdomsfremkallende bakteriene (oppsummert i Østensvik 1998). I tillegg må den være enkel å identifisere og den må tåle vannbehandling bedre enn de sykdomsfremkallende bakteriene.

Det er ingen enkeltbakterie som oppfyller alle disse kravene, og man er derfor henvist til å bruke flere typer indikatorbakterier. I denne sammenheng er fire typer valgt ut i henhold til Drikkevannsforskriften; *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, intestinale enterokokker og koliforme bakterier.

*Escherichia coli* har alltid vært den mest sentrale parameteren for å påvise avføring fra mennesker eller dyr. Bakterien overlever kun kort tid i vann og finnes ikke naturlig i jord og vann. Det har vært ulike identifikasjonsmetoder på denne, og tidligere metoder har påvist "termotolerante koliforme bakterier" som i all hovedsak tilsvarer *E. coli*. Den nye metoden som identifiserer *E. coli* skal imidlertid være enda mer spesifikk på tarmbakterier fra mennesker og varmblodige dyr.

Intestinale enterokokker og *Clostridium perfringens* finnes begge i avføring fra varmblodige dyr og mennesker, men de kan også finnes i naturen i jord og vann. Funn av disse bakteriene i vann viser derfor mulig, men ikke sikker, forurensning av tarmbakterier. *C. perfringens* kan danne sporer og derfor både overleve lenge i vann og være vanskelig å ta knekken på ved desinfisering med klor. Enterokokkene danner ikke sporer men overlever lengre i vann enn de koliforme gjør.

Koliforme bakterier har også vært brukt i lang tid for å påvise forurensning av gammel kloakk. Dette er imidlertid en samling av flere typer bakterier, der mange av dem hovedsakelig finnes i naturen. Gruppen står likevel i forskriften og vil derfor også bli tatt med i denne undersøkelsen.

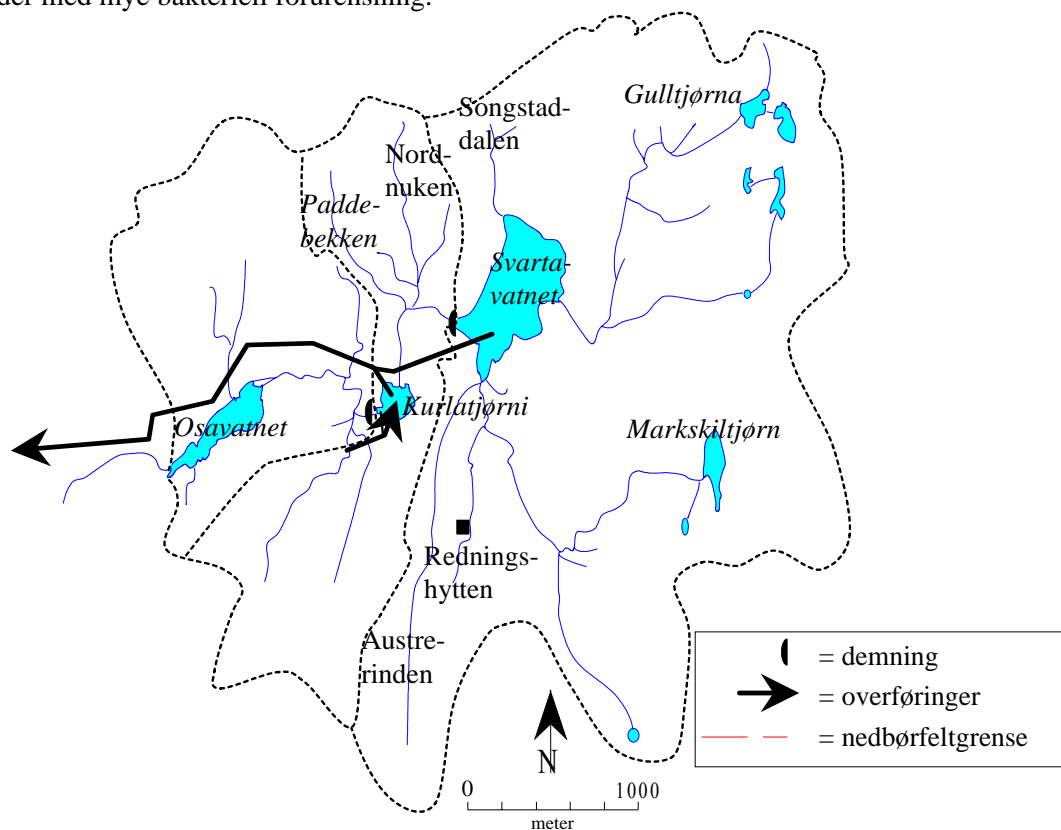
Det er ikke gjennomført noen undersøkelse av selve Gul fjellsvassdraget tidligere, og det ble derfor gjort en vannkjemisk og biologisk undersøkelse i vassdraget der begge innsjøene samt de viktigste innløpselvene er inkludert (**eutrofiundersøkelsen**). Undersøkelsen omfatter også en sanitær bakteriologisk undersøkelse av samtlige innløps og utløpselver for å kartlegge tilførselene til vassdraget (**kildeundersøkelsen**). I tillegg ble det tatt bakteriologiske prøver fra overflate- og dypvann i Svartavatnet og Kurlatjørni som et ledd i vurderingen av nedbørfelt og sjiktningsmønstre som deler av av naturlig hygienisk barriere (**hygienisk barriere undersøkelsen**). Rapporten omfatter også opplodding av Kurlatjørni med presentasjon av dybdekart for begge innsjøene.

## 2. BESKRIVELSE AV GULFJELLSVASSDRAGET

Gulfjellsvassdraget utgjør den østre delen av Arnaelva i Bergen kommune (NVE: 061.2) og består av tre “større” innsjøer og de små høytliggende tjernene Markskiltjørne og Gulltjørnene (**figur 2.1**). Svartavatnet (innsjønr.2081, 393 moh) og Kurlatjørne (innsjønr. 26710, 344 moh) er råvannskilder for Gulfjellet vannverk, mens den nedenforliggende innsjøen Osavatnet er den øverste av de “uregulerte” innsjøene i restvassdraget. Totalt drenerer drikkevannskildene et nedbørfelt på 10,9 km<sup>2</sup>. Dette inkluderer et felt på 1,14 km<sup>2</sup> som er tilført Kurlatjørne(**figur 2.1**).

Nedbørfeltet består stort sett av uberørte lyngkledd fjellområder med noe skog. Berggrunnen domineres av gneis og granitt med innslag av gabbro i de østligste deler av feltet. Nedbørfeltet er i utstrakt bruk som turområde og det benyttes som beiteområde for husdyr. Eneste bebyggelse der er Redningshytten som ligger i det lokale nedbørfeltet til Svartavatnet.

Vassdraget er regulert og både Svartavatnet og Kurlatjørne er oppdemmet. Hovedinntaksledningen for råvannet ligger i Svartavatnet, men det tas også inn vann fra Kurlatjørne. Sistnevnte kobles fra i perioder med mye bakteriell forurensning.



**Figur 2.1.** Kart over Gulfjellsvassdraget med nedbørfeltene til Svartavatnet og Kurlatjørne tegnet inn i samsvar med dagens overføringer. Demninger og overføringstunneler er også markert.



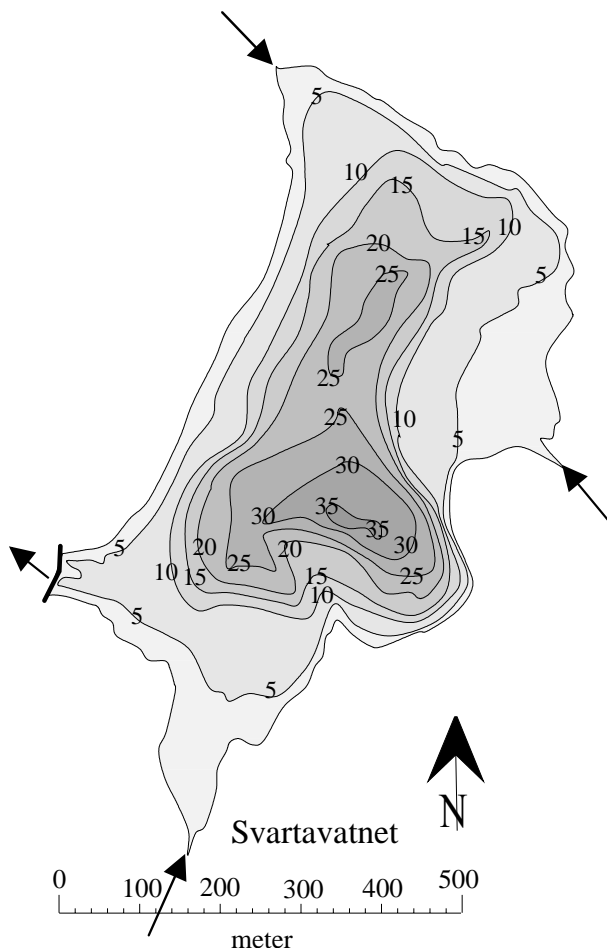
## Svartavatnet

Nedbørfeltet til Svartavatnet er på 8,66 km<sup>2</sup> (**tabell 2.1**). Årlig middelavrenning i nedbørfeltet (NVE 2002) varierer fra 210 l/s/km<sup>2</sup> i de øvre strøk til 120 l/s/km<sup>2</sup> ved Svartavatnet. Med en gjennomsnittlig årlig avrenning på 160 l/s/km<sup>2</sup>, vil innsjøen ha en tilrenning på rundt 44 mill. m<sup>3</sup> pr. år eller 120 m<sup>3</sup> pr. døgn.

Svartavatnet er 35 meter dypt (**figur 2.2**) og har et volum på 3,39 mill m<sup>3</sup> (**tabell 2.2**). Uten tapping av vann er teoretisk vannutskiftning beregnet til 13 ganger pr. år (**tabell 2.1**). Innsjøene er hovedvannkilden for Gulfjellet vannverk. Råvannsinntaket ligger på 27 meters dyp ved normal vannstand, ca. 4-5 meter over innsjøbunnen (Hansen 1998). I 2003 ble det tatt ut 13,2 mill. m<sup>3</sup> vann fra Svartavatnet (Vann og avløpsetaten, 2003). Uttaket tilsvarer omtrent 30 % av den årlige tilrenningen til innsjøen, og månedlig uttak tilsvarer alt vann under ca. 13 meters dyp.

**Tabell 2.1.** Morfologiske og hydrologiske data for Svartavatnet.

Innsjø	Nedbørfelt-areal (km <sup>2</sup> )	Tilrenning (mill.m <sup>3</sup> /år)	Volum (mill.m <sup>3</sup> )	Maks dyp (meter)	Snitt dyp (meter)	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	Utskiftning (ganger/år)
Svartavatnet	8,66	44	3,39	35	12	0,28	13



**Figur 2.2.** Dybdekart over Svartavatnet. Kartet er tegnet med fem-meters koter og baserer seg på kommunens eget kart. For arealer og volum av de enkelte sjikt se **tabell 2.2**.

**Tabell 2.2.** Areal og dybdeforhold i Svartavatnet. Arealet er av fem-meters kotene i **figur 2.2**, volumene er for tilsvarende sjikt og volumet under dypene er også angitt.

Dyp/Sjikt (meter)	Areal på dyp (km <sup>2</sup> )	Volum av sjikt (mill m <sup>3</sup> )	Volum under dyp (mill m <sup>3</sup> )
0 / 0-5	0,282	1,22	3,39
5 / 5-10	0,206	0,83	2,17
10 / 10-15	0,126	0,56	1,34
15 / 15-20	0,096	0,41	0,78
20 / 20-25	0,066	0,24	0,38
25 / 25-30	0,031	0,10	0,14
30 / 30-35	0,010	0,03	0,03
35 / -	0,002	0,00	0,00

## Kurlatjørne

Det naturlige nedbørfeltet til Kurlatjørne er på 9,77 km<sup>2</sup> (**tabell 2.3**). Av dette utgjør nedbørfeltet til Svartavatnet hele 89 %. Ettersom Svartavatnet er råvannskilde tappes mye til drikkevann, noe som reduserer tilrenningen til Kurlatjørne tilsvarende. For å øke tilrenningen blir to bekker ledet inn til innsjøen, slik at det lokale nedbørfeltet til Kurlatjørne blir på 2,25 km<sup>2</sup> totalt. Årlig middelavrenning der er på 120 l/s/km<sup>2</sup> (NVE 2002), og tilrenningen til Kurlatjørne fra det lokale nedbørfeltet blir da på 8,5 mill. m<sup>3</sup> pr. år.

I tillegg til avrenningen fra det lokale nedbørfeltet til Kurlatjørne kommer overløpet fra Svartavatnet. Mengden varierer mye fra år til år; i årene fra 2000 til 2003 har det årlige overløpet variert mellom 0,9 mill. m<sup>3</sup> i 2002 og 8 mill. m<sup>3</sup> i 2003. Dette betyr at vannutskiftningen i Kurlatjørne varierer mye, fra 61 ganger/år i 2002 til 154 ganger/år i 2003.

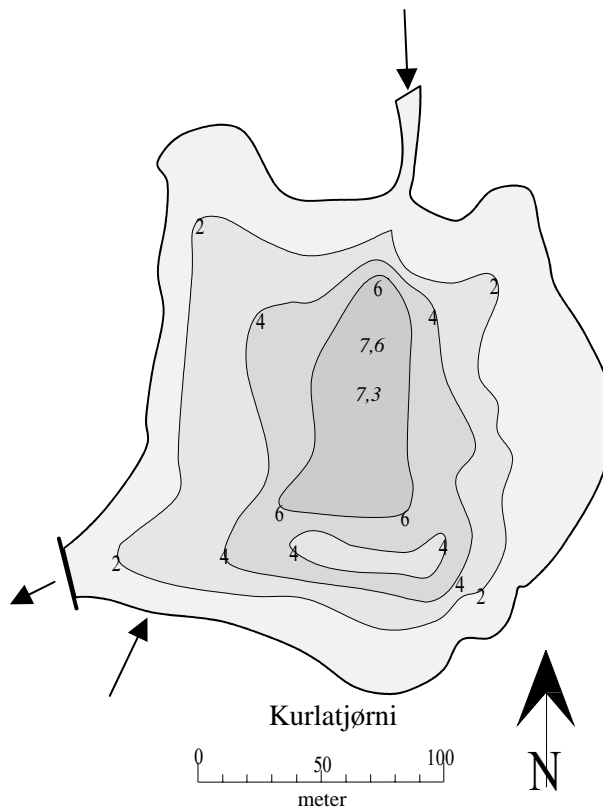
Ettersom innsjøen bare er i overkant av 7 meter dyp (**figur 2.3**) er det full omrøring i innsjøen hele tiden, og Kurlatjørne kan nærmest betraktes som en kulp i elva. Det tappes vann fra Kurlatjørne. Inntaksledningen ligger utenfor innløpselva fra Svartavatnet på ca. 3,5 meters dyp, - omtrent 3 meter over innsjøbunnen.

**Tabell 2.3.** Morfologiske og hydrologiske data for Kurlatjørne. \* =Arealet inkluderer nedbørfeltet til to elver som er ledet inn til innsjøen.

Innsjø	Nedbørfelt-areal (km <sup>2</sup> )	Tilrenning (mill.m <sup>3</sup> /år)	Volum (mill.m <sup>3</sup> )	Maks dyp (meter)	Snitt dyp (meter)	Innsjøareal (km <sup>2</sup> )	Utskiftning (ganger/år)
Kurlatjørne	2,25*	--	0,09	7,6	2,96	0,03	--

**Tabell 2.4.** Areal og dybdeforhold i Kurlatjørne. Arealet er av to-meters kotene i **figur 2.3**, volumene er for tilsvarende sjikt og volumet under dypene er også angitt.

Dyp/Sjikt (meter)	Areal på dyp (km <sup>2</sup> )	Volum av sjikt (mill m <sup>3</sup> )	Volum under dyp (mill m <sup>3</sup> )
0 / 0-2	0,031	0,05	0,09
2 / 2-4	0,017	0,03	0,04
4 / 4-6	0,009	0,01	0,02
6 / 6-	0,003	0,00	0,00



**Figur 2.3.** Dybdekart over Kurlatjørni. Kartet er tegnet med to-meters koter og baserer seg på ekkolodding av innsjøen utført i forbindelse med denne undersøkelsen. For arealer og volum av de enkelte sjikt se **tabell 2. 4**.

### 3. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN I 2004

Undersøkelsen i 2004 er delt opp i tre hovedelementer:

- 1) Eutrofieringsundersøkelse av Svartavatnet og Kurlatjørne med de viktigste innløpselvene.
- 2) Kartlegging av bakteriologisk forurensning fra nedbørfeltet (Kildeundersøkelsen)
- 3) Vurdering av Svartavatnet og Kurlatjørne med deres nedbørfelt som hygieniske barrierer.

#### Delundersøkelse 1. Eutrofiundersøkelsen

Svartavatnet og Kurlatjørne (**tabell 3.1.1, figur 3.1.1**) ble undersøkt månedlig i perioden mai til oktober 2004. Prøvene ble tatt ved innsjøenes dypeste punkt som blandeprobe fra de seks øverste meterne i Svartavatnet og de to øverste meterne i Kurlatjørne. I september ble i tillegg en dypvannsprøve undersøkt med hensyn på innhold av organisk stoff. Parallelt med disse ble det også tatt vannprøver i de største innløpselvene til de to innsjøene (**tabell 3.1.1, figur 3.1.1**).

Ved eutrofieringsprøvetakingene var det ekstremt mye nedbør i perioden like før prøvetakingen i september (**figur 3.1.2**). Før prøvetakingene i mai og juni var det også noe nedbør. Prøvene fra juli, august og oktober ble tatt i tørrværsperioder.

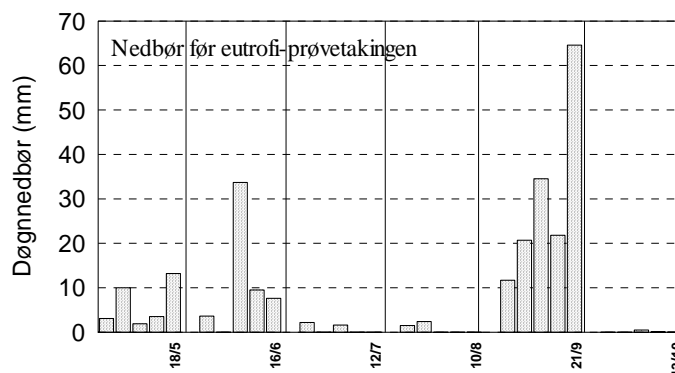
Prøvetakingsopplegget er utført i henhold til retningslinjer gitt av SFT i ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann” (SFT 1997). De bakteriologiske parametrene er imidlertid noe utvidet og samsvarer med kravene i gjeldene drikkevannsforskrift fra januar 2002 (Sosial- og helsedep. 2002).

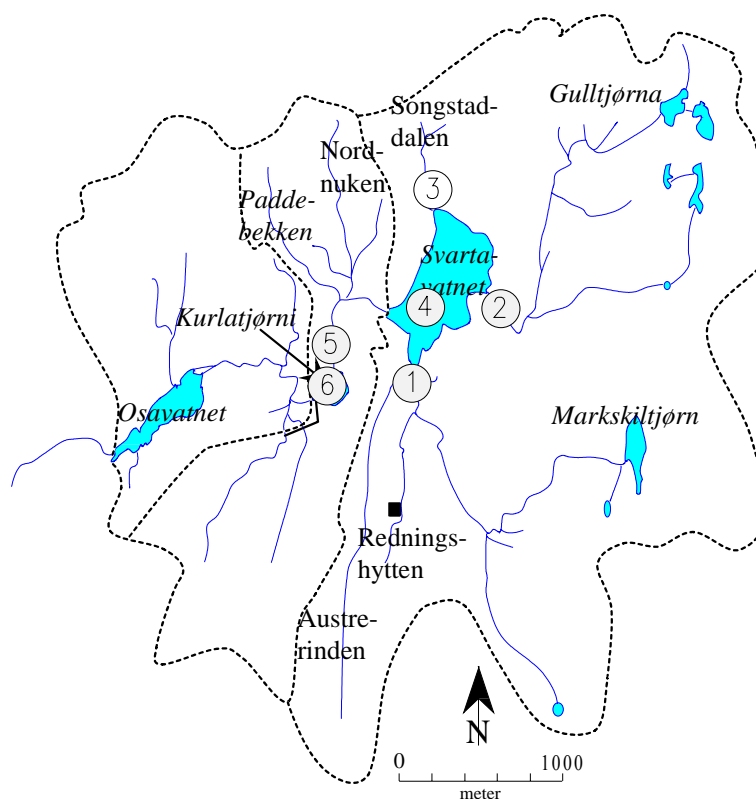
Analyseparametre for både elver og innsjøer var pH, total-fosfor, total-nitrogen fargetall, TOC (totalt organisk karbon) og turbiditet. I innsjøene ble tilleggsparemetrene siktedyp, temperaturprofiler, oksygenprofiler, kvantitativ algeprøve, klorofyll a og semikvantitativ dyreplanktonprøve tatt.

**Tabell 3.1.1.** Prøvetakingssteder i forbindelse med eutrofiundersøkelsen i Gulffjellsvassdraget i 2004. For nærmere stedfestelse se kart i **figur 3.1.1**.

Kart – punkt	UTM	Prøvetakingssted
1	LM 100 990	Innløpselv til Svartavatnet fra sør
2	LM 100 994	Innløpselv til Svartavatnet fra øst
3	LN 102 000	Innløpselv til Svartavatnet fra nord
4	LM 102 995	Svartavatnet
5	LM 095 990	Innløp til Kurlatjørne fra Svartavatnet
6	LM 095 989	Kurlatjørne

**Figur 3.1.2.** Døggnedbør ved Bergen-Florida de fem siste døgn før prøvetakingene i eutrofieringsundersøkelsen og hygienisk barriereundersøkelsen. Nedbøren er målt på angitte dato kl. 07/08 og er falt i løpet av de foregående 24 timene. Data er hentet fra det Norske Meteorologiske Institutt.





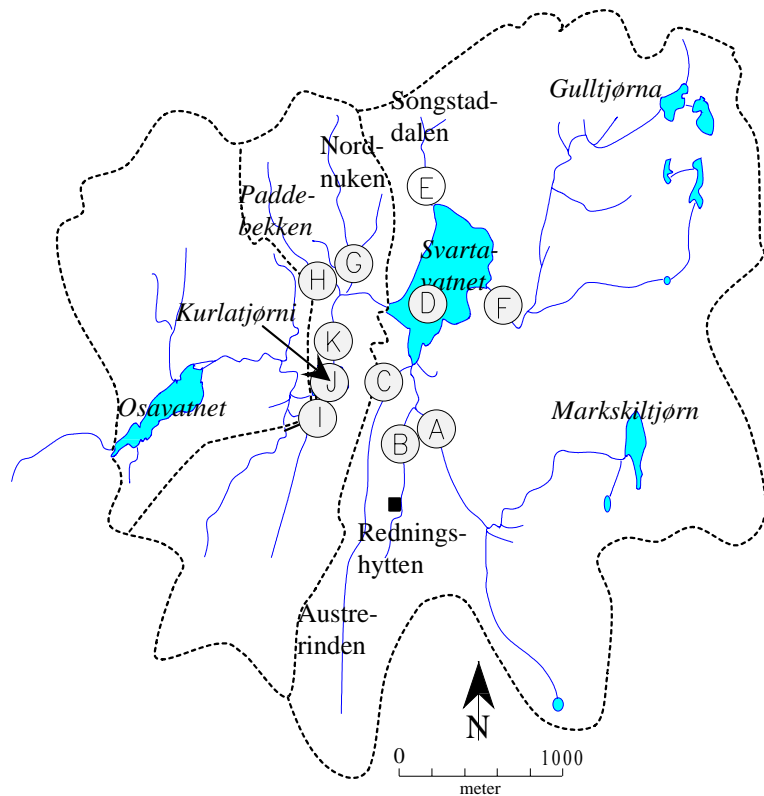
**Figur 3.1.1.** Gulffjellsvassdraget med prøvetaksstedsene for eutrofiundersøkelsen inntegnet. For nærmere beskrivelse av stedene se tabell 3.1.1.

## Delundersøkelse 2. Kildeundersøkelsen

I perioden april til november 2004 ble det tatt 10 prøver, tilnærmet månedlig, fra både hovedstrengen i vassdraget og de største sideelvene (**tabell 3.2.1, figur 3.2.1**). Prøvene ble undersøkt med hensyn på koliforme bakterier, *Escherichia coli*, intestinale enterokokker og *Clostridium perfringens*.

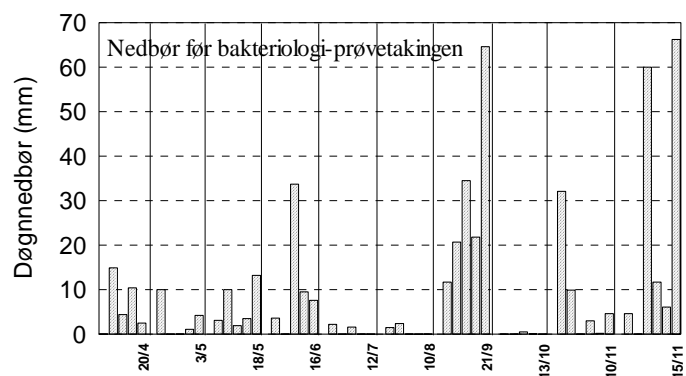
**Tabell 3.2.1.** Prøvetakssteder i forbindelse med den saniterbakteriologiske undersøkelsen i Gulffjellsvassdraget i 2004. For visning av stedene på kart se **figur 3.2.1**.

Vassdragsdel	UTM	Kartpunkt	Prøvetakssted
Hovedvassdraget	LM 100 870	B	Elv fra Redningshytten (elv fra sør)
	LM 102 950	D	Svartavatnet
	LM 095 990	K	Innløp til Kurlatjørni fra Svartavatnet
	LM 095 989	J	Kurlatjørni
Sideelver	LN 101 987	A	Elv fra Markskiltjørn (elv fra sørøst)
	LM 099 990	C	Elv fra Austrerinden (elv fra sørvest)
	LN 102 000	E	Elv fra Songstaddlaen til Svartavatnet (elv fra nord)
	LM 105 994	F	Elv fra Gulltjørnene til Svartavatnet (elv fra øst)
	LM 096 995	G	Elv fra Nordnuken ved innløp til hovedelv fra Svartavatnet
	LM 095 995	H	Paddebekken ved innløp til hovedelv fra Svartavatnet
	LM 094 988	I	Innløp til Kurlatjørni fra sør



**Figur 3.2.1.** Kart over Gulffjellsvassdraget med prøvetakingsstedene i 2004 inntegnet. For nærmere beskrivelse av stedene se **tabell 3.2.1**.

Det var meget lite eller ingen nedbør i dagene forut for prøvetaking i juli, august og oktober (**figur 3.2.2**), og i juli og august var vannføringen spesielt lav. I september og ved siste prøvetaking i november var det derimot meget høy vannføring. Da kom det over 60 mm nedbør siste døgnet før prøvene ble tatt, og det hadde også regnet mye i dagene før.



**Figur 3.2.2.** Døggnedbør ved Bergen-Florida de fem siste døgn før prøvetakingene i bakteriologi undersøkelsen. Nedbøren er målt på angitte dato kl. 07/08 og er falt i løpet av de foregående 24 timene. Data er hentet fra det Norske Meteorologiske Institutt.

### Delundersøkelse 3. Hygieniske barriereundersøkelsen

I perioden juni til oktober ble det tatt månedlige prøver fra overflatevann og dypvann i Svartavatnet og Kurlatjørni. Prøvene ble tatt ved innsjøenes dypeste punkt. Undersøkellesparametere er de samme fire bakterietypene som ved kildeundersøkelsen. Prøvetakingen med hensyn på hygieniske barrierer er tatt samtidig med eutrofiundersøkelsen. Nedbørmønsteret er dermed det samme (**figur 3.1.2**).

## Analyser og databehandling

De vannkjemiske undersøkelsene i denne undersøkelsen er gjennomført av Chemlab Services as. Laboratoriet er i ferd med å akkreditere seg på de fire bakterietypene og driver derfor foreløpig på dispensasjon. Metodene er nye, og akkreditering krever erfaring.

Analyse	Enhet	Metode	Deteksjons- grense	Akkreditert for analysen
Totalfosfor	µg/l	Chem-210	2	Ja
Total Nitrogen	mg/l	Chem-250	0,05	Ja
Totalt Org. Karbon	mg/l	Chem-109	0,3	Ja
Fargetall	mg Pt/l	Chem-250	5	Ja
Turbiditet	NTU	Chem-105	0,1	Ja
pH	Chem-101	Chem-104		Ja
Klorofyll-A	µg/l	NS 4767	0,01	Nei
<i>E. coli</i>	antall / 100 ml	Colilert-18	0	Nei
Coliforme bakterier	antall / 100 ml	Colilert-18	0	Nei
<i>Clostridium perfringens</i>	antall / 100 ml	NS-ISO-7899-2	0	Nei
Intestinale enterokokker	antall / 100 ml	mCP agar	0	Nei

Analysene av algeplankton er utført av cand. real Nils Bernt Andersen, Skøyteveien 17, 4370 Egersund.

### Statistisk analyse

Wilcoxons signed rank test (1945) er brukt for å vurdere om forskjeller i bakteriekonsentrasjonene er statistisk forskjellig mellom de forskjellige målepunktene. Denne testen brukes på målinger som ikke er normalfordelt, og testen gir anledning til å pare dataene. Den samme testen ble brukt for å vurdere forskjellen mellom grupper av målepunkt.

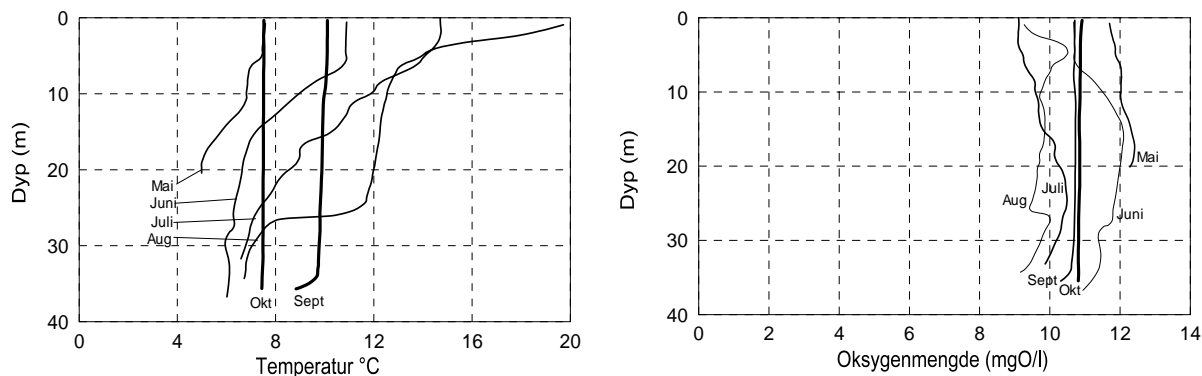
## 4. RESULTATER FRA UNDERSØKELSEN I 2004

### Delundersøkelse 1. Eutrofiundersøkelsen - Svartavatnet

#### Temperatur- og sjiktningforhold

Svartavatnet hadde en svak temperatursjiktning i perioden fra mai til og med september, og i oktober var det full omrøring i vannmassene (**figur 4.1.1**). Sjiktningen lå stort sett dypere og var samtidig mindre utpreget enn det en vanligvis finner i tilsvarende innsjøer.

Oksygeninnholdet var nær metning i hele undersøkelseperioden, og det var ingen fare for oksygenfritt bunnvann i Svartavatnet. Det var antydning til reduksjon i oksygeninnholdet i bunnvannet i juli og august, men det var full metning igjen i oktober etter omrøringen. På grunnlag av laveste oksygeninnhold på 9,1 mg O/l i august klassifiseres Svartavatnet i tilstandsklasse I med hensyn på oksygenforhold.



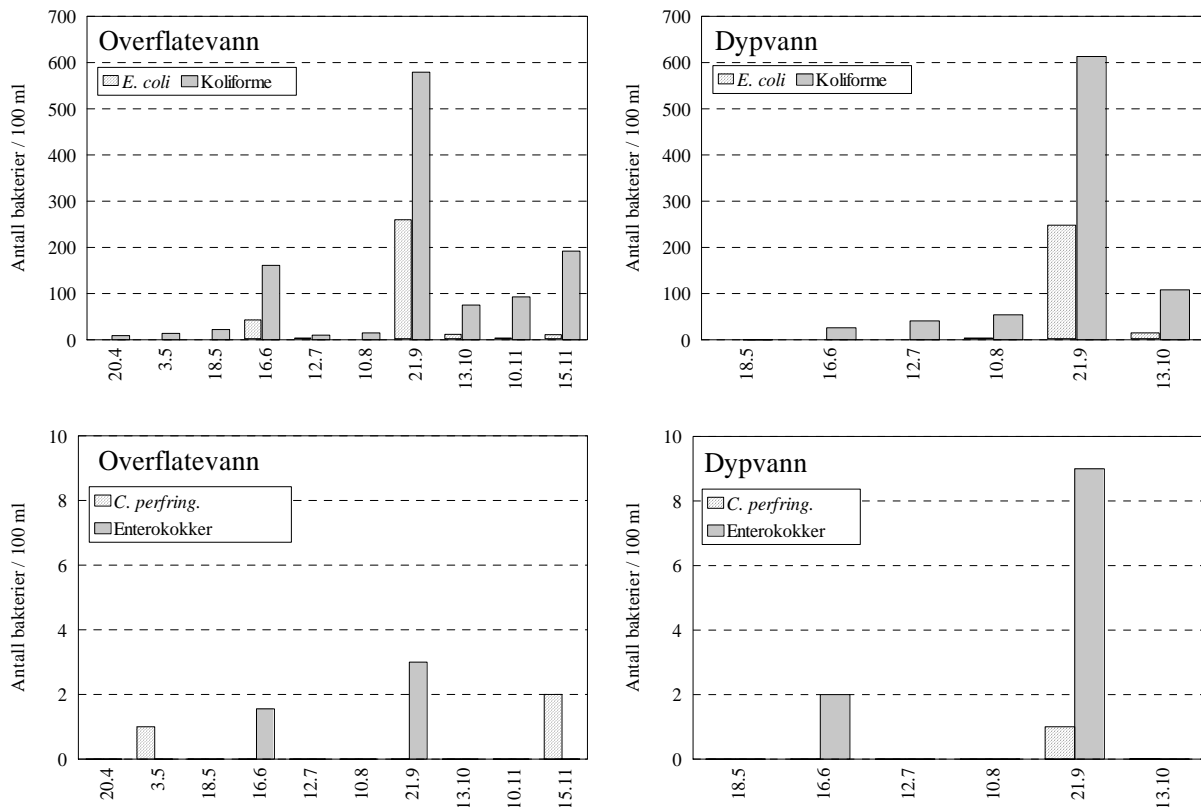
**Figur 4.1.1** Temperatur- og oksygenprofiler i Svartavatnet i perioden mai til oktober 2004. Målingene er utført med en YSI instrument med nedsenkbar sonde og gjort ved innsjøens dypeste punkt.

#### Tarmbakterier

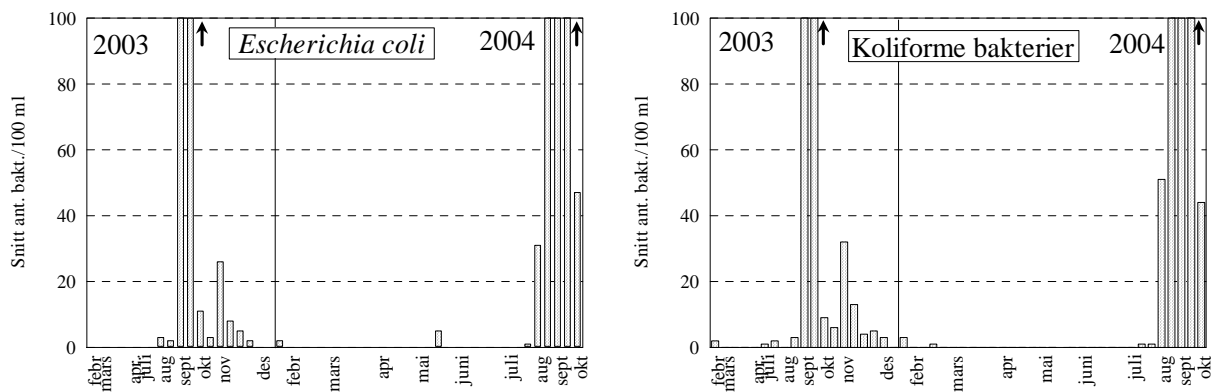
Det ble ikke påvist *E. coli* i overflatevannet i Svartavatnet i april og mai (**figur 4.1.2** til venstre). Ellers var konsentrasjonene relativt lave bortsett fra i september da de var på 260 pr. 100 ml. På dette tidspunktet var konsentrasjonene omtrent like høye i dypvannet (**figur 4.1.2** til høyre). Denne prøvetakingen var meget spesiell og viser en ekstrem situasjon. Ved klassifiseringen utelates den ved at en bruker 90-persentilen som utgangspunkt (SFT 1997). Svartavatnet blir da klassifisert i tilstandsklasse II = "god" i henhold til SFT sitt klassifiseringssystem. Konsentrasjonen av *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker var lave ved prøvetakingene (**figur 4.1.2** nede). Det er ikke noe klassifiseringssystem for disse parametrene.

Felles for alle de bakteriologiske parametrene var at konsentrasjonene var spesielt høye ved prøvetakingen i september. Dette var like etter at sauene var tatt ned fra fjellet og etter en periode med ekstremt mye nedbør. Et annet fellestrekk er at bakteriekonsentrasjonene var spesielt lave ved prøvetakingen i mai, før sauene kom på beite.





**Figur 4.1.2.** Innhold av *E. coli* og koliforme bakterier (oppe) og *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker (nede) i overflatevann (til venstre) og dypvann (til høyre) i Svartavatnet ved måletidspunkter i perioden april – oktober 2004 (vedleggstabellene 1-4). NB. Ulik Y-akse på de to figurene.



**Figur 4.1.3.** Innhold av *E. coli* (til venstre) og koliforme bakterier (til høyre) i råvann fra Svartavatnet i perioden 2002- 2004. Data fra Bergen kommune sine egne prøvetakinger. Konsentrasjoner angitt i figuren som 100 bakt/100 ml er oppgitt som > 100 bakt/100 ml i analyseresultatene.

Bergen kommune tar jevnlig prøver fra råvannet fra Svartavatnet (**figur 4.1.3**). Konsentrasjonene der oppgis ikke med høyere verdier enn 100 bakterier / 100 ml, men målingene derfra viser at det jevnlig er høye konsentrasjoner av tarmbakterier i råvannet på høsten. De høyeste konsentrasjonene er registrert i perioden august-september både i 2003 og 2004. Ettersom grensen er 100 i råvannsmålingene er det imidlertid ikke mulig å sammenligne totalmengdene i forhold til målingene fra denne undersøkelsen.

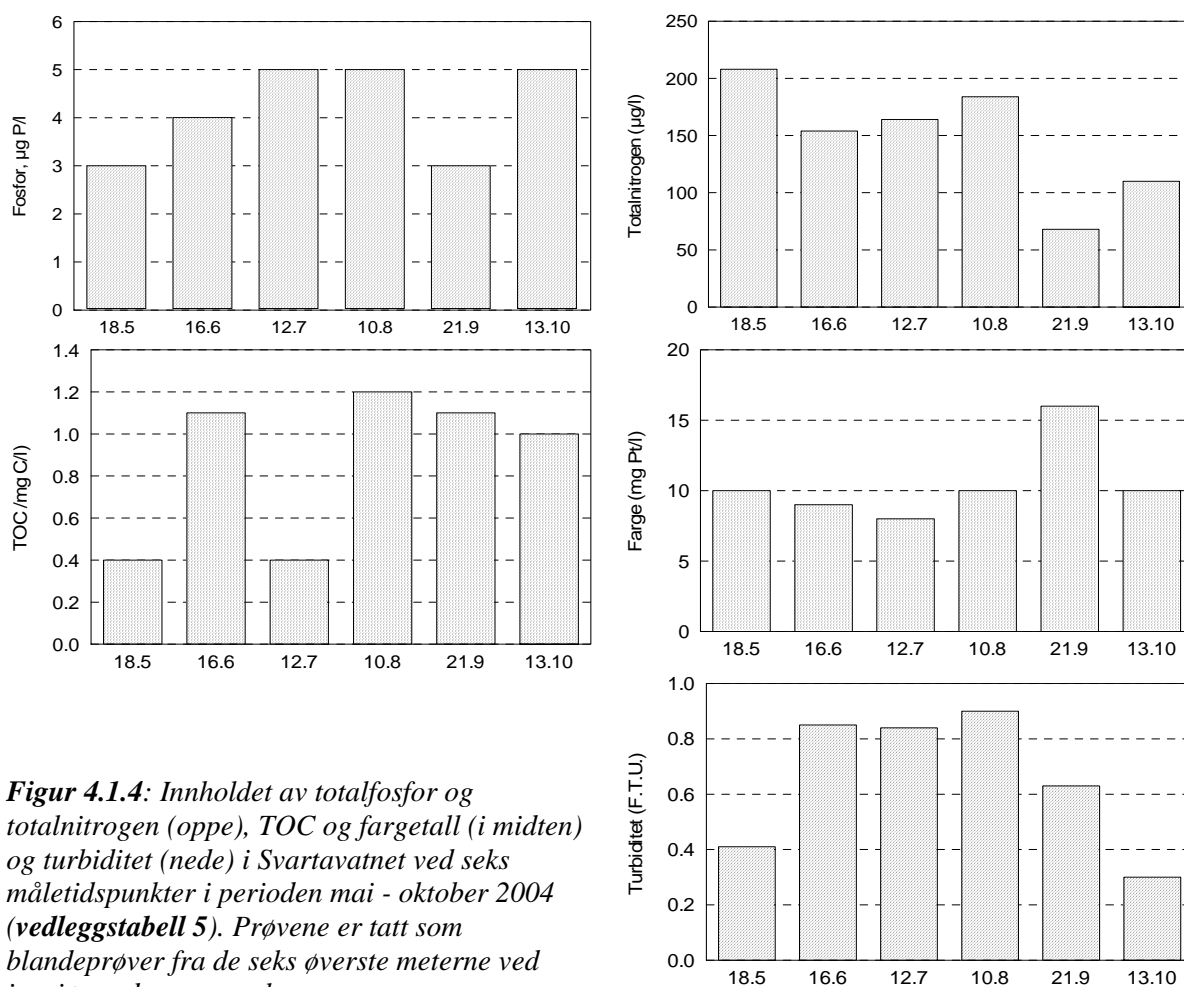
Prøvene viser også at forurensningen i råvannet er lavt hele våren og sommeren, men fra midten av august og en stund utover høsten er forurensningen stor (**figur 4.1.3**). I august når sprangsjiktet i Svartavatnet ned til råvannsinntaket som ligger på ca. 27 meters dyp, og resten av høstsesongen er råvannet dominert av overflatevann.

I prøvene fra råvannet på Espeland vannbehandlingsanlegg, som er en blanding av vann fra Svartavatnet og Kurlatjørni, er det jevnlig blitt undersøkt for *C. perfringens* i 2004. Der er denne bakterien påvist (ikke verifisert) i ca 20 % av prøvene, men kun i meget lav konsentrasjon (1 bakt/100 ml). Forekomsten av denne bakterien var jevnt fordelt over hele året.

#### Næringsrikhet og innhold av organisk stoff

Innholdet av næringsstoffer i Svartavatnet var lavt og relativt stabilt (**figur 4.1.4**, oppe). Med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 4,2 Fg/l og av totalnitrogen på 148 Fg/l klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse I = ”meget god” for både fosfor og nitrogen.

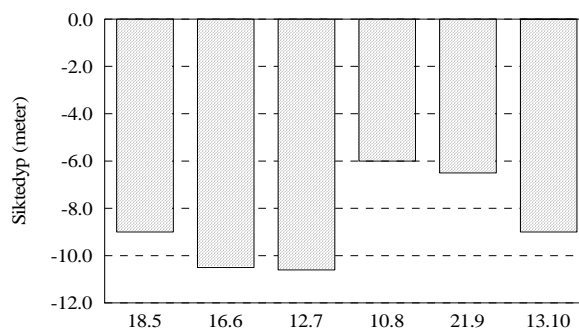
Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var også lavt ved alle målingene (**figur 4.1.4**, i midten). I september ble TOC også målt i dypvannet, og det var da på 0,8 mg C/l (**vedleggstabell 5**). Med en gjennomsnittlig verdi for alle målingene på 0,9 mg C/l, klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse I = ”meget god”. Fargetallet (**figur 4.1.4**, i midten) var lavt, og med et gjennomsnitt på 10,5 mg Pt/l ble tilstandsklassen I også for denne parameteren. Partikkelinnholdet (turbiditeten) var lav (**figur 4.1.4**), og et gjennomsnitt på 0,7 F.T.U. gir tilstandsklasse II.



**Figur 4.1.4:** Innholdet av totalfosfor og totalnitrogen (oppe), TOC og fargetall (i midten) og turbiditet (nede) i Svartavatnet ved seks måletidspunkter i perioden mai - oktober 2004 (**vedleggstabell 5**). Prøvene er tatt som blandep prøver fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

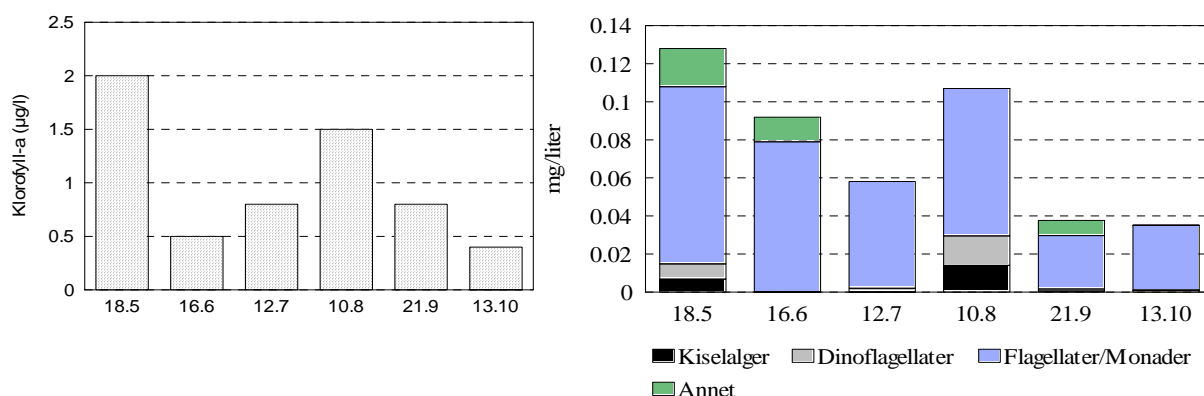
Minste registrerte siktedyp i Svartavatnet ble målt i august, mens største ble målt i mai og juli (**figur 4.1.5**). Gjennomsnittssiktedypet var på 8,5 meter og på grunnlag av dette klassifiseres Svartavatnet i tilstandsklasse I = ”meget god”.

**Figur 4.1.5:** Siktedyp i Svartavatnet ved seks måletidspunkter i perioden mai - oktober 2004 (**vedleggstabell 5**).



Algemengden i Svartavatnet var meget lavt med et gjennomsnittlig innhold av klorofyll a på 1,0 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse I i SFT sitt klassifikasjonssystem. Klorofyllinnholdet var høyest i mai (**figur 4.1.6**). Algevolumet var også meget lavt. Med et gjennomsnittlig algevolum på 0,08 mg/l og et maksimum på 0,13 mg/l klassifiseres innsjøen som meget næringsfattig i henhold til Brettum (1989). Klorofyllmålingene og algevolumet indikerer samme forløp i algemengdene gjennom sesongen.

Algesamfunnet var dominert av små flagellater og monader, med innslag av Kiselalger og Dinoflagellater i mai og august (**figur 4.1.6**). Det var ingen algearter som dominerte verken gjennom sesongen eller ved noen av enkeltprøvetakingene (**figur 4.1.6, vedleggstabell 11**). Både algegruppene og algeartene indikerer dermed en meget næringsfattig innsjø.



**Figur 4.1.6.** Innhold av klorofyll a (til venstre) og algevolum og -arter (til høyre) i Svartavatnet ved seks tidspunkt 2004 (**vedleggstabellene 5 og 11** hhv.). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

Dyreplanktonsamfunnet i Svartavatnet var ganske stabilt gjennom sesongen fra mai til oktober, og var dominert av de to svært vanlige vannloppeartene *Bosmina longispina* og *Holopedium gibberum* (**vedleggstabell 13**). Den lille arten *Alonella nana* ble også påvist i lavt antall hele sesongen, mens den relativt store rovformen *Polyphemus pediculus* ble påvist i planktonet i sommermånedene. Den vanlige hoppekrepsarten *Cyclops scutifer* forekom fåtallig i innsjøen gjennom sesongen. Artssammensetningen og den relativt beskjedne tettheten av dyreplankton i innsjøen er typisk for en relativt næringsfattig og noe sur innsjø.

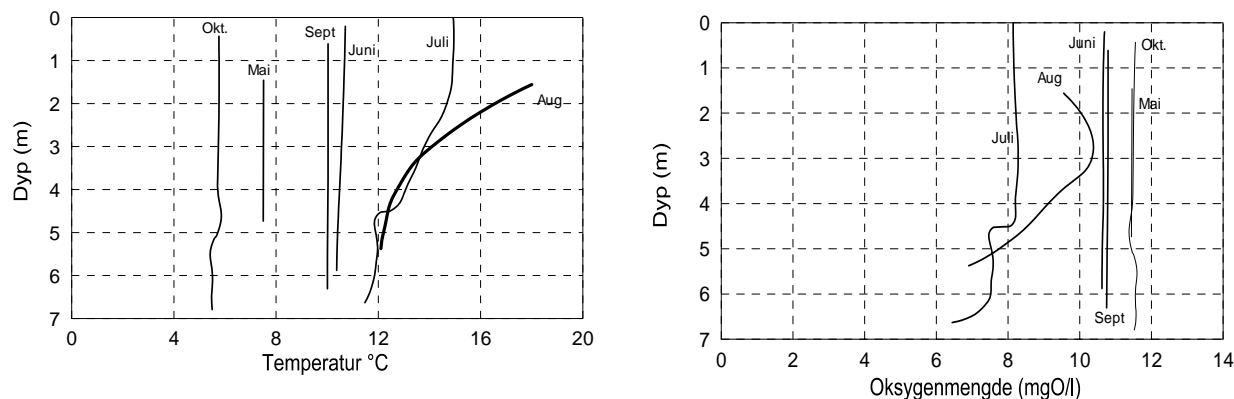
Det ble funnet et eksemplar av hjuldyrarten *Dicranophorus robustus* i Svartavatnet i august. Denne arten er ikke påvist i Norge tidligere, men det er grunn til å anta at den finnes spredt i regionen, da utbredelsen av arter innen denne gruppen hjuldyr er lite undersøkt. Det ble også noe overraskende funnet et eksemplar av den bunnlevende vannloppen *Ilyocryptus cuneatus* i prøven fra september. Det kan indikere at de store nedbørmengdene forut for denne prøvetakingen har ført ellevann og vann fra nærliggende strandområder langt utpå innsjøen.

## Delundersøkelse 1. Eutrofiundersøkelsen - Kurlatjørne

### Temperatur- og sjiktningforhold

I Kurlatjørne var det ingen stabil temperatursjiktning i løpet av prøvetakingssesongen 2004 (**figur 4.1.7**). I juli og august var det antydning til en grunn sjiktning, men innsjøen er grunn, og det strømmer store vannmengder gjennom. Kurlatjørne bør derfor betraktes som en kulp i elva ikke som en innsjø.

Fordi det ikke var noen stabil temperatursjiktning i Kurlatjørne var det gode oksygenforhold der hele prøvetakingssesongen med tilnærmet full oksygenmetning (**figur 4.1.7**).

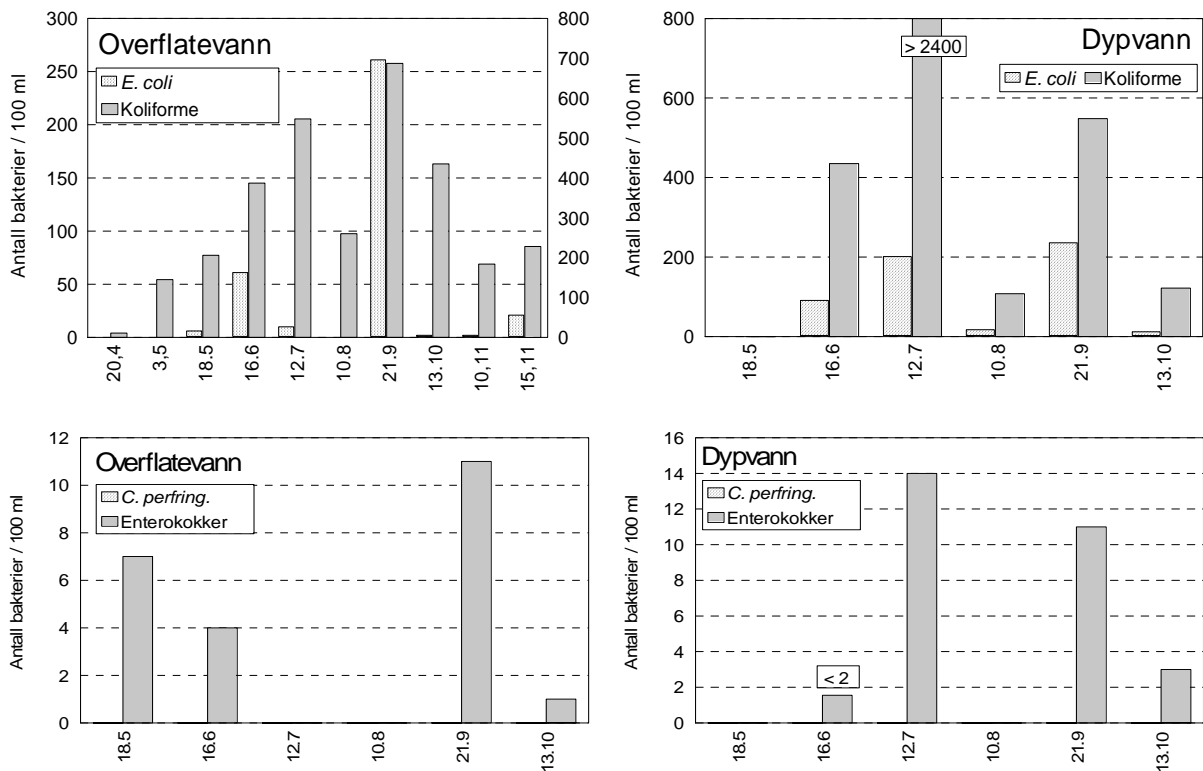


**Figur 4.1.7.** Temperatur- og oksygenprofiler i Kurlatjørne i perioden mai til oktober 2004. Målingene er utført med en YSI instrument med nedsenkbar sonde og gjort ved innsjøens dypeste punkt.

### Tarmbakterier

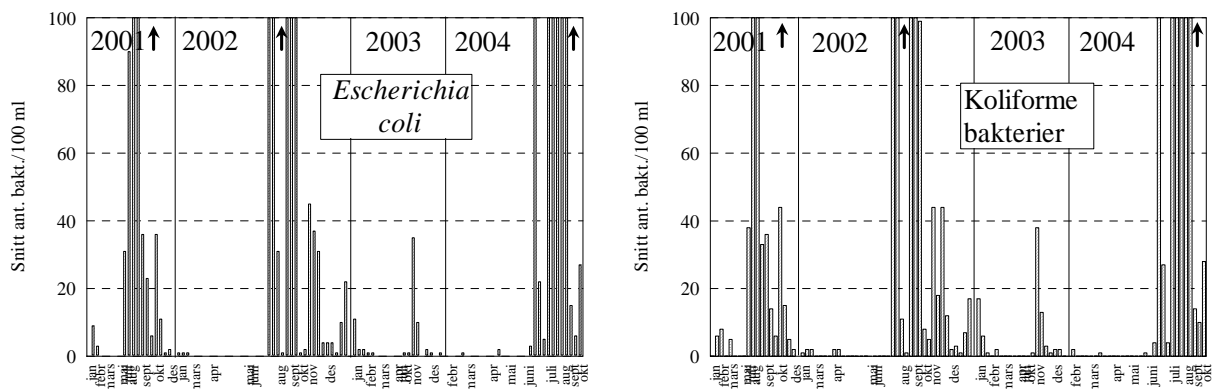
I Kurlatjørne ble det påvist *E. coli* i samtlige prøver bortsett fra i april og mai (**figur 4.1.8** oppe). Konsentrasjonene var stort sett relativt lave, men i september var den spesielt høy og lå på 261 *E. coli*/100 ml (**figur 4.1.8** oppe). Klassifisering ved å bruke 90-persentilen gir Kurlatjørne tilstandsklasse IV = "dårlig" i henhold til SFT sitt klassifiseringssystem på grunnlag av en konsentrasjon av *E. coli* på 201 bakt./100 ml i dypvannet i juli. Intestinale enterokokker ble påvist i 60-70 % av prøvene (**figur 4.1.8** nede). Konsentrasjonene var relativt lave, men de var høyere enn i Svartavatnet. *Clostridium perfringens* ble kun påvist i september og da i meget lav konsentrasjon.

Også Kurlatjørne hadde spesielt høye bakteriekonsentrasjoner ved prøvetakingen i september etter sauesanking og ekstremt mye nedbør. I denne innsjøen var det imidlertid spesielt høye konsentrasjoner av koliforme bakterier og enterokokker i prøvene fra juli, spesielt i dypvannet. På dette tidspunktet var vannstanden meget lav og det rant nesten ikke vann fra Svartavatnet. Det var også mye sau på beite like ved Kurlatjørne denne gangen.



**Figur 4.1.8.** Innholdet *E. coli* og koliforme bakterier (oppe) og *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker (nede) i overflatevann (til venstre) og dypvann (til høyre) i Kurlatjørni ved måletidspunkter i perioden april – oktober 2004 (vedleggstabellene 1-4). NB. Ulik Y-akse på figurene oppe og nede.

Bergen kommune tar jevnlig prøver fra råvannet fra Kurlatjørni (figur 4.1.9). Konsentrasjonene der oppgis ikke med høyere verdier enn 100 bakterier / 100 ml, men målingene viser at det flere ganger i året er høye konsentrasjoner av tarmbakterier i råvannet. De høyeste konsentrasjonene er registrert i perioden fra juni til november, men også i januar er det noe tarmbakterier der enkelte år. Ettersom grensen er 100 i råvannsmålingene er det imidlertid ikke mulig å sammenligne totalmengdene i forhold til målingene fra denne undersøkelsen.



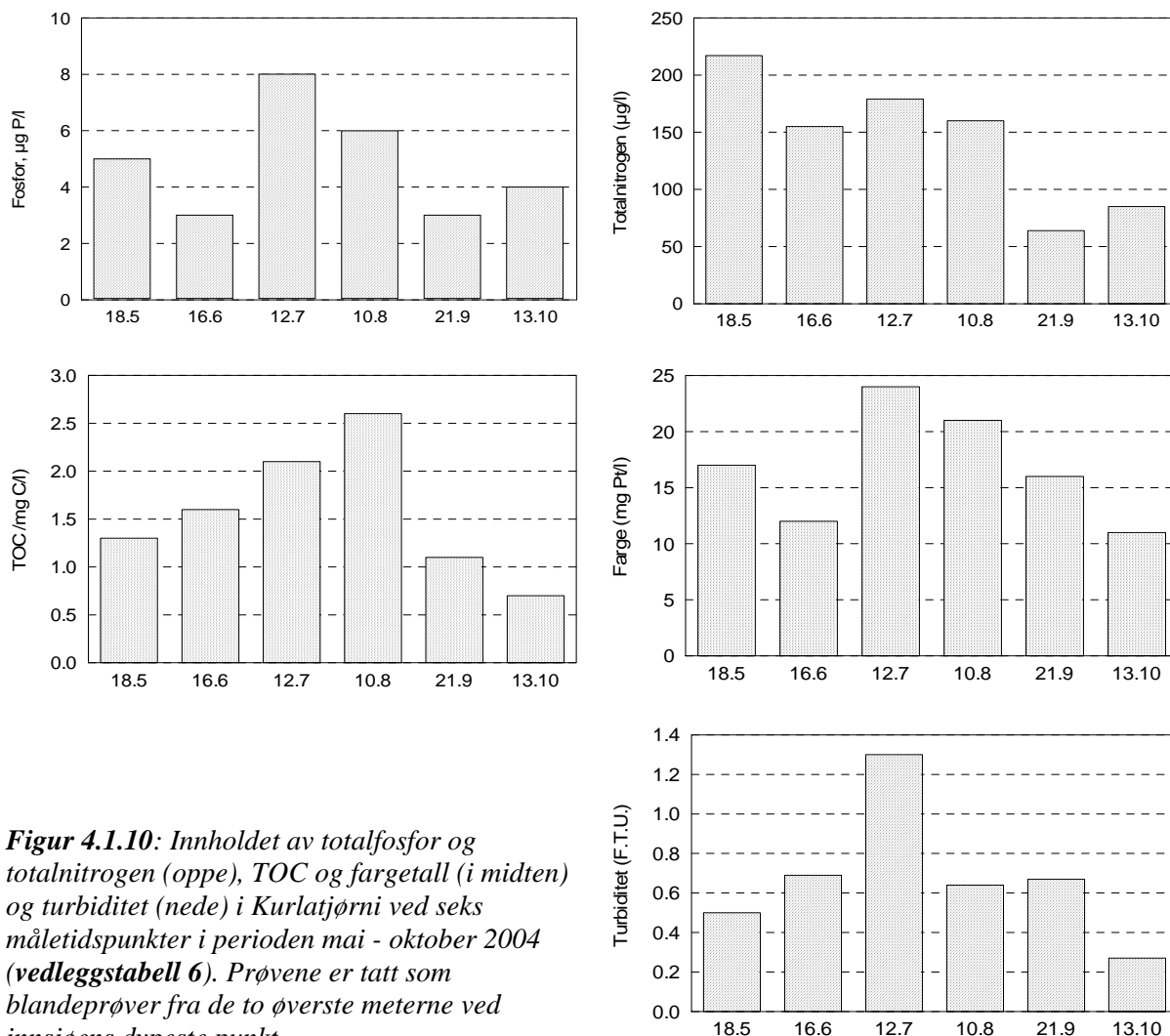
**Figur 4.1.9.** Innhold av *E. coli* (til venstre) og koliforme bakterier (til høyre) i råvann fra Kurlatjørni i perioden 2001- 2004. Data fra Bergen kommune sine egne prøvetakinger. Konsentrasjoner angitt i figuren som 100 bakt/100 ml er oppgitt som > 100 bakt/100 ml i analyseresultatene.

### Næringsriktighet og organisk stoff

Fosforinnholdet i Kurlatjørne var meget lavt (**figur 4.1.10** øverst), og med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 4,8 µg/l klassifiseres Kurlatjørne i tilstandsklasse I = ”meget god” med hensyn på totalfosfor. Innholdet av totalnitrogen var også meget lavt, og med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 143 µg N/l tilsvarte også det tilstandsklasse I.

Innholdet av organisk karbon (TOC) var meget lavt med en gjennomsnittlig verdi på 1,6 mg C/l (**figur 4.1.10** i midten), som tilsvarer tilstandsklasse I. Fargetallet var også lavt, og med gjennomsnittsverdien på 17 mg Pt/l klassifiseres Kurlatjørne i tilstandsklasse II = ”god” for denne parameteren.

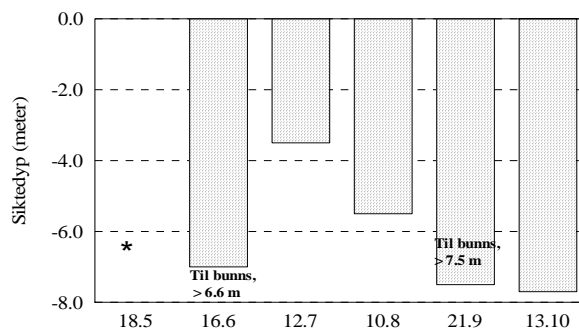
Partikkelinnholdet (turbiditeten) var relativt lavt, og med en gjennomsnittsverdi for turbiditeten på 0,7 F.T.U. blir tilstandsklassen II = ”god”.



**Figur 4.1.10:** Innholdet av totalfosfor og totalnitrogen (oppe), TOC og fargetall (i midten) og turbiditet (nede) i Kurlatjørne ved seks måletidspunkter i perioden mai - oktober 2004 (vedleggstabell 6). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de to øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

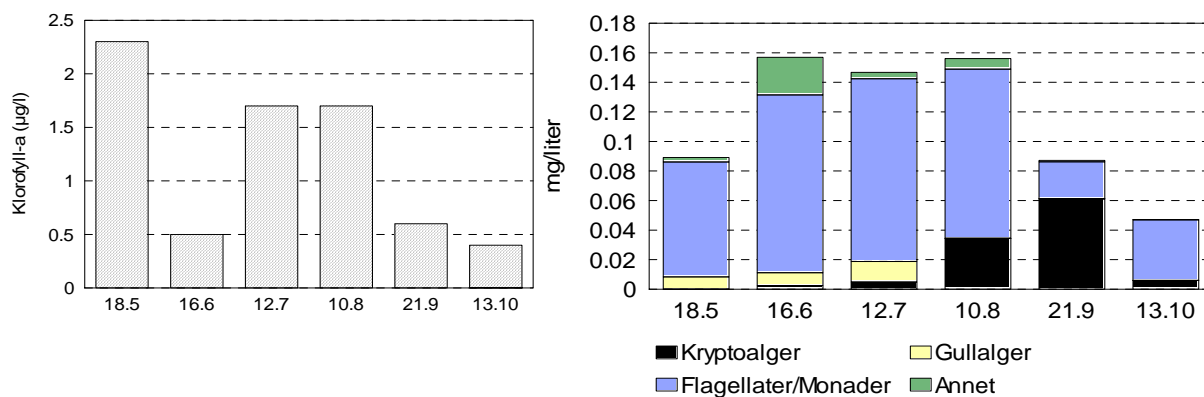
Minste registrerte siktedyp i Kurlatjørne ble målt i juli med 3,5 meter, mens største på 7,7 meter ble målt i oktober (**figur 4.1.11**). Gjennomsnittssiktedypet var på 6,2 meter og på grunnlag av dette klassifiseres Kurlatjørne i tilstandsklasse II = ”god”, men det er helt på grensen til klasse I = ”meget god”. Ettersom det er innsjødyptet som begrenser hvor stort siktedyp vi kunne måle både i juni og september, er det trolig riktigst å klassifisere Kurlatjørne i tilstandsklasse I = ”meget god”.

**Figur 4.1.11:** Siktedyp i Kurlatjørne ved seks måletidspunkter i perioden mai - oktober 2004 (vedleggstabell 6). \* = ingen måling..



Algemengden i Kurlatjørne var meget lavt med et gjennomsnittlig innhold av klorofyll a på 1,1 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse I i SFT sitt klassifikasjonssystem. Klorofyllinnholdet var høyest i mai (**figur 4.1.12**). Algevolumet var også meget lavt. Med et gjennomsnittlig algevolum på 0,11 mg/l og et maksimumsvolum på 0,16 mg/l klassifiseres innsjøen som meget næringsfattig i henhold til Brettum (1989). Klorofyllmålingene og algevolumet indikerer ulikt forløp i algemengdene i mai og juni, men omtrent samme forløp resten av sesongen. Årsaken til dette kan være om samfunnet domineres av et algesamfunn som er i vekst eller stagnasjon. Et samfunn i vekst inneholder mye klorofyll a, men volumet av enkeltalgene kan være lite. I et algesamfunn i stagnasjon har den dominerende delen av algene nådd sitt maksimum, de er store og har lav produksjon/innhold av klorofyll a. Målingene fra Kurlatjørne indikerer dermed en kommende algetopp i mai og et algesamfunn i retur i juni.

Algesamfunnet i Kurlatjørne var dominert av små flagellater og monader, med innslag av Gullalger i første del av prøvetakingsperioden og innslag av kryptoalger, i slekten *Cryptomonas*, spesielt i august og september (**figur 4.1.12**). I juni var kiselalgen *Tabellaria flocculosa* og gullalgen *Dinobryon divergens* dominerende enkeltarter (**figur 4.1.12, vedleggstabell 12**). *Dinobryon divergens* kan en finne i mer næringsrike vannmasser, men både *Tabellaria flocculosa* og totalmengden alger indikerer næringsfattige vannmasser.



**Figur 4.1.12.** Innhold av klorofyll a (til venstre) og algevolum og -arter (til høyre) i Kurlatjørne ved seks tidspunkt 2004 (vedleggstabellene 6 og 12 hhv.). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de to øverste meterne ved innsjøens dypeste punkt.

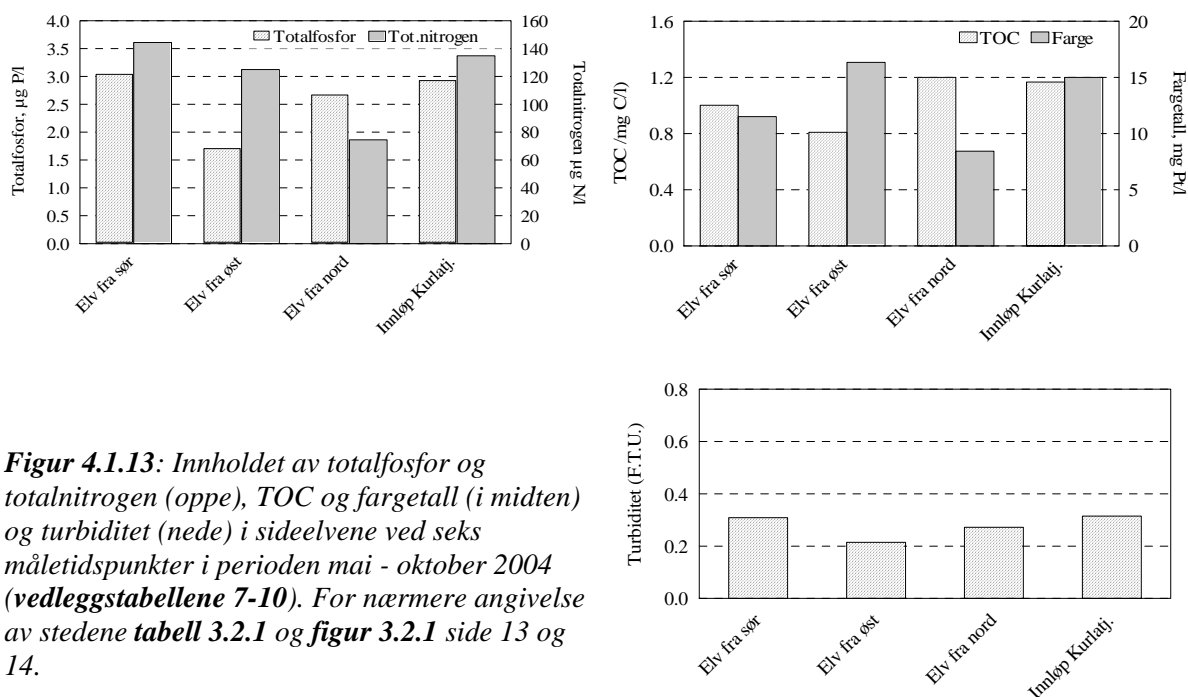
Det var svært varierende tettheter av dyreplankton ved de ulike prøvetakingsdatoene (**vedleggstabell 14**), og dette gjenspeiler trolig innsjøens morfologi. Innsjøen er grunn, og prøvetakingsstedet for plankton lå ganske nærme innløpet av elven fra Svartavatnet. I perioder med høy vannføring, som for eksempel i september, var trolig mesteparten av vannsøylen på prøvetakingsstedet i praksis elvevann, og tettheten av dyreplankton var svært lav, med en relativt stor andel littorale arter. I løpet av den varme og nedbørsfattige perioden i juli og august økte derimot tettheten av plankton mye, spesielt av unge stadier av hoppekreps (nauplier), men også av de små vannloppene *Ceriodaphnia quadrangula*, og *Bosmina longispina*.

Det ble påvist hele 17 arter vannlopper i Kurlatjørne, de aller fleste av disse er hovedsakelig bunn- og strandlevende arter som blir fanget opp sporadisk og fåtallig i håven. Blant disse artene er *Ophryoxus gracilis*, *Alona intermedia* og *Paralona pigra* regnet for å være moderat forsuringfølsomme, sammen med hoppekrepsarten *Paracyclops fimbriatus*. Det ble også funnet arter som regnes som indikatorer på surt vann, som vannloppen *Acantholeberis curvirostris*, hoppekrepsen *Diacyclops nanus* og hjuldyret *Keratella serrulata*. Til sammen indikerer dette at innsjøen er svakt sur, noe som ble bekreftet av pH-målingene som var i området 5,8 – 6,2.

Blant de 22 påviste hjuldyrartene i innsjøen er to arter trolig ikke påvist i Norge tidligere. Det gjelder *Dicranophorus robustus*, som for øvrig også ble påvist i Svartavatnet i denne undersøkelsen, og *Cephalodella cf. mucronata*. Det er grunn til å anta at disse artene kan finnes spredt ellers i regionen også, da utbredelsen av arter innen disse gruppene hjuldyr er lite kjent.

## Delundersøkelse 1. Eutrofiundersøkelsen - Innløpselver

Fosforinnholdet i alle innløpsbekkene var meget lavt (**figur 4.1.13** øverst) og med gjennomsnittlige konsentrasjoner av totalfosfor på under 3,5 µg/l klassifiseres samtlige i tilstandsklasse I = ”meget god”. Innholdet av totalnitrogen var også meget lavt, og med gjennomsnittlige konsentrasjoner under 140 µg N/l tilsvarte det tilstandsklasse I for alle elvene.



**Figur 4.1.13:** Innholdet av totalfosfor og totalnitrogen (oppe), TOC og fargetall (i midten) og turbiditet (nede) i sideelvene ved seks måletidspunkter i perioden mai - oktober 2004 (vedleggstabellene 7-10). For nærmere angivelse av stedene tabell 3.2.1 og figur 3.2.1 side 13 og 14.

Også innholdet av organisk karbon (TOC) var meget lavt og tilsvarte tilstandsklasse I for alle elvene. Ingen hadde gjennomsnittskonsentrasjoner over 1,4 mg C/l (**figur 4.1.13** i midten). Fargetallet var også relativt lavt med gjennomsnittsverdier under 15 mg Pt/l, som tilsvarer tilstandsklasse I. Bare innløpselva til Svartavatnet fra Øst, fra områdene opp mot Gulfjellet, hadde noe høyere fargetall og klassifiseres i tilstandsklasse II = ”god”.

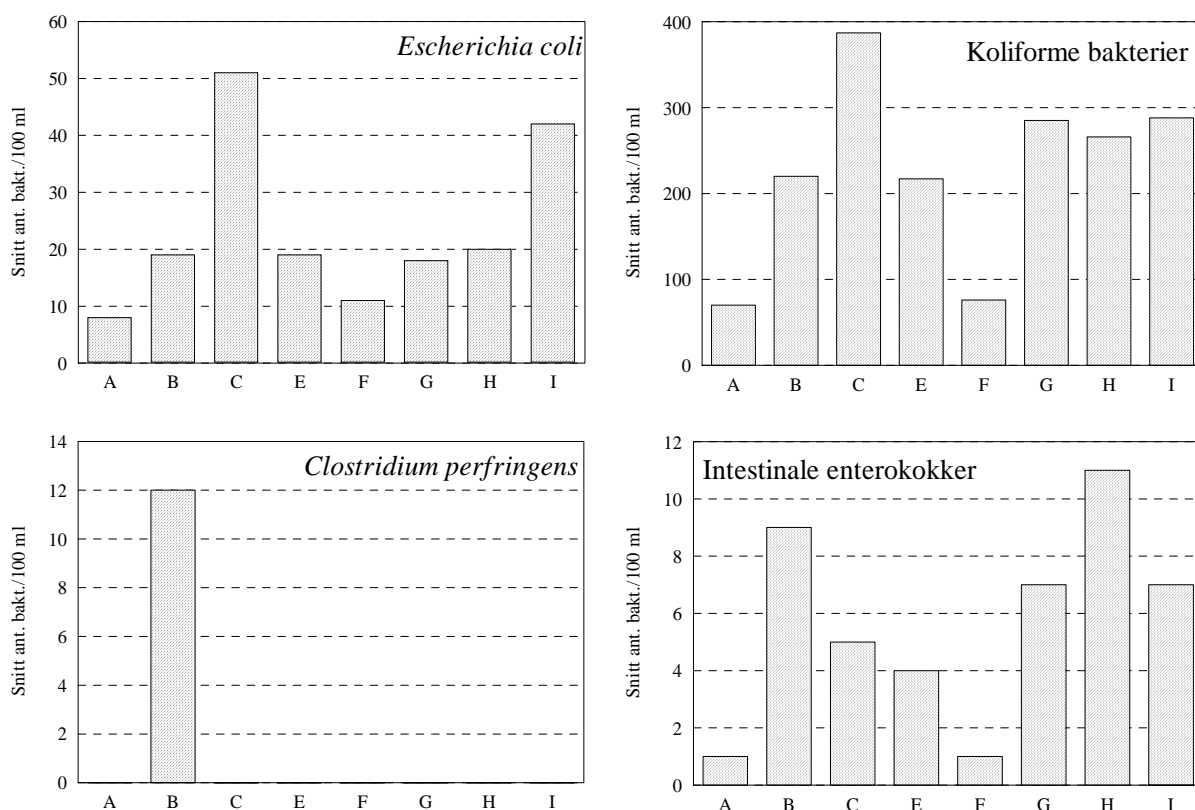
Partikkelinnholdet (turbiditeten) var meget lavt, og med en gjennomsnittsverdi for turbiditeten på under 0,4 F.T.U. blir tilstandsklassen I = ”meget god” for samtlige elver.



## Delundersøkelse 2. Kildeundersøkelsen

Innholdet av *Escherichia coli*, som er indikator på fersk fekal forurensning, var høyest i elvene C og I (**figur 4.2.1** oppe til venstre). Begge disse drenerer områdene ved Kurlarinden; som ligger mellom Svartavatnet og Kurlatjørni og som strekker seg sørover mot Austrerinden. Lavest konsentrasjoner ble funnet i elvene A og F, som drenerer de bratte fjellsidene øst for Svartavatnet, mot Gulfjellet.

Innholdet av koliforme bakterier, som indikerer gammel fekal forurensning, men som også kan finnes naturlig i jordsmonnet, var også lavest i elvene A og F, og høyest i C som drenerer områdene mellom Kurlatjørni og Svartavatnet (**figur 4.2.1** oppe til høyre). I dette området var imidlertid konsentrasjonene høye i flere av bekkene.



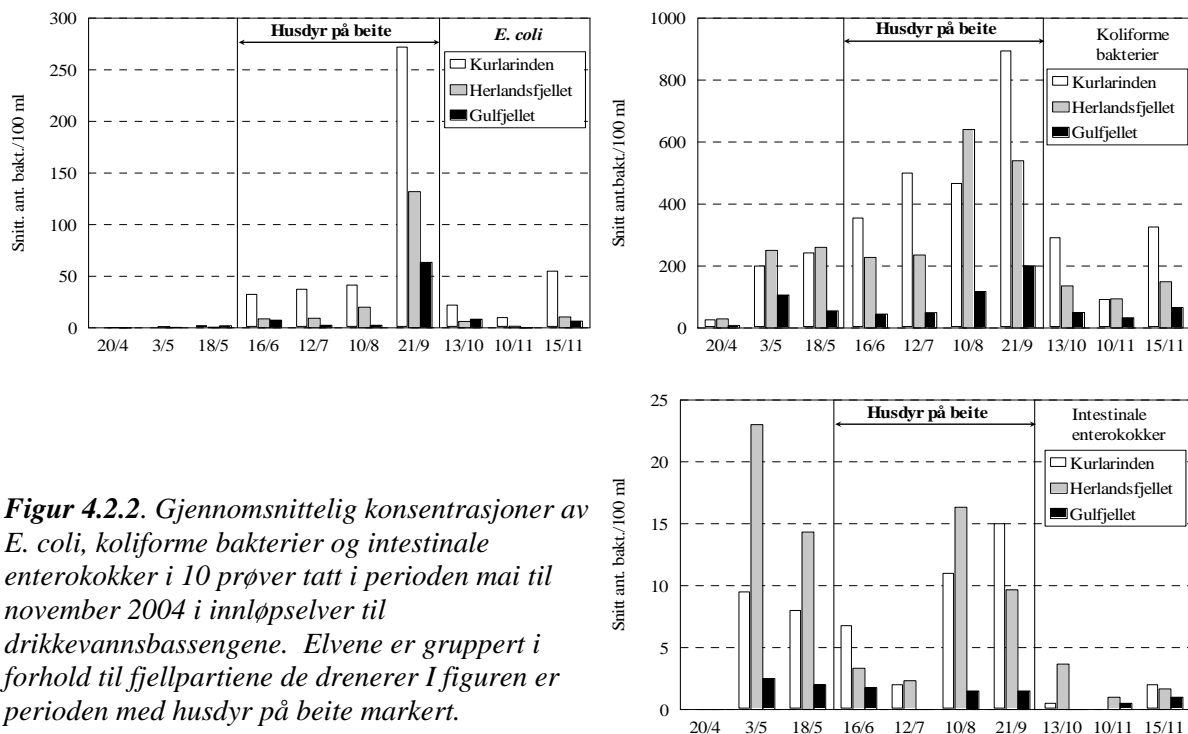
**Figur 4.2.1.** Gjennomsnittelig innhold av *E. coli* og koliforme bakterier (oppe) og *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker (nede) i de undersøkte elvene ved ti måletidspunkter i perioden mai – november 2004 (vedleggstabellene 1-4). For nærmere stedsangivelse se **figur 3.1.1**.

*Clostridium perfringens* ble kun påvist i elva fra Redningshytten (B), der den ble påvist i fem av ti prøver (**figur 4.2.1** nede til venstre). Stort sett var forurensningen meget liten (< 5 bakt./100 ml), men ved prøvetakingen 3. mai var konsentrasjonen spesielt høy (115 bakt./100 ml).

Konsentrasjonen av intestinale enterokokker viste delvis en annen utbredelse enn de andre bakteriene. Som for de andre var forekomstene lavere i elvene som drenerer de bratte fjellsidene øst for Svartavatnet. Der var konsentrasjonene stabilt lave. I de andre varierte gjennomsnittskonsentrasjonene mellom 4 og 11 bakt./100 ml, med høyest konsentrasjon i elva fra Redningshytten (B) og Paddebekken (H) (**figur 4.2.1** nede til høyre).

### Variasjon i forhold til geografisk område

Dersom en ser på forurensningsmengdene i de ulike elvene, viser det seg at de grupperer seg geografisk (**figur 4.2.2**). De to minst forurensede elvene (A og F) hadde lavest bakteriekonsentrasjon med hensyn på samtlige av de undersøkte bakteriene (grønne søyler i **figur 4.2.2**). Disse elvene drenerer fjellområdene i øst opp mot Gulffjellet. Der er fjellsidene bratte og lite tilgjengelige, og dermed lite attraktive som beiteområde for husdyr. Det var ingen signifikant forskjell i bakteriemengder mellom disse to elvene for noen av de undersøkte bakterietypene (Wilcoxon signed rank test,  $p > 0,1$ ).



**Figur 4.2.2.** Gjennomsnittelig konsentrasjoner av *E. coli*, koliforme bakterier og intestinale enterokokker i 10 prøver tatt i perioden mai til november 2004 i innløpselver til drikkevannsbassengene. Elvene er gruppert i forhold til fjellpartiene de drenerer I figuren er perioden med husdyr på beite markert.

De to mest forurensede elvene (C og I, røde søyler i **figur 4.2.2**) drenerer begge områdene opp mot Kurlarinden, et høydedrag som ligger mellom Svartavatnet og Kurlatjørni og som strekker seg sørover mot Austrerinden. Det var ingen signifikant forskjell i bakteriemengde mellom disse elvene for noen bakterietype (Wilcoxon signed rank test,  $p > 0,2$ ). Under feltarbeidet observerte vi stadig sau på beite i området øst for Kurlatjørni, og i juni så vi kyr som beitet høyt oppe i fjellsidene der. Det var derfor tydelig at disse områdene var meget attraktive. Mengden av både *E. coli* og koliforme bakterier var stort sett høyere her enn noen av de andre stedene.

De tre elvene som drenerer områdene i nordvest mot Herlandsfjellet (E, G og H) var middels forurensede. Det var ingen signifikant forskjell i bakterieinnhold mellom disse elvene med hensyn på *E. coli* og koliforme bakterier (Wilcoxon signed rank test,  $p > 0,05$ ), men innholdet av intestinale enterokokker var signifikant høyere ( $p = 0,02$ ) i Paddebekken (H) enn i innløpselva til Svartavatnet fra nord (E).

Dersom en sammenligner de tre områdene mot hverandre er forskjellen signifikant for *E. coli* (Wilcoxon signed rank test,  $p < 0,05$ ). Med hensyn på koliforme bakterier var det ingen forskjell mellom Kurlarinden og Herlandsfjellet, men Gulffjellet hadde signifikant lavere innhold av koliforme bakterier enn begge de to andre.

Et fjerde geografisk område som skiller seg ut er hovedstrengen i vassdraget: elva fra Redningshytten – Svartavatnet - innløpselva til Kurlatjørni – Kurlatjørni. Kun på disse stedene ble det påvist forurensninger av tarmbakterien *Clostridium perfringens*. Konsentrasjonene var alltid lave ( $< 5$

bakt/100 ml) bortsett fra i elva fra Redningshytten 3.mai. Da var konsentrasjonen på 115 bakterier pr.100 ml. I Svartavatnet ble *C. perfringens* påvist i tre av prøvene, i elva mellom Svartavatnet og Kurlatjørni to ganger og i Kurlatjørni en gang.

### Variasjon i forhold til beitesesong

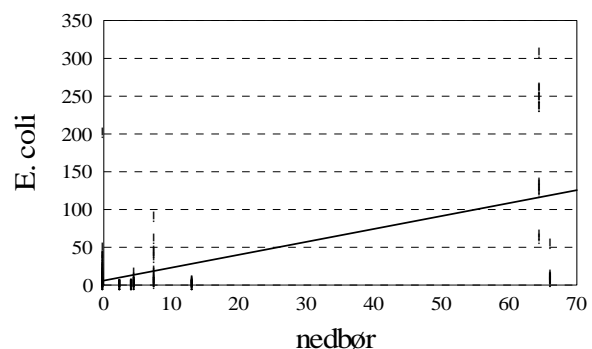
Perioden med beitende husdyr i nedbørfeltet til vassdraget medfører en økt bakteriologisk forurensning av vannmassene (**figur 4.2.2**). For *E. coli*, som indikerer fersk fekal forurensning, er perioden på våren før beiting nesten uten bakterier, med et gjennomsnitt i prøvene som er mindre enn 1 *E. coli* pr. 100 ml i alle de tre områdene. I perioden juni til september økte bakteriekonsentrasjonene mye, spesielt i nedbørperioder men også i tørrværsperioder som i juli. Etter at husdyrene var tatt ned fra beitet avtok bakteriekonsentrasjonene for samtlige bakterietyper, men den var fremdeles høyere enn på våren før beitesesongen for *E. coli*.

De koliforme bakteriene ble påvist i hele prøvetakingssesongen, både før, under og etter beitesesongen. Også disse fantes i høyere konsentrasjoner i beitesesongen, men etter at beitesesongen var over var konsentrasjonene raskt tilbake på samme nivå som før beiteperioden. De intestinale enterokokkene ble kun påvist i mindre mengder, og for disse var konsentrasjonene høyest på våren før beitesesongen startet. Konsentrasjonene avtok utover prøvetakingssesongen og var lavest på høsten.

### Variasjon i forhold til nedbør

Forurensningsmengden i de undersøkte vannforekomstene samvarierte med nedbørmengdene og omtrent 40 % av variasjonen i innhold av *E. coli* kan forklares ut fra variasjon i nedbørmengder siste døgn før prøvetaking (**figur 4.2.3**). Spesielt i perioder med mye nedbør og beitende dyr i nedbørfeltet kunne forurensningen bli stor. I september hadde det regnet ekstremt mye, og bakteriekonsentrasjonene i vassdraget økte betraktelig. Denne prøvetakingen skjedde rett etter at sauesankingen var gjennomført og det lå spesielt mye møkk på veiene langs de sentrale deler av vassdraget i denne perioden.

**Figur 4.2.3.** Sammenheng mellom nedbør og innhold av *E. coli* i vannprøvene fra Gul fjellsvassdraget i 2004. Nedbøren er døgnnedbør siste døgn før prøvetakingen.



## Delundersøkelse 3. Hygienisk barriereundersøkelsen

Ved råvannsuttag i innsjøer vurderes nedbørfelt, sjiktning i innsjøer og dypvannsinntak som mulige naturlig hygieniske barrierer. En god råvannskilde betraktes alltid som et bedre alternativ enn å ha en ekstra behandlingsbarriere i vannbehandlingsanlegget.

I innsjøer i denne delen av landet vil det vanligvis være en stabil og tydelig sjiktning av vannmassene i perioden mai – september/november; med et varmt overflatevannlag og et kaldere stabilt bunnvannslag, der det ikke er noen blanding av vann mellom de to lagene. Sjiktningedypet synker gradvis utover sommeren og i september ligger det vanligvis på 10 – 15 meters dyp. Størrelse og vannutskifting er indre forhold som påvirker stabilitet og varighet av sjiktningen, vind, temperatur og nedbør er ytre faktorer.

I Svartavatnet ble det påvist tarmbakterier i dypvannet, på 34 meters dyp ved innsjøens dypeste punkt, ved de fleste prøvetakingene, men konsentrasjonene var relativt lave fram til og med august for samtlige bakterietyper. Ved prøvetakingene i september var bakteriekonsentrasjonene større for samtlige. Vanligvis var konsentrasjonene i dypvannet minst like høye som i overflatevannet, spesielt med hensyn på koliforme bakterier og intestinale enterokokker.

*Escherichia coli* ble påvist ved de fleste prøvetakingene, koliforme bakterier ble påvist i samtlige prøver, intestinale enterokokker ble bare påvist i to av prøvene, og *Clostridium perfringens* ble kun påvist en gang i dypvannet.

I Kurlatjørne ble det også påvist tarmbakterier i dypvannet ved de fleste prøvetakingene. I motsetning til i Svartavatnet var konsentrasjonene i dypvannet i Kurlatjørne relativt høye gjennom hele sesongen, ikke kun i september. Heller ikke her var det spesielt store forskjeller i bakteriekonsentrasjoner i overflatevann og dypvann bortsett fra ved prøvetakingen i juli. Da var konsentrasjonen av samtlige bakterier mye høyere i dypvannet.

## 5. VURDERING AV RESULTATENE

Svartavatnet og Kurlatjørni er råvannskilde for rundt 97.000 innbyggere i Bergen kommune, og dette utgjør omtrent 30 % av byens totale drikkevannsforsyning. Svartavatnet er hovedvannkilden, men det suppleres i varierende grad med vann fra det nedenforliggende Kurlatjørni.

Klausuleringsbestemmelsene for nedbørfeltene tillater at nedbørfeltet brukes som beiteområde for sau. Undersøkelsen i 2004 gir en oversikt over den generelle vannkvaliteten samt en beskrivelse av de viktigste forurensningskildene og forurensningsmønsteret gjennom året. Sammen med en beskrivelse av vannkildenes egenskaper danner dette et grunnlag for godkjenningens myndighetenes vurderinger av vassdraget som en eventuell del av de påkrevde hygieniske barrierene ved drikkevannsproduksjon.

### Delundersøkelse 1: Eutrofiundersøkelsen-Svartavatnet og innløpselver

#### Tilførsler av tarmbakterier

Svartavatnet forurenses i betydelig grad av tarmbakterier i perioden med beitedyr på Gulfjellet, samt en stund etter at dyrene er tatt ned fra fjellet. På våren, før beitesesongen, er forurensningen meget lav og tilsvarer forventet naturtilstand.

Det er hovedsakelig i nedbørperioder at overflatevannet i Svartavatnet forurenses. Denne forurensningen øker utover høsten ettersom mengden husdyrmøkk i feltet øker, samt at nedbørmengdene som oftest er høyere i september og oktober (DNMI, normalen 1961-90).

Ved klassifiseringer av tarmbakterier skal høyeste registrerte verdi av tarmbakterien *E. coli* benyttes (SFT 1997), men dersom en har 10 målinger eller mer skal 90-persentilen benyttes. Da vil en enkeltepisode med meget høy forurensning utelukkes fra klassifiseringen. Ekstremisituasjonen i september kan derfor utelates og Svartavatnet får tilstandsklasse II = "god". Kommunens egne målinger av råvannskvaliteten bekrefter funnene i denne undersøkelsen, der registreres det også høy forurensning av *E. coli* i perioden august-oktober, med spesielt høye verdier i september.

I 2004 registrerte vi en ekstremisituasjon i september. Da var sauene nettopp tatt ned fra fjellet og det lå mye sauemøkk langs veiene. På grunnlag av konsentrasjonen av *E. coli* ved denne prøvetakingen ville Svartavatnet bli klassifisert i tilstandsklasse IV = "dårlig". Kommunens målinger viser at høye bakteriemengder på høsten er et årlig fenomen, men fordi de kun registrerer konsentrasjoner opp til 100 *E. coli* / 100 ml kan vi ikke si om det var spesielt dårlig i 2004. Vi har imidlertid registrert høyere konsentrasjoner av *E. coli* i overflatevannet i Svartavatnet i september enn vi noen gang har gjort i tilsvarende prøver fra Jordalsvatnet (Bjørklund 1995, 1999, Bjørklund og Johnsen 1995, Bjørklund mfl. 2004) eller i Svartediket, Tarlebøvatnet og de to Gløvrevatnene (Johnsen mfl. 2001).

I dypvannet var konsentrasjonen av *E. coli* meget lav helt fram til i september. Da var det nesten full omrøring i vannmassene og konsentrasjonen i dypvannet like høy som i overflatevannet. Prøver fra Bergen kommune sine egne målinger av råvannet bekrefter funnene. Råvannsinntaket ligger på ca 27 meters dyp ved normal vannstand, og hele perioden fra vinteren og fram til august er det lite bakterier i vannet. I slutten av august passerer sjiktningen vanninntaket og dermed er det forurenset overflatevann som tas inn. Denne forurensningen er spesielt høy rundt september og avtar utover høsten og vinteren.

Forurensningsmønsteret var tilsvarende for de koliforme bakteriene som i større grad viser gammel fekal forurensning. *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker ble kun påvist i mindre mengder og kun ved enkelte prøvetakinger, men disse finnes i atskillig lavere mengder i utgangspunktet (Østensvik 1998). Dette er nærmere omtalt på side 30 under kapittelet om kildeundersøkelsen.

I innløpselvene til Svartavatnet var forurensningsmønsteret gjennom året omtrent som i Svartavatnet. På grunnlag av 90-persentilen klassifiseres elva fra Marskiltjørn og elva fra Gulltjørnene i tilstandsklasse II = "god", mens de andre to klassifiseres i tilstandsklasse III = "mindre god". Forurensningen med hensyn på tarmbakterier i disse elvene omtales nærmere i kapittelet om kildeundersøkelsen på side 30.

#### **Tilførsler av næringsstoffer**

Svartavatnet har en meget god vannkjemisk kvalitet og klassifiseres totalt sett i tilstandsklasse I = "meget god". Klassifiseringen bygger på at både totalfosfor, totalnitrogen, klorofyll a og siktedyp klassifiseres i tilstandsklasse I = "meget god". Algemengdene i Svartavatnet tilsvarte mengdene en vanligvis finner i meget næringsfattige innsjøer (SFT 1997, Brettum 1989).

Alle de tre undersøkte innløpselvene har også en meget god vannkjemisk kvalitet og samtlige klassifiseres totalt sett i tilstandsklasse I = "meget god". Klassifiseringen for disse bygger på at både totalfosfor og totalnitrogen klassifiseres i tilstandsklasse I.

Beiteaktivitetene i nedbørfeltet var ikke så omfattende at næringsstoffer skulle tilføres innsjøen eller innløpselvene i merkbar grad. Vannkvaliteten tilsvarer derfor det en forventer som naturtilstand i dette området med fosforkonsentrasjoner rundt 5 µg/l og nitrogenkonsentrasjoner rundt 150 µg/l (Bjørklund mfl. 1994).

#### **Tilførsler av organisk stoff**

Innholdet av organisk stoff var også lavt i Svartvatnet, og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse I = "meget god" med hensyn på virkningen av organisk stoff. Klassifiseringen bygger på et meget lavt innhold av organisk stoff (klasse I), et meget lavt fargetall (klasse I), gode oksygenforhold (klasse I), og et stort siktedyp (klasse I).

Også de tre innløpselvene hadde lave konsentrasjoner av organisk stoff og to av dem ble klassifisert i tilstandsklasse I = "meget god". Innløpselva fra området i nord opp mot Herlandsfjellet har noe myrtilsig og klassifiseres i tilstandsklasse II = "god", men det er uten vesentlig betydning for den generelle vannkvaliteten i elva og Svartavatnet.

I henhold til EU sitt Rammedirektiv for Vann er Svartavatnet typifisert som en "liten, svært kalkfattig og klar innsjø" med en "God" økologisk status. Og det er all grunn til å anta at innsjøen vil nå målet om "God økologisk status" innen 2015 (Johnsen mfl. 2004).

## **Delundersøkelse 1: Eutrofiundersøkelsen- Kurlatjørn og innløpselver**

#### **Tilførsler av tarmbakterier**

Kurlatjørn forurenses av tarmbakterier i perioden med beitedyr i nedbørfeltet og en stund etter at dyrene er tatt ned. Forurensningsmengden i Kurlatjørn varierer en del, og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse IV = "dårlig" med hensyn på innhold av *E. coli* (90-persentilen). Bakterieforurensningen varierer med nedbørmengdene, og også i Kurlatjørn var forurensningen spesielt stor ved de store nedbørmengdene i september da sauesankingen nettopp var avsluttet.

Det er ingen stabil sjiktning i Kurlatjørn, og innsjøen fungerer i hovedsak som er kulp i elva. Dette gjorde at dypvannet der var minst like forurenset som overflatevannet. Prøvene fra Bergen kommune sine egne målinger av råvannet bekrefter dette, med et høyt innhold av tarmbakterier flere ganger i løpet av hele sommer- og høstperioden.

I innløpselvene til Kurlatjørn og de to elvene som renner inn til elva mellom Svartavatnet og Kurlatjørn var forurensningsmønsteret gjennom året som i Svartavatnet og innløpselvene der med en del forurensning på sommeren og høsten, og spesielt høye bakteriekonsentrasjoner ved prøvetakingen i september. På grunnlag av 90-persentilen klassifiseres samtlige i tilstandsklasse III = "mindre god". Forurensningen med hensyn på tarmbakterier i disse elvene omtales nærmere i kapittelet om kildeundersøkelsen.

### Tilførsler av næringsstoffer

Kurlatjørne har en meget god vannkvalitet med hensyn på næringsrikhet og klassifiseres totalt sett i tilstandsklasse I = ”meget god”. Klassifiseringen bygger på at både totalfosfor, totalnitrogen, klorofyll a og siktedyp klassifiseres i tilstandsklasse I = ”meget god”. Algemengdene og –artene i Kurlatjørne tydet også på meget næringsfattige forhold (SFT 1997, Brettum 1989).

Beiteaktivitetene i nedbørfeltet til Kurlatjørne er ikke så store at næringsstoffer av noe omfang tilføres vassdraget, og vannkvaliteten tilsvarte den forventede naturtilstanden i dette området med fosforkonsentrasjoner rundt 5 µg/l og nitrogenkonsentrasjoner rundt 150 µg/l (Bjørklund mfl.1994).

### Tilførsler av organisk stoff

Innholdet av organisk stoff var også lavt i Kurlatjørne, og innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse I = ”meget god” med hensyn på virkningen av organisk stoff. Klassifiseringen bygger på et meget lavt innhold av organisk stoff (klasse I), et lavt fargetall (klasse II), meget gode oksygenforhold (klasse I) og et stort siktedyp (klasse I).

Oksygenforholdene i Kurlatjørne vil alltid være gode fordi det sjelden vil være stabil sjiktning i denne innsjøen i lengre tid. Dette skyldes at innsjøen er liten og grunn og at den vanligvis har relativt stor gjennomstrømming.

## Delundersøkelse 2: Kildeundersøkelsen

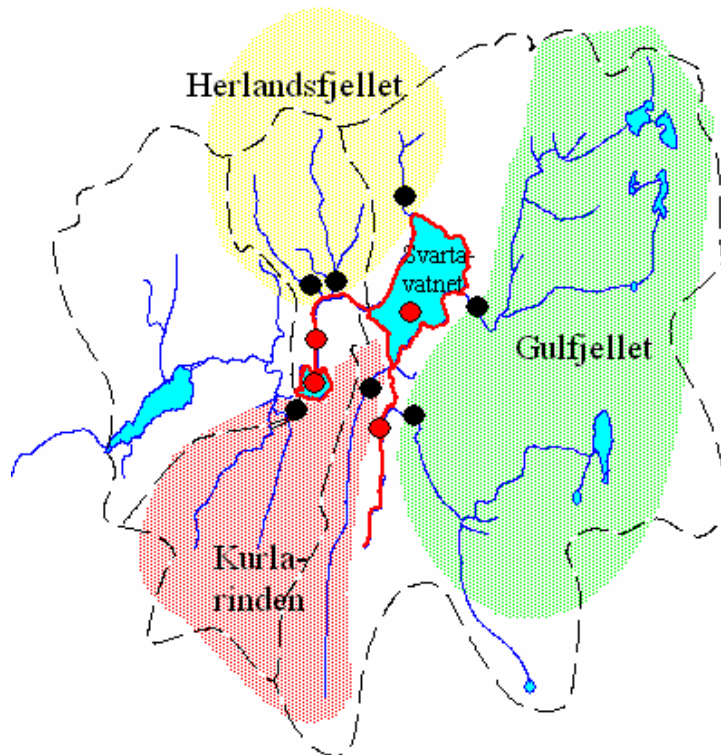
Resultatene fra denne undersøkelsen viser at nedbørfeltet rundt drikkevannskildene på Gulfjellet grovt sett kan deles inn i fire hovedområder på grunnlag av mengden *E. coli* i elvene gjennom hele undersøkelsesperioden (**figur 5.2.1**).

1. Området rundt Kurlarinden (rødt felt) er mest forurenset.
2. Området mot Herlandsfjellet (gult felt) er moderat forurenset.
3. Området mot Gulfjellet (grønt felt) er lite forurenset.
4. De sentrale deler (røde streker) er de eneste stedene der det er påvist *C. perfringens*.

### Kurlarinden

Området rundt Kurlatjørne og sørøstover mot Kurlarinden hadde klart høyere mengder av *E. coli* enn noen av de andre områdene (**figur 5.2.2**). Både bekken fra sør som er ført inn til Kurlatjørne for å øke vannmengden der og bekken til Svartavatnet fra Austrerinden drenerer dette området. Begge ble klassifisert i tilstandsklasse III = ”mindre god” i henhold til SFT (1997). Da er 90 persentilen og ikke høyeste verdi lagt til grunn.

I fjellområdene fra Kurlatjørne og sørover mot Austrerinden ble det observert sau på beite det meste av sesongen. Ofte var de langt oppe i fjellsiden, og ettersom elva til Svartavatnet drenerer andre siden av dette fjellet er det ikke unaturlig at også denne var like forurenset. Nedbørfeltet rundt vannkildene er klausulert og det er tillatt å ha sau på beite i området der. Ved prøvetakingen i juni så vi imidlertid kyr på beite oppe i fjellsiden, noe som ikke er tillatt i følge klausuleringen. Vi så ingen kyr ved seinere prøvetakinger, men vi hadde ingen oversikt over alle deler av nedbørfeltet.



**Figur 5.2.1.** Det undersøkte området på Gulfjellet i 2004. Fargede områder markerer nedbørfeltområdene som er omtalt over, svarte punkter viser prøvetakingssteder for sideelvene, røde punkter viser prøvetakingssteder i de sentrale deler av vassdraget, og røde streker markerer hovedstrengen i vassdraget.

### Herlandsfjellet

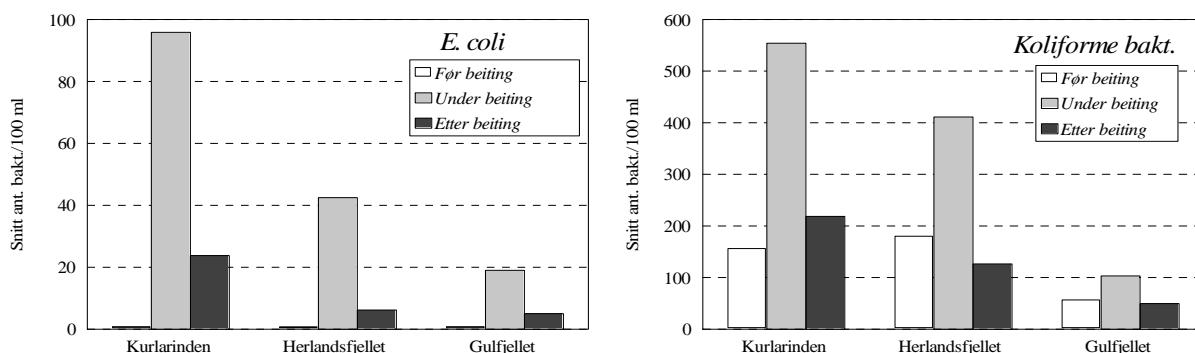
Området opp mot Herlandsfjellet brukes også som beiteområde for sau, men forurensningene der var ikke like store som ved Austrerinden. Dette kan skyldes at området er mindre attraktivt for sauene eller at de i større grad beiter i terrenget lenger unna elvene. Under feltarbeidet var det sjeldnere å observere sau i dette området. Det ble tatt prøver fra alle de tre elvene som drenerer dette fjellområdet. Alle ble klassifisert i tilstandsklasse III (Mindre god) basert på 90-persentilen slik som elvene fra Kurlarinden, men gjennomsnittskonsentrasjonene her var atskillig lavere (**figur 5.2.2**).

### Gulfjellet

Det siste området som skilte seg ut var området i øst opp mot Gulfjellet. Begge elvene som drenerer dette området; innløpselva til Svartavatnet fra øst og innløpselva fra Markskiltjørn var lite forurenset, klart mindre enn ved de to andre områdene (**figur 5.2.2**). Begge disse klassifiseres i tilstandsklasse I = "God". I dette området observerte vi aldri sau på beite, og trolig er dette lite attraktive områder ettersom det er bratte og lite tilgjengelige fjellsider der.

I 2004 var det sau på beite fra perioden mai/juni fram til sauesankinga helga 17-19 september. Perioden med beitende husdyr i nedbørfeltet medfører en tydelig økt bakteriologisk forurensning av vannmassene (**figur 5.2.2**). I perioden juni til september økte bakteriekonsentrasjonene mye, spesielt i nedbørperioder men også i tørrværsperioder som i juli. Etter at husdyrene var tatt ned fra beitet avtok bakteriekonsentrasjonene igjen, men for *E. coli* spesielt var forurensningen fremdeles høyere enn før beitesesongen. Dette skyldes i stor grad gammel møkk som ligger igjen i nedbørfeltet.





**Figur 5.2.2.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av *E. coli* og koliforme bakterier i de tre hovedområdene i nedbørfeltet til Svartavatnet og Kurlatjørni; før-, under- og etter beitesesongen for husdyr

### De sentrale deler av vassdraget

Et fjerde område skilte seg også ut. Det var de sentrale delene av vassdraget; elva fra Redningshytten, Svartavatnet, innløpselva til Kurlatjørni og Kurlatjørni (markert med røde streker i **figur 5.2.1**). På samtlige av disse stedene ble tarmbakterien *Clostridium perfringens* påvist. Denne bakterien ble aldri funnet i noen av sideelvene i vassdraget. Konsentrasjonen var stort sett lav, og de ble påvist kun ved enkelte av prøvetakingene. Bare i mai var konsentrasjonen i elva fra Redningshytten meget høy.

Det som skiller denne delen av vassdraget fra de andre delene er at den drenerer Redningshytten samt at det går turveier langs hele strekningen. *C. perfringens* er en tarmbakterie som finnes både hos mennesker og dyr, den danner sporer og kan derfor også påvises i lang tid etter at forurensningen har funnet sted. Bakterien finnes i større mengder i avføring fra mennesker ( $10^4$  bakt. pr.gram) enn fra sau ( $10^3$  bakt. pr.gram) (Østensvik 1998), og den ble påvist i høye konsentrasjoner ved prøvetakingen i elva fra Redningshytten i mai. Det var ikke sau på beite på dette tidspunktet. Mulige forklaringer på forurensningen kan være forhold knyttet til toalettløsningen på Redningshytten og/eller avrenning fra turveiene i området, der det kan ligge avføring fra hunder/hester.

## Delundersøkelse 3: Hygienisk barriere undersøkelsen

Sjiktningmønsteret i Svartavatnet og Kurlatjørni kan potensielt utgjøre en del av en naturlig hygienisk barriere dersom sjiktningen er stabil og det ikke påvises vesentlig forurensning i dypvannet gjennom året. Verken Svartavatnet eller Kurlatjørni tilfredsstiller disse kravene, og både periodevis stor forurensningsbelastningen fra nedbørfeltet og et lite utpreget sjiktningmønster er viktige årsaker.

I **Svartavatnet** var det en svak temperatursjiktning i perioden mai til august. I september var det like før full omrøring og sjiktningen lå nede på 34 meters dyp. Sammenlignet med tilsvarende innsjøer var imidlertid sjiktningen både lite utpreget og den lå atskillig dypere enn forventet.

I denne innsjøen tappes det 1,1 mill.  $m^3$  vann hver eneste måned, med inntak på 27 meters dyp. Dette tilsvarer hele vannvolumet under 13 meters dyp og er derfor atskillig større enn mengden potensielt tilgjengelig stabilt bunnvann. Tappet vann erstattes hele tiden av tilrennende overflatevann og et stabilt og sterkt sjiktningmønster har derfor ingen mulighet til å dannes. Dette fører også til at sjiktningen trekkes dypere, og råvannet vil nødvendigvis bestå av både bunnvann og overflatevann, noe som er en grunn til den uventet dårlige råvannskvaliteten i Svartavatnet.

Prøvene av overflatevann og vann fra 34 meters dyp ble tatt ute ved innsjøens dypeste punkt. Det var generelt sett lite tarmbakterier begge steder i sjiktningperioden juni til august, men i dypvannet ble det påvist tarmbakterier i samtlige prøver. Det var til og med høyere konsentrasjoner i dypvannet enn i

overflatevannet ved de fleste prøvetakingene, ikke av *E. coli* men både av koliforme bakterier og intestinale enterokokker. I september var sjiktningssperioden over og da var forurensningen større både i overflate- og dypvannet.

Med minst like stor forurensning i bunnvannet som i overflatevannet i Svartavatnet viser undersøkelsen at temperatursjiktet ikke fungerer som en effektiv hygienisk barriere. Disse funnene stemmer godt overens med funnene fra Jordalsvatnet i 2003 (Bjørklund mfl. 2004) der temperatursprangsjikt heller ikke oppfylte kravene til en hygienisk barriere. I tillegg er sjiktningssperioden over når forurensningstilførslene er på det største. I prøvene fra september og oktober var konsentrasjonene av *E. coli* høyere enn tidligere i sesongen.

**Kurlatjørne** er også utelukket som en del av en hygienisk barriere; i denne innsjøen var det aldri noen stabil sjiktning. Innholdet av tarmbakterier var periodevis høyt både i overflatevann og dypvann og forurensningstilførslene til vannmassene på 5-6 meters dyp der råvannsinntaket ligger var ofte større enn til overflatevannet. Kurlatjørne må derfor betraktes som en del av elva, ikke som en innsjø.

I veilederen til Drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedep. 2002) heter det: "For vannforsyningsystem basert på overflatevann, kan nedbørfelt og vannkilde til sammen ikke utgjøre mer enn én hygienisk barriere ovenfor mikroorganismer. Dersom nedbørfelt og vannkilde skal betraktes som én hygienisk barriere for et større vannverk, bør det for eksempel ikke påvises *E. coli* eller et kontinuerlig innhold av termotolerante koliforme bakterier i råvannet." Det heter imidlertid også at sporadiske funn av termotolerante koliforme bakterier i et antall på 3 pr. 100 ml kan aksepteres dersom det umiddelbart iverksettes ny prøvetaking.

Undersøkelsen av sjiktningssmønstret og målingen av forurensningsmengdene i dypvannet der råvannsinntaket ligger, viser at sjiktningen i innsjøene ikke er god nok til å fungere som hygienisk barriere med dagens belastninger i nedbørfeltet. Dersom de naturgitte forholdene ved Gul fjellsvassdraget skal kunne oppfylle kravene som den ene hygieniske barrieren vil en reduksjon i forurensningstilførslene fra nedbørfeltet være eneste mulige tiltak. Da må en forby at nedbørfeltet brukes som beiteområde for alle typer husdyr. Dersom dette skjer vil de naturgitte forutsetningene for en optimal råvannskilde muligens være tilstede. Det forutsetter imidlertid at kloakken fra Redningshytten og turaktivitetene i nedbørfeltet ikke medfører vesentlig forurensning. Kommunenes egne målinger av råvannet i perioden på året når påvirkningen fra beiteperioden er over kan tyde på at disse forurensningene er så små at de ikke vil utgjøre noen reell trussel for drikkevannskvaliteten. Forurensninger på grunn av økt turaktivitet på sommerstid kan imidlertid ikke vurderes fullstendig før beitedyrene eventuell er fjernet.

## Oppsummering

Gulfjellet vannverk er Bergen kommune sitt største drikkevannsanlegg. Råvannskilden ligger i et område uten bebyggelse, og aktivitetene i nedbørfeltet er begrenset til beiting av sau og turgåing i henhold til klausuleringsbestemmelsene. Vannkvaliteten er meget god og tilsvarer forventet naturtilstand med hensyn på næringsrikhet og innhold av organisk stoff. Det er imidlertid stor bakteriell forurensning av vannkilden, større enn i noen av de andre kommunale vannkildene. Et vannuttak som er større enn potensielt tilgjengelig vann under sjiktningssbarrieren, kombinert med arealavrenning fra områder med beitende husdyr, er viktigste årsak til forurensningene. Avrenningen fra områdene ved Kurlarinden var mest forurenset, og elver fra dette området renner til både Svartavatnet og Kurlatjørne. I tillegg ble det påvist noe forurensning som avvek fra det generelle forurensningssmønstret i de sentrale deler av vassdraget. Aktiviteter knyttet til rekreasjon er mulige kilder. Med dagens aktiviteter i nedbørfeltet oppfyller verken nedbørfeltet eller sjiktningssmønstret i innsjøene kravene som stilles til en hygienisk barriere.

## 6. VEDLEGGSTABELLER

**Vedleggstabell 1.** Innhold av koliforme bakterier i prøver fra Gul fjellsvassdraget i 2004.

Ref.	Prøvetakssteds	20. apr.	3. mai	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug	21. sept	13. okt	10. nov.	15. nov
Svartavatnet med innløpsbekker											
A	Elv fra Markskiltjørn	9	95	55	32	29	147	201	26	38	71
B	Elv fra Redningshytten	5	165	299	102	649	365	365	99	48	96
C	Elv fra Austrerinden	38	200	291	345	613	517	1300	148	93	326
D1	Svartavatnet, overflate	9	14	22	161	10	15	579	75	93	192
D2	Svartavatnet, dypvann				26	41	54	613	108		
E	Elv fra Songstaddalen	32	> 200	225	128	130	687	461	86	68	105
F	Elv fra Gulltjørnene	11	118	55	58	70	88	201	74	28	61
Elv mellom Svartavatnet og Kurlatjørn											
G	Elv fra Nordnuken	34	> 200	248	308	248	548	579	225	166	186
H	Paddebekken	22	> 200	194	248	328	687	579	96	48	157
Kurlatjørn med innløpsbekker											
I	Innløp fra sør	15	200	194	365	387	416	488	435	91	
J1	Kurlatjørn, overflate	11	145	206	387	548	260	687	435	184	228
J2	Kurlatjørn, dypvann				435	>2400	108	548	122		
K	Innløp fra Svartavatnet		101	36	161	62	461	411	63	58	236

**Vedleggstabell 2.** Innhold av *Escherichia coli* i prøver fra Gul fjellsvassdraget i 2004.

Ref.	Prøvetakssteds	20. apr.	3. mai	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug	21. sept	13. okt	10. nov.	15. nov.
Svartavatnet med innløpsbekker											
A	Elv fra Markskiltjørn	1	1	1	5	4	3	61	0	0	5
B	Elv fra Redningshytten	0	2	6	7	9	23	122	10	9	4
C	Elv fra Austrerinden	1	0	1	19	39	33	308	39	16	55
D1	Svartavatnet, overflate	0	0	0	43	4	1	260	12	4	11
D2	Svartavatnet, dypvann				2	0	4	248	15		
E	Elv fra Songstaddalen	1	1	1	4	3	24	133	9	4	13
F	Elv fra Gulltjørnene	0	0	3	10	1	2	66	17	0	8
Elv mellom Svartavatnet og Kurlatjørn											
G	Elv fra Nordnuken	0	1	1	5	5	23	128	9	1	9
H	Paddebekken	0	2	0	17	20	13	135	1	0	10
Kurlatjørn med innløpsbekker											
I	Innløp fra sør	0	0	3	46	36	50	236	5	4	
J1	Kurlatjørn, overflate	0	0	6	61	10	1	261	2	2	21
J2	Kurlatjørn, dypvann				91	201	17	236	12		
K	Innløp fra Svartavatnet		0	0	36	1	26	248	3	3	20

**Vedleggstabell 3. Innhold av intestinale enterokokker i prøver fra Gul fjellsvassdraget i 2004.**

Ref.	Prøvetakingssted	20. apr.	3. mai	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug	21. sept	13. okt	10. nov.	15. nov
Svartavatnet med innløpsbekker											
A	Elv fra Markskiltjørn	0	1	3	2	0	2	1	0	1	0
B	Elv fra Redningshytten	0	16	19	4	3	19	22	1	0	1
C	Elv fra Austrerinden	0	4	8	<2	0	15	17	1	0	2
D1	Svartavatnet, overflate	0	0	0	<2	0	0	3	0	0	0
D2	Svartavatnet, dypvann				2	0	0	9	0		
E	Elv fra Songstaddalen	0	19	7	2	0	7	5	0	0	2
F	Elv fra Gulltjørnene	0	4	1	<2	0	1	2	0	0	2
Elv mellom Svartavatnet og Kurlatjørn											
G	Elv fra Nordnuken	0	34	13	2	2	11	8	0	0	0
H	Paddebekken	0	16	23	6	5	31	16	11	3	3
Kurlatjørn med innløpsbekker											
I	Innløp fra sør	0	15	8	12	4	7	13	0	0	
J1	Kurlatjørn, overflate	0	6	7	4	0	0	11	1	0	2
J2	Kurlatjørn, dypvann				<2	14	0	11	3		
K	Innløp fra Svartavatnet		8	1	<2	0	3	7	2	0	2

**Vedleggstabell 4. Innhold av Clostridium perfringens i prøver fra Gul fjellsvassdraget i 2004.**

Ref.	Prøvetakingssted	20. apr.	3. mai	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug	21. sept	13. okt	10. nov.	15. nov
Svartavatnet med innløpsbekker											
A	Elv fra Markskiltjørn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	Elv fra Redningshytten	0	115	4	1	0	0	1	0	0	1
C	Elv fra Austrerinden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	Svartavatnet, overflate	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
D2	Svartavatnet, dypvann				0	0	0	1	0		
E	Elv fra Songstaddalen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	Elv fra Gulltjørnene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elv mellom Svartavatnet og Kurlatjørn											
G	Elv fra Nordnuken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	Paddebekken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kurlatjørn med innløpsbekker											
I	Innløp fra sør	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J1	Kurlatjørn, overflate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
J2	Kurlatjørn, dypvann				0	0	0	0	0		
K	Innløp fra Svartavatnet		2	0	0	0	0	1	0	0	0

**Vedleggstabell 5.** Vannkjemiske analyseresultater og siktedyp, fra overflatevannet i Svartavatnet ved seks tidspunkt i 2004. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp, den bakteriologiske prøven er tatt på 0,1 meters dyp.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	13. okt.
Surhet	pH	5,77	5,82	5,97	6,05	5,94	5,88
Turbiditet	F.T.U.	0,41	0,85	0,84	0,90	0,63	0,30
Farge	mg Pt/l	10	9	8	10	16	10
TOC	mg C/l	0,4	1,1	0,4	1,2	1,1	1,0
Total-fosfor	F g P/l	3	4	5	5	3	5
Total-nitrogen	F g N/l	208	154	164	184	68	110
Klorofyll a	F g/l	2	0,5	0,8	1,5	0,8	0,4
Siktedyp	m	9,0	10,5	10,6	6,0	6,5	9,0

**Vedleggstabell 6.** Vannkjemiske analyseresultater og siktedyp, fra overflatevannet i Kurlatjørn i 2004. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-4 meters dyp, den bakteriologiske prøven er tatt på 0,1 meters dyp. \*= siktedypet ble ikke målt på grunn av mye vind.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	13. okt.
Surhet	pH	5,82	5,89	6,17	6,22	5,94	6,05
Turbiditet	NTU	0,5	0,69	1,3	0,64	0,67	0,27
Farge	mg Pt/l	17	12	24	21	16	11
TOC	mg C/l	1,3	1,6	2,1	2,6	1,1	0,7
Total-fosfor	F g P/l	5	3	8	6	3	4
Total-nitrogen	F g N/l	217	155	179	160	64	85
Klorofyll a	F g/l	2,3		1,7	1,6	0,6	0,4
Siktedyp	m	*	til bunns; >6,6	3,5	5,5	til bunns; >7,5	7,7

**Vedleggstabell 7.** Vannkjemiske analyseresultater fra innløpselva til Svartavatnet fra sør (Redningshytten) ved seks tidspunkt i 2004.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	13. okt.
Surhet	pH	5,69	5,92	6,25	6,11	5,73	6,08
Turbiditet	F.T.U.	0,3	0,48	<0,1	0,13	0,39	<0,1
Fargetall	mg Pt/l	12	14	7	8	13	6
TOC	mg C/l	0,8	2,4	<0,3	0,7	0,6	<0,3
Total-fosfor	F g P/l	4	<2	<2	<2	<2	2
Total-nitrogen	F g N/l	95	256	136	210	<50	68

**Vedleggstabell 8.** Vannkjemiske analyseresultater fra innløpselva til Svartavatnet fra øst (Gulltjørna) ved seks tidspunkt i 2004.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	13. okt.
Surhet	pH	5,89	6,02	6,19	6,13	5,92	5,84
Turbiditet	F.T.U.	0,15	0,28	<0,1	<0,1	0,32	0,27
Fargetall	mg Pt/l	9	9	5	<5	13	10
TOC	mg C/l	0,7	2,5	<0,3	0,4	0,5	0,5
Total-fosfor	F g P/l	2	<2	<2	<2	<2	2
Total-nitrogen	F g N/l	102	201	119	222	< 50	60

**Vedleggstabell 9.** Vannkjemiske analyseresultater fra innløpselva til Svartavatnet fra nord (Songstaddalen) ved seks tidspunkt i 2004.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	13. okt.
Surhet	pH	5,71	5,86	6,40	6,34	5,68	6,20
Turbiditet	F.T.U.	0,24	0,37	0,18	0,12	0,26	< 0,1
Fargetall	mg Pt/l	21	19	16	21	21	9
TOC	mg C/l	1,8	1,6	1,0	2,0	1,3	0,5
Total-fosfor	F g P/l	10	2	2	2	3	3
Total-nitrogen	F g N/l	151	93	81	82	< 50	< 50

**Vedleggstabell 10.** Vannkjemiske analyseresultater fra innløpselva til Kurlatjørni fra Svartavatnet ved seks tidspunkt i 2004.

PARAMETER	ENHET	18. mai	16. juni	12. juli	10. aug.	21. sept	15. okt.
Surhet	pH	5,91	5,92	6,34	6,35	5,92	6,35
Turbiditet	F.T.U.	0,25	0,44	0,37	0,18	0,55	0,18
Fargetall	mg Pt/l	11	12	18	21	16	21
TOC	mg C/l	0,5	1,4	1,4	2,0	1,1	2,0
Total-fosfor	F g P/l	3	<2	3	2	3	2
Total-nitrogen	F g N/l	201	120	116	174	106	174

**Vedleggstabell 11:** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Svartavatnet ved seks tidspunkt i 2004. Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Dato:	18.mai		16.jun		12.jul		10.aug		21.sep		13.okt	
	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
Melosira sp.	24000	0,0048							1000	0,0006		
Tabellaria flocculosa											2000	0,001
Ubest.penn.diatomeer	4000	0,002										
Ubest.sentr.diatomeer							31.000	0,014				
<b>CHLOROPHYCEAE</b>												
Ankistrodesmus sp.			31000	0,0031								
Closterium sp.	61000	0,0122										
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>												
Cryptomonas sp.									4000	0,004		
Rhodomonas sp.	31000	0,0025	61000	0,0049	31000	0,0025						
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>												
Bitrichia sp.					31000	0,0031						
Dinobryon divergens	36000	0,0054			22000	0,0033						
<b>DINOPHYCEAE</b>												
Gymnodinium sp.							31000	0,0155	2000	0,001		
Peridinium sp.	8000	0,008										
Ubest.dinoflagellater					2000	0,002						
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>												
Ubest.flagellater <5µm	1958000	0,0274	949000	0,0133	2028000	0,0284	2574000	0,036	520000	0,0073	459000	0,0064
Ubest.flagellater >5µm	581000	0,0657	581000	0,0657	245000	0,0277	367000	0,0415	184000	0,0208	245000	0,0277
<b>SAMLET</b>												
	2703000	0,128	1622000	0,087	2359000	0,067	2972000	0,107	711000	0,0337	706000	0,0351

**Vedleggstabell 12:** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Kurlatjørni ved seks tidspunkt i 2004. Prøvene er tatt som blandeprøver fra de øverste seks meterne av vannsøylen ved innsjøens dypeste punkt, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Dato:	18.mai		16.jun		12.jul		10.aug		21.sep		13.okt	
	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
Tabellaria flocculosa			31000	0,0186								
Ubest.penn.diatomeer					2000	0,0004	31000	0,0062				
<b>CHLOROPHYCEAE</b>												
Ankistrodesmus sp.	31000	0,0031										
Netrium sp.									2000	0,001		
Chlorophyceae spp.			68000	0,0068								
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>												
Cryptomonas sp.							32000	0,032	61000	0,061	6000	0,006
Rhodomonas sp.			31000	0,0025	61000	0,0049	31000	0,0025	2000	0,0002		
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>												
Dinobryon divergens	56000	0,0084	58000	0,0087								
Dinobryon sp.					92000	0,0138						
<b>DINOPHYCEAE</b>												
Gymnodinium sp.					4000	0,004	2000	0,001				
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>												
Ubest.flagellater <5µm	1102000	0,0154	1681000	0,0235	3194000	0,0447	3718000	0,0521	551000	0,0077	459000	0,0064
Ubest.flagellater >5µm	551000	0,0623	857000	0,0968	704000	0,079	551000	0,0623	153000	0,0173	306000	0,0346
<b>SAMLET</b>												
	1740000	0,0892	2726000	0,1569	4057000	0,1468	4365000	0,1561	769000	0,0872	771000	0,047

**Vedleggstabell 13.** Tetthet (antall / m<sup>3</sup>) av dyreplankton i seks prøver fra Svartavatnet i 2004. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 30 meterne av vannsøylen. Forekomst av hjuldyr er inndelt i fem grupper, der \* = lavt antall og \*\*\*\*\* = meget høyt antall.

	18. mai.	16. jun.	12. jul.	10. aug.	21. sep.	13. okt.
<b>VANNLOPPER (CLADOCERA)</b>						
<i>Alonella nana</i>	0,4	0,2	3	6	14	6
<i>Bosmina longispina</i>	127	1631	1631	1529	1800	2035
<i>Chydorus sphaericus</i>	0,4	0	0	0	0,2	0
<i>Holopedium gibberum</i>	136	781	1665	1257	122	8
<i>Ilyocryptus cuneatus</i>	0	0	0	0	0,2	0
<i>Polyphemus pediculus</i>	0	0,5	4	14	0	0
<b>HOPPEKREPS (COPEPODA)</b>						
<i>Cyclops scutifer</i>	4	2	1	3	0,5	0
<i>Megacyclops sp.</i>	0	0	0	0	0,2	0
Harpacticoida	0,4	0	0	0	0	0
cyclopoide nauplier	8	645	170	340	0	6
cyclopoide copepoditter	0,4	0	280	815	8	91
<b>TOTALTETTHET AV VANNLOPPER OG HOPPEKREPS (ant/m<sup>3</sup>)</b>						
	277	3060	3753	3963	1946	2146
<b>HJULDYR (ROTATORIA)</b>						
<i>Collotheca spp.</i>	**	****	*****	****	***	***
<i>Conochilus spp.</i>	***	****	****	***	*****	*****
<i>Dicranophorus robustus</i>				*		
<i>Eothinia lamellata</i>				*	*	
<i>Euchlanis cf. meneta</i>		*				
<i>Kellicottia longispina</i>					**	
<i>Keratella hiemalis</i>	*	***	***	***	*	**
<i>Keratella serrulata</i>	*	*	*	**		*
<i>Lecane constricta</i>					*	
<i>Lecane lunaris</i>						*
<i>Lecane mira</i>			*			
<i>Notommata falcinella</i>		*				
<i>Ploesoma hudsoni</i>			***	**		
<i>Polyarthra major</i>					***	*
<i>Synchaeta sp.</i>	***	***				
<i>Trichotria tetractis caudata</i>		*				
<b>ANNET (totalt antall i prøven)</b>						
<i>Chironomidae</i>	1	1			2	
<i>Oligochaeta</i>	2					



**Vedleggstabell 14.** Tetthet (antall/m<sup>3</sup>) av dyreplankton i seks prøver fra Kurlatjørne i 2004. Prøvene er tatt som vertikale håvtrekk gjennom de øverste 6 meterne av vannsøylen. Forekomst av hjuldyr er inndelt i fire grupper, der \* = lavt antall og \*\*\*\* = høyt antall.

	18. mai.	16. jun.	12. jul.	10. aug.	21. sep.	13. okt.
<b>VANNLOPPER (CLADOCERA)</b>						
<i>Acantholeberis curvirostris</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Alona affinis</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Alona guttata</i>	0	1	1	1	0	1
<i>Alona intermedia</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Alonella nana</i>	12	0	21	71	9	5
<i>Alonopsis elongata</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Bosmina longispina</i>	22	44	2411	3581	4	156
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	2	2	539	5662	0	0
<i>Chydorus sphaericus</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Eurycercus lamellatus</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Holopedium gibberum</i>	8	51	105	57	4	0
<i>Ilyocryptus cuneatus</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ophryoxus gracilis</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Paralona pigra</i>	2	0	5	0	0	0
<i>Polyphemus pediculus</i>	0	4	0	1	0	0
<i>Rhynchotalona falcata</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Scapholeberis mucronata</i>	0	0	0	1	0	0
<b>HOPPEKREPS (COPEPODA)</b>						
<i>Acanthocyclops cf. vernalis</i>	0	0	7	0	0	0
<i>Diacyclops nanus</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	0	0	1	0	0	0
Harpacticoida	1	0	0	0	0	0
cyclopoide nauplier	11	6	767	11536	4	0
cyclopoide copepoditter	0	4	28	127	0	13
<b>TOTALTETTHET AV VANNLOPPER OG HOPPEKREPS (ant/m<sup>3</sup>)</b>						
	66	112	3891	21039	24	175
<b>HJULDYR (ROTATORIA)</b>						
<i>Cephalodella gibba</i>			*		*	
<i>Cephalodella cf. mucronata</i>					*	
<i>Collotheca</i> spp.	*	**	**	**	**	*
<i>Conochilus</i> spp.	**	***	****		***	**
<i>Dicranophorus robustus</i>					*	
<i>Euchlanis meneta</i>					*	
<i>Euchlanis triquetra</i>		*	**	*		
<i>Keratella hiemalis</i>	*		*		*	*
<i>Keratella serrulata</i>	*	*		*	*	*
<i>Lecane constricta</i>			*	*		
<i>Lecane ligona</i>					*	*
<i>Lecane lunaris</i>						*
<i>Lecane mira</i>		*	*	*	*	
<i>Lecane cf. stichaea</i>	*					
<i>Notommata cyrtopus</i>	*					
<i>Ploesoma hudsoni</i>		*	*	*		
<i>Polyarthra major</i>					**	**
<i>Polyarthra cf. remata</i>		*	*			
<i>Synchaeta</i> sp.	***	*				
<i>Trichocerca collaris</i>			*			
<i>Trichocerca tigris</i>			*			
<i>Trichotria tetractis caudata</i>	*					
<b>ANNET (totalt antall i prøven)</b>						
Acari			1			
Chironomidae	1	3	5		3	
Oligochaeta	8					
Ostracoda			1			
Tardigrada	1					

## 7. LITTERATUR

- Bjørklund A.E. 1995  
Vurdering av Jordalsvatnets indre- og ytre basseng i forbindelse med konsesjonssøknad om drikkevannskilde. Rådgivende Biologer, rapport 154, 21 sider. ISBN 82-7658-049-1.
- Bjørklund A.E. 1999  
Undersøkelse av Jordalsvassdraget i 1998/99.  
Rådgivende Biologer, rapport 384, 54 sider. ISBN 82-7658-244-3.
- Bjørklund A.E. & G.H. Johnsen 1995  
Undersøkelse av Indrevatnet og Jordalsvatnet sommeren 1995.  
Rådgivende Biologer, rapport 208, 54 sider. Ikke ISBN nummerert.
- Bjørklund, A.E., G.H. Johnsen og E. Brekke 2004.  
Undersøkelser i Jordalsvassdraget i 2003-04.  
Rådgivende Biologer as. Rapport nr 698, 46 sider.
- Bjørklund, A., G.H. Johnsen & A. Kambestad 1994  
Miljøkvalitet i vassdragene i Bergen, status 1993.  
Rådgivende Biologer, rapport 110, 156 sider. ISBN 82-7658-024-6
- Brettum, P. 1989.  
Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. NIVA-rapport nr. 2344, 11 sider.
- Hansen, E. 1998.  
Dykkerrapport, Inntaksledning i Svartavatnet og Korlatjørn, Gullfjellet.  
Rør-dykk, rapport nr. 1/98, 9 sider.
- Johnsen, G.H., A. E. Bjørklund, O. Soldal (ICG), V. Valen (ICG) & E. Brekke 2001  
Vassdragsundersøkelser i nedbørfeltene til vannverkene på Byfjellene i Bergen sommeren 2000. Rådgivende Biologer AS Rapport nr 482, 87 sider.
- Johnsen, G.H., A.E. Bjørklund & M. Vidnes (NVK Multiconsult) 2004.  
Karakterisering av vassdragene i Bergen. Rådgivende Biologer AS, rapport 771, 39 sider, ISBN 82-7658-405-5.
- NVE 2002  
Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1961 -1990.  
NVE. Hydrologisk avdeling, Kartblad nr. 1.
- SFT 1997  
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.  
Statens forurensningstilsyn - veiledning nr. 97:04.
- Sosial- og helsedep. 2002.  
Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).
- Vann- og avløpsetaten i Bergen, 2004.  
Drikkevannskvalitet i Bergen. Årsrapport 2003.  
Bergen kommune, Vann- og avløpsetaten, Drikkevannsrapport 1/2004.
- Østensvik, Ø. 1998  
Fekale indikatorbakterier i drikkevann.  
Norsk veterinærtidsskrift. Tema drikkevannshygiene. Nr. 10, 1998, side 606-614.