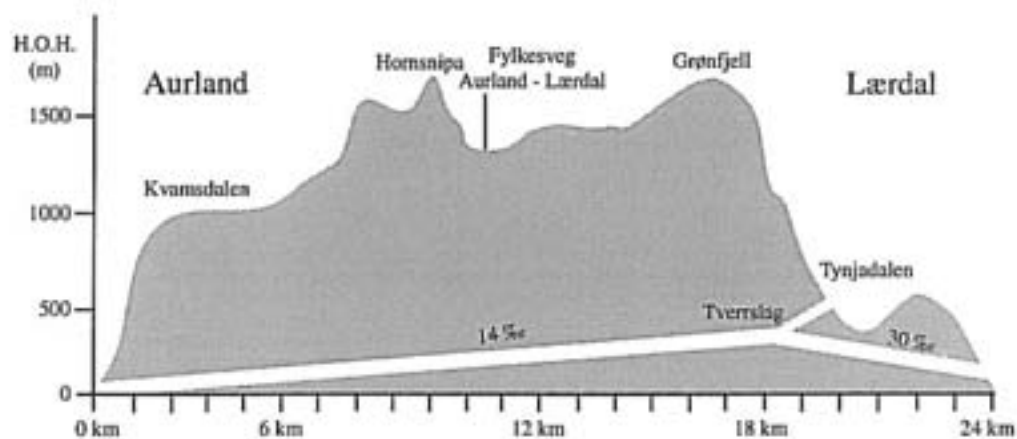


E16

Tunnel Aurland - Lærdal

Overvaking av vasskvalitet,
botndyr og fisk i Lærdalselva og
Kuvella i 1998



Hovudkontor

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

Serlidsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel E16. Tunnel Aurland - Lærdal Overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella i 1998	Løpenr. (for bestilling) 4049-99	Dato 15.03.99
	Prosjektnr. Undernr. O-93248	Sider
Forfatter(e) Vilhelm Bjerknes, NIVA Gunnar G. Raddum, UiB Jon Gladso, UiB	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sogn & Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens Vegvesen Sogn & Fjordane	Oppdragsreferanse Jon Kvåle
---	---------------------------------------

Sammendrag Overvakinga av Kuvella og Lærdalselva har halde fram i 1998 etter same program som i 1997. Overvakingsprogrammet er iverksett for å kontrollera eventuell påverknad av vassmiljø og fauna frå tunneldriving og deponering av sprengstein i Tynjadalen i samband med vegtunnelen på E16 mellom Aurland og Lærdal. Det er gjort analysar av månadlege vassprøver frå i alt 6 prøvestasjonar i Kuvella og Lærdalselva. I tillegg er det gjort analysar av 4 vassprøver til ulike årstider frå ialt 7 drikkevassbrønner ved Tønjum. Kvantitativ prøvetaking med surber samplar og undersøking av botndyrfaunaen vart gjennomført for ialt 4 stasjonar i vassdraga i juni 1998. I oktober vart det gjort teljing av gytefisk (sjøaure) i Kuvella. Det er målt høgare verdier av nitrogen i Kuvella og i drikkevassbrønner på Tønjum i 1997 og -98, samanlikna med registreringar før anleggsarbeidet starta. Botndyrfaunaen på dei elvestrekningane som vart handsama med rotenon våren 1997 synte små effekter av handsaminga. Heller ikkje i 1998 er det påvist endringar i botndyrfaunaen som tyder på påverknad frå anleggsaktiviteten i Tynjadalen. Det vart registrert ialt 12 gytefisk av sjøaure i Kuvella hausten 1998, dvs. dobbelt så mange som året før. Talet er likevel lågt, og skuldast truleg rotenonhandsaminga av vassdraget våren og hausten 1997.	
Fire norske emneord 1. Sprengstein 2. Vasskvalitet 3. Botndyr 4. Ferskvassfisk	Fire engelske emneord 1. Blasted rocks 2. Water quality 3. Bentic invertebrates 4. Freshwater fish


 Vilhelm Bjerknes
 Prosjektleder


 Dag Berge
 Forskningsleder


 Nils Roar Sæltun
 Forskningsjef

O-93248

E16. Tunnel Aurland - Lærdal

**Overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i
Lærdalselva og Kuvella i 1998**

Forord

Tunneldriving og deponering av sprengstein i Tynjadalen inngår som ein del av tunnelprosjektet på E16 mellom Aurland og Lærdal. Rapporten presenterer resultatene av overvakinga av vassmiljøet i Kuvella og Lærdalselva i 1998. Undersøkingane starta opp i 1993-94, og resultatene frå denne perioden og for 1995 og -97 er presentert i tidlegare NIVA-rapportar. Undersøkingane blir utført av NIVA etter oppdrag frå Statens Vegvesen Sogn og Fjordane ved Jon Kvåle. NIVA's prosjektleiar er Vilhelm Bjercknes.

Vassprøvematerialet er samla inn av Torkjell Grimelid, Lærdal, som og har gjort teljing av gytefisk i Kuvella. Dei kjemiske analysane er gjort ved NIVA's laboratorier, medan dei bakteriologiske analysane er gjort ved Næringsmiddeltilsynet for Sogn.

Botndyrundersøkingane er gjennomført og presentert av Gunnar G. Raddum og Jon Gladso ved Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI), Universitetet i Bergen. Dei andre resultatene er presentert av Vilhelm Bjercknes, NIVA, som og har redigert rapporten.

Bergen i mars 1998

Vilhelm Bjercknes

Innhald

Samandrag	5
Summary	6
1. Innleiing	7
2. Vasskvalitet	9
2.1 Stasjonsnett og metodar	9
2.2	13
2.2 Resultat	13
2.2.1 Vassdrag	13
2.2.2 Drikkevassbrønner ved Tønjum	17
2.3 Vurdering	18
3. Botndyr	19
3.1 Stasjonsnett	19
3.2 Metodikk	20
3.3 Resultater	20
3.4 Vurdering	24
4. Gytetisk i Kuvella	24
5. Referansar	25
6. Vedleggtabeller	26

Samandrag

På oppdrag frå Statens Vegvesen i Sogn og Fjordane vart det i 1996 iverksett eit program for overvaking av vassmiljøet i Kuvella og Lærdalseva. Programmet, som heng saman med tunneldriving på E16 Aurland-Lærdal og etablering av deponi i Tynjadalen for 1.2-1.5 mill m³ utsprengt tunnelmasse, har halde fram i 1997 og 1998.

Målet med overvakinga er å kontrollere at vasskvaliteten i vassdrag og i drikkevassbrønnar med tilsig frå vassdraga ikkje endrar seg som følgje av avrenning/ureining frå anleggsarbeidet, med dei konsekvensane dette kan få for brukerinteresser og dyreliv.

Overvakingssystemet bygger på førehandsundersøkingar som vart gjennomført i 1993-95. I 1996-98 er det gjort månadlege registreringar av vasskvalitet på 6 stasjonar i Kuvella og Lærdalseva. I tillegg er det i kvart av åra gjort 4 registreringar i 7 drikkevassbrønnar ved Tønjum. Kvantitativ innsamling av botndyr vart gjort på 4 stasjonar i Kuvella og Lærdalseva i juni 1998. Det vart og gjort teljing av gytefisk (sjøaure) i Kuvella hausten 1998.

Analysene av vatn tek først og fremst sikte på å avdekkje moglege påverknader frå anleggsarbeid og avrenning frå sprengsteinsdeponi. Med unntak for nitrogen viser analysene i 1998, både frå vassdraga og frå brønnane ved Tønjum, verdier som i hovudsak ligg innafør det området vi naturleg kan forventa variasjonar i ut frå førehandsgranskningane. Høgja nitrogenverdiar skuldast truleg kontaminering frå driftsvatn frå tunnelen.

Nitrogennivået i drikkevassbrønnane ved Tønjum var høgare i 1997 og 98 samanlikna med 1996, men med dei same forskjellane mellom dei ulike brønnane som tidlegare år. Den bakteriologiske stoda i drikkevattnet var jamt over tilfredsstillande.

Rotenonhandsaminga av Lærdalseva våren 1997 har generelt ført til små endingar i botndyrfaunaen på dei tre prøvestasjonane i Kuvella og i Lærdalseva nedstraums Kuvella. Dette tyder på ein rask rekolonisasjon av følsam fauna. Aktiviteten i Tynjadalen synast ikkje å ha påverka botnfaunaen målbart i området som vart undersøkt.

Teljing av gyteferdig sjøaure i Kuvella vart gjort 16. oktober 1997, og det vart registrert i alt 12 gytefisk. Talet er dobbelt så høgt som året før, men likevel lågare enn normalt. Dette heng mest truleg saman med rotenonhandsamingane våren og hausten 1998.

Summary

Title: Monitoring of water quality, benthos and fish in the rivers Kuvella and Lærdalselva in 1997.

Year: 1998

Author: Vilhelm Bjerknes and Gunnar G. Raddum

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

On the commission of the Road Authorities in Sogn & Fjordane County, a monitoring program was implemented in 1996 including water quality in the river Lærdalselva, the tributary Kuvella and well water from the Tønjum area, benthic invertebrates and fish. The background for the program is the construction work for the E16 highway tunnel between Aurland and Lærdal, including the disposal of 1.2-1.5 mill. m³ blasted rocks in Tynjadalen valley close to the tributary Kuvella. The construction work started up in late autumn 1995 and will continue for a period of three years. The monitoring program continued in 1998.

The main objectives are to control possible impacts from the construction and disposal work on the river and well water quality, including the consequences for user interests and the fauna of the rivers.

A basic survey was carried out during 1993-95. During 1996-98 water has been sampled monthly from 6 stations in Kuvella and Lærdalselva for physical and chemical analyses and bacteriological analyses. In addition 7 drinking water wells fed by water from Kuvella have been sampled and analysed at 4 occasions. Quantitative sampling of bottom invertebrates was accomplished at 4 stations in Kuvella and Lærdalselva in June 1998. A registration of spawning sea trout in Kuvella was carried out in October 1997.

Except for nitrogen, the physical and chemical parameters analysed for in 1998 were mainly within the expected limits of natural variation. Increased nitrogen values are most likely caused by tunnel water contaminated with explosive remains. The impacts on the water quality of Lærdalselva were minimal, due to dilution.

The nitrogen levels of well water at Tønjum in 1997 and -98 were higher than previous years. The 1998 analyses confirmed the seasonal variations influenced by the river water level and dilution, and also the variations in the levels of different parameters between individual wells. The bacteriological situation is satisfactory according to Norwegian standards.

To get rid of the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* from Lærdalselva, the river water was treated with rotenone in April and August 1997. However, the benthic fauna in Kuvella and in Lærdalselva downstream Kuvella showed minimal changes both in 1997 and 1998, compared to previous years. Changes connected to the construction activities were not traced.

Registration of spawning sea trout in Kuvella was performed 16 October 1998. Only 12 spawners were observed. The low number probably reflects the impacts of rotenone.

1. Innleiing

Statens Vegvesen Sogn og Fjordane er i ferd med å etablere eitt massedeponi på totalt 1.2-1.5 mill m³ på vestsida av Tynjadalen i Lærdal kommune. Deponiet tek hand om utsprengt masse frå tunnelen for E 16 mellom Aurland og Lærdal. Sprengingsarbeidet på Lærdal-sida kom i gang i desember 1995, og anleggsarbeidet er rekna å vare fram til sommaren 1999. Det er utarbeidd konsekvensanalyse for tunneldrifta og opprettinga av deponi i Tynjadalen (Bjerknes m.fl. 1994), og det er gjort førehandsregistreringar av vasskvalitet, botndyr og fisk i Kuvella, som renn gjennom Tynjadalen og ut i Lærdalselva ved Tenjum, og i Lærdalselva (Bjerknes & Raddum 1994; 1996).

Frå og med 1996 er det sett i gang overvaking av vassmiljøet i Kuvella og Lærdalselva (Bjerknes & Raddum 1997). Overvakingsprogrammet tek utgangspunkt i risikoen for stoffavrenning frå massedeponia og dei verknadene dette kan få for vasskvaliteten i Kuvella og Lærdalselva. Risikoen vil vera størst i anleggsperioden, og vil vera knyta til avrenning av finstoff (slam) frå driftsvatn og utsprengte massar, og til nitrogenhaldig stoff frå sprengstoffrestar. I tillegg er hushaldskloakk, spillolje og anna ureining frå riggområder risikomoment som det må takast omsyn til.

Målet med overvakinga er å kontrollere om vasskvaliteten i vassdraga og i drikkevassbrønner med tilsig frå vassdraga endrar seg som følgje av avrenning/ureining frå anleggsarbeidet, med dei konsekvensane dette kan få for brukerinteressane og dyrelivet i vassdraga. Dersom slike endringar blir registrert skal årsakstilhøva klårleggjast og skadebegrensande tiltak setjast inn.

Utanom avrenninga av driftsvatn frå tunneldrivinga vil eventuell ureining frå anleggsområdet vera episodisk, og ureiningstilførslene til Kuvella vil variere med avrenninga frå feltet i samband med nedbør og snøsmelting, og med rytmen i sjølve anleggsarbeidet. Suspensjon og sedimentasjon av finstoff i vassdraget vil variere med vassføringa.

Dei viktigaste brukerinteressane som det må takast omsyn til er fiske, jordbruk og drikkevatt. Lærdalselva er ei av de viktigaste lakseelvane i Nord-Europa, og det knyter seg store økonomiske interesser lokalt til laksefisket i vassdraget. Det blir derfor stilt krav til varsemd for å unngå påverknader som kan ha uheldige konsekvenser for utøving av fisket, eller for oppgang og reproduksjon av laks og sjøaure. Bjerknes & Raddum (1994) har gjort greie for dei viktigaste kjente verknadene av potensiell forureining frå anlegget i Tynjadalen på brukerinteressar og økologiske tilhøve i Kuvella og Lærdalselva.

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* vart påvist i Lærdalselva hausten 1996, og vassdraget vart handsama med fiskegiften rotenon i to omgangar i 1997, første gong i april, andre gong i august. Botndyrgranskinga frå juni 1997 drøftar verknadene av rotenonhandsaminga på botndyrfaunaen i vassdraget. Bortsett frå dette har overvakingsprogrammet ikkje vore berørt av verksemda med å utrydda fiskebestanden. Vi ser det som tvilsamt at rotenonhandsaminga har hatt effekter på vasskvaliteten i Lærdalselva utover dei korte periodene gifta har vore til stades i elvevatnet.

Programmet som er utført i 1998 er følgende:

Vasskjemi:

- Månadleg prøvetaking på 3 faste stasjonar i Kuvella og 3 faste stasjonar i Lærdalselva.
- Prøvetaking av 7 brønner ved Tønjum 4 gonger i året (vår, sommar, haust, vinter).
- Kjemisk analyse av vassprøver etter avtalt program.

Mikrobiologi:

- Prøvetaking på elvestasjonar og brønner 4 gongar i året (vår, sommar, haust, vinter).
- Bakteriologisk analyse av vassprøver etter avtalt program.

Botndyr

- Prøvetaking på 2 faste stasjonar i Kuvella og 2 faste stasjonar i Lærdalselva 1 gong i året (vår).

Gytfisk:

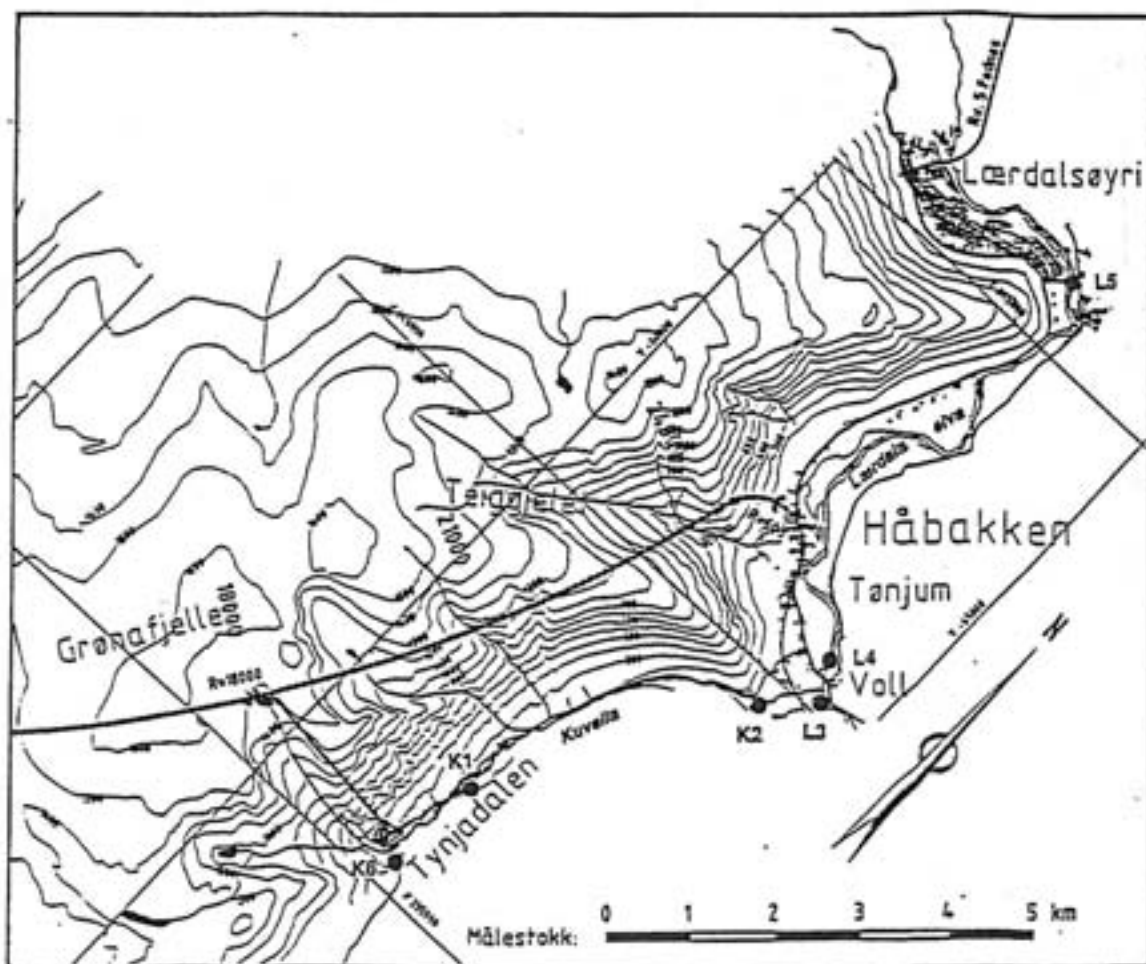
- Teljing av gytfisk i den sjøaureførande delen av Kuvella om hausten.

2. Vasskvalitet

Lærdalselva var ei av i alt 18 sørnorske elver i Statleg program for forureiningsovervaking fram til 16. januar 1995, med Øvre Ljosne som fast prøvestasjon. Denne prøvestasjonen vart nedlagt 16. januar 1995. I perioden frå 30. november 1993 - 30. juni 1994, samt i mai og juni 1995 ble det teke parallelle prøver og analysar frå Øvre Ljosne, frå Lærdalselva nedstraums Kuvella og frå Kuvella ved Stamfiskbassenget omlag 2 gongar i månaden. Undersøkinga vart gjort for å sikra informasjon om vasskvaliteten i vassdragsavsnitt nedstraums anleggsområdet i Tynjadalen. Resultata av denne undersøkinga er presentert av Bjerknes & Raddum (1994), og vil bli nytta til å vurdera framtidige endringar i vasskvaliteten i vassdraga.

2.1 Stasjonsnett og metode

Prøvetakingstasjonane i vassdrag og brønner i 1998 er vist i Figur 1 og 2.



Figur 1. Stasjoner for vassprøver i 1998.

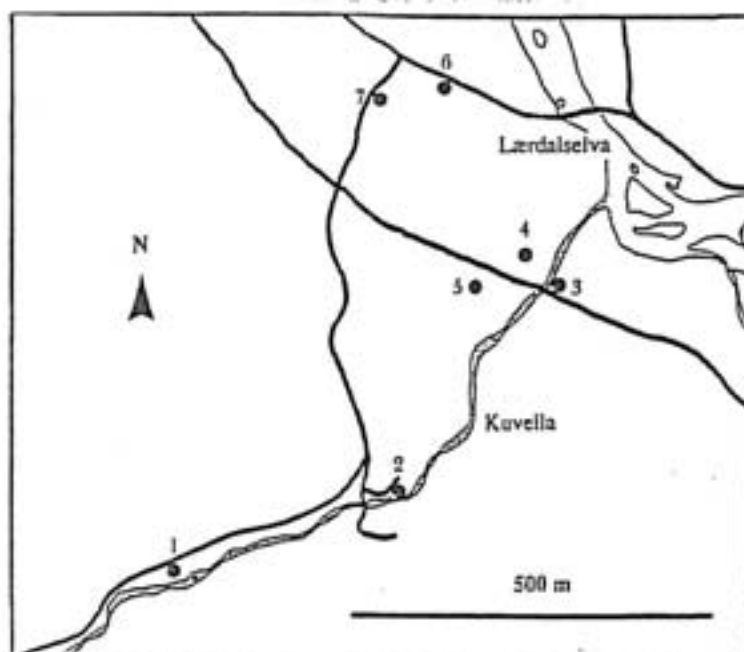
Alle vassprøver er sendt med post til NIVA's analyselaboratorium og analysert for følgende parameter:

Analyse	Kode	Metode	Skildring
pH	pH	NS4720	pH, potensiometri
Turbiditet	TURB	NS4723	Nefelometri (FTU)
Farge	FARG	Standard Methods	Farge, membranfiltrert, spektrofotometrisk måling ved 410 nm (mg Pt/l)
Tørrstoff*	STS/L	Intern	Suspendert tørrstoff i resipientvatn, ferskvatn, 105°C, gravimetri (mg/l)
Gløderest*	SGR/L	Intern	Suspendert gløderest i resipientvatn, ferskvatn, 480°C, gravimetri
Ammonium	NH ₄ -N	Intern NS4776	Ammonium, autoanalysator (µg N/l)
Nitrat	NO ₃ -N	Intern NS4745	Summen av nitrat og nitritt, autoanalysator (µg N/l)
Nitrogen	TOT-N/L	Intern NS4743	Totalnitrogen, lav konsentrasjon, persulfatoppslutning, autoanalysator (µg/l)
Fosfor	TOT-P/L	Intern NS4725	Totalfosfor, lav konsentrasjon, persulfatoppslutning, autoanalysator (µg/l)
Totalt organisk karbon*	TOC	Intern	Totalt organisk karbon i ferskvann u/partiklar, S208/UV-oksydasjon (mg/l)

*Berre prøver frå vassdraga

Prøver frå dei 6 vassdragstasjonane er teke 1 gong i månaden, i dei 7 brønnane er det teke prøver 4 gonger i året (vinter, vår, sommar, haust). På desse tidspunkta er det og teke vassprøver på vassdragstasjonane for bakteriologisk analyse ved Næringsmiddeltilsynet for Sogn. Parameter, metodar og normer/krav for kvalitet på drikkevatt framgår av tabellen nedanfor.

Parameter	Metode	Normer/krav (drikkevatt)
Totalantall bakteriar 20°C/ml	NS4791	<100
Koliforme bakteriar 37°C/100ml	NS4788	Ikkje påvist
Termost. kol. bakt. filter/100 ml	NS4792	Ikkje påvist



Figur 2. Lokalisering av drikkevassbrønner ved Tønjum som er nytta til prøveuttak i 1998.

Dei målte verdiane i vassførekomstene ligg til grunn for inndeling av vasskvaliteten i fem tilstandsklasser (SFT 1997). Systemet er tilpassa norske tilhøve, slik at forvaltninga av norske vassførekomster kan skje i høve til dei måla for vasskvalitet som vi har sett her til lands. Tilstanden er delt inn i 5 klasser, nummerert med romartal. Tabellen nedanfor syner klassifiseringskriteriane for drikkevatt. Parameter som er *utheva* blir tillagt særleg vekt ved bestemming av klasse/grad. SFT (1997) inneheld mindre endringar i intervalla for dei ulike tilstandsklassene for nokre av parameterene samanlikna med SFT (1992), som har vore nytta i tidlegare rapportar. Dette kan i enkelte tilfelle gje ein betre eller dårlegare tilstandsklasse for eit objekt samanlikna med tidlegare.

Verknader	Parameter	Tilstandsklasser				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårleg"	V "Meget dårleg"
Næringssalter	Total-P ($\mu\text{g P/l}$)	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Total-N ($\mu\text{g N/l}$)	<300	300-400	400-600	600-1200	>1200
Organiske stoffer	TOC (mg C/l)	<2.5	2.5-3.5	3.5-6.5	6.5-15	>15
	Fargetall (mg Pt/l)	<15	15-25	25-40	40-80	>80
Forsurande stoffer	pH	>6.5	6.0-6.5	5.5-6.0	5.0-5.5	<4.0
Partiklar	Turbiditet (FTU)	<0.5	0.5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff (mg/l)	<1.5	1.5-3	3-5	5-10	>10
Tarmbakteriar	Termostabile koli. bakt. (antall/100ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000

På grunnlag av tilstandsinndelinga blir vasskvalitetens egnethet som *råvatn* for drikkevassforsyning inndelt i fire klasser:

Klasse 1: Godt egnet

Klasse 2: Egnet

Klasse 3: Mindre egnet

Klasse 4: Ikke egnet

Til vurdering av vasskvalitet i vassdraga har vi nytta eit tilsvarande klassifiseringssystem for egnethet til sportsfiske.

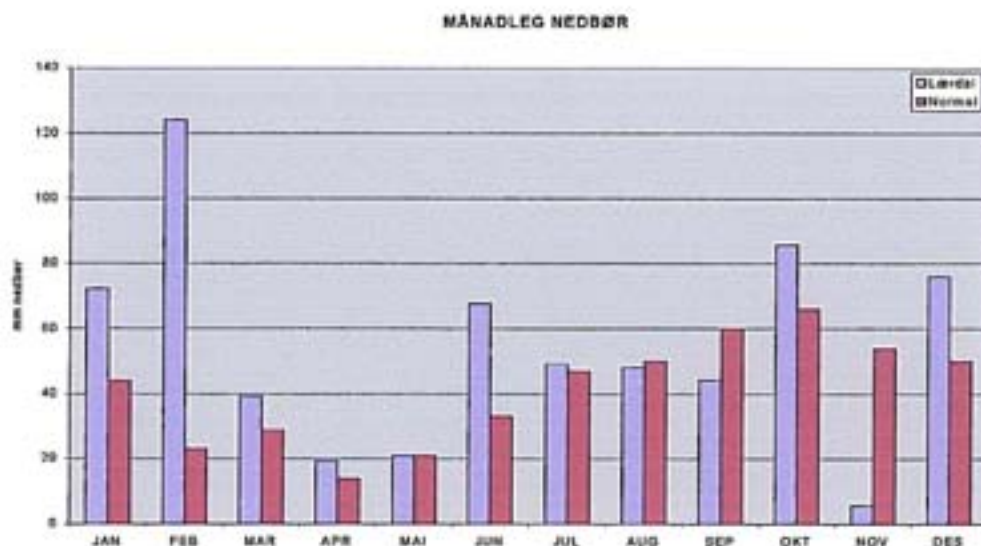
I vår vurdering har vi nytta nitrogen og fosfor for vurdering av næringssalt, totalt organisk karbon og farge for vurdering av organisk stoff, pH for vurdering av forsurande stoff, turbiditet og suspendert tørrstoff for vurdering av partikulært materiale og termostabile tarmbakteriar for vurdering av tarmbakteriar. Ei rekkje av desse parameterene syner tildels store naturlege variasjonar gjennom året, særleg i rennene vatn, på grunn av vekslande nedbør, temperatur, snøsmelting og vassføring.

Vi har derfor valt å gjera vurderinga i tre delar, utifrå medelverdi, medianverdi og maksimumsverdi. Medelverdien er uttrykk for årsgjennomsnittet, medan medianverdien kan seiast å uttrykka den tilstanden som opptre mest vanleg i vassførekomsten. Maksimumsverdien viser tilstanden i dei mest ekstreme situasjonane, og vil ofte vera uttrykk for ein kortvarig tilstand eller episode. I vår bedømming er det viktig å vurdere om slike tilstandar skuldast naturgjevne tilhøve, eller om dei kan henga saman med anleggsverksemda.

2.2 Resultat

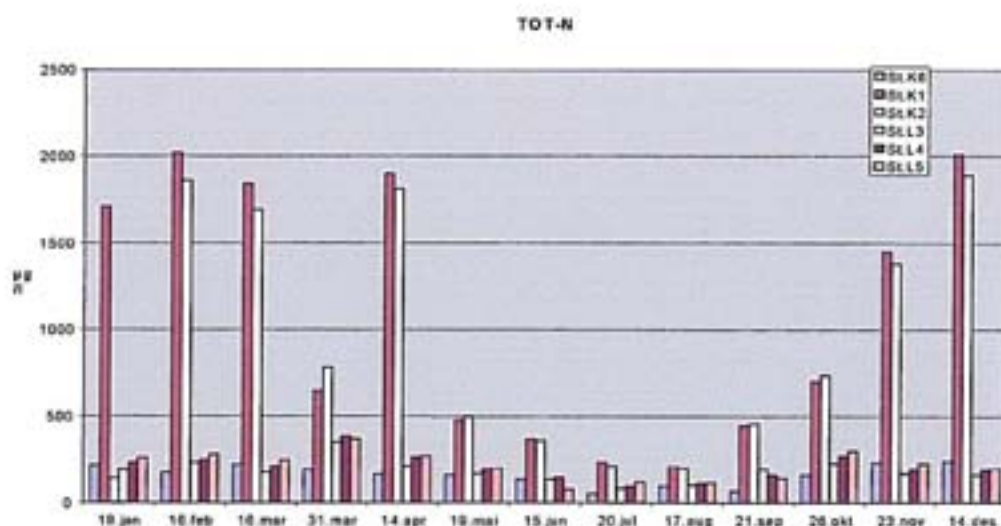
2.2.1 Vassdrag

Analyseresultata (rådata) av månadlege vassprøver er presentert i Vedlegg A. Figur 3 viser nedbør ved Moldo i 1998 samanlikna med normal.

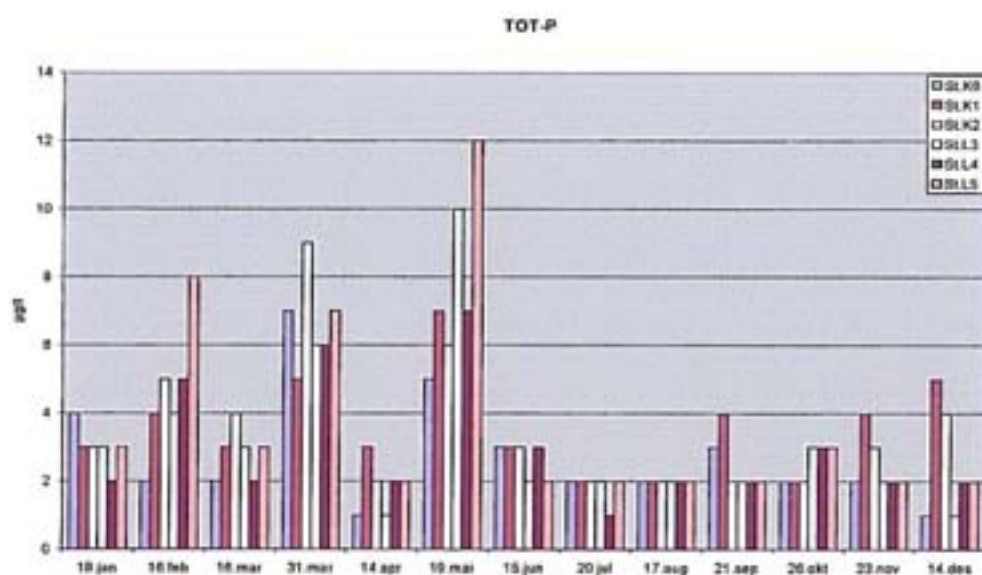


Figur 3..Nedbør ved Lærdal - Moldo 1998 samanlikna med normal 1961-90 (DNMI 1999).

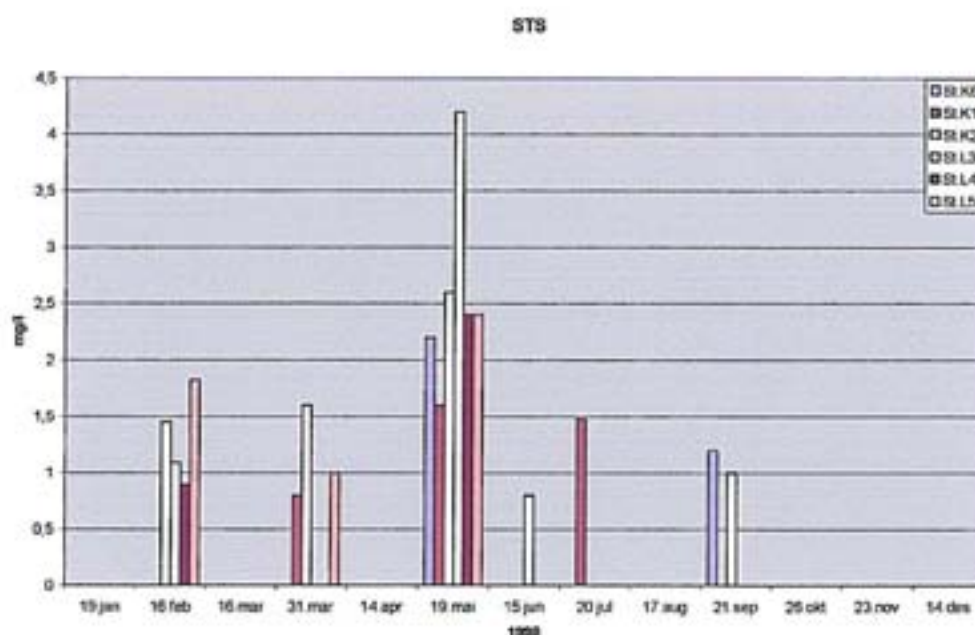
Innhaldet av nitrogen på Stasjon K1 og K2, som ligg i Kuvella nedstraums deponiet, viser det same sesongmessige variasjonsmønstret som tidlegare år (Figur 4), med høge konsentrasjonar vinterstid (låg vassføring, lita fortynning), og normale konsentrasjonar i sommarhalvåret (høg vassføring, høg fortynning). Verdiane nedstraums deponiet ligg heile året markert over verdiane oppstraums deponiet (Stasjon K6), og indikerer tilførsel av nitrogen frå driftsvatnet for tunneldrifta. Medelforbruket av driftsvatn i tunnelen er 100-150 l/min, med ein nitrogenkonsentrasjon i storleiksorden 200 mg/l (Jon Kvåle, Statens Vegvesen, pers. komm.). Driftsvatnet blir reinsa for partikulært materiale, men ikkje for nitrogen.



Figur 4 Konsentrasjonar av TOT-N ($\mu\text{g/L}$) i vassprøver frå Kuvella og Lærdalselva i 1998. Stasjon K6, Kuvella oppstraums deponi/anleggsområde. Stasjon K1, Kuvella nedstraums deponi/anleggsområde. Stasjon L3, Lærdalselva oppstraums Kuvella. Stasjon L4, Lærdalselva nedstraums Kuvella. Stasjon L5, Lærdalselva ved Sjukehusbrua.



Figur 5. Konsentrasjonar av TOT-P ($\mu\text{g/L}$) i vassprøver frå Kuvella og Lærdalselva i 1998. Stasjon K6, Kuvella oppstraums deponi/anleggsområde. Stasjon K1, Kuvella nedstraums deponi/anleggsområde. Stasjon L3, Lærdalselva oppstraums Kuvella. Stasjon L4, Lærdalselva nedstraums Kuvella. Stasjon L5, Lærdalselva ved Sjukehusbrua.



Figur 6.

Konsentrasjonar av Total tørrstoff (mg/L) i vassprøver frå Kuvella og Lærdalselva i 1998. Stasjon K6, Kuvella oppstraums deponi/anleggsområde. Stasjon K1, Kuvella nedstraums deponi/anleggsområde. Stasjon L3, Lærdalselva oppstraums Kuvella. Stasjon L4, Lærdalselva nedstraums Kuvella. Stasjon L5, Lærdalselva ved Sjukehusbrua.

Både i Kuvella og i Lærdalselva aukar innhaldet av suspendert materiale og totalfosfor i samband med vårflaum (mai/juni), men med dei høgaste verdiane i Lærdalselva. Konsentrasjonane er av same storleik som før anleggsarbeidet starta (sjå Bjerknes & Raddum 1996). Resultata tyder på at påverknaden frå deponiet er ubetydeleg med omsyn til suspendert tørrstoff og fosfor. Det er ikkje nokon tilsvarande klar parallell mellom aukande partikkelinnhald og aukande nitrogenverdiar, slik ein skulle forventa dersom det suspenderte tørrstoffet stamma frå sprengstein frå deponiet.

I Tabell 1 nedanfor er resultata gjennomarbeida og klassifisert etter SFT sitt klassifiseringssystem for miljøkvalitet (SFT 1997). Klassifiseringskjema for "egnetheit for fritidsfiske" er nytta for Næringssalt (Total fosfor) og forsurande stoff (pH). Klassifiseringa viser betre resultat for Kuvella i 1998 samanlikna med 1997. Dette skuldast først og fremst kanaliseringarbeidet i elveløpet i 1997.

Maksimumsverdiane både i fosfor- og partikkelinnhald kommer i samband med høg vassføring/flaum både i Kuvella og Lærdalselva oppstraums Kuvella. Verdiane ligg innafor det som kan tolkast som naturlege variasjonar.

Tabell 1. Egnethet med omsyn til fritidsfiske, basert på målinger i 1998 (sjå forklaring i kapittel 2.1).
 K6=Kuvella oppstraums depini; K1=Kuvella nedstraums deponi; K2=Kuvella ved stamfiskbasseng;
 L3=Lærdalseva oppstraums Kuvella; L4=Lærdalselva ndestraums Kuvella; L5=Lærdalselva ved
 Sjukehusbrua.

Stasjon	K6	K1	K2	L3	L4	L5
Næringsalter						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Maksimum	1	1	1	1	1	2
Forsurande stoff						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Minimum	1	1	1	1	1	1

2.2.2 Drikkevassbrønner ved Tønjum

Ei skildring av kvar einiskild brønn er gitt av Bjerknes & Raddum (1994). Nedanfor følgjer ei bedømming av vasskvalitet, tilstand og egnethet som drikkevatt basert på overvakinga i 1998.

Det er tatt ut vassprøver frå 7 drikkevassbrønner på Tønjum i 1997. Dette er dei same brønnane som vart nytta ved dei innleiande undersøkingane og i overvakinga i 1996-97 (sjå Figur 2). Det er teke i alt 4 prøver av kvar brønn, fordelt på vinter, vår, sommar og haust. Analyseprogrammet er primært innretta mot mogelege påverknader frå anleggsarbeidet, dvs. partikulært materiale og nitrose stoff (Total Nitrogen). I tillegg er prøvene analysert for pH, totalfosfor og bakteriar. Resultata av årets undersøking er attgjeven i vedlegg. I Tabell 2 nedanfor er analyseresultata klassifisert etter SFT (1997) sitt klassifiseringssystem for drikkevatt.

Tabell 2. Klassifisering av vasskvalitet for bruk til drikkevatt. Romartal uttrykker tilstand, medan arabertal uttrykker egnethet (sjå forklaring i kapittel 2.1). Kodene (B1...B7) refererer til brønnane i Figur 2.

Brønn	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Næringssalter							
Total fosfor							
• Medel	I/1	I/1	III/3	I/1	I/1	IV/4	V/4
• Median	I/1	I/1	III/3	I/1	I/1	IV/4	V/4
• Maksimum	II/2	I/1	III/3	I/1	I/1	IV/4	V/4
Organiske stoffer							
Fargetal	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1
• Medel	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1
• Median	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1
• Maksimum							
Fysisk-kjemiske parameter. pH	I/1	I/1	II/2	II/2	II/2	II/2	II/2
• Medel	I/1	I/1	II/2	II/2	II/2	II/2	II/2
• Median	I/1	I/1	II/2	II/2	I/1	II/2	II/2
• Maksimum							
Fysisk-kjemiske parameter. Turbiditet	I/1	I/1	I/1	II/2	I/1	I/1	I/1
• Medel	I/1	I/1	I/1	II/2	I/1	I/1	I/1
• Median	III/2	II/2	III/2	II/2	I/1	I/1	II/2
• Maksimum							
Tarmbakteriar							
• Medel	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1
• Median	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1
• Maksimum	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1	I/1

Forskjellane i næringssaltinnhald (N og P) mellom brønnane svarar til det som er registrert tidlegare (Bjerknes & Raddum 1996; 1997, 1998). Verdiane av næringssalt ligg i fleirtalet av brønner langt over det som er normalt.

Nitrogeninnhaldet i grunnvatn i upåverka lende ligg normalt på 100-200 µg/l, medan fosforinnhaldet normalt er <5 µg/l. I følgje SIFF (1987) er det ikkje uvanleg å finna svært høge nitratverdiar i grunne drikkevassbrønner i jordbruksområder (opptil omlag 60 mg NO₃-N/L). Ein reknar med at nitratinnhaldet i slike brønner skuldast gjødsling av dyrka mark. Verdiane i dei undersøkte brønnane, særleg ved låg vassføring, er mest sannsynleg uttrykk for kraftig jordbrukspåverknad. Drikkevassforskriftene (Sosial- og helsedepartementet 1995) set ei øvre grense for nitrat på 10 mg/l, medan direkte helseskadelege verdier ligg 4-5 ganger over dette. Verdiane i nokre av dei undersøkte brønnane låg i 1998 nær høgste tilrådde konsentrasjon av nitrogen (sjå vedleggstabell).

Verdiane var høge både før og etter at anleggsarbeidet i Tynjadalen vart sett i gang, men med ei klar auke i 1997 og 1998. Den bakteriologiske tilstanden i brønnane er god, og det ser ikkje ut til at dei høge næringsstoffverdiar blir følgt av auke i talet på tarmbakteriar i drikkevandet.

2.3 Vurdering

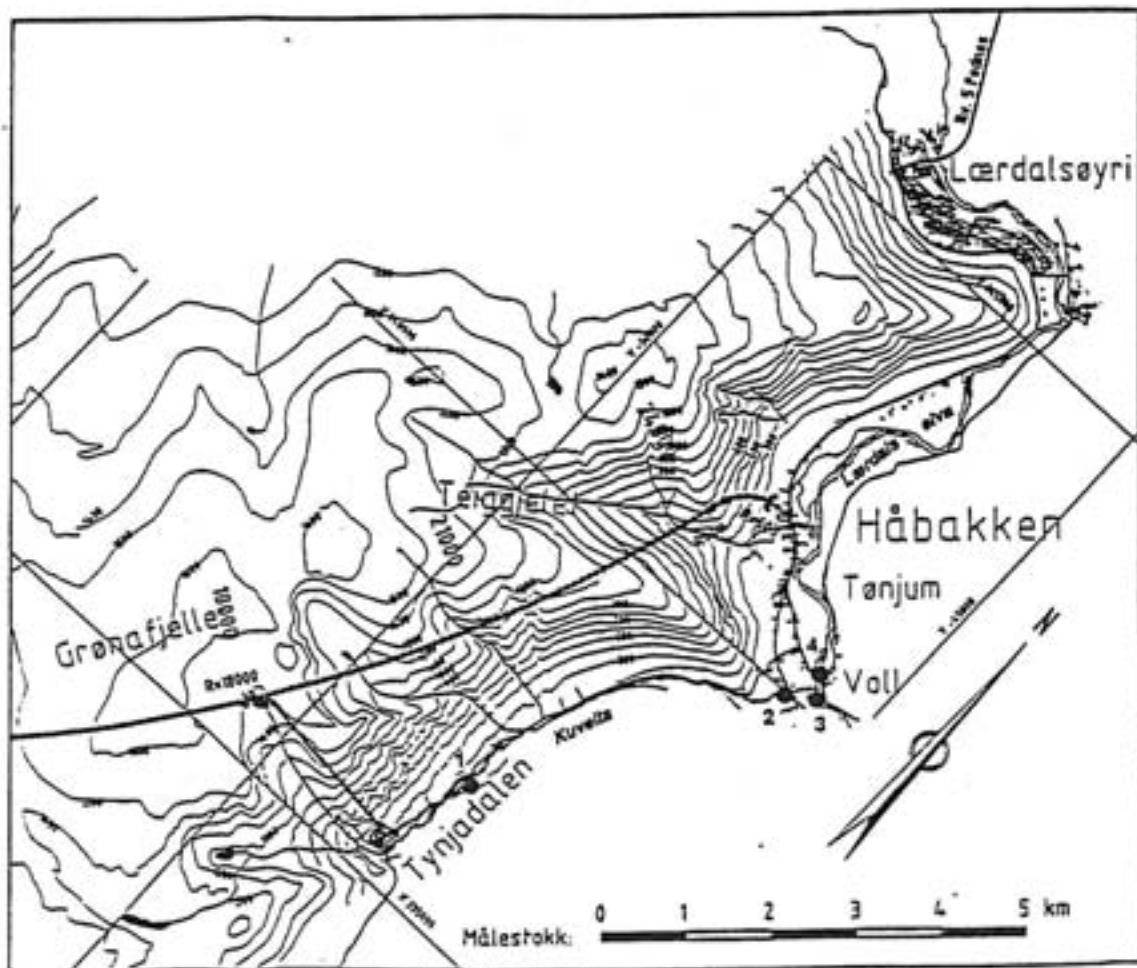
Nitrogeverdiane i Kuvella har vore høgare i 1997 og -98 enn før anleggsarbeidet starta. Konsentrasjonane går ned i samband med flaum. Driftsvatn frå tunnelen er truleg hovudårsaka til dei høge konsentrasjonane. I såfall er nitrogenauken eit forbigående fenomen, som vil bli borte når tunneldrifta er avslutta.

Drikkevassbrønnane ved Tønjum hadde eit jamt over høgare nitrogeninnhald i 1997 og 1998 samanlikna med 1996. Nitrogeninnhaldet er mest sannsynleg uttrykk for ein kombinasjon av høgt innhald i Kuvella og ein etter måten kraftig påverknad frå jordbruk, med det siste som viktigaste årsak. Høgt fosforinnhald i enkelte brønner peiker i same retning. Fosfornivået i 1998 var omlag som tidlegare år. Bakterielt sett er drikkevandet tilfredsstillande.

3. Botndyr

3.1 Stasjonsnett

I 1993 vart det oppretta 4 kvantitative innsamlingsstasjonar for botndyr, 2 i Kuvella og 2 i Lærdalselva, med formål å studera moglege langtidsverknader av anleggsdrifta og deponiet av tunnelmassa i Tynjadalen, sjå Bjerknes og Raddum (1994). Plasseringa av stasjonane er vist på Figur 7. Stasjonane 1, 2 og 4 kan bli påverka av aktiviteten i Tynjadalen, medan Stasjon 3 vil vera upåverka av denne aktiviteten. Det ble utført kvantitativ innsamling av botndyr i midten av juni i 1998. For nærare stasjon- og områdeskildring, sjå Bjerknes og Raddum (sitert over).



Figur 7.
Prøvetakingsstasjonar for botndyr i Kuvella og Lærdalselva.

Innsamlingstilhøva i Kuvella er generelt vanskelege. Dette skuldast at elva er stri på dei fleste strekningane. Ved val av stasjonar har vi freista å finna områder som eignar seg for kvantitativ innsamling. I 1998 var tilhøva ikkje optimale, men innsamling lot seg gjennomføra. Tidspunktet for innsamling i 1998 var nær innsamlingstida i 1996 og 1997 (juni). Resultata er følgeleg jamførbare med omsyn på tid.

Resultata for 1998 vil vera påverka av rotenonhandsaminga av Lærdalsvassdraget som vart utført i første veka av april og august 1997. Ein slik handsaming er ei akutt hending, der store deler av botnfaunaen blir påverka. Innsamlinga i 1998 gir eit bilde av faunaen ca. 10 måneder etter rotenonhandsaminga. Dei spesifikke effektane av rotenonhandsaminga blir undersøkt i et eige prosjekt (Gladse in prep. og Raddum in prep.). Av dei undersøkte lokalitetane er det bare stasjon 1 som ikkje vart utsett for rotenon. Som påpeikt i Bjerknæs & Raddum (1998) hadde elvestrekninga ved stasjon 1 blitt kanalisert/elveforbygd noko som auka straumfarten på stasjonen, og generelt forringa habitat for botndyr. I 1998 vart stasjonen flytta til ein meir eigna stad litt lengre ned i Kuvella.

Botnsubstratet på innsamlingsstadene var samansett av stein med varierende storleik. Mellom steinane forekom sand og grus. Elvebotnen på Stasjon 1, 2 og 4 har lite eller ingen påvekst av algar og mose, medan Stasjon 3 har ein del mose.

3.2 Metodikk

På kvar botnprøvestasjon vart det teke 6 kvantitative botnprøver med Surber sampler. Maskevidda i silposa var 0,25 mm. Prøvene vart fiksert på 70% alkohol. Sortering og artsbestemming vart utført under binokular i laboratoriet.

3.3 Resultater

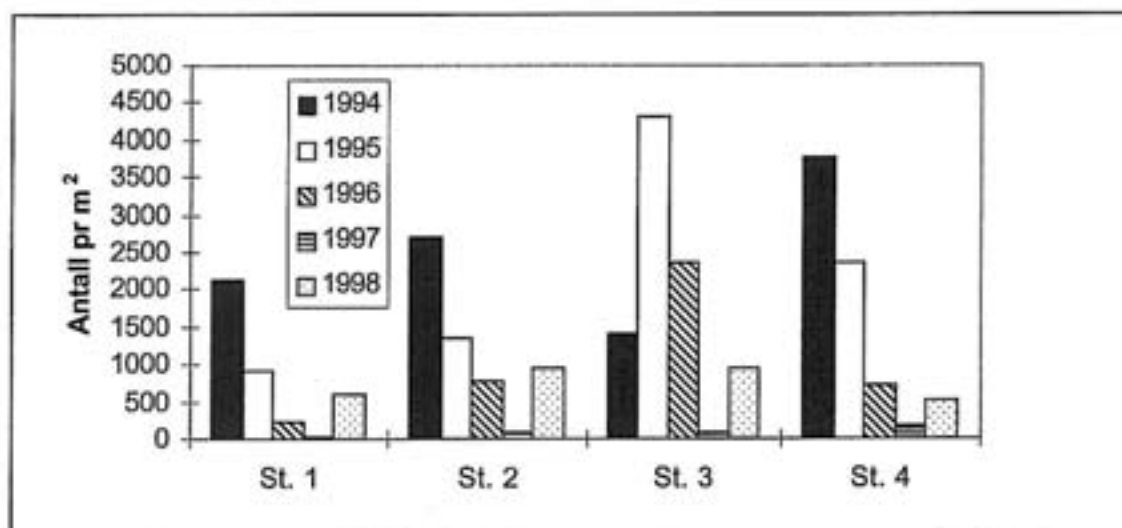
Vedleggstabellane 1 - 4 viser det innsamla botndyrmaterialet for 1998. Påviste grupper/arter er ført opp med angjeving av totalt mengde innsamla individ, samt minimum, maksimum og gjennomsnittleg mengde pr. prøve og tettleik pr. m². Lågaste og høgaste antall arter/grupper vart registrert på stasjon 1 og 3 med høvesvis 19 og 30. Mengda er tilnærma likt det som er funne i tidlegare år på stasjon 1, medan den var høgare på stasjon 3. Her vart det funne ein døgnflogeart, *Heptagenia darlacarlica*, og to vårfløgearter som ikkje vart registrert året før. I tillegg vart det registrert nokre nye taksa av krepsdyr. Det er likevel inga fundamental endring i samansetjinga av organismar, då alle formene er blant de vanlegaste i vestnorske vassdrag.

Flatmarken *Crenobia alpina* vart påvist på stasjon 1, 2 og 3, men ikkje på stasjon 4. Forekomstane var låge på lokalitetane, på linje med registreringane i 1996 og 1997. *C. alpina* er ein alpin form knytt til reint og kaldt vatn, gjerne kjelder. Den har ei typisk klumpvis fordeling og det fans frå 0 til 5 individ pr. prøve. Arten vart registrert med flest individ på stasjon 2 (rotenonhandsama).

I 1995 hadde stasjon 1 den høgaste forekomst av flatmark. På denne stasjonen vart tettleiken kraftig redusert i påfølgjande år noko som kan henga saman med elveforbygginga, sjå (Bjerknæs & Raddum 1997). Det låge anfallet påvist på den nye stasjon 1 i 1998 kan ikkje samanliknast direkte med dei tidlegare målingane. Rotenonhandsaminga ser ikkje ut til å ha nokon innverknad på populasjonen av *C. alpina* i 1998.

Det var inga endring i artssammensetnaden av døgnfluger i Kuvella samanlikna med tidlegare år. Den dominerande arten, *Baetis rhodani*, hadde betydeleg høgare tettleik enn i 1997 både på stasjon 1 og stasjon 2 (Figur 8). Arten *Ameletus inopinatus* vart påvist på begge stasjonane, men i låge antall (Vedleggstabell 1 og 2).

I Lærdalselva, Stasjon 3 og 4, vart det totalt registrert 5 arter døgnfluger (Vedleggstabell 3 og 4). Også her dominerte *B. rhodani*. Arten førekom med høgare tettleiker i 1998 enn i 1997 (Figur 8). Sidan *B. rhodani* er følsam for rotenon henger den låge tettleiken i 1997 truleg saman med rotenonhandsaminga om våren dette året. Rekolonisering av arten går truleg svært raskt sidan reproduksjonspotensialet er stort. I tillegg vil elva bli tilført store mengder av arten frå ubehandla delfelt.

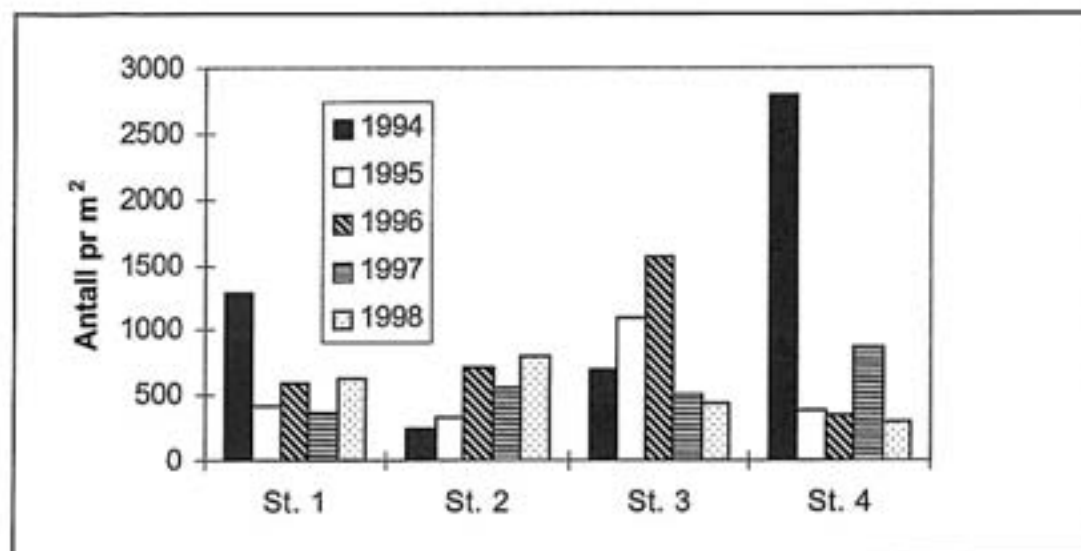


Figur 8. Tettleik av *B. rhodani* på dei ulike stasjonane i perioden 1994 - 1998.

Artene *Siphonurus aestivalis* og *Heptagenia darlacarlica* er ikkje påvist tidlegare av oss. Førekomstane påvist i 1998 er likevel låge. Grunnen til innslaget av disse artene etter rotenonhandsaminga kan vera at konkurransetilhøva vart endra etter gifthandsaminga. Dei nemnte artane kan ha hatt fordel av dette og aka i antall.

Arten *E. aurivilli* tåler rotenon (Arnekleiv m. fl. 1997). Registreringane av denne arten var derfor ikkje uventa, korkje i 1997 eller 1998. Tettleiken i 1998 var likevel nesten dobla samanlikna med 1997. Dette kan forklarast med minska konkurranse og redusert predasjon frå fisk.

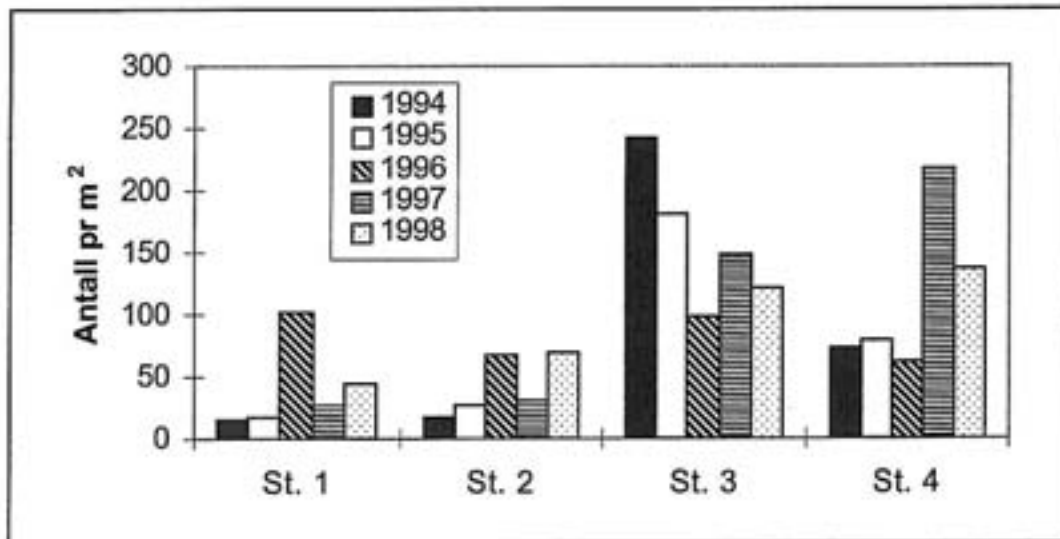
Det vart registrert 9 taksa av steinfloger i 1998 mot 10 i 1997. Antall taksa var likt med førekomsten i 1996. Variasjonar av denne typen blir sett på som ubetydelege. Tettleiken av steinfloger var på linje med tettleikene i tidlegare år på stasjon 1 og 2, medan førekomstane på stasjon 3 og 4 var låge (Figur 9). Den vanlegaste arten på Stasjon 1, 2 og 4 var *Brachyptera risi*, medan denne arten hadde låg førekomst på stasjon 3 (Vedleggstabell 1 - 4). Arten mangla heilt på stasjon 3 både i 1996 og 1997.



Figur 9. Tettleik av steinfloer på dei ulike stasjonane i perioden 1994 - 1998.

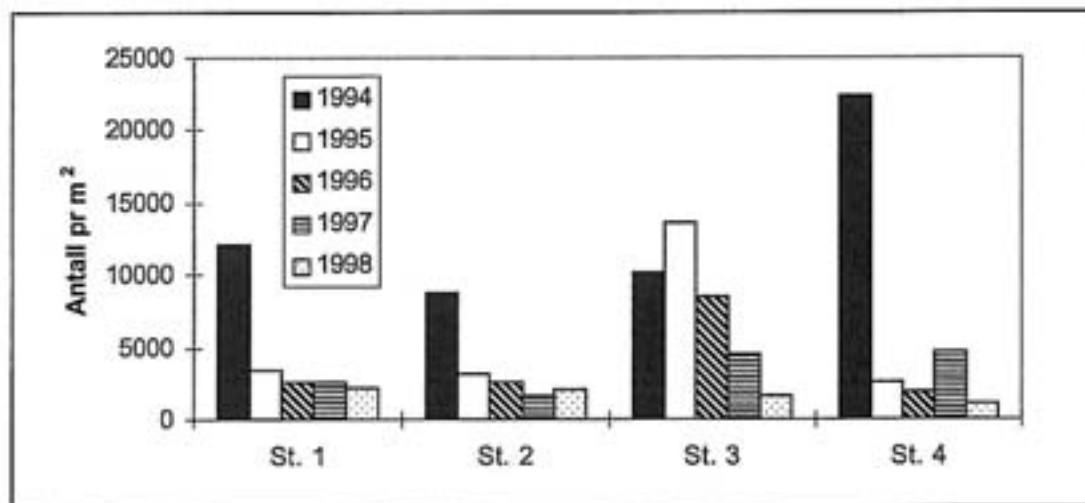
Dei andre artane fann i forholdsvis låge tettleiker, men det skal gjerast merksam på at *Isoperla sp.* og *Diura nanseni*, som hadde forholdsvis låge førekomstar tidlegare, vart registrert saman på alle stasjonar i 1998. Endringa i 1998 kan henga saman med rotenonhandsaminga i 1997. Som nemnt over skuldast det truleg biotiske forhold i etterkant av gifthandsaminga. Det er ingen teikn til at aktiviteten i Tynjadalen så langt har påverka steinfloene.

Vårfloene var representert med 6 taksa i 1998 mot 4 føregåande år. Dette skal tillegkast litt vekt sidan nokre taksa har ein sporadisk førekomst. Den vanlegaste arten var *R. nubila*, som dominerte på samlege stasjonar. I andre vassdrag som er rotenonhandsama er det registrert redusert tettleik av denne arten (Arnekleiv m. fl. 1997). Registreringar i Lærdal tyder på at fullvaksne larver tåler rotenon, medan yngre stadier er meir følsame (Gladsø in prep.). Det ser ikkje ut til at den nye generasjonen av larver i 1998 var skada av handsaminga. Av Figur 10 går det fram at tettleiken av vårfloer var høgare på stasjon 1 og 2 i 1998 enn i 1997, medan forholdet var det motsatte på stasjon 3 og 4. Samla sett ga registreringane i 1998 høge tettleiker samanlikna med tidlegare.



Figur 10. Tettleik av vårfloer på dei ulike stasjonane i perioden 1994 - 1998.

Blant ubestemte grupper dominerte fjærmygglarvene (Chironomidae). Tettleiken av fjærmygg varierte mellom 1087 og 2187 ind. pr m², høvesvis på stasjon 4 og stasjon 1 i 1998 (Figur 11). Førekosten er meir enn halvert på stasjon 3 og stasjon 4, medan utslaga er mindre på dei to andre stasjonane. Betydninga av rotenonhandsaming med omsyn på fjærmygg er førebels lite kjent, men det vart observert både daude og levande larver under handsaminga. Kva arter som er sårbare vil bli klarlagt etter kvart. Resultata tyder likevel på at handsaminga skadar fjærmyggfaunaen på kort sikt.



Figur 11. Tettleik av fjærmygg på dei ulike stasjonane i perioden 1994 - 1998.

Det var også forholdsvis høg tettleik av fåbørstemark (Oligochaeta). Grappa førekom med høgaste og lågaste tettleik på høvesvis 743 - 18 ind. pr m². Det vart observert stor døying på fåbørstemark under rotenonhandsaminga, men resultatata frå 1997 og 1998 tyder på at gruppa som heilskap raskt reetablerer normale tettleiker.

For knott (Simuliidae) var den høgaste tettleiken 785 ind. pr m² på stasjon 3, medan knott mangla på stasjon 1. Etter flytting av denne stasjonen, blir innsamlinga truleg utført på eit dårleg habitat for knott. Likevel var det og ein betydeleg nedgang i talet på desse larvene på Stasjon 2 og 4 samanlikna med 1997. Registreringane av knott både i 1997 og 1998 tyder på liten effekt av rotenonhandsaminga. Dei observerte svingingane kan vera eit uttrykk for årsvariasjoner. Dette kan og ha samband med avrenning frå anleggsområdet. Vidare overvaking kan gje svar på dette.

Dei øvrige gruppene som er oppført i vedleggstabellene 1 – 4 har mindre betydning for effektvurderingar av anleggsaktiviteten i Tynjadalen.

3.4 Vurdering

Aktiviteten i Tynjadalen kan ikkje seiast å ha påverka botnfaunaen målbart i undersøkingsområdet. Populasjonen av knottlarver i Kuvella og på stasjon 4 i Lærdalseva bør likevel haldast under oppsikt. Rotenonhandsaminga av vassdraget har ført til små endringar i botnfaunaen, og populasjonene har truleg vore i ubalanse. Resultata tyder likevel på rask rekolonisering av følsam fauna. Predasjon på botndyr frå fisk har truleg vore låg i 1998 samanlikna med ein situasjon der alle årsklasser av fiskeyngel er tilstades. Det vil derfor ta litt tid før den naturlege balansen er heilt oppretta.

4. Gytefisk i Kuvella

Teljing av gytefisk skjer ved observasjon frå begge elvebredder ved hjelp av polaroide briller og kikkert. Kuvella reknast som ei typisk sjøaure elv, og det går ikkje opp laks for å gyte i denne sideelva (T. Grimelid pers. komm.). Teljing av gyteferdig sjøaure i nedre del av Kuvella vart utført 16. oktober 1998, og det vart registrert 12 gytefisk av sjøaure. I 1997 var talet på gytefisk 6. Tidlegare år har talet på gytarar variert mellom 18 og 51 (Bjerknes og Raddum 1998). Låge tal i 1997 og -98 reflekterer resultatata av rotenonhandsaminga av Lærdalsvassdraget våren og hausten 1997.

5. Referansar

- Arnekleiv, J.V., Dolmen, D., Aagaard, K., Bongard, T. og Hanssen, O. 1997. Rotenonbehandlingens effekt på bunndyr i Rauma- og Hensvassdraget, Møre og Romsdal. Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1997, 8. 48 s.
- Bjerknes, V. og Raddum, G.G. 1994. E16. Tunnel Aurland - Lærdal. Forhåndsregistrering av vannkvalitet, bunndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella. NIVA rapport nr. 3147. 33 s.
- Bjerknes, V., Røhr, P. K., Åstebøl, S. O., Robertsen, K. R. og Rognerud, B. 1994. E 16. Tunnel Aurland – Lærdal. Konsekvensanalyse av tunneldrift og massedeponi i Tynjadalen i Lærdal. NIVA rapport nr. 2999. 57 s.
- Bjerknes, V. og Raddum, G. G. 1996. E 16. Tunnel Aurland – Lærdal. Forhåndsregistrering av vannkvalitet, bunndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella. Del II. NIVA rapport nr. 3398-96. 16 s.
- Bjerknes, V. og Raddum, G. G. 1997. E 16. Tunnel Aurland-Lærdal. Forhåndsregistrering av vannkvalitet, bunndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella i 1996. NIVA rapport nr. 3612-97. 27 s.
- Bjerknes, V. og Raddum, G. G. 1998. E 16. Tunnel Aurland – Lærdal. Overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella i 1997. NIVA rapport nr. 3838-98. 36 s.
- DNMI 1999. Nedbørstasjon 54120, Lærdal Moldo. Nedbørstatistikk 1998.
- Fjellheim, A. og Raddum, G.G. Life cycle and drift of *Glossosoma intermedia* (Trichoptera: Glossosomatidae) in Western Norway. (Verh. Internat. Verein. Limnol. (i trykk).
- Lillehammer, A. og Saltveit, S.J. 1987. Skjønn, Borgund Kraftverk. En vurdering av reguleringsvirkninger på fisk og bunndyr i Lærdalselva, Sogn og Fjordane. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf., Zool. mus., Univ. i Oslo. Rapport, 33 pp.
- Raddum, G.G. 1974. Benthos i Lærdalselva. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf., Zool. mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 11. 80 pp.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. 31 s.
- SIFF 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens Institutt for Folkehelse. G2. 72 s.
- Sosial- og helsedepartementet 1995. Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. Foirskrift nr. I-/95. 38 s.
- Steine, I. 1970. Lærdalsvassdraget. Rapport om fiskeribiologiske undersøkelser i tidsrommet juli 1969 til april 1970. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf., Zool. mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 2. 8pp.

6. Vedleggtabeller

Vedleggtabell 1. Forekomst av botndyr i Kuvella på st. 1 den 20. juni 1998.

Gruppe/art	Antall	Min	-	Maks	Gj. ant./prøve	Antall/m ²
Flatmark						
<i>Crenobia alpina</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Døgnfluer						
<i>Ameletus inopinatus</i>	14	0	-	8	2,3	25,7
<i>Baetis rhodani</i>	335	31	-	83	55,8	614,2
Steinfluer						
<i>Brachyptera risi</i>	308	31	-	70	51,3	564,7
<i>Amphinemura</i> sp.	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>A. borealis</i>	21	2	-	8	3,5	38,5
<i>A. standfussi</i>	3	0	-	2	0,5	5,5
<i>Capnia</i> sp.	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Leuctra</i> sp.	6	0	-	2	1	11
<i>L. hippopus</i>	0	0	-	0	0	0
<i>Isoperla</i> sp.	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Diura nanseni</i>	3	0	-	3	0,5	5,5
Vårfluer						
<i>Rhyacophila nubila</i>	24	0	-	6	4	44
Div.						
<i>Nematoda</i>	6	0	-	2	1	11
<i>Oligochaeta</i>	40	0	-	19	6,7	73,3
<i>Acari</i>	10	0	-	3	1,7	18,3
<i>Diptera</i>	23	1	-	7	3,8	42,2
<i>Chironomidae</i>	1193	59	-	191	198,8	2187,2
<i>Simuliidae</i>	55	1	-	29	9,2	100,8
<i>Ostracoda</i>	7	0	-	4	1,2	12,8
Totalt	2052				342,0	3762,0

Vedleggstabell 2. Forkomst av botndyr i Kuvella på st. 2 den 20. juni 1998.

Gruppe/art	Antall	Min	-	Maks	Gj. ant./prøve	Antall/m ²
Flatmark						
<i>Crenobia alpina</i>	9	0	-	5	1,5	16,5
Døgnfluer						
<i>Baetis rhodani</i>	286	24	-	79	47,7	524,3
<i>Ameletus sp.</i>	3	0	-	2	0,5	5,5
Steinfluer						
<i>Brachyptera risi</i>	391	24	-	107	65,2	716,8
<i>Leuctra sp.</i>	34	2	-	14	5,7	62,3
<i>Amphinemura borealis</i>	4	0	-	3	0,7	7,3
<i>Amphinemura standfussi</i>	5	0	-	2	0,8	9,2
<i>Nemoura cinerea</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Isoperla sp.</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Diura nanseni</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Vårfluer						
<i>Rhyacophila nubila</i>	36	4	-	11	6	66
<i>Potamophylax sp.</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Limnephilidae</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Div.						
<i>Nematoda</i>	12	0	-	6	2	22
<i>Oligochaeta</i>	157	7	-	56	26,2	287,8
<i>Acari</i>	33	2	-	14	5,5	60,5
<i>Diptera</i>	75	4	-	25	12,5	137,5
<i>Chironomidae</i>	1100	151	-	248	183,3	2016,7
<i>Simuliidae</i>	78	4	-	36	13	143
<i>Ostracoda</i>	16	0	-	9	2,7	29,3
<i>Copepoda</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Collembola</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Totalt	2246				374,3	4117,7

Vedleggstabell 3. Forekomst av bunndyr i Lærdalselva på st. 3 den 20. juni 1998.

Gruppe/art	Antall	Min	-	maks	Gj. ant./prøve	Antall/m ²
Flatmark						
<i>Crenobia alpina</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Døgnfluer						
<i>Ameletus inopinatus</i>	36	0	-	17	6	66
<i>Baetis rhodani</i>	511	56	-	130	85,2	936,8
<i>Ephemerella aurivilli</i>	15	1	-	5	2,5	27,5
<i>Siphonurus aestivalis</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Heptagenia darlacarlica</i>	2	0	-	1	0,3	3,7
Steinfluer						
<i>Leuctra sp.</i>	18	1	-	7	3	33
<i>Nemouridae</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Amphinemura borealis</i>	178	17	-	54	29,7	326,3
<i>A. sulcicollis</i>	7	0	-	4	1,2	12,8
<i>A. standfussi</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Isoperla sp.</i>	3	0	-	2	0,5	5,5
<i>Diura nanseni</i>	29	0	-	11	4,8	53,2
<i>Brachyptera risi</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Vårfluer						
<i>Rhyacophila nubila</i>	134	10	-	40	22,3	245,7
<i>Apatania sp.</i>	8	0	-	3	1,3	14,7
<i>Glossosoma sp.</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Polyecntropus flavomaculatus</i>	6	0	-	5	1,0	11,0
Diverse						
<i>Nematoda</i>	191	6	-	52	31,8	350,2
<i>Oligochaeta</i>	405	36	-	104	67,5	742,5
<i>Acar</i>	50	2	-	13	8,3	91,7
<i>Diptera</i>	37	2	-	10	6,2	67,8
<i>Chironomidae</i>	923	88	-	276	153,8	1692,2
<i>Simulidae</i>	428	19	-	148	71,3	784,7
<i>Coleoptera</i>	8	0	-	4	1,3	14,7
<i>Ostracoda</i>	9	1	-	2	1,5	16,5
<i>Bosmina sp.</i>	2	0	-	1	0,3	3,7
<i>Chydoridae</i>	5	0	-	3	0,8	9,2
<i>Copepoda</i>	42	0	-	14	7	77
<i>Collembola</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Totalt	3054				509,0	5599,0

Vedleggstabell 4. Forekomst av bunndyr i Lærdalselva på st. 3 den 20. juni 1998.

Gruppe/art	Antall	Min	-	maks	Gj. ant./prøve	Antall/m ²
Døgnfluer						
<i>Baetis rhodani</i>	289	14	-	72	48,2	529,8
<i>Ephemerella aurivillii</i>	14	0	-	5	2,3	25,7
<i>Ameletus sp.</i>	90	3	-	27	15	165
<i>Siphonurus sp.</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Heptagenia darlacarlica</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Steinfluer						
<i>Brachyptera risi</i>	61	2	-	29	10,2	111,8
<i>Amphinemura sp.</i>	2	0	-	1	0,3	3,7
<i>A. borealis</i>	54	2	-	14	9	99
<i>A. Standfussi</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>A. sulcicollis</i>	5	0	-	3	0,8	9,2
<i>Protonemura meyeri</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
<i>Leuctra sp.</i>	11	0	-	4	1,8	20,2
<i>Diura nanseni</i>	22	0	-	8	3,7	40,3
<i>Isoperla sp.</i>	4	0	-	1	0,7	7,3
Vårfluer						
<i>Rhyacophila nubila</i>	60	6	-	14	10	110
<i>Apatania sp.</i>	13	1	-	5	2,2	23,8
<i>Potamophylax sp.</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Div.						
<i>Nematoda</i>	58	1	-	22	9,7	106,3
<i>Oligochaeta</i>	167	9	-	52	27,8	306,2
<i>Acari</i>	40	1	-	11	6,7	73,3
<i>Chironomidae</i>	593	33	-	141	98,8	1087,2
<i>Simuliidae</i>	26	1	-	9	4,3	47,7
<i>Diptera</i>	43	4	-	10	7,2	78,8
<i>Ostracoda</i>	18	0	-	8	3	33
<i>Copepoda</i>	13	0	-	4	2,2	23,8
<i>Coleoptera</i>	1	0	-	1	0,2	1,8
Totalt	1589				264,8	2913,2

Vedleggstabel 5 Vasskvalitet i Lærdalselva og Kuvella 1998

DATO	STASJ.	pH	TURB	STS	SGR	FARG	TOTP	TOTN	NH4N	NO3N	TOC	TOT KIM	KO LI	TT KOLI	V. TEMP	L. TEMP	VANNF.
190198	1	6,85	0,13	<0,8	<0,8	1,15	3	1710	5	1775	0,4						normal
160298	1	6,92	0,12	<0,8	<0,8	1,15	4	2020	<5	1915	0,4	680	1	3	3,9	-4,2	stigende
160398	1	6,96	0,12	<0,8	<0,8	1,34	3	1840	<5	1705	0,3				3,7	1,5	
	Middel	6,91	0,12			1,21	3	1857		1798	0,4						
	Std	0,06	0,01			0,11	1	156		107	0,1						
310398	1	6,77	0,54	0,80	<0,8	5,95	5	645	<5	645	1,10						
140498	1	6,84	0,26	<0,8	<0,8	1,15	3	1900	<5	1995	0,22						
190598	1	6,72	0,25	1,60	1,0	4,03	7	475	<5	460	0,70	166	0	0	4	7,6	høy
150698	1	6,65	0,25	<0,8	<0,8	2,30	3	370	<5	315	0,24				4,9	10,3	normal
	Middel	6,75	0,33			3,36	5	848		854	0,57						
	STD	0,08	0,14			2,09	2	711		773	0,42						
200798	1	6,65	0,19	1,48	<0,8	2,69	2	235	<5	210	0,28				6,6	14	normal/høy
170898	1	6,53	0,13	<0,8	<0,8	1,34	2	205	<5	175	0,25				7,8	12,8	norm./høy
210998	1	6,92	0,18	<0,8	<0,8	<1	4	445	<5	420	0,26						
	Middel	6,70	0,17				3	295		268	0,26						
	Std	0,20	0,03				1	131		133	0,0						
261098	1	6,70	0,08	<0,8	<0,8	2,30	2	700	<5	655	0,5	300	0	0	4,9	4	høy
231198	1	6,75	0,15	<0,8	<0,8	<1	4	1450	<5	1460	0,3	159	1	0	5,5	1,5	lav/normal
141298	1	6,94	0,11	<0,8	<0,8	1,92	5	2010	32	2080	0,3				4,6	-0,5	lav/normal
	Middel	6,80	0,11				4	1387		1398	0,3						
	Std	0,13	0,04				2	657		714	0,1						
190198	2	6,95	0,16	<0,8	<0,8	1,54	3	1840	<5	1855	0,6				3,2	-3,9	
160298	2	7,03	0,42	1,45	<0,8	4,22	5	1860	5	1850	0,9	2320	3	3	3,1	1,5	
160398	2	7,11	0,26	<0,8	<0,8	1,92	4	1690	<5	1645	0,7						
	Middel	7,03	0,28			2,56	4	1797		1783	0,7						
	Std	0,08	0,13			1,45	1	93		120	0,2						
310398	2	6,88	0,33	1,60	0,8	7,10	9	780	<5	785	1,20						
140498	2	7,00	0,21	<0,8	<0,8	2,11	2	1810	<5	1855	0,53						
190598	2	6,79	0,36	2,60	1,4	3,65	6	500	5	435	0,73	144	0	1	4,6	8	høy
150698	2	6,74	0,25	<0,8	<0,8	1,92	3	360	<5	315	<0,20				5,2	16	normal
	Middel	6,85	0,29			3,70	5	863		848							
	STD	0,11	0,07			2,40	3	655		701							
200798	2	6,74	0,24	<0,8	<0,8	2,11	2	210	<5	200	0,3				7,2	14,2	normal/høy
170898	2	6,63	0,17	<0,8	<0,8	1,34	2	200	5	168	0,3				8,2	13,1	normal/høy
210998	2	6,95	0,20	1,00	<0,8	<1	2	455	<5	415	0,3						
	Middel	6,77	0,20				2	288		261	0,3						
	Std	0,16	0,04				0	144		134	0,0						
261098	2	6,80	0,07	<0,8	<0,8	2,69	2	735	<5	695	0,5	264	0	1	5,2	4,1	høy
231198	2	6,85	0,10	<0,8	<0,8	1,34	3	1380	5	1385	0,3	360	0	2	5	2	lav/normal
141298	2	7,12	0,35	<0,8	<0,8	1,15	4	1890	9	1915	0,3				3,2	-0,5	lav/normal
	Middel	6,92	0,17			1,73	3	1335		1332	0,4						
	Std	0,17	0,15			0,84	1	579		612	0,1						

DATO	STASJ.	pH	TURB	STS	SGR	FARG	TOTP	TOTN	NH4N	NO3N	TOC	TOT KIM	KO LI	TT KOLI	V. TEMP	L. TEMP	VANNF.
190198	3	6,52	0,25	<0,8	<0,8	1,73	3	190	5	142	0,7	>3000	24	3	0,1	-3,9	normal
160298	3	6,51	0,34	1,09	<0,8	5,76	4	230	6	160	0,9						
160398	3	6,61	1,10	<0,8	<0,8	2,11	3	175	<5	138	0,5						
	Middel	6,55	0,56			3,20	3	198		147	0,7						
	Std	0,06	0,47			2,23	1	28		12	0,2						
310398	3	7,11	0,77	<0,8	<0,8	12,30	6	350	5	265	2,1	880	7	6	4,6	9,5	høy
140498	3	6,64	0,35	<0,8	<0,8	2,50	1	210	<5	195	0,6						
190598	3	6,64	0,42	4,20	2,8	11,10	10	170	7	78	1,5						
150698	3	6,54	0,33	0,80	<0,8	5,76	2	134	<5	82	0,5						
	Middel	6,73	0,47			7,92	5	216		155	1,2						
	STD	0,26	0,21			4,59	4	95		91	0,8						
200798	3	6,65	0,27	<0,8	<0,8	4,61	2	83	<5	52	0,8				9,2	14,2	normal/høy
170898	3	6,50	0,16	<0,8	<0,8	2,69	2	101	5	50	0,6						
210998	3	6,74	0,16	<0,8	<0,8	2,50	2	195	<5	67	0,6						
	Middel	6,63	0,20			3,27	2	126		56	0,7						
	Std	0,12	0,06			1,17	0	60		9	0,1						
261098	3	6,66	0,32	<0,8	<0,8	7,30	3	225	<5	160	1,4	980	14	9	4,1	3,9	høy
231198	3	6,46	0,15	<0,8	<0,8	2,11	2	170	5	121	0,5						
141298	3	6,67	0,52	<0,8	<0,8	2,30	1	160	6	115	0,5						
	Middel	6,60	0,33			3,90	2	185		132	0,8						
	Std	0,12	0,19			2,94	1	35		24	0,5						
190198	4	6,56	0,31	<0,8	<0,8	1,73	2	235	5	190	0,7	>3000	20	3	0,5	-3,8	normal
160298	4	6,53	0,37	0,90	<0,8	4,61	5	250	5	195	1,0						
160398	4	6,64	0,23	<0,8	<0,8	2,11	2	210	<5	165	0,6						
	Middel	6,58	0,30			2,82	3	232		183	0,7						
	Std	0,06	0,07			1,56	2	20		16	0,2						
310398	4	6,80	0,41	<0,8	<0,8	12,10	6	385	5	290	2,00	770	10	4	5,1	9,5	høy
140498	4	6,64	0,51	<0,8	<0,8	3,65	2	265	<5	220	0,58						
190598	4	6,68	0,64	4,80	2,4	11,10	7	195	5	87	1,30						
150698	4	6,55	0,25	1,20	<0,8	4,80	3	146	<5	87	0,52						
	Middel	6,67	0,45			7,91	5	248		171	1,1						
	STD	0,10	0,16			4,30	2	104		101	0,7						
200798	4	6,65	0,22	<0,8	<0,8	4,42	1	95	<5	66	0,7				9,2	14,3	normal/høy
170898	4	6,52	0,15	<0,8	<0,8	2,50	2	113	5	60	0,5						
210998	4	6,79	0,16	<8,8	<0,8	2,69	2	160	8	83	0,6						
	Middel	6,65	0,18			3,20	2	123		70	0,6						
	Std	0,14	0,04			1,06	1	34		12	0,1						
261098	4	6,73	0,33	-	-	7,30	3	270	<5	200	1,4	600	10	4	4	4,1	høy
231198	4	6,47	0,26	<0,8	<0,8	2,11	2	195	<5	148	0,6						
141298	4	6,67	0,20	<0,8	<0,8	2,11	2	190	6	142	0,4						
	Middel	6,62	0,26			3,84	2	218		163	0,8						
	Std	0,14	0,07			3,00	1	45		32	0,5						

NIVA <4049 >-<99>

DATO	STASI.	pH	TURB	STS	SGR	FARG	TOTP	TOTN	NH4N	NO3N	TOC	TOT KIM	KO LI	TT KOLI	V. TEMP	L. TEMP	VANNF.		
190198	5	6,53	0,27	<0,8	<0,8	1,73	3	260	5	210	0,7	>3000	12	3	0,8	-3	normal		
160298	5	6,52	0,93	1,82	<0,8	5,18	8	280	5	215	1,1				0,8	1,8	stigende		
160398	5	6,69	0,32	<0,8	<0,8	2,11	3	245	7	195	0,6								
	Middel	6,58	0,51			3,01	5	262	6	207	0,8								
	Std	0,10	0,37			1,89	3	18	1	10	0,3								
310398	5	6,75	0,79	1,00	<0,8	11,70	7	370	8	290	1,9	1120	13	10	5,1	10,5	høy		
140498	5	6,63	0,50	<0,8	<0,8	2,50	2	270	<5	260	0,6						normal		
190598	5	6,61	0,86	4,80	2,4	10,90	12	200	7	101	1,4						6,8	19	høy
150698	5	6,39	0,25	0,80	<0,8	4,61	2	77	<5	4	1,0								normal
	Middel	6,60	0,60	2,20		7,43	6	229		164	1,2								
	STD	0,15	0,28	2,25		4,57	5	123		135	0,6								
200798	5	6,67	0,36	<0,8	<0,8	4,80	2	120	<5	67	0,8				9,5	14,9	normal/høy		
170898	5	6,54	0,20	<0,8	<0,8	2,30	2	113	<5	65	0,5				10,5	13,6	normal/høy		
210998	5	6,75	0,26	1,40	<0,8	2,50	2	140	5	87	0,6								
	Middel	6,65	0,27			3,20	2	124		73	0,6								
	Std	0,11	0,08			1,39	0	14		12	0,2								
261098	5	6,73	0,29	<0,8	<0,8	7,87	3	300	<5	220	1,4	660	20	4	4,4	4,5	høy		
231198	5	6,51	0,14	0,93	<0,8	1,92	2	225	5	176	0,5	192	9	5	2,5	2,5	lav/normal		
141298	5	6,71	0,24	<0,8	<0,8	1,73	2	200	<5	160	0,4				1,1	0	normal		
	Middel	6,65	0,22			3,84	2	242		185	0,8								
	Std	0,12	0,08			3,49	1	52		31	0,5								
190198	6	6,78	0,46	<0,8	<0,8	2,11	4	215	<5	180	0,63	170	0	0	-0,2	-4,5	normal		
160298	6	6,90	0,47	<0,8	<0,8	4,42	2	175	<5	148	0,75				0,1	1	stigende		
160398	6	6,96	0,11	<0,8	<0,8	1,92	2	220	5	185	0,27								
	Middel	6,88	0,35			2,82	3	203		171	0,55								
	Std	0,09	0,21			1,39	1	25		20	0,25								
310398	6	6,82	0,60	<0,8	<0,8	8,06	7	190	<5	165	1,20	174	1	0	3,4	6,5	høy		
140498	6	6,90	0,45	<0,8	<0,8	1,92	1	165	<5	155	0,34						4,8	10,1	normal
190598	6	6,71	0,35	2,20	0,4	5,95	5	160	5	101	0,94								
150698	6	6,59	0,19	<0,8	<0,8	2,30	3	134	<5	100	<0,20								
	Middel	6,76	0,40			4,56	4	162		130									
	Std	0,13	0,17			2,96	3	23		35									
200798	6	6,55	0,21	<0,8	<0,8	1,92	2	53	<5	35	0,25				6,5	9,1	norm./høy		
170898	6	6,39	0,12	<0,8	<0,8	1,73	2	95	7	27	0,27				7,3	9,5	norm./høy		
210998	6	6,82	0,24	1,20	0,8	1,54	3	69	<5	28	0,31								
	Middel	6,59	0,19			1,73	2	72		30	0,28								
	Std	0,22	0,06			0,19	1	21		4	0,0								
261098	6	6,65	0,14	<0,8	<0,8	3,84	2	160	<5	116	0,6	144	1	1	2,3	3,8	høy		
231198	6	6,73	0,05	<0,8	<0,8	1,73	2	230	<5	205	0,4	91	0	0	1,4	1,5	lav/normal		
141298	6	6,94	0,13	<0,8	<0,8	1,15	1	240	<5	225	0,3				0,8	-1	lav/normal		
	Middel	6,77	0,11			2,24	2	210		182	0,4								
	Std	0,15	0,05			1,42	1	44		58	0,2								

Vedleggstabell 6 Registreringar i drikkevassbrønner ved Tjønnum

Dato	Brønn nr.	pH	TURB	FARG	TOTP	TOTN	NH4N	NO3N
160298	1	6,87	0,27	9,02	3	895	<5	785
190598	1	6,97	0,88	7,3	3	1220	<5	1120
261098	1	6,62	0,36	3,65	3	2170	<5	1685
231198	1	6,55	0,53	3,84	7	1440	<5	1330
	Middel	6,7525	0,5100	5,9525	4	1431,250		1230,000
	STD	0,1997	0,2692	2,6451	2	540,993		377,337
160298	2	7,01	0,31	1,92	2	1760	<5	1740
190598	2	6,89	0,14	3,84	3	515	5	465
261098	2	7,01	0,2	1,15	2	1020	<5	1000
231198	2	6,88	0,19	1,34	2	1220	<5	1175
	Middel	6,948	0,210	2,063	2,250	1128,750		1095,000
	Std	0,072	0,072	1,229	0,500	514,885		525,468
160298	3	6,54	0,22	3,26	16	3470	<5	3570
190598	3	6,76	0,34	4,03	6	4410	<5	4480
261098	3	6,42	0,22	2,69	16	3340	<5	3380
231198	3	6,46	0,07	2,5	15	2290	<5	2585
	Middel	6,545	0,2125	3,12	13,25	3377,5		3498,75
	Std	0,15177	0,11057	0,68727	4,85627	867,69330		779,34133
160298	4	6,56	0,36	1,15	3	1790	<5	1710
190598	4	6,78	0,2	2,11	3	1330	<5	1275
261098	4	6,75	0,28	7,49	3	280	<5	200
	Middel	6,69667	0,28	3,58333	3	1133,3333		1061,6667
	Std	0,11930	0,08	3,41715	0	773,97244		777,27623
160298	5	6,54	0,27	1,15	3	1550	<5	1565
190598	5	6,74	0,2	1,15	2	1400	<5	1385
261098	5	6,67	0,04	1,92	2	985	<5	975
231198	5	6,56	0,08	1,54	2	1140	<5	1040
	Middel	6,6275	0,1475	1,44	2,25	1268,75		1241,25
	Std	0,09430	0,10626	0,36905	0,5	253,9152		280,9915
160298	6	6,41	0,82	2,69	20	4920	<5	4930
190598	6	6,62	0,27	3,07	23	3010	<5	2990
261098	6	6,4	0,07	2,69	28	4060	<5	3900
231198	6	6,39	0,06	2,69	26	3990	<5	4055
	Middel	6,455	0,305	2,785	24,25	3995		3968,75
	STD	0,11030	0,35870	0,19000	3,50000	781,04631		794,58978
160298	7	6,47	0,19	4,42	42	2960	<5	2785
190598	7	6,73	0,31	4,42	49	1840	<5	1725
261098	7	6,4	0,16	3,26	53	4110	<5	3900
231198	7	6,2	0,06	5,18	52	2530	<5	2425
	Middel	6,45	0,18	4,32	49	2860		2703,75
	STD	0,21894	0,10296	0,79230	4,96655	952,50547		907,45409