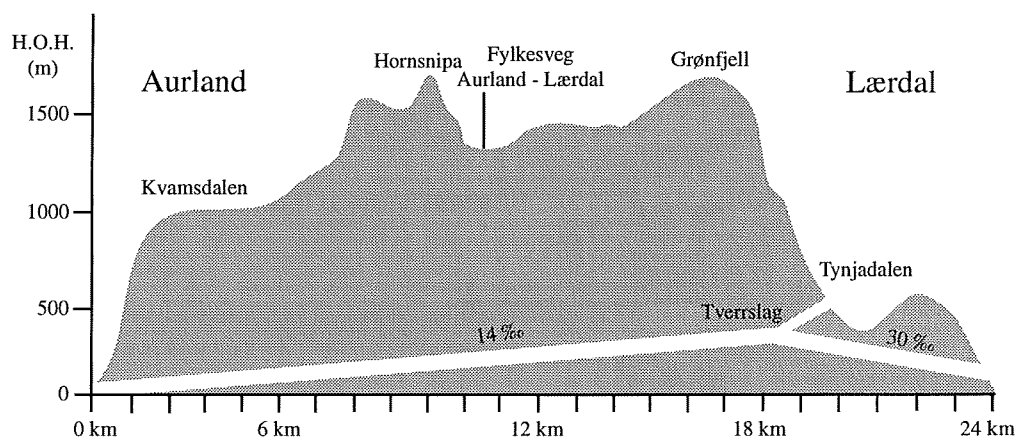


E16

Tunnel Aurland - Lærdal

Registrering og overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella frå 1994 til 2000. Samlerapport



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 E16. Tunnel Aurland - Lærdal Registrering og overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella frå 1994 til 2000. Samlerapport	Løpenr. (for bestilling) 4409-2001	Dato 30. juni 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-93248	Sider Pris 41
Forfatter(e) Vilhelm Bjercknes, NIVA Gunnar G. Raddum, UiB	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgjevar(ar) Statens Vegvesen Sogn og Fjordane	Oppdragsreferanse Jon Kvåle
---	--------------------------------

<p>Samandrag</p> <p>Overvaking av Kuvella og Lærdalselva har pågått frå 1996 til 2000 for å kontrollera eventuell påverknad av vassmiljø og fauna i samband med bygging av vegtunnel på E16 Lærdal-Aurland og tunneldriving og deponering av sprengstein i Tynjadalen. Det er gjort månadlege analysar av vassprøver frå Kuvella og Lærdalselva, og kvartalsvise analysar av vassprøver frå brønner ved Tønjum. Kvantitative botndyrprøver er samla inn ein gong i året (mai/juni) på 2 stasjonar i Kuvella og to stasjonar i Lærdalselva. Vidare er det utført teljing av gytefisk (sjøaure) i Kuvella kvar haust. Det er registrert markert auke i suspendert finstoff og fosfor i samband med flaumer i vassdraga, men konsentrasjonane har vore innanfor det normale for vassdraga. På låg vassføring er det registrert markert auka nitrogenverdiar i Kuvella, i hovudsak med opphav i sprengstoffrestar drens- og driftsvatn frå tunnelen. Botndyrsamansetnaden på stasjonen i Lærdalselva nedstrøms Kuvella er signifikant endra. Årsaka kan vera sedimentert finstoff. Nedgang i gytebestanden i Kuvella er registrert etter 1997. Dette er neppe årsaka av anleggsverksemda, men av rotenonhandsaminga av Lærdalselva i 1997 med sikte på å bekjempa lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i>.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sprengstein 2. Vasskvalitet 3. Botndyr 4. Ferskvassfisk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Blasted rocks 2. Water quality 3. Bentic invertebrates 4. Freshwater fish
--	--


Vilhelm Bjercknes

Prosjektleder

Forskningsleder
ISBN 82-577-4051-9


NilsRoar Sælthun

Forskningsjef

O-93248

E16. Tunnel Aurland - Lærdal

**Registrering og overvaking av vasskvalitet, botndyr
og fisk i Lærdalselva og Kuvella frå 1994 til 2000**

Samlerapport

Forord

Tunneldriving og deponering av sprengstein i Tynjadalen inngjekk som ein del av tunnelprosjektet på E16 mellom Aurland og Lærdal frå 1995 til 1999. Etter oppdrag frå Statens Vegvesen Sogn og Fjordane har NIVA og LFI, Universitetet i Bergen gjort førehandsundersøkingar og overvaka vasskvalitet og botndyr i Kuvella og Lærdalselva under anleggsarbeidet. Resultata er rapportert årleg. Denne rapporten gjev ei samla oversikt over resultata av overvakinga. Undersøkingane starta opp i 1993-94 og vart avslutta i 2000.

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 utført av Næringsmiddeltilsynet for Sogn.

Botndyrundersøkingane er gjennomført og presentert av Gunnar G. Raddum og Jon Gladsø ved Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Universitetet i Bergen. Dei andre resultata er presentert av Vilhelm Bjercknes, NIVA, som og har redigert rapporten. NIVA's prosjektleiar har vore Vilhelm Bjercknes. Ansvarleg ved Statens Vegvesen Sogn og Fjordane har vore Jon Kvåle.

Bergen i juni 2001

Vilhelm Bjercknes

Innhald

Samandrag	5
1. Innleiing	7
1.1 Gransking av førtilstand	7
1.2 Utsleppsløyve og reinsing	8
1.3 Overvaking	9
2. Materiale og metodar	10
2.1 Nedbør og vassføring	10
2.2 Vasskvalitet. Stasjonsnett og metodar	11
2.3 Botndyr. Stasjonsnett og metodar	15
3. Resultat	17
3.1 Nedbør og vassføring	17
3.2 Vasskvalitet	22
3.2.1 Kuvella og Lærdalselva	22
3.2.2 Drikkevassbrønner ved Tønjum	30
4. Botndyr	33
4.1 Tidlegare undersøkingar – grunnlag for vurderingar	33
4.2 Resultat	33
4.2.1 Fåbørstemark	35
4.2.2 Døgnfluger	36
4.2.3 Fjørmygg	37
4.2.4 Totale botndyrmengder	37
4.2.5 Samla vurdering	38
5. Gytefisk i Kuvella	39
6. Referansar	40

Samandrag

På oppdrag frå Statens Vegvesen i Sogn og Fjordane vart det i 1994 utarbeidd konsekvensanalyse for deponi av 1,2-1,5 m³ sprengstein frå Lærdalstunnelen (E16). Deponiet er lokalisert til Tynjadalen, eit sidedalføre til Lærdal. Førehandsgranskningar av vasskvalitet, fisk og botndyr i Kuvella, som renn gjennom Tynjadalen, og i Lærdalselva vart utført i 1994-95. Etter at tunneldrivinga vart iverksett i 1995, vart det sett i verk eit program for overvaking av vassmiljøet i Kuvella og Lærdalselva. Tunneldriving og deponering vart avslutta sommaren 1999.

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

Overvakingsprogrammet gjekk ut på månadlege registreringar av vasskvalitet på 6 stasjonar i Kuvella og Lærdalselva kvart år frå 1996-1999. I tillegg er det i kvart av åra gjort 4 registreringar i 7 drikkevassbrønner ved Tønjum. Kvantitativ innsamling av botndyr vart gjort på 4 stasjonar i Kuvella og Lærdalselva i mai/juni kvart år. Det vart og gjort teljing av gytefisk (sjøaure) i Kuvella om hausten. Eit redusert vassprøveprogram med i alt 4 prøvetakingar på to stasjonar i Kuvella vart avslutta i november 2000.

Vassanalysane tek først og fremst sikte på å avdekkje moglege påverknader frå anleggsarbeid og avrenning frå sprengsteinsdeponi. Med unntak for nitrogen viser vassanalysar frå vassdraga verdier som i hovudsak ligg innafør det variasjonsområde vi naturleg kan forventa ut frå førehandsgranskningane, og frå naturlege variasjonar i Lærdalselva. Auka nitrogenverdiar skuldast truleg først og fremst kontaminering frå driftsvatn frå tunnelen. Registreringane i 2000 viser likevel auka nitrogenverdiar i Kuvella, med ei klar auke i nitrogen nedanfor deponiet.

Nivået av nitrogen og fosfor i drikkevassbrønner på Tønjum var høgt før anleggsarbeidet starta. Nitrogennivået har synt ein svakt aukande tendens i løpet av anleggsperioden, men forskjellen frå brønn til brønn har vært nokså lik heile tida. Det er uvisst om auken i nitrogen skuldast anleggsverksemda.

Rotenonhandsaminga av Lærdalselva våren 1997 har generelt medført små varige endingar i botndyrfaunaen på dei tre prøvestasjonane i Kuvella og i Lærdalselva nedstraums Kuvella. Dette tyder på ein rask rekolonisasjon av følsam fauna. Det er påvist signifikante endringar i botndyrsamansetninga i Lærdalselva nedstraums Kuvella i løpet av overvakingsperioden som kan henga saman med sedimentasjon av finstoff. Finstoffet kommer i hovudsak frå stedeigne masser frå kanaliseringarbeid i Kuvella.

Teljing av gyteferdig sjøaure i Kuvella vart gjort kvar haust frå 1996 til 1999. Talet på gytefisk har vært markert lågare etter 1997, noko som mest sannsynleg heng saman med rotenonhandsaminga i 1997.

Summary

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

Year: 1998

Author: Vilhelm Bjercknes and Gunnar G. Raddum

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4051-9

On the commission of Statens Vegvesen i Sogn og Fjordane a monitoring program was implemented in 1996 including water quality in the river Lærdalselva, the tributary Kuvella and well water in 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 was terminated 1999. A reduced monitoring program was carried out through 2000.

The main monitoring objectives were 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 1996-1999 water has been sampled monthly from 6 stations in Kuvella and Lærdalselva for physical-, chemical- and bacteriological analyses. In addition 7 drinking water wells fed by water from Kuvella have been sampled and analysed at 4 occasions each year. Quantitative sampling of bottom invertebrates was accomplished at 4 stations in Kuvella and Lærdalselva in May/June each year. A registration of spawning sea trout in Kuvella was carried out each autumn.

Except for nitrogen, the values of the physical and chemical parameters analysed for were mainly within the expected limits of natural variations. Increased nitrogen values are most probably caused by tunnel water contaminated by explosive rests. The impacts on the water quality of Lærdalselva were minimal, due to dilution. In 2000, after the termination of the construction- and disposal activity, nitrogen values above normal were still detected in Kuvella.

The initial nitrogen and phosphorus levels of well water at Tønjum were far above normal. Seasonal variations influenced by the river water level and dilution were demonstrated, and also variations in the levels of different parameters between individual wells. A minor increase in the nitrogen level has been detected, probably resulting from contamination.

For the extermination of the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* from Lærdalselva, the river water was handled with rotenone in April and August 1997. However, the benthic fauna in Kuvella and in Lærdalselva downstream Kuvella showed minimal changes. However, significant changes in the composition of the bottom fauna has been detected in Lærdalselva downstream Kuvella, most probably connected to settling of rock particles coming from the construction activities in Tynjadalen.

A decrease in the number of spawning sea trout in Kuvella in the autumn took place after the rotenone treatment in 1997.

1. Innleiing

Statens Vegvesen Sogn og Fjordane har etablert to massedeponi på totalt 1.5 mill m³ over et areal på 125 da på vestsida av Tynjadalen i Lærdal kommune. Det er utarbeidd reguleringsplan for massedeponia.

Kuvella renn gjennom Tynjadalen og munnar ut i Lærdalselva ved Tønjum. Kuvella har eit nedbørfelt på 65 km², nedbørfeltet ved nedre kant av deponiet er på 52 km². Medels årsavrenning er rekna til 30-35 ls⁻¹ km², dvs. ei medelvassføring på omlag 2 m³s⁻¹. I flaum kan vassføringa truleg komma opp i 5-10 gonger medelvassføringa. Den nedre 1 km strekninga av Kuvella har viktige gyte- og oppvekstområde for sjøaure, men det er først og fremst Lærdalselva si betydning som lakseelv som gjer at tiltak mot vassdragsforureining bør prioriterast.

Dei viktigaste brukarinteressene i- og langs vassdraget, som overvakinga tok omsyn til, var 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 brukarinteresser og økologiske tilhøve i Kuvella og Lærdalselva.

Stamfiskanlegg for lærdalslaks er lokalisert ved Kuvella. Kuvella er og kjelde for eit vatningsanlegg som blir nytta av 15 gardsbruk i Tønjum. Ei rekkje bustadbrønner har vatn som er direkte eller indirekte påverka av Kuvella.

Deponiet inneheld utsprengt masse frå tunnelen for E 16 mellom Aurland og Lærdal. Overvåkingsprogrammet for vasskvalitet er begrunna ut frå påviste miljøskader frå tilsvarende verksemd andre stader. Skader på vassdragsfauna og fisk årsaka av nydanna partiklar frå utsprengte massar er påvist ved fleire høve i samband med anleggsarbeid i- og nær vassdrag. Slike skader skuldast dels suspenderte partiklar i sjølve vatnet, dels sedimentasjon av finstoff. I tillegg blir nitrat frå sprengstoffrestar tilført vassdraget. Då nitrogen ikkje er begrensande for primærproduksjonen i Lærdalsvassdraget, vil slike tilførsler ha liten eutrofi-verknad. Episodisk auke i finstoff- og nitrogenkonsentrasjon i samband med nedbør og snøsmelting vart sett på som eit mogleg problem i Kuvella.

Det vart vidare rekna med at grunnvatnet i Tynjadalen ville bli noko påverka av partiklar og nitrat frå tunneldrifta og tippinga av massar, m.a. med konsekvenser for vasskvaliteten i nokre av drikkevassbrønnene ved Tønjum. Det vart derfor bestemt å overvaka vasskvaliteten i ein del utvalde brønner.

Tiltak mot ureining er drøfta av Bjerknes et al. (1994). Vanlege tiltak mot stofftap, m.a. sedimentasjons- og infiltrasjonsanlegg for tunnelavlaupsvatn har vore i bruk i anleggsperioden. Årlege inspeksjonar av disse anlegga har inngått som ein del av overvåkingsprogrammet.

1.1 Gransking av førtilstand

Sprengingsarbeidet i Tynjadalen kom i gang i desember 1995, og tunneldrivinga frå Tynjadalen vart avslutta i juli 1999. Det er utarbeidd konsekvensanalyse for tunneldrift og oppretting av deponier i Tynjadalen (Bjerknes m.fl. 1994), og det er gjort førehandsregistreringer av vasskvalitet, botndyr og fisk i Kuvella og Lærdalselva (Bjerknes & Raddum 1994; 1996).

Lærdalselva inngjekk fram til 16. januar 1995 som ei av i alt 18 sør-norske elver i Statleg program for forureiningsovervaking, med Øvre Ljøsne som fast prøvestasjon. 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 Ljøsne, frå Lærdalselva nedstraums Kuvella og frå Kuvella ved Stamfiskbassenget omlag 2 gonger i månaden. Undersøkinga vart gjort for å sikra informasjon om vasskvaliteten i vassdragsavsnitt nedstraums anleggsområdet i Tynjadalen.

Førehandsgranskingane synte store naturlege variasjonar i suspendert materiale i Kuvella, med verknader for Lærdalselva nedstraums. Under vårflaumen i juni 1994 hadde Kuvella 25 mg suspendert tørrstoff/L, og tørrstoff-innhandet i Lærdalselva auka frå 9 mg/L oppstraums til 24 mg/L nedstraums Kuvella.

Vassanalyser av 7 utvalde drikkevassbrønnene synte overraskande høge konsentrasjonar av nitrogen (opptil 2940 µg N/L) og fosfor (opptil 74 µg P/L), med tendenser til reduksjon i samband med høg vassføring i Kuvella. Dei høge næringssaltverdiane vart tolka som gjødselpåverknad.

Tettleik og samansetjing av botndyr i Lærdalselva vart bedømt som svært lik det ein finn i elver som Aurlandselva, Stronda og Gaular. Ei samanlikning med tidlegare undersøkingar kan tyda på at tettleiken i Lærdalselva har auka noko etter reguleringa av vassdraget (Borgund Kraftverk).

Lite haustnedbør og ein påfølgjande kald vinter gjorde at Kuvella tørka ut vinteren 1993-94, noko som gjekk hardt utover ungfiskbestanden av laksefisk i nedre del og stasjonær aure i øvre del av Kuvella. Ungfiskbestanden i Lærdalselva i nærområda nedstraums Kuvella synte stort innslag av sjøaure, noko som kan skuldast utvandring av småfisk frå Kuvella. Talet på gytefisk i Kuvella varierte mellom 18 og 37 frå teljingane starta i 1988 og fram til 1993.

1.2 Utsleppsløyve og reinsing

Løyve til utslepp av avløpsvatn frå tunneldrifta i samband med bygging av Lærdalstunnelen er gjeve av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Vilkår for utsleppsløyve og tiltak for behandling av avløpsvatnet er spesifisert i løyve datert 17/10-95 og seinare justert/endra 9/2-98. I løyvet er også spesifisert diverse overvåkings- og kartleggingsoppgaver for heile byggjeperioden. Dette overvåkings- og kartlegging-/kontrollarbeida er utført/leia av NIVA.

I søknaden for utslepp av drens- og driftsvatn frå Lærdalstunnelen vart det lagt til grunn ei samla vassmengde ut av tverrslaget/adkomsttunnelen i Tynjadalen på 500 L/min og 2000 L/min for hovudetunnelen. Dersom vassmengdene vart større skulle det treffast eigne tiltak for å pumpe ut dette vatnet, utan at det vart blanda med driftsvatnet/slamvatnet frå tunneldrifta.

I den opphavlege søknaden vart det søkt om, og gjeve løyve til, at driftsvatnet skulle reinsast i oljeavskiljar/sedimentasjonsbasseng med flatekapasitet $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{time}$, og minimum opphaldstid på 1 time. Etter passering av sedimentasjonsanlegget skulle ein forsøka å infiltrere avløpsvatnet i stadeigne lausmassar på anleggsstaden (Tynjadalen).

Etter eit års drift var det klart at lekkasjemengdene i tunnelen syntest å bli mindre enn venta, og for bygging av reinseanlegget for hovudetunnelen vart det søkt om å få reinse vatnet i eit lamellsedimentasjonsanlegg. Dette vart i første omgang dimensjonert for vassmengde på 1000 L/min, medan bygningsmessige installasjonar (oppsamlingskum for ettersedimentering) vart dimensjonert for 2000 L/min.

Det har ikkje vore behov for å utvide kapasiteten til det installerte lamellsedimentasjonsanlegget (1000 L/min.). I tunnelen var det ein konsentrert innlekkasje av 500 L/min 300 m frå påhogget for tverrslaget. For denne lekkasjen vart det montert eige pumpeopplegg som tok vatnet ut av tunnelen før det vart blanda med driftsvatnet. Innlekkasjen i tunnelen har elles vore så liten at summen av lekkasjevatt og driftsvatt (spylevatt for boring og lasting) har vore under ca. 500 L/min.

I Tynjadalen er det store skredjordavsetningar. Dette er massar med relativt høg permeabilitet. Avløpsvatnet frå tunnelen vart slept ut i ei oppgravd grop utanfor påhogget i slike skredjordmassar. På den måten oppnådde ein sedimentering/avsetjing av restinnhaldet av partiklar i vatnet på den vidare ferda for vatnet til det lokale vassdraget (Kuvella) gjennom Tynjadalen. Denne metoden har verka godt i dette tilfellet, og det vart ikkje registrert tilførsel av "blakka" vatn frå tunnelen til elva Kuvella.

1.3 Overvaking

Vassmiljøet i Kuvella og Lærdalselva har vore overvaka etter eit standardprogram frå og med 1996 til og med 1999, med kvartalsvis framdriftsrapportering og ein hovudrapport for kvart kalenderår. I 2000 vart programmet redusert til 4 prøvetakingar av vatn på to stasjonar i Kuvella, oppstraums og nedstraums deponiet. Programmet vart avslutta i november 2000.

Målet med overvakinga var å kontrollera om vasskvaliteten i vassdrag og i drikkevassbrønner endra seg som følgje av avrenning/ureining frå anlegget i Tynjadalen, med konsekvenser for brukerinteresser og dyreliv i vassdraga. Slik overvaking gjer det mogeleg å klarleggje årsaker og setja inn tiltak dersom uønskte endringar blir registrert.

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. Årsrapporten for 1997 (Bjerknes og Raddum 1997) drøfta verknadene av rotenonhandsaminga på botndyrfaunaen i vassdraget. Bortsett frå dette har overvakingsprogrammet ikkje vore berørt eller endra p.g.a. 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.

Standardprogrammet i åra 1996-99 har vore som følgjer:

Vasskjemi:

- Månadleg prøvetaking på 2 faste stasjonar i Kuvella (utvida til 3 stasjonar frå og med august 1996), 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 gonger 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).

Gytefisk:

- Teljing av gytefisk i den sjøauførande delen av Kuvella om hausten.

Ved avslutninga av overvakingsprogrammet hausten 2000 kan ein slå fast at anleggsarbeidet og deponeringa av sprengstein har påverka vasskvaliteten i Kuvella i varierende grad, men nivået på

påverknaden kan ikkje seiast å vera skadeleg. Fortynninga som finn stad etter samløpet med Lærdalselva gjer at vasskvaliteten i Lærdalselva nedstraums Kuvella ligg innanfor det normale. Iflg. våre registreringar har dette vore tilfellet under heile anleggsperioden.

2. Materiale og metodar

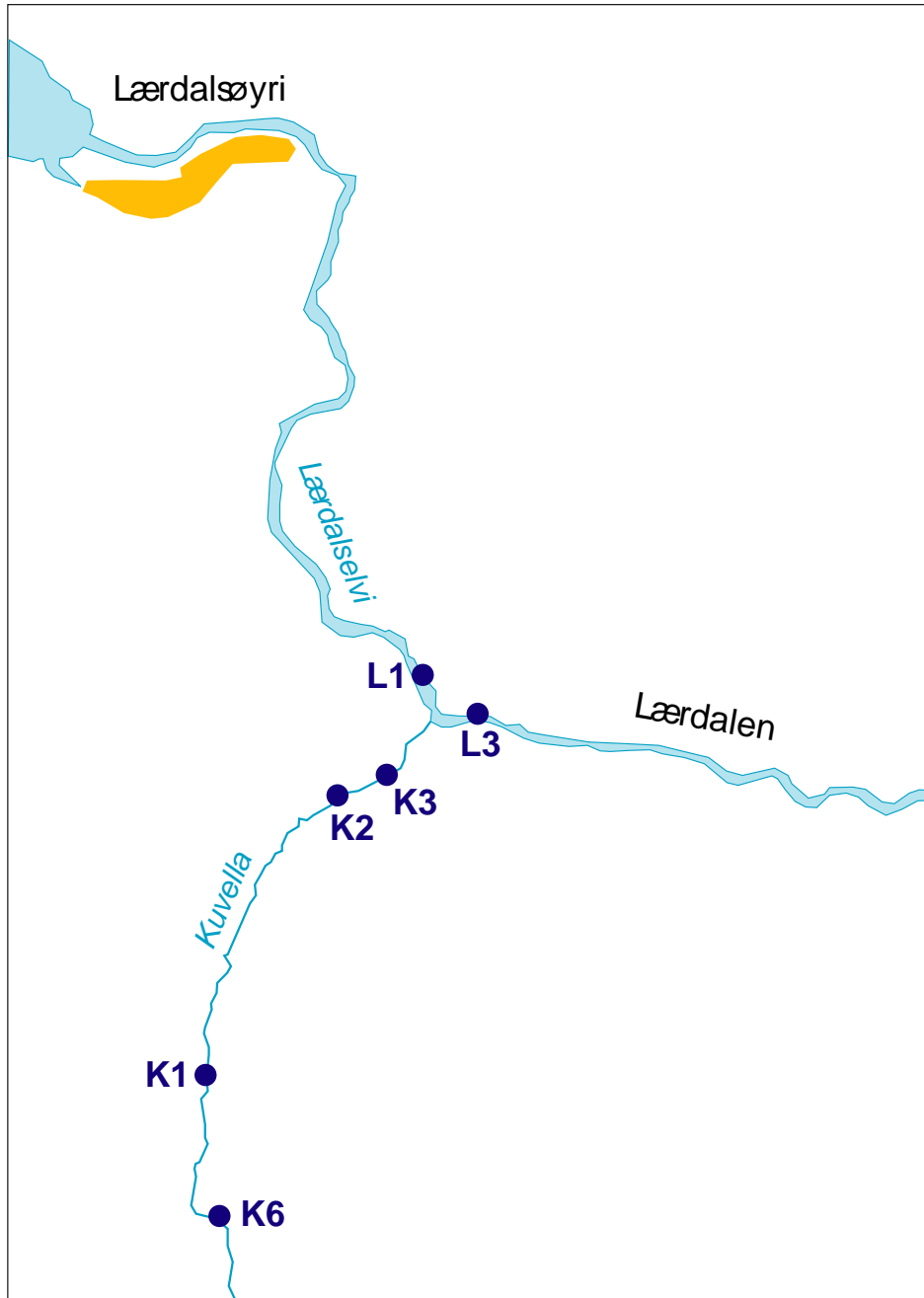
I denne rapporten vil vi sjå nærare på nokre tendensar eller trender som har kome fram gjennom overvakinga. Rapporten gjev derfor ikkje ein gjennomgang av heile det innsamla datasettet som er samla inn.

2.1 Nedbør og vassføring

Nedbør og vassføring påverkar vasskvalitet og fauna, og inngår som viktige parameter for vurdering av resultata. For Lærdalselva har vi nytta vassføringsdata frå Stuvane. Data er levert av NVE. Det er ikkje utført vassføringsmålingar i Kuvella, men nedbørsdata frå Tønjum (DNMI nr. 54130 Lærdal – Tønjum) og Moldo (DNMI nr. 54120 Lærdal – Moldo) er nytta som eit indirekte mål på variasjonane i vassføring. Nedbørstasjonen ved Tønjum vart nedlagt i mai 1996. Etter dette har vi nytta nedbørdata frå Moldo.

2.2 Vasskvalitet. Stasjonsnett og metodar

Prøvetakingsstasjonane i vassdrag og brønner er vist i Figur 1 og 2.



Figur 1. Stasjonar for vassprøver.

Alle vassprøver frå vassdrag og brønner er sendt med post til NIVA's analyselaboratorium og analysert for følgjande 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 (mg/L)
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 carbon*	TOC	Intern	Totalt organisk karbon i ferskvann u/partikler, S208/UV-oksydasjon (mg/L)

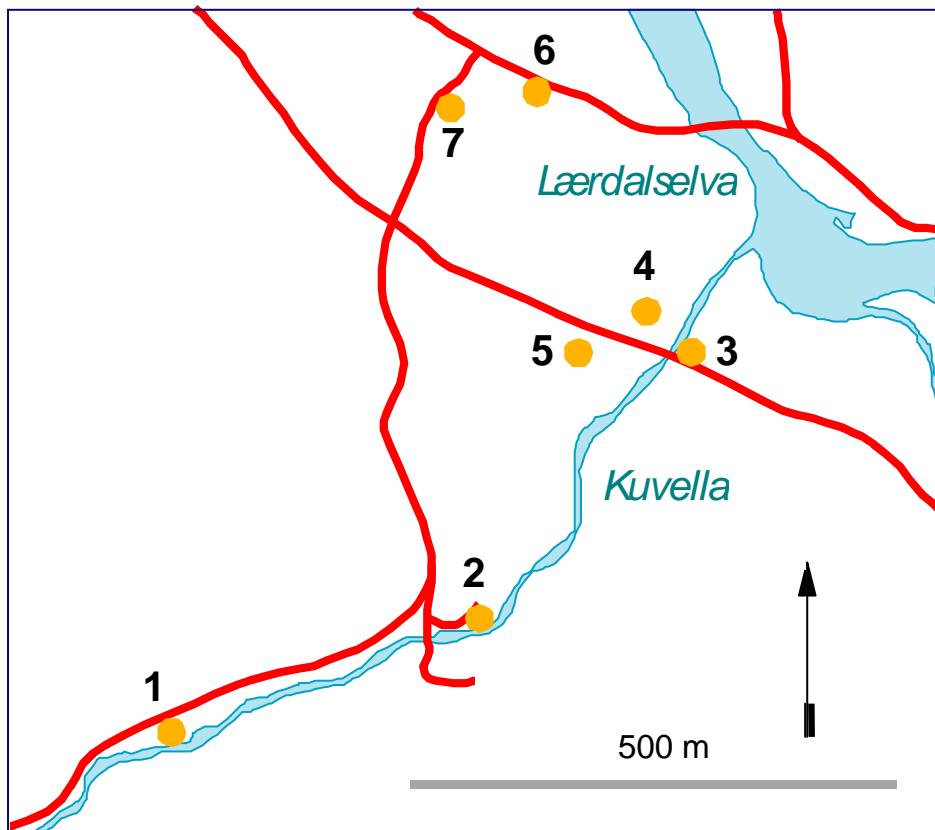
*Ikkje analysert i brønnprøver

Prøver frå dei 6 vassdragsstasjonane vart teke 1 gong i månaden. I 7 utvalde brønner vart det teke prøver 4 gonger i året :

- Vinter, låg vassføring
- Vår, høg vassføring
- Sommar, låg vassføring
- Haust, høg vassføring.

På desse tidspunkta vart det og teke særskilde vassprøver på vassdragsstasjonane som vart sendt til Næringsmiddeltilsynet for Sogn for bakteriologisk analyse. Parameter, metodar og normer/krav for drikkevasskvalitet 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 1999.

Dei målte verdiane i vassførekomstane er nytta til vurdering av vasskvaliteten, og inndeling etter eit system med fem tilstandsklasser (SFT 1997). Systemet er tilpassa norske tilhøve, slik at forvaltninga av norske vassførekomstar kan skje ut frå felles nasjonale mål for vasskvalitet. Tabellen nedanfor syner klassifiseringskriterier som blir nytta for drikkevatt. Parameter som er *utheva* blir tillagt særleg vekt ved bestemming av klasse/grad.

Klassifiseringssystemet vart revidert i 1997 (SFT 1997), og det reviderte systemet vart nytta for undersøkingane i 1998 og –99. Det nye systemet inneheld mindre endringar i intervalla for dei ulike tilstandsklassane for nokre av parameterane samanlikna med SFT (1992), som vart nytta i vurderingane til og med 1997. Dette kan i enkelte tilfelle gje ein betre eller dårlegare tilstandsklasse for eit objekt samanlikna med tidlegare. I denne rapporten har vi nytta det reviderte systemet.

Verknader	Parameter	Tilstandsklasser				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
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	<i>Termostabile koli. bakt.</i> (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 tilsvarende klassifiseringssystem (SFT 1997) for egnethet til sportsfiske.

I årsrapportane i samband med overvakinga nytta vi 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.

Medan årsrapportane har vurdert ei rekkje parameter for å angje tilstand og egnethet, har vi i denne rapporten avgrensa oss til å sjå på variasjonane i total fosfor (TOT-P) for vurdering av egnethet for fisk i vassdraga og drikkevatt i brønnane. Variasjonane i vasskvaliteten elles er framstilt på grunnlag av konsentrasjon i søylediagram.

Vasskvaliteten syner tildels store naturlege variasjonar gjennom året, særleg i rennende vatn, på grunn av vekslende nedbør, temperatur, snøsmelting og vassføring. Vi har derfor oppgitt både middelverdi, medianverdi og maksimumsverdi for kvart år. Middelverdien er uttrykk for årsgjennomsnittet. I datamateriale der det opptrer episodiske ekstremverdier kan medianverdien vera eit betre uttrykk for "normaltilstanden" 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.

I resultatgjennomgangen tar vi for oss nøkkelparameterene tørrstoff (STS), total fosfor (TOT-P) og total nitrogen (TOT-N).

2.3 Botndyr. Stasjonsnett og metodar

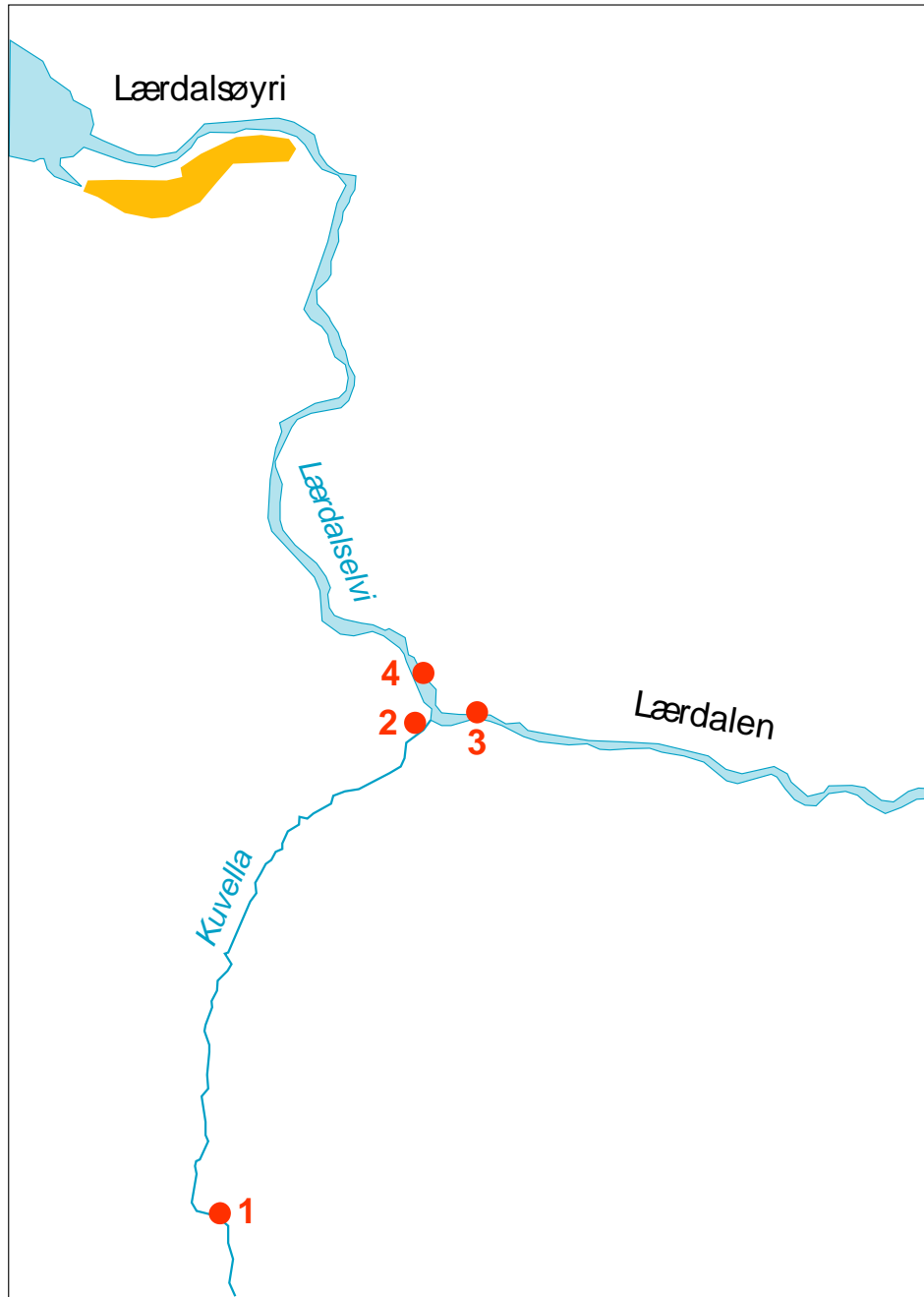
I 1993 vart det oppretta 4 innsamlingsstasjonar for kvantitativ prøvetaking av botndyr, 2 i Kuvella og 2 i Lærdalselva, med formål å studere mogelege verknader av tunneldrivinga og deponeringa av sprengstein i Tynjadalen (Bjerknes og Raddum, 1994). Lokaliseringa av botndyrstasjonane er vist i **Figur 3**. Stasjonane 1, 2 og 4 kan bli påverka av aktiviteten i Tynjadalen, medan stasjon 3 vil vera upåverka av denne aktiviteten. Det vart utført kvantitativ innsamling av botndyr om våren (mai/juni). For nærare stasjon- og områdeskildring sjå Bjerknes og Raddum (1994).

Stasjon 1 ligg innafor anleggsområdet og kan vera temporært påverka av aktiviteten frå dette. I tillegg kan stasjonen bli berørt av eventuell avrenning frå deponiet. Stasjon 2 vil utelukkande kunne bli påverka av aktiviteten høgare opp i dalen og ved mogeleg avrenning frå deponiet. Begge stasjonane i Kuvella kan derfor teoretisk vera influert av aktiviteten og mogelege endringar kan ikkje målast mot ein eigna referansestasjon i elv.

Stasjonane i Lærdalselva ligg høvesvis ovanfor (Stasjon 3) og nedanfor (Stasjon 4) innløpet av Kuvella. Stasjon 3 er derfor upåverka av anleggsverksemd og er ein referanse til Stasjon 4, som vil vera influert av avrenninga frå anlegget/deponiet via Kuvella. Stasjon 3 kan og nyttast som referanse for stasjonane i Kuvella med omsyn på trender i årlege svingingar.

Botnsubstratet på innsamlingsstadene var sett saman av stein med varierende storleik. Mellom steinane var sand og grus. Elvebotnen på stasjon 1, 2 og 4 har lite eller ingen påvekst av algar og mose, medan stasjon 3 har noko mose.

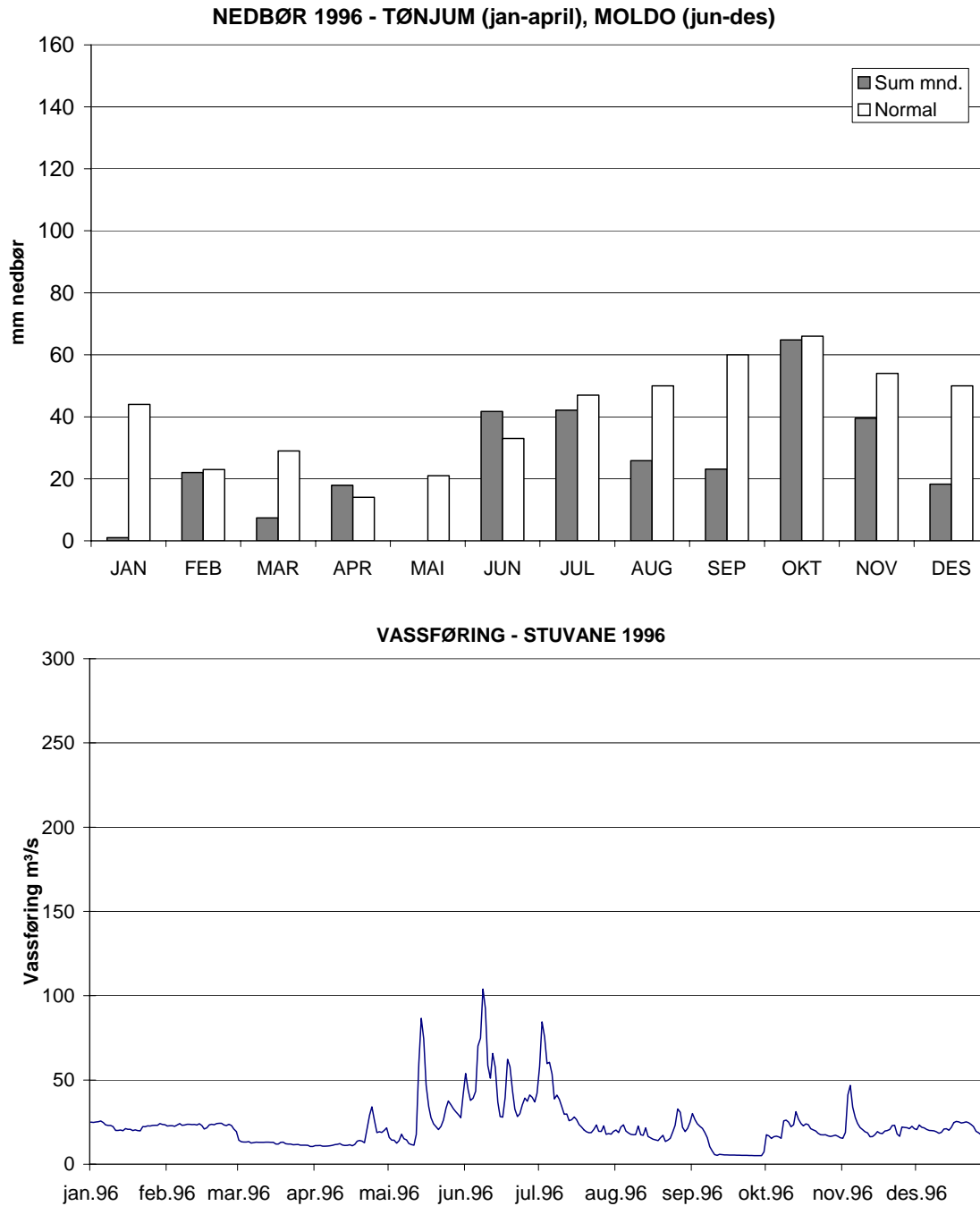
På kvar prøvestasjon vart det teke 6 kvantitative botnprøvar med Surber samplar ved kvar prøvetaking (Surber 1937). Maskevidda i silposen var 0,25 mm. Prøvane vart fiksert på 70% alkohol. Sortering og artsbestemming vart utført under binokular i laboratoriet.



Figur 3. Prøvetakingsstasjoner for botndyr i Kuvella og Lærdalselva.

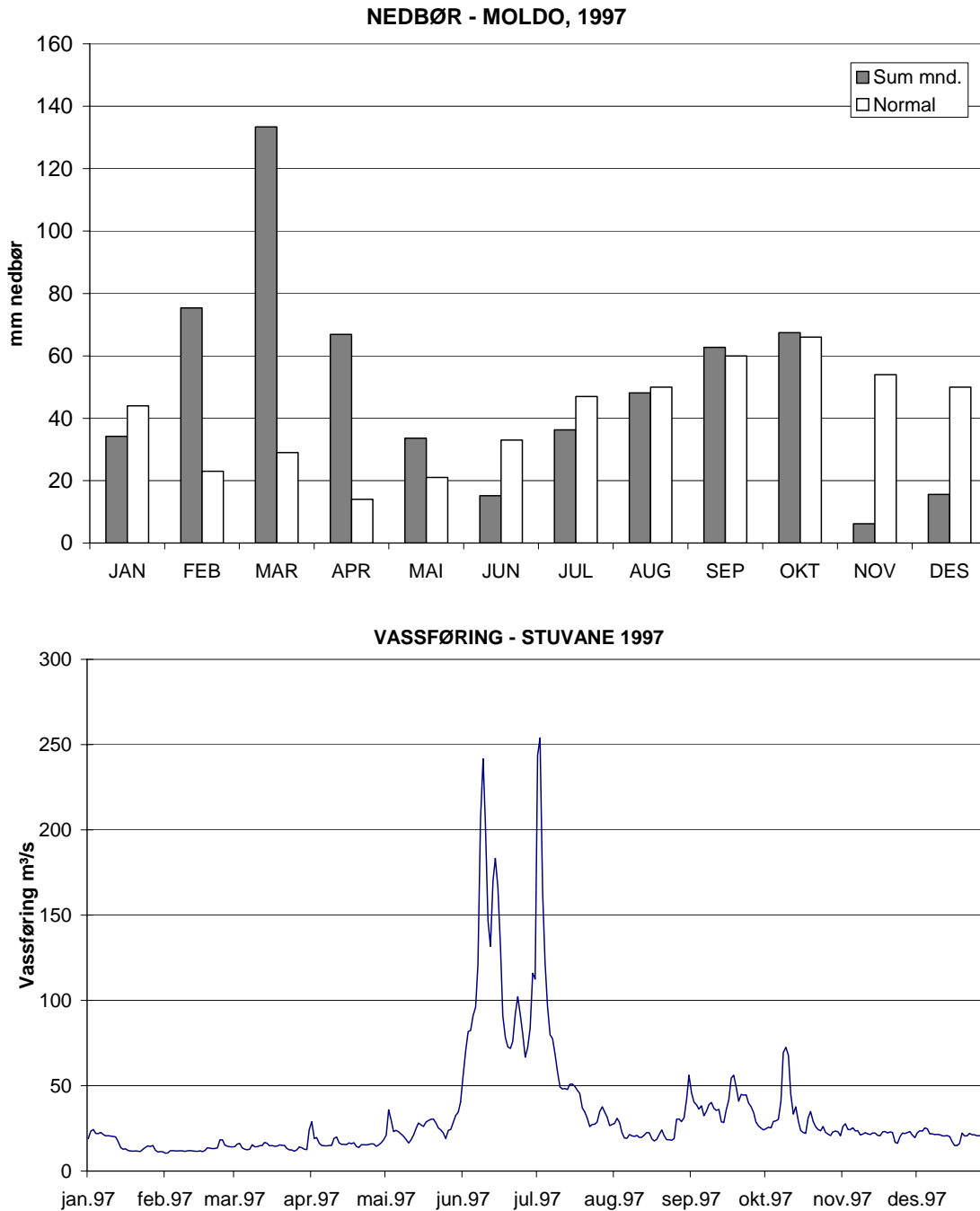
3. Resultat

3.1 Nedbør og vassføring

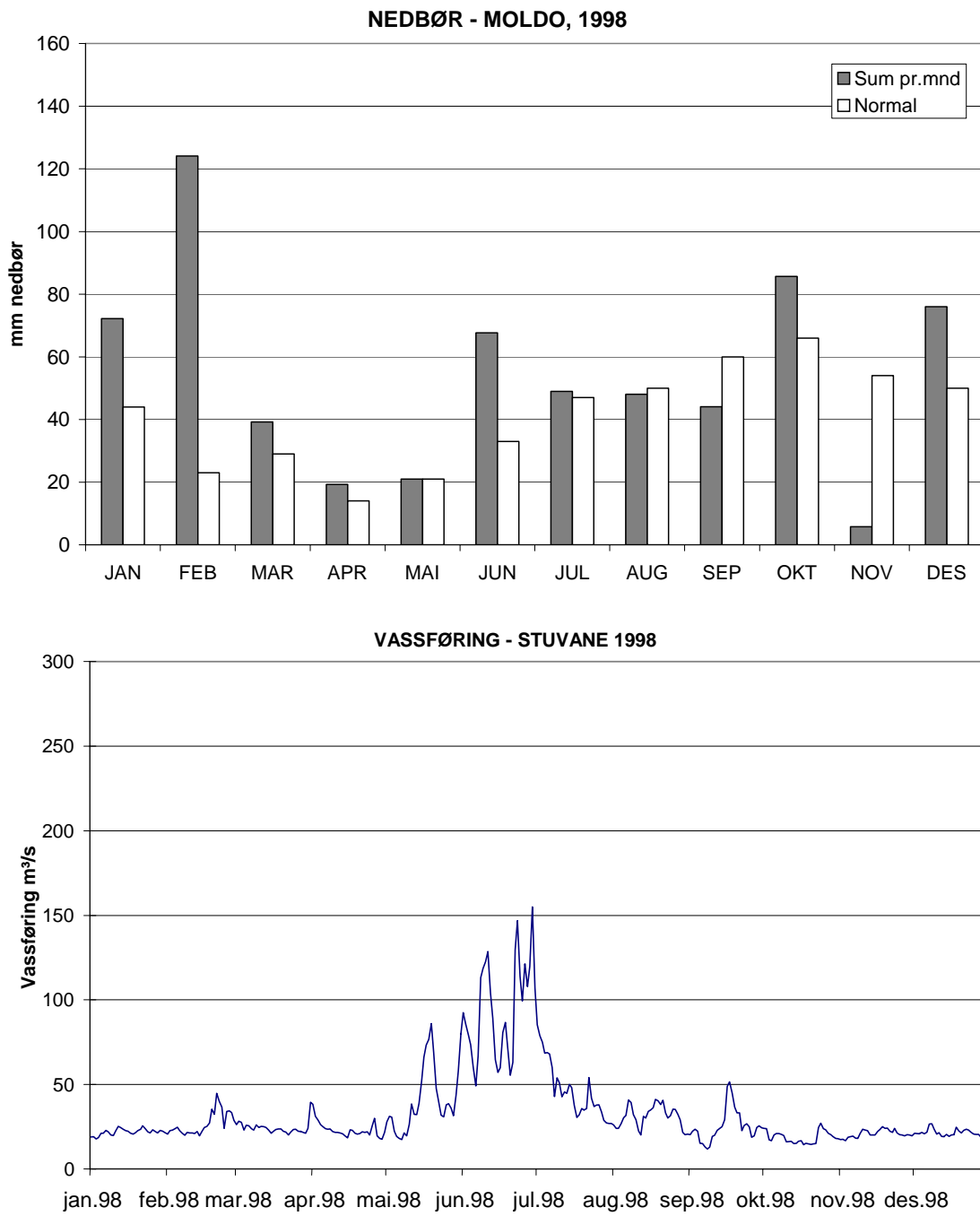


Figur 4. Månadleg nedbør og normal (mm) ved Tønjum til og med april og ved Moldo frå og med juni i 1996 (Nedbørstasjonen ved Tønjum vart nedlagt i månadsskiftet april/mai 1996). Vassføring ved Stuvane (m^3/s , døgnmiddel) i 1996.

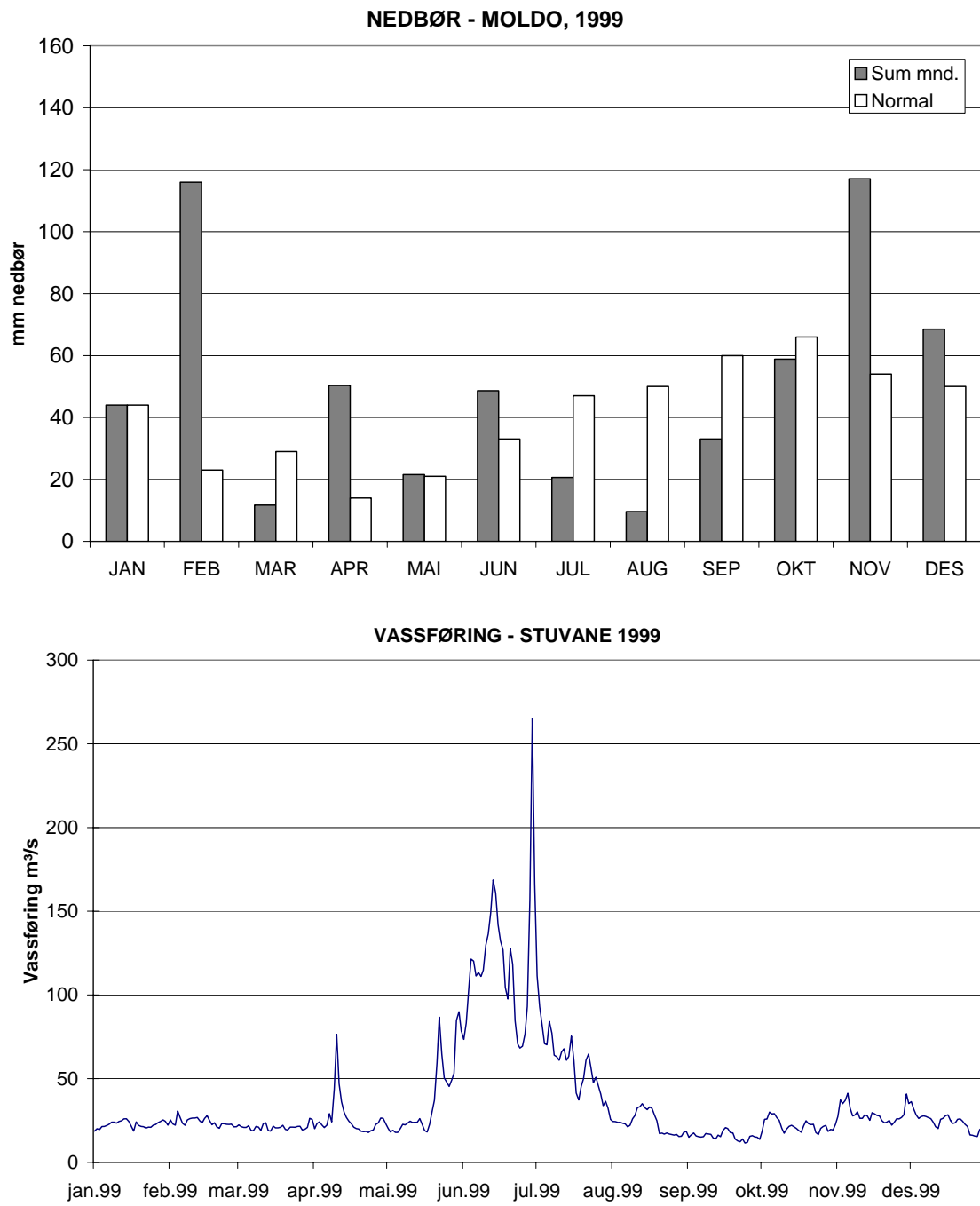
Figur 4-8 viser nedbør ved Tønjum/Moldo og vassføring i Lærdalselva ved Stuvane for åra 1995-2000. Figurane er tatt med for å illustrera samanhengen mellom nedbør/vassføring og konsentrasjonar av tørrstoff og næringssalt i vassdraga (sjå kap. 3.2 nedanfor).



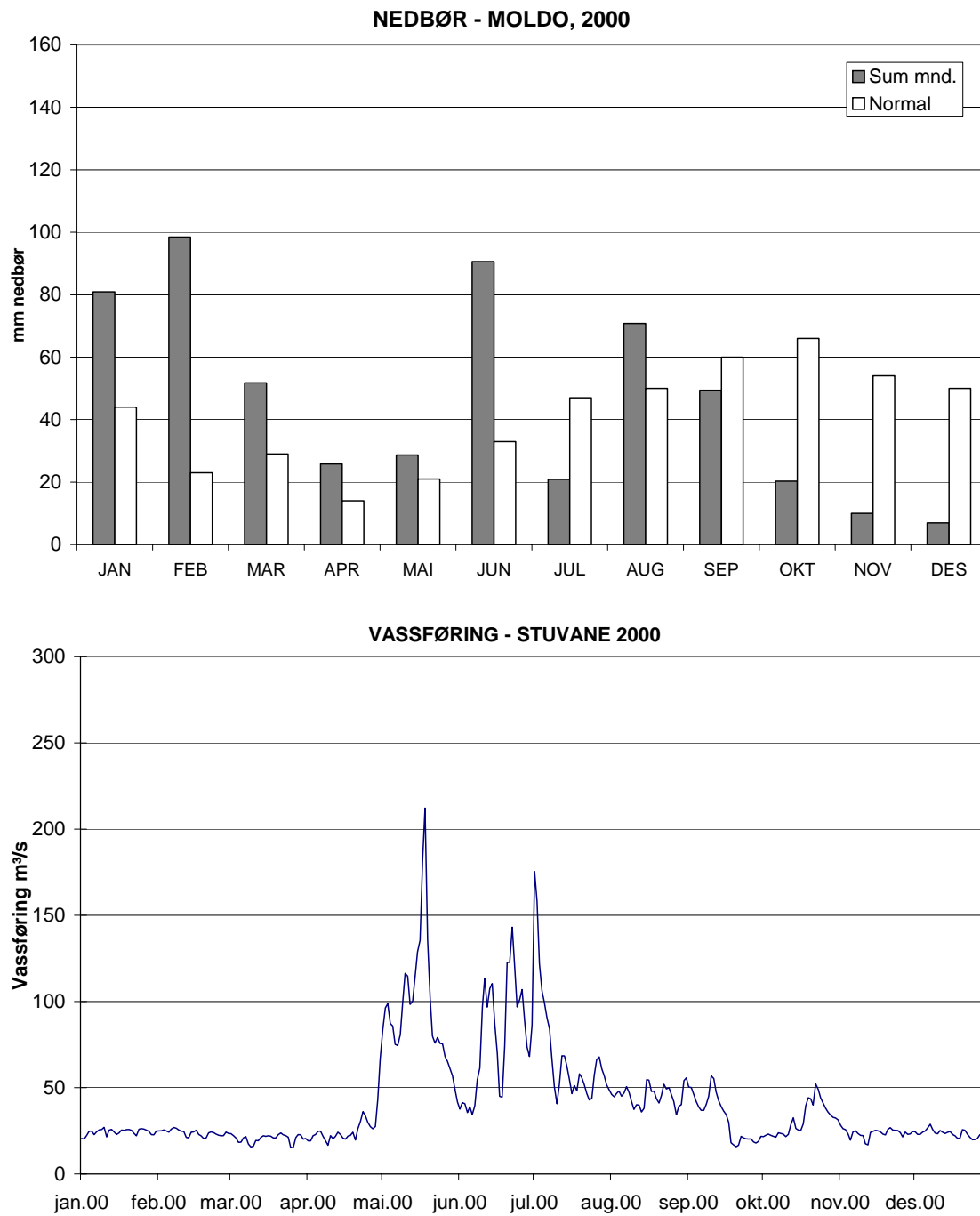
Figur 5. Månadleg nedbør og normal (mm) ved Moldo i 1997 og vassføring ved Stuvane (m³/s, døgnmiddel) i 1997.



Figur 6. Månadleg nedbør og normal (mm) ved Moldo i 1998 og vassføring ved Stuvane (m³/s, døgnmiddel) i 1998.



Figur 7. Månadleg nedbør og normal (mm) ved Moldo i 1999 og vassføring ved Stuvane (m³/s, døgnmiddel) i 1999.



Figur 8. Månadleg nedbør og normal (mm) ved Moldo i 2000 og vassføring ved Stuvane (m³/s, døgnmiddel) i 2000.

3.2 Vasskvalitet

3.2.1 Kuvella og Lærdalselva

Analyseresultata (rådata) av månadlege vassprøver er lagt ved årsrapportane for overvakinga. Innhaldet av nitrogen på Stasjon K1 og K2, som ligg i Kuvella nedstraums deponiet viser i hovudsak det same sesongmessige variasjonsmønstret frå år til år (Figur 9-13), med høge konsentrasjonar vinterstid (låg vassføring, lita fortynning), og normale konsentrasjonar i sommarhalvåret (høg vassføring, høg fortynning). Verdiane i Kuvella nedstraums deponiet (Stasjon K1 og K2) ligg heile året markert over verdiane oppstraums deponiet (Stasjon K6), og indikerer tilførsel av nitrogen. Fortynning i samband med høg vassføring tyder på at det meste av nitrogenet kommer frå driftsvatn frå tunnelen, og i liten grad som avrenning/erosjon frå deponiet. Middelforbruket av driftsvatn i tunnelen er 100-150 L/min, med ein nitrogenkonsentrasjon i storleik 200 mg/L. Driftsvatnet vart reinsa for partikulært materiale, medan løyst nitrogen vil følgja vatnet vidare.

Ved høg vassføring aukar konsentrasjonen av tørrstoff og fosfor på grunn av auka erosjon. Det er typisk at vi får ein topp i STS og TOT-P om våren i samband med flaum. Forskjellane i konsentrasjon mellom Lærdalselva oppstraums og nedstraums Kuvella er relativt liten, grunna fortynning av vatn frå Kuvella. Resultata av botndyrgranskingane kan likevel tyda på at det skjer ei viss sedimentasjon av finstoff ved stasjon 4 (sjå kap. 3.3). Også i Lærdalselva oppstraums Kuvella aukar innhaldet av suspendert materiale og totalfosfor i samband med vårflaum (mai/juni). Konsentrasjonane i Lærdalselva er av same storleik som før anleggsarbeidet starta (sjå Bjerknes & Raddum 1996). Resultata tyder på at påverknaden på vasskvaliteten i Lærdalselva frå deponiet ligg innafør det normale med omsyn til suspendert tørrstoff og fosfor.

Det er ikkje nokon tilsvarande klar parallell mellom aukande partikkelinnhald og aukande nitrogenverdier, slik ein skulle forventa dersom det suspenderte tørrstoffet stamma frå sprengstein frå deponiet. Nitrogen kommer truleg i hovudsak frå driftsvatn frå tunnelen. Det er likevel verd å merka seg den høge N-verdien ved K1 i februar 2000, etter at tunneldrivinga på tverrslaget i Tynjadalen var avslutta.

1996 var eit nedbørsfattig år med nedbør under normal. Vårflaumen i Lærdalselva var og lågare enn normal. Vassføringa ved Stuvane (døgnmiddel) kom knapt over 100 m³/s (Figur 4). Høg tørrstoffkonsentrasjon (>25 mg/L) og høg fosforkonsentrasjon (>60 µg P/L) i Kuvella i samband med vårflaumen skuldast truleg erosjon etter forbygningsarbeid og kanalisering av elva i dette området året før. Total nitrogen kom ikkje over 1000 µg/L vår og haust (Figur 10).

I 1997 var nedbøren over normal frå februar til mai, og vårflaumen ved Stuvane (døgnmiddel) var opp i 250 m³/sek (Figur 5). Tørrstoffkonsentrasjonane i Kuvella kom opp mot 10 mg/L, og fosforkonsentrasjonane opp mot 30 µg P/L. Erosjonen var truleg like kraftig som i 1996, og lågare konsentrasjonar skuldast fortynning grunna høg vassføring. Nitrogenverdiane vinterstid låg kring 1500 µg/L i Kuvella ved deponiet (låg vassføring; låg fortynning).

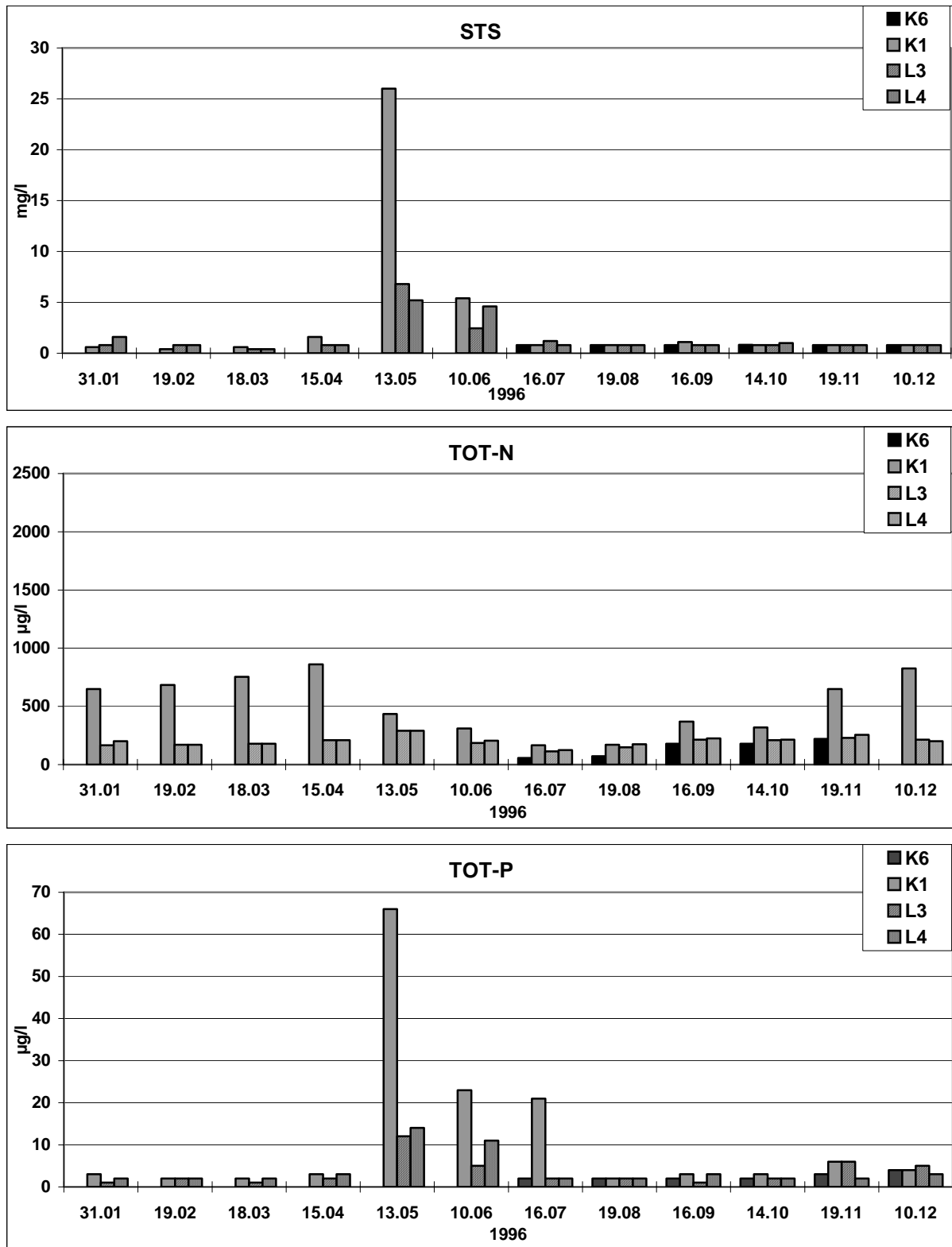
Nedbøren i januar-april 1998 var over normal. Vårflaumen ved Stuvane kom opp i 150 m³/s (Figur 6). Tørrstoff- og fosforverdiane i Kuvella under flaumen var normale, og på same nivå som på referansestasjonen i Lærdalselva oppstraums Kuvella (<5 mg tørrstoff/L og <10 µg P/L). Nitrogenverdiane vinterstid var høgare enn åra før, opptil 2000 µg N/L.

Vinternedbøren i 1999 var over normal, og vårflaumen ved Stuvane kom over 250 m³/s på det høgaste i slutten av juni (Figur 7). Dette året ble dei høgaste tørrstoffkonsentrasjonen målt i Lærdalselva, med 21 mg tørrstoff/L på referansestasjonen, medan konsentrasjonen ved deponiet i

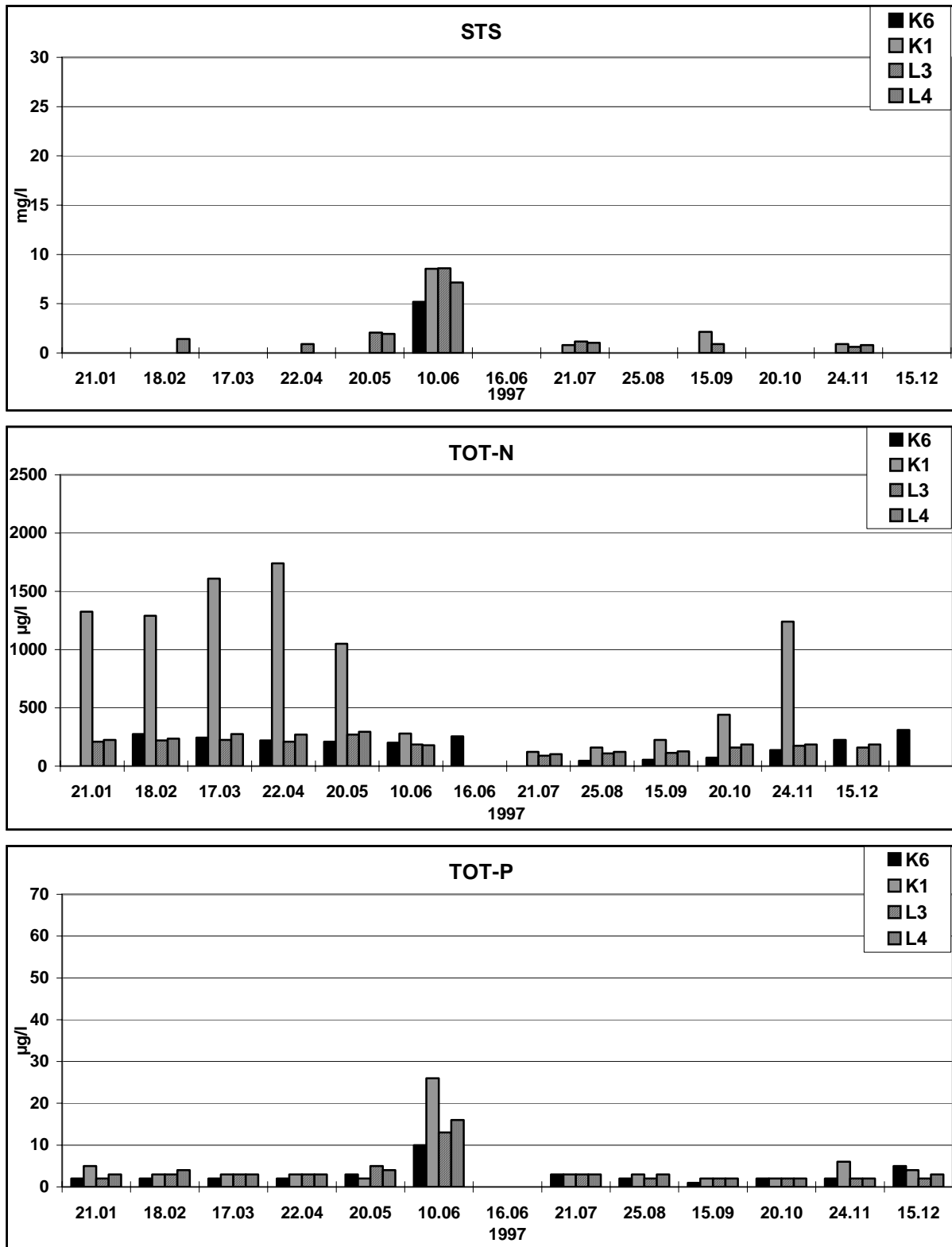
Kuvella var under 10 mg/L. I Lærdalselva nedstraums Kuvella var konsentrasjonen over 20 mg tørrstoff/L 29. juni (Figur 12). Det same mønsteret går igjen for fosfor, med over 40 µg P/L i Lærdalselva og 20 µg P/L i Kuvella ved deponiet. Det vart og målt auka tørrstoff- og fosforverdiar i samband med ein flaumtopp i april. Situasjonen i 1999 er eit døme på at effektane av Kuvella med omsyn til erosjon ligg innafør det normale for Lærdalsvassdraget. Nitrogenverdiane i Kuvella ved deponiet vinteren 1999 kom opp mot 2500 µg N/L, og var dei høgaste som vart registrert i vassdraga i samband med overvakinga. Etter at tunneldrivinga vart avslutta sommaren 1999 har nitrogenverdiane for resten av året vore på same nivå som i 1996.

Også i 2000 var vinternedbøren over normal. Nedbøren i mai og juni var og over normal, og vårflaumen ved Stuvane strekte seg til ut i juli (Figur 9). Overvakinga i 2000 var avgrensa til 4 vassprøver på to stasjonar i Kuvella, oppstraums og nedstraums deponiet (Figur 13). I vårflaumperioden (13. juni) vart det målt høge tørrstoffverdier ved deponiet (opp mot 25 mg tørrstoff/L), og opp mot 60 µg fosfor/L, dvs. same nivå som året før. Det vart målt unormalt høgt nitrogen ved deponiet 28. februar (opp mot 1500 µg N/L). Nitrogenverdiane i resten av prøvane var normale.

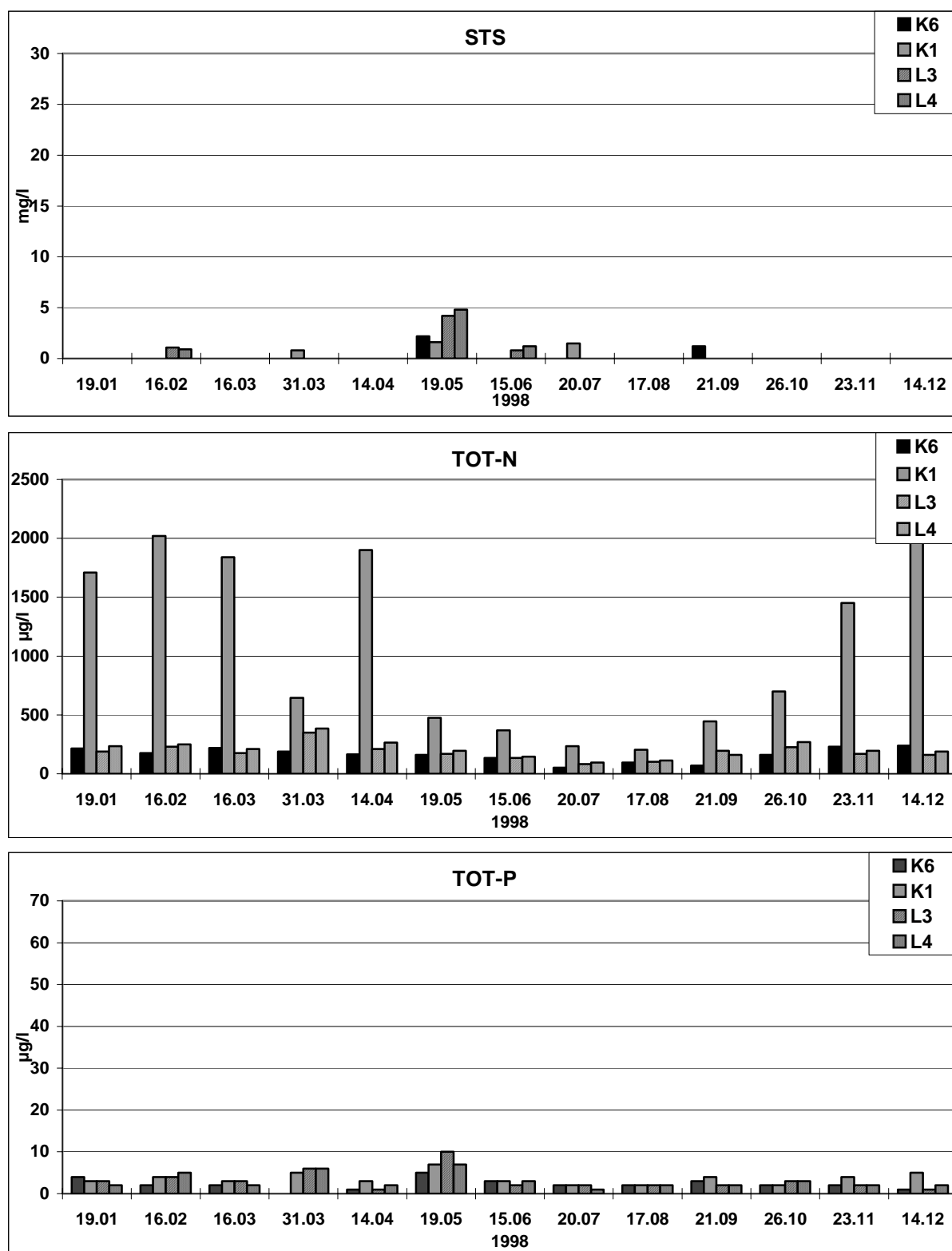
Som konklusjon kan vi slå fast at nitrogennivået i vassprøver frå Kuvella ved låg vassføring om vinteren auka i perioden 1996-1999, og var markert høgare enn før anleggsarbeidet starta. Prøver tatt etter at tunneldrivinga stansa i 1999 syner ein nedgang i nitrogenkonsentrasjon. Målinga i februar 2000 viser framleis nitrogenkonsentrasjon langt over normal, truleg som følge av avrenning frå deponiet. Verdiane av tørrstoff og fosfor i samband med høg vassføring har og vore auka i anleggsperioden, og etter avslutning i 2000. Målingane i 1999 tyder likevel på at konsentrasjonane av tørrstoff og fosfor har vore innafør det normale for Lærdalsvassdraget.



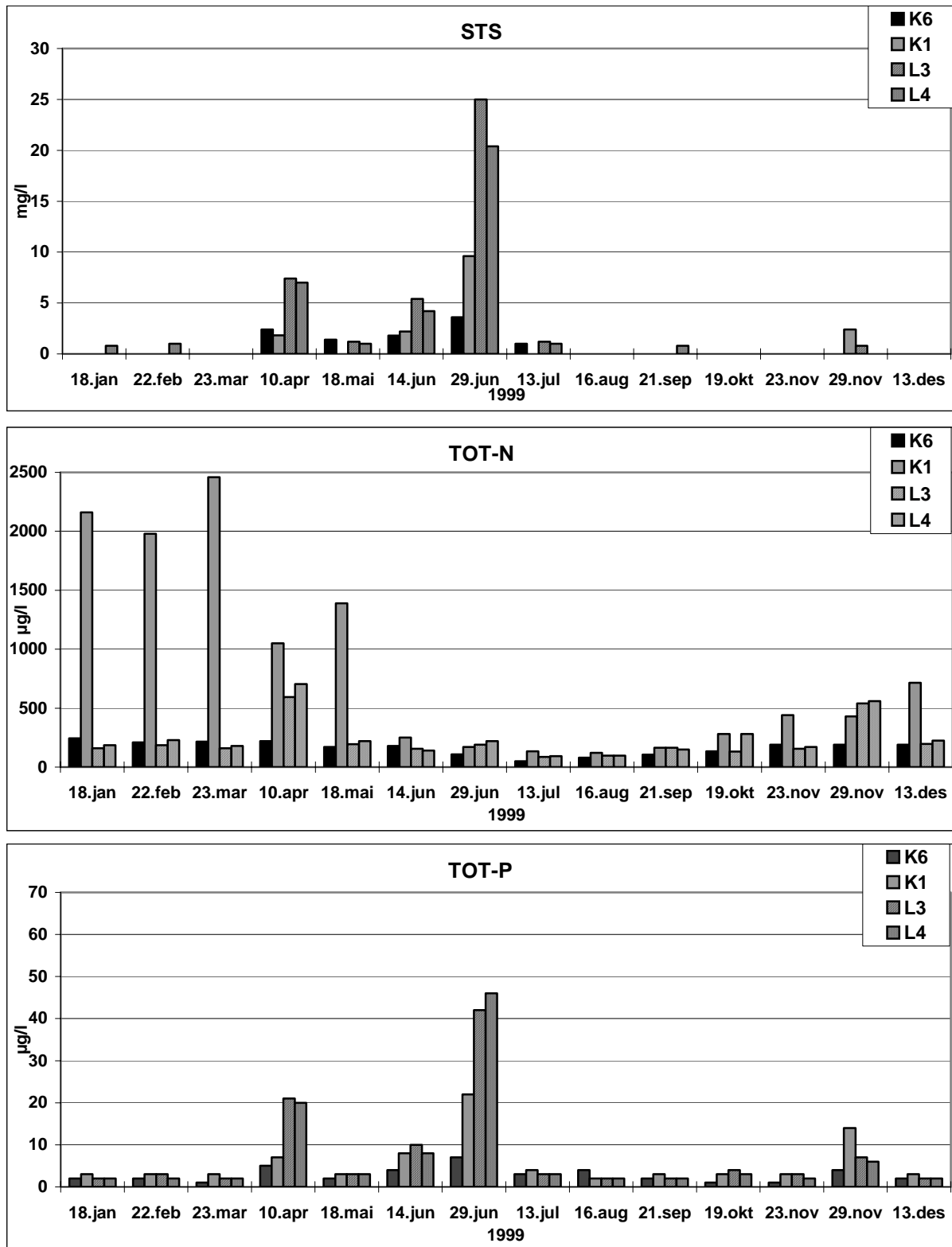
Figur 9. Konsentrasjonar av tørrstoff (STS mg/L), total nitrogen (TOT-N µg/L) og total fosfor (TOT-P µg/L) i vassprøver frå Kuvella oppstraums deponi (Stasjon K6), nedstraums deponi (K1) og i Lærdalselva oppstraums Kuvella (L3) og nedstraums Kuvella (L4) i 1996.



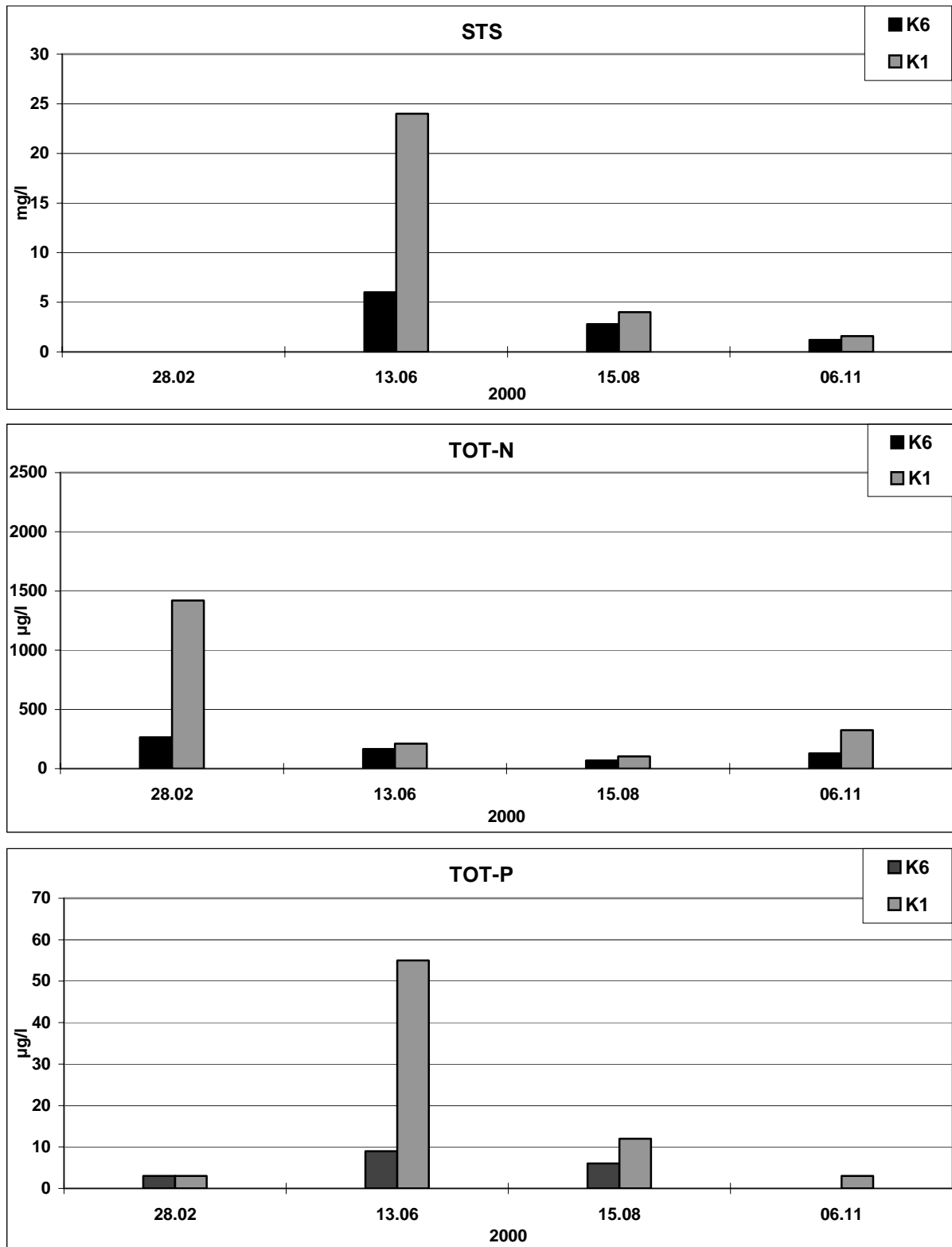
Figur 10. Konsentrasjonar av tørrstoff (STS mg/L), total nitrogen (TOT-N µg/L) og total fosfor (TOT- P µg/L) i vassprøver frå Kuvella oppstraums deponi (Stasjon K6), nedstraums deponi (K1) og i Lærdalselva oppstraums Kuvella (L3) og nedstraums Kuvella (L4) i 1997.



Figur 11. Konsentrasjonar av tørrstoff (STS mg/L), total nitrogen (TOT-N µg/L) og total fosfor (TOT-P µg/L) i vassprøver frå Kuvella oppstraums deponi (Stasjon K6), nedstraums deponi (K1) og i Lærdalselva oppstraums Kuvella (L3) og nedstraums Kuvella (L4) i 1998.



Figur 12. Konsentrasjonar av tørrstoff (STS mg/L), total nitrogen (TOT-N µg/L) og total fosfor (TOT-P µg/L) i vassprøver frå Kuvella oppstrøms deponi (Stasjon K6), nedstrøms deponi (K1) og i Lærdalselva oppstrøms Kuvella (L3) og nedstrøms Kuvella (L4) i 1999.



Figur 13. Konsentrasjonar av tørrstoff (STS mg/L), total nitrogen (TOT-N µg/L) og total fosfor (TOT-P µg/L) i vassprøver frå Kuvella oppstraums deponi (Stasjon K6), nedstraums deponi (K1) i 2000.

I **Tabell 1** nedanfor er resultatene med omsyn til total fosfor (TOT-P) gjennomarbeida og klassifisert etter SFT sitt klassifiseringssystem for miljøkvalitet (SFT 1997). Klassifiseringskjema for "egnethet for fritidsfiske" er her nytta for Næringssalt (Total fosfor). Dette skjemaet gjeld for område der laksefisk gyter. Maksimalverdier som gjev egnethetsklasse 2-4 faller kvart år saman med høg vassføring under vårflaum. Dette skuldast erosjon, og finnes i 1-2 prøver pr. stasjon pr. år, bortsett frå Stasjon K6, som ligg i Kuvella oppstraums deponiet. Klasse 4 (uegnet) finnes berre i vårflaumprøver frå Kuvella på strekninga nedstraums deponiet. Høge P-verdiar her heng truleg saman med sår langs elvebredden etter kanalisering og forbyggingsarbeid, som vert vaska ut på høg vasstand. Det vart samtidig målt maksimalverdier for tørrstoff og turbiditet (sjå Figur 9-13). Dette tyder på at også fosfor er partikulært bunde til erosjonsmateriale. Variasjonane både i fosfor- og partikkelinnhald ligg innafør det som kan tolkast som naturlege variasjonar.

Tabell 1. Egnethet med omsyn til fritidsfiske, basert på målingar av Total fosfor, $\mu\text{g P/L}$ i 1996-2000 (sjå forklaring i kapittel 2.1). K6=Kuvella oppstraums deponi; K1=Kuvella nedstraums deponi; K2=Kuvella ved stamfiskbasseng; L3=Lærdalseva oppstraums Kuvella; L4=Lærdalselva nedstraums Kuvella; L5=Lærdalselva ved Sjukehusbrua. Klassifiseringa gjelder for område der laksefisk gyter (SFT 1997).

Stasjon	K6	K1	K2	L3	L4	L5
1996						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Maksimum	1	4	3	2	2	2
1997						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Maksimum	1	3	3	2	2	2
1998						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Maksimum	1	1	1	1	1	2
1999						
• Medel	1	1	1	1	1	1
• Median	1	1	1	1	1	1
• Maksimum	1	3	4	3	3	3
2000						
• Medel	1	2				
• Median	1	2				
• Maksimum	1	4				

3.2.2 Drikkevassbrønner ved Tønjum

Skildringar av kvar av dei 7 undersøkte brønnane er gjeve av Bjerknes & Raddum (1994). Nedanfor følgjer ei bedømming av egnethet som drikkevatt basert på fosforverdier i brønnvatnet dei ulike åra. Analyseverdiane (rådata) er vedlagt årsrapportane for dei ulike åra.

Førehandsprøvene vart tekne i mai og juni 1994 og –95, to prøver i kvart av åra. Frå 1996 til –99 vart det teke i alt 4 prøver av kvar brønn kvart år, fordelt på vinter, vår, sommar og haust.

Analyseprogrammet vart primært innretta mot moglege påverknader frå anleggsarbeidet, dvs. partikulært materiale (Turbiditet) og nitrøse stoff (Total Nitrogen). I tillegg vart prøvene analysert for pH, totalfosfor og bakteriar.

I **Tabell 2** nedanfor er analyseresultata for fosfor vurdert etter SFT (1997) sitt klassifiseringssystem for drikkevatt. Då vi berre har 4 målingar pr. år har vi konsekvent nytta den lågaste av dei to midterste verdiane som median.

Tabell 2. Klassifisering av vasskvalitet for bruk til drikkevatt basert på måling av Total fosfor, $\mu\text{g P/L}$. Kodene (B1...B7) refererer til brønnane i Figur 2.

Brønn	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Førtilstand (1994-95)							
• Medel	1	1	2	1	1	4	4
• Median	1	1	1	1	1	4	4
• Maksimum	1	1	2	1	1	4	4
• Medel							
• Median	1	1	2	1	1	4	4
• Maksimum	1	1	2	1	1	4	4
	1	1	3	1	1	4	4
1997							
• Medel	1	1	3	1	1	4	4
• Median	1	1	3	1	1	4	4
• Maksimum	1	1	3	1	1	4	4
1998							
• Medel	1	1	3	1	1	4	4
• Median	1	1	3	1	1	4	4
• Maksimum	2	1	3	1	1	4	4
• Medel							
• Median	1	1	3	1	1	4	4
• Maksimum	1	1	3	1	1	4	4
	1	4	3	1	1	4	4

Brønn 6 og 7 ligg lengst borte frå Kuvella, og fell i klasse 4 for alle prøver i alle år, men fosforverdiane i Brønn 7 ligg omkring det doble av Brønn 6 (sjå **Figur 14**). Brønn 4 og 5 ligg heile tida i klasse 1. I Brønn 1 og 2 førekjem auka verdier i 1998 og 1999, medan det for Brønn 3 sitt vedkommande ser ut til å ha skjedd ei forseming av vasskvaliteten i løpet av overvaksingsperioden.

Middelverdiar av 4 årlege prøver frå kvar brønn for farge, total nitrogen (TOT-N) og total fosfor (TOT-P) er framstilt grafisk i Figur 15, og samanlikna med 4 prøver tatt før anleggsarbeidet starta.

Forskjellane i næringssaltinnhald (N og P) mellom brønnane har halde seg gjennom heile perioden. For Brønn 3, 6 og 7 ligg fosforinnhaldet langt over det som er normalt, medan Brønn 3 er medels påverka. Dei andre brønnane er normale. For nitrogen ligg Brønn 3, 6 og 7 langt høgare enn det som er normalt, medan Brønn 1 peikar seg ut med høgast fargetal.

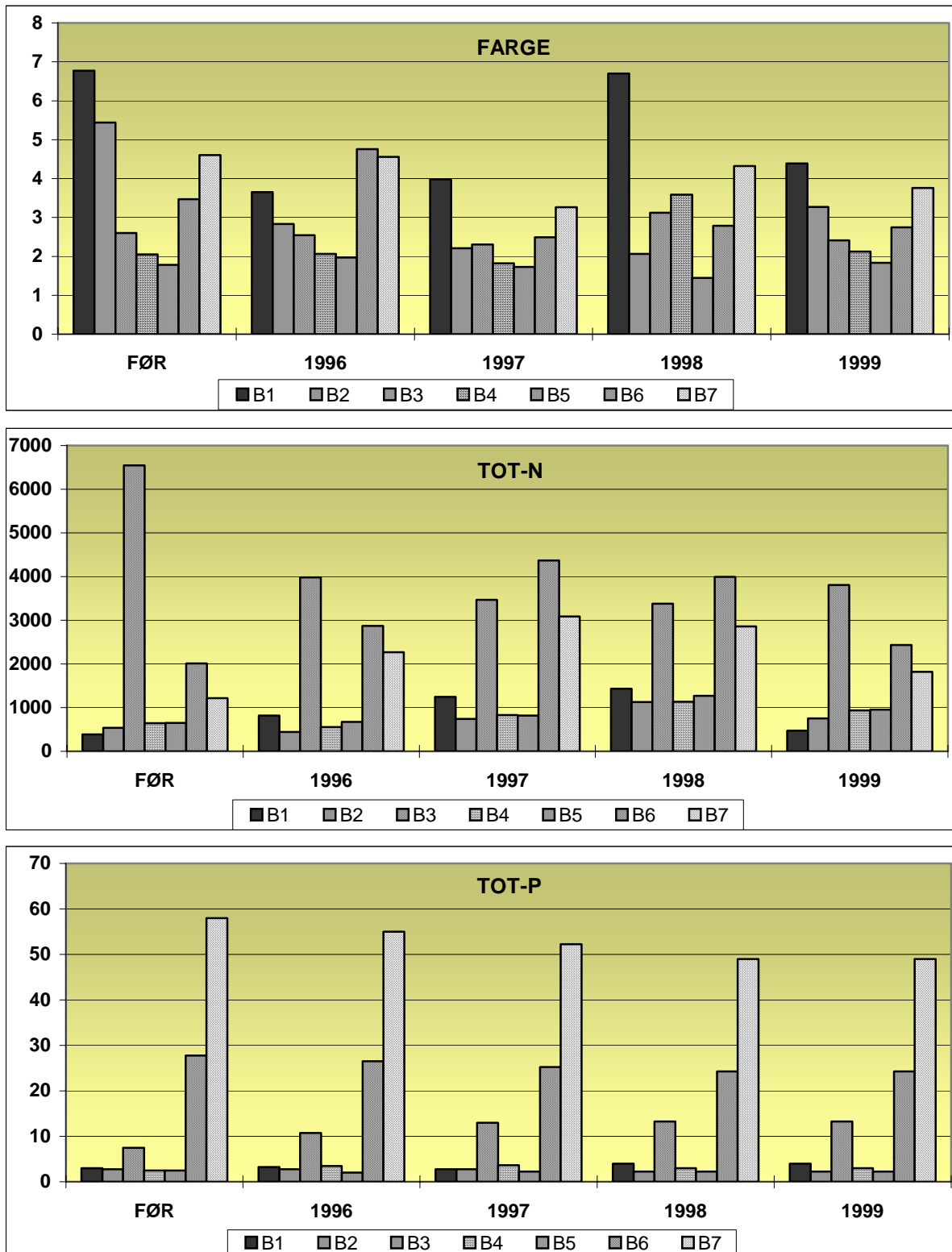
For fargetal er det for Noreg sett ein grenseverdi på opptil 15 mg Pt/L for god vasskvalitet. Alle dei undersøkte brønnane stettar dette kravet (**Figur 14**).

Middelnivået av farge, nitrogen og fosfor har vore omlag det same gjennom heile perioden, inkl. perioden før anleggsverksemda starta. Derfor ser det ikkje ut til at avrenning frå anleggsområdet i Tynjadalen har påverka brønnvatnet. Brønnane som ligg nærmast Kuvella har jamt over best vasskvalitet.

For nitrat er det sett ein norm for god vasskvalitet på $< 2,5$ mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ (tilsv. 2500 $\mu\text{g NO}_3\text{-N/L}$). Nitrogeninnhaldet i grunnvatn i upåverka lende ligg normalt på $100\text{-}200$ $\mu\text{g/l}$, medan fosforinnhaldet normalt er <5 $\mu\text{g/l}$. I følge SIFF (1987) er det ikkje uvanleg å finna svært høge nitratverdiar i grunne drikkevassbrønner i jordbruksområder (opptil omlag 60 mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$). 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 $4\text{-}5$ ganger over dette. Dei undersøkte brønnane ved Tønjum har alle meir eller mindre auka nitrogenverdiar, men ligg under drikkevassforskriftens øvre grense.

Fargetalet i brønnane er tilfredsstillande, medan nitrogen og fosfor var høgt i fleire av brønnane før anlegget starta. Bortsett frå Brønn 3, er det ein svak tendens til aukande nitrogeninnhald i brønnane i løpet av overvaksingsperioden. For farge og fosfor er det tendens til nedgang. Endringane er små.

Alle drikkevassbrønner tilfredsstiller Verdens Helseorganisasjon sine normer for bakteriologisk vasskvalitet (SIFF 1987).



Figur 14. Middelerdiar av Farge (mg Pt/L), total nitrogen (µg N/L) og total fosfor (µg P/L) for førsituasjonen og for kvart av åra 1996-99.

4. Botndyr

4.1 Tidlegare undersøkingar – grunnlag for vurderingar

Botndyrundersøkingar vart gjennomført i Lærdalselva før vassdragsutbygging i perioden 1969 - 1971 (Raddum 1974) og etter utbygging i 1979 - 1980 (Lillehammer og Saltveit 1987). Ein av stasjonane ved disse undersøkingane er samanfallande med Stasjon 4 i den undersøkinga som ligg føre. Kuvella vart ikkje undersøkt med omsyn på botndyr ved dei tidlegare undersøkingane, men vannkjemiske analysar vart utført i 1969 - 1970 (Steine 1970). Både Kuvella og Lærdalselva vart grundig undersøkt med omsyn på botndyr i samband med rotenonhandsaminga i 1997 (Gladsø og Raddum 2000, Gladsø 2000). Dei nemnte undersøkingane gjev god oversikt over kva som kan forventast av botndyr i Lærdalsvassdraget, og vil bli samanlikna med undersøkingar frå andre vassdrag, som Strondavassdraget (Steine 1972), Gaularvassdraget (Raddum 1974), Jostedalen (Fjellheim og Raddum 1982) og Aurlandsvassdraget (Raddum et. al 1991). Samla vil disse undersøkingane gje eit bilete av kva tettleiker av botndyr som kan forventast og kor store årlege svingingar som kan førekomma.

Undersøkingane knyta til aktiviteten i Tynjadalen starta hausten 1993 og held fram med årleg prøveinnsamling i mai/juni i dei påfølgjande åra til og med 1999. Dei årlege resultat er rapportert i Bjerknæs og Raddum (1994, 1995, 1996 og 1997) og Bjerknæs et. al (1998 og 1999). Undersøkingane nemnt frå Lærdalsvassdraget og frå dei andre vassdraga viser store svingingar frå år til år. Dette har samband med årlege variasjonar i klimatiske forhold som temperatur og nedbør. Temperaturforholda verkar direkte inn på livssyklusen til botndyra, og dermed på kva stadier og tettleiker som kan forventast. Nedbørforholda bestemmer avrenning og vassføring. Dette verkar inn på substratforholda i elvebotnen, noko som har betydning for mengda av næring for botndyr. Vidare vil vassføringa påverka kornstorleiken i substratet, som igjen vil bestemma kor mange holrom og opphaldsstader for dyr, som finnast. Silting vil tetta igjen slike holrom.

Påverknaden på botndyr frå anleggsverksemda og deponiet vil vera knyta til mogelege endringar i substratforholda. Som nemnt kan sedimentering av fint slam tetta igjen holrom i bunnssubstratet og redusera mogelege opphaldsstader for botndyr. Nitrogenavrenning kan gje auka begroing og dermed meir næring for enkelte artar av botndyr. For å analysere dette er det utført ei synoptisk samanlikning av botndyrmengdene (mai/juni-prøvene) på dei ulike stasjonane i perioden 1994 – 1999. Forskjellen mellom stasjonane er testa statistisk ved hjelp av Mann-Whitney U-Test, ein ikkje-parametrisk test som kan nyttast på denne type materiale. Føremålet er å sjå om førekomstane av botndyr på stasjonane nedstraums anlegget svingar på same måte som på referansestasjonen (Stasjon 3) gjennom undersøkingsperioden.

4.2 Resultat

Vi har valt å utføra testen på dyregrupper der det er mest sannsynleg at ein kan finna effektar av substratendringar. Desse er fåbørstemark (*Oligochaeta*), døgnflugan *Baetis rhodani*, (den dominerande insektarten i vassdraget), fjørmygg (*chironomidae*) (den mest artsrike og talrikaste gruppa i vassdraget) samt det totale talet på botndyr. Resultata er sett opp i **Tabell 3** og i Figur 15–19.

Tabell 3. Gjennomsnittleg tal på individ av ulike botndyr-taksa

<i>Oligochaeta</i>								
År/Stasjon	1	2	2	3	3	4		
1994	92	63	63	115	115	66		
1995	100	43	43	56	56	14	*	
1996	23	43	43	52	52	5	*	
1997	12	49	*	49	89	89	21	*
1998	7	26	**	26	68	68	28	
1999	37	169	*	169	56	56	114	

<i>Baetis rhodani</i>								
År/Stasjon	1	2	2	3	3	4		
1994	193	245	245	127	*	127	341	*
1995	84	122	122	392	**	392	215	*
1996	20	71	71	213	*	213	66	**
1997	4	8	*	8	9	9	15	
1998	56	48	48	85	85	48	48	**
1999	501	245	245	445	445	67	67	**

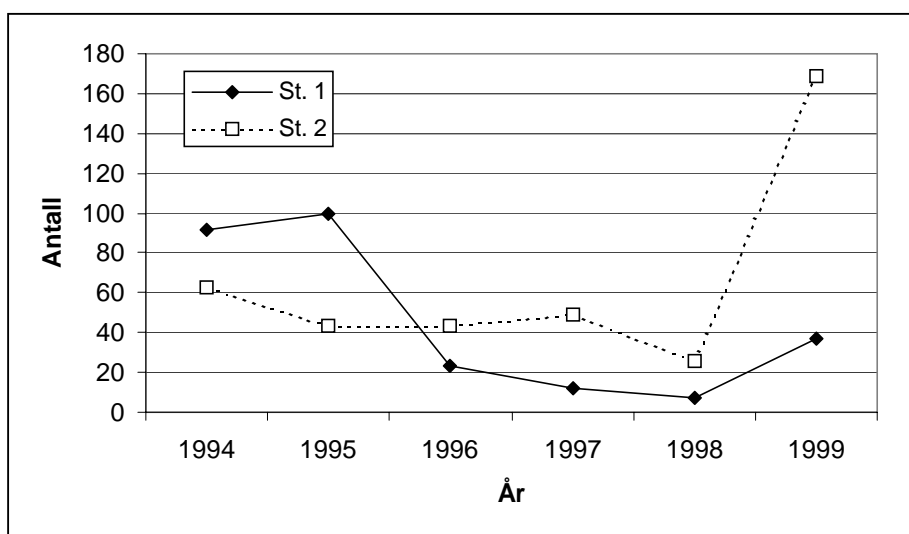
<i>Chironomidae</i>								
År/Stasjon	1	2	2	3	3	4		
1994	1103	800	800	919	919	2039		
1995	308	289	289	1233	*	1233	234	*
1996	235	242	242	780	**	780	173	**
1997	239	149	149	410	**	410	426	
1998	199	183	183	154	**	154	99	**
1999	486	78	78	431	**	431	124	*

Totalt antall bunndyr								
År/Stasjon	1	2	2	3	3	4		
1994	1606	1219	1219	1370	1370	2922		
1995	645	547	547	1963	**	1963	587	**
1996	416	524	524	1466	**	1466	346	**
1997	479	330	330	798	*	798	650	
1998	342	374	374	509	*	509	265	**
1999	1440	1118	1118	1481	1481	773	773	*

4.2.1 Fåbørstemark

Fåbørstemark er gravande former som ikkje er avhengige av holrom i substratet slik som insektlarver. Sedimentering av fint materiale treng derfor ikkje å vera negativt for denne gruppa, men det forutsettes at det blir blanda inn nok næring i form av organisk materiale i sedimenta.

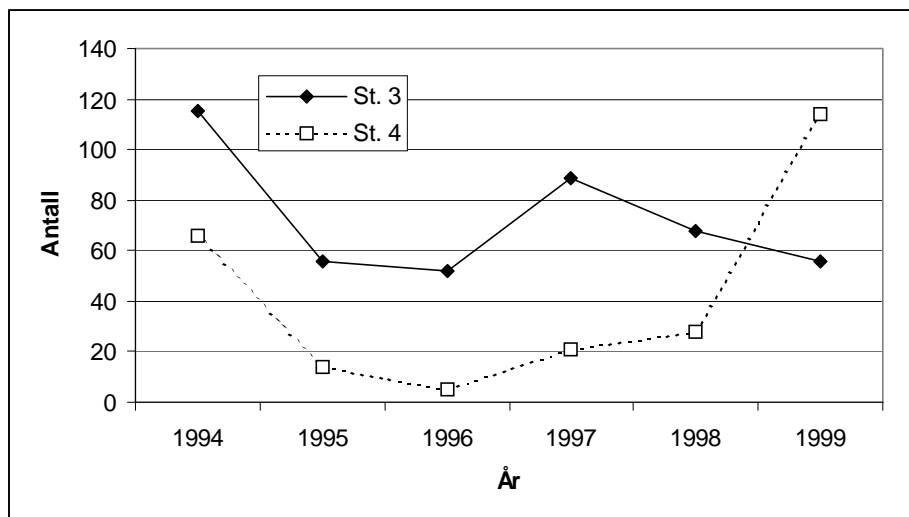
Tabell 3 viser at det var signifikant meir fåbørstemark på Stasjon 2 enn på Stasjon 1 i åra 1997–1999. Førekomstane er vist grafisk på **Figur 15**. Dette kan tyda på endringar i substratforholda på Stasjon 1 og 2 gjennom undersøkingsperioden. Grunna kanalisering og elveforbygging i området ved Stasjon 1 i 1995-1996 fekk stasjonsområdet endra vassføringsregime. Dette kan forklara kvifor mengda av fåbørstemark har gått signifikant ned på Stasjon 1 samanlikna med Stasjon 2 dei siste åra.



Figur 15. Gjennomsnittleg tal på individ av fåbørstemark på Stasjon 1 og 2 i Kuvella.

I Lærdalselva, Stasjon 3 og 4, har det i perioden 1994–1997 vore registrert signifikant meir fåbørstemark på stasjon 3 enn på stasjon 4 (**Tabell 3**). For året 1999 var forholdet motsett, med mest fåbørstemark på Stasjon 4, men ikkje signifikant (**Figur 16**).

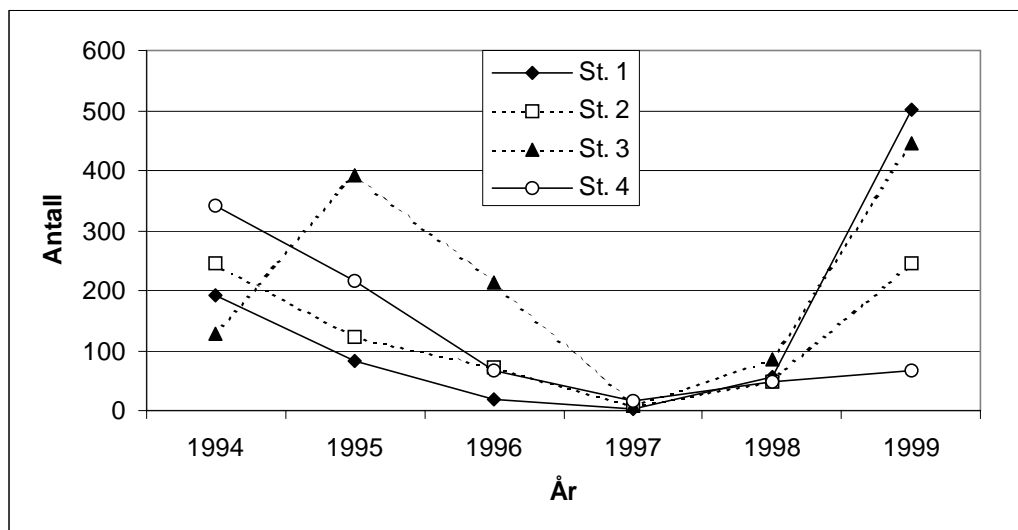
Mengde og sesongmessige svingingar av fåbørstemark ligg innafør det som normalt finst i andre elvar på Vestlandet. Likevel er det påfallande at Stasjon 2 og 4, som truleg er mest påverka av eventuell avrenning frå deponiet, har hatt ei markert auke siste året, medan referansen, Stasjon 3, har hatt ei nedgang. Kanaliseringa på Stasjon 1 har truleg ført til meir utvasking av organisk materiale og dermed redusert livstilhøva noko for fåbørstemark i dette området. Materiale som blir vaska ut på ein stad vil sedimentere ein annan stad (omlagring). Det er derfor mogeleg at auken på stasjon 2 og 4 kan skuldast slik omlagring av organisk materiale. Forskyvingar i produksjonspotensialet for fåbørstemark over kortare elvestrekningar vil likevel ha lite å seia i ein større samanheng.



Figur 16. Gjennomsnittleg tal på individ av fåbørstemark på Stasjon 3 og 4 i Lærdalselva.

4.2.2 Døgnfluger

I Kuvella og Lærdalselva er det påvist 5 artar av døgnfluger. Av desse er *B. rhodani* dominerande og utgjer eit stort tal (Tabell 3). Arten er svært ettertrakta fiskeføde for aure- og laksunger. Larvane lever under steiner og er avhengige av holrom i substratet. Førekostane både i Kuvella og Lærdalselva har variert mykje, med lågaste tal påvist våren 1997 etter rotenonhandsaminga. Variasjonen på Stasjon 1, 2 og 3 har følgd det same mønsteret, først ei nedgang fram til 1997 og deretter ei auke (Figur 17).



Figur 17. Gjennomsnittleg tal på individ av *B. rhodani* på stasjonane i Kuvella og Lærdalselva.

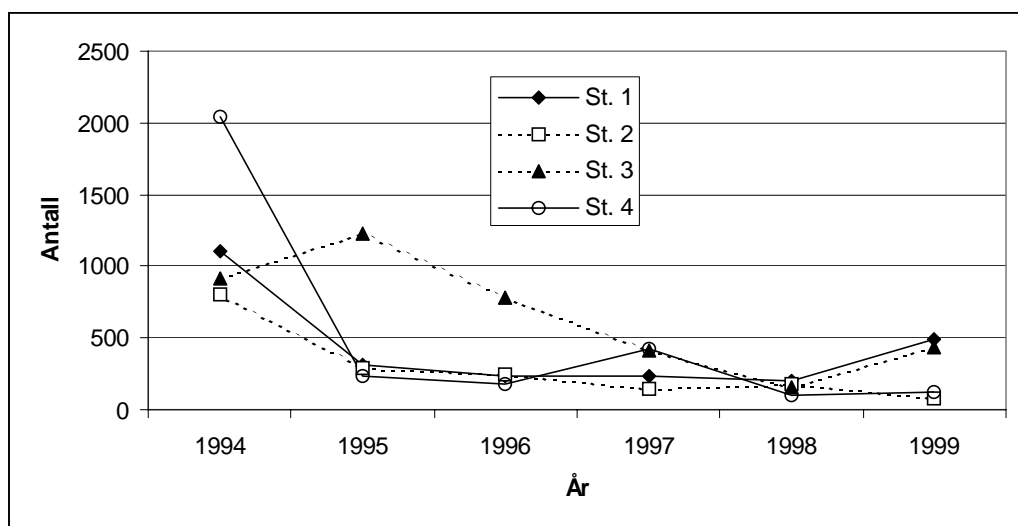
Også stasjon 4 fylgde dette mønsteret fram til 1998, men den kraftige auken som fann stad på dei andre stasjonane i 1999 skjedde ikkje på Stasjon 4. Tabell 3 viser at det er signifikante forskjellar i tettleik mellom Stasjon 3 og 4, unntatt i året med rotenonhandsaming. I 1994 var det Stasjon 4 som

hadde signifikant høgast tettleik, medan det for dei andre åra har vore motsett, med flest larver på Stasjon 3. Den manglande responsen hos *B. rhodani* på Stasjon 4 i 1999 kan skuldast at noko har skjedd med botnsubstratet, og at dette kan vera negativt for arten. Om dette skuldast avrenning frå deponiet eller andre forhold kan ikkje slåast fast. Dette vil krevja ein lengre observasjonsperiode og analysar av botnsedimentet.

4.2.3 Fjørmygg

Fjørmygg inneheld ei rekkje artar og utgjer den talrikaste insektgruppa i ferskvatn. I Noreg er det skildra omlag 600 artar frå rennene og stillestående vatn (Aagaard og Dolmen 1996). Fjørmyggglarvene lever i holrom i substratet slik som dei fleste andre insektlarvene, og vil vera følsame for silting og tetting av holromma. Eksemplar på tal av artar i elver er Blesbekken (høgfjell) med 61 artar (Aagaard et al. 1987), Ekso ved Ekse (subalpin) med omlag 150 artar (Schnell 1988) og Tovdalselva (lågland) med omlag 120 artar (Branderud et al. 2000). I Lærdalselva og Kuvella kan ein derfor forventa eit artstal på over 100.

Førekomstane av fjørmygg på stasjonane i Lærdalselva og Kuvella er vist i **Figur 18**. Her går det fram at førekomstane var høge i 1994, særleg på Stasjon 4. På stasjonane nedstrøms anlegget og deponiet sokk talet på larver monaleg frå 1995, medan registreringane på Stasjon 3, referansen, hadde signifikant høgare tal i 1995, 1996, 1998 og 1999. Grunna rotenonhandsaminga i 1997 ser vi bort frå forskjellane dette året. For alle stasjonar vart det registrert låge førekomstar i 1998. Likevel auka talet på larver på Stasjon 1 og 3 i 1999, medan talet vart verande lågt på Stasjon 2 og 4. Utviklinga i førekomst av fjørmygg liknar forløpet for *B. rhodani*, og kan vera eit resultat av endringar i substratforholda. Tettleikene er likevel ikkje unormalt låge på Stasjon 2 og 4 samanlikna med andre vestlandselvar. Førekomsten på referansen var like låg året før. Det er derfor usikkert om den låge førekomsten i 1999 kan knytast direkte til anleggsverksemda og til deponiet. For å kunne visa dette trengst det analysar av substratet.

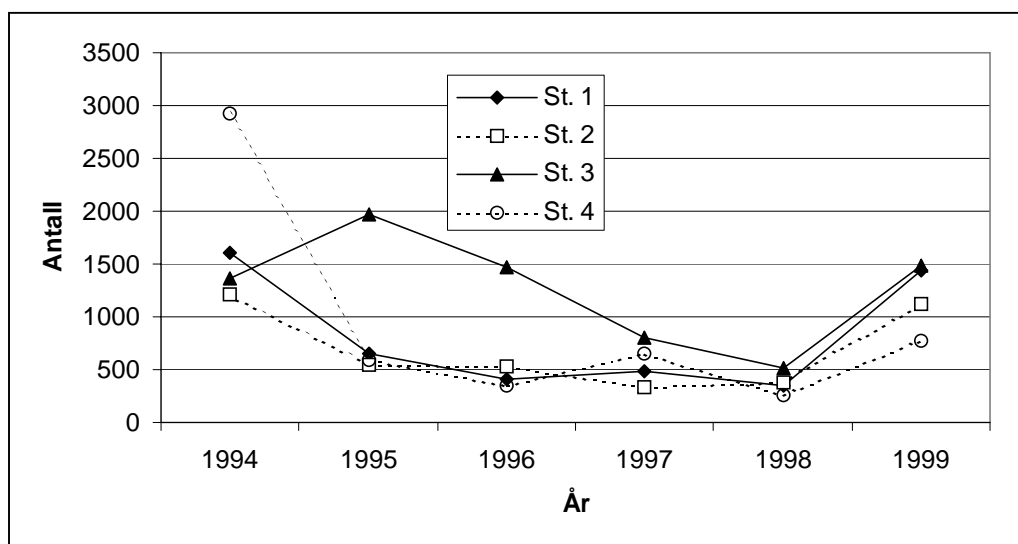


Figur 18. Gjennomsnittleg tal på individ av fjørmygg på stasjonane i Kuvella og Lærdalselva.

4.2.4 Totale botndyrmengder

Utviklinga av den totale botndyrmengda er vist i **Tabell 3** og **Figur 19**. Det totale talet vil vera styrt av gruppene som er handsama over. Manglande respons på Stasjon 2 og 4 nemnt for fjørmygg og *B. rhodani* er delvis kompensert ved auke i talet på fåbørstemark.

Samanlikna med 1994 har Stasjon 4 hatt den største nedgangen i 1999, medan dei andre stasjonane var på omlag same nivå i 1999 som i 1994. Totalt sett er det derfor ikkje nokon dramatisk nedgang i botndyrtettleiken på stasjonane nedstrøms deponiet, men det må påpeikast at referansen, Stasjon 3, har eit høgare tal på individ enn dei andre stasjonane, spesielt i 1995 og 1996. Samla ser det ut som at botndyra i åra 1995 og 1996 har vore mest influert av aktiviteten i Tynjadalen, medan førekomstane dei siste åra totalt sett har vore mindre påverka. I 1995 og 1996 vart det utført kanaliseringarbeid i Kuvella, og suspensjon og sedimentasjon av finstoff skuldast stadeigne massar.



Figur 19. Gjennomsnittleg tal på individ av *B. rhodani* på stasjonane i Kuvella og Lærdalselva.

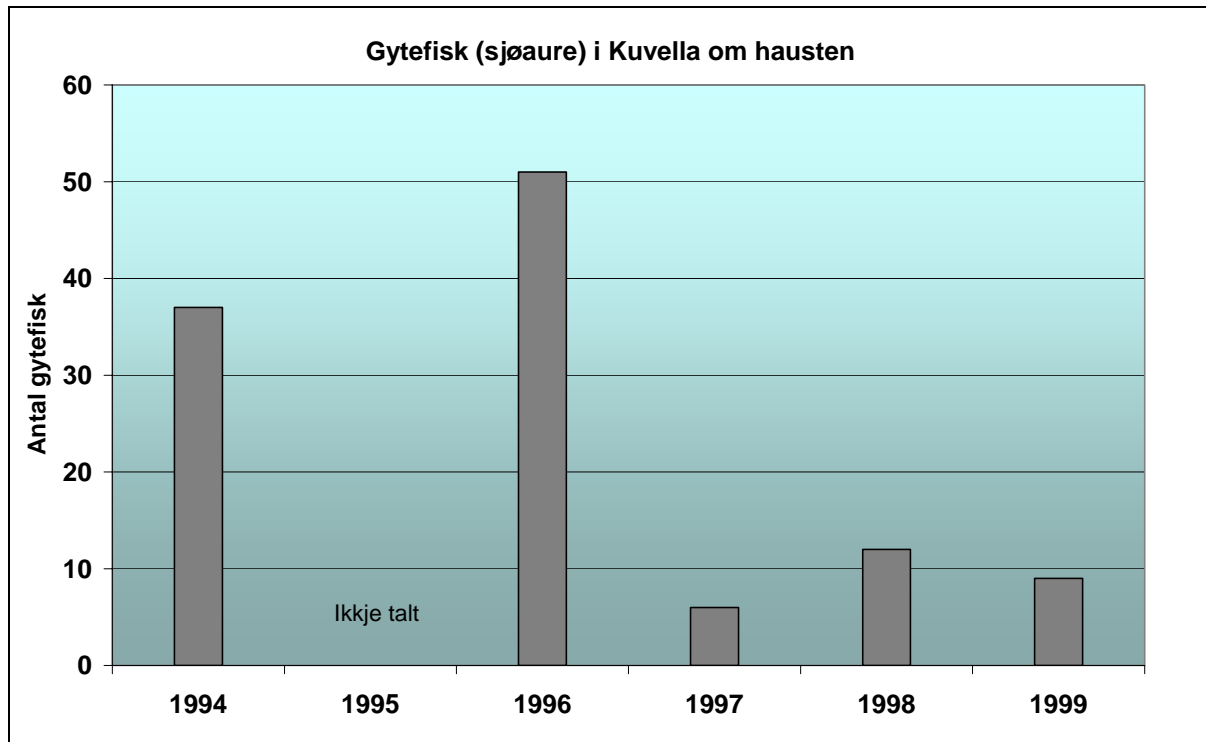
4.2.5 Samla vurdering

Grunna store naturlege variasjonar i tettleiken av botndyr, blir det kravd ein lang observasjonsperiode for å fastslå endringar med visse. Mange forhold spelar inn, og vanlegvis er det vanskeleg å peika på ein einskild faktor som kan forklare ei endring. I materialet frå Lærdalselva og Kuvella er det likevel fleire observasjonar som peiker i retning av at anleggsverksemda, først og fremst kanaliseringarbeidet i sjølve Kuvella, kan ha påverka substratet og mengda av einskilte botndyrgrupper. Artar som er gravande (fåbørstemark) har auka, spesielt på Stasjon 2 og 4 i 1999. Artar som lever i holrom i substratet vart derimot redusert, spesielt på Stasjon 4, samanlikna med referansen. Dette tyder på at holrom kan ha blitt tetta av silt frå stadeigne massar i samband med kanaliseringarbeidet i Kuvella.

For å kunne fastslå dette må det gjerast analysar av substratet. Dersom det har vore ei skadeleg silting vil silten som regel bli vaska bort etter ei tid dersom tilførslane blir stansa. Ein eventuell skade vil i så fall vera av temporær karakter, og vil ha lite å seia for produksjonen av botndyr over tid. Dersom tettinga av holrom i substratet er meir permanent, vil det bli ein reduksjon i mengda av gode næringsdyr for fisk. Fisk vil heller ikkje gyta i substrat med ei viss mengde silt, slik at gyteareala kan bli redusert.

5. Gytefisk i Kuvella

Teljing av gytefisk skjer ved observasjon frå begge elvebredder ved hjelp av polaroide briller og kikkert. Kuvella reknast som ei typisk sjøareelv, 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 har vore utført i midten av oktober 1999. I 1995 vart det ikkje gjort teljing. **Figur 20** viser resultatane av teljingane frå 1994 til 1999. Låge tal i åra 1997-1999 reflekterer truleg resultatane av rotenonhandsaminga av Lærdalsvassdraget våren og hausten 1997.



Figur 20. Gytefisk (sjøaure) i Kuvella om hausten. I 1995 vart det ikkje utført teljing.

6. Referansar

- Arnekleiv, J.V., Dolmen, D., Aagaard, K., Bongard, T. og Hanssen, O. 1997. Rotenonbehandlings 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. E16. Tunnel Aurland-Lærdal. Overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella i 1996. NIVA rapport nr. 3612-97, 27s.
- 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.
- Bjerknes, V., Raddum, G.G., Gladsø, J. 1999. E16. Tunnel Aurland-Lærdal. Overvaking av vasskvalitet, botndyr og fisk i Lærdalselva og Kuvella i 1998. NIVA rapport nr. 4049-99, 33s.
- Branderud, T.E., Brettum, P., Dolmen, D., Halvorsen, G., Halvorsen, G.A., Lindstrøm, E.-A., Romstad, R. og Schnell, Ø.A. 2000. Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1997-98, de to første årene etter kalkingsstart. Utredning for DN 2000-4.
- Fjellheim, A. og Raddum, G.G. 1982. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Fåbergstølsdeltaet, Jostedal i Sogn og Fjordane, i forbindelse med planlagt utbygging av Breheimen. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf. Zool. mus. Univ. i Bergen. Rapport nr. 49.
- Gladsø, J.A., 2000. Effekter av rotenonbehandling på bunnfaunaen i Lærdalselva; Kvantitative undersøkelser. Hovedfagsoppgave ved universitetet i Bergen.
- Gladsø, J.A og Raddum, G.G., 2000. Effekter av rotenonbehandling på bunnfaunaen i Lærdalselva; Kvalitative undersøkelser. LFI-rapport (i trykk)
- Lillehammer A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. - Fauna Ent. Scand. 21, 1-165.
- 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.

- Raddum, G. G., Fjellheim A., Barlaup B. & Atland Å. 1991.- Undersøkelser av bunndyr i Aurlandsvassdraget: en sammenligning av forholdene før og etter regulering. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf., Zool. mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 71.
- Schnell, Ø.A., 1987. En økologisk, faunistisk og systematisk undersøkelse av fjærmyggfaunaen (Diptera: Chironomidae) i Ekso ved Ekse, Eksingedal. – Cand. scient. – oppg. Univ. i Bergen.
- SFT 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 92:06.
- 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. Forskrift 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. 8 pp.
- Steine, I., Raddum, G.G., Haukanes, J. 1972. Faunistisk-økologiske undersøkelser i Strondavassdraget, Voss 1969-70-71. Lab. for ferskv. økol. og innlandsf., Zool. mus., Univ. i Bergen. Rapport nr. 5.
- Surber 1937. E.W. Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of a stream. Trans. Am. Fish. Soc. 66: 193-202.
- Aagaard, K og Dolmen, D. (red.) 1996. Limnofauna norvegica. Katalog over norsk ferskvannsfauna. Tapir forlag, Trondheim, 1996, 310 s.
- Aagaard, K. , Olsen, A. og Solem, J.O. 1987. Chironomids of Blesbekken, an alpine tundra stream at Dovrefjell national park, Norway. – I: Sæther O.A., (red.). A conspectus of contemporary studies in Chironomidae (Diptera). Contributions from the IX Symposium on Chironomidae, Bergen Norway. Ent. scand. Suppl. 29. s. 349-354.