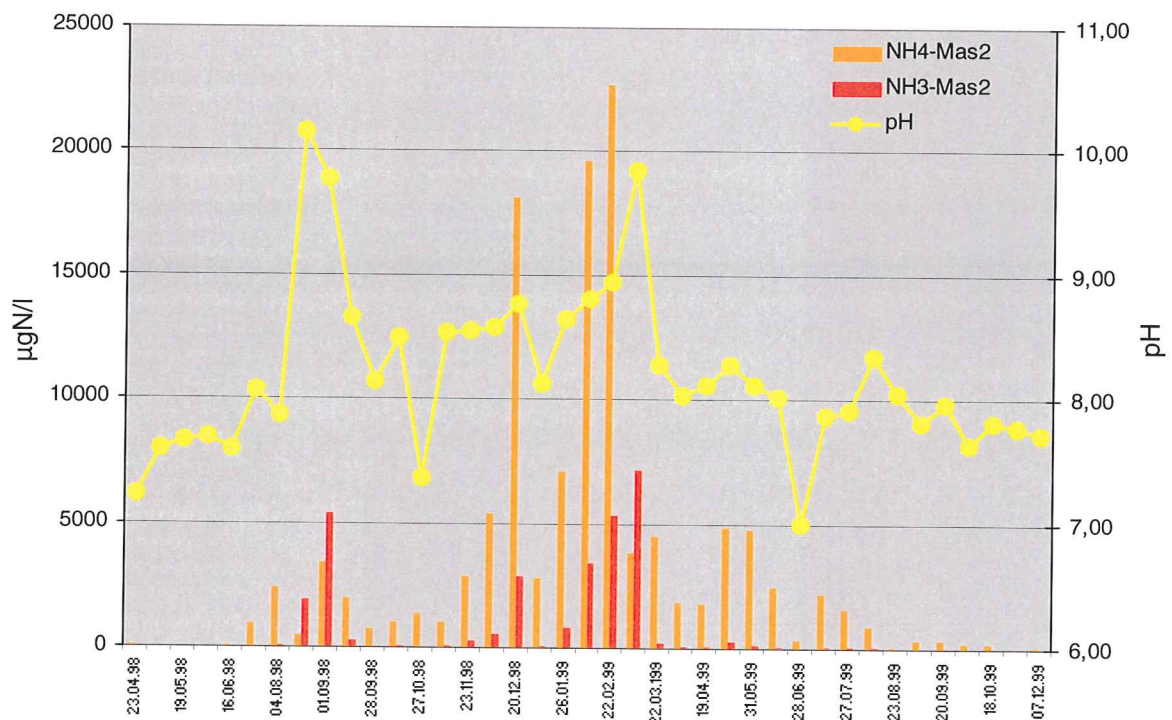


RAPPORT LNR 4287-2000

Utslipp av tunnelvann til Mastebekken, Modum kommune

Virksomheter på vannkjemi, bunndyr og fisk

SLUTTRAPPORT



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Utslipp av tunnelvann til Mastebekken, Modum kommune. Virkninger på vannkjemi, bunndyr og fisk. Sluttrapport.	Løpenr. (for bestilling) 4287-2000	Dato 16.10.2000
	Prosjektnr. Undernr. O-98102	Sider Pris 20
Forfatter(e) Torleif Bækken	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Ing. Vidar Tveiten A/S, PB 120, 3840 Seljord	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I forbindelse med midlertidig utslippstillatelse fra anleggsarbeider ved Kaggefoss Kraftverk i Modum kommune, ble det pålagt en undersøkelse av Mastebekken som blir resipient for tunnelvannet i anleggsperioden. Før anleggsstart hadde de 4 stasjonene samsvarende bunndyrsamfunn dominert av døgnfluearten <i>Baetis rhodani</i>. Det ble registrert et lite antall utsatte ørreter på nederste stasjon. Under anleggsperioden ble det påvist meget høye konsentrasjoner av ammonium og nitrat i bekken ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$: maks 28mgN/l, $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$: maks 37mgN/l). Dette skyldtes avrenning av sprengstoffrester. Bruk av betong i tunnelen medførte tidvis høye pH verdier (maks 10,2) som sammen med høye ammoniumverdier medførte meget høye konsentrasjoner av giftig ammoniakk (maks 7,2mgN/l). Dette hadde klare biologiske virkninger. Bunndyrsamfunnet var sterkt redusert 1,5 mnd etter anleggsslutt, og var trolig nærmest utdødd under anleggsarbeidene. Det ble imidlertid registrert en begynnende gjeninnvandring av organismer på dette tidspunktet. Det ble ikke påvist fisk. Ett år seinere syntes bekken å være tilbake til tilnærmet normale biologiske tilstander sett utfra sammensetningen av bunndyrsamfunnet.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnelvann 2. Forurensninger 3. Bunndyr 4. Fisk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel water 2. Pollution 3. Macroinvertebrates 4. Fish
--	--


Torleif Bækken
Prosjektleder


Dag Berge
Forskningsleder


Nils Roar Sæltun
Forskningsjef

ISBN 82-577-3917-0

Utslipp av tunnelvann til Mastebekken, Modum kommune

Virkninger på vannkjemi, bunndyr og fisk.

Sluttrapport.

Innhold

1. INNLEDNING	4
2. METODER OG MATERIALE	4
3. RESULTATER	6
3.1 Vannkjemi	6
3.2 Bunndyr og fisk	8
3.2.1 Før anleggsstart	8
3.2.2 Etter anleggsslutt	8
4. REFERANSER	11
5. VEDLEGG	12

1. Innledning

Det er laget en ny, parallell, tilløpstunnel til Kaggefoss Kraftverk i Modum kommune. Det ble innvilget midlertidig utslippstillatelse av tunnelvann fra anleggsarbeidene. I den forbindelse ble det pålagt en forundersøkelse og overvåking av kjemiske og biologiske forhold i Mastebekken, som var resipient for tunnelvannet. Det ble forventet økt slamføring og nitrogenavrenning som følge av tunnelarbeidene. Bekken ligger i områder med leireavsetninger og har derfor også naturlig en del partikkeltransport ved høy vannføring. Bekken har et betydelig grunnvannstilsig og tørker ikke ut om sommeren. Den har derfor i perioder blitt brukt til utsetting og oppvekstområde for småørret.

For å vurdere de biologiske virkningene ble det utført undersøkelser av bunndyrsamfunnet. Innsamling av større bunndyr (makroinvertebrater) er en viktig del av generelle og problemrettede vassdragsundersøkelser. Bunndyr er en heterogen gruppe organismer. Det finnes ekstreme rentvannsarter og arter som er svært tolerante overfor ulike typer forurensninger. Dette gjør at bunndyrsamfunnets sammensetning og mengdeforhold kan brukes til å karakterisere vannkvaliteten i et vassdrag samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse (Aanes & Bækken 1989). Bunndyr lever hele eller store deler av sitt liv i vann. Bunndyrsamfunnet gir derfor et integrert bilde av tilstanden i vassdraget over en lengre periode. Videre er bunndyrene viktige næringsobjekter for fisk og kan derfor gi opplysninger om næringspotensiale for fiskeproduksjon.

Vannprøver ble tatt hver 14. dag fra før anleggsstart til etter anleggsslutt og analysert ved Buskerud Vann- og Avløpssenter AS (BuVa), Drammen. Resultatene fra analysene ble rapportert underveis av utbygger direkte til Fylkesmannens miljøvernavdeling. Analyseresultatene er samlet i foreliggende rapport og vurdert i forhold til de biologiske virkningene.

Dokumentasjon på den biologiske tilstanden i Mastebekken ble utført med spesiell vekt på det biologiske mangfoldet innen bunndyrgruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer (såkalte EPT-arter; Ephemeroptera, Plecoptera og Trichoptera). Det ble også foretatt registrering av fiskefaunaen i bekken.

Førsituasjonen er tidligere dokumentert av Bækken (1998). Foreliggende rapport sammenfatter resultatene for virkninger av tunnelvannet på de kjemiske og biologiske forholdene i bekken.

2. Metoder og materiale

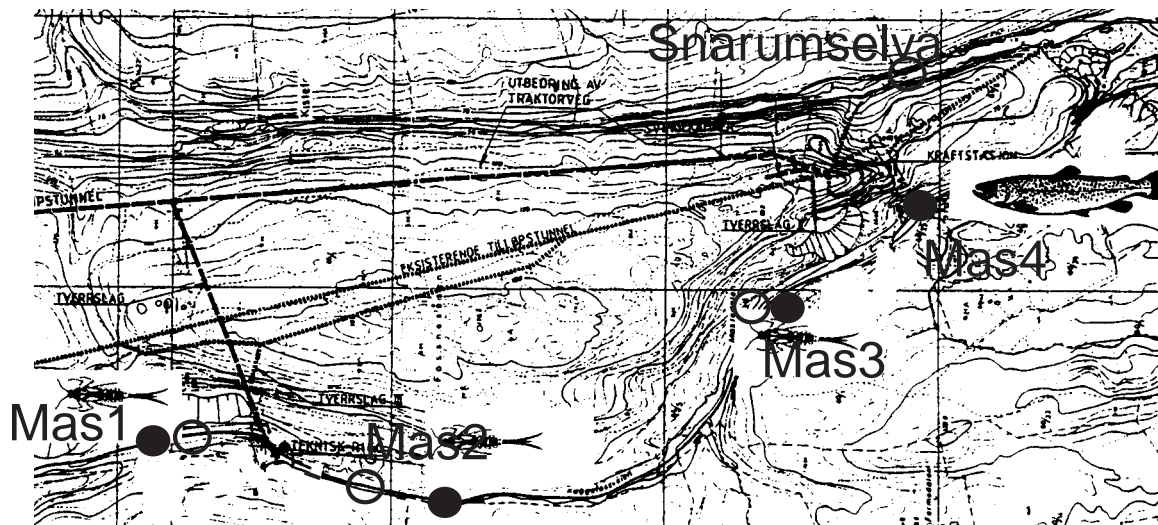
Bunndyrene ble samlet inn med den såkalte sparkemetoden (Norsk Standard 4719). Bunns substratet rotes rundt med den ene foten, det oppvirklede materialet føres av strømmen opp i en håv plassert på bunnen. Det hele foregår etter en bestemt prosedyre i 3 * 1 minutt. Håven har maskevidde 250 µm.

Ved hver stasjon ble det prøvofisket med elektrisk fiskeapparat på en strekning på ca 50 m. Fisken ble lengdemålt og deretter sluppet ut i bekken igjen (Bækken 1998).

Referansestasjonen Mas1 ble plassert ca 150 m oppstrøms tunnelpåhogget. Det hadde foregått noe anleggsvirksomhet i dette området før prøvene ble tatt. Noe skog var fjernet og det var kjørt med anleggsmaskiner/skogsmaskiner langs bekken. Bekken syntes i liten grad direkte berørt av denne aktiviteten. Stasjon Mas2 ble plassert omkring 200 m nedstrøms tunnelåpningen. Mas3 og Mas4 lå lengre nedover i bekken (Figur 1). Bekken var ca 1m bred og ca 10-15 cm dyp på prøvetakingsstedet på Mas1. Vannføringen i bekken økte noe nedover i vassdraget, men bredden var ca den samme ved alle stasjonene.

De biologiske prøvene ble tatt 4. juni 1998 (referensesituasjon), umiddelbart før det ble igangsatt større anleggsarbeider, 26. august 1999, ca 1,5 måneder etter at utslippene fra tunnelarbeidene var avsluttet og ca ett år seinere, den 29. august 2000.

Vannkjemiske prøver ble tatt oppstrøms tunnelpåhogget ved Mas1, nedstrøms ved Mas2 og Mas3 samt i Snarumselva nedstrøms utløpet av Mastebekken. Det ble analysert på pH, konduktivitet, partikler (turbiditet og suspendert stoff), ammonium ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), nitrat ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), totalt fosfor (tot P) samt farge og totalt organisk karbon (TOC). Prøvene ble tatt i perioden 23. april 1998 til 7. desember 1999, og dekker perioden før anleggsstart, anleggsperioden og en periode etter anleggsslutt.



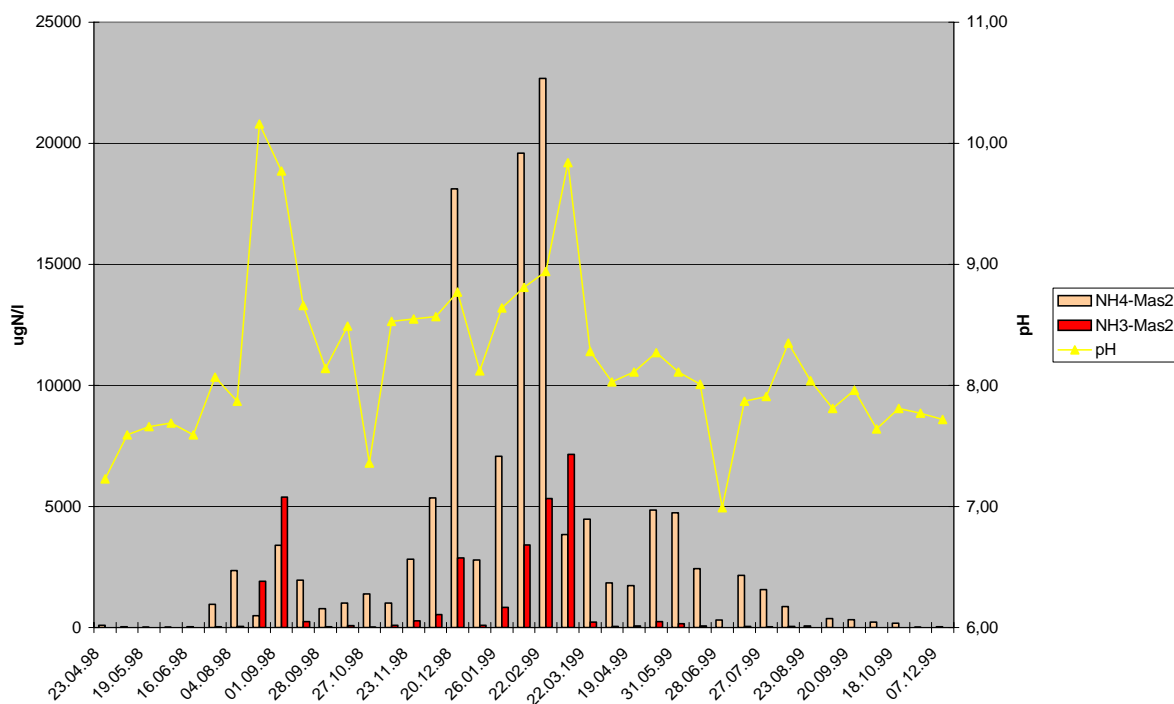
Figur 1. Prøvetakingsstasjoner for biologi (●) og vannkjemi (○) i Mastebekken og Snarumselva.

3. Resultater

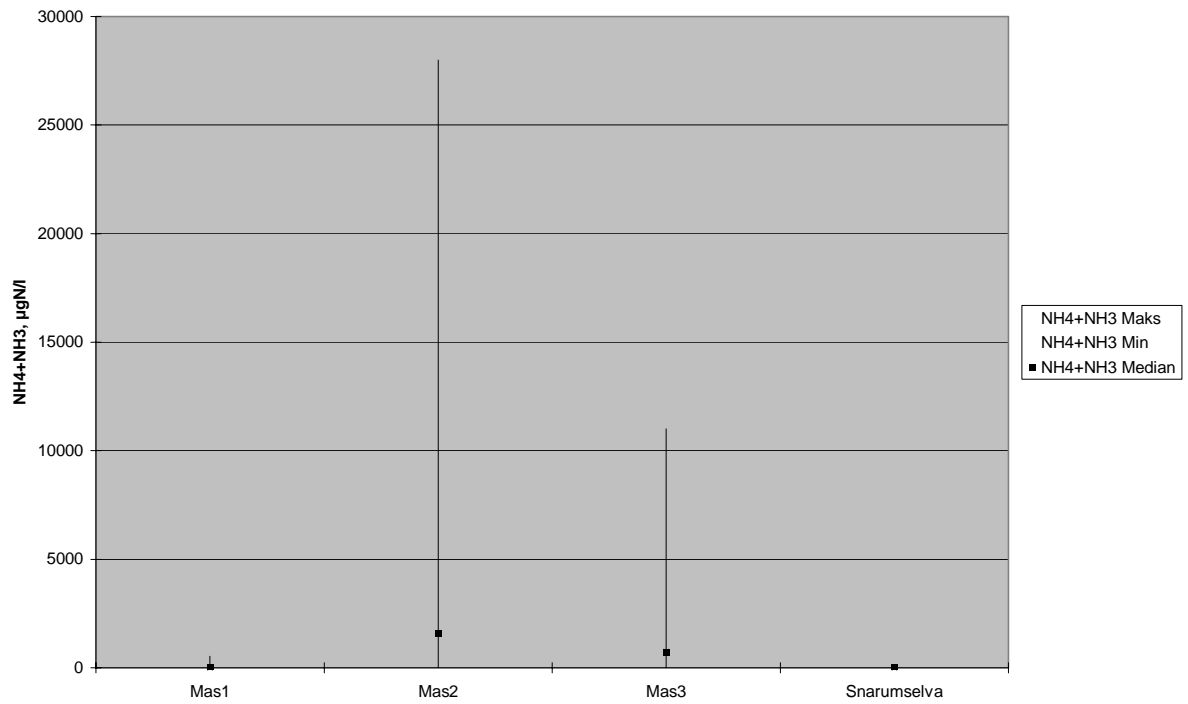
3.1 Vannkjemi

Den vannkjemiske situasjonen i bekken ble registrert hver 14. dag (Vedleggstabell 5). Vannprøvene viste tidvis meget høye konsentrasjoner av ammonium (total ammonium: $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), ammoniakk (NH_3), pH og partikler. Særlig høye var konsentrasjonene ved Mas2 (Figur 2). Her ble de høyeste ammoniakkverdiene registrert høsten 1998 og vinteren 1999 med konsentrasjoner omkring 5000 - 7000 $\mu\text{gN/l}$, og med tilhørende pH-verdiene omkring 10. Konsentrasjonene avtok nedover i bekken (Figur 3-5). Partikkelkonsentrasjonen (turbiditeten og suspendert stoff; Vegleggstabell 5) var tidvis meget høy også på referansestasjonen noe som skyldtes erosjon i bekkeleiet og tilførsler fra jordbruksarealer. Vannprøvene fra Snarumselva viste små variasjoner som følge av utslipp fra Mastebekken. Større endringer i partikkeltransport hadde sammenheng med transportøkning i elva i forbindelse med flom.

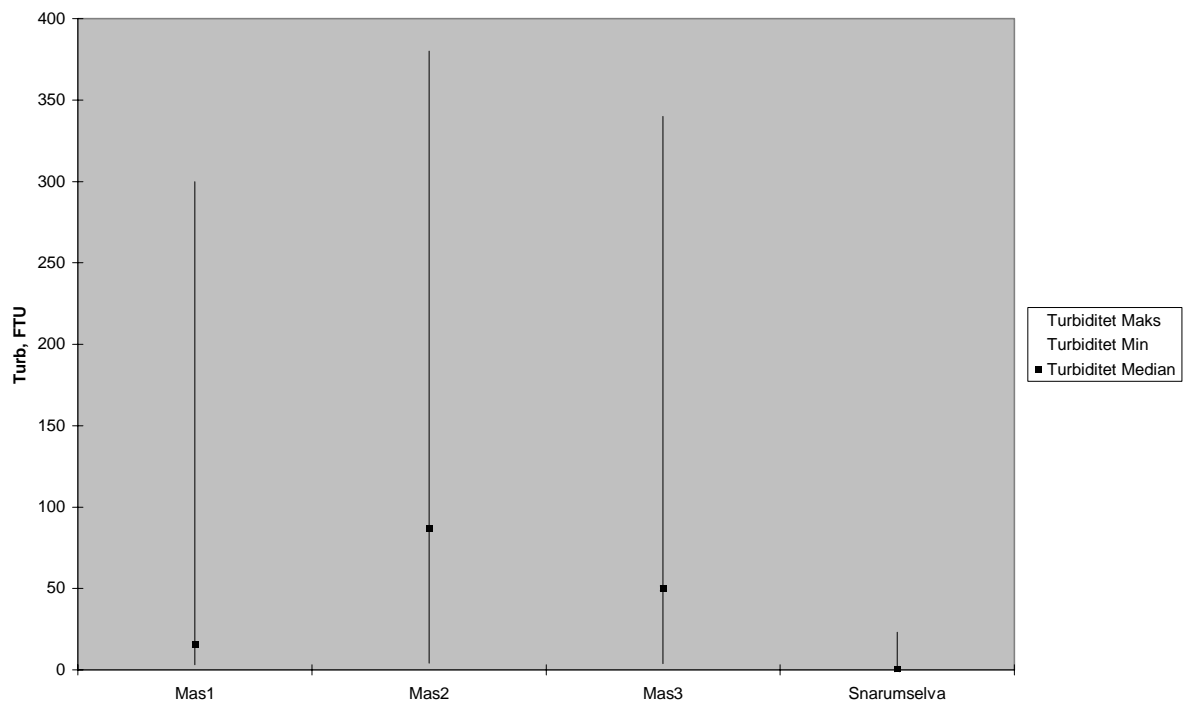
I vann er består "ammonium" av en likevekt mellom ammonium-ioner (NH_4^+) og ammoniakk (NH_3). Likevekten avhenger av temperatur og pH. Ved høy pH og høy temperatur øker andelen av ammoniakk. Ammoniakk er meget giftig for vannlevende organismer. Høye, og klart giftige konsentrasjoner av ammoniakk ble observert ved alle stasjonene i bekken nedstrøms tunnelutslippet.



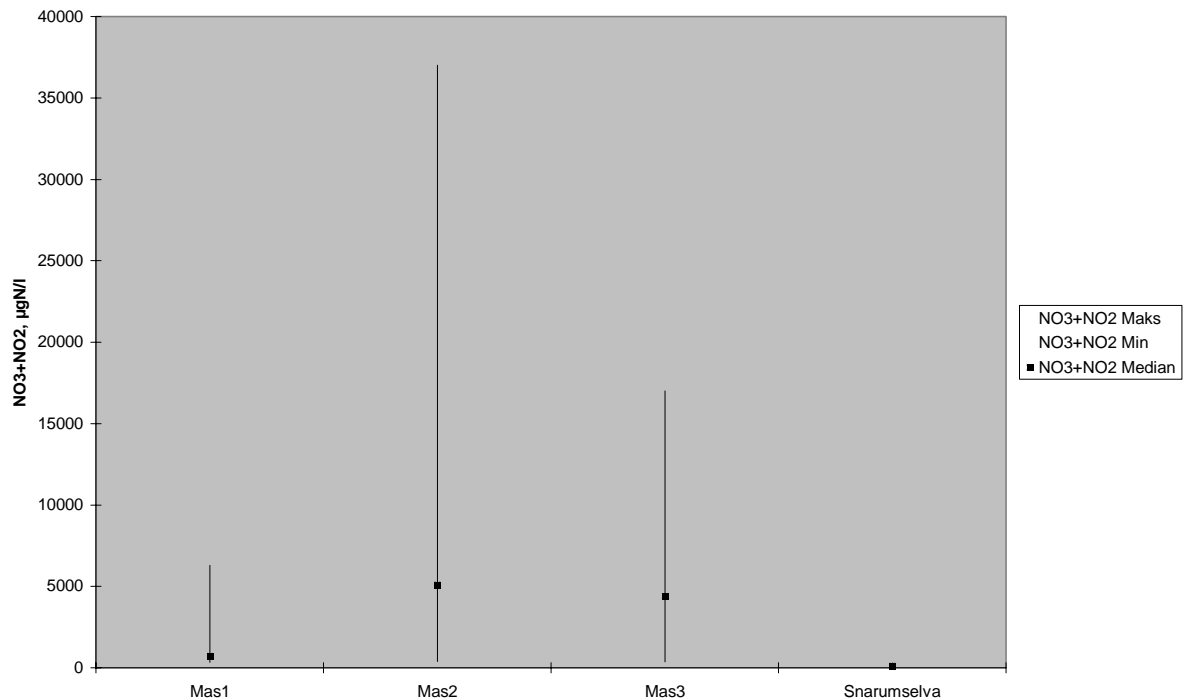
Figur 2. Konsentrasjon av ammonium (NH_4^+) og ammoniakk (NH_3) samt pH verdier målt i Mastebekken ved Mas2.



Figur 3. Variasjoner i ammoniumkonsentrasjonene. Verdiene er oppgitt som median, maksimum og minimumsverdier i løpet av måleperioden.



Figur 4 . Variasjoner i partikkel konsentrasjonene. Verdiene er oppgitt som median, maksimum og minimumsverdier i løpet av måleperioden.



Figur 5. Variasjoner i nitratkonsentrasjonene. Verdiene er oppgitt som median, maksimum og minimumsverdier i løpet av måleperioden.

3.2 Bunndyr og fisk

3.2.1 Før anleggsstart

Før utslippet av tunnelvann startet (4. juni 1998) var bunndyrsamfunnet i bekken preget av en høy tetthet av døgnfluer på alle prøvetakingsstasjonene (Figur 6, Vedleggstabell 1 og 3). Den dominerende arten var *Baetis rhodani*, men det var også betydelige innslag av *Baetis muticus* og *Baetis niger*. Summen av antall registrerte døgn-, stein- og vårfluerarter (EPT) var lav og varierte fra 4 på referansestasjonen Mas1 til 8 på Mas2 like nedstrøms anlegget. Dette er en normal situasjon på denne årstiden. Tidlig på sommeren har de fleste steinflueartene og mange av vårflueartene klekt til voksne og vil derfor ikke finnes som nymfer eller larver i vannet.

På Mas4 hadde sommergenerasjonen til døgnflueslekten *Baetis* begynt å klekke fra egg til små nymfer. Det medførte langt høyere tetthet av døgnfluer på denne stasjonen enn lengre oppover i bekken.

Det ble registrert 4 småørreter nederst i bekken (Mas4). Det er små muligheter for oppvandring fra Snarumselva slik at ørreten var trolig utsatt.

3.2.2 Etter anleggsslutt

De første bunndyrprøvene etter anleggsslutt ble tatt 26. august 1999, ca 1,5 måneder etter avsluttet tunnelarbeid. Bekken var nå sterkt påvirket av slam, og i langt større grad enn tidligere. Bunndyrsamfunnet var kraftig påvirket av utslippet av tunnelvann. Det var en markert forskjell mellom referansestasjonen Mas1 og stasjonene nedstrøms tunnelen. Antall EPT-arter var 13 på Mas1, men bare 3-4 på de øvrige stasjonene (Figur 7). Det ble også registrert langt færre "hovedgrupper" av bunndyr, og tetthetene av alle arter og grupper var stort sett langt lavere på de påvirkede stasjonene enn på referansen (Figur 6, Vedleggstabell 2 og 4). Enkelte dyregrupper ble likevel funnet i relativt

høyt antall også på de påvirkede stasjonene Mas2-Mas4. Det viser en begynnende gjeninnvandring av enkelte deler av faunaen.

Fåbørstemark var langt vanligere på de nederste to stasjonene enn på referansestasjonen. Muligens har arter i denne dyregruppen klart seg bra på de to minst belastede stasjonene, Mas3 og Mas4, under perioden med forurensning. Disse dyrene graver i bunnssubstratet og kan bli mindre direkte eksponert for vannforurensningene. Dessuten har flere arter i denne dyregruppen større toleranse for forurensninger enn for eksempel EPT-artene.

Førøvrig må en anta at dyrelivet i bekken på det nærmeste har vært utdødd under utslippsperioden. Fordi bunndyrprøvene ble tatt en tid etter at utslippene var stanset kan ikke dette fastslås med sikkerhet. Antagelsen støttes imidlertid av de vannkjemiske prøvene som ved flere anledninger viste høye pH-verdier og giftige konsentrasjoner av ammoniakk (se over).

Ett år seinere, den 28. september 2000, var bunndyrsamfunnet i bekken tilbake til en tilnærmet normal tilstand. Antall EPT-arter på referansestasjonen og de tidligere påvirkede stasjonene var i samme størrelsesorden med fra 13 til 18 arter (Figur 7). Tettheten av EPT-arter var relativt høy, og helt forskjellig fra situasjonen like etter anleggsavslutningen (Vedleggstabell 4). Døgnfluen *Baetis rhodani* var den vanligste ETP-arten alle stasjoner sett under ett, men *Baetis muticus* var langt den vanligste på referansestasjonen. Også *Baetis niger* var vanlig på Mas1. De to sistnevnte artene ble imidlertid bare funnet i svært få eksemplarer eller ikke i det hele tatt på Mas2-Mas4. Dette antyder at ikke alle artene ennå har kommet tilbake til de forurensningsutsatte delene av bekken.

Det ble ikke funnet fisk etter anleggsslutt. Den lille fiskebestanden som ble påvist nederst i bekken før utslippene har trolig vandret ut i hovedvassdraget eventuelt dødd ut grunnet høye pH-verdier og/eller ammoniakk-konsentrasjoner.

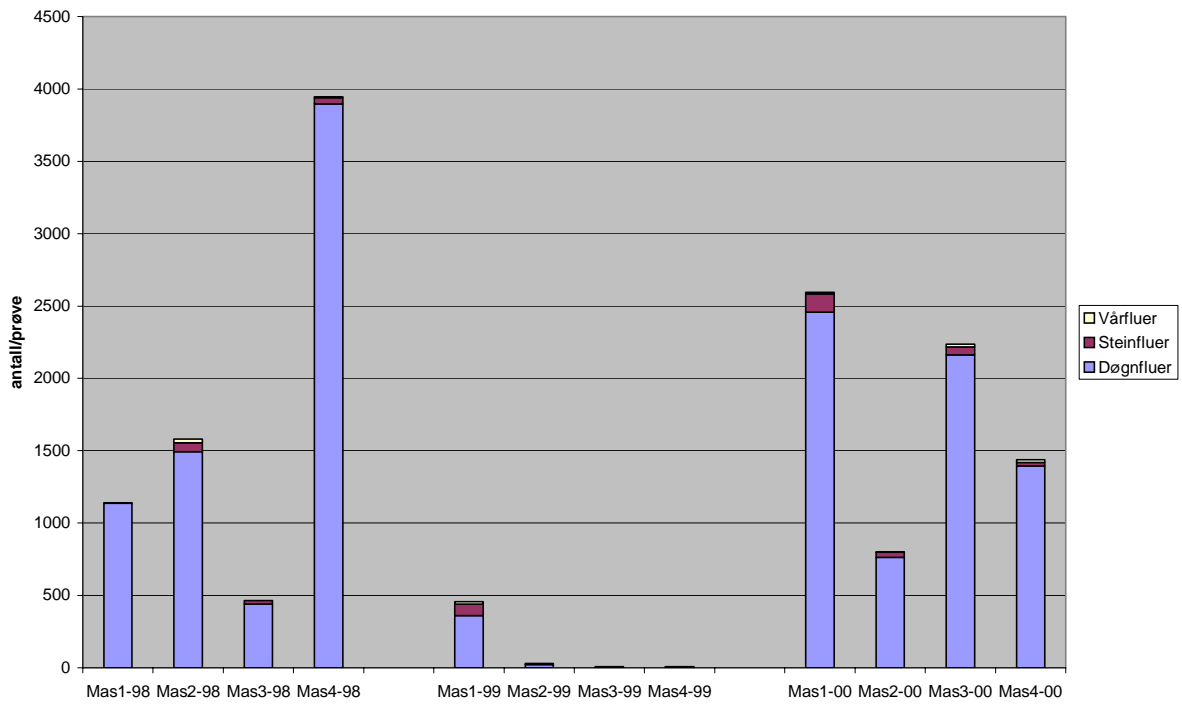
I forbindelse med tilførselen av tunnelvann til Mastebekken har det først og fremst vært tre forurensningstyper som har vært avgjørende for de biologiske virkningene: partikler, pH og ammonium.

Virksomheter av partiklene kan være todelt:

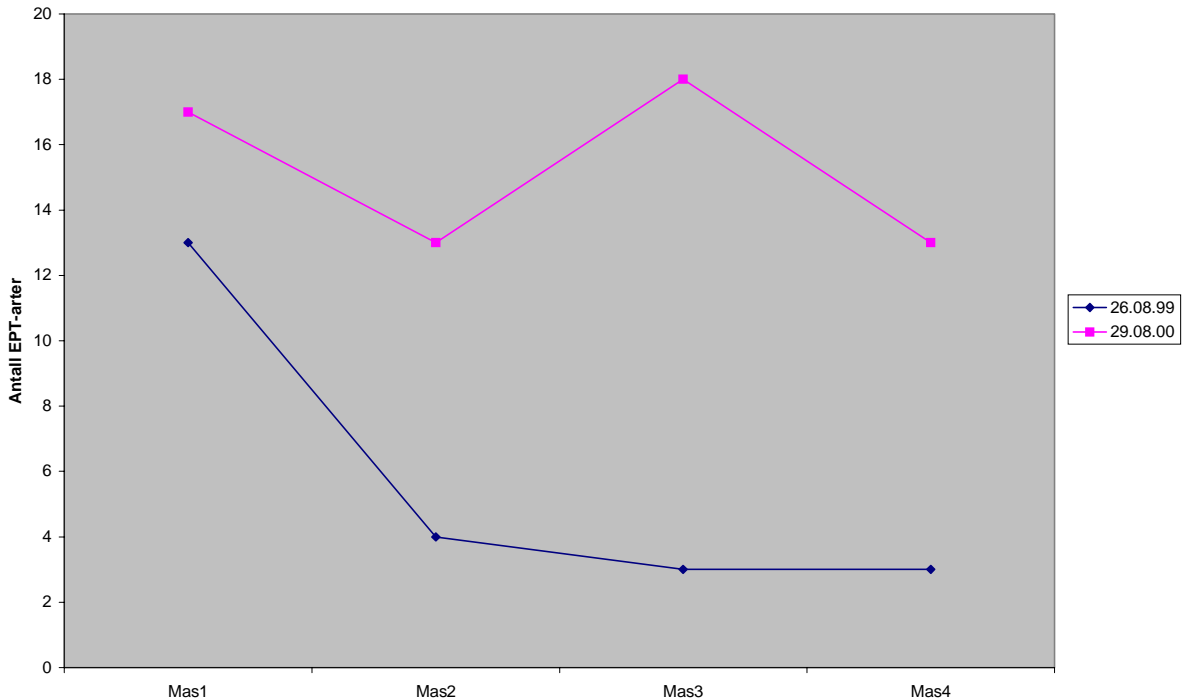
- ved skarpe nåleformede partikler kan bunndyr og fisk påføres direkte skader ved at partiklene trenger seg inn i gjeller. Bløte bergarter som knuses til fibrig nålformet støv, kleberstein/grønnstein, etc., synes mest skadelig.
- partikler slammer ned bunnssubstratet og vannet i bekken, og kan gjøre det ulevelig for både planter og dyr.

Vi kjenner ikke til hvilke type partikler som kom fra tunnelvannet, men det har slammet ned store deler av bekken og derved bidratt til dårlige forhold for de vannlevende organismene.

Det ble tidvis registrert meget høye pH-verdier. Dette kan i seg selv være giftig for vannlevende organismer. Den viktigste virkningen av høye og moderat høye pH-verdier er nok likevel innvirkningen på likevekten mellom ammonium og ammoniakk. Ammoniakk er forholdsvis giftig for vannlevende organismer, og særlig for laksefisk (Alabaster & Lloyd 1982, Knoph 1995). Det er kjent at laksefisk kan reagere på ammoniakk-konsentrasjoner ned mot 10 µgN/L. Ved forsøk er det påvist dødelighet på lakseunger ved så lave verdier som 31 µgN/L (96t LC₅₀ verdier) (Knoph 1995). Myndighetene i USA har fastsatt pH og temperaturavhengige vannkvalitetskriterier for ammoniakk i ferskvann (U.S.EPA 1985). Det er angitt firedagers middelverdier (fra 0,6 µgN/l ved pH 6,5 og temperatur 0° til 35 µgN/l ved pH 9 og 30°) som ikke skal overskrides mer enn én gang hvert 3. år (anvendes også i Canada (CCREM)). Disse verdiene er hyppig overskredet i anleggsperioden og de høye ammoniakkverdiene er trolig hovedårsaken til de biologiske virkningene i resipienten.



Figur 6. Antall individer/prøve i bunndyrgruppene døgn-, stein- og vårfluer (EPT).



Figur 7. Antall EPT-arter (døgnfluer, steinfluer og vårfluer) i Mastebekken ved to sammenlignbare tidspunkter etter anleggsslutt.

4. Referanser

Aanes og Bækken 1989: Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr 1. Generell del. - SFT\NIVA-rapport 2278.

Alabaster, J.S. & Lloyd,R. 1982: Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London.

Bækken, T. 1998: Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse. - NIVA-Rapport 3920-98.

Bækken, T. 1998: Fisk og bunndyr i Mastebekken før utslipp av tunnelvann. - NIVA-Rapport 3931-98.

U.S.EPA 1985: Ambient water quality for ammonia- 1984. - Criteria and Standards Division, U.S.Environmental Protection Agency, Washington D.C. EPA-440/5-85-001.

Knoph, M.B. 1995: Toxicity of Ammonia to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) - Dr.scient oppgave. Univ. Bergen.

5. Vedlegg

Tabell 1. Sammensetningen av bunndyrgrupper på forskjellige stasjoner i Mastebekken 04.06.1998. Antall individer per 3*1 minutt sparkeprøve. Håv med maskevidde 250 µm.

	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4
Fåbørstemark				
Småmuslinger			4	
Vannmidd	24	16		40
Muslingkreps		8		
Døgnfluer	1136	1492	440	3896
Steinfluer	6	64	24	44
Biller larver		24	4	4
Biller voksne	40	208	28	24
Vårfluer		23		6
Knott larver	56	40	12	56
Fjærmygg larver	192	272	84	496
Fjærmygg pupper	24			
Andre tovinger	16	8	8	40
SUM	1493	2155	604	4606

Tabell 2. Sammensetningen av bunndyrgrupper på forskjellige stasjoner i Mastebekken 26.08.1999 og 28.08.2000. Mas 1 er referansestasjon. Antall individer per 3*1 minutt sparkeprøve. Håv med maskevidde 250 µm.

	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4
Fåbørstemark	16	26	524	704	1	24	30	88
Snegler	2	2						2
Småmuslinger	1				5			1
Vannmidd	48		2		32	24	8	6
Muslingkreps	10				48			16
Døgnfluer	362	23	3	4	2458	763	2163	1393
Steinfluer	77		1	1	125	35	54	26
Biller larver	10			5	2	3		5
Biller voksne	48				64	6	1	
Vårfluer	18	6	3	3	11	4	19	18
Knott larver	64				72		3	168
Fjærmygg larver	2912	82	320	1352	576	400	480	3240
Fjærmygg pupper	4			32				16
Andre tovinger	56	4	5		560	64	36	160
SUM	3628	143	858	2101	3954	1323	2794	5139

Tabell 3. Sammensetningen av døgnfluer, steinfluer og vårfluer, samt arter fra enkelte andre grupper på forskjellige stasjoner i Mastebekken 04.06.1998. Antall individer per 3*1 minutt sparkeprøve. Håv med maskevidde 250 µm.

	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4
DØGNFLUER				
Baetis muticus	144	136	88	200
Baetis niger	112	48	32	400
Baetis rhodani	880	1288	320	990
Baetis subalpinus				
Baetis fuscatus/scambus				
Baetis spp.				2300
Siphonurus sp.				
STEINFLUER				
Isoperla spp.				
Taeniopteryx nebulosa				
Brachyptera risi		45	8	16
Amphinemura standfussi				
Amphinemura spp.	6	19	16	28
Nemoura spp				
Capnia sp				
Leuctra spp				
Leuctra digitata				
VÅRFLUER				
Rhyacophila nubila		13		
Limnephilidae indet.		5		
Sericostoma personatum		5		
Silo pallipes				6
Antall EPT arter	4	8	5	7

Tabell 4. Sammensetningen av døgnfluer, steinfluer og vårfluer, samt arter fra enkelte andre grupper på forskjellige stasjoner i Mastebekken 26.08.199 og 28.08.2000. Antall individer per 3*1 minutt sparkeprøve. Håv med maskevidde 250 µm.

	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4	Mas1	Mas2	Mas3	Mas4
DØGNFLUER								
Baetis muticus					632		2	
Baetis niger	56				136	3	8	7
Baetis rhodani	168	18	2		192	120	380	528
Baetis subalpinus	10				48	72	48	1
Baetis fuscatus/scambus				4				
Baetis spp. (nyklekte)	128	4			1448	568	1734	856
Siphonurus sp.		1						
Procloeon bifidum							1	
Paraleptophlebia sp					2			1
STEINFLUER								
Isoperla spp.	28				32	9	15	7
Taeniopteryx nebulosa	10				1	8	1	1
Brachyptera risi						1	1	
Amphinemura standfussi	5		1	1		3		1
Amphinemura spp.					1		1	
Nemoura spp	2				4	4	24	3
Protonemura meyeri							1	
Capnia sp	10							
Capnia atra					80	6	10	12
Capnopsis schilleri					2		1	
Leuctra spp	5							
Leuctra digitata	5				1	1		
Leuctra fusca								2
Leuctra hippopus					4	3	1	1
VÅRFLUER								
Rhyacophila nubila	16	6	3	3	9	4	16	17
Plectrocnemia conspersa					1			
Polycentropidae indet					1		1	
Limnephilidae indet.							1	1
Sericostoma personatum	2							
Silo pallipes								
Antall EPT-arter	13	4	3	3	17	13	18	14

Tabell 5. Vannkjemiske data målt i Mastebekken før, under og etter utslipp av tunnelvann. Innholdet av ammoniakk i vannet er beregnet utfra konsentrasjonen av total ammonium (NH₄+NH₃), målt pH og for en temperatur på 15°C. Tabellen fortsetter de neste sidene.

Dato	pH				Ammonium NH ₄ +NH ₃ , µgN/l				Ammoniakk NH ₃ , µgN/l			
	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv
23.04.98	7,20	7,23	7,22	6,59	110	100	120	11	0,47	0,46	0,53	0,01
08.05.98	7,58	7,59	7,69	6,80	35	31	43	10	0,36	0,32	0,56	0,02
19.05.98	7,67	7,66	7,79	6,66	16	12	17	10	0,20	0,15	0,28	0,01
03.06.98	7,72	7,69	7,84	6,80	12	10	12	10	0,17	0,13	0,22	0,02
16.06.98	7,62	7,59	7,75	6,91	24	35	85	10	0,27	0,36	1,27	0,02
30.06.98	7,61	8,07	7,84	6,96	44	1 000	990	10	0,48	30,7	18,1	0,02
04.08.98	7,70	7,87	7,87	7,10	17	2 400	1 500	14	0,23	47,0	29,4	0,05
18.08.98	7,68	10,16	9,31	7,26	20	2 400	380	12	0,25	1910	134,9	0,06
01.09.98	7,72	9,77	9,45	7,12	22	8 800	3 700	10	0,31	5399	1597	0,04
15.09.98	7,46	8,66	8,28	6,97	120	2 200	1 400	16	0,93	241,4	68,4	0,04
28.08.98	7,70	8,14	7,80	7,11	18	810	200	12	0,24	29,0	3,3	0,04
12.10.98	7,76	8,49	7,97	6,81	27	1 100	650	10	0,41	84,6	15,9	0,02
27.10.98	7,00	7,36	7,22	6,82	530	1 400	1 000	14	1,43	8,6	4,4	0,02
09.11.98	7,36	8,53	8,17	6,75	24	1 100	790	10	0,15	92,1	30,3	0,02
23.11.98	7,46	8,55	8,06	6,82	120	3 100	3 100	12	0,93	270,7	93,1	0,02
07.12.98	7,55	8,57	7,94	6,76	30	5 900	3 900	10	0,28	537,3	89,5	0,02
20.12.98	7,59	8,77	8,04	6,79	25	21 000	3 300	10	0,26	2877	94,7	0,02
10.01.99	7,58	8,12	7,92	6,71	31	2 900	2 800	15	0,31	99,5	61,4	0,02
26.01.99	7,63	8,64	8,60	6,73	30	7 900	3 500	10	0,34	832,0	339,3	0,01
11.02.99		8,81		7,73		23 000		11		3410		0,16
22.02.99		8,94		6,87		28 000		23		5325		0,05
09.03.99		9,84		6,83		11 000		15		7161		0,03
22.03.99	7,68	8,28	8,09	6,94	89	4 700	11 000	12	1,13	229,7	353,2	0,03
07.04.99	7,05	8,03	7,36	6,72	32	1 900	1 600	24	0,10	53,3	9,8	0,03
19.04.99	7,30	8,11	7,93	6,71	46	1 800	1 300	10	0,25	60,4	29,1	0,01
04.05.99	7,48	8,27	7,81	6,69	10	5 100	3 300	10	0,08	243,8	56,4	0,01
31.05.99	7,80	8,11	7,92	7,07	10	4 900	3 800	10	0,17	164,5	83,3	0,03
16.06.99	7,60	8,01	7,77	6,96	20	2 500	1 900	10	0,21	67,1	29,7	0,02
28.06.99	6,86	6,99	7,00	6,84	99	310	180	10	0,19	0,81	0,48	0,02
13.07.99	7,60	7,87	7,72	6,84	19	2 200	1 400	10	0,20	43,1	19,5	0,02
27.07.99	7,67	7,91	7,80	6,94	27	1 600	470	10	0,34	34,3	7,8	0,02
09.08.99	7,70	8,35	7,97	6,91	11	910	120	10	0,15	51,8	2,9	0,02
23.08.99	7,79	8,04	8,14	7,04	14	63	12	10	0,23	1,8	0,43	0,03
06.09.99	7,74	7,81	8,05	7,02	11	380	10	10	0,16	6,5	0,29	0,03
20.09.99	7,70	7,96	8,06	6,87	12	330	41	17	0,16	7,9	1,2	0,03
04.10.99	7,40	7,64	7,53	6,82	15	230	140	10	0,10	2,6	1,2	0,02
18.10.99	7,64	7,81	7,76	6,80	11	190	85	10	0,13	3,2	1,3	0,02
15.11.99	7,60	7,77	7,81	6,80	14	23	15	10	0,15	0,36	0,26	0,02
07.12.99	7,64	7,72	7,78	6,88	28	38	24	10	0,33	0,53	0,38	0,02
Maks	7,80	10,16	9,45	7,73	530	28000	11000	24	1,43	7161	1597	0,16
Min	6,86	6,99	7,00	6,59	10	10	10	10	0,08	0,13	0,22	0,01
Snitt	7,55	8,20	7,92	6,89	48	3881	1469	12	0,34	752	88,4	0,03
Median	7,62	8,07	7,86	6,84	22,0	1600,0	470,0	10,0	0,24	51,8	12,9	0,02

Tabell 5. fortsetter

Dato	Turbiditet FTU				Suspendert stoff mg/l			
	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv
23.04.98	110,0	115,0	125,0	5,3	130,0	130,0	170,0	5,0
08.05.98	25,0	26,0	33,0	0,6	22,0	19,0	25,0	1,0
19.05.98	9,3	12,0	15,0	0,5	7,3	11,0	11,0	1,5
03.06.98	6,1	8,7	8,5	0,4	6,0	10,0	8,5	1,0
16.06.98	30,0	83,0	130,0	0,4	32,0	120,0	170,0	1,0
30.06.98	33,0	57,0	60,0	0,6	21,0	65,0	46,0	1,3
04.08.98	12,0	14,0	20,0	0,8	8,0	10,0	10,0	1,2
18.08.98	12,0	110,0	23,0	0,6	4,6	220,0	23,0	1,1
01.09.98	3,2	60,0	63,0	0,3	2,5	150,0	91,0	1,0
15.09.98	78,0	170,0	170,0	1,2	42,0	480,0	340,0	1,3
28.08.98	5,9	160,0	24,0	0,5	6,3	290,0	25,0	1,0
12.10.98	27,0	52,0	36,0	0,4	6,0	69,0	24,0	1,0
27.10.98	220,0	230,0	220,0	5,2	390,0	390,0	380,0	6,8
09.11.98	16,0	180,0	70,0	0,5	11,0	320,0	74,0	1,0
23.11.98	110,0	380,0	180,0	0,7	71,0	800,0	220,0	1,0
07.12.98	16,0	170,0	52,0	0,4	15,0	220,0	59,0	1,0
20.12.98	14,0	150,0	18,0	0,3	11,0	210,0	15,0	1,0
10.01.99	15,0	14,0	17,0	0,5	13,0	14,0	14,0	5,0
26.01.99	26,0	330,0	110,0	0,4	18,0	460,0	82,0	1,0
11.02.99		330,0		0,4		3 000,0		1,0
22.02.99		230,0		0,4		320,0		1,0
09.03.99		120,0		0,4		170,0		1,0
22.03.99	30,0	290,0	160,0	0,5	19,0	400,0	200,0	1,0
07.04.99	170,0	230,0	200,0	5,7	420,0	540,0	500,0	12,0
19.04.99	110,0	190,0	170,0	1,4	160,0	320,0	250,0	1,8
04.05.99	45,0	160,0	100,0	0,6	35,0	200,0	110,0	1,0
31.05.99	8,3	140,0	170,0	0,4	7,0	160,0	320,0	1,0
16.06.99	27,0	35,0	48,0	0,5	24,0	42,0	54,0	1,0
28.06.99	300,0	310,0	280,0	23,0	1 100,0	1 200,0	1 600,0	36,0
13.07.99	11,0	13,0	15,0	0,5	11,0	15,0	11,0	1,0
27.07.99	7,2	23,0	20,0	0,4	6,4	23,0	17,0	1,0
09.08.99	5,6	77,0	43,0	0,4	4,3	180,0	55,0	1,0
23.08.99	3,9	17,0	5,1	0,3	2,8	22,0	3,9	1,0
06.09.99	3,3	4,2	3,8	0,3	2,1	3,5	3,2	1,0
20.09.99	8,2	87,0	340,0	0,4	4,5	130,0	590,0	1,0
04.10.99	55,0	63,0	68,0	0,6	43,0	61,0	58,0	1,1
18.10.99	5,2	14,0	8,0	0,3	3,0	18,0	4,0	1,0
15.11.99	5,8	7,2	9,0	0,3	2,6	4,3	5,0	1,0
07.12.99	8,7	38,0	12,0	0,4	6,0	47,0	12,0	1,0
Maks	300,0	380,0	340,0	23,0	1 100,0	3 000,0	500,0	12,0
Min	3,2	4,2	3,8	0,3	2,1	3,5	3,2	1,0
Snitt	43,7	120,5	84,1	1,5	74,1	278,0	155,0	2,6
Median	15,5	87,0	50,0	0,5	11,0	150,0	54,5	1,0

Tabell 5 fortsetter

Dato	Konduktivitet mS/m				Alkalitet µmol/l			
	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv
23.04.98	10,6	10,6	11,1	2,4	310	340	390	81
08.05.98	11,7	12,1	13,8	2,2	650	680	830	78
19.05.98	13,1	14,0	16,5	2,1	850	900	1 100	73
03.06.98	13,9	14,5	17,3	2,1	940	990	1 200	81
16.06.98	12,7	16,5	23,1	2,1	860	910	1 300	77
30.06.98	12,6	16,3	17,9	2,0	810	980	1 200	83
04.08.98	13,8	21,1	22,5	1,9	980	1 100	1 300	82
18.08.98	14,6	23,2	23,8	2,1	1 000		1 800	90
01.09.98	14,9	28,6	26,4	2,0	1 000		1 700	91
15.09.98	14,4	21,7	22,0	2,2	700		1 500	98
28.08.98	14,8	19,4	21,4	2,4	990	1 400	1 500	320
12.10.98	15,8	18,8	21,2	2,0	1 100	1 200	1 400	82
27.10.98	10,0	13,4	11,4	2,3	270	400	380	85
09.11.98	12,3	16,4	17,2	2,1	710	1 300	1 100	83
23.11.98	13,3	19,1	19,3	2,2	610	1 600	950	82
07.12.98	14,5	25,5	27,4	2,2	920	1 600	1 600	84
20.12.98	13,3	47,2	23,9	2,2	860	1 700	1 400	85
10.01.99	13,6	20,2	23,0	2,1	890	1 100	1 300	79
26.01.99	12,7	25,6	20,5	2,0	810	1 800	1 300	72
11.02.99		44,0		2,0		5 900		73
22.02.99		52,7		2,0		2 100		75
09.03.99		35,4		2,1		2 200		73
22.03.99	13,1	24,1	33,8	2,0	850	1 500	1 500	84
07.04.99	4,8	11,0	9,2	2,1	230	490	380	81
19.04.99	7,9	16,0	14,5	2,0	380	680	710	70
04.05.99	9,3	24,1	21,7	2,0	550	1 000	980	67
31.05.99	10,0	27,9	29,7	2,1	640	1 200	1 400	76
16.06.99	11,7	27,3	26,1	2,0	630	880	990	85
28.06.99	12,5	14,1	11,4	2,1	300	390	430	87
13.07.99	11,1	26,3	27,4	1,8	700	1 000	1 100	74
27.07.99	11,8	24,4	24,8	1,9	750	1 200	1 200	83
09.08.99	11,9	22,4	23,8	1,9	760	1 400	1 300	85
23.08.99	12,0	20,0	20,4	1,9	770	1 100	1 100	91
06.09.99	12,5	19,7	20,4	2,0	820	1 200	1 200	97
20.09.99	12,7	20,6	24,1	2,0	830	1 200	1 800	86
04.10.99	11,3	17,4	15,7	2,0	450	620	630	78
18.10.99	12,6	22,0	22,8	2,0	750	1 100	1 200	73
15.11.99	12,9	19,0	20,3	2,1	780	930	1 100	86
07.12.99	12,7	17,8	19,4	2,1	800	940	1 100	84
Maks	15,8	52,7	33,8	2,4	1100	5900	1800	320
Min	4,8	10,6	9,2	1,8	230	340	380	67
Snitt	12,3	22,3	20,7	2,1	729	1251	1149	88
Median	12,7	20,2	21,3	2,1	775,0	1100,0	1200,0	82,0

Tabell 5 fortsetter

Dato	Nitrat NO ₃ +NO ₂ , µgN/l				Total fosfor µgP/l			
	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv
23.04.98	4 100	4 000	3 800	300	220	160	160	12
08.05.98	1 300	1 200	1 200	190	42	46	59	5
19.05.98	680	590	580	170	24	23	35	5
03.06.98	450	400	370	120	21	25	23	5
16.06.98	490	420	360	95	56	140	170	5
30.06.98	870	2 500	2 200	89	48	120	97	6
04.08.98	420	5 100	4 800	18	29	43	37	7
18.08.98	430	3 500	1 900	35	25	360	50	6
01.09.98	490	13 000	9 100	49	16	160	100	5
15.09.98	2 300	7 700	5 800	100	140	560	380	7
28.08.98	800	2 600	2 700	83	24	220	37	5
12.10.98	1 000	2 400	2 300	94	49	130	64	4
27.10.98	2 100	4 300	2 900	160	430	450	500	12
09.11.98	1 200	3 300	2 400	140	32	370	58	4
23.11.98	3 000	5 000	5 500	170	130	1 000	280	5
07.12.98	930	7 900	7 400	150	30	190	58	4
20.12.98	630	32 000	5 400	160	30	98	29	4
10.01.99	560	4 800	5 100	140	19	18	17	4
26.01.99	680	9 300	4 500	140	38	320	100	4
11.02.99		27 000		100		2 700		9
22.02.99		37 000		130		220		3
09.03.99		16 000		140		68		4
22.03.99	800	8 500	17 000	140	59	66	140	2
07.04.99	370	3 600	2 700	170	360	550	430	21
19.04.99	900	6 000	4 100	140	190	300	250	9
04.05.99	660	12 000	8 400	140	62	160	100	5
31.05.99	350	13 000	12 000	130	16	150	300	6
16.06.99	1 900	16 000	13 000	63	47	58	68	6
28.06.99	6 300	7 000	4 400	130	1 200	1 300	1 600	69
13.07.99	510	12 000	12 000	36	26	26	23	6
27.07.99	560	8 800	8 700	31	28	33	26	6
09.08.99	390	6 500	6 300	25	19	150	47	5
23.08.99	420	5 100	4 900	38	16	31	12	5
06.09.99	370	4 000	3 900	28	16	15	11	4
20.09.99	400	3 400	2 700	46	21	150	520	4
04.10.99	2 000	5 500	4 000	88	87	94	100	6
18.10.99	970	6 500	5 800	100	15	27	16	4
15.11.99	1 000	5 100	4 400	140	20	18	21	4
07.12.99	830	3 800	2 700	150	18	49	22	4
Maks	6300	37000	17000	300	1200	2700	1600	69
Min	350	400	360	18	15	15	11	2
Snitt	1143	8123	5148	112	100	272	165	7
Median	740,0	5100,0	4400,0	130,0	30,0	140,0	61,5	4,5

Tabell 5 fortsetter

Dato	Totalt organisk karbon TOC,mgC/l				Fargetall µgPt/l			
	Mas1	Mas2	Mas3	Elv	Mas1	Mas2	Mas3	Elv
23.04.98	12,0	12,0	12,0	2,8	121	90	122	18
08.05.98	7,1	8,1	8,4	2,9	55	61	65	15
19.05.98	5,1	6,1	6,3	2,6	33	40	43	14
03.06.98	4,1	4,8	4,9	3,2	28	33	35	20
16.06.98	5,3	7,9	8,2	2,9	38	43	46	20
30.06.98	10,0	12,0	13,0	3,9	88	99	119	21
04.08.98	5,4	5,8	7,9	4,6	38	39	59	29
18.08.98	6,1	7,8	7,7	3,2	48	38	63	25
01.09.98	4,0	5,1	4,4	3,2	19	20	17	20
15.09.98	19,0	17,0	19,0	3,2	220	240	280	25
28.08.98	5,1	5,9	5,7	3,2	30	56	33	24
12.10.98	9,1	8,8	8,9	3,2	74	70	78	21
27.10.98	25,0	24,0	24,0	4,5	250	250	250	34
09.11.98	5,8	7,4	6,5	3,5	34	50	42	30
23.11.98	12,0	13,0	12,0	2,6	139	170	175	22
07.12.98	4,3	16,0	4,3	2,9	24	20	21	18
20.12.98	3,4	5,3	3,2	2,3	23	34	24	20
10.01.99	3,4	3,2	4,0	2,4	22	20	23	14
26.01.99	4,5	7,9	6,4	1,4	40	22	41	9
11.02.99		37,0		1,4		15		8
22.02.99		5,0		1,5		17		7
09.03.99		6,8		1,1		33		7
22.03.99	5,9	6,8	7,9	1,2	47	51	44	8
07.04.99	11,0	13,0	13,0	2,9	79	74	70	17
19.04.99	10,0	12,0	11,0	2,6	91	59	64	16
04.05.99	7,3	6,9	8,2	2,1	80	62	64	16
31.05.99	4,2	6,6	6,2	2,2	30	35	37	17
16.06.99	7,3	7,4	7,9	3,8	57	52	62	25
28.06.99	35,0	29,0	37,0	4,6	250	250	250	41
13.07.99	5,7	5,1	4,6	3,0	43	37	39	27
27.07.99	3,9	4,0	4,1	2,9	36	40	41	20
09.08.99	4,3	6,4	5,8	2,9	29	24	22	17
23.08.99	3,5	3,8	3,4	3,2	20	19	20	16
06.09.99	2,1	3,5	3,2	1,0	24	23	23	17
20.09.99	5,3	6,3	11,0	2,4	53	50	96	29
04.10.99	15,0	14,0	16,0	3,4	137	190	150	22
18.10.99	4,6	4,4	5,0	2,7	28	26	30	21
15.11.99	3,9	4,2	4,4	3,2	34	35	41	26
07.12.99	3,7	3,6	17,0	2,7	32	36	32	24
Maks	35,0	37,0	37,0	4,6	250	250	280	41
Min	2,1	3,2	1,0	1,1	19	15	17	7
Snitt	7,9	9,3	9,2	2,8	67	65	73	20
Median	5,4	6,8	7,8	2,9	39,0	40,0	43,5	20,0