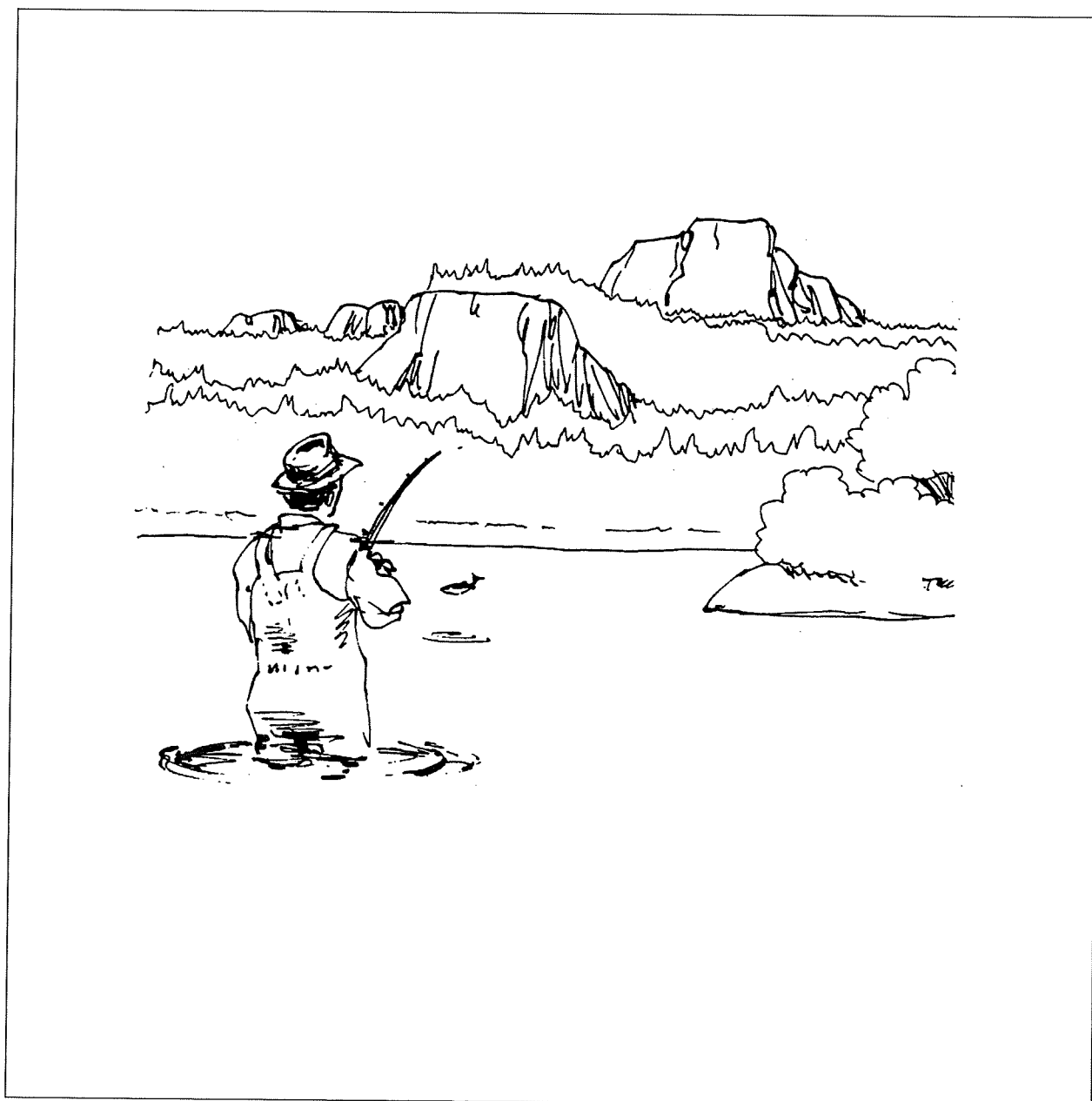


RAPPORT LNR 4256-2000

Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å studere mulige forsuringsproblemer i vassdrag i Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999



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 A/S

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

Tittel Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å studere mulige forsureningsproblemer i vassdrag i Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999.	Løpenr. (for bestilling) 4256-2000	Dato 05.10.2000
	Prosjektnr. Undernr. O-98220/O-99065	Sider Pris 88
Forfatter(e) Hindar, Atle (prosjektkoordinator) Åtland, Åse <i>Teien, Hans Christian, Laboratorium for analytisk kjemi, NLH</i> <i>Salbu, Brit, Laboratorium for analytisk kjemi, NLH</i> <i>Johansen, May-Britt, Veterinærhøgskolen</i> <i>Raddum, Gunnar G., LFI, UiB</i> Bjerknes, Vilhelm Skanche, Liv Bente	Fagområde Forsuring og kalking	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Fylkesmannen i Sogn og Fjordane	Oppdragsreferanse 99040075 99040077 99040078
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Forsuringssituasjonen i vassdrag i Sogn og Fjordane er uoversiktlig og flere undersøkelser er gjennomført for å belyse forholdene. Bakgrunnen for dette arbeidet var behovet for kunnskap om vannkvalitet og biologisk respons under flomepisoder i utvalgte vassdrag. Åtte vassdrag som tidligere er vurdert som forsureningspåvirkede ble prøvetatt gjennom vinter og vår 1999. Vannkjemiske analyser, gjelleundersøkelser og bunndyrregistreringer ble gjennomført. På bakgrunn av resultatene er det gitt vurderinger av vassdragene og videre overvåking eller kalkingstiltak av ulikt omfang er anbefalt. Ornevikvassdraget og sidefelt i Gaularvassdraget foreslås kalket, mens vi i deler av Nausta, Jølstra, Lonevassdraget, Ytredals- og Hovlandsvassdraget har foreslått at kalkingstiltak kan eller bør vurderes. I Gaular og Lona er det foreslått videre undersøkelser av sjøsaltepisodenes betydning for vannkvalitet og dermed biologi. I alle vassdrag er det foreslått videre undersøkelser, og det er anbefalt alternativer til tradisjonell overvåking.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Forsuring 2. Vassdrag 3. Flomepisoder 4. Vannkjemi 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acidification 2. Water courses 3. Flood episodes 4. Water chemistry
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Atle Hindar
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å
avdekke mulige forsuringsproblemer i vassdrag i
Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999**

Forord

På initiativ fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, i brev av 28.10.98, ble NIVA bedt om å utarbeide et prosjektforslag for undersøkelser i vassdrag i Sogn og Fjordane. Undersøkelsene skulle kartlegge vannkjemiske og biologiske forhold i sju vassdrag med anadrome fiskestammer under flomeepisoder. I NIVAs prosjektforslag av 12.11.98 ble det foreslått å supplere vannkjemiske målinger med gjelleundersøkelser av laks og aure og å undersøke bunndyrfaunaen.

Prosjektet ble bekreftet i brev av 17.12.98 fra Fylkesmannen, men samtidig ble det bedt om et revidert prosjektforslag. Dette ble oversendt fra NIVA den 21.12.98, og det ble redegjort for videre framdrift for to andre delprosjekter. Disse prosjektforslagene ble oversendt fra NIVA den 28.01.99.

Kontrakt for tre delprosjekter ble oversendt fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) den 03.05.99. Atle Hindar har vært prosjektleder for det vannkjemiske delprosjektet og har også koordinert prosjektene og hatt ansvar for en samlet sluttrapport. Vilhelm Bjerknes har ledet den biologiske delen, mens Brit Salbu har hatt ansvaret for det prosjektet som omhandler aluminiumsfraksjonering. William Standring og Lene Sørлие har hjulpet til med å fraksjonere prøver mhp Al i felt og analyser på laboratoriet og takkes for innsatsen. Åse Åtland har sammenstilt de biologiske resultatene. Svein Arne Forfod i Høyanger har vært vår lokale vær- og flomobservatør og takkes for godt samarbeid.

Prosjektet er finansiert av DN og Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Kontaktpersoner har vært Merete Farstad hos Fylkesmannen og Roy M. Langåker i DN.

Grimstad, 5. oktober 2000

Atle Hindar

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	10
2. Materiale og metoder	11
2.1 Oversikt over vassdrag og stasjoner	11
2.2 Vassdragsreguleringer	13
2.3 Prøvetaking og analyser	14
2.3.1 Vannkjemi under flom	14
2.3.2 Biologiske undersøkelser med Al-fraksjonering	16
3. Værforhold og hydrologi	22
4. Resultater av vannkjemiske og biologiske undersøkelser	26
4.1 Nausta	26
4.1.1 Vannkjemi under flom	26
4.1.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering	27
4.2 Jølstra	32
4.2.1 Vannkjemi under flom	32
4.2.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering	33
4.3 Gaularvassdraget	38
4.3.1 Vannkjemi under flom	38
4.3.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering	41
4.4 Ortnevikvassdraget	46
4.4.1 Vannkjemi under flom	46
4.4.2 Biologiske undersøkelser	48
4.5 Lona	51
4.5.1 Vannkjemi under flom	51
4.5.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering	53
4.6 Ytredalselva	56
4.6.1 Vannkjemi under flom	56
4.6.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering	57
4.7 Hovlandselva (Indredalselva)	60
4.7.1 Vannkjemi under flom	60
4.7.2 Biologiske undersøkelser	61
4.8 Sjøsaltepisoder	64
5. Vurderinger og anbefalinger	68
5.1 Muligheter for skade basert på labilt aluminium i vann	68
5.2 Muligheter for skadelige sjøsaltepisoder	70
5.3 Vurdering basert på gjelleundersøkelser	71
5.4 Vurdering basert på bunndyrundersøkelser	74
5.5 Samlet vurdering og anbefaling om tiltak	75

6. Referanser	77
Vedlegg A. Vannkjemiske data	79
Vedlegg B. Rådata bunndyr	86

Sammendrag

Forsuring kan være et problem for laksen på Vestlandet. Som konklusjon på en vannkjemisk undersøkelse i 1994-95 i 18 forsuringssatte vassdrag i Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland (Hindar et al. 1997) ble det foreslått følgende strategier for vassdrag og vassdragsavsnitt:

- tiltak i form av kalking i enkelte deler eller i hele vassdraget,
- vurdering av tiltak, samt at videre overvåking bør/må gjøres
- videre overvåking der forsuringssituasjonen er mindre alvorlig og
- ingen videre undersøkelser da lokaliteten er vurdert som lite forsuringssatt.

Det finnes også vassdrag der en ikke har tilstrekkelig avklaring av omfanget av forsuring og forsuringsskader. I Sogn og Fjordane er det vassdrag i alle disse kategoriene.

Ytterligere vannkjemiske og biologiske undersøkelser er utført av LFI og NIVA. De biologiske undersøkelsene ga indikasjoner på rekrutteringssvikt for laksebestandene i Hovlandselva (Indredalselva), Ytredalselva og Lona.

Parallelt med vannkjemiske undersøkelser har NIVA og NLH gjennomført en rekke eksperimenter med eksponering av laks til ulike vannkvaliteter. Disse undersøkelsene har vist at ustabile vannkvaliteter med surt aluminiumsrikt vann kan medføre at aluminium avsettes på fiskegjeller. Det er videre anslått kritiske konsentrasjonsnivåer av giftige aluminiumforbindelser i vann som kan medføre aluminiumakkumulering på fiskegjeller og medfølgende subletale og letale effekter på laksesmolten under de gitte forsøksbetingelsene i elvevann og ved eksponering til sjøvann.

Om en sammenholder denne type undersøkelser kan det sannsynliggjøres at forsuring, særlig i kombinasjon med sjøsaltepisoder (Hindar et al. 1993; 1994), kan være en medvirkende årsak til endring i laksebestander de siste årene. Samtidig må en ta hensyn til den bedrede forsuringssituasjonen som er registrert i siste halvdel av 1990-tallet i store områder, også på Vestlandet (SFT 1999).

I den foreliggende undersøkelsen har en tatt sikte på å måle vannkjemiske og biologiske forhold under antatt kritiske perioder i forbindelse med flom. Undersøkelsen skal gi et bedre grunnlag for å vurdere:

- om videre overvåking er nødvendig og hvilken type overvåking som vil være mest hensiktsmessig i hvert enkelt vassdrag og
- om kalkingstiltak i deler av eller i hele vassdraget vil ha en nytteeffekt.

Det er samlet prøver for vannkjemiske analyser under flomsituasjoner åtte ganger gjennom vinter og vår i 1999. For å treffe flomsituasjoner best mulig er det samlet data om værprognoser og reelle værforhold før og etter prøvetaking. Avtalen med prøvetakere har vært utformet slik at prøver kunne tas på svært kort varsel. Men siden vi valgte samtidig prøvetaking i alle lokaliteter, både i hovedvassdrag og sidevassdrag, kunne flomsituasjonen være ulik. I tilknytning til denne prøvetakingen, men ikke samtidig og mindre hyppig, er det samlet inn gjeller fra fisk, målt aluminiumsfraksjoner i elvevannet og foretatt bunndyrundersøkelser. Fiskegjellene er undersøkt mhp aluminiumavsetning og histologi for å avdekke eventuelle forhold som kan knyttes til dårlig vannkvalitet.

Basert på disse undersøkelsene og annen relevant informasjon er det gjort vurderinger av forsurings-situasjonen i vassdragene. Vurderingene er basert på ulike spesifikke kriterier knyttet til forsurening observert i hvert enkelt vassdrag; vannkvalitet under flomsituasjoner om våren (spesielt pH, ulike Al-former, Ca, Na, Cl, TOC), observerte effekter på fisk (gjelle-Al, gjellehistologi) og forekomst av forsuringsfølsomme bunndyrarter.

Av de 7 vassdrag som ble studert anses forsuringsproblemet å være betydelig i 3 vassdrag; Gaularvassdraget, Lona og Ortnevikvassdraget, og kalking av hele eller deler av vassdragene er foreslått som tiltak, slik det fremkommer i nedenforstående tabell. Selv om forsuringsproblemet anses å være moderat for de øvrige 4 vassdrag, bør kalking av deler av disse vassdrag fortsatt vær til vurdering. Det anbefales fortsatt overvåking av alle 7 vassdrag som omfattes av denne rapporten.

Vassdrag	Vurdering av forsuringsproblemet	Tiltak, overvåking
Nausta	lite til moderat	Ingen tiltak foreslås i hovedelva, men kalking av Åsedøla og Hyelva bør vurderes basert på gjellekvalitet; fortsatt overvåking anbefales
Jølstra	moderat	Ingen tiltak foreslås i hovedelva, men ytterligere kalking av Anga bør vurderes basert på gjellekvalitet; fortsatt overvåking anbefales
Gaularvassdraget	betydelig på grunn av sidevassdrag i nedre del	Kalking av sidevassdragene i nedre del og fortsatt overvåking anbefales. Bør gjennomføres bedre kartlegging av sjøsaltpåvirkning
Ortnevik	betydelig til stort	Vassdraget bør kalkes; fortsatt overvåking
Lona	betydelig	Kalking i øvre del i deler av året bør vurderes, fortsatt overvåking med vekt på sjøsalteffekter
Ytredalselva	moderat	Kalking i deler av Dalemannsvassdraget kan vurderes; bør overvåkes
Hovlandselva	moderat	Kalking av Tangetjernfeltet bør vurderes, bør overvåkes

Som alternativ til tradisjonell overvåking vil vi foreslå detaljerte studier av den vannkjemiske dynamikken og biologisk respons under enkelte flomepisoder i to vassdrag. Det vil gi oss mer informasjon om hvordan toksisiteten endres og hvor lange perioder som er kritiske. Denne rapporten viser at vannkvaliteten relativt raskt kan komme tilbake til et bakgrunnsnivå mens Al-akkumuleringen på gjellene kan representere en mer langvarig effekt.

I tillegg vil vi foreslå at smoltkvalitet innlemmes i videre undersøkelser. Smoltkvalitet er det nærmeste vi kommer bestandeffekter av aluminiumutlekking uten å gjennomføre svært omfattende studier.

Vi vil følge opp disse anbefalingene i mer detaljerte prosjektforslag.

Summary

Title: Chemical and biological monitoring to reveal possible acidification problems for watercourses in Sogn and Fjordane county during flood episodes.

Year: 2000

Authors: A. Hindar, V. Bjercknes, M.-B. Johansen, G.G. Raddum, B. Salbu, L.B. Skancke, H.C. Teien and Å. Åtland.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 82-577-3881-6

Acidification may be a problem for salmon populations in western parts of Norway. The following strategies have been suggested by Hindar et al. (1997) based on chemical characteristics of 18 acid-sensitive watercourses in three counties in Western Norway:

- liming measures in parts or whole watercourse
- liming measures should be considered; further monitoring recommended
- further monitoring recommended
- no further monitoring

These three counties also have salmon rivers where less information exists and where the acidification situation is unclear.

Previous examination of river biology in Hovlandselva, Ytredalselva and Lona indicated reduced recruitment of salmon populations.

Based on recommendations related to this work the county administration of Sogn and Fjordane initiated this project aiming at giving recommendations regarding extent and quality of further monitoring. Recommendations on liming of tributaries or whole watercourses should also be included.

The present report is based on water chemistry data, fish gill aluminium, histological examinations of gills and river invertebrate data. Water sampling was performed during flood events of winter and spring 1999. Biological sampling was performed in connection with, but not at the same time and with the same frequency as, the chemical sampling.

The following recommendations were suggested:

Watercourse	Evaluation of the acidification problem	Countermeasures
Nausta	small to moderate	No measures recommended, but liming may be considered in two tributaries; continued monitoring.
Jølstra	moderate	No measures recommended, but liming may be considered in one tributary; continued monitoring.
Gaularvassdraget	significant in tributaries in lower part	Liming of tributaries and continued monitoring. Intensified examination of effect of sea-salt episodes.
Ortnevik	significant to big	Should be limed; continued monitoring.
Lona	significant	Consider liming of upper parts in parts of the year; continued monitoring with emphasis on sea-salt episodes.
Ytredalselva	moderate	Consider liming in parts of Dalemann tributary; continued liming.
Hovlandselva	moderate	Consider liming of Tangetjern catchment; continued liming.

We suggest detailed studies of water chemistry dynamics and biological responses during flood episodes in two watercourses as alternative to traditional monitoring. This will give more detailed information regarding toxicity during floods. This report shows that water quality probably changes relatively rapidly (hours-day) back to normal levels, whereas Al-accumulation on gills may represent a more long-lasting effect (days).

We recommend that measuring of smolt quality should be included in further studies. Smolt quality may be relative closely related to acidification effects on salmon populations without extensive studies.

1. Innledning

I forbindelse med laksens tilbakegang i flere vassdrag på Vestlandet er det i de seinere år gjennomført flere undersøkelser for å belyse problemet. Flere trusselfaktorer kan være viktige, f.eks. lakselus, konkurranse med oppdrettslaks, endrede havtemperaturer og forsurening.

Som konklusjon på en vannkjemisk undersøkelse i 1994-95 i forsuringssutsatte vassdrag i Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland (Hindar et al. 1997) ble det foreslått følgende fire ulike strategier i vassdrag og vassdragsavsnitt:

- 1) tiltak i form av kalking i enkelte deler eller i hele vassdraget,
- 2) vurdering av tiltak, samt at videre overvåking bør/må gjøres
- 3) videre overvåking der forsuringssituasjonen er mindre alvorlig og
- 4) ingen videre undersøkelser da lokaliteten er vurdert som lite forsuringssutsatt.

Det er også vassdrag der en ikke har tilstrekkelig avklaring av omfanget av forsurening og forsuringsskader. I Sogn og Fjordane er det vassdrag i alle disse kategoriene.

Ved bruk av gitte bedømmelseskriterier ble det avdekket at vannkvaliteten i sidevassdrag som munner ut på anadrom strekning kan ha dårlig vannkvalitet mens hovedvassdraget tilsynelatende har god vannkvalitet. Innblanding av surt, aluminiumsrikt vann kan skape spesielle problemer for fisk som oppholder seg i de ulikevektsonene som skapes (Rosseland et al. 1992), men det er fortsatt ikke påvist hvilke konkrete bestandsendringer det kan forårsake.

Ytterligere vannkjemiske og biologiske undersøkelser er utført av LFI/NIVA (Bjerknes et al. 1998; Åtland et al. 1998a, b). De biologiske undersøkelsene ga indikasjoner på rekrutteringsvikt for laksebestandene i Hovlandselva (Indredalselva), Ytredalselva og Lona.

Parallelt med vannkjemiske undersøkelser har NIVA og NLH gjennomført en rekke eksperimenter med eksponering av laks til ulike vannkvaliteter. Disse undersøkelsene har vist at ustabile vannkvaliteter med surt aluminiumsrikt vann kan medføre at aluminium avsettes på fiskegjeller. Det er videre anslått kritiske konsentrasjonsnivåer av giftige aluminiumforbindelser i vann som kan medføre aluminiumakkumulering på fiskegjeller og medfølgende subletale og letale effekter på laksesmolten under de gitte forsøksbetingelsene i elvevann og ved eksponering til sjøvann.

Om en sammenholder denne type undersøkelser kan det sannsynliggjøres at forsurening, særlig i kombinasjon med sjøsaltepisoder (Hindar et al. 1993; 1994), kan være en medvirkende årsak til endring i laksebestander de siste årene. Samtidig må en ta hensyn til den bedrede forsuringssituasjonen som er registrert i siste halvdel av 1990-tallet i store områder, også på Vestlandet (SFT 1999).

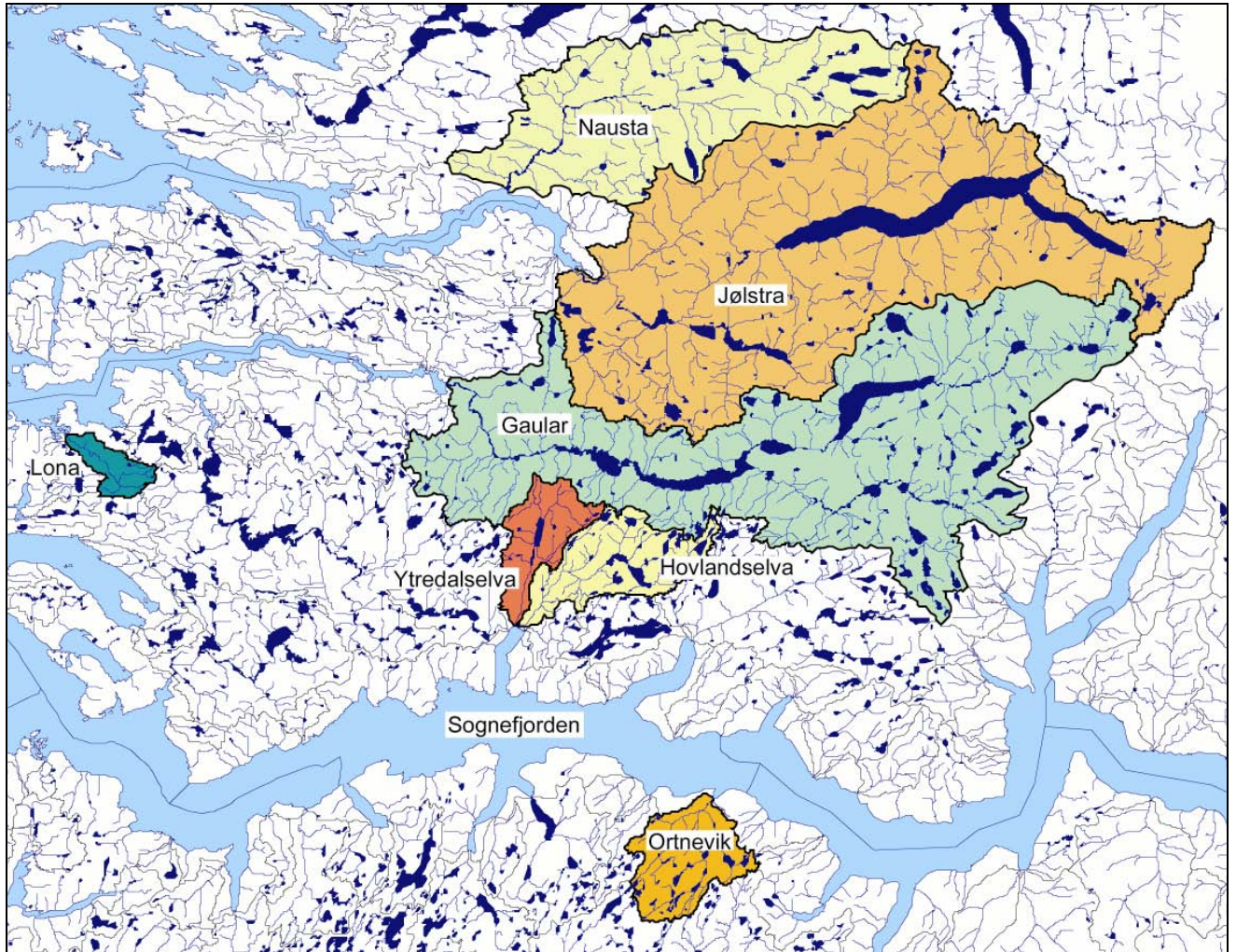
I den foreliggende undersøkelsen har en tatt sikte på å måle vannkjemiske og biologiske forhold under antatt kritiske perioder i forbindelse med flom. Undersøkelsen skal gi et bedre grunnlag for å vurdere:

- 1) om videre overvåking er nødvendig og hvilken type overvåking som vil være mest hensiktsmessig i hvert enkelt vassdrag og
- 2) om kalkingstiltak i deler av eller i hele vassdraget vil ha en nytteeffekt.

2. Materiale og metoder

2.1 Oversikt over vassdrag og stasjoner

Vannkjemi ble undersøkt i 3-5 lokaliteter pr. vassdrag i sju vassdrag, som vist i **Figur 1** og **Tabell 1**. I tillegg kommer fire gytebekker på sørsiden og to på nordsiden av Viksdalsvatnet i Gaularvassdraget, der prøvetakingen støttet en fiskeundersøkelse i regi av Rådgivende Biologer AS. Fiskestasjoner med vannkjemi og uttak av gjeller er satt opp i



Figur 1. Beliggenheten til de sju vassdragene.

Tabell 1. Vassdrag med prøvetakingslokaliteter for vannkjemi. Stasjoner merket med stjerne er del av DN/SFT's overvåking. Kortnavn brukt i figurer er gitt. Stasjonsnummer refererer til NIVA's interne nummerering. Kartblad og koordinater for stasjonene er gitt sammen med arealangivelse for enkelte sidefelt.

	Kortnavn	Kart	UTM- ØV	UTM- NS	Felt km ²
Jølstra (084.Z)					
1. Anga	Anga	1217 I	3343	68182	
2. Jølstra, Grimsbøen	Grimsbøen	1217 I	3413	68175	
3. Åsvatn, utløp	Åsvatn	1217 I	3400	68147	
4. Sagelva	Sagelva	1217 I	3318	68175	
6. Jølstra, oppstrøms Anga	Jølstra	1217 I	3350	68159	
Nausta (084.7Z)					
9.*Troldøla	Troldøla	1218 II	3379	68312	
11. Hyelva (Åmot)	Hyelva	1218 III	3291	68304	
14. Nausta v/ Ullaland	Ullaland	1218 III	3315	68312	
15. Nausta, utløp	Utløp	1218 III	3256	68249	
Gaularvassdraget (083.Z)					
23. Haukedalen, utløp Lauvav. (Vik)	Vik	1217 I	3459	68056	
24.*Sæta v/ Eldalen	Sæta	1217 I	3483	68033	
26. Gaular v/ Osen	Osen	1217 IV	3228	68085	
27. Gaular v/ Hestad bro	Hestad	1217 I	3362	68034	
30. Sagelva (vestre løp)	Sagelva	1217 I	3345	68029	
31. Strandelva	Strandelva	1217 I	3376	68026	
32. Rørstadelva	Rørstadelva	1217 I	3399	68018	
33. Sandaelva	Sandaelva	1217 I	3429	68024	
34. Årøyelva	Årøyelva	1217 IV	3251	68051	ca. 20
35. Stordalen	Stordalen	1217 IV	3271	68028	ca. 13
Ortnevikvassdraget (070.2Z)					
101. Storelva	Storelva	1217 II	3454	67775	ca. 32
102. Vesleelva	Vesleelva	1217 II	3448	67777	ca. 20
103. Ortnevikelva	Ortnevikelva	1217 II	3454	67785	ca. 56
Lona (082.32Z)					
116. Lona	Lona	1117 I	2936	68016	
117. Horne (ny)	Horne	1117 I	2982	67990	ca. 3.1
118. Ryggjahaugen (ny)	Ryggja	1117 I	2968	67998	ca. 8.4
Ytredalselva (080.21Z)					
111. Ytredalselva	Ytredal	1217 III	3294	67907	
112. Dalemannsvassdraget	Dalemann	1217 IV	3308	67995	ca. 10
113. Ykslandsvatnets utløp	Yksland	1217 IV	3302	67966	
Hovlandselva (Indredalselva) (080.1Z)					
106. Hovlandselva	Hovland	1217 III	3297	67905	
107. Markeset	Markeset	1217 I	3326	67951	
108. Tangetjern (bekken)	Tangetj.	1217 II	3312	67931	

For alle vassdragene er det valgt ut sidegreiner og vassdragsavsnitt som kan være utsatt for forsuring. Prøveseriene kan derved gi informasjon om både generell vannkjemisk tilstand og tilstand under forsuringsepisoder av ulike slag. Enkelte av de foreslåtte stasjonene inngår i den vannkjemiske overvåkingen i regi av DN/SFT, men pga fokus på flomsituasjoner er prøvetaking også ved disse stasjonene innlemmet i prosjektet.

Tabell 2. Stasjoner for uttak av fiskegjeller og Al-fraksjonering, samt bunndyr. UTM-koordinater og antall fisk som ble fanget er vist. UTM-koordinatene kan avvike noe fra de som er gitt i **Tabell 1** selv om stasjonsnummeret er det samme.

	Dato	UTM-ØV	UTM-NS	Antall laks	Antall aure
Jølstra					
1.Anga (Kvamsfossen)	13.04	3344	68182	5	5
	28.04			5	5
	07.05			2	5
6.Jølstra oppstr. Anga	07.05	3353	68162	7	6
6b.Jølstra oppstr. kraftstasj.	13.04	3357	68154	3	4
	28.04			0	5
6c.Jølstra v/Førde (utløp)	28.04	3334	68176	0	5
6d.Jølstra v/klekkeri Mo	13.04	3393	67146	5	0
Gaular					
26.Gaular v/Osen (utløp)	28.04	3228	68075	5	5
27b.Gaular v/Lidal	28.04	3296	68038	5	5
34.Årøyelva	12.04	3250	68054	5	5
	28.04			0	3
35.Stordalen	12.04	3271	68029	4	1
Ortnevik					
101.Vesleelva	14.04	3457	6773	0	5
	27.04			0	5
102.Storelva	14.04	3447	6777	0	5
	27.04			0	5
103.Ortnevikelva v/utløp	14.04	3454	6785	0	5
	27.04			0	5
Lona					
116.Lona ved utløp	12.04	2935	68017	0	3
	29.04			4	5
116b.Lona v/Holt	12.04	2957	68007	5	5
	29.04			5	5
116c.Lona v/Sagen	12.04	2958	68006	0	5
	29.04			0	5
Ytredalselva					
111.Ytredalselva (utløp)	12.04	292	903	3	5
	27.04			3	6
Hovlandselva					
106. Hovlandselva (utløp)	12.04	3295	67902	5	5
	27.04			3	5

For å lette lesingen av rapporten er kart over hvert enkelt vassdrag med stasjonsplassering og øvrig beskrivelse av nedbørfeltet (utenom reguleringer, se under) inkludert i resultatkapittelet (Kap. 4).

2.2 Vassdragsreguleringer

I Sogn og Fjordane er enkelte vassdrag preget av omfattende kraftregulering, men bare to av de undersøkte vassdragene i denne undersøkelsen er regulert, se **Tabell 3**.

Tabell 3. Oversikt over reguleringer i vassdragene.

Vassdrag	Regulert	Beskrivelse av reguleringen	Regulant
Nausta Jølstra	nei elvereg	Flomregulert ved Stakkhellefossen og Brulandsfossen. Jølstravatn er regulert 1.nov-15.april	Svultingen og Sunnfj. energiverk
Gaular Ortnevikelva	nei overføring	Øvre 2.3 km ² er overført til S.Norrdalsvatnet i Moelva.	BKK
Lona Hovlandselva	nei overføring	Hele øvre del er overført til Bergsvatn i Høyangerutbyggingen.	Statkraft
Ytredalselva	overføring	Ca. 3 km ² i øvre del er ført over til Høyangerreguleringen	Statkraft

Jølstra er flomregulert ved to elvekraftverk; Stakkhellefossen (regulant Svultingen) og Brulandsfossen (regulant Sunnfjord energiverk). Stakkhellefossen kraftverk ligger på strekningen mellom Jølstravatnet og Movatnet. Minstevannføringen er 2 m³/s, og vannføringen går ikke over 50-60 m³/s. Brulandsfossen kraftverk ligger i utløpet av Movatnet. I perioden 1. november til 15. april blir Jølstravatnet regulert. Magasinet er på 50 mill m³ vann. Det er ingen bestemmelser om minstevannføring ut av Jølstravatnet, men den går sjelden under 2 m³/s.

I Ortnevikvassdraget er 2.3 km² i øvre del av nedbørfeltet overført til Moelva på sørsiden av vassdraget.

Store deler av det naturlige nedbørfeltet til Hovlandselva (Indredalselva) ligger i høyereliggende områder, og så godt som hele dette arealet (alt over 640 moh; totalt 47.1 km²) føres over mot Bergsvatnet i Øyrevassdraget (Høyanger-reguleringen).

Ca. 3 km² i øvre del av Ytredalselva er ført over til Høyangerreguleringen.

2.3 Prøvetaking og analyser

2.3.1 Vannkjemi under flom

Den vannkemiske prøvetakingen startet 19. januar 1999, og det ble tatt sju serier totalt, med avslutning 17. juni 1999, se **Tabell 7** slik at vinter- og vårflo, sjøsaltepisoder og smoltifiseringsperioden skulle dekkes av prøvetakingen. Prøvetakingen ble fordelt over denne perioden samtidig som vi forsøkte å treffe flomtoppene så godt som mulig. Videre ble det lagt vekt på en samkjøring av prøvetakingen i vassdragene, noe som i snøsmeltingsfasen førte til ulik vannføring i de enkelte vassdrag fordi høyereliggende vassdrag har et annet vannføringsmønster enn lavereliggende og kystnære vassdrag i denne perioden.

Det ble etablert en tettere kontakt enn vanlig med de lokale prøvetakere for å få til prøvetaking under flom. Blant annet ble det etablert en bakvaksordning for hver enkelt prøvetaker. Det vil si at hver prøvetaker hadde en person som kunne kontaktes hvis en selv ikke hadde anledning til å samle inn og sende vannprøvene på kort varsel. Svein Arne Forfod i Høyanger var vår lokale kontakt med hensyn på vær- og flomsituasjonen i området. Hans informasjoner ble sammenholdt med øvrige kriterier for prøvetaking, og all prøvetaking ble tatt samtidig etter instruks fra NIVA.

Det er analysert på full ionesammensetning etter mal fra tidligere undersøkelser (Hindar et al. 1997), bl.a. Al-fraksjonene Al/A, Al/R og Al/IL på alle prøver. Al/A ble tatt inn som ny parameter. Dette er tilnærmet totalkonsentrasjon av aluminium i løsning.

I vurderingen av vannkjemien er kriterier for laksesmolt, som ble benyttet av Hindar et al. (1997), lagt til grunn, men kriterietabellen (**Tabell 4**) er noe endret for å ta hensyn til usikkerheten på en bedre måte. Det vil si at eksperimentelt fastsatte vannkvalitetskrav til ulike stadier av laks har vært retningsgivende.

Selv om det er sjøaure i vassdragene og selv om dette er en betydelig ressurs som også representerer et fint alternativ for fiskere der laksebestanden er svak, vet vi lite om hvilke vannkvalitetskriterier som gjelder for den (Kroglund 1996). Men det at den øker sin forekomst i vassdrag der laksen får problemer (Hesthagen 1989) viser at den er mer robust. Det er grunn til å tro at sjøauresmolten tåler lengere perioder med redusert fysiologisk tilstand på grunn av surt vann enn laksesmolten, men datagrunnlaget for å hevde dette er svakt. Sjøauren utnytter mindre strømsterke partier i elva (Jonsson 1996), og det er derfor grunn til å tro at sjøauren er mindre sårbar enn laksen. Hvis Al-akkumulering er størst der vannstrømmen er sterkest (dette er observert på skjellsand - og krittoverflater), vil sjøauren være mindre utsatt. Sjøauren springer ut fra innlandsaurebestanden i vassdraget (Jonsson 1996). I år med dårlig overlevelse av sjøauresmolt vil derfor bestanden kunne være mer eller mindre intakt, og bestanden er dermed mindre utsatt enn laksebestanden, som jo ikke har noen tilsvarende fullstendig syklus i ferskvann. Unntak her er blega i Byglandsfjorden, men det er ikke grunn til å tro at den har kontakt med sine anadrome slektninger i Otra.

Det er vurdert om prøvetakingen fanget opp sjøsaltepisoder og hvis så var tilfellet, om disse kunne betraktes som kraftige eller milde i forhold til dokumenterte episoder og til hva en kunne forvente i den aktuelle lokaliteten. Det er ikke bare de absolutte konsentrasjoner av salter som er avgjørende, men også den relative økningen (Hindar et al. 1993). I denne forbindelse er også grad av barskogplantning vurdert ut fra generell kunnskap om feltene og ut fra den kjennskap en har til hvordan slike plantninger kan virke på den generelle forsureningssituasjonen (Jenkins et al. 1990) og forsterkning av sjøsalteffekter (Hindar et al. 1995). Blandsoneproblematikken (Rosseland og Hindar 1991; Rosseland et al. 1992) er også trukket inn. Berggrunn og tålegrenseinformasjon er benyttet som grunnlag for å karakterisere vassdragene, sammen med de endringer som har skjedd i vannkvalitet de siste årene, f.eks. i Sæta øverst i Gaularvassdraget (Hindar 1999) og på Vestlandet generelt (SFT 1999).

Tabell 4. Vurderingskriterier for vannkvalitet basert på maksimal konsentrasjon av labilt aluminium og resultater fra eksperimentelle forsøk der laksesmolt er eksponert for ulike vannkvaliteter og deretter testet på ulike kritiske variable (Kroglund et al. 1993; 1994; 1996 og Staurnes et al. 1995). Med skade menes i denne sammenheng påvisbare fysiologiske endringer (plasmaklorid, hematocrit, ATPase osv.), vevsskader, sjøvannstoleranse og Al-akkumulering som skyldes dårlig vannkvalitet.

Følgende inndeling er gjort:

- (x) : ingen eller liten fare for skade
- x : fare for moderat skade
- xx : fare for betydelig skade
- xxx : fare for betydelig skade - moderat dødelighet
- xxxx : fare for betydelig skade - betydelig dødelighet

Kons. av labilt Al ($\mu\text{g/L}$)	Fare for skade i ferskvann	Fare for skade i sjøvann
0-10 usikkerhet*)	(x)	(x)-x
10-20	(x)-x	x-xx
20-29	xx	xxx
30-49	xxx	xxxx
≥ 50	xxxx	xxxx

*) usikkerheten det her er snakk om er ikke bare ren analytisk usikkerhet, men også den usikkerhet som er knyttet til om konsentrasjonen er reell. Det er påvist skader i vann der det er målt konsentrasjoner i intervallet 0-10 $\mu\text{g/L}$, og der en antar at konsentrasjonen som sådan er korrekt målt (kun analytisk usikkerhet), men underestimert. I de tilfeller antas det at konsentrasjonen i vannet ved prøvetaking sannsynligvis har vært større enn det som måles i lab og dermed påført den skaden som er registrert på fisken i vannet.

Det må understrekes at det er usikkerhet knyttet til vurderingskriteriene og dermed til tolkningen av forsuringsforholdene i vassdragene på Vestlandet. Usikkerhet skyldes at de angitte effekter er observert på et utvalg av fisk i forsøk og at bestandeffekter av de foreliggende grensene ikke er kjent. I tillegg er forsuringsbildet komplekst ved så lave Al-konsentrasjoner det er snakk om her, se note i **Tabell 4**. Også andre trusselfaktorer, som lakselus, kan gjøre seg gjeldende og påvirke bestanden negativt.

2.3.2 Biologiske undersøkelser med Al-fraksjonering

Fiskegjeller og Al-fraksjonering

Bruk av gjeller som bioindikator kan være nyttig, spesielt for ustabile vannkvaliteter som oppstår under flom. Vannprøver gir øyeblikksbilder, mens gjelleavsetning reflekterer belastningen over et lengre tidsintervall. Konsentrasjonen av Al på gjeller endres med vannkvaliteten i vassdraget. Konsentrasjonen av gjelle-Al kan skyldes intracellulært Al fra bakgrunnsbelastning (varierer i ulike vassdrag), avsetning av lavmolekylært Al (gjelder relativt sure vannforekomster), deponisjon av reaktivt Al (polymerisering av lavmolekylært Al) som dannes under ustabile forhold og tilbakeholdelse (filtreringseffekt) av partikulært Al. Avsetning av partikulært Al gir inhomogen fordeling av Al på gjeller. Totalanalyser av gjeller vil omfatte alle former for Al, men fargeteknikken (staining) viser om Al er bundet til partikler og inhomogent fordelt (se gjellebildene). Gjellebildene fra Lona viser at Al er jevnt fordelt og at partikkeleffekten er liten.

Prøveinnsamling

Det er foretatt innsamling av fisk med elektrisk fiskeapparat i 3 omganger i Jølstra og Nausta (12.-14. og 27.-29. april og 7. mai) og 2 omganger i Gaular, Ortnevikelva, Hovlandselva, Ytredalselva og Lona (12.-14. og 27.-29. april), se **Tabell 2**. Gjelleprøver av fisk er tatt etter standard metoder for histologisk undersøkelse og gradering i 4 ulike tilstandskategorier ved Veterinærhøgskolen og for kvantitativ Al-analyse ved Laboratorium for analytisk kjemi (LAK), NLH. I tillegg er det tatt gjelleprøver og snuteprøver (lukteepitel) av en del fisk for bestemmelse av Al vha mikroskopi og en

fargeteknikk ved LAK. Det siste er gjort forsøksvis, og inngår ikke som en del av det ordinære prosjektet. Foto av utvalgte gjeller er presentert i Kap. 4.

På de fleste fiskestasjonene ble det samtidig tatt vannprøver for kort analyseserie på NIVA. *In situ* fraksjonering av aluminium ble foretatt parallelt med el-fiske i Nausta, Gaular og Lona. I de andre elvene ble det tatt prøver for senere Al-fraksjonering ved LAK. Prøvetakingen skjedde noen dager etter den ordinære vannkjemiske prøvetakingen i april, mens prøvetakingen den 7. mai skulle representere en lengre periode etter flom.

Fraksjoneringsmetoder for Al ved LAK

Fraksjonering av aluminium vil avdekke hvilke former aluminium befinner seg på i elvevannet. Noen former er antatt å være særlig giftige, andre kan danne utgangspunkt for giftige former, mens en tredje gruppe er på en form som en antar ikke representerer noen fare. *In situ* vil si at fraksjonering skjer på stedet, dvs. ved elvebredden, umiddelbart etter prøvetaking. Siden Al kan endre tilstandsform på vei til laboratorium, spesielt i ustabile vannkvaliteter (blandsoner) kan *in situ* fraksjonering være viktig for å avdekke den vannkvaliteten fisken faktisk opplever.

Al i vann kan foreligge i ulike tilstandsformer som varierer mhp molekylvekt og ladningsforhold (reaktivitet), og Al kan være bundet til større humuspartikler. For å få informasjon om molekylvektfordeling benyttes *in situ* hul-fiber ultrafiltrering, og for å få informasjon om reaktivitet ble ekstraksjon (8-hydroxyquinoline og metylisobutylketon) og kationbytterkromatografi (positivt ladde Al-tilstandsformer holdes igjen på ionebytteren) benyttet. Før vannet ble ionebyttet og/eller ekstrahert ble et 0,45 µm membranfilter brukt for å fjerne partikler over denne størrelsen.

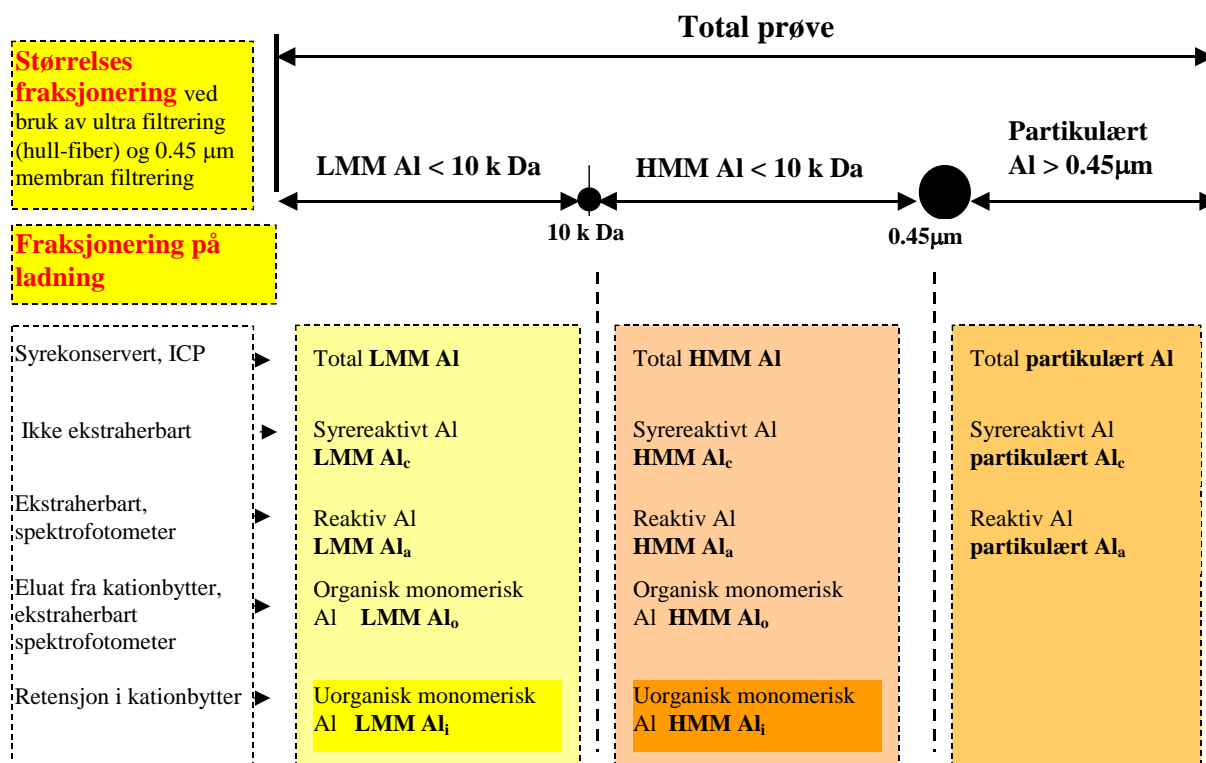
Hul-fiber, membranfilter og ionebytterkolonne ble benyttet i felt. Ved den enkelte stasjonen ble bekkevannet innsamlet direkte vha en peristaltisk pumpe til hul-fiberen, gjennom membranfilteret og/eller ionebytterkolonnen. Ved bruk av *in situ* prøvetaking og fraksjoneringsystem blir bekkevannet fraksjonert umiddelbart, og analyseusikkerhet knyttet til lagringseffekter fjernes. Det ble brukt fiber med nominell molekylvektgrense på 10.000 Dalton for å skille lavmolekylære Al-fraksjoner (LMM Al) fra høymolekylære Al-fraksjoner (HMM Al). Størrelsesfraksjoner blir:

total Al	= Total konsentrasjon av Al i vannprøven
Al (<0,45µm)	= Total konsentrasjon av Al i 0,45 µm membranfiltrert prøve
LMM Al	= Total konsentrasjon av Al i ultrafiltrert prøve (<10 kDa)
HMM Al	= Al (<0,45µm) – LMM Al

Ved å kombinere hul-fiber ultrafiltrering, partikkel «filtrering», ekstraksjon og ionebytting fås informasjon om både høymolekylære (HMM) og lavmolekylære (LMM), positivt ladde og uladde Al-tilstandsformer (**Figur 2**).

De ulike former er benevnt som følger:

tot-Al:	Total Al-konsentrasjonen i vannet, bestemt vha ICP-AES i surgjorte prøver (1 % HNO ₃)
Alc:	Kolloidalt partikulært Al, beregnet slik: (Alc = tot-Al – Ala)
Ala:	Reaktivt Al, vannprøve ekstrahert med 8-hydroxyquinoline og metylisobutylketon i 20 sekunder, lagret ved 4°C i minst 2 dager før bestemmelse av Al-konsentrasjon vha spektrofotometer
Alo:	Ekstrahert eluat fra ionebytterkolonne, Al konsentrasjon bestemt vha spektrofotometer
Ali:	Retensjon i kationbytter, beregnet slik: (Ali = Ala – Alo)



Figur 2. Ulike Al-fraksjoner fraksjonert *in situ* og bestemt mhp. Al konsentrasjon senere på laboratoriet.

Analyse av Al ved LAK

Konsentrasjonen av Al i ekstraherte prøver (MIBK) ble bestemt vha spektrofotometri (Shimadzu, UV-1601, 390nm). Det ble korrigert for interferens av Fe som ble bestemt på bølgelengden 600nm. I totale og filtrerte prøver (surgjort med 1% HNO₃) ble Al-konsentrasjoner bestemt vha ICP-AES.

Histopatologiske undersøkelser av gjeller ved Vet.inst.

Kriteriene som ble benyttet for vurdering av histologiske forandringer likner den metoden som ble benyttet av Lucassen i Kroglund m.fl. (1998). Evalueringen i denne undersøkelsen er utført av Norges veterinærhøgskole, som har lagt spesifikke morfologiske tilstandsendringer til grunn for klassifiseringen.

Vevsforandringer

Gjellenes morfologi (utseende) ble undersøkt med hensyn på:

Epitelcellelaget (hypertrofi, hyperplasi) på sekundærlamellene.

Slimceller: Forekomst på sekundærlameller.

Sammenvoksninger av sekundærlameller.

Kjerneforandringer.

«**Lifting**» (epitelcellelaget på sekundærlamellene løsner).

Nekrose.

Gjellene inndeles i fire kategorier (A-D) ut fra grad (og omfang) av vevsforandringer. Gruppeinndelingen er basert på kriteriene i **Tabell 5**. Gjeller som illustrerer de typiske forandringene tilhørende hver kategori er vist i **Figur 3**. Typegjellene i figurene stammer imidlertid ikke fra denne undersøkelsen. Et utvalg av gjeller fra de ulike stasjonene i denne undersøkelsen er vist i resultatkapittelet.

Tabell 5. Forandringer (gruppe A-D) i gjellevev basert på morfologisk tilstand.

Gruppe:	Tilstand:	Morfologisk tilstand
Gruppe A:	Normal tilstand	Normal morfologi. Eventuelle forandringer som trolig er av artefaktuell karakter aksepteres.
Gruppe B:	Ubetydelige til moderat tilstands- endring	Hypertrofi av epitelet. De enkelte epitelcellene er tykkere enn normalt og kjernen gjerne noe mere prominente.
Gruppe C:	Moderate til uttalt tilstands- endring	<p>Hypertrofi av epitelet (se Gruppe B). Hyperplasi, dvs. at antallet epitelceller øker i tillegg til at cellene er hypertrofiske. Epitelet vil gjerne bli flerlaget og hyperplasien er gjerne mest uttalt ved basis av sekundærlamellene slik at det dannes «svømmehud» i dette området. Slimceller i sekundærlamellene. Slimceller finnes normalt nesten bare ved basis av sekundærlamellene. Ved kroniske irritasjons- og betennelsestilstander er det vanlig at slimcellene migrerer utover sekundærlamellene. Få sammenvoksninger av sekundærlamellene. De ytre deler av sekundærlamellene kleber seg til hverandre og det etableres en sammenvoksning. Kjerneforandringer. Kjernene er gjerne betydelig mere «frodige» og prominente enn normalt. ”Lifting”. Epitelet løsner fra pilarcellene slik at det dannes et hulrom mellom pilarceller og epitel. Dette kan opptre lokalt eller omfatte større områder. Tilstanden kan evt. etterfølges av fullstendig løsning av epitelet fra pilarcellene (deskvasjon, «sloughing», epithelio-capillary separation (ECS)). Det er viktig å være klar over at denne type forandringer kan opptre også som følge av suboptimalt prøveuttak og fiksering.</p>
Gruppe D:	Omfattende tilstands- endring	<p>Hypertrofi (se Gruppe C). Hyperplasi (se Gruppe C). Slimceller i sekundærlamellene (se Gruppe C). Sammenvoksninger av sekundærlamellene (se Gruppe C). Kjerneforandringer (se Gruppe C). «Lifting» (se Gruppe C). Nekrose. Epitelceller dør i større eller mindre områder, ofte i sterkt fortykkede partier av hyperplastisk epitel. Forandringene i gruppe D er i det alt vesentlige en videreutvikling av forandringene i gruppe C. Alle forandringer er imidlertid mer omfattende og alvorlige.</p>

Påvisning av metall.

Forekomsten av metall på gjeller (fargemetoden) angis i mengde og med lokalisering.

Mengde: Ingen, lite, moderat eller mye.

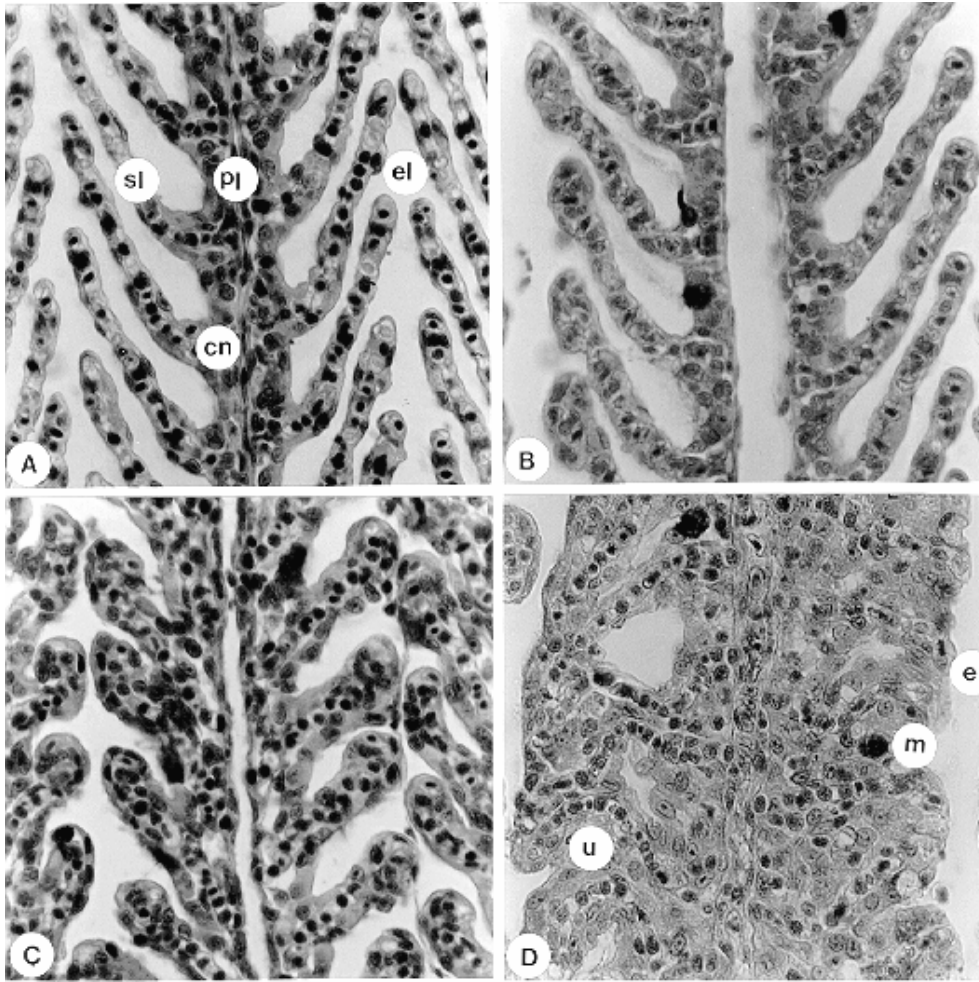
Lokalisering: Dypt (i celler) eller knyttet til overflaten.

Feilkilder:

Ulike typer artefakter vil lett kunne oppstå ved uttak og fiksering av gjeller. Disse vil kunne representere en betydelig feilkilde ved evalueringen av preparatene. De vanligste er:

Blødninger; Disse registreres (også makroskopisk) som røde punkter eller «ballonger» på sekundærlamellene. De er gjerne et resultat av hardhendt avlivning og i slike tilfeller er alle blødningene like.

Løsning av det respiratoriske epitel fra pilarcellene. Dette er et vanlig artefakt som kan være svært vanskelig å skille fra reelle, akutte forandringer. Forandringene opptrer helst hvis fikseringsvæsken har en temperatur som er svært forskjellig fra omgivelsestemperaturen til fisken, hvis tiden mellom avlivning av fisken og fiksering er for lang, eller hvis det benyttes en fikseringsvæske med feil sammensetning.



Figur 3. Gjellestruktur (400X) for kategoriene A-D, som er beskrevet i teksten. Bildene viser: pl, primærlamell; sl, sekundærlamell; cn, blodårer; el, epitelløfting; m, mucous(slim)celler; e, epitel som dekker tilstøtende tupper av sekundærlameller; u, udifferensierte celler som fyller interlaminært rom av fullstendig fusjonerte lameller.

Bunndyr

På hver av fiskestasjonene ble det i perioden 12.-14. april tatt en bunndyrprøve for beregning av forsuringsindeks 1 og 2. Prøvene ble tatt av NIVA og er bearbeidet og vurdert av LFI, Universitetet i Bergen. Prøvene ble tatt ved sparkemetoden (Frost *et al.* 1971), samlet i hov med 250 μ m maskevidde, konserverte på etanol og senere sortert og bestemt under lupe.

Forsuringsindeks 1

Sammensetningen av følsomme og tolerante invertebrater kan brukes til å indikere forsuren av en lokalitet (Raddum og Fjellheim 1984; Fjellheim og Raddum 1990). Metoden bygger på ulike arters toleranse mot surt vann. I modellen deles bunndyrene inn i 4 kategorier med hensyn på toleranse til vannets surhet. Sterk forsuren indikeres ved 0 og lite forsuret ved 1. Dersom det finnes en eller flere arter som tåler pH ned til 5.5 i lokaliteten gis denne en forsuringsindeks 1. I lokaliteter hvor ingen av disse artene er tilstede, men hvor det finnes en eller flere arter som tåler pH ned til 5.0, får lokaliteten indeks 0.5 (moderat forsuringskade). Tilsvarende vil en lokalitet som inneholder arter som tåler pH ned til 4.7, men mangler de andre følsomme formene, oppnå indeks 0.25 (tydelig forsuringskade). Dersom det bare finnes arter med høy toleranse for surt vann, tåler pH < 4.7, gis lokaliteten indeks 0.

Forsuringsindeks 2

Denne indeksen er en videreutvikling av indeks 1 (Raddum 1999). Forholdet mellom den mest følsomme døgnfluen, *Baetis rhodani*, (D) og de mest tolerante steinfluene (S) i rennende vann utnyttes for å avdekke begynnende skader innen nivået 1 for forsuringsindeks 1. I lokaliteter med god vannkvalitet er forholdstallet D/S nesten alltid større enn 1 (Raddum og Fjellheim 1984). I pH-området fra 6.0 til 5.5 synker forholdstallet raskt mot 0. Forsuringsindeks 2 tar hensyn til dette forholdet når indeks 1 > 0.5. Indeks 2 brukes bare når den mest følsomme døgnfluen *B. rhodani* er til stede som eneste art av de mest følsomme og skrives da som: Indeks 2 = 0.5 + D/S. Dersom summen er større enn 1, settes verdien til 1, mens en ved lavere verdier oppgir tallverdien.

Dersom en ønsker å beskrive forsuringstilstanden ved tilstandsklassene gitt av SFT gjelder følgende:

Tilstandsklasse:	Indeksverdi:
I Meget god	Indeks 1 og 2: = 1
II God	Indeks 2: 0.5-1
III Mindre god	Indeks 1: = 0.5
IV Dårlig	Indeks 1: = 0.25
V Meget dårlig	Indeks 1: = 0

3. Værforhold og hydrologi

Siden den vannkjemiske prøvetakingen skulle fange opp flomepisoder av ulik art og den biologiske prøvetakingen skulle skje i tilknytning til disse for å fange opp effekter, måtte vi søke informasjon om værforhold og hydrologiske forhold i prosjektperioden. Både prognoser og målte data er innsamlet og presentert her.

I prosjektperioden var det over middelnedbør i alle måneder med unntak av mars. I februar og april kom det omlag 200 % av normalnedbør, se **Tabell 6**. I 1999 var det sen vår, med kalde netter og litt varme dager innimellom. Hadde det vært mildere om natten kunne vårflommen blitt mer framtredd enn tilfellet var, for snømengdene var normale og til dels store til langt utpå vårparten. De kalde nettene bremsset snøsmeltingen slik at det ikke ble noen markert flomtopp i juni måned.

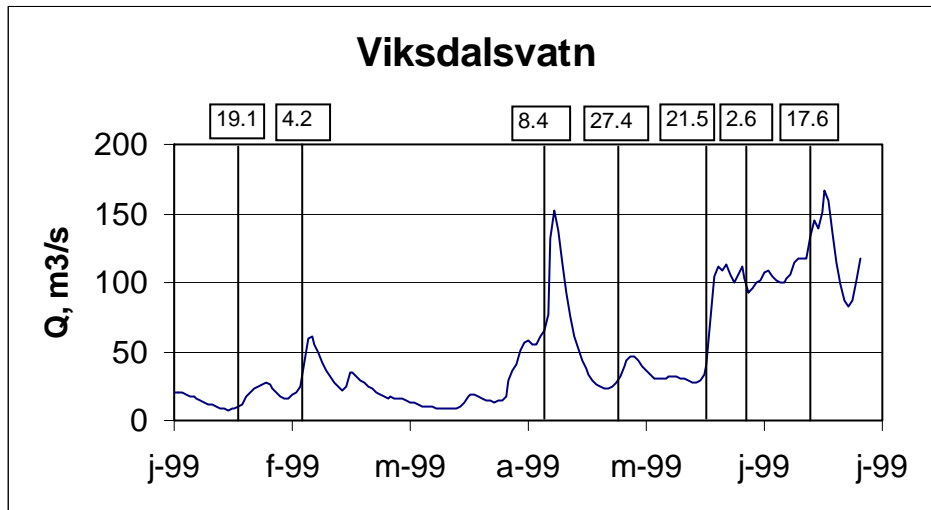
For å finne ut hvordan prøvetakingen faktisk klaffet med flomperioder er det innhentet vannføringsdata fra tre ulike stasjoner i Gaularvassdraget og i Nausta. Stasjonen i Viksdalsvatn og Osfossen i Gaular representerer et stort vassdrag og skal derfor i utgangspunktet gi et inntrykk av de store flommene og hovedsnøsmeltingens innvirkning. Stasjonen i Årøyelva nederst i Gaular representerer de lokale forhold og kan vise hvordan prøvetakingen falt i forhold til nedbørepisodene. Vannføringen i Nausta er lite dempet av innsjøer, og Nausta representerer dermed et noe større vassdrag som responderer raskt på nedbør. Det var imidlertid et klart sammenfall mellom vannstanden i sidefeltet og ved de to stasjonene i Gaularvassdraget hovedløp. Unntaket var snøsmeltingsperioden i høyere områder, som ga jevnt høy vannføring fra slutten av mai, mens vannføringen var lav i Årøyelva.

Figur 4 viser at prøvetakingstidspunktet den 19.1. sannsynligvis ikke ga så godt treff som værprognosene (**Tabell 7**) skulle tilsi. Forholdene kan ha vært annerledes i ytre deler pga kraftig vind og ustabil vær. Både den 4.2 og 8.4 klaffet prøvetakingen med stigende flom, men ikke med flomtoppen. Den 4.2 ble det registrert 52 mm nedbør i Førde (**Tabell 6**), og prøvetakingen kunne med fordel ha vært dagen etter. Maksimalnedbør tidlig i april kom to dager seinere enn prøvetakingen. Her er det derfor også mulig at prøvetakingstidspunktet var noe tidlig, og vannstandsdatene bekrefter dette. Den 27.4 var det ubetydelig nedbør og kun mindre vannføringsøkning. Prøvetakingen var et forsøk på å få vannprøver fra en tidlig fase i snøsmeltingen. Også ved prøvetakingene den 21.5. og 2.6. ville vi ha vannprøver fra snøsmelting. Det hadde vært ubetydelig nedbør i denne perioden. Den 23.5 var det imidlertid svært mye nedbør i Førde. På den siste prøvetakingdagen, den 17.6., observerte Svein Arne Forfod fiskedød (smolt) i Høyangervassdraget. Store nedbørmengder ble registrert natten før prøvetaking (se også **Tabell 6**), og dette kan ha gitt lokal flom, slik **Figur 4** viser. Slike tendenser ble også observert i Årøyelva og i Osfossen. I **Tabell 8** har vi gitt en samlet vurdering av disse forholdene. Tabellen, som også er basert på kjemiretultater, viser at det kun har vært moderate sjøsalteffekter under prøvetaking, med unntak av Lona den 19. januar 1999.

Vassdragene er svært ulike med hensyn på størrelse, høyde over havet og avstand fra kysten, og det var derfor ikke mulig å treffe flomsituasjoner samtidig i alle. Snøsmeltingen var over i hele Loneelva i slutten av april i følge snøkart (basert på satelittdata) fra NVE. På dette tidspunkt var det fremdeles snø i Årøyfeltet (nordvendt) og fullt snødekket og fremdeles mye snø i fjellet. Det var sein og ikke så flompreget våravrenning i de større og høyereliggende vassdragene. En prøvetakingsstrategi som i større grad hadde vært orientert om det enkelte vassdrag ville trolig være bedre egnet, men ville kreve et enda mer omfattende system med oppfølging av lokalkontakter.

Tabell 6. Oversikt over månedsnedbør for ytre Sogn og nedbørdata for Førde i perioden januar-juni 1999. Data er hentet fra hurtigoversikter utgitt av DNMI-Klimaavdelingen. Det er oppgitt et tallområde basert på kart.

Måned	Utjevnet månedsnedbør i % av normal (Ytre Sogn)	Månedsnedbør i Førde		Maksimal døgnsnedbør i Førde	
		mm	% av normal	mm	dato
Januar	100-150	251	105	33.5	23.1.99
Februar	200 eller noe lavere	270	159	52.3	4.2.99
Mars	75-125	170	87	24.0	30.3.99
April	omkring 200	212	193	78.8	10.4.99
Mai	150-200	173	173	53.0	23.5.99
Juni	125-150	178	142	28.5	17.6.99



Figur 4. Vannføring (Q; m³/s) ved Viksdalsvatn i Gaularvassdragets midtparti i prosjektperioden. Prøvetakingstidspunkt for vannkjemi er vist med vertikale linjer.

Tabell 7. Prøvetakingsdatoer med meteorologiske og hydrologiske forhold. Svein Arne Forfod var lokal observatør i perioden. Enkelte av hans observasjoner er gitt i tabellen.

Prøve-datoer	DNMI – værvarsler	NVE – vannføringsprognoser	Kommentarer
19. januar	Sørlig sterk kuling 20 på kysten, liten storm 22 ved Stad, minkende i kveld til liten kuling 12, sterk kuling ved Stad. Regnbyger, snøbyger over 700-800 m. Temperatur-utsikter: fremdeles mildt. I firedagersvarslet på internet: Regn (frontnedbør).	16.-19. januar. Prognosen: Vestlandet sør for Stad (og Sørlandet): Normal til stor vannføring. Stigende tendens.	Mulig vinterstorm og sjøsaltepisode. Mye vind også dagene før vår prøvetakingsdag. Regnbyger, haglbyger, samt snøbyger over 300 m dagen før.
4. februar	Vestlig liten storm 22 på kysten, sterk storm 30 ved Stad. Regnbyger, snøbyger over ca. 400 m. Fra i kveld nordvest sterk kuling på kysten og i fjellet, snøbyger også i ytre strøk. Utrygt for torden. Til dels store nedbørmengder. Temperatur-utsikter: synkende temperatur.	3.-5. februar. Prognosen: Vestlandet (og vestlige deler av Sørlandet): Stor vannføring og stigende tendens. Et kraftig lavtrykk midt i perioden med mye nedbør og forbigående stigende temperatur vil gi raskt stigende vannføring.	Mulig vinterstorm og sjøsaltepisode.
8. april	Sørlig bris, økende til liten kuling 12 på kysten. Delvis skyet, oppholdsvær. Fra i ettermiddag sørlig stiv kuling 15, sørvest liten storm 22 ved Stad. Regn. Temperatur-utsikter: fremdeles mildt.	7.-9. april. Prognosen: Vestlandet: Stor vannføring. Noe stigende tendens.	Begynnende vårflom. <u>Regnet kom voldsomt dagen etter vår runde.</u>
27. april	Lett bris. For det meste pent vær. I kveld tilskyende oppholdsvær. Fjordane: Sørlig bris, tilskyende, oppholdsvær. I kveld sørvest bris, liten kuling 12 m/s omkring Stad. Litt regn. Temperatur-utsikter: litt lavere temperatur enn i går.	24.-27. april. Prognosen: Møre og Romsdal og Vestlandet: Normal vannføring og synkende tendens i lavereliggende vassdrag, små forandringer i høyereliggende strøk.	Snøsmelting; bare Lona som ikke har snøsmelting nå. Forfod observerte måker i fjæra i Høyanger den 25.4, jaktende på smolt
21. mai	Økning til sørøst liten kuling 12 m/s, fra i kveld sørlig stiv kuling 15 på kysten. Tilskyende, mot kvelden regn. Utrygt for torden. Temperatur-utsikter: omtrent uendret temperatur.	Prognosen som inkl. 21.mai: Opp mot normal vannføring, med noe stigende tendens.	Ren snøsmeltingsprøve(?), oppholdsvær i lengere tid (uker). Varsel om skogbrannfare.
2. juni	Sogn og Fjordane: Minking til sørvest bris, frisk bris 10 m/s ved Stad. Litt regn og yr. Fra sent i ettermiddag skiftende bris. Stort sett pent vær sør for Nordfjord, ellers skiftende skydekke og enkelte regnbyger. Temperatur-utsikter: litt høyere temperatur enn i går.	2.-4. juni: Prognosen: Sør-Trøndelag og Nord-Vestlandet: Normal vannføring. Forbigående stigning. Sør-Vestlandet og Sørlandet: Stort sett normal vannføring. Små forandringer.	Snøsmelting i tillegg til noe nedbør. Fortsatt kaldt i fjellet, men snømengdene krympet mye.
17. juni	Sogn og Fjordane: 16.-17. juni: Sørlig stiv kuling på kysten, til dels sterk kuling nær Stad, minkende utpå natta. Litt regn, i kveld og i natt lokalt store nedbørmengder. I morgen sørvest frisk bris på kysten, til dels stiv kuling ved Stad, minkende utpå ettermiddagen, skyet vær med regnbyger. Temperatur-utsikter: litt lavere temperatur.	16.-18.: Prognosen: Sør-Norge: Etterhvert normal vannføring i alle kystnære vassdrag uten snø i feltene. Ellers stor vannføring og små forandringer.	Store nedbørmengder om natta før prøvetaking. Siste rest av snøsmeltinga? Fiskedød i Høyanger observert av Forfod.

På dagene 12.-14.4., 28.-29.4. og 7.5. ble det samlet gjeller til analyse.

Tabell 8. En samlet vurdering av prøvetakingstidspunkt for vannkjemi i forhold til karaktertrekk og tidspunkt for flomepisodene. Sjøsaltinnhold er hentet fra resultatkapittelet. Nederst i tabellen er det også gitt en vurdering av prøvetakingstidspunktet for de biologiske prøvene og aluminiumfraksjoneringen.

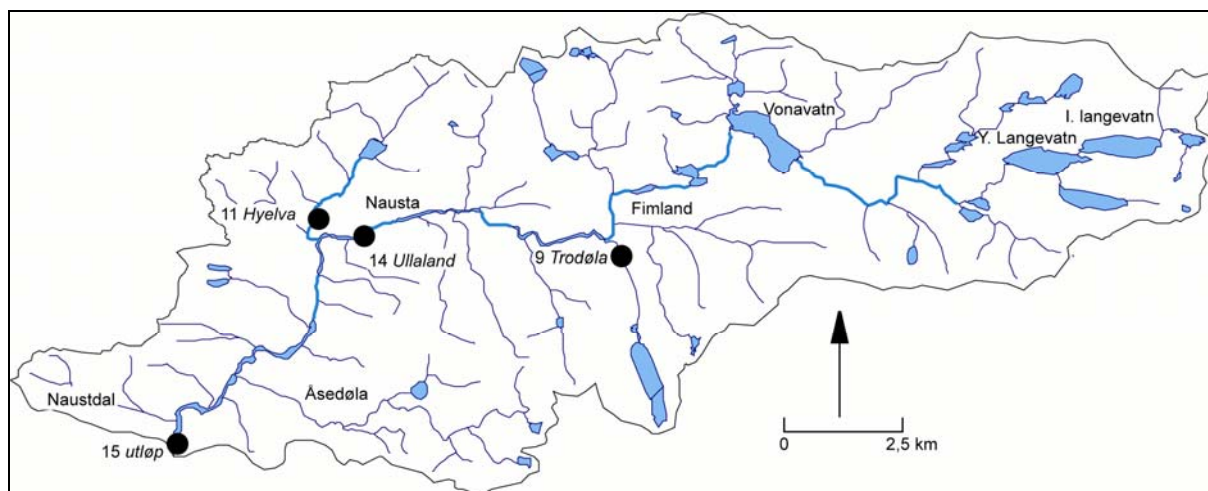
Prøvetakingsdato	Karaktertrekk for tilhørende flom	Kommentar
19. januar 99	Kun liten flom målt i Nausta og ved Viksdalsvatn, men mild luft og kraftig vind. Episoden var likevel den nest største mellom nyttår og 30. mars i Nausta.	Prøvetaking helt i oppstarten på svak økning i vannføring. Lona ble sterkt sjøsaltanrikt og flere av elvene hadde sin høyeste Cl-konsentrasjon. Men med unntak av Lona var effektene moderate.
4. februar 99	Stor flom i vassdragene og kraftig vind. Over 50 mm nedbør i Førde denne dagen. Episoden var den største mellom nyttår og 30. mars.	Prøvetaking helt i oppstarten på flommen, som kulminerte to dager seinere. Til tross for relativt mye salter, ble det ikke registrert annet enn moderate sjøsalteffekter, mest i Nausta og sidefeltene til Viksdalsvatn i Gaular.
8. april 99	Generelt mere vann i vassdragene pga økende snøsmelting, mildt og kraftig vind. Nesten 80 mm nedbør i Førde den 10.4, som førte til den desidert kraftigste regnflommen i undersøkelsesperioden.	Igjen to dager før tidlig ute i forhold til flomtoppen, men traff godt på oppadstigende flom. Var også kraftig flomtopp 10 dager før. Ikke sjøsalter, men unntak for sidefelt til Viksdalsvatn i Gaular.
27. april 99	Liten flomtopp, først og fremst snøsmeltingsbetinget	Traff flom, men den var liten og inneholdt ikke sjøsalter av betydning. Først og fremst snøsmeltingsvann fra mellompartier.
21. mai 99	Flom som kulminerte tre dager seinere, pga mye nedbør. Over 50 mm nedbør i Førde den 23.5. Vannføringsøkningen markerte starten på den kraftigste delen av smeltevannsflommen.	Prøvetaking to-tre dager før flomtopp og tre dager før et stabilt høyt vannføringsnivå. Var trolig en dag for tidlig ute til å treffe godt på oppadgående flom, men Cl-økning (uten sjøsalteffekt) i Lona.
2. juni 99	Snøsmelting, ikke nedbørbetinget flomvannføring	Rein snøsmelting
17. juni 99	Vannføringsøkning pga store nedbørmengder, som kom i tillegg til snøsmelting. Trolig størst vannføring i hele undersøkelsen denne dagen.	Kraftig nedbør natta før prøvetaking, og derfor en kombinert effekt av smelting og nedbør. Ikke tegn til sjøsalteffekter.
<p><i>På dagene 12.-14.4., 28.-29.4. og 7.5. ble det fraksjonert vann for aluminiumanalyse og samlet gjeller til analyse. Det ble samlet bunndyr den 12-14.4. (Gaular, Lona, Yredalselva, Hovlandselva, Nausta og Ornevik) og 28.4. (Jølstra og Gaular ved Oset).</i></p> <p><i>Den første perioden (12.-14.4.) var på nedadgående flom, 2-4 dager etter den sterke flomtoppen 10.4. Neste periode (28.-29.4.) sammenfalt med vannføringsøkning og liten flom, mens prøvetaking 7. mai var midt i en periode med liten vannføring</i></p>		

4. Resultater av vannkjemiske og biologiske undersøkelser

Her presenteres hvert enkelt vassdrag for seg. Først vises nedbørfeltkart med prøvetakingsstasjoner for vannkemi, deretter vises data for vannkemi, aluminium på fiskegjeller og resultater fra bunndyrundersøkelsen. Vi har valgt å ha et eget avsnitt om sjøsalter framfor å legge resultatene inn under hvert enkelt vassdrag. Det gjør det lettere å sammenlikne og behandle temaet under ett.

4.1 Nausta

Naustavassdraget (**Figur 5**) er 281 km² stort, grenser til Jølstravassdraget i sør og renner ut i Førdefjorden. Fjellene som avgrenser vassdraget ligger omkring 1000 moh. Stasjonene Trodøla og Ullaland inngår i statlig program for forurensningsovervåking (DN/SFT).

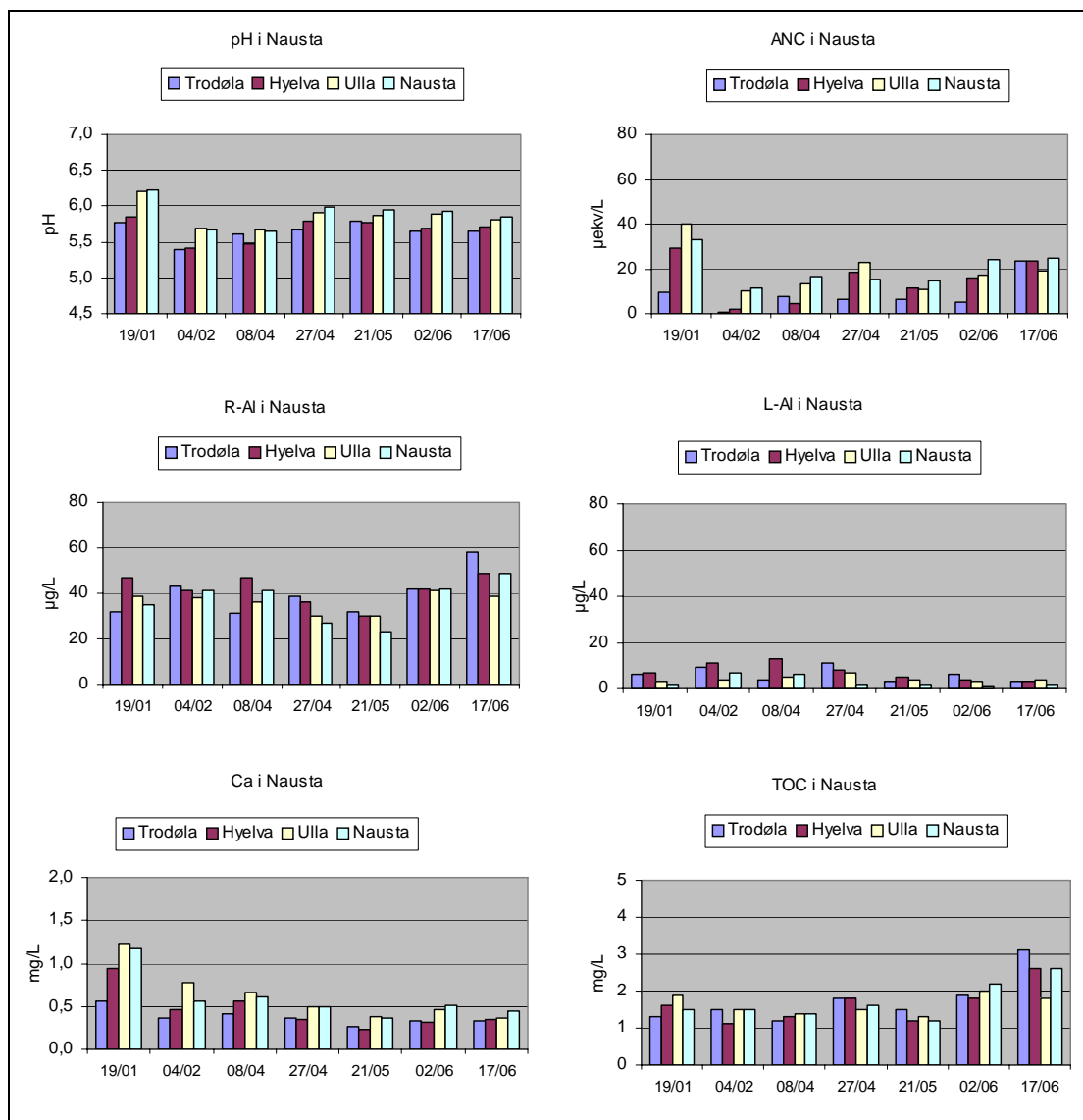


Figur 5. Nedbørfeltet til Nausta med prøvetakingsstasjoner, se også **Tabell 1**.

4.1.1 Vannkemi under flom

I Nausta var vannkvaliteten karakterisert av moderat pH-endring og relativt lave nivåer av kalsium, totalt organisk karbon (TOC) og aluminium. Vannkvaliteten var "dårligst" ved prøvetakingene i februar og april; pH var nær 5.5 og det var tendenser til noe økning i konsentrasjonene av labilt aluminium (**Figur 6**). Nivåene var imidlertid lave (mindre enn 15 µg labilt Al/L i hele materialet), og det antas at vannkvaliteten var akseptabel. Konsentrasjonene av reaktivt Al var omlag 40 µg/L gjennom vinteren, lavere i mai med antatt dominans av snøsmeltingsvann og stigende utover i juni i forbindelse med at konsentrasjonen av TOC økte. TOC tar med seg organisk bundet Al og gir den observerte økningen i RAl.

Dataene for Nausta viser at snøsmeltingen ikke mobiliserte aluminium i nevneverdig grad. Svært lave konsentrasjoner av kalsium i deler av denne perioden, under 0.4 mg/L i hovedelva i mai, gjør imidlertid at vassdraget er svært følsomt. Men pH var likevel nær 6.0 på denne datoen.



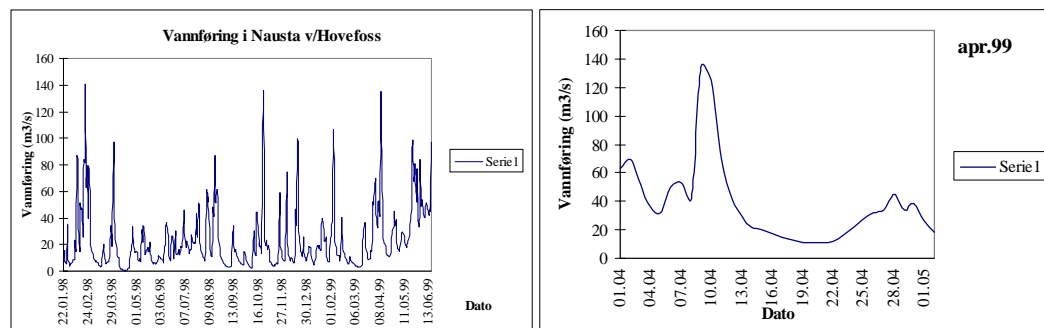
Figur 6. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Nausta.

4.1.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering

Feltarbeid i Nausta ble utført 13. og 28. april og 7. mai. *In situ* fraksjonering av aluminium ble gjennomført 13. og 28. april, mens el-fiske og innsamling av vann til laboratoriefraksjonering av aluminium ble utført 13. april, 28. april og 7. mai. Bunndyr ble samlet inn på samtlige stasjoner 13. april.

Det var stor vannføring i Nausta 10. april (**Figur 7**). Vannføringen tilsvarte de største flommene i vassdraget siden januar 1998. Flommen var kortvarig og vannføringen ble redusert fra 140 til 30 m³/s fra 10. til 13. april da feltarbeidet startet. Prøvene fra 13. april representerer derfor effekter 2 dager etter en flomtopp. Vannføringen var <40 m³/s med fint vær til neste feltarbeid 28. april, hvor den såvidt passerte 40 m³/s. For el-fiske var vannføringen høy 13. og 28. april, og middels, med gode forhold den 7. mai.

Hyelva hadde over middels vannføring, men brukbare forhold for el-fiske 13. april. Den 28. april var vannføringen i denne sideelven høy til el-fiske, men 7. mai var det middels vannføring og gode forhold. I Åsedøla var det høy vannføring og vanskelige forhold ved alle de nevnte prøvetakingstidspunkter.



Figur 7. Vannføring i Nausta ved Hovefoss fra april 1998 til juni 1999 (data fra NVE).

Tabell 9. Vannkvalitetsparametere målt i felt og konsentrasjoner ($\mu\text{g/L}$) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert in situ i Nausta.

Lokalitet	Dato	pH	Temp (C°)	Ledn, ($\mu\text{S/cm}$)
Nausta	13.04.99	5,74	2,1	16
Nausta	28.04.99	6,03	5,1	13
Hyelva	13.04.99	5,74	1,8	16
Hyelva	28.04.99	5,68	4,2	12
Åsedøla	28.04.99	5,85	4,2	13

Lokalitet	Dato	Al	Al _c	Al _a tot	Al _a >0,45	Al <0,45	Al _c <0,45	Al _a <0,45	Al _o <0,45	Al _i <0,45
Nausta	13.04.99	58				55			37	
Nausta	28.04.99	85	31	53	6	68	20	48	47	1
Hyelva	13.04.99	80	21	59	5	78	23	55		
Hyelva	28.04.99	78	27	51	4	73	26	47	44	3
Åsedøla	28.04.99	90	44	46	3	69	27	43	39	4

Lokalitet	Dato	Al HMM	Al HMM	Al _a HMM	Al _o HMM	Al _i HMM	Al LMM	Al _c LMM	Al _a LMM	Al _o LMM	Al _i LMM
Nausta	13.04.99	52				37					
Nausta	28.04.99	52	27	25	26	<1	16	<1	23	21	2
Hyelva	13.04.99	61					17			26	
Hyelva	28.04.99	47	26	21	21	0	26	0	26	23	3
Åsedøla	28.04.99	54	31	22	24	<1	16	<1	20	15	5

Vannkvalitet

Ved prøvetaking varierte pH-målingene mellom 5,7 og 6,0 og temperaturen var lav (**Tabell 9**). Konsentrasjonen av totalt Al varierte fra 58-90 µg/L, med høyeste nivå i Åsedøla 28. april. Det var en liten partikkeltransport (tot Al), men en relativ stor (ca.30%) kolloidtransport (20-27 µg/L HMM Alc). Kolloidalt eller høymolekylært Al utgjorde ca. 1/3 av Al i løsning, og er trolig assosiert med humus (Alo). Konsentrasjonen av lavmolekylært Al varierer mellom 16 og 26 µg/L, og hovedandelen av den lavmolekylære Al-fraksjonen var uladd eller negativt ladd (Alo). Konsentrasjonen av potensielt toksisk høymolekylært Ali (polymeriseringsprodukt, opptil 5 µg/L) og lavmolekylært Ali var ubetydelig (opptil 5 µg/L). Disse vannkvalitetsdataene tilsier at aluminium i vann 3 døgn etter flommen ikke skulle medføre skade på fisk.

Gjelleundersøkelser

De høyeste konsentrasjonene av Al på gjeller ble registrert 13. april, hvor Hyelva viste høyere konsentrasjoner enn Åsedøla og Nausta. Konsentrasjonen av Al på gjeller i Hyelva 13. april var relativt høye hos aure (81 µg/g) og laks (152 µg/g), (**Tabell 10**).

Den histologiske analysen viste at mesteparten av fisken hadde gjeller i kategori B og C ved samtlige av de tre prøvetakingstidspunktene (**Figur 8**). For laks og aure fanget i selve Nausta var hovedandelen av fisken i kategori B, mens i Hyelva og Åsedøla var det en større andel av både laks og aure som hadde gjeller i kategori C. Eksempler på gjeller i kategori B og C er vist i **Figur 9**.

Tabell 10. Prøver av aure- og laks i Nausta. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium (µg Al/g tørrvekt).

11 = Hyelva (Åmot)-Nausta (UTM 305 293)

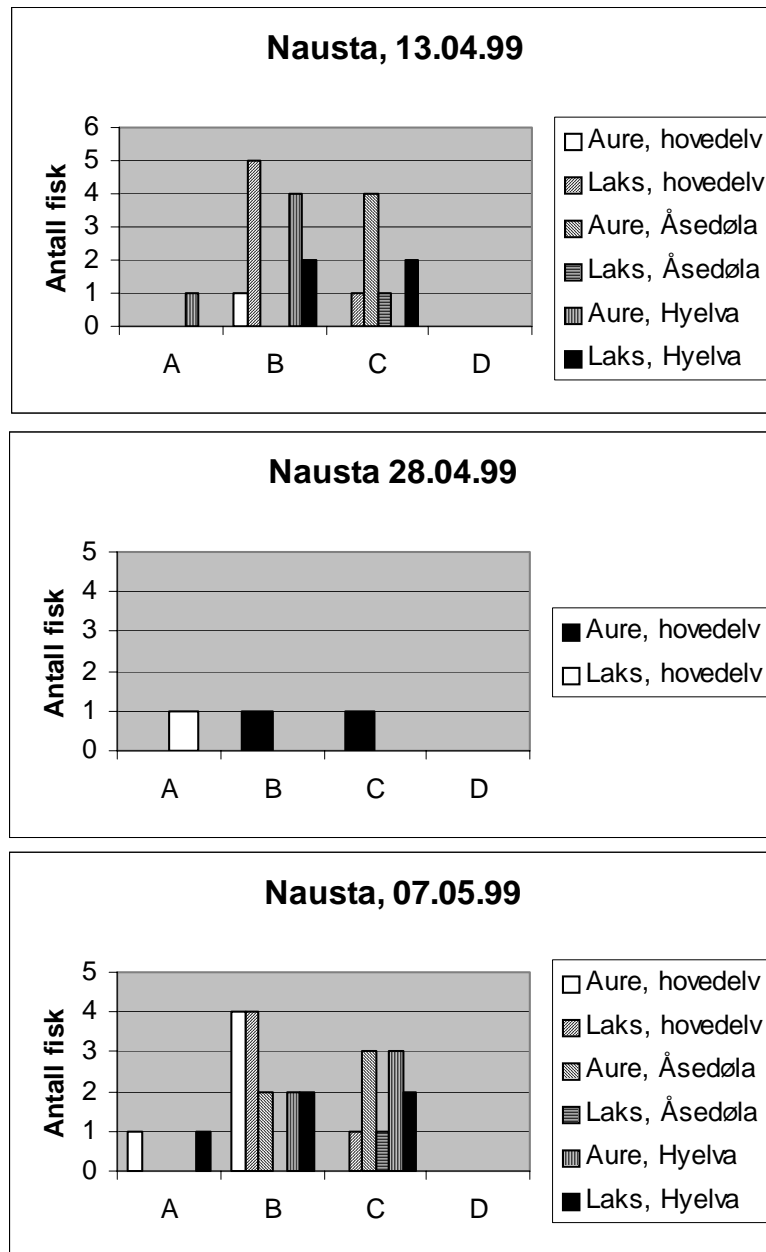
11b = Åsedøla-Nausta (UTM 273 262)

15b = Nausta (hovedelv) (UTM 292 290)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al (µg/g)	N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al µg/g
13.04	11	5	143± 35	31± 25	81± 15	4	99± 16	10± 4	152±33
13.04	11b	4	102± 9	11± 2	38± 19	1	87	6	20
13.04	15b	1	93	10	59	6	94± 10	8± 3	65±31
28.04	11	0				0			
28.04	11b	1	68	4	126	0			
28.04	15b	2	96± 4	10± 2	48±26	3	69± 19	4± 3	41±15
07.05	11	5	121± 14	17± 5	48±17	5	111± 19	14± 5	59±19
07.05	11b	5	103± 24	15± 10	11±12	1	96	9	20
07.05	15b	5	127± 17	23± 9	9±7	5	132± 6	23± 3	19±7

Bunndyr

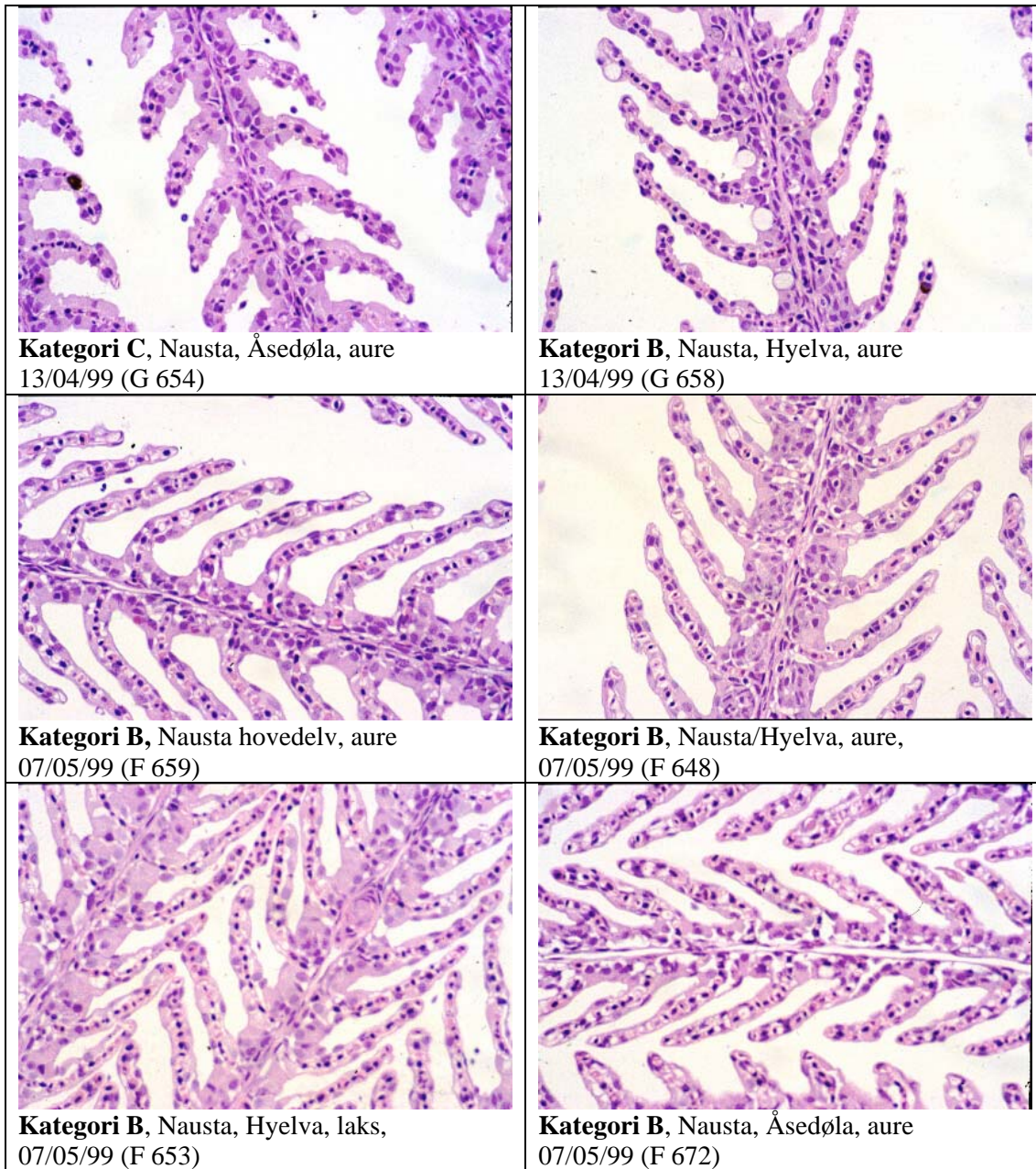
I Nausta (hovedelva) var verdiene for begge forsøringsindeksene lik 1. Dette skyldes høy forekomst av snegl, mens det var lite av andre følsomme arter. Nausta inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet og har de siste årene vist verdier nær 1 for begge forsøringsindeksene. Flomsituasjonen skiller seg således lite fra disse målingene bortsett fra lavt antall individ. Dette kan ha sammenheng med at høy vannføring gjør det vanskelig å ta gode prøver. Elva oppnår imidlertid betegnelsen ubetydelig forsuret i tråd med bedømmelsen i overvåkingsprogrammet. I Hyelva ble det registrert nok *Baetis rhodani* til at begge indeksene fikk verdien 1. Denne lokaliteten inngår også i det nasjonale overvåkingsprogrammet. Resultatene fra programmet har i flere år vært stabilt for Hyelva med indeksverdier lik 1. Lokaliteten blir vurdert til å være ubetydelig forsuringsskadet i likhet med Nausta nedstrøms Hyelva. Kortvarige flomepisoder synes derved ikke å være kritisk for bunndyr.



Figur 8. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er presentert.

Sammenfatning

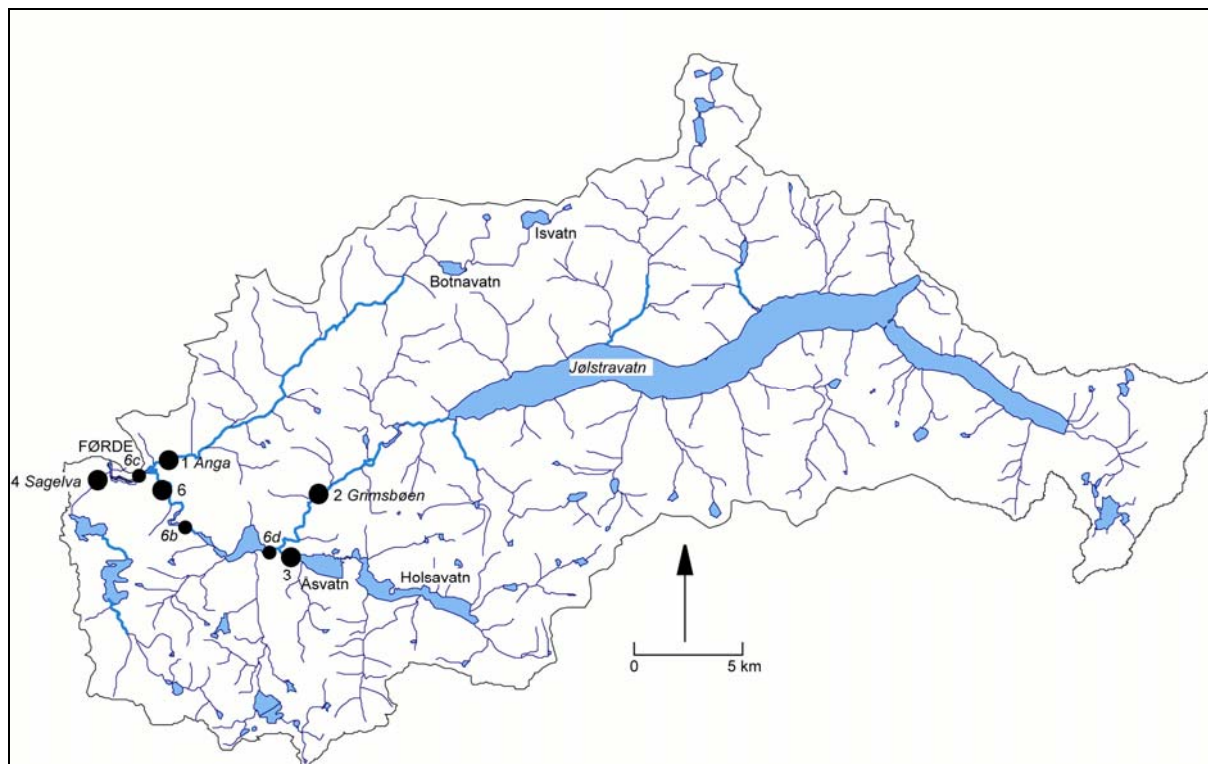
Ved høy/normal vannføring i Nausta ble det målt moderat pH endring, lave konsentrasjoner av lavmolekylært Al_3 i vannprøver og relativt lave konsentrasjoner av Al på gjeller. Den 13. april derimot ble det målt relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller, spesielt i Hyelva, trolig en effekt av flommen tre dager før. Den histologiske undersøkelsen viser også større forandringer i gjellene på fisk fra sideelvene enn i hovedvassdraget. Resultatene indikerer at vannkvaliteten kan være kritisk under store vårflommer og medføre at fisken tre dager etter flomtopp fortsatt kan ha relativt høye konsentrasjoner av Al på gjellene, selv om Al_3 konsentrasjonene i vannet har blitt lav. Bunnrysituasjonen tilsier imidlertid at lokalitetene er ubetydelig berørt av forsurening.



Figur 9. Gjellebilder fra Nausta våren 1999. Bildene viser aure i kategori B og C og laks i kategori B.

4.2 Jølstra

Jølstravassdraget er 712 km² stort (**Figur 10**) og har sitt utløp i Førde i Sunnfjord. Kildeområdene er bl.a. vestre del av Jostedalsbreen og strekker seg opp til 1600 moh. I øvre del ligger det store Jølstravatn drøyt 200 moh. Nedbørfeltet grenser i sør mot Gaularvassdraget. Isvatnet, Nordvatnet og innløp til Botnavatn øverst i tilløpet Anga er kalket.



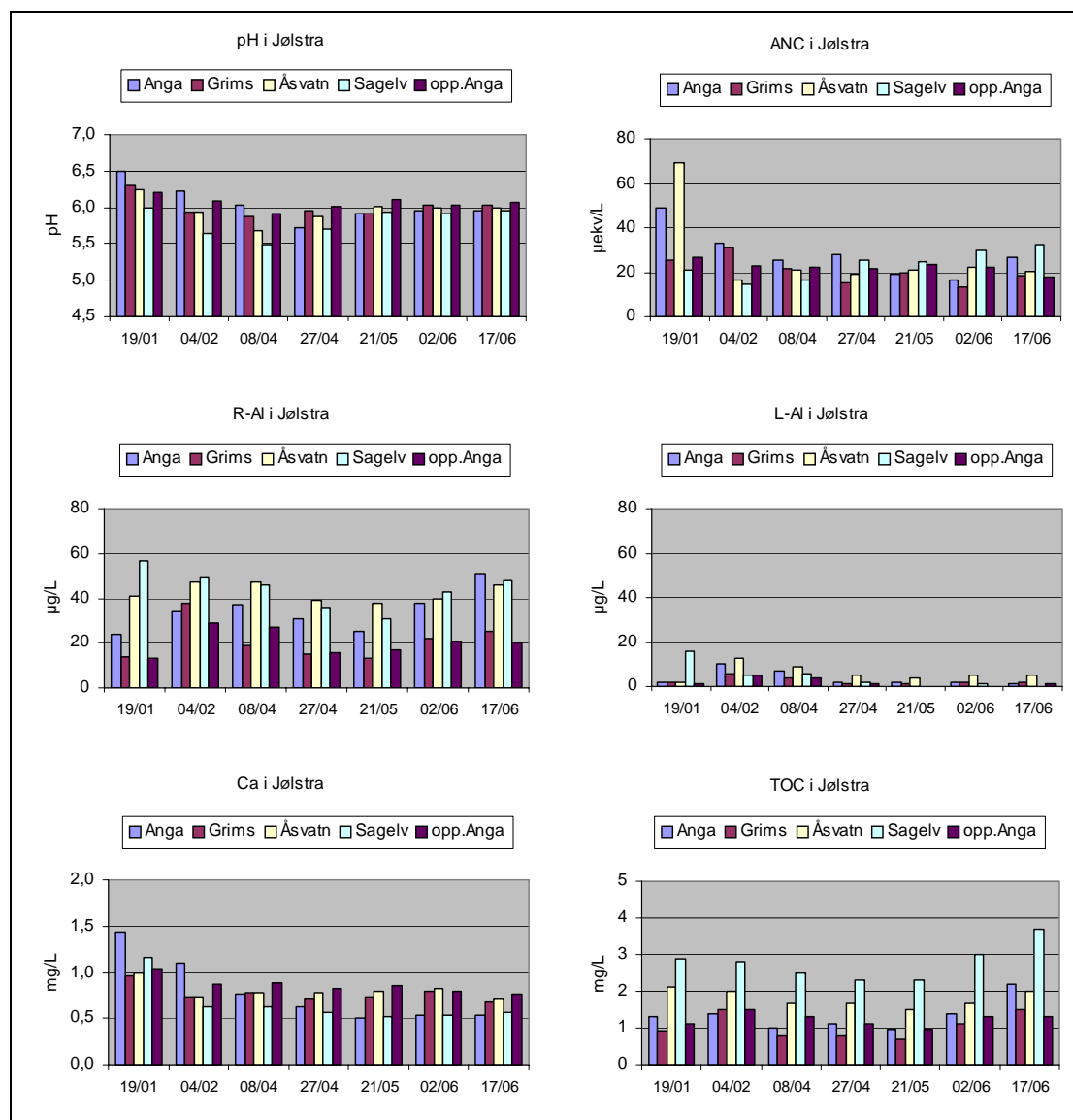
Figur 10. Nedbørfeltet til Jølstra med prøvetakingsstasjoner.

4.2.1 Vannkjemi under flom

Vannkvaliteten i selve Jølstra var akseptabel gjennom hele vinteren og våren 1999 ifølge de resultatene som framkommer i dette prosjektet (**Figur 11**) og det en vet om vannkvalitetskravene for laks. Det var tendenser til aluminiumsmobilisering i Åsvatn, Anga og Sagelva, men konsentrasjonene var lave (under 20 µg LAI/L). Konsentrasjonen av reaktivt Al var høyest i avløpet fra Åsvatn og i Sagelva, men dette henger sammen med at det også var høyest konsentrasjon av TOC i disse tilløpene. Det er verdt å merke seg den store variasjonen i vannkvalitet i Anga; fra pH 6.5 og nær 1.5 mg Ca/L i januar til ned mot pH 5.7 og 0.5 mg Ca/L i april/mai. Det er også verdt å merke seg at hovedvassdraget i perioder har ekstremt lav konsentrasjon av reaktivt Al, ned mot 10-15 µg/L i januar og april/mai, mens konsentrasjonen i andre perioder kan være 30-40 µg/L (februar), også helt oppe ved Grimsbøen.

Sagelva kunne utgjøre et potensielt problem for anadrom strekning hvis Al-mobiliseringen var stor. Det ser ut til at dette vassdraget kan ha lav pH, ned mot 5.5, men samtidig ha høy TOC-konsentrasjon (alltid over 2 mg/L i denne undersøkelsen). Det gjør at faremomentet blir atskillig mindre fordi TOC binder og dermed avgifter uorganisk Al.

Den svært høye ANC-verdien for Åsvatn i januar henger sammen med generelt høye konsentrasjoner av basekationer, men ifølge NIVAs ionekontroll er det stor uoverensstemmelse mellom basekationer og anioner. En skal derfor ikke legge for stor vekt på denne verdien.



Figur 11. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Jølstra.

4.2.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering

Feltarbeidet i Jølstra ble utført 13. april, 28. april og 7. mai. Den 13. april ble det samlet inn bunndyrprøver i Anga og Jølstra ved kraftstasjonen. Den 28. april ble det tatt bunndyrprøve i Jølstra ved Førde.

Den 13. april var det høy vannføring i Jølstra, og overløp over dammen oppstrøms kraftstasjonen. Fiske i Jølstra nedstrøms samløpet med Anga var ikke mulig, men det ble foretatt fangst av fisk på en stasjon nedstrøms kraftstasjonen. Anga hadde over middels vannføring, men tilfredsstillende forhold for el-fiske. I tillegg ble det tatt prøver av 5 laksesmolt fra klekkeriet ved Mo.

Den 28. april var vannføringen i Jølstra nedstrøms Anga noe over middels, og el-fiske ble gjennomført ved Førde. I tillegg ble el-fisket ved kraftstasjonen og Anga gjentatt. Vannføringen i Anga var noe høyere enn 13. april.

Den 7. mai var vannføringen i Anga høy, og dette vanskeliggjorde fisket. Vannføringen i Jølstra oppstrøms Anga var normal, og det ble fisket på en stasjon nedstrøms Viagjerdet (Stasjon 6). Foruten den oppgitte fangsten ble det fanget to Carlinmerkete laksesmolt, som ble registrert og satt tilbake i elven.

Vannkvalitet

Kortvarige flomepisoder synes derved ikke å være kritisk for bunndyr (**Tabell 11**). Konsentrasjonen av totalt Al varierte fra 41 til 62 µg/L. Den 13. april var det en betydelig partikkeltransport nederst ved utløpet i Jølstra og hovedandelen av Al-fraksjonen i løsning var uladd eller negativt ladd (Al₀), trolig pga assosiasjon til humus. Konsentrasjonen av potensielt toksisk lavmolekylært Al_i varierte mellom 5 og 12 µg/L, med høyeste nivå 28. april. Disse vannkvalitetsdataene tilsier at aluminium i vannet omkring 28. april i en viss grad kan avsettes på gjeller og bidra til stress på fisk.

Tabell 11. Vannkvalitet i Jølstra målt i felt og konsentrasjoner (µg/L) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert og målt på laboratorium.

Lokalitet	dato/kl	pH	Ledn, (µS/cm)	Al tot	Al _c tot	Al _a tot	Al _a >0,45	Al <0,45	Al _c <0,45	Al _a <0,45	Al ₀ <0,45	Al _i <0,45
Anga	13.04.99	6,27	19	51	11	40	4	50	14	36	29	7
Anga	07.05.99	6,35	14	41	18	23	1	31	9	22	14	8
Jølstra, oppst. Anga	07.05.99	6,15	17	43	21	22	1	35	14	21	14	6
Jølstra v/ kraftstasjon	13.04.99	5,96	17	47	10	37	3	34	0	34	27	7
Jølstra	07.05.99	6,35	18	44				52	29	23	18	5
Jølstra v/ Førde	13.04.99	6,04	18	62	21	41	8	35	2	33	28	5
Jølstra v/ Førde	28.04.99	6,05	16	52				43	4	39	27	12
Jølstra v/ Førde	07.05.99	6,26	18					29				

Gjelleundersøkelser

Konsentrasjonen av Al på gjeller varierte fra 40-135 µg/g for aure og 25-150 µg/g for laks (**Tabell 12**). Det ble registrert høye Al-verdier på laksegjeller (165±179 µg/g) i Jølstra og på auregjeller i Anga (124±48 µg/g) den 13. april, noe som ikke kan tilskrives Al-konsentrasjonen i vannet den 13. april. Den 28. april var det høy konsentrasjon av gjellealuminium hos aure fanget på stasjonen i Jølstra ved kraftstasjonen. Misfargete (gulaktige) gjeller ble registrert på individer med høye Al-verdier. Nivået av gjelle-Al var imidlertid langt høyere enn det en kunne forvente utfra Al-fraksjoneringsdataene fra samme dag. Dette indikerer at gjelle-Al reflekterer vannkvaliteten under en flomepisode, mens vannkvaliteten stabiliseres relativt raskt.

Den histologiske undersøkelsen viste at på stasjonene i Jølstra hadde mesteparten av fisken gjeller i kategori B (**Figur 12**). Dette var også tilfellet for fisken som ble fanget i Anga, bortsett fra ved prøvetakingen den 27.-28. april hvor både laks og aure hadde kategori C-gjeller. Eksempler på gjeller i kategori A-D er vist i **Figur 13**.

Tabell 12. Prøver av aure- og laks i Jølstra. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g tørrvekt}$).

1 = Anga (Kvamsfossen) Jølstra (UTM 344 182)

6 = Jølstra oppstr. Anga (UTM 353 162)

6b = Jølstra ved kraftstasjon (UTM 357 154)

6c = Jølstra ved Førde (UTM 334 176)

6d = Mo klekkeri-Jølstra (UTM 393 146)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	L (mm)	V g	Al ($\mu\text{g/g}$)	N	L (mm)	V (g)	Al $\mu\text{g/g}$
13.04	1	5	141 \pm 34	32 \pm 19	124 \pm 48	5	116 \pm 19	16 \pm 8	48 \pm 14
13.04	6b	4	140 \pm 3	31 \pm 4	54 \pm 11	3	102 \pm 4	9 \pm 1	165 \pm 179
13.04	6d					5	154 \pm 8	42 \pm 6	7 \pm 4
28.04	1	5	126 \pm 24	24 \pm 14	29 \pm 5	5	131 \pm 46	31 \pm 36	37 \pm 11
28.04	6b	5	117 \pm 25	18 \pm 11	135 \pm 59	0			
28.04	6c	5	110 \pm 18	16 \pm 8	54 \pm 32	0			
07.05	1	5	124 \pm 32	23 \pm 15	43 \pm 41	2	98 \pm 11	10 \pm 3	42 \pm 21
07.05	6	5	118 \pm 17	18 \pm 7	50 \pm 29	7	121 \pm 20	21 \pm 14	25 \pm 12

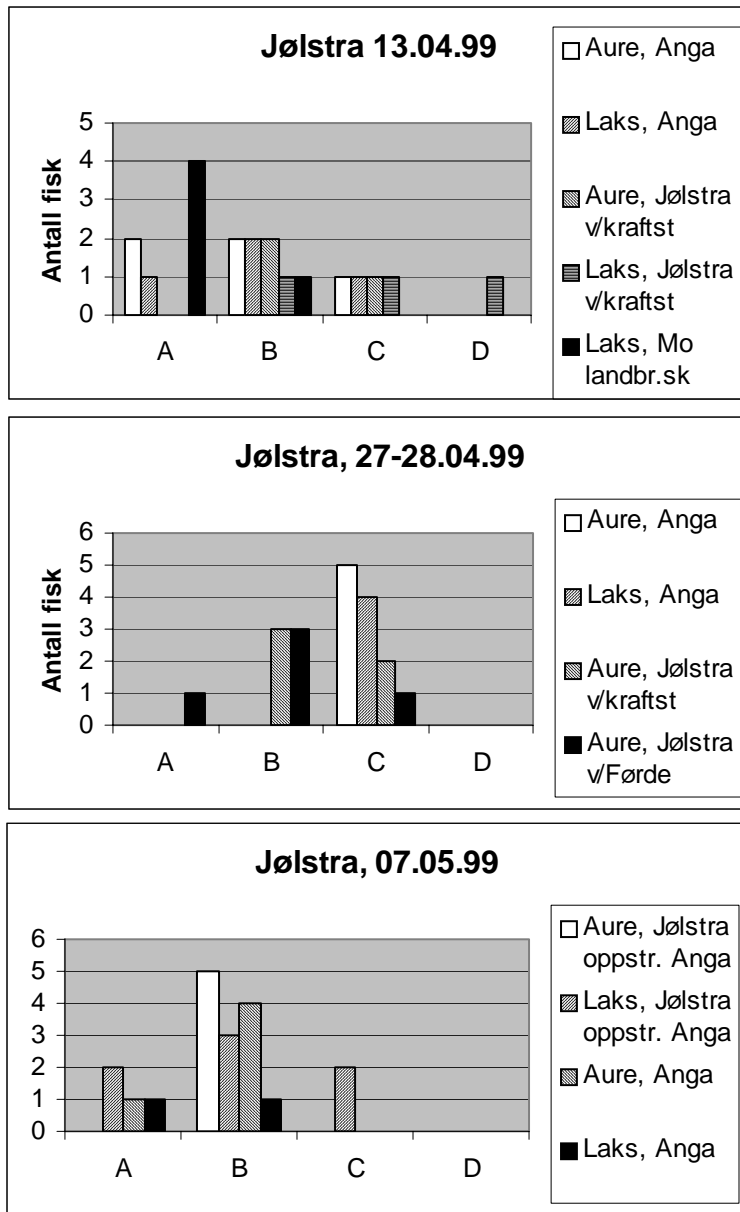
Bunndyr

Sideelven Anga oppnådde indeksverdier på 1 og 0,7 for henholdsvis Forsuringsindeks 1 og 2. Elva innholdt 2 følsomme døgnfluer og en moderat følsom steinflue og kom i kategorien moderat forsuret. Faunaen er forholdsvis sparsomt utviklet og indikerer næringsfattig vatn i likhet med flere av de andre elvene som er undersøkt.

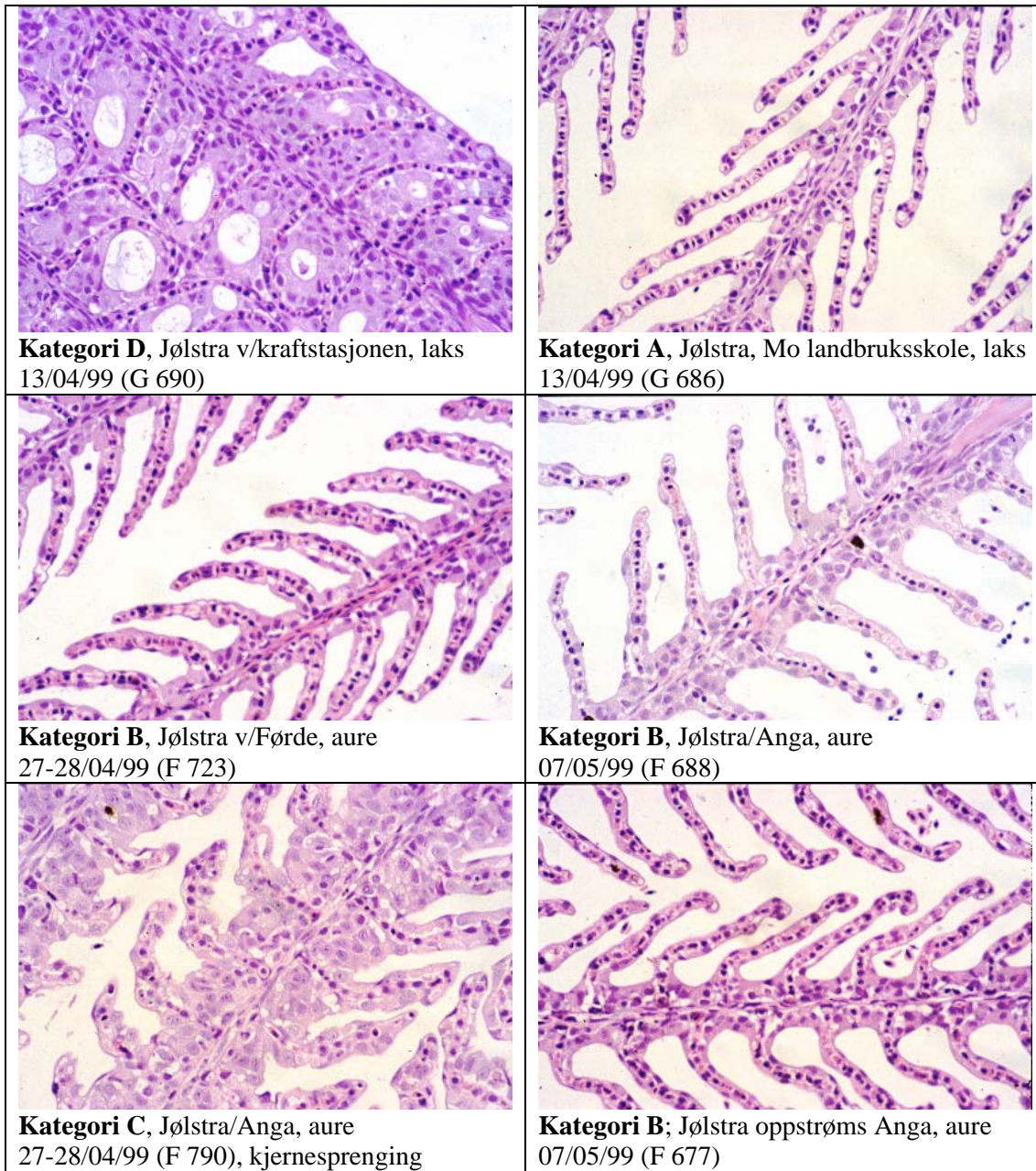
Prøvene fra stasjonen Jølstra ved kraftstasjonen hadde et forholdsvis lavt antall individ, 37, noe som sannsynligvis skyldes reguleringen. Forsuringsindeks 1 og 2 fikk verdier på henholdsvis 1 og 0,7, dvs. moderat forsuret. Grunnet svært lavt individantall bør imidlertid resultatet ikke tillegges stor vekt. Jølstra ved Førde oppnådde derimot indeksverdi 1 for begge indeksene. Her var det forholdsvis mange *Baetis rhodani*, mens antallet av andre insektlarver var lavt. Også dette kan ha sammenheng med at elvestrekningen mottar avløpsvatn fra kraftverk.

Sammenfatning

I Jølstra ble det målt relativt høye pH-nivåer og lave konsentrasjoner av reaktivt Al_i i vannet. De relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller til fisk el-fisket i Anga og i Jølstra ved kraftstasjonen 13. og 28. april er trolig en effekt av flommen før 13. april og «høyere» vannføring 28. april, mens det registreres lavere konsentrasjoner av Al på gjellene 7. mai. Den histologiske undersøkelsen viser størst forandringer hos fisk som ble prøvetatt den 27.-28. april. Bunndyrsituasjonen tilsier at deler av vassdraget er moderat forsuret.



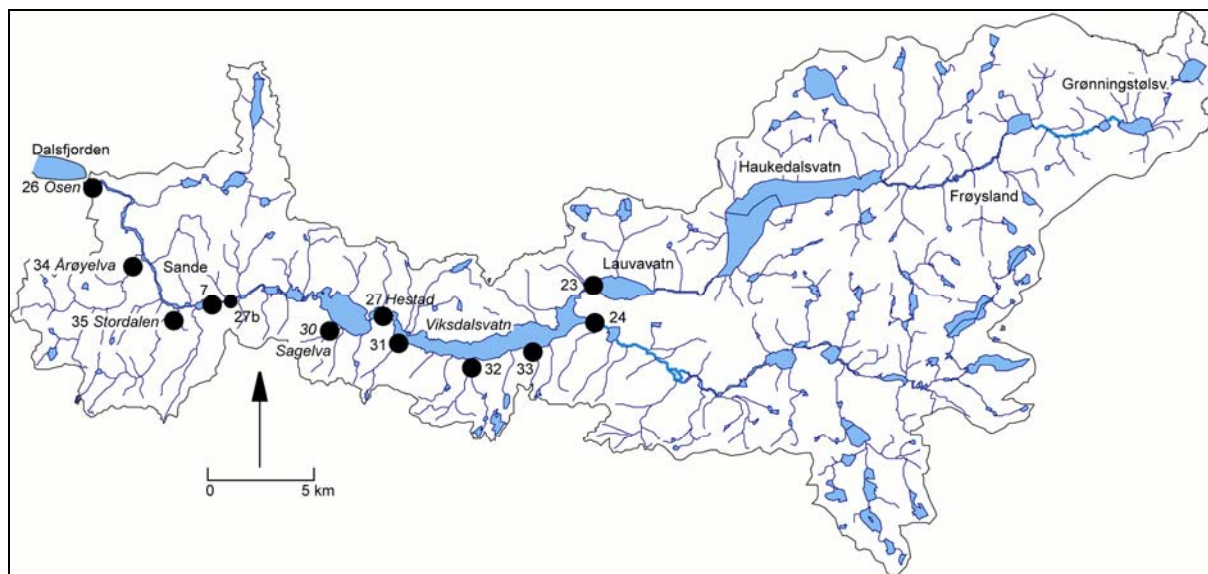
Figur 12. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er presentert.



Figur 13. Gjellebilder fra Jølstra våren 1999. Bildene viser laks i kategori A og D, samt aure i kategori B og C.

4.3 Gaularvassdraget

Gaularvassdraget har et nedbørfelt på 689 km² (**Figur 14**). Elva har sine kilder fra Jostedalsbreen og renner i retning Dalsfjorden. Øvre del består av to vassdragsgreiner og vassdraget har flere store innsjøer. Presentasjonen for Gaularvassdraget er delt i to, idet stasjoner i hhv. hovedvassdraget og i de små sidefeltene omkring Viksdalsvatnet er vist hver for seg i figurene.



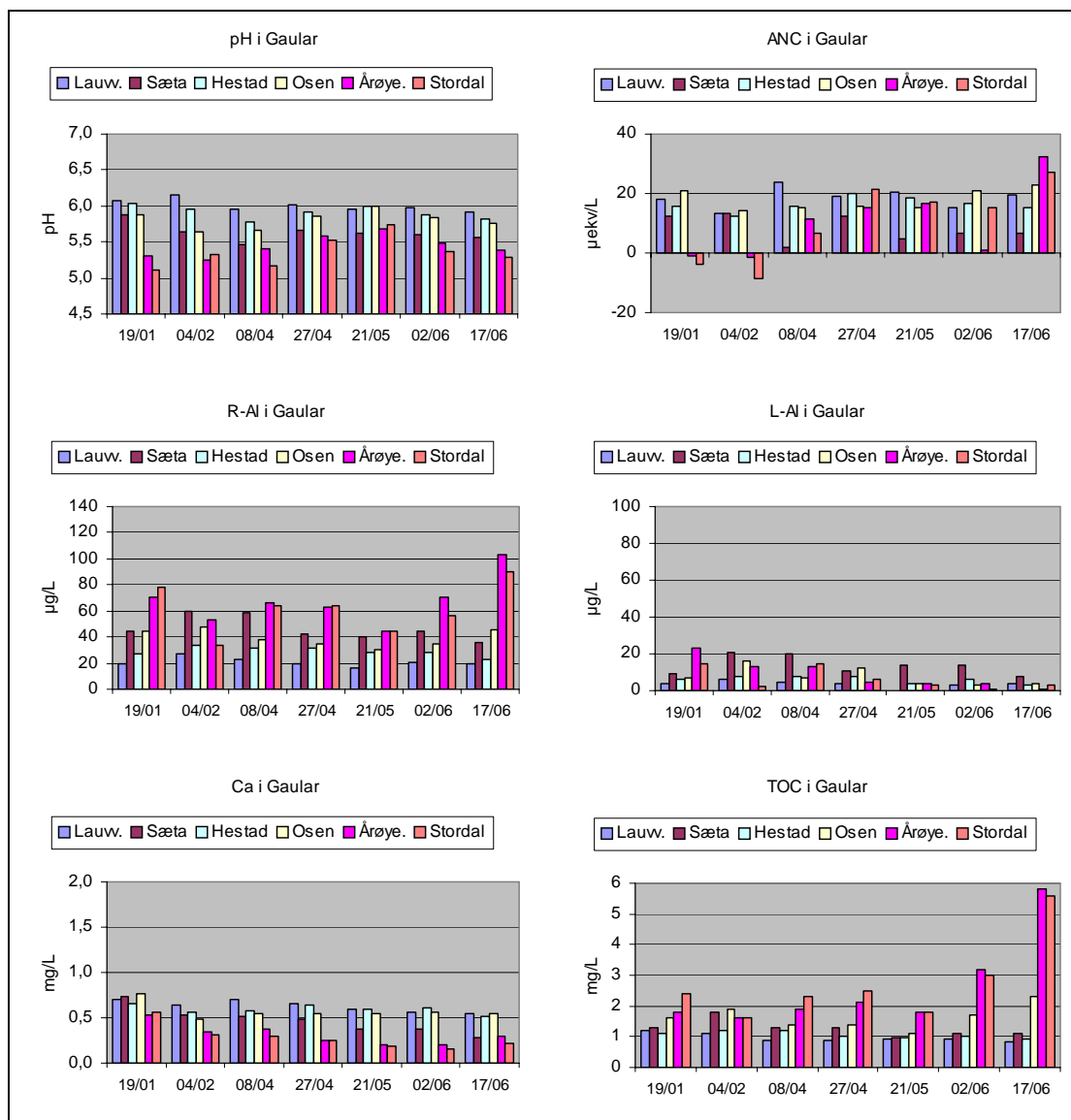
Figur 14. Nedbørfeltet til Gaularvassdraget med prøvetakingsstasjoner.

4.3.1 Vannkjemi under flom

Gaularvassdraget hadde stor variasjon i vannkvalitet (**Figur 15**), både over tid og ikke minst mellom lokalitetene. I øvre del er vassdraget atskilt i to vannkjemisk temmelig ulike delfelter. Fra Haukedalsgreina (stasjonen ved Lauvavatn) kommer det vann med relativt god pH, lite aluminium og stabil konsentrasjon av kalsium på noe over 0.5 mg/L. Sæta på den annen side representerer et område som bidrar med surt og atskillig mer aluminiumsrikt vann. Her er også Ca-konsentrasjonen lavere og ANC kan være nær null. Begge har omlag samme TOC-konsentrasjon. Sæta har vært atskillig surere enn det en finner idag (se f.eks. Hindar 1999) og den høyeste konsentrasjonen av labilt Al kom bare opp i 20 µg/L i denne undersøkelsen.

I midtpartiet (Hestad) og ved utløpet (Osen) var pH mellom 5.5 og 6.0, ANC alltid over 10 µekv/L og konsentrasjonen av reaktivt Al alltid under 50 µg/L. Det var imidlertid tendens til at både reaktivt og labilt Al økte nedover mot Osen. Dette kan skyldes den mobiliseringen av Al som finner sted i sidevassdragene Årøyelva og Stordalen. Her var pH ofte mellom 5.1 og 5.5 og RAl kom opp i 60-80 µg/L ved enkelte anledninger. Relativt høye konsentrasjoner av TOC kan forårsake dette, men gir trolig ikke hele forklaringen, fordi konsentrasjonene ikke overstiger 2.5 mg/L før i juni.

Svært lave konsentrasjoner av nitrat og Ca-konsentrasjoner ned til 0.2 mg/L gjør sidefeltene i nedre del svært sårbare for sjøsalteffekter. Ved prøvetakingene i disse lokalitetene i denne undersøkelsen ble det imidlertid bare registrert sjøsaltepisoder den 19.1. som kunne resultere i spesielt ugunstige forhold. Beregnet konsentrasjon av ikkemarin natrium (Na⁺; se sjøsaltavsnittet) var hhv. 16 og 23 µekv/L i Årøyelva og Stordalen. En slik episode er ikke spesielt kraftig, men resulterte likevel i markert lav pH



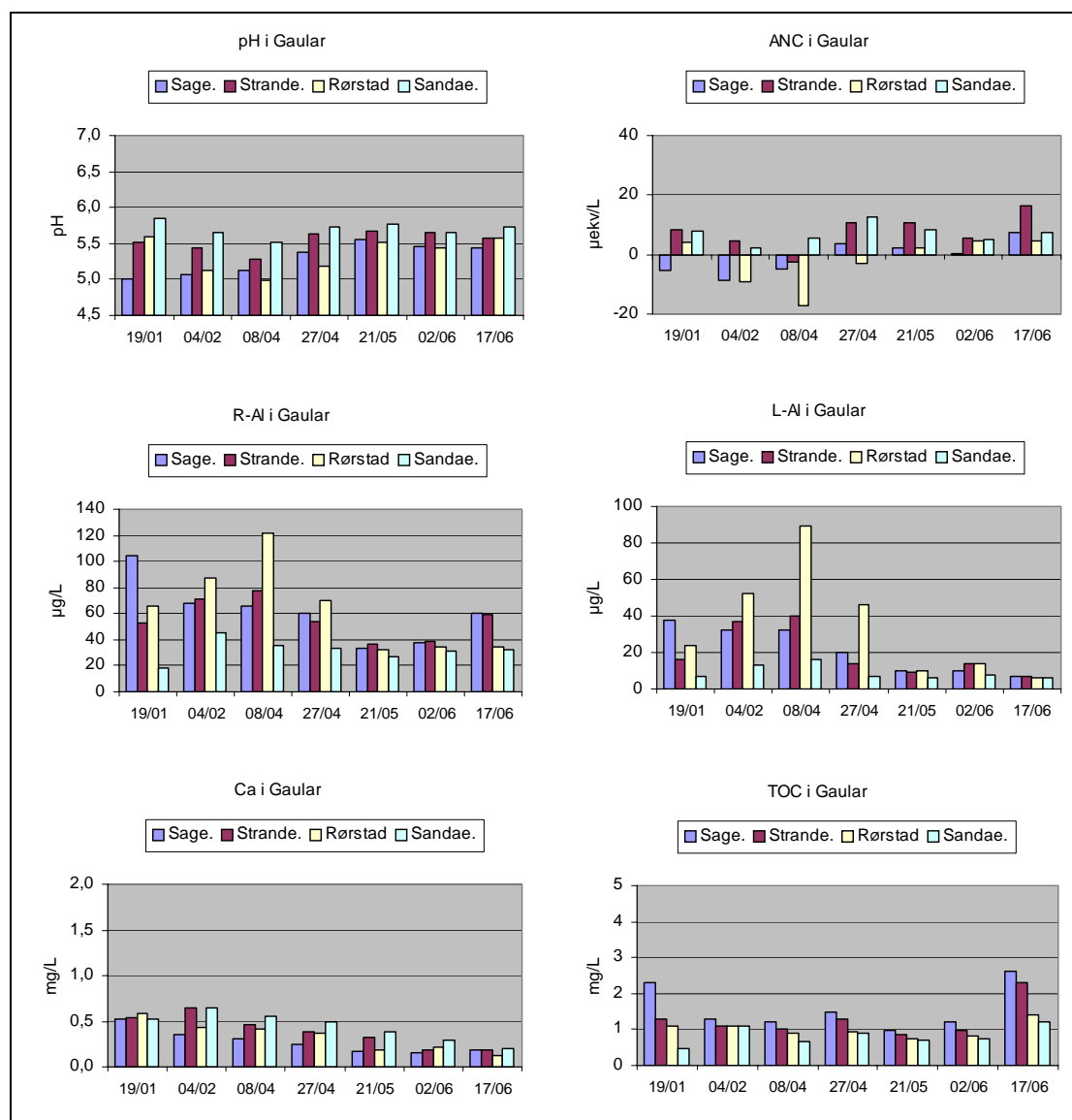
Figur 15. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Gaularvassdraget.

og moderat LAI (omkring 20 µg/L). Parallelt med dette ble det imidlertid mobilisert basekationer, og konsentrasjonen av Ca, Mg og K på dette tidspunktet var omlag fordoblet sammenliknet med alle de andre prøvetakingene, totalt over 20 µekv/L høyere enn vanlig. Dette kompenserer for omlag 80 % av Na-ionebyttingen.

I de fire sidebekkene sør for Viksdalsvatnet var vannkvaliteten svært ulik til tross for at bekkene ligger innenfor en avstand på kun 10 km. Mens den østligste av dem (Sandaelva) hele tiden hadde pH over 5.5 og lave Al-konsentrasjoner, hadde Rørstadelva (3 km lenger vest) pH ned mot 5.0 og høye Al-konsentrasjoner. Ulik geologi er trolig årsaken til denne forskjellen, og geologisk kart for Norge viser at det trolig går et skille mellom forskjellige bergarter i dette området. I Rørstadelva kom RAl opp i 60-120 µg/L ved de fire første prøvetakingene og labilt Al var ved tre av disse i området 45-90 µg/L. Også Sagelva og Strandelva mobiliserte betydelige mengder aluminium gjennom vinteren, og labilt Al kom opp til 35-40 µg/l ved flere anledninger. Det er også verdt å merke seg at kloridkonsentrasjonen

var 5-6 mg/L og at det ble beregnet negative konsentrasjoner¹ av ikkemarin natrium (sjøsaltepisoder) ved alle de tre første prøvetakingene.

I løpet av snøsmeltingsperioden i mai-juni var pH i alle disse bekkene nær 5.5, kalsiumkonsentrasjonen svært lav i juni og aluminiumkonsentrasjonene moderate til lave. Unntaket var Rørstadelva den 27.4. med 45 µg LAI/L.



Figur 16. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i sidebekker til Viksdalsvatn i Gaularvassdraget.

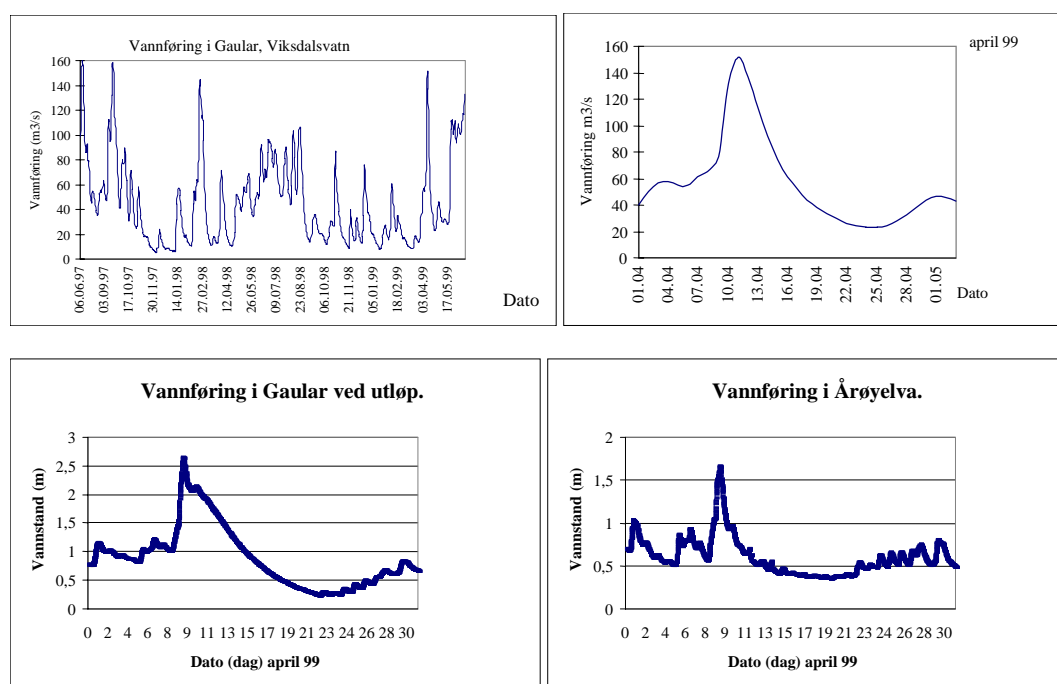
¹ Negative konsentrasjoner kan framkomme ved beregning og vil si at forholdet mellom Na og Cl i avrenningsvannet er sterkt endret i forhold til nedbørvannet på grunn av ionebytteprosesser i jorda. Dette brukes som indikator på sjøsaltepisoder, se avsnittet om sjøsalter.

4.3.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering

Feltarbeid i Gaular ble utført 12. og 28. april med *in situ* fraksjonering av aluminium, innsamling av vann til laboratoriet og el-fiske av aure og laks. Bunndyrprøver ble tatt i Årøyelva og Stordalselva 12. april og i Gaular ved Oset 28. april.

Det var stor vannføring i utløpet av Gaular 9.-12. april (**Figur 17**). Vannføringen i Viksdalsvatn, lengre opp i vassdraget viste en flomtopp to dager senere (12. april) enn ved utløpet. Flommen er den største flommen siden våren 1997. Flommen i Gaular hadde en lengde på 2-3 dager og vannføringen var fortsatt høy da feltarbeidet startet 12. april. Vannføringen ble langsomt redusert til «normal» for så å stige litt før neste feltarbeid 28. april. El-fiske var ikke mulig i Gaular 12. april, men 28. april ble det fisket på to stasjoner i Gaular, ved Oset og ved Lidal (st. 27b), oppstrøms Sande (se **Tabell 14**).

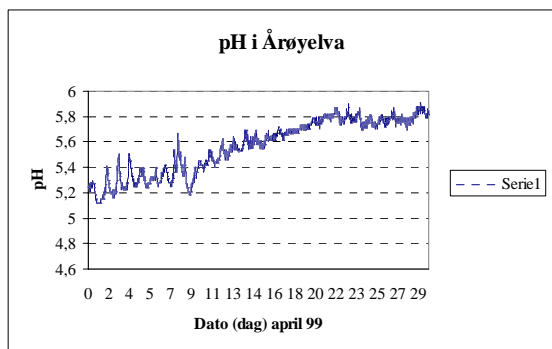
I Årøyelva var det høy vannstand den 9. april (**Figur 17**), men flommen var kortvarig og vannstanden betydelig lavere under feltarbeidet 12. april og tilsvarende 28. april.



Figur 17. Vannføring i Gaular ved Viksdalsvatn fra juni 1997 til juni 1999 (data fra NVE) og vannstanden i Gaular ved utløpet og i Årøyelva i april 1999 (NIVA).

Vannkvalitet

I hovedvassdraget var pH omlag 6.0 og relativt stabil i forhold til vannføringen ved de enkelte prøvetakingstidspunktene. pH i Årøyelva og Stordalselva var lavere enn i hovedvassdraget og det ble registrert en økning av pH fra 5.2 til 5.8 i Årøyelva fra 1. april til 20. april (**Figur 18**), parallelt med avtakende vannføring etter flommen.



Figur 18. pH i Årøyelva i april 1999 (NIVA).

Konsentrasjonen av totalt Al varierte fra 60 til 114 $\mu\text{g/L}$, med høyeste nivå i Årøyelva 28. april (**Tabell 13**). Partikkeltransporten ($\text{Al} > 0,45\mu\text{m}$) var liten og kolloidaltransporten (Alc) var varierende (8-43 $\mu\text{g/L}$), med høyest nivå i Årøyelva og Stordalselva, noe som indikerer en viss treghet i stabiliseringen av vannkvaliteten etter flomeepisoden 10. april. Kolloidalt eller høymolekylært Al utgjorde en relativt stor andel av Al i løsning, og Al var trolig assosiert med humus (Al_o). Konsentrasjonen av høymolekylært Al_i (polymeriseringsprodukt) var relativt lav, bortsett fra i Stordalselva 12. april (opptil 10 $\mu\text{g/L}$). Lavmolekylært Al varierte mellom 14 og 26 $\mu\text{g/L}$ og hovedandelen av den lavmolekylære Al-fraksjonen var uladd eller negativt ladd (Al_o). Konsentrasjonen av potensielt toksisk lavmolekylært Al_i var ubetydelig ($< 7 \mu\text{g/L}$). Bortsett fra i Stordalselva 12. april, hvor Al_i potensielt kan avsettes på gjeller, tilsier disse vannkvalitetsdataene at aluminium i vann ikke skulle medføre effekt på fisk.

Gjellealuminium og histologi

Konsentrasjonen av Al på gjeller varierte fra 40-100 $\mu\text{g/g}$ for aure og 40-195 $\mu\text{g/g}$ for laks (**Tabell 14**). Det ble målt lave konsentrasjoner av Al på gjeller i hovedvassdraget, mens det var en antydning til litt høyere konsentrasjoner lengere opp i elva ved Sande enn ved utløpet. I sideelvene Årøyelva og Stordalselva ble det målt relativt høye konsentrasjoner av aluminium på gjellene på laks (195 $\mu\text{g/g}$) og på aure (100 $\mu\text{g/g}$) den 12. og 28. april.

Mikroskopi av fargede gjeller viste at aluminiumsavsetningen på gjeller var betydelig. Nivået av gjelle-Al var langt høyere enn det en kunne forvente utfra Al-fraksjoneringsdataene fra samme dag. Dette indikerer at gjelle-Al reflekterer vannkvaliteten under en flomepisode, mens vannkvaliteten stabiliseres raskere.

Både aure og laks fanget i Gaular ved utløpet hadde gjeller i kategori B, mens ved Lidal oppstrøms Sande (st. 27b) hadde noen av aurene gjeller i kategori C (**Figur 19**). I Årøyelva var gjellene hos laks for en stor del i kategori C, og for aure i kategori B. I Stordalselva ble det kun fanget 1 aure (kategori A), men alle laksene hadde gjeller i kategori C. Eksempler på gjeller i kategori A og C er vist i **Figur 20**.

Tabell 13. Vannkvalitetsparametere målt i felt og konsentrasjoner ($\mu\text{g/L}$) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert in situ i Gaular.

Lokalitet	Dato	pH	Temp. (C°)	Ledn. ($\mu\text{S/cm}$)
Gaular utløp	28.04.99	6,05	6,2	15
Gaular utløp	12.04.99	6	3,6	15
Stordalselva	12.04.99	5,36	3,9	14
Årøyelva	12.04.99	5,3	3,5	15
Årøyelva	28.04.99	5,57	3,9	11
Gaular v/ Sande	28.04.99	5,99	5	14
Gaular v/Sande	12.04.99	5,96	3,1	14

Lokalitet	Dato	Al	Al _c	Al _a tot	Al _a >0,45	Al <0,45	Al _c <0,45	Al _a <0,45	Al _o <0,45	Al _i <0,45
Gaular utløp	28.04.99	60	8	52	8	57	13	44	39	4
Gaular utløp	12.04.99	80	38	42	4			38	35	3
Stordalselva	12.04.99	83	24	59	4	89	33	56	40	15
Årøyelva	12.04.99	84	22	62	7	69	14	55	46	9
Årøyelva	28.04.99	114	43	72	8	122	58	64	55	8
Gaular v/Sande	28.04.99	66	22	44	2	56	14	42	35	7
Gaular v/Sande	12.04.99			43	6			37	30	7

Lokalitet	Dato	Al HMM	Al _c HMM	Al _a HMM	Al _o HMM	Al _i HMM	Al LMM	Al _c LMM	Al _a LMM	Al _o LMM	Al _i LMM
Gaular utløp	28.04.99	31	11	20	15	5	26	3	24	24	<1
Gaular utløp	12.04.99		1	16	18	<1	20	<1	21	17	4
Stordalselva	12.04.99	65	32	33	22	10	24	1	23	18	5
Årøyelva	12.04.99	46	16	30	28	2	23	<1	25	18	7
Årøyelva	28.04.99	102	62	41	34	6	20	<1	23	21	2
Gaular v/Sande	28.04.99	34	14	19	13	6	22	<1	23	22	1
Gaular v/Sande	12.04.99			17	14	2	14	<1	20	15	5

Tabell 14. Prøver av aure- og laks i Gaular. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g tørrvekt}$)

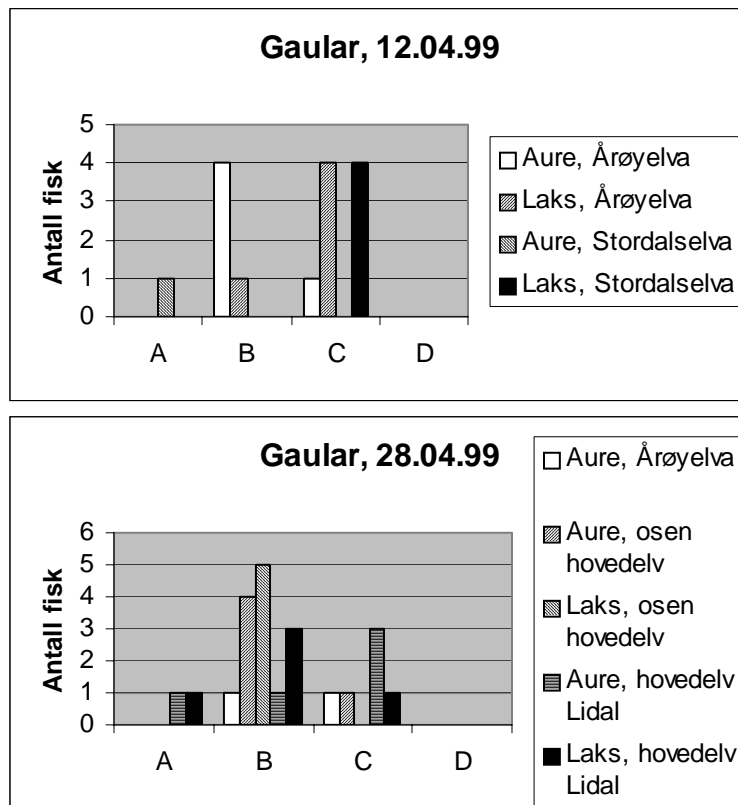
26 = Gaular ved Osen (UTM 228 075)

27b = Gaular ved Lidal (oppstr. Sande) (UTM 296 038)

34 = Årøyelva-Gaular (UTM 250 050-252 054)

35 = Stordalen-Gaular (UTM 271 027-273 029)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)	N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)
12.04	34	5	150± 21	32±14	90± 31	5	114± 8	13± 3	195± 51
12.04	35	1	195	62	99	4	97± 12	7± 3	139± 21
28.04	26	5	174± 47	62±47	18±6	5	127±12	19±6	43±10
28.04	27b	5	135± 46	34±33	39±20	5	108±25	14± 9	69±46
28.04	34	3	109± 41	16±16	100±18				



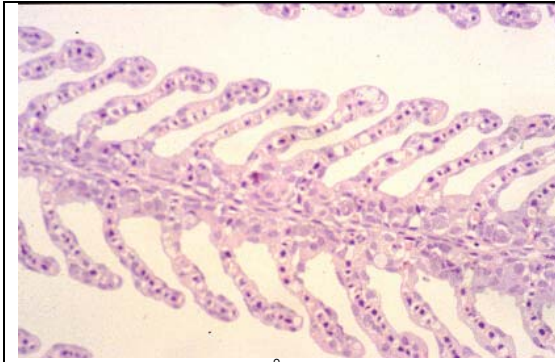
Figur 19. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er presentert.

Bunndyr

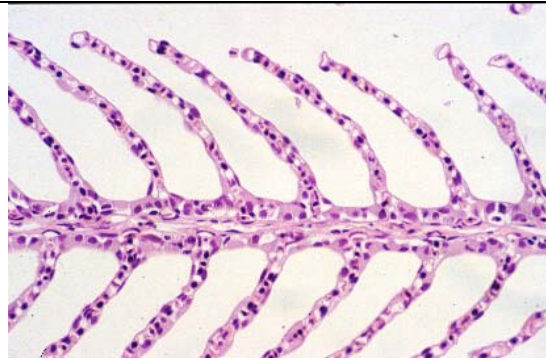
I Årøyelva var det bare moderat følsomme steinfluer til stede, som resulterte i verdien 0.5 for begge forsuringsindekser. Lokaliteten får derfor betegnelsen markert forsuret. Gaular ved Osen oppnådde verdien 1 for indeks 1 og 0,9 for indeks 2. Forskjellene er små og vi vurderer lokaliteten som ubetydelig forsuret. I likhet med Årøyelva er Gaular ved Osen med i det nasjonale overvåkingsprogrammet. I dette programmet blir prøvene innsamlet i mai/juni. Stasjonen ved Osen har da vanligvis oppnådd verdien 1 for indeks 2. Dette var også situasjonen i 1999. Det kan derfor ha vært en litt dårligere vannkvalitet under flomsituasjonen. Det skal også bemerkes at det tidligere er registrert snegl regelmessig på stasjonen. Snegl var fraværende både i april og mai/juni i 1999.

Sammenfatning

Ved høy vannføring i Gaular i april ble det målt lave konsentrasjoner av Al_i , men det var en tendens til høyere konsentrasjoner i vannprøver tatt lengere opp i hovedelven og i sideelvene Årøyelva og Stordalselva. I sideelvene ble det målt relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller. Disse resultatene støttes av den histologiske undersøkelsen, som viste mer omfattende gjelleforandringer hos fisk fra sideelvene. Bunndyrundersøkelsen bekrefter at bunndyr i hovedelva bare var ubetydelig påvirket av forsuret, men sidefeltene i nedre del er markert forsuret.



Kategori C, Gaular, Årøyelva, laks
12/04/99 (G 626)

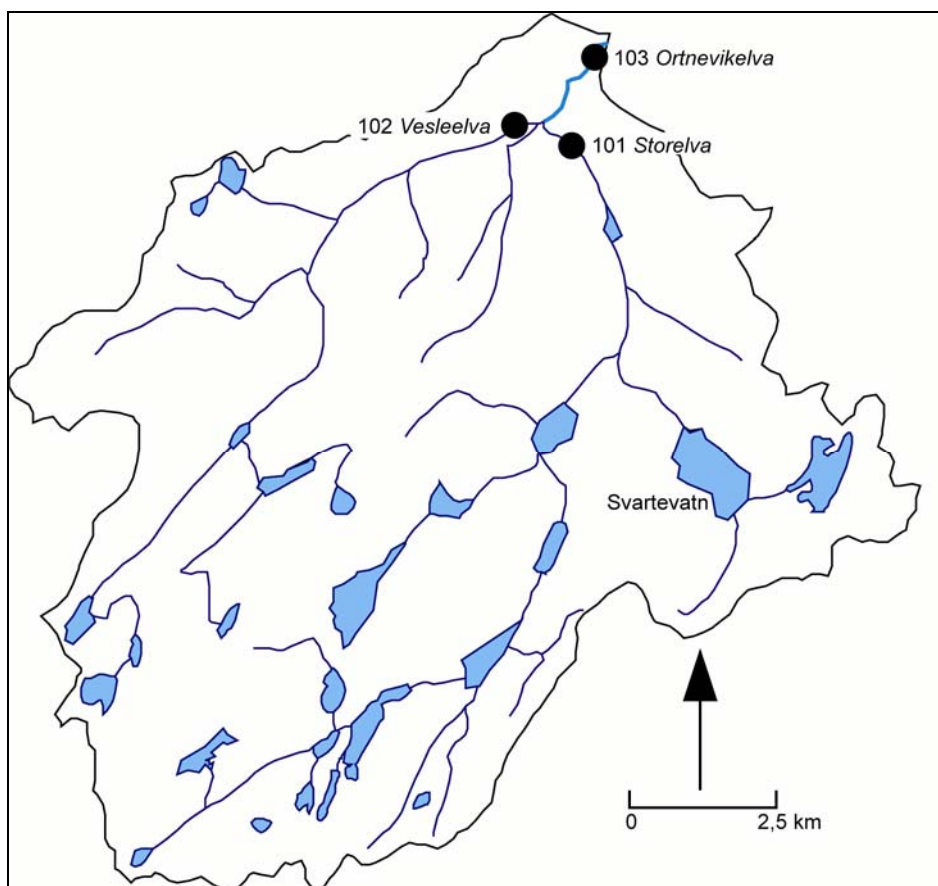


Kategori A, Gaular v/Lidal, aure
28/04/99 (F 709)

Figur 20. Gjellebilder fra Gaularvassdraget. Bildene viser laks i kategori C og aure i kategori A.

4.4 Ortnevikvassdraget

Ortnevikvassdraget (**Figur 21**) ligger på sørsiden av Sognefjorden, er lite (58 km²) og består av to nesten like store sidegreiner i øvre del, Vesleelva (20 km²) og Storelva (32 km²). Samløpet skjer en kilometer fra utløpet til Sognefjorden. Omlag 60 % av nedbørfeltet ligger over 900 moh, og pga seinere snøsmelting i disse områdene er elva kald langt utover forsommeren. Berggrunnen består av kvartsitt og granittisk gneis, og ligger nær grensen til områder i indre del av Sognefjorden som er langt mer motstandsdyktig mot forsuring. Det er betydelig granskogplanting i dalsidene i lavereliggende områder, de første fra 1930-årene. Vassdraget er lite og det var målestasjoner nederst i de to sidegreinene i tillegg til stasjonen rett før utløp i sjøen.



Figur 21. Nedbørfeltet til Ortnevikvassdraget med prøvetakingsstasjoner.

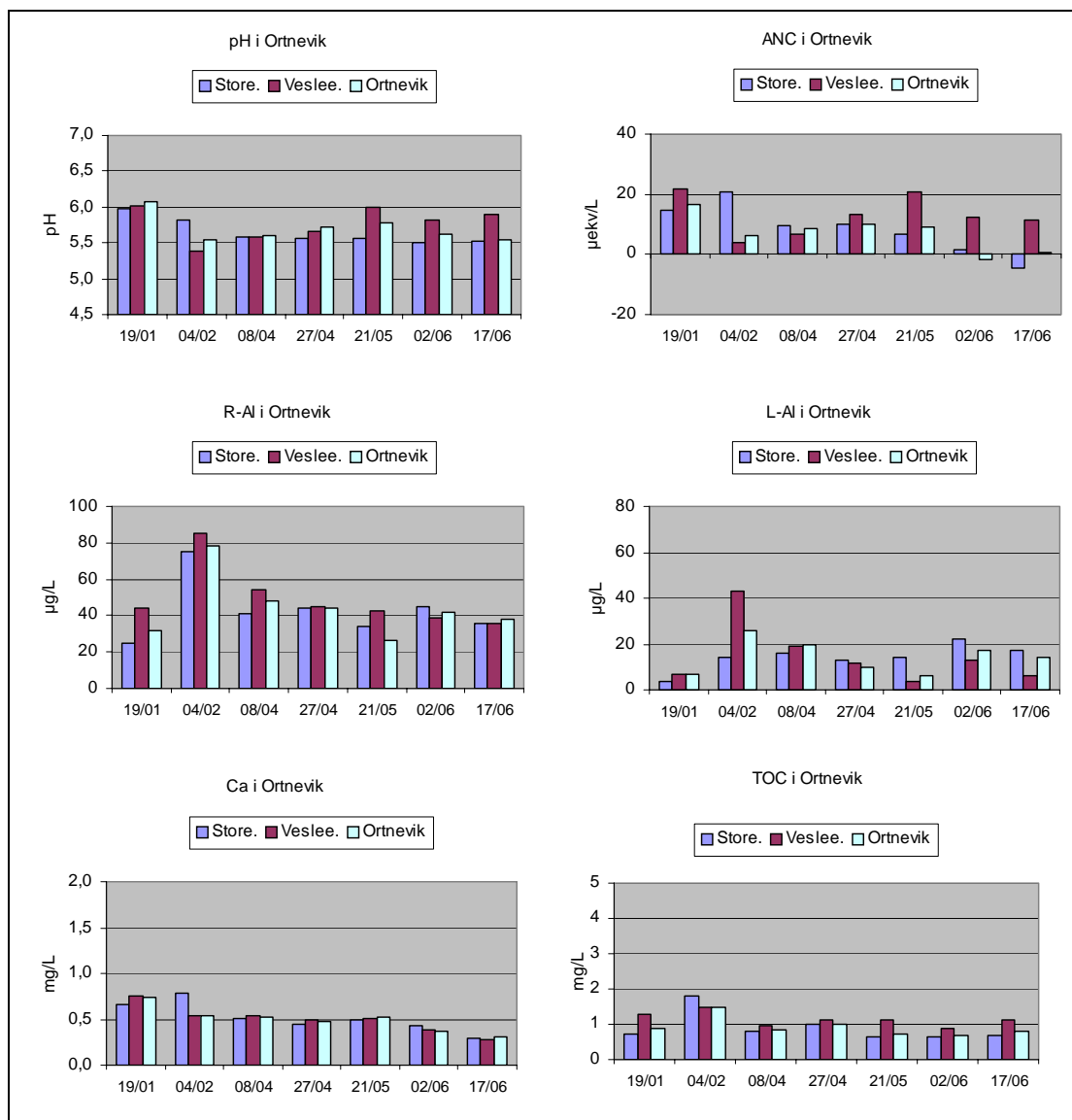
4.4.1 Vannkjemi under flom

Vannkvaliteten var karakterisert av moderat pH-endring (pH 5.5-6.0) og lavt nivå av kalsium (nær 0.5 mg/L), TOC og Al (**Figur 22**). ANC (syrenøytraliserende kapasitet) var nesten hele tiden større enn null.

Alle elveavsnitt mobiliserte aluminium gjennom vinteren og også ved snøsmeltingen i juni. Selv om konsentrasjonen av reaktivt Al var relativt lav, omlag 40 µg/L, var konsentrasjonen av labilt Al på et nivå som antas å være for høyt for laksesmolt. Om vassdraget har hatt en stabil laksebestand er uavklart, men vannkvaliteten kan også ha negativ innvirkning på sjøaure. Vi vet imidlertid ikke med sikkerhet hvilke vannkvalitetskrav sjøauren har i disse områdene. I og med at temperaturen i elva er så

lav på grunn av stor andel høyereliggende områder og at feltet ligger nordvendt, må en vente seinere utvandring av smolt her enn i andre vassdrag, og derfor er det et problem at LAI-konsentrasjonen var så høy, nær 20 $\mu\text{g/L}$, utover i juni.

Vesleelva hadde gjennomgående bedre vannkvalitet enn Storelva, særlig framover mot våren og forsommeren. Men den 4. februar var pH svært lav og labilt aluminium over 40 $\mu\text{g/L}$ i Vesleelva. Noe høyere TOC i Vesleelva kunne ført til høyere konsentrasjon av reaktivt Al enn i Storelva, men det var ikke noe gjennomgående trekk.



Figur 22. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Ortnevikvassdraget.

4.4.2 Biologiske undersøkelser

Feltarbeid i Ortnevikelva ble utført den 14. april ved høy vannføring og den 27. april ved middels vannføring. Bunndyrprøver ble tatt den 14. april.

Vannkvalitet

Ved prøvetaking 27. april var pH 5.7 og Al i løsning 52 µg/L (**Tabell 15**). Hoveddelen av løst Al var uladd eller negativt ladd (Al_o), trolig assosiert til humus. Konsentrasjonen av reaktivt Al_i var 11 µg/l, som trolig ikke medfører skade på fisk.

Tabell 15. Vannkvalitet i Ortnevikelva målt i felt og konsentrasjoner (µg/L) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert og målt på laboratorium.

Lokalitet	Dato	pH	Ledn, (µS/cm)	Al tot	Al _c tot	Al _a tot	Al _a >0,45	Al <0,45	Al _c <0,45	Al _a <0,45	Al _o <0,45	Al _i <0,45
Ortnevikelva	27.04.99	5,72	15	52	1	51	1	50	0	50	39	11

Gjellealuminium og histologi

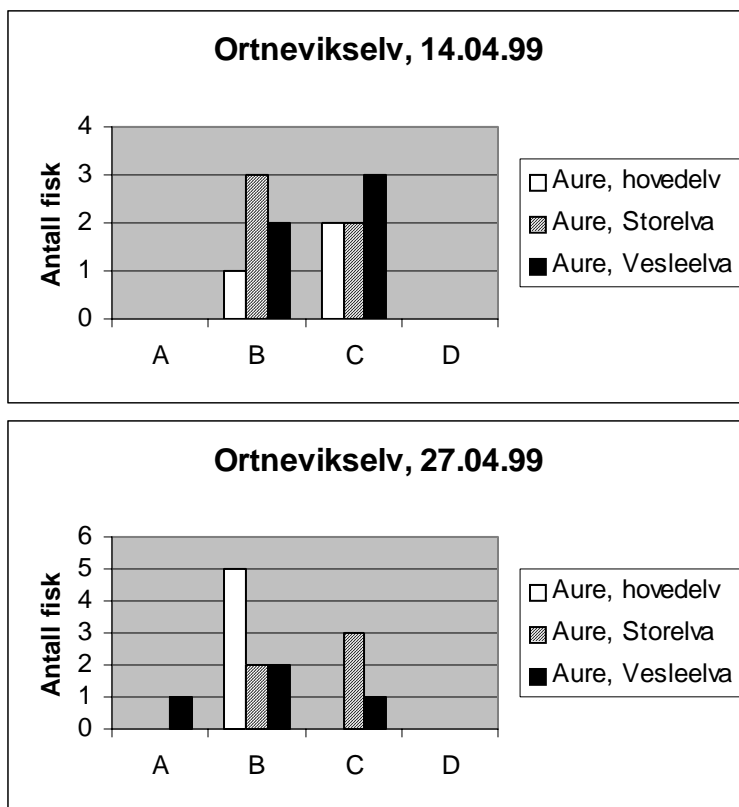
Konsentrasjonen av Al på auregjeller varierte fra 140 til 590 µg/g (**Tabell 16**), dvs. høye konsentrasjoner ved alle stasjonene både 14. og 27. april. Høyeste enkeltverdi, 1083 µg Al/g tørrvekt, ble påvist i Storelva. Hvis disse konsentrasjonene reflekterer Al-deposisjon på gjeller og ikke partikkelretensjon, skal en forvente fysiologiske effekter på fisk. Nivået av gjelle-Al var langt høyere enn det en kunne forvente utfra Al-fraksjoneringsdataene fra samme dag mhp konsentrasjon av partikulært Al og positivt ladd Al. Dette indikerer at gjelle-Al reflekterer vannkvaliteten under hele flomeepisoden, hvor konsentrasjonen av reaktivt Al må ha vært betydelig, mens vannkvaliteten stabiliseres raskere.

Den histologiske undersøkelsen viste at gjellene fordelte seg på kategori B og C på alle de tre stasjonene ved begge prøvetakingstidspunktene (**Figur 23**). Eksempler på gjeller i kategori B og C er vist i **Figur 24**.

Tabell 16. Prøver av aure i Ortnevikelva. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium (µg Al/g tørrvekt).

101 = Storelva-Ortnevik (UTM 457 773)
 102 = Vesleelva-Ortnevik (UTM 447 777)
 103 = Utløp Ortnevikelva (UTM 454 758)

Dato	Stasjon	Aure			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al (µg/g)
14.04	101	5	116± 13	17± 6	589± 176
14.04	102	5	116± 7	18± 4	400± 216
14.04	103	5	124± 38	23± 18	633± 286
27.04	101	5	109± 17	14± 7	632±353
27.04	102	5	105± 16	14± 7	226±65
27.04	103	5	182± 50	22± 5	141±56



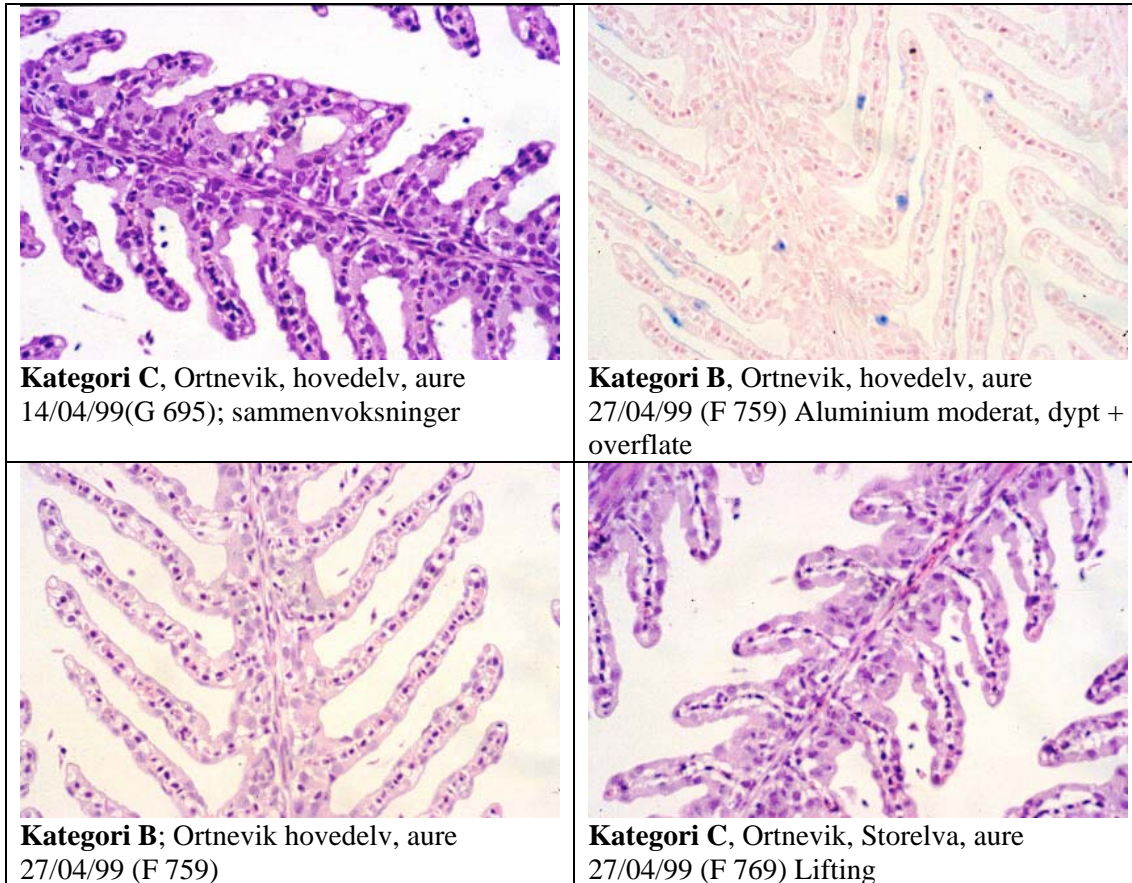
Figur 23. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er vist.

Bunndyr

I Ortnevik ble hovedelva undersøkt ved utløpet. I tillegg er sidegreinen Vesleelva undersøkt. Begge elvene fikk verdien 0.5 for begge forsursingsindeksene. Dette gir betegnelsen markert surt. Det er bare en moderat følsom art tilstede i begge elvene. Dette indikerer et svært følsomt vassdrag som lett kan svinge i begge retninger med hensyn på surhetstilstand.

Sammenfatning

I Ortnevikelva ble det målt lave konsentrasjoner av Al_i i vannet i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men meget høye konsentrasjoner av Al på gjeller til fisk el-fisket 13. og 27. april. Den histologiske undersøkelsen viste ingen klare forskjeller mellom de tre stasjonene, og samtlige fisk hadde gjeller som fordelte seg i kategori B (ubetydelige til moderate tilstandsendringer) og C (moderate til uttalte tilstands-endringer). Bunndyrundersøkelsen viser at vassdraget er markert forsuret.

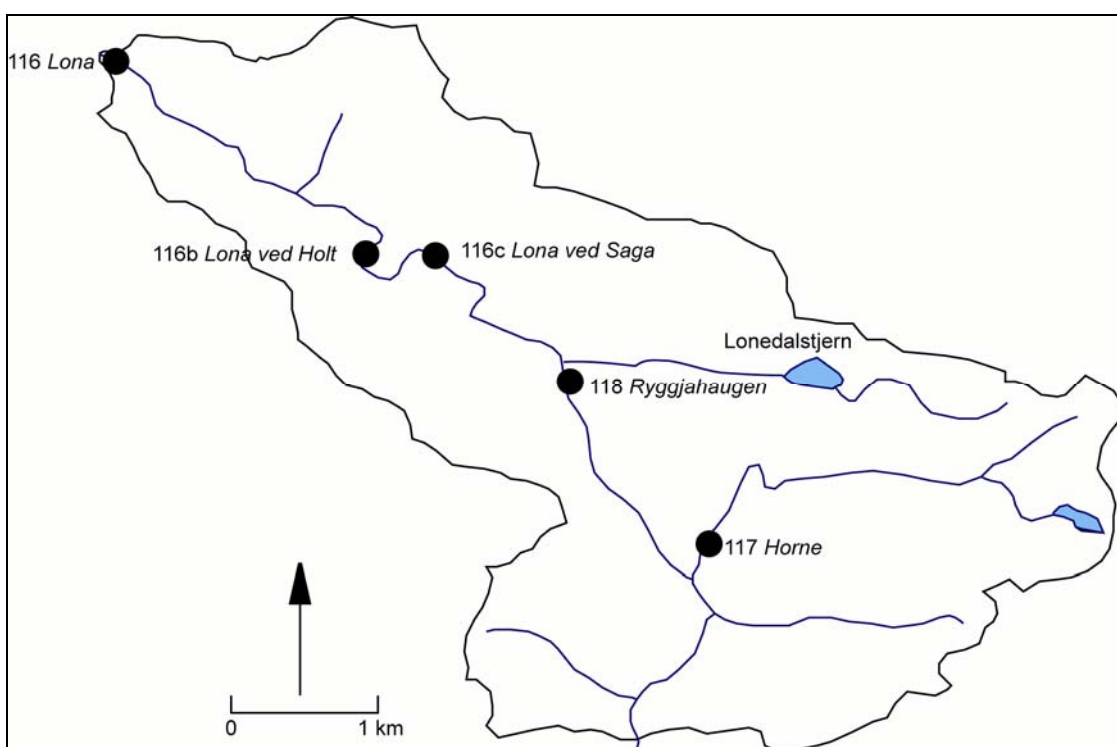


Figur 24. Gjellebilder fra Ortnevikvassdraget. Bildene viser aure i kategori B og C.

4.5 Lona

Lonavassdraget ligger på sørsiden av Dalsfjorden, og er lite, med et nedbørfelt på bare 16.8 km² (**Figur 25**). Det ligger i Fjaler og Hyllestad kommuner. Med unntak av en liten fjellrygg i sør, der toppene er opp mot 600 moh, ligger hele nedbørfeltet lavere enn 400 moh. Berggrunnen i nedre del består av båndgneis og amfibolitter, mens øvre del består av granittisk gneis. Feltet ligger nær sjøen, og har årsnedbør og spesifikk avrenning på hhv. 2500 mm og 65-70 L/s/km². Middelvannføringen er dermed omlag 1 m³/s. Anadrom strekning er 7 km og denne går gjennom til dels stilleflytende partier (loner). Øvre del er forgrenet og det er Hornselva som gir det viktigste vannføringsbidraget. Øverste målestasjon ligger ved Horne i denne delen.

Store myr/torvrområder og jordbruksaktivitet i de lavestliggende områdene gir trolig viktige bidrag til vannkvaliteten i nedre del av vassdraget. Det er bare spredt barskogplantning i feltet.



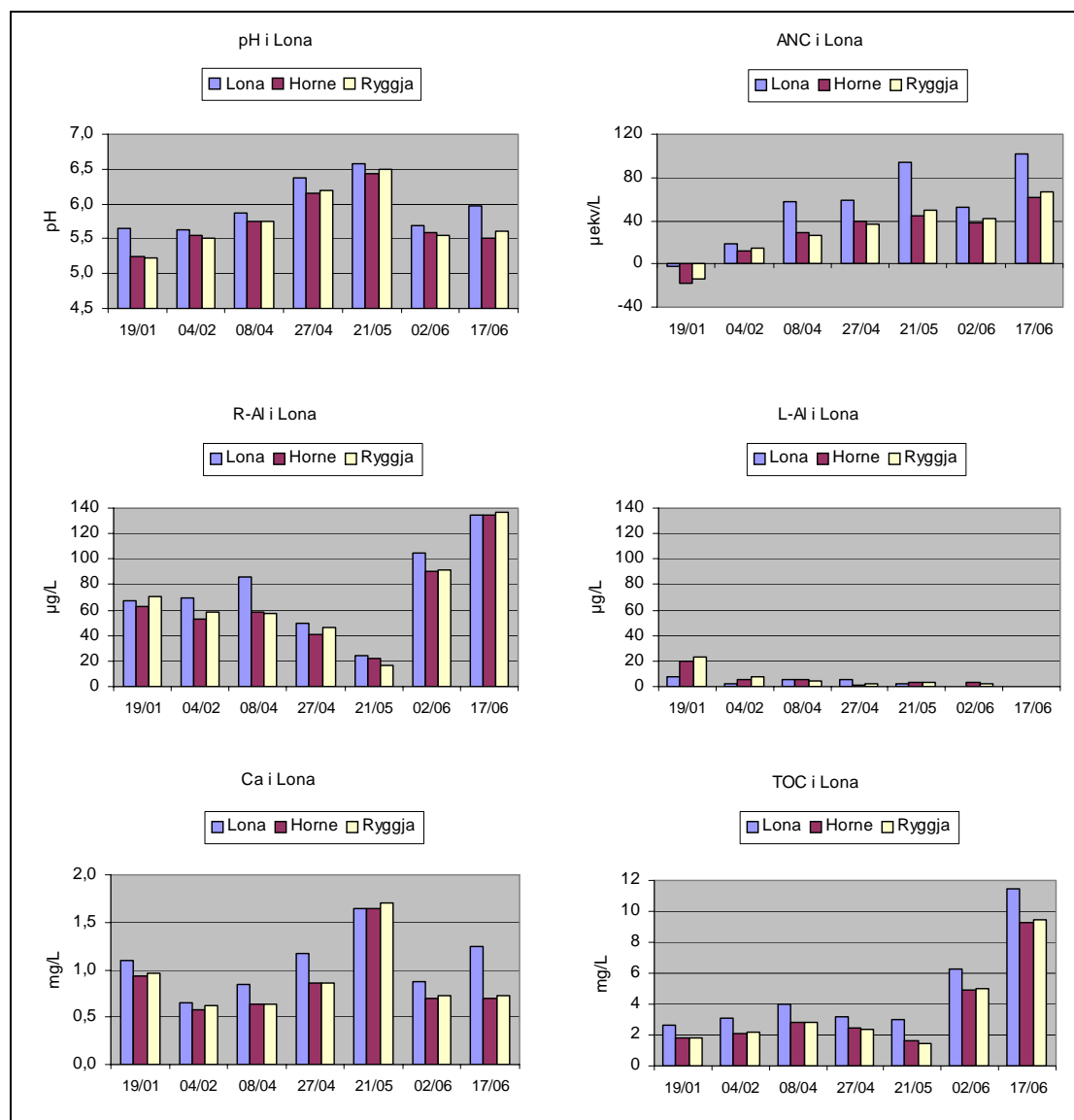
Figur 25. Nedbørfeltet til Lona med prøvetakingsstasjoner.

4.5.1 Vannkjemi under flom

Lonavassdraget skilte seg radikalt ut fra de øvrige, med svært stor forskjell i vannkvalitet ved de ulike prøvetakingstidspunktene. Resultater fra undersøkelsen er vist i **Figur 26**. Den 19. januar var pH 5.6 ved utløpet, ned mot 5.2 ved de to andre målestasjonene, ANC var under null ved alle tre og det var relativt lite organisk stoff i vannet. Kun ved denne prøvetakingen ble det påvist labilt Al nær kritiske nivåer for laksesmolt, ca. 20 µg/L oppe i vassdraget, men under 10 µg/L ved utløpet. Den 21.5. var pH nær 6.5 ved alle målestasjoner, kalsiumkonsentrasjonen over 1.5 mg/L og det var nesten ikke aluminium i vannet. Ved siste prøvetaking i juni (den 17.6.) var den svært høye TOC-konsentrasjonen mest påtakelig, omlag 10 mg/L, og reaktivt Al var over 130 µg/L ved alle tre stasjoner. Selv om pH var nede i 5.5, var ANC over 50 µekv/L, noe som skyldes den høye TOC-verdien. Samme pH-nivå ble målt den 2.6., selv om TOC-konsentrasjonen var den halve. Da var konsentrasjonen av reaktivt Al også høy, men lavere enn den 17.6.

Lonavassdraget er karakterisert ved at det er lite, nær sjøen og at det er store myrområder i midtpartiet som kan bidra med relativt kraftig utlekking av TOC i perioder med liten avrenning. Jordbruksaktiviteter fører til transport av basekationer, men også ved målestasjonen på Horne ble det påvist høy kalsiumkonsentrasjon i mai, noe som trolig skyldes en kombinasjon av geologiske forhold og lite vann.

Den mest kritiske vannkvaliteten i Lona inntreffer trolig i perioder med stor nedbørbetinget avrenning og samtidig deponisjon av sjøsalter, se eget avsnitt. Nedre elvestrekninger er mer beskyttet mot slike forhold på grunn av den økte TOC-konsentrasjonen, og selv under de spesielle forholdene i januar var konsentrasjonen av labilt Al under 10 µg/L der.



Figur 26. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Lonavassdraget.

4.5.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering

Feltarbeid ble utført i Lona 12. og 29. april med *in situ* fraksjonering av aluminium, innsamling av vann til analyse og el-fiske av aure og laks. Bunndyrprøver ble innsamlet den 12. april.

Av lokale personer ble det registrert stor vannføring i Lona den 9. april. Flommen i Lona var kortvarig, men vannstanden nederst i vassdraget var fortsatt relativt høy under feltarbeidet den 12. april. Den 28. april var vannstanden også relativt høy, men lavere enn det som ble registrert den 12. april.

Vannkvalitet

Ved prøvetakingen varierte pH-målingene mellom 5,9 og 6,3 og temperaturen varierte fra 4-10 °C (**Tabell 17**). Konsentrasjonen av totalt Al varierte fra 91 til 164 ug/L, med høyeste nivå ved Saga 12. april. Partikkeltransporten (Ala > 0.45 µm) var ubetydelig, men det var en betydelig kolloidaltransport (HMM Alc) som avtok fra 12. til 29. april (51-82 ug/L), noe som indikerer en viss treghet i stabiliseringen av vannkvaliteten etter flomepisoden 9. april. Kolloidalt eller høymolekylært Al utgjør en betydelig andel av Al i løsning, og er trolig assosiert med humus (Alo). Konsentrasjonen av reaktivt, høymolekylært Ali (polymeriseringsprodukt) var lav, med høyeste verdier 12. april ved Saga og 29. april ved utløpet. Konsentrasjonen av lavmolekylært Al varierte mellom 20 og 30 ug/L og hovedandelen av den lavmolekylære Al-fraksjonen var uladd eller negativt ladd (Alo). Konsentrasjonen av potensielt toksisk, lavmolekylært Ali var relativt lav (opptil 6 µg/L). Disse dataene tilsier at aluminiumkonsentrasjonen i vannet 3 døgn etter en flom ikke nødvendigvis bidrar til effekt på fisk.

Tabell 17. Vannkvalitetsparametere målt i felt og konsentrasjoner (µg/L) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert *in situ* i Lona.

Lokalitet	Dato	pH	Temp. (C°)	Ledn, (µS/cm)
Lona v/utløp	12.04.99	5,88	5,9	23
Lona v/utløp	29.04.99	6,3	10,8	34
Lona v/Saga	12.04.99	5,91	4,3	23
Lona v/Saga	29.04.99	6,34	6,5	27

Lokalitet	dato/kl	Al (tot)	Alc (tot)	Ala (tot)	Ala >0,45	Al <0,45	Alc <0,45	Ala <0,45	Alo <0,45	Ali <0,45
Lona v/utløp	12.04.99	164	98	65	<1	152	82	70	66	4
Lona v/Saga	12.04.99	140	72	68	1	139	72	67	57	10
Lona v/utløp	29.04.99	91	30	61	9	105	53	52	43	9
Lona v/Saga	29.04.99	127	69	58	2	107	51	56	52	4

Lokalitet	dato/kl	AL HMM	Alc HMM	Ala HMM	Alo HMM	Ali HMM	Al LMM	Alc LMM	Ala LMM	Alo LMM	Ali LMM
Lona v/utløp	12.04.99	123	78	45	44	1	29	4	25	22	3
Lona v/Saga	12.04.99	114	71	43	37	5	25	1	24	20	5
Lona v/utløp	29.04.99	85	52	33	23	10	20	1	19	20	<1
Lona v/Saga	29.04.99	87	53	34	37	<1	20	-2	22	16	6

Gjelleundersøkelser

Konsentrasjonen av Al på gjeller varierte fra 20-50 ug/g for aure og 20-50 ug/g for laks (**Tabell 18**). De høyeste konsentrasjonene av Al på gjeller ble registrert 12. april, 3 dager etter flomtoppen, hvor

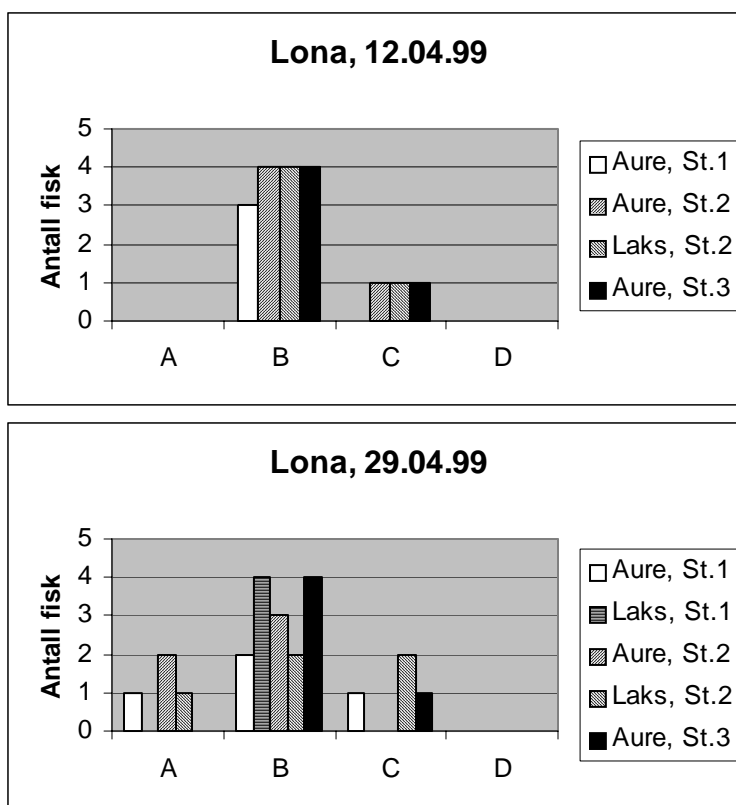
fisk fra Saga ($51 \pm 34 \mu\text{g/g}$ gjelle) viste høyere konsentrasjoner enn fisk fra utløpet ($20 \pm 7 \mu\text{g/g}$). Mikroskopi av fargede gjeller viser også at konsentrasjonen av Al var lav (svak blåfarge, se).

Den histologiske undersøkelsen viste at både aure og laks på samtlige stasjoner hadde gjeller i kategori B (**Figur 27**). Det var relativt lik gjellekvalitet ved de to prøvetakingstidspunktene. Eksempler på gjeller i kategori B og C er vist i **Figur 28**.

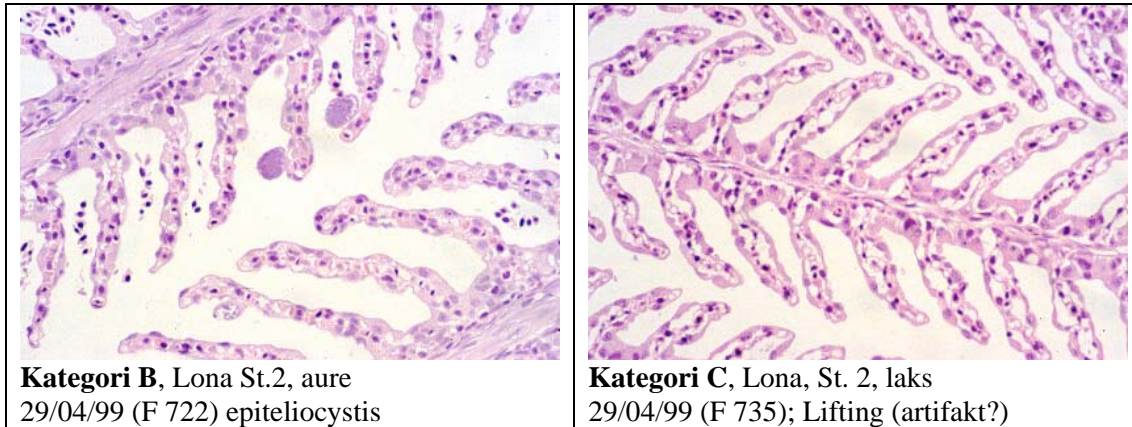
Tabell 18. Prøver av aure- og laks i Lona. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g tørrvekt}$).

116 = Lona utløp (UTM 935 017)
116b = Lona v/Holt (UTM 957 007)
116c = Lona v/Saga (UTM 958 006)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)	N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)
12.04	116	3	129 ± 30	63 ± 62	19 ± 7				
12.04	116b	5	131 ± 14	28 ± 9	42 ± 33	5	123 ± 5	19 ± 3	48 ± 29
12.04	116c	5	143 ± 35	37 ± 29	51 ± 34				
29.04	116	5	104 ± 22	13 ± 7	37 ± 28	4	132 ± 9	24 ± 5	30 ± 7
29.04	116b	5	121 ± 13	22 ± 6	28 ± 17	5	116 ± 8	18 ± 4	21 ± 5
29.04	116c	5	102 ± 8	12 ± 3	39 ± 25				



Figur 27. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av antall fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er presentert.



Figur 28. Gjellebilder fra Lona. Bildene viser aure i kategori B og laks i kategori C.

Bunndyr

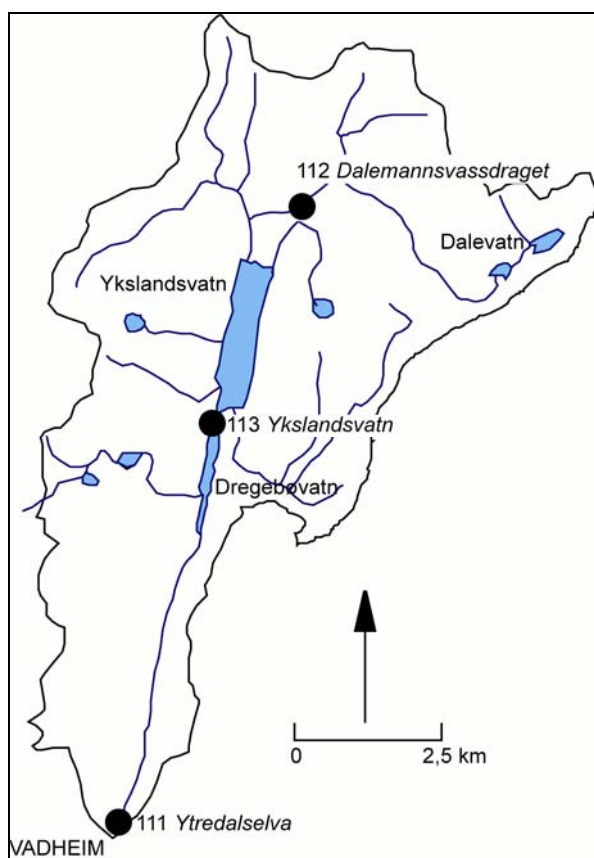
I Lona var Forsuringsindeks 1 og 2 henholdsvis 1 og 0.8. Det var nesten bare døgnfluen *Baetis rhodani* av følsomme arter som ble registrert på lokaliteten. Dette gir forsøringsklasse moderat forsuret. I Lona ved sagbruket var derimot begge forsøringsindeksene 1. Her er det god forekomst av nevnte døgnflue i tillegg til noen moderat følsomme steinfluer. Lokaliteten får betegnelsen ubetydelig forsuret.

Sammenfatning

Tre dager etter flom og høy vannføring i april 1999 ble det målt lave konsentrasjoner av Al_i i vannet og lave konsentrasjoner av Al på gjeller til fisk i Lona. Den histologiske undersøkelsen viste at gjellene stort sett hadde ubetydelige til moderate tilstandsendringer (kategori B). Fra tidligere arbeid er det under flommer målt lav pH (mars 1998), høye konsentrasjoner av Al_i i vannet og mye Al på gjeller. Bunndyrundersøkelsen viser at vassdraget var ubetydelig eller moderat forsuret.

4.6 Ytredalselva

Ytredalselva (**Figur 29**) ligger i Gaular og Høyanger kommuner og har et nedbørfelt på 42.1 km². Ca 3 km² av den nordøstlige delen av feltet (blant annet Dalavatnet) er overført til Hovlandsvassdraget og Høyangerreguleringen. Berggrunnen består av gneis. Nedbørfeltet er preget av bratte fjellsider helt ned mot Vadheimsfjorden, men i øvre og midtre del er det et myr/torv-preget område i omlag 500 meters høyde. Fra dette området og ned mot jordbruksbygdene i nordvestlige del er det enkelte tette granskogplantninger. Langs RV 14 ligger Ykslandsvatnet og Dregebøvatnet omlag 120 moh, og munner ut i den 4-5 km lange elvestrekningen som renner ut i sjøen ved Vadheim. Årsnedbøren er 2000-2500 mm, høyest i øvre del, mens spesifikk avrenning ved utløpet er ca. 70 L/s/km². Middelvannføringen er ca. 3 m³/s.



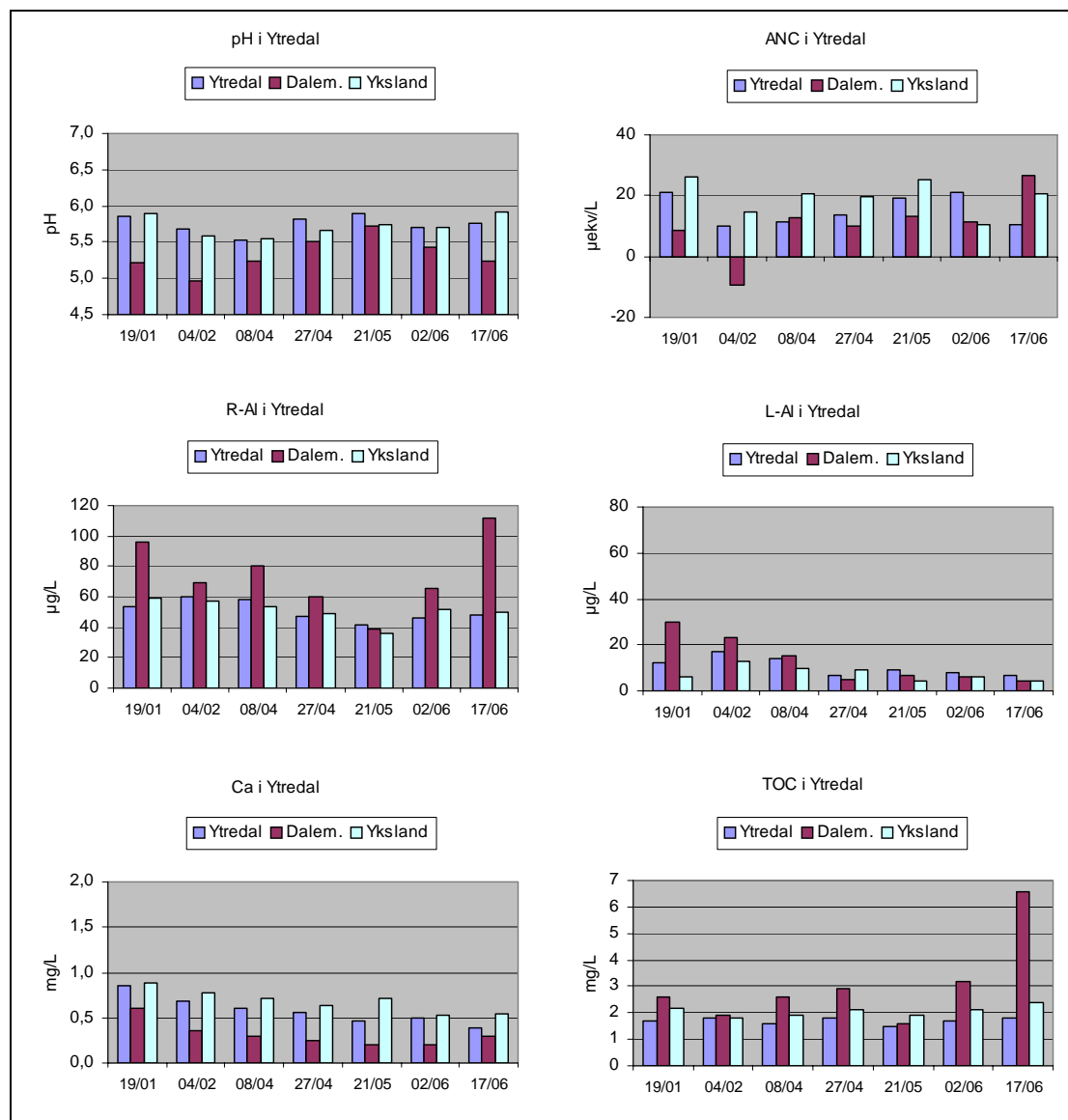
Figur 29. Nedbørfeltet til Ytredalselva med prøvetakingsstasjoner.

4.6.1 Vannkjemi under flom

Dalemannsvassdraget i nordøstre del hadde en klart surere, ”tynnere”, mer organisk preget og mer aluminiumsholdig vannkvalitet enn tilfellet var ved de to stasjonene lengere nede i vassdraget, se **Figur 30**. Kalsiumkonsentrasjonen var helt nede i 0.2-0.3 mg/L ved seks av sju prøvetakinger i denne delen og pH lå i området 5.0-5.5. TOC-konsentrasjonen var i området 2-3 mg/L, men helt opp til 6.5 mg/L i juni. Konsentrasjonen av labilt Al var 30 µg/L i januar. Konsentrasjonene av reaktivt Al var med ett unntak alltid over 60 µg/L og helt opp til 100 µg/L ved første og siste prøvetaking.

Selv om vannkvaliteten, også pH, var svært lik på de to nederste stasjonene ved alle prøvetakingene, var det en klar tendens til høyere konsentrasjon av labilt Al ved utløpet enn oppe ved Ykslandsvatn. Årsaken til dette kan være Al-transformeringer i selve vannet og ytterligere tilførsler av uorganisk Al

videre nedover mot sjøen. Omlag en tredel av nedbørfeltet ligger i dette området og TOC-konsentrasjonen var systematisk avtakende, noe som kan føre til at mere Al foreligger på uorganisk form. Konsentrasjonen av labilt Al ved utløpet var nær kritiske områder (opp mot 15-20 $\mu\text{g/L}$) ved to-tre anledninger, men forøvrig under ca. 10 $\mu\text{g/L}$.



Figur 30. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Ytredalsvassdraget.

4.6.2 Biologiske undersøkelser og Al-fraksjonering

Feltarbeid ble utført i Ytredalselva den 12. april ved over middels vannføring og den 27. april ved høy vannføring. Bunndyr ble samlet inn den 12. april.

Vannkvalitet

Ved prøvetaking 12. og 27. april var pH 5.7 og totalt Al i løsningsform hhv. 82 og 44 $\mu\text{g/L}$ (Tabell 19). Hovedandelen av Al i løsningsform var uladd eller negativt ladd, trolig assosiert med humus, men en

betydelig andel (1/3) forelå som kolloidalt Al. Konsentrasjoner av reaktivt Al_i i vassdraget varierte mellom 7 og 9 µg/l.

Tabell 19. Vannkvalitet i Ytredalselva målt i felt og konsentrasjoner (µg/L) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert og målt på laboratorium.

Lokalitet	Dato	pH	Ledn, (µS/cm)	Al tot	Al _c tot	Al _a tot	Al _a >0,45	Al <0,45	Al _c <0,45	Al _a <0,45	Al _o <0,45	Al _i <0,45
Ytredalselva	12.04.99	5,7	19	82	30	53	<1	79	25	55	46	9
Ytredalselva	27.04.99	5,73	18	44	1	42	1	67	26	41	34	7

Gjelleundersøkelser

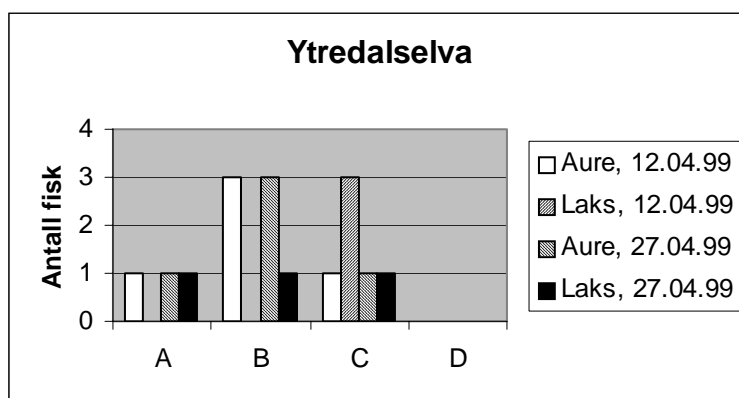
Konsentrasjonen av Al på gjeller var ca. 120 µg/g for aure og varierte fra 150 til 250 µg/g for laks (**Tabell 20**). De høyeste konsentrasjonene av Al på gjeller ble registrert 12. april. Nivået av gjelle-Al var høyere enn det en kunne forvente utfra Al-fraksjoneringsdataene fra samme dag. Dette indikerer at gjelle-Al reflekterer vannkvaliteten under flomeepisoden, mens vannkvaliteten stabiliseres raskt.

Den histologiske undersøkelsen viste at mesteparten av auren hadde gjeller i kategori B ved begge prøvetakingstidspunktene (**Figur 31**). For laks var resultatene noe mer fordelt med hovedtyngde på kategori C ved den første prøvetakingen (mest gjelle-Al) og fordelt på A, B og C ved den siste prøvetakingen. Eksempler på gjeller i kategori B er vist i **Figur 32**.

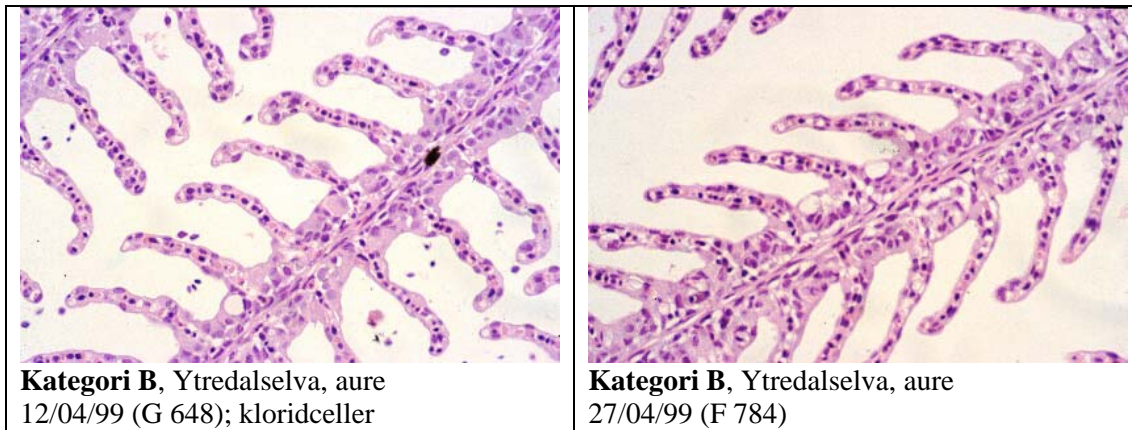
Tabell 20. Prøver av aure- og laks i Ytredalselva. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium (µg Al/g tørrvekt)

111=Ytredalselva (UT 292 903)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al (µg/g)	N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al (µg/g)
12.04	111	5	133± 4	26± 3	120± 20	3	152± 21	34± 1	252± 51
27.04	111	6	131± 25	27± 15	121±26	3	130± 8	23± 3	150±12



Figur 31. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av antall fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er vist.



Figur 32. Gjellebilder fra Ytredalsvassdraget. Bildene viser aure i kategori B.

Bunndyr

Stasjonen nederst i Ytredalselva hadde Forsuringsindeks 1 lik 1, mens indeks 2 var 0.8. Lokaliteten inneholdt 5 følsomme arter, deriblant *Baetis rhodani* i moderate mengder. Indeksverdien og faunasammensetningen tyder på forholdsvis små skader. Lokaliteten faller inn under klassen moderat forsuret. Ved utløp av Ykslandsvatn ble det bare påvist noen moderat følsomme arter. Både Forsuringsindeks 1 og 2 ble derfor 0.5, noe som gir forsøringsklasse markert forsuret. Dette viser at det var en tydelig forskjell på forholdene øverst og nederst i Ytredalselva. Samtidig viser resultatene at elva inneholder arter som raskt kan rekolonisere de øvre delene dersom forholdene blir bedre.

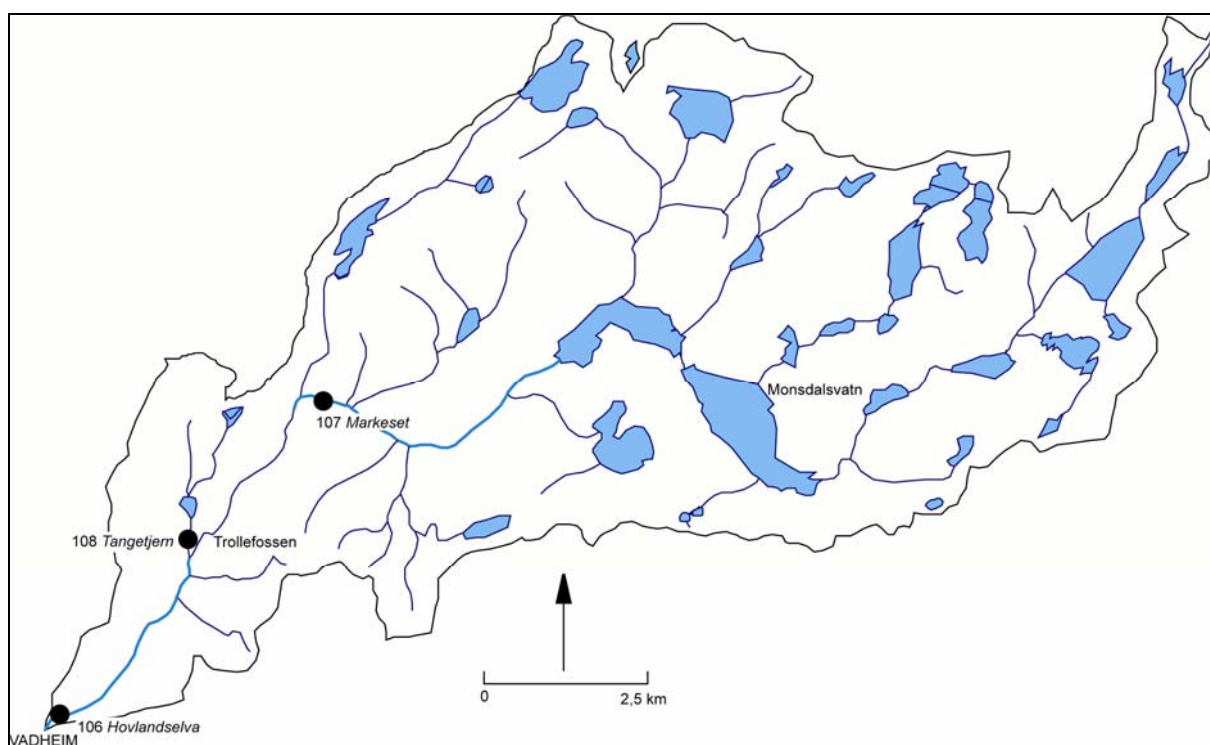
Sammenfatning

I Ytredalselva ble det målt lave konsentrasjoner av Al_i i vannet i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller. Ved den histologiske undersøkelsen ble det påvist ubetydelig til moderat tilstands-endring (kategori B) hos aure, mens det for laks varierte fra kategori A (normal tilstand) til kategori C (moderat til uttalt tilstands-endring). Kategori C ble observert 12. april i samsvar med høyest gjelle-Al for laks. Bunndyrdataene viser at vassdraget var moderat til markert forsuret.

4.7 Hovlandselva (Indredalselva)

Vassdraget har et naturlig nedbørfelt på 70.4 km², ligger i Høyanger og Gaular kommuner og renner ut i sjøen ved Vadheim (**Figur 33**). Nedre del går parallelt med Ytredalselva, kun atskilt av en smal åsrygg. Store deler av det naturlige feltet er i høyreliggende områder og så godt som hele dette arealet er ført over mot Høyangerreguleringen. Restfeltet er således bare 23.3 km² og vannkvaliteten er trolig mer preget av myr/torv-områdene i lavereliggende områder enn før reguleringen. Det er granskogplantninger i området oppstrøms Tangetjern, men totalt sett lite i dette vassdraget.

Berggrunnen består av gneis, årsnedbøren er noe over 2000 mm og spesifikk avrenning er 70-75 L/s/km². Middelvannføringen ved utløpet er redusert fra nær 5 m³/s til noe over 1.5 m³/s. Anadrom strekning er 5 km (opp til Trollefossen), men også tilløpet fra Tangetjernet er del av anadrom strekning.

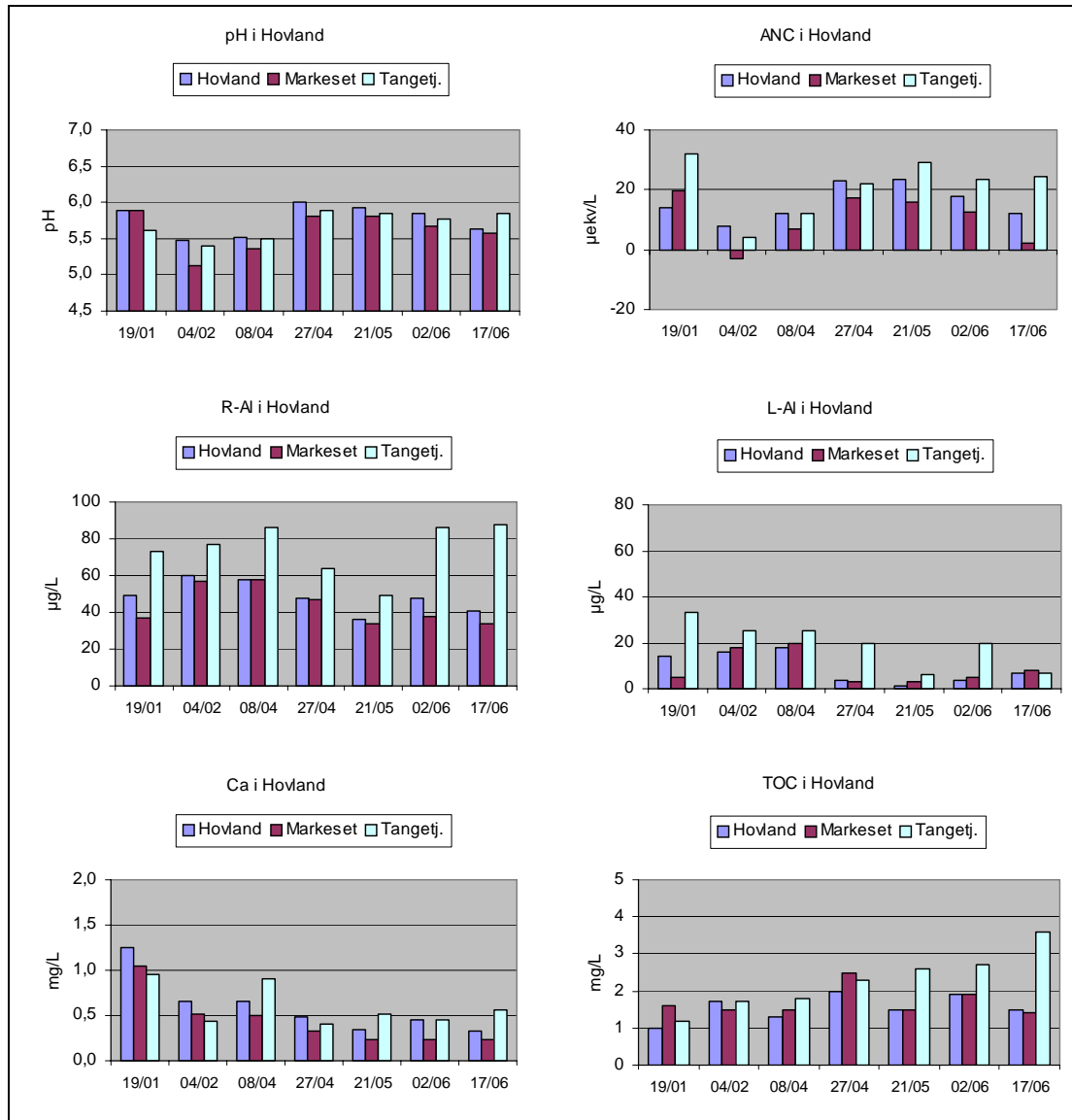


Figur 33. Nedbørfeltet til Hovlandselva med prøvetakingsstasjoner.

4.7.1 Vannkjemi under flom

Resultater fra undersøkelsen er vist i **Figur 34**. Prøvetakingsstasjonen ved Markeset fanger opp omlag halve det resterende (naturlig minus regulert) nedbørfeltet og vannkvaliteten her er derfor avgjørende for vannkvaliteten ved utløpet. Stasjonen ved Tangetjern representerer derimot bare en liten del av feltet og hadde også i perioder temmelig avvikende vannkvalitet, med høyere konsentrasjoner av TOC og aluminium. Ved fem av sju prøvetakinger var konsentrasjonen av labilt Al høyest der, og ved alle disse anledningene var konsentrasjonen 20 µg/L eller høyere. Om dette henger sammen med den relativt tette granskogplantingen her i forhold til i resten av de lavereliggende områder er ikke undersøkt nærmere.

Både i februar og april var konsentrasjonen av labilt Al i et kritisk område for laks, omlag 20 µg/L ved både Markeset og ved utløpet til sjøen. I januar var konsentrasjonen trolig i et akseptablet område, men det var en kraftig økning fra Markeset og til sjøen, som må henge sammen med stort bidrag fra Tangetjern og evt. andre deler av restfeltet. En klar endring i fargetallet fra Markeset og ned til sjøen tyder også på et viktig bidrag til redusert vannkvalitet fra nedre deler.



Figur 34. Vannkjemiske resultater fra flomundersøkelsen i Hovlandselva.

4.7.2 Biologiske undersøkelser

Feltarbeid i Hovlandselva ble utført den 12. og 27. april, begge ganger med noe over middels vannføring. Bunndyr ble innsamlet den 12. april.

Vannkvalitet

Ved prøvetaking 12. og 27. april var pH ca. 5.8 og Al varierte mellom 70-136 $\mu\text{g/L}$ (**Tabell 21**). Kolloidalt Al utgjorde ca. 20-50 % av Al i løsning, resten var uladd eller negativt ladd, trolig assosiert med humus. Det ble målt lave konsentrasjoner av reaktivt Al_i (opptil 9 $\mu\text{g/l}$), dvs. nivåer som i liten grad vil medføre effekt på fisk.

Tabell 21. Vannkvalitet i Hovlandselva målt i felt og konsentrasjoner ($\mu\text{g/L}$) av ulike Al-tilstandsformer fraksjonert og målt på laboratorium.

Lokalitet	Dato	pH	Ledn, ($\mu\text{S/cm}$)	Al tot	Al_c tot	Al_a tot	Al_a >0,45	Al <0,45	Al_c <0,45	Al_a <0,45	Al_o <0,45	Al_i <0,45
Hovlandselva, utløp	12.04.99	5,79	17	72	16	56	1	74	18	56	47	9
Hovlandselva, utløp	27.04.99	5,88	13	136	89	47	<1	89	40	49	46	4

Gjelleundersøkelser

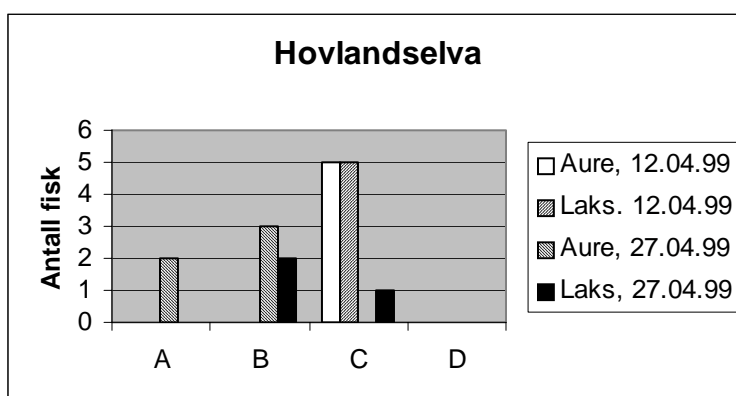
Konsentrasjonen av Al på gjeller varierte fra 78 til 165 $\mu\text{g/g}$ for aure og i området 85-126 $\mu\text{g/g}$ for laks (**Tabell 22**). De høyeste konsentrasjonene ble registrert 12. april, og avtakende til 27.april. Nivået av gjelle-Al var høyere enn det en kunne forvente utfra Al-fraksjoneringsdataene fra samme dag. Dette indikerer at gjelle-Al reflekterer vannkvaliteten under en flomepisode, mens vannkvaliteten stabiliseres relativt raskt.

Den histologiske undersøkelsen viste at ved den første prøvetakingen hadde samtlige fisk, både aure og laks, gjeller i kategori C (**Figur 35**). Ved den siste prøvetakingen var forholdene noe bedret med mesteparten av gjellene i kategori B. Eksempler på gjeller i kategori A og C er vist i **Figur 36**.

Tabell 22. Prøver av aure- og laks i Hovlandselva. Middelerverdier og standardavvik av lengde, vekt og gjellealuminium ($\mu\text{g Al/g tørrvekt}$)

106=Hovlandselva (UTM 295 902)

Dato	Stasjon	Aure				Laks			
		N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)	N	Lengde (mm)	Vekt (g)	Al ($\mu\text{g/g}$)
12.04	106	5	153 \pm 22	34 \pm 13	165 \pm 74	5	104 \pm 3	12 \pm 1	126 \pm 34
27.04	106	5	140 \pm 14	32 \pm 8	78 \pm 16	3	107 \pm 9	12 \pm 1	85 \pm 23



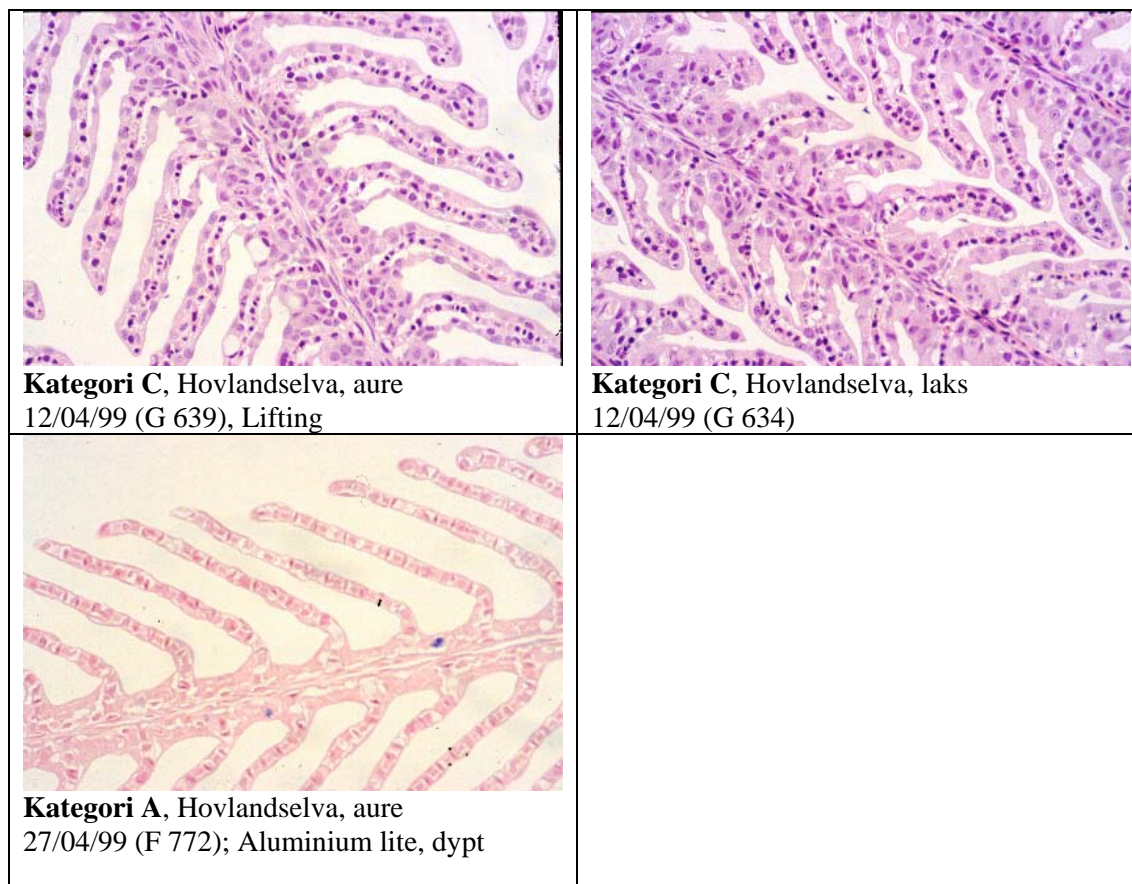
Figur 35. Resultater av den histologiske undersøkelsen. Fordelingen av fisk i de 4 kategoriene for hver av prøvetakingstidspunktene er presentert.

Bunndyr

Stasjonen ved Hovland oppnådde verdien 1 for begge forsuringsindeksene grunnet god forekomst av *B. rhodani*. Utenom denne følsomme arten ble det funnet 3 moderat forsuringsfølsomme former. Faunasammensetningen indikerer ubetydelig forsurening. I bekken fra Tangetjern ble det bare funnet en moderat følsom steinflue. Begge forsuringsindeksene blir derfor 0.5 (markert forsuret) for denne lokaliteten. Forholdene på disse to stasjonene ligner situasjonen i Ytredalselva.

Sammenfatning

Det finnes ingen vannføringsdata fra Hovlandselva, men det antas at vannføringsvariasjonene var som i de andre vassdragene i denne undersøkelsen. I Hovlandselva ble det målt lave konsentrasjoner av Al_i i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men relativt høye konsentrasjoner av Al_i på gjeller den 12. april. Den 27. april ble det målt en lavere konsentrasjon av Al_i på gjellene, og det skyldes trolig at det var lite Al_i i vassdraget så lenge etter flommen, se **Figur 34**. Den histologiske undersøkelsen samsvarer godt med dette og viste moderate til uttalte tilstandsendringer (kategori C) ved den første prøvetakingen og ubetydelige til moderate tilstandsendringer (kategori B) ved den siste prøvetakingen. Bunndyrdataene viste ikke forsureningsskader i hovedelva, mens bekken fra Tangetjenn var markert forsuret.



Figur 36. Gjellebilder fra Hovlandselva. Bildene viser laks i kategori C og aure i kategori A og C.

4.8 Sjøsaltepisoder

En forutsetning for å kunne gjøre en vurdering av de vannkjemiske resultatene er å undersøke om det i forbindelse med prøvetakingene har vært tilført sjøsalter til vassdraget, og om dette har skapt spesielle vannkjemiske forhold. Den enkleste indikatoren er kloridkonsentrasjonen i vassdraget. Hvis den er spesielt høy, har tilførselen iallfall vært stor. For å finne ut om episoden har vært alvorlig nok til å framkalle dårlig vannkvalitet og dermed ha biologisk relevans, kan en gå videre med å undersøke den ikkemarine natriumkonsentrasjonen.

Negative verdier for ikkemarin Na^2 (se også fornote 1) viser at det har skjedd en ionebytting av tilført Na i jorda. For å kompensere for dette må det føres andre positivt ladde ioner ut sammen med kloridet. I områder som er godt bufret fra naturens side er det først og fremst basekationer (Ca og Mg) som erstatter Na, mens det i forsuredede områder er H^+ og Al-ioner (Hindar et al. 1993; 1994).

I **Figur 37** er kloridkonsentrasjonen i de ulike vassdragsavsnitt vist. Som en ser, har konsentrasjonen i enkelte perioder vært noe høyere enn i andre perioder, og vinteren framstår som den mest utsatte perioden. Det er jo også da en tradisjonelt har store vindstyrker som kan føre sjøsalter innover land, slik som i 1993, da det ble registrert regional fiskedød (Hindar et al. 1993; 1994). Det ser ut til at Lona var mest utsatt for sjøsalter i 1999, og i januar var konsentrasjonen av klorid 10-11 mg/L i hele vassdraget. Bakgrunnsnivået av sjøsalter i Lona er også høyere enn i andre vassdrag. De relative forskjellene kan imidlertid være betydelige også i noen av de andre vassdragene, og det har betydning for effekten av episodene (Hindar et al. 1993).

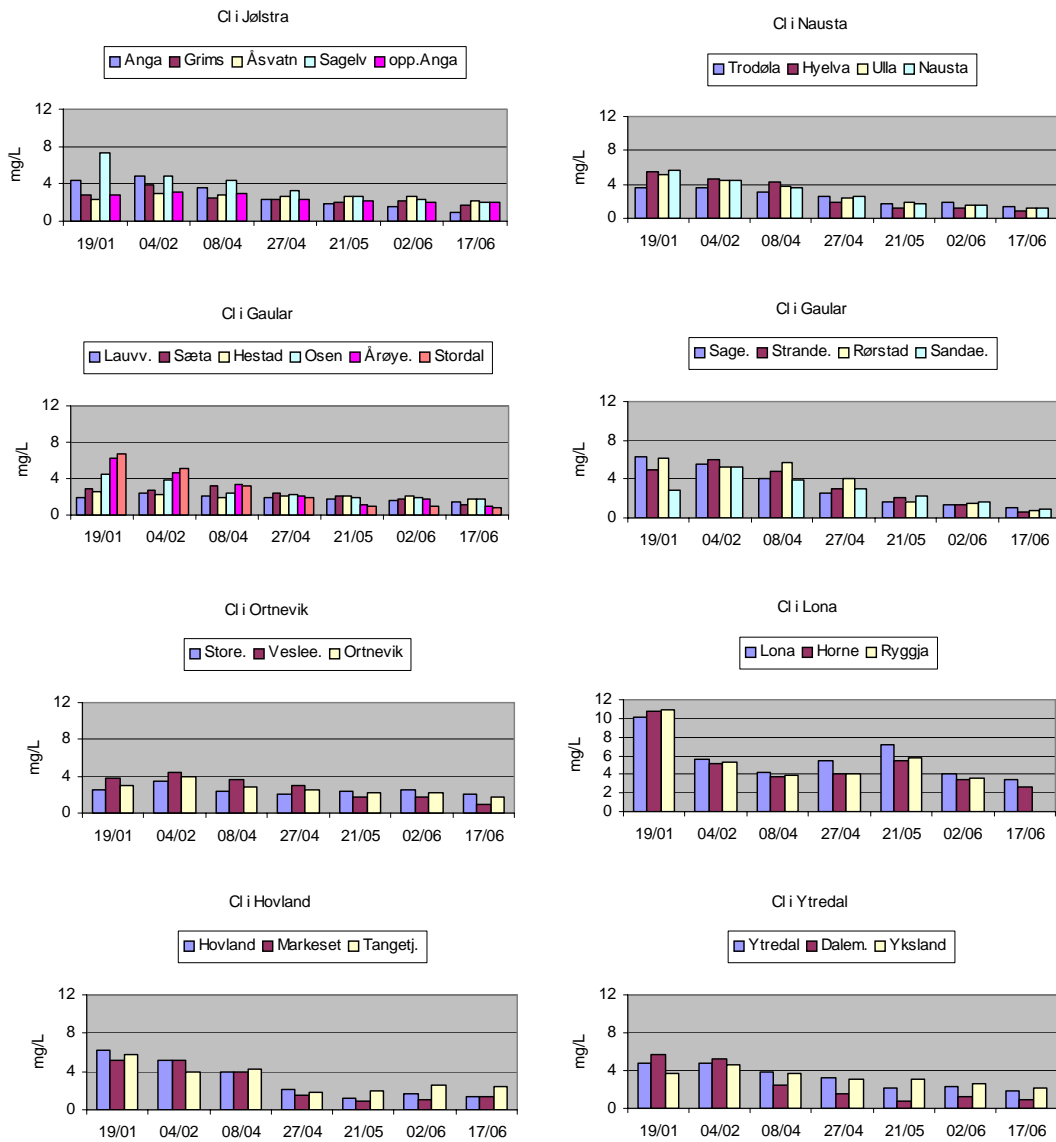
Figur 38 viser at konsentrasjonen av ikkemarin natrium (Na^*) var positiv ved de fleste prøvetakinger. Dette sammenfaller med lave kloridkonsentrasjoner. I enkelte vassdrag var Na^* -konsentrasjonen negativ om vinteren:

- kom såvidt ned til -10 $\mu\text{ekv/L}$ i sidevassdrag i Jølstra.
- alle lokaliteter i Nausta var preget av sjøsalter i februar, men i januar var utslaget mer variert og større på enkelte steder.
- i alle sidevassdragene i Gaularvassdraget, både ved Viksdalsvatnet og i sidefeltene lengere nede (Årøy og Stordalen) kom konsentrasjonene ned til -10 - -20 $\mu\text{ekv/L}$.
- Ortnevikelva hadde ned til -10 $\mu\text{ekv/L}$ i februar.
- den 19. januar ble det målt høye kloridkonsentrasjoner i Lona, og denne dagen ble det registrert ikkemarin natrium ned mot - 60 $\mu\text{ekv/L}$.
- i Hovlandselva og Ytredalselva kom konsentrasjonene ned mot -10 – -20 $\mu\text{ekv/L}$ om vinteren.

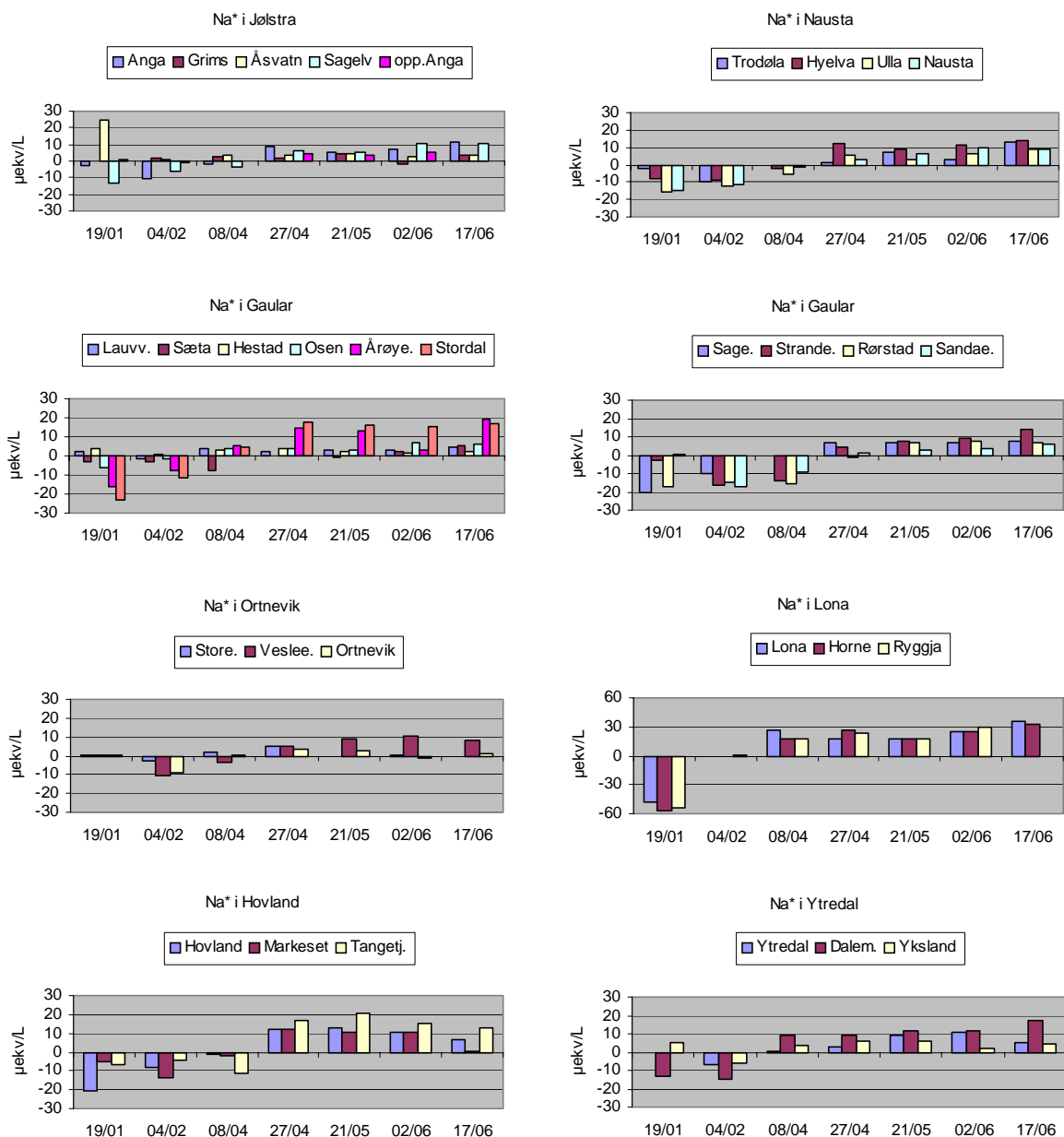
For hele materialet er det vanskelig å se sammenhengen mellom ikkemarin natrium og pH, mens sammenhengen mellom sjøsaltepisoder og avtakende vannkvalitet blir klarere når den labile fraksjonen av aluminium avsettes mot ikkemarin Na, se **Figur 39**. Relativt dårlig forklaringsgrad ($r^2=0.10$ og 0.23 for hhv. pH og LAI), henger sammen med at alle lokaliteter er kjørt sammen i analysen.

Det ser ut til at sjøsaltepisodene representerer en drivende kraft for mobilisering av labilt aluminium. Alle konsentrasjoner av LAI over 20 $\mu\text{g/L}$ inntreffer ved negative verdier av ikkemarin Na. Tilsvarende er også funnet i sidevassdrag til Suldalslågen, Vosso og Flekke-Guddalvassdraget (Hindar 1999; Hindar og Kroglund 2000; Hindar og Skancke 2000). At LAI-konsentrasjonen i Lona ikke ble høyere enn 20 $\mu\text{g/L}$ den 19. januar, skyldes blant annet mobilisering av kalsium.

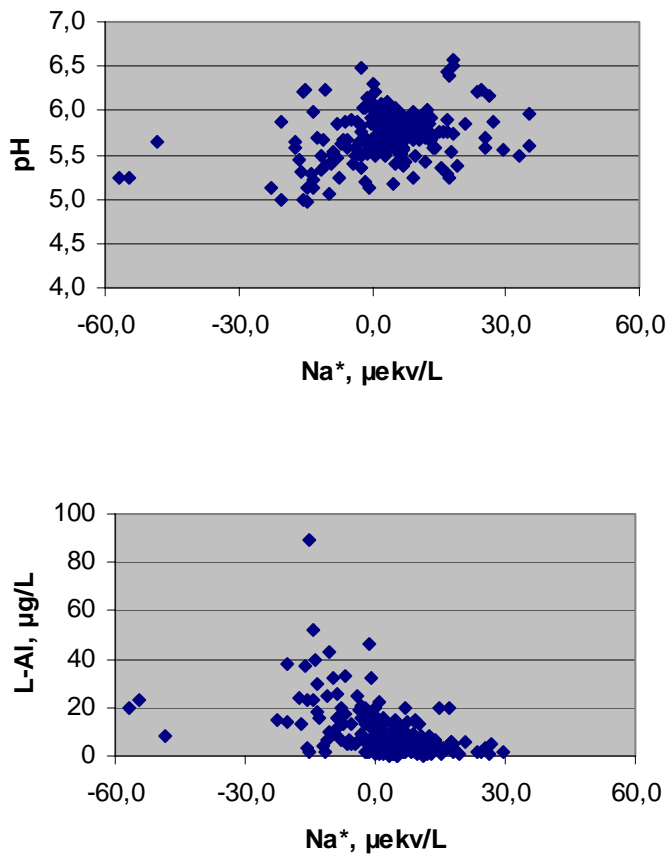
² For å finne ikkemarin Na trekker en fra den andelen av Na som hører til sjøsaltilførselen. Vi går ut fra at all klorid i vannprøven tilføres som sjøsalt og bruker forholdet mellom Na og Cl i sjøvann i beregningen.



Figur 37. Kloridkonsentrasjonen i de undersøkte vassdragsavsnitt.



Figur 38. Konsentrasjonen av ikkemarin natrium i de undersøkte vassdragsavsnitt. Legg merke til annen skala for Lona.



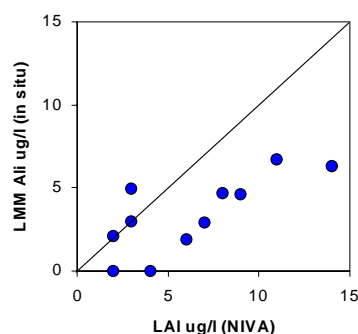
Figur 39. Forholdet mellom konsentrasjonen av ikkemarin natrium (Na^*) og hhv. pH og labilt aluminium (L-Al) for alle vassdrag. De tre verdiene for 19. januar i Lona ligger ute til venstre i figurene, se tekst.

5. Vurderinger og anbefalinger

Her vurderes vassdragene enkeltvis, delvis etter kriterier gitt i Hindar et al. (1997) og delvis på bakgrunn av de biologiske undersøkelsene i prosjektet. På bakgrunn av dette gis anbefalinger om videre undersøkelser, overvåking og kalkingstiltak.

5.1 Muligheter for skade basert på labilt aluminium i vann

Lagring påvirker konsentrasjonen av LAI og Ali i vann som innsamles fra ustabile vannkvaliteter og analyseres senere på laboratoriet. Ved lagring av prøver vil en underestimere LAI og Ali i forhold til den reelle verdien ute i felt. I vannprøver analysert i forbindelse med denne undersøkelsen er det lave konsentrasjoner av LAI (NIVA) og Ali (NLH). Tar vi hensyn til usikkerheter er det liten forskjell mellom målte konsentrasjoner LAI på laboratoriet og verdier som er målt i felt (Ali *in situ*), med en liten tendens til lavere verdier på laboratoriet. Dette viser at en relativt stabil vannkvalitet er etablert ved de enkelte prøvetakingsstedene få dager etter flom. Sammenlignes konsentrasjonen av LAI målt på laboratoriet og ultrafraksjonert Al i felt (LMM Ali), er konsentrasjon av LAI alltid høyere enn LMM Ali, dvs. en ganske stor andel av LAI er høymolekylære tilstandsformer (**Figur 40**).



Figur 40. Sammenheng mellom LMM Ali (felt) og LAI (NIVA).

Med utgangspunkt i de maksimale konsentrasjoner av labilt aluminium (LAI) som er påvist i den vannkjemiske undersøkelsen og vannkvalitetskriteriene (**Tabell 4**), er vannkvalitetsvurderingene gitt i **Tabell 23**. Konsentrasjonen av LAI (NIVA) kan ha vært høyere under flomsituasjoner enn det som framgår av vannanalysene.

Selv om det sannsynligvis ikke er laks i Ortnevikvassdraget, er vurderingen her gjort i forhold til laks. Det skyldes at vassdraget er et potensielt laksevassdrag og at det, som nevnt tidligere, ikke finnes et godt nok materiale til å foreslå vannkvalitetskriterier for sjøaure. Mye tyder på at sjøauren tåler surt, Al-holdig vann bedre enn laks, men når laboratoriemålte LAI-konsentrasjonen kommer opp i 20-30 µg/L, tolker vi det som dårlig vann også for sjøauresmolt.

Tabell 23. *Klassifisering av vassdrag i Sogn og Fjordane basert på maksimal konsentrasjon av labilt aluminium (LAl) i denne undersøkelsen og fare for skader på laksesmolt som er påvist ved tilsvarende konsentrasjoner i renneforsøk. (*=mindre relevant fordi det sannsynligvis ikke er laksesmolt i lokaliteten, plassering ved stasjonsnavn angir at dette er anadrom strekning; **=innenfor usikkerheten).*

Forklaring av symboler (utdrag fra **Tabell 4**) er som følger:

- (x) : ingen eller liten fare for skade
 x : fare for moderat skade
 xx : fare for betydelig skade
 xxx : fare for betydelig skade - moderat dødelighet
 xxxx : fare for betydelig skade - betydelig dødelighet

Vassdrag	Vassdragsdel	LAl, µg/L	Skade ferskvann	Skade saltvann
Nausta	Trodøla	11	*	*
	Hyelva	13	(x)-x	x-xx
	Ullaland	7**	(x)	(x)-x
	Utløp	7**	(x)	(x)-x
Jølstra	Anga	10	(x)-x	x-xx
	Grimsbøen	6**	(x)	(x)-x
	Åsvatn	13	(x)-x	x-xx
	Sagelva	16	(x)-x	x-xx
	Jølstra	5**	(x)	(x)-x
Gaular-vassdraget	Vik	6	*	*
	Sæta	21	*	*
	Osen	16	(x)-x	x-xx
	Hestad	8**	(x)	(x)-x
	Sagelva	38	*	*
	Strandelva	40	*	*
	Rørstadelva	89	*	*
	Sandaelva	16	*	*
	Årøyelva	23	xx	xxx
Stordalen	15	(x)-x	x-xx	
Ortnevik-vassdraget	Storelva*	22	xx	xxx
	Vesleelva*	43	xxx	xxxx
	Ortnevikelva*	26	xx	xxx
Lona	Lona-utløp	8**	(x)	(x)-x
	Horne	20	xx	xxx
	Ryggja	23	xx	xxx
Ytredalselva	Ytredal	17	(x)-x	x-xx
	Dalemann	30	*	*
	Yksland	13	(x)-x	x-xx
Hovlandselva	Hovland	18	(x)-x	x-xx
	Markeset	20	xx	xxx
	Tangetj.	33	xxx	xxxx

5.2 Muligheter for skadelige sjøsaltepisoder

Sjøsaltepisoder kan forekomme uten at de er biologisk relevante. Det er tilfellet når vi måler økt kloridkonsentrasjon og negative verdier for den beregnede ikkemarine natriumkonsentrasjonen uten at pH eller Al-konsentrasjon endres vesentlig. I områder med tilstrekkelig tilgang på mobiliserbare basekationer vil natrium fra sjøsaltene bli byttet ut med kalsium og magnesium, og vannkvaliteten vil opprettholdes (Hindar et al. 1993; 1994). I dette avsnittet er det sjøsaltepisoder som kan føre til negativ påvirkning på laksesmolt som danner grunnlaget for vurderingen.

I denne undersøkelsen ble det ikke påvist særlig kraftige sjøsaltepisoder, med unntak av episoden i Lonavassdraget i januar 1999. Data fra andre år, f.eks. 1993, 1997 og 2000, viser at sjøsaltepisodene kan være atskillig kraftigere. Det er derfor trukket inn andre forhold som vi fra tidligere undersøkelser vet påvirker hyppighet og størrelse av sjøsaltepisoder.

Den omfattende fiskedøden som ble registrert etter episoden i 1993 ga verdifull kunnskap om slike episoder (Hindar et al. 1993; 1994). Avstand fra kysten var viktig; områder noe inn i landet, 4-5 mil fra kysten, var særlig utsatt fordi episodene der ikke er så vanlige. Akkumulering av syre og aluminium kan derfor skje over en viss tid før sjøsalter fører til utvasking. Endringen fra normalttilstanden, det vil si økningen i kloridkonsentrasjon i forhold til utgangspunktet, var viktig i seg selv, men det henger også sammen med avstandsmomentet. Likeledes så det ut til at moderat til sterkt forsurede områder var mer utsatt enn lite påvirkede områder. Det er trolig fordi det i forsurede områder finnes lett mobiliserbart aluminium i jordvannet. I et felt i Bjerkreimvassdraget med intensiv barskogplanting ble den kraftigste effekten registrert, og aluminiumskonsentrasjoner på omkring 2000 µg LAI/L ble målt sammen med pH-reduksjon (Hindar et al. 1995).

Hvis det er slik at forsurening er en forutsetning for biologisk relevante sjøsalteffekter, vil en ytterligere reduksjon i forsureningspåvirkning, slik Gøteborgprotokollen fra desember 1999 gir forhåpninger om (Henriksen og Buan 2000), også kunne redusere betydningen av sjøsaltepisoder. I løpet av 1990-årene er det registrert en betydelig reduksjon i svoveldeposisjonen og en bedring i vannkvalitet (SFT 1999), men det er også vist at det må regnes med betydelige tidsforsinkelser fordi jorda er tappet for basekationer. Det vil ta lang tid å komme tilbake mot en normalttilstand (Wright og Henriksen 1999). En sammenlikning mellom midlere vannkvalitet og ekstreme episoder i ulike vassdrag viser imidlertid at minimum pH øker og at de maksimale Al-konsentrasjonene reduseres parallelt med den generelle forbedringen (SFT 1999). Det antas derfor at også sjøsalteffektene kan bli mindre under uendrede klimatiske forhold. Dette bør undersøkes nærmere.

I lys av erfaringer fra tidligere sjøsalteffekter er vurderinger av resultater fra denne undersøkelsen sammenstilt i **Tabell 24**.

Tabell 24. Sannsynlighet for at sjøsaltepisoder i kombinasjon med barskogplantninger og blandsoner skal representere et problem i vassdraget.

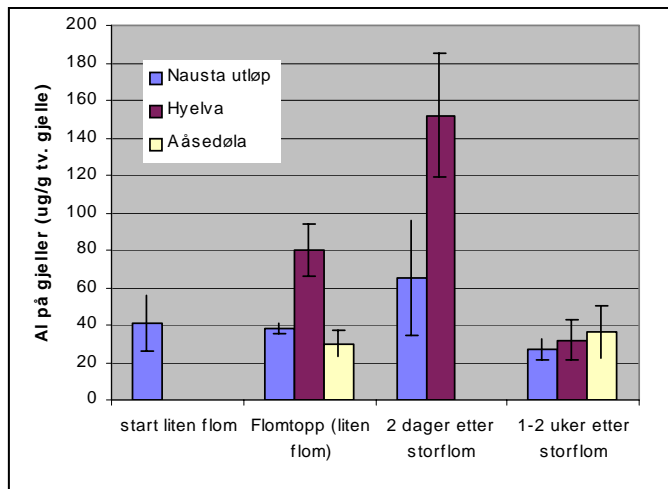
Vassdrag	Karakterisering: lite (-); moderat (+); betydelig (++) eller stort (+++) problem.	
Nausta	+	Faren for skadelige sjøsaltepisoder kan være tilstede. Dette er dokumentert tidligere, men bekrefte bare delvis her. Al-mobiliseringen var ubetydelig i januar.
Jølstra	+	Tilsynelatende fare for sjøsaltepisoder i Sagelva med muligheter for blandsoner i anadrom strekning fordi det er funnet kilder til Al i dette sidevassdraget. Noe høyere Ca-konsentrasjon i Sagelva tyder imidlertid på at basekationer delvis kan byttes ut fra jordsmonnet framfor H ⁺ og Al ved sjøsaltepisoder.
Gaularvassdraget	++	Nedre deler, med de skogtilplantede og svært Ca-fattige feltene Årøyelva og Stordalenfeltet, kan representere et betydelig problem både med hensyn til sjøsaltepisoder og blandsoner.
Ortnevik	++	Største Al-mobilisering skjedde ved -10 µekv Na*/L, men Cl-konsentrasjonen var ikke spesielt høy. Kan tyde på at feltet er svært følsomt for sjøsalter. Skogplantning og lav Ca-kons. forsterker dette inntrykket.
Lona	++	Påvist svært store negative verdier for Na*, med påfølgende økning i LAI. Men vassdraget ser ut til å mobilisere basekationer, som sammen med et mindre forsurningsfølsomt nedre vassdragsavsnitt kan dempe betydningen av sjøsaltepisoder. Problemet er likevel vurdert som betydelig på anadrom strekning i øvre del.
Ytredalselva	+	Dalemansvassdraget i øvre del er utsatt, mens betydelige effekter ikke er påvist i nedre del. Det antas at Ykslandsvatnet demper effekten, men om nedre del kan stå imot kraftigere episoder er tvilsomt.
Hovlandselva	+	Registrert betydelig effekt, men moderat Al-mobilisering. Basekationer kan mobiliseres og dempe biologiske effekter, men resultatene tyder på at kapasiteten kan være begrenset.

5.3 Vurdering basert på gjelleundersøkelser

I ustabile vannkvaliteter med økt gjellereaktivt Al vil avsetningen av Al være høyere enn bakgrunnsnivåene som observeres i stabile vannkvaliteter. I kontrollerte forsøk er det vist klare sammenhenger mellom LAI i vann, gjelle-Al og fysiologiske effekter på fisken (Kroglund et al. 1998). Forsøk har også vist at fisken kan utskille Al fra gjellene, blant annet gjennom sliming, og at hastigheten er avhengig av vannkvaliteten (raskere ved bedre vannkvalitet). **Figur 41** viser akkumulering av Al på gjellene under flomepisoder i Nausta. Høyest Al-nivå på gjeller er registrert 2 dager etter flom (lave Ali konsentrasjoner registrert i vannet på dette tidspunktet), mens lave nivåer observeres ved lavere vannføring 1-2 uker etter flom.

Sammenhenger mellom Ali i vann og Al på gjeller kan variere mellom ulike vassdrag og vil være avhengig av TOC og partikkelkonsentrasjonen. Ved å benytte konsentrasjonsforholdet for Ali i vann og gjelle-Al under stabile forhold som referanseverdi, vil signifikant økning under en flomepisode reflektere avsetning på gjeller under ustabile forhold. Hvis en observerer svært mye høyere konsentrasjoner av Al på gjeller etter en flom enn det konsentrasjonen i vannet skulle tilsi, kan en i grove trekk finne hvilken belastning fisken har vært utsatt for. Da fisken kan kvitte seg med Al på gjeller etter en flomepisode, vil imidlertid den beregnede belastningen kunne være underestimert.

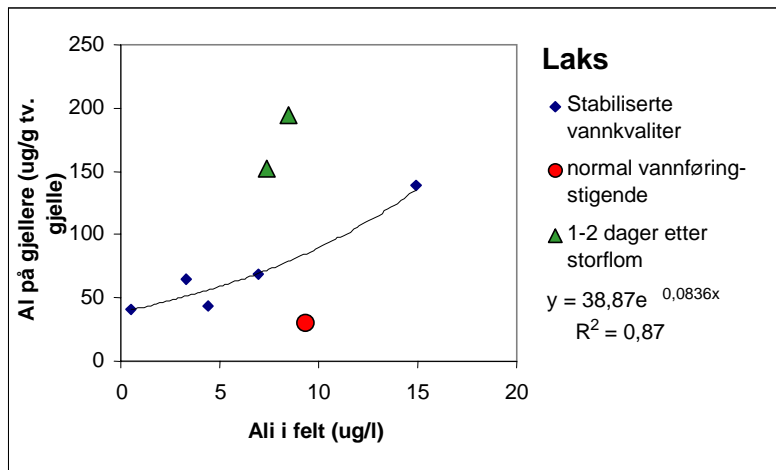
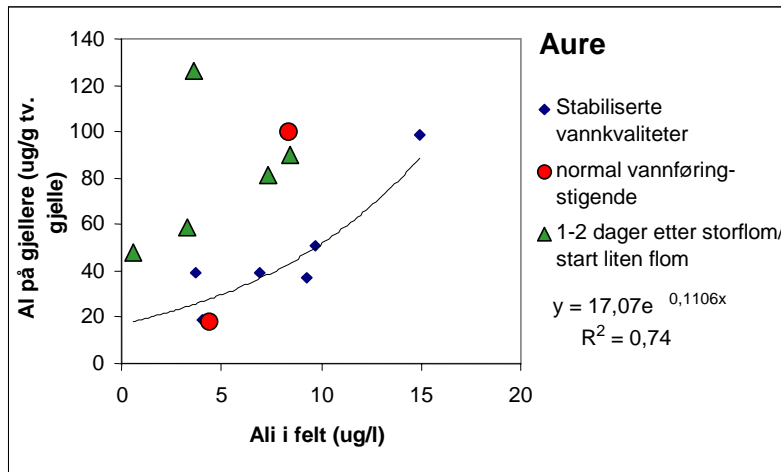
Sammenhengen mellom målt gjelle-Al for laks og aure og Ali i vannet målt *in situ* i Nausta, Lona og Gaular er vist i **Figur 42**. Som vist i tidligere forsøk er det også her en relativt god eksponensiell sammenheng mellom *in situ* Ali og Al på gjeller under relativt stabile forhold. Avvik fra kurven observeres spesielt for fisk prøvetatt kort tid etter flom, hvor konsentrasjonen på gjeller er betydelig høyere enn det konsentrasjonen i vannet skulle tilsi. Disse Al-gjelle nivåene skulle tilsi en minimumskonsentrasjon på 15-30 µg/l Ali under flommen.



Figur 41. Al på gjeller til fisk i Naustavassdraget under varierende vannføring. Resultater fra undersøkelser i 1997 og 1998 er også tatt med i figuren (Bjerknes et al. 1998).

For å styrke tolkningen av data for gjelle-Al, er det i denne undersøkelsen også gjort histopatologiske undersøkelser av gjellene. Kvaliteten på gjellene vil selvsagt ha direkte relevans fordi gjellene regulerer livsviktige funksjoner som ionetransport og oksygenopptak hos fisken. Det vil imidlertid være vanskelig å tolke redusert gjellefunksjon opp mot bestandseffekter. Dette henger blant annet sammen med at redusert gjellefunksjon kan restitueres hvis forutsetningene ligger til rette for det. I denne undersøkelsen er det data, for eksempel fra Hovlandselva, som tyder på at gjellekvaliteten ble bedret ved bedret vannkvalitet. Gjelleundersøkelsene må betraktes som et supplement til andre undersøkelser, men i etterkant av en flom kan de trolig være bedre egnet enn vannkjemi fordi de integrerer effekter over et egnet tidsrom (dager).

I **Tabell 25** er det gjort en sammenstilling av vurderingene, og også andre undersøkelser er trukket inn i vurderingen.



Figur 42. Gjennomsnittlig konsentrasjon av gjellealuminium (μg pr. gram gjelle tørrvekt) hos henholdsvis laks og aure mot Ali fraksjonert i felt (data fra Gaular, Lona og Nausta). Fra en trendlinje (stabile forhold) er det markert enkelte avvikende målinger som skyldes Al-påslag under høyere vannføring, se tekst.

Tabell 25. Vurdering av vassdragene basert på gjelleundersøkelsene i dette prosjektet.

Vassdrag	Karakterisering: lite (-); moderat (+); betydelig (++) eller stort (+++) problem.	
Nausta	+	Den 13. april ble det målt høyere konsentrasjoner av Al på gjeller enn ellers, trolig en effekt av flommen to dager før. Det var større histologiske forandringer og høyere Al-konsentrasjon i gjellene på fisk fra sideelvene Åsedøla og Hyelva enn fra hovedvassdraget. Vannkvaliteten kan være kritisk under store vårflokker og medføre at fisken etter flom fortsatt kan ha relativt høye konsentrasjoner av Al på gjellene, selv om konsentrasjonene i vannet er blitt lav.
Jølstra	+	I Jølstra ble det målt lave konsentrasjoner av Al _i i vannet, men høye konsentrasjoner av Al på gjeller til fisk i Anga og i Jølstra ved kraftstasjonen den 13. og den 28. april, trolig er en effekt av flom og høy vannføring. Det var størst gjelleforandringer hos fisk som ble prøvetatt den 27.-28. april.
Gaularvassdraget	++	I sideelvene ble det målt relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller. Disse resultatene støttes av den histologiske undersøkelsen, som viste mer omfattende gjelleforandringer hos fisk fra sideelvene Årøyelva og Stordalenelva.
Ortnevik	++	I Ortnevikelva ble det målt lave konsentrasjoner av Al _i i vannet i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men meget høye konsentrasjoner av Al på gjeller den 13. og 27. april. Den histologiske undersøkelsen viste ingen klare forskjeller mellom de tre stasjonene, og samtlige fisk hadde gjeller i kategori B og C.
Lona	+	Tre dager etter flom og høy vannføring i april 1999 ble det målt lave konsentrasjoner av Al _i i vannet og lave konsentrasjoner av Al på gjeller til fisk i Lona. Den histologiske undersøkelsen viste at gjellene stort sett hadde ubetydelige til moderate tilstandsendringer (kategori B). Fra tidligere arbeid er det under flom målt lav pH (mars 1998), høye konsentrasjoner av Al _i i vannet og mye Al på gjeller.
Ytredalselva	+	I Ytredalselva ble det målt lave konsentrasjoner av Al _i i vannet i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller. Ved den histologiske undersøkelsen ble det påvist ubetydelig til moderat tilstandsending hos aure, mens det for laks varierte fra normal tilstand til kategori C (moderat til uttalt tilstandsending).
Hovlandselva	+	I Hovlandselva ble det målt lave konsentrasjoner av Al _i i forbindelse med den biologiske prøvetakingen, men relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller den 12. april. Den 27. april ble det målt lavere konsentrasjon av Al på gjellene, og det skyldes trolig at det var lite Al i vassdraget så lenge etter flommen. Den histologiske undersøkelsen samsvarer godt med dette og viste moderate til uttalte tilstandsendringer (kategori C) ved den første prøvetakingen og ubetydelige til moderate tilstandsendringer (kategori B) ved den siste prøvetakingen.

5.4 Vurdering basert på bunndyrundersøkelser

Det er samlet inn et materiale av bunndyr samtidig med fiskeundersøkelsene for å bedre forståelsen av forurensingssituasjonen. I motsetning til vannkjemi, vil bunndyrdata kunne gi informasjon om vannkvalitet over tid. Episoder med dårlig vannkvalitet eller lengere perioder med dårlig vannkvalitet antas å kunne påvirke bunndyrsammensetningen i en slik grad at enkeltundersøkelser i ettertid kan avdekke dette. Det forutsetter imidlertid at dødelighet inntreffer og at antall dyr reduseres. Den tiden som trengs for å restaurere et skadet bunndyrsamfunn avhenger av når skaden skjer. De fleste insektene har en ettårig livssyklus med generasjonsskifte om sommeren. Skader som skjer om vinteren/våren kan derfor bli restaurert om høsten.

Tabell 26. Vurdering av vassdragene basert på bunndyrundersøkelsene.

Vassdrag		Karakterisering: lite (-); moderat (+); betydelig (++) eller stort (+++) problem.
Nausta	-	Nausta (hovedelva): begge indekser = 1; ubetydelig forsuret. Hyelva: ubetydelig forsuret.
Jølstra	+	Anga: indeksverdier på 1 og 0.7; moderat forsuret. Jølstra ved kraftstasjonen: indeksverdier på 1 og 0.7; moderat forsuret, men svært lavt individantall. Jølstra ved Førde: indeksverdier = 1; ubetydelig forsuret.
Gaularvassdraget	+	Årøyelva: indeksverdier på 0.5; markert forsuret. Gaular ved Osen: indeksverdier på 1 og 0.9; ubetydelig forsuret, men snegl var fraværende både i april og mai/juni i 1999.
Ortnevik	+++	Ortnevikelva ved utløpet: indeksverdier på 0.5; markert surt Vesleelva: indeksverdi = 0.5; markert sur. Et svært forsuringssølsomt vassdrag.
Lona	+	Lona: indeksverdier på 1 og 0.8; moderat forsuret. Lona ved sagbruket: indeksverdier = 1; ubetydelig forsuret.
Ytredalselva	++	Ytredalselva: indeksverdier på 1 og 0.8; moderat forsuret. Utløp av Ykslandsvatn: indeksverdier på 0.5; markert forsuret, som viser at det var en tydelig forskjell på forholdene øverst og nederst i Ytredalselva.
Hovlandselva	+	Hovland: indeksverdier = 1; ubetydelig forsuring. Bekk fra Tangetjern: begge forsuringindekser = 0.5; markert forsuret. Forholdene likner situasjonen i Ytredalselva.

5.5 Samlet vurdering og anbefaling om tiltak

Her har vi gitt en samlet vurdering av de enkelte vassdrag basert på de foreliggende undersøkelser og annen informasjon om vassdragene som det er redegjort for tidligere i dette kapitlet (**Tabell 27**). Det er også foreslått tiltak og konkret oppfølging.

Før vi går inn på resultatvurderingen er det grunn til å peke på problemene vi har hatt med å treffe flomtoppene til tross for at prøvetakingen var innrettet mot dette. Siden vi baserte oss på værprognoser og tross alt trengte noe tid på å gjøre avtaler med prøvetakere i forkant, hadde vi en tendens til å være for tidlig ute. At vi samkjørte prøvetakingen i alle vassdragene forsterket trolig denne tendensen. Vi tror at en mer individuell prøvetaking hadde vært bedre, men dette er også mer ressurskrevende.

Tabell 27. Samlet vurdering, samt anbefaling om tiltak og overvåking. I teksten er det foreslått alternativer til tradisjonelle overvåkingsundersøkelser.

Vassdrag	Vurdering av forsuringproblemet	Tiltak, overvåking
Nausta	lite til moderat	Ingen tiltak foreslås i hovedelva, men kalking av Åsedøla og Hyelva bør vurderes basert på gjellekvalitet; fortsatt overvåking anbefales
Jølstra	moderat	Ingen tiltak foreslås i hovedelva, men ytterligere kalking av Anga bør vurderes basert på gjellekvalitet; fortsatt overvåking anbefales
Gaularvassdraget	betydelig på grunn av sidevassdrag i nedre del	Kalking av sidevassdragene i nedre del og fortsatt overvåking anbefales. Bør gjennomføres bedre kartlegging av sjøsaltpåvirkning
Ortnevik	betydelig til stort	Vassdraget bør kalkes; fortsatt overvåking
Lona	betydelig	Kalking i øvre del i deler av året bør vurderes, fortsatt overvåking med vekt på sjøsalteffekter
Ytredalselva	moderat	Kalking i deler av Dalemansvassdraget kan vurderes; bør overvåkes
Hovlandselva	moderat	Kalking av Tangetjernfeltet bør vurderes, bør overvåkes

Det har vært vanskelig å rangere de ulike undersøkelsene i forhold til en samlet vurdering. Bunndyrdata viser en integrert effekt over lang tid og med en metode som forutsetter dødelighet før en kan registrere endringer (i indeksene). Vannkjemi karakteriserer vannkvaliteten på det tidspunktet vannprøven tas, men Al-kjemien kan endre seg fram til analyse. Dette er bedre ivaretatt ved *in situ* fraksjonering, men i denne undersøkelsen er det mye som tyder på at vannkvaliteten kan ha vært mer giftig under andre deler av flomforløpet enn da prøven ble tatt.

Gjellehistologi og gjelle-Al viser effekter som er integrert over dager, og er i utgangspunktet en svært følsom og godt egnet biologisk parameter. Men siden vi i liten grad har vannprøver fra det tidspunkt Al-akkumuleringen trolig skjedde og ikke har gjort fysiologiske undersøkelser av fisken, bør vi være noe varsomme med tolkningen. Det er vanskelig å få tak i vill laksesmolt under kraftig flom, men siden akkumuleringen skjer over noe tid kan en likevel ha grunnlag for å karakterisere flomvannkvaliteten hvis smolten er fanget på lavere vannføring. Gjelleprøver framstår derfor som en lovende parameter, men vi tror det er lurt å skaffe mer data på sammenhenger mellom Al i vann og Al på gjeller, se anbefaling under.

Når det er sammenfall mellom flere av undersøkelsene har tolkningen vært forholdsvis enkel. Men når det bare er svake tegn på forsureffekter har vi brukt disse som indikatorer på at vassdraget kan være utsatt, men at behovet for tiltak ikke er tilstrekkelig dokumentert.

I vurderingen av resultatene, og også av våre tolkninger, bør en ta høyde for at de episodene vi har dekket i denne undersøkelsen, med unntak av en i Lona, ikke har vært så alvorlige som vi har registrert i andre sammenhenger og som vi ville forvente kunne inntreffe i enkelte år.

Det framgår av tabellen at forsuringssituasjonen i flere av vassdragene representerer et lite til moderat problem og at nytteverdien av eventuelle kalkingstiltak derfor kan være vanskelig å beregne. Selv i Gaularvassdraget, der forsuringen i nedre deler er vurdert som betydelig, kan nytteverdien være usikker. Det er fordi forsuringproblemet er registrert i sidevassdragene og tilløpene fra sør til Viksdalsvatnet og at vi ikke er sikre på hvilken fare dette representerer for bestander i hovedelva.

En må likevel ikke komme i den situasjon at usikkerheten tas til inntekt for at en ikke skal gjøre noe. Det kan føre galt av sted. Generell kunnskap, kunnskap om den spesielle lokaliteten og de målinger som er gjort i den foreliggende undersøkelsen kan være et tilstrekkelig grunnlag for tiltak. Usikkerhetstemaet er behandlet noe mer utførlig av Hindar og Kroglund (2000).

Denne rapporten er et supplement til rapporter fra tidligere undersøkelser av forsuringforholdene i vassdrag på Vestlandet. Anbefalingene viser at ytterligere overvåking er nødvendig, men at det er behov for en mer direkte vinkling på videre undersøkelser.

Selv om vi vurderer tradisjonell overvåking, med rutinemessig innsamling til faste tider over året, som viktig for å dokumentere langtidstrender i vannkjemi og biologisk respons, er det samtidig behov for nytenkning. Kombinasjonen av vannkjemi og biologiske parametre som integrerer effekter over relativt kort tid (få dager) bør vurderes. Som supplement eller kanskje alternativ til tradisjonell overvåking vil vi derfor foreslå:

- Detaljerte studier av den vannkjemiske dynamikken og biologisk respons under enkelte flomepisoder i to vassdrag. Det bør etableres en beredskap som sikrer at dette kan gjennomføres på kort varsel av personell med nødvendig kompetanse, og vi anbefaler at dette gjøres i Gaularvassdraget og Lona. Det vil gi oss mer informasjon om hvordan vannkvalitet og toksisitet endres i sideelv og hovedelv under en flom og hvor stor del av forløpet som er kritisk. Målet må være å skaffe data som en ikke klarte å fange opp i det foreliggende prosjektet; kjemiske og biologiske endringer i løpet av enkeltepisoder og data for Al-fraksjoner under de mest kritiske faser av enkeltflommer. Vi tror gjelleundersøkelser gir de beste biologiske indikasjonene, men vi

foreslår også å utvikle bruken av *B. rhodan* fordi denne arten tar opp aluminium i blandsoner og moderat forsuret vann. Larvene øker også frekvensen av skallskifte betydelig under slike forhold. Opptak av aluminium og skallskiftefrekvens kan følges både eksperimentelt og in situ gjennom en flomperiode både i Gaular og Lona. Begge elvene har tilstrekkelige forekomster av *B. rhodani* for dette.

- At kvalitet på villsmolt av laks innlemmes i eller erstatter deler av annen biologisk overvåking. Smoltkvalitet er det nærmeste vi kommer bestandeffekter av aluminiumutlekking uten å gjennomføre svært omfattende studier. Måling av smoltkvalitet bør gjøres i alle de omtalte vassdragene der det er mulig å fange villsmolt. Alternativt bør smolt av sjøauere inngå i undersøkelsen (Ortnevik).

Vi tror disse undersøkelsene vil være mer målrettede og tiltaksorienterte, mens undersøkelser av mer tradisjonell art vil generere mer av ”gammel” kunnskap, som at vassdragene er forsursingsutsatte, at det er fare for episodisk forsuring og at en derfor bør fortsette overvåkingen, osv. osv. Den første delen finner en også støtte for i en rapport fra det såkalte Reetableringsprosjektet (Hindar et al. 2000). Det er vanskelig å relatere Al-kjemi til vannføring så lenge det sannsynligvis er så store vannkjemiske endringer i løpet av en enkelt flom. Man kan trolig finne vidt forskjellig vannkjemi ved en og samme vannføring i en flom, avhengig om vannføringen er stigende eller avtakende.

Siden slike prosjekter krever en nærmere beskrivelse, vil det være naturlig å komme tilbake til det.

Som en litt mer generell anbefaling vil vi foreslå mer arbeid for å avklare sjøaurens vannkvalitetskrav, gjerne komparative eksperimenter, slik at en har noen flere holdepunkter når en skal vurdere forsuringssituasjon mht. sjøaueren og tiltak som er tilstrekkelige for denne arten.

6. Referanser

- Bjerknes, V., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E., Hindar, A. Kleiven, E., Kvellestad, A., Raddum, G.G., Skiple, A. og Åtland, Å. 1998. Undersøkelse av vassdrag med anadrome fiskebestander i Sogn og Fjordane. NIVA-rapport 3950-98. 138 s.
- Fjellheim, A. og Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *Sci. Tot. Environm.* 96: 57-66.
- Frost, S., A. Huni og W.E. Kershaw. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* 49: 167-173.
- Henriksen, A. og Buan, A.K. 2000. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser for overflatevann, skogsjord og vegetasjon i Norge. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), rapport LNR 4179-2000. Naturens tålegrenser, rapport nr.106. 29 s.
- Hesthagen, T. 1989. Episodic fish kills in an acidified salmon river in southwestern Norway. *Fisheries* 14 (3): 10-17.
- Hindar, A. 1997. Kalkingsplaner for Nausta, Gaular-, Høyanger- og Ortnevikvassdraget i Sogn og Fjordane. NIVA-rapport 3756-97. 51 s.
- Hindar, A. 1999. Gaularvassdraget (Sæta i Eldalen). I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. DN-notat 1999-4.
- Hindar, A., Henriksen, A., Kaste, Ø. og Tørseth, K. 1995. Extreme acidification in small catchments in southwestern Norway associated with a sea salt episode. *Water, Air Soil Pollut.* 85: 547-552.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Lien, L. 1993. Betydningen av sjøsultanrikt nedbør i vassdrag og mindre nedbørfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA, O-93129. 42 s.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. og Semb, A. 1994. Acid water and fish death. *Nature* 372: 327-328.
- Hindar, A. og Kroglund, F. 2000. Forsuringssituasjonen for laks i Vosso og behov for ytterligere kalkingstiltak. Rapport 4255-2000, NIVA, Oslo.
- Hindar, A., Kroglund, F. og Skiple, A., 1997. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet; vurdering av behovet for tiltak. Rapport 3606-97, NIVA, Oslo.
- Hindar, A. og Skancke, L.B. 2000. Terrengkalking av Hovlandsdalen i Guddalsvassdraget-effekter på vannkvalitet i 1999. Årsrapport sendt Direktoratet for naturforvaltning.
- Hindar, A., Teien, H.-C., Lierhagen, S., Oug, E. og Salbu, B. 2000. Faktorer som påvirker aluminiumskjemien og dermed vannkvalitetsmålet for laks i Tovdal- og Mandalsvassdraget. NIVA-rapport 4229-2000, Oslo. (in prep.).

- Jenkins, A., Cosby, B.J., Ferrier, R.C., Walker, T.A.B. og Miller, J. D. 1990. Modelling stream acidification in afforested catchments: an assessment of the relative effects of acid deposition and afforestation. *J. Hydrol.* 120: 163-181.
- Jonsson, B. 1996. Sjøørretens livshistorie. I: Matzow, D. og Lund, K. Forvaltningsplan for sjøørret på Skagerrakkysten og i Oslofjorden. Utredning for DN, 1996-1. Vedlegg 1.
- Kroglund, F. 1996. Forsuring og sjøaure. I: Matzow, D. og Lund, K. Forvaltningsplan for sjøørret på Skagerrakkysten og i Oslofjorden. Utredning for DN, 1996-1. Vedlegg 5.
- Kroglund, F., Staurnes, M., Rosseland, B.O. og Kvellestad, A. 1993. Vannkvalitetskriterier for laks. Kalking av Vikedalselva. Side 208-223. I: Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1992. DN-notat 1994-2, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Kroglund, F., Hansen, L.P., Rosseland, B.O., Staurnes, M., Berntssen, M., Åtland, Å., Barlaup, B. og Lydersen, E. 1994. Vannkvalitetskriterier og laksefisk. En oppsummering av ulike prosjekt utført i 1993. Side 123-164, I: Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1993. DN-notat 1994-14. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Kroglund, F., Finstad, B., Staurnes, M., Rosseland, B.O., Hektoen, H., van Berkum, T. og Iversen, M. 1996. Vannkvalitetskriterier til laksesmolt. Undersøkelse av smoltkvalitet i ulike vassdrag i 1994. I: Kalking i vann og vassdrag 1996. Fou-årsrapporter 1994. DN-notat 1996.
- Kroglund, F., H.C. Teien, B.O. Rosseland, E. Lucassen, B. Salbu, og Å. Åtland. 1998. Endring i aluminiumsgiftighet i en humus-fattig elv ved bruk av kjemiske tiltak. Forsøk med laksesmolt i Suldalslågen. NIVA-rapport 3970-98.
- Raddum, G. G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes, s. 7-16. I: Raddum, G. G., Rosseland, B. O. & Bowman, J. (red.). Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models. ICP-Waters Reoprt 50/99, NIVA, Oslo.
- Raddum, G.G. og A. Fjellheim. 1988. Virkninger av sur nedbør på evertebrater og bruk av disse til kartlegging av forurensningskader. I: Andersen, A. (red) Sur nedbør og langtransportert forureining i Sogn og Fjordane, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavdelingen. Rapport 11: 61-79.
- Raddum, G.G. og A. Fjellheim. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22: 1973-1980.
- Rosseland, B.O., Blakar, I., Bulger, A., Kroglund, F., Kvellestad, A., Lydersen, E., Oughton, D.H., Salbu, B., Staurnes, M. og Vogt, R. 1992. The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environ. Pollution* 78: 3-8.
- Rosseland, B. O. og Hindar, A. 1991. Mixing Zones - A Fishery Management Problem, s. 161-172. I: Olem, H., Schreiber, R. K., Brocksen, R. W. og Porcella, D. (red.) International lake and watershed liming practices. Terrene Inst., Washington, D.C.
- SFT 1999. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport-Effekter 1998. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 781/99, Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Staurnes, M., Kroglund, K. og Rosseland, B.O. 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. *Water, Air Soil Pollution.* 85: 347-352.
- Åtland, Å., B.T. Barlaup, V. Bjerknes, A. Kvellestad, G.G. Raddum, og R. Sundt. 1998a. Undersøkelse av regulerte vassdrag med anadrome fiskebestander i Høyanger kommune, Sogn og Fjordane. NIVA-rapport 3812-98.
- Åtland, Å., Bjerknes, V., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E., Hindar, A. Kleiven, E., Kvellestad, A., Raddum, G.G. og Skiple, A. 1998b. Vannkvalitet og anadrom fisk i Høyanger- og Ortnevikvassdraget i Sogn og Fjordane. NIVA rapport 3891-98.

Vedlegg A. Vannkjemiske data

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
1	Anga	Jølstra	19/01/99	6.49	1.43	40	24	22	2	120	1.3	2.70	0.46	2.34	0.71	4.3	1.8	300	405	17	49
1	Anga	Jølstra	04/02/99	6.23	1.10	24	34	24	10	387	1.4	2.43	0.39	2.49	0.43	4.9	1.2	140	205	8	33
1	Anga	Jølstra	08/04/99	6.04	0.77	15	37	30	7	79	1.0	2.01	0.33	1.97	0.30	3.6	1.2	98	150	3	25
1	Anga	Jølstra	27/04/99	5.73	0.63	20	31	29	2	68	1.1	1.48	0.23	1.53	0.22	2.4	1.1	57	114	4	28
1	Anga	Jølstra	21/05/99	5.91	0.51	14	25	23	2	62	1.0	1.17	0.16	1.12	0.18	1.8	0.9	51	113	4	19
1	Anga	Jølstra	02/06/99	5.96	0.54	14	38	36	2	93	1.4	1.08	0.15	0.99	0.20	1.5	1.0	108	185	5	17
1	Anga	Jølstra	17/06/99	5.96	0.53	16	51	50	1	140	2.2	0.99	0.16	0.83	0.19	1.0	0.9	99	230	11	27
2	Grimsbøen	Jølstra	19/01/99	6.30	0.96	24	14	12	2	59	0.9	1.88	0.27	1.56	0.52	2.8	1.6	190	270	12	25
2	Grimsbøen	Jølstra	04/02/99	5.93	0.73	13	38	32	6	168	1.5	2.10	0.35	2.21	0.44	3.9	1.1	122	235	20	31
2	Grimsbøen	Jølstra	08/04/99	5.87	0.78	12	19	15	4	45	0.8	1.68	0.25	1.46	0.32	2.5	1.4	135	200	4	22
2	Grimsbøen	Jølstra	27/04/99	5.95	0.72	14	15	14	1	38	0.8	1.48	0.21	1.32	0.27	2.3	1.4	114	160	4	15
2	Grimsbøen	Jølstra	21/05/99	5.91	0.74	12	13	12	1	27	0.7	1.42	0.19	1.21	0.29	2.0	1.4	105	150	3	20
2	Grimsbøen	Jølstra	02/06/99	6.04	0.79	14	22	20	2	55	1.1	1.48	0.21	1.18	0.34	2.2	1.4	170	295	6	13
2	Grimsbøen	Jølstra	17/06/99	6.03	0.69	14	25	23	2	67	1.5	1.33	0.20	1.03	0.28	1.7	1.3	132	230	7	18
3	Åsvatn	Jølstra	19/01/99	6.24	1.00	29	41	39	2	109	2.1	2.09	0.33	1.90	0.54	2.4	1.2	160	280	24	69
3	Åsvatn	Jølstra	04/02/99	5.94	0.73	15	47	34	13	112	2.0	1.78	0.26	1.70	0.31	3.0	1.4	128	220	10	17
3	Åsvatn	Jølstra	08/04/99	5.69	0.78	12	47	38	9	89	1.7	1.83	0.27	1.65	0.29	2.8	1.5	129	210	4	21
3	Åsvatn	Jølstra	27/04/99	5.87	0.78	14	39	34	5	83	1.7	1.71	0.25	1.59	0.26	2.7	1.5	126	200	3	19
3	Åsvatn	Jølstra	21/05/99	6.01	0.80	14	38	34	4	74	1.5	1.69	0.23	1.54	0.29	2.6	1.5	105	190	4	21
3	Åsvatn	Jølstra	02/06/99	6.00	0.83	14	40	35	5	85	1.7	1.68	0.23	1.50	0.29	2.6	1.4	113	210	5	22
3	Åsvatn	Jølstra	17/06/99	6.00	0.71	15	46	41	5	79	2.0	1.50	0.22	1.30	0.25	2.2	1.3	98	205	6	20
4	Sagelva	Jølstra	19/01/99	5.99	1.16	21	57	41	16	128	2.9	3.38	0.46	3.82	0.38	7.4	1.6	117	340	7	21
4	Sagelva	Jølstra	04/02/99	5.64	0.62	10	49	44	5	99	2.8	2.25	0.35	2.53	0.25	4.8	1.1	48	155	7	14
4	Sagelva	Jølstra	08/04/99	5.48	0.63	5	46	40	6	75	2.5	2.23	0.35	2.36	0.25	4.4	1.2	50	141	4	17
4	Sagelva	Jølstra	27/04/99	5.71	0.57	9	36	34	2	72	2.3	1.71	0.27	1.92	0.20	3.2	1.0	36	114	4	26
4	Sagelva	Jølstra	21/05/99	5.94	0.52	12	31	31	0	65	2.3	1.45	0.21	1.57	0.21	2.6	0.9	4	113	6	25
4	Sagelva	Jølstra	02/06/99	5.92	0.53	14	43	42	1	89	3.0	1.45	0.21	1.59	0.21	2.4	0.9	31	146	6	30
4	Sagelva	Jølstra	17/06/99	5.95	0.56	16	48	48	0	99	3.7	1.35	0.21	1.42	0.21	2.1	0.9	27	165	8	33
6	Oppstr. Anga	Jølstra	19/01/99	6.20	1.04	24	13	12	1	68	1.1	1.91	0.29	1.58	0.42	2.8	1.7	200	275	5	27
6	Oppstr. Anga	Jølstra	04/02/99	6.08	0.87	18	29	24	5	150	1.5	1.89	0.31	1.71	0.40	3.1	1.5	170	275	18	23
6	Oppstr. Anga	Jølstra	08/04/99	5.91	0.89	15	27	23	4	71	1.3	1.90	0.28	1.67	0.33	3.0	1.5	142	215	5	23
6	Oppstr. Anga	Jølstra	27/04/99	6.01	0.83	16	16	15	1	73	1.1	1.61	0.23	1.43	0.29	2.4	1.5	131	200	3	22

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	AI/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
6	Oppstr. Anga	Jølstra	21/05/99	6.10	0.86	16	17	17	0	34	1.0	1.53	0.20	1.30	0.33	2.2	1.5	109	180	3	23
6	Oppstr. Anga	Jølstra	02/06/99	6.03	0.79	14	21	21	0	60	1.3	1.53	0.21	1.29	0.31	2.1	1.4	141	215	5	22
6	Oppstr. Anga	Jølstra	17/06/99	6.07	0.77	13	20	19	1	44	1.3	1.47	0.22	1.17	0.30	2.1	1.4	126	210	5	18
9	Trodøla	Nausta	19/01/99	5.76	0.56	11	32	26	6	70	1.3	1.95	0.34	1.95	0.32	3.6	1.5	91	160	8	10
9	Trodøla	Nausta	04/02/99	5.40	0.36	2	43	34	9	72	1.5	1.74	0.27	1.79	0.23	3.6	0.9	39	120	6	1
9	Trodøla	Nausta	08/04/99	5.61	0.42	8	31	27	4	65	1.2	1.70	0.27	1.71	0.21	3.1	1.1	67	125	2	8
9	Trodøla	Nausta	27/04/99	5.68	0.36	5	39	28	11	75	1.8	1.33	0.20	1.42	0.18	2.5	1.0	42	119	4	6
9	Trodøla	Nausta	21/05/99	5.78	0.26	8	32	29	3	70	1.5	1.11	0.14	1.16	0.16	1.8	0.9	43	101	3	7
9	Trodøla	Nausta	02/06/99	5.65	0.33	8	42	36	6	86	1.9	1.21	0.16	1.13	0.20	1.9	0.9	94	180	4	5
9	Trodøla	Nausta	17/06/99	5.66	0.33	5	58	55	3	113	3.1	1.02	0.16	1.02	0.13	1.3	0.7	33	147	4	24
11	Hyelva	Nausta	19/01/99	5.84	0.94	12	47	40	7	96	1.6	2.81	0.49	2.88	0.45	5.5	1.3	175	270	16	29
11	Hyelva	Nausta	04/02/99	5.41	0.47	3	41	30	11	98	1.1	2.18	0.32	2.41	0.19	4.7	1.0	56	113	4	2
11	Hyelva	Nausta	08/04/99	5.48	0.57	4	47	34	13	85	1.3	2.19	0.32	2.34	0.19	4.3	1.4	93	170	2	4
11	Hyelva	Nausta	27/04/99	5.78	0.34	8	36	28	8	78	1.8	1.16	0.15	1.34	0.11	1.9	0.8	23	98	3	19
11	Hyelva	Nausta	21/05/99	5.76	0.23	8	30	25	5	63	1.2	0.82	0.09	0.87	0.08	1.2	0.6	13	81	3	12
11	Hyelva	Nausta	02/06/99	5.70	0.31	5	42	38	4	86	1.8	0.93	0.11	0.94	0.10	1.2	0.7	49	126	3	16
11	Hyelva	Nausta	17/06/99	5.72	0.34	6	49	46	3	99	2.6	0.79	0.11	0.76	0.09	0.8	0.6	42	147	5	23
14	Ullaland	Nausta	19/01/99	6.20	1.23	28	39	36	3	198	1.9	2.84	0.48	2.54	0.92	5.2	1.3	295	475	56	40
14	Ullaland	Nausta	04/02/99	5.70	0.78	9	38	34	4	149	1.5	2.06	0.35	2.17	0.28	4.4	1.0	200	165	12	10
14	Ullaland	Nausta	08/04/99	5.67	0.66	10	36	31	5	78	1.4	1.94	0.31	1.93	0.24	3.7	1.2	85	155	4	13
14	Ullaland	Nausta	27/04/99	5.91	0.49	11	30	23	7	66	1.5	1.41	0.22	1.47	0.18	2.4	0.9	27	96	3	23
14	Ullaland	Nausta	21/05/99	5.86	0.38	10	30	26	4	78	1.3	1.10	0.15	1.13	0.13	1.9	0.8	43	125	4	11
14	Ullaland	Nausta	02/06/99	5.89	0.47	11	41	38	3	95	2.0	1.14	0.16	1.03	0.20	1.6	0.8	108	215	11	17
14	Ullaland	Nausta	17/06/99	5.81	0.36	9	39	35	4	100	1.8	0.94	0.15	0.88	0.14	1.2	0.7	63	205	7	19
15	Nausta, utløp	Nausta	19/01/99	6.23	1.18	29	35	33	2	88	1.5	2.94	0.52	2.77	0.73	5.6	1.5	260	365	19	33
15	Nausta, utløp	Nausta	04/02/99	5.67	0.57	9	41	34	7	194	1.5	2.09	0.36	2.25	0.30	4.5	1.0	65	175	14	11
15	Nausta, utløp	Nausta	08/04/99	5.66	0.61	10	41	35	6	82	1.4	1.98	0.32	1.98	0.25	3.6	1.2	90	155	3	16
15	Nausta, utløp	Nausta	27/04/99	5.99	0.50	13	27	25	2	69	1.6	1.41	0.21	1.51	0.19	2.6	1.1	17	87	4	15
15	Nausta, utløp	Nausta	21/05/99	5.95	0.37	14	23	21	2	69	1.2	1.12	0.15	1.15	0.14	1.8	0.8	34	101	4	15
15	Nausta, utløp	Nausta	02/06/99	5.93	0.52	12	42	41	1	107	2.2	1.12	0.17	1.11	0.22	1.6	0.8	108	220	10	24
15	Nausta, utløp	Nausta	17/06/99	5.85	0.45	10	49	47	2	131	2.6	0.97	0.16	0.88	0.18	1.2	0.7	76	200	11	25

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
23	Lauvvatn, ut	Gaular	19/01/99	6.08	0.70	18	19	15	4	191	1.2	1.40	0.24	1.16	0.29	2.0	1.2	185	275	20	18
23	Lauvvatn, ut	Gaular	04/02/99	6.15	0.64	19	27	21	6	178	1.1	1.50	0.25	1.31	0.30	2.4	1.1	185	270	11	13
23	Lauvvatn, ut	Gaular	08/04/99	5.95	0.70	14	23	18	5	55	0.9	1.55	0.25	1.26	0.27	2.1	1.1	160	215	3	24
23	Lauvvatn, ut	Gaular	27/04/99	6.02	0.66	16	20	16	4	52	0.9	1.36	0.22	1.17	0.23	2.0	1.1	131	195	3	19
23	Lauvvatn, ut	Gaular	21/05/99	5.96	0.60	14	16	17	0	38	0.9	1.23	0.17	1.01	0.33	1.7	1.0	100	146	2	20
23	Lauvvatn, ut	Gaular	02/06/99	5.98	0.56	13	21	18	3	53	0.9	1.17	0.17	0.96	0.21	1.6	1.0	108	165	3	15
23	Lauvvatn, ut	Gaular	17/06/99	5.91	0.54	13	19	15	4	56	0.8	1.10	0.16	0.89	0.21	1.4	0.9	90	147	3	20
24	Sæta	Gaular	19/01/99	5.87	0.74	12	45	36	9	88	1.3	1.77	0.28	1.54	0.35	2.9	1.4	175	250	6	12
24	Sæta	Gaular	04/02/99	5.64	0.53	8	60	39	21	121	1.8	1.58	0.25	1.49	0.26	2.8	0.9	106	200	10	13
24	Sæta	Gaular	08/04/99	5.47	0.52	2	59	39	20	103	1.3	1.75	0.26	1.60	0.21	3.2	1.1	98	160	3	2
24	Sæta	Gaular	27/04/99	5.67	0.49	6	42	31	11	92	1.3	1.37	0.21	1.33	0.17	2.4	0.9	69	126	3	13
24	Sæta	Gaular	21/05/99	5.63	0.37	3	40	26	14	74	1.0	1.23	0.16	1.15	0.16	2.1	0.8	69	129	3	5
24	Sæta	Gaular	02/06/99	5.61	0.38	4	44	30	14	87	1.1	1.11	0.15	1.06	0.12	1.8	0.8	89	134	3	7
24	Sæta	Gaular	17/06/99	5.57	0.28	3	36	28	8	103	1.1	0.84	0.11	0.73	0.11	1.1	0.7	73	141	4	7
26	Osen	Gaular	19/01/99	5.87	0.77	12	44	37	7	100	1.6	2.35	0.40	2.37	0.48	4.5	1.3	165	280	17	21
26	Osen	Gaular	04/02/99	5.65	0.49	8	48	32	16	158	1.9	1.90	0.31	2.08	0.30	3.8	1.0	81	205	16	14
26	Osen	Gaular	08/04/99	5.66	0.55	10	38	31	7	78	1.4	1.57	0.24	1.43	0.26	2.4	1.2	116	195	5	15
26	Osen	Gaular	27/04/99	5.86	0.54	11	35	23	12	72	1.4	1.38	0.22	1.32	0.23	2.2	1.1	105	170	3	16
26	Osen	Gaular	21/05/99	6.00	0.55	12	30	26	4	55	1.1	1.35	0.19	1.19	0.27	2.0	1.1	101	170	8	15
26	Osen	Gaular	02/06/99	5.83	0.56	11	35	32	3	84	1.7	1.32	0.20	1.22	0.23	1.9	1.0	114	200	5	21
26	Osen	Gaular	17/06/99	5.76	0.54	10	46	42	4	103	2.3	1.21	0.20	1.08	0.23	1.7	0.9	95	215	7	23
27	Hestad bro	Gaular	19/01/99	6.03	0.65	15	27	21	6	59	1.1	1.64	0.26	1.54	0.28	2.6	1.3	165	250	5	16
27	Hestad bro	Gaular	04/02/99	5.96	0.57	13	34	26	8	64	1.2	1.38	0.22	1.25	0.26	2.2	1.1	140	210	5	13
27	Hestad bro	Gaular	08/04/99	5.78	0.58	9	31	23	8	77	1.2	1.44	0.22	1.19	0.24	2.0	1.1	140	200	3	16
27	Hestad bro	Gaular	27/04/99	5.92	0.64	12	31	23	8	67	1.0	1.41	0.23	1.26	0.24	2.1	1.1	133	190	3	20
27	Hestad bro	Gaular	21/05/99	6.00	0.59	13	28	24	4	58	1.0	1.41	0.21	1.22	0.27	2.1	1.0	115	190	3	18
27	Hestad bro	Gaular	02/06/99	5.87	0.61	9	28	22	6	68	1.0	1.36	0.20	1.21	0.24	2.1	1.0	122	185	4	17
27	Hestad bro	Gaular	17/06/99	5.82	0.52	10	23	20	3	60	0.9	1.15	0.17	1.00	0.20	1.7	0.9	95	155	3	15
30	Sagelva	Gaular	19/01/99	5.00	0.53	-9	105	67	38	143	2.3	3.03	0.47	3.04	0.20	6.3	1.3	45	116	2	-6
30	Sagelva	Gaular	04/02/99	5.06	0.35	-6	68	36	32	100	1.3	2.61	0.35	2.84	0.15	5.5	1.1	60	134	4	-9
30	Sagelva	Gaular	08/04/99	5.13	0.31	-7	66	34	32	102	1.2	2.17	0.28	2.21	0.13	4.0	1.1	98	150	1	-5
30	Sagelva	Gaular	27/04/99	5.38	0.25	-2	60	40	20	93	1.5	1.46	0.18	1.61	0.10	2.6	0.9	61	108	2	3
30	Sagelva	Gaular	21/05/99	5.55	0.17	2	33	23	10	51	1.0	1.07	0.11	1.11	0.09	1.7	0.7	44	93	1	2
30	Sagelva	Gaular	02/06/99	5.46	0.16	-1	38	28	10	70	1.2	0.94	0.10	0.93	0.05	1.4	0.7	49	101	2	0
30	Sagelva	Gaular	17/06/99	5.43	0.19	-1	60	53	7	114	2.6	0.83	0.10	0.78	0.05	1.1	0.6	31	122	3	7

NIVA 4256-2000

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
31	Strandelva	Gaular	19/01/99	5.52	0.54	4	53	37	16	92	1.3	2.37	0.38	2.66	0.23	4.9	1.3	88	140	2	8
31	Strandelva	Gaular	04/02/99	5.44	0.64	3	71	34	37	178	1.1	2.64	0.43	2.97	0.20	6.0	1.1	65	128	8	5
31	Strandelva	Gaular	08/04/99	5.29	0.46	-2	78	38	40	120	1.0	2.28	0.34	2.36	0.18	4.8	1.0	63	104	1	-3
31	Strandelva	Gaular	27/04/99	5.64	0.39	5	54	40	14	100	1.3	1.57	0.23	1.78	0.15	3.0	1.0	50	96	1	11
31	Strandelva	Gaular	21/05/99	5.67	0.32	4	37	28	9	77	0.9	1.20	0.15	1.34	0.12	2.1	0.8	40	72	2	11
31	Strandelva	Gaular	02/06/99	5.66	0.19	3	39	25	14	113	1.0	0.89	0.11	0.94	0.08	1.3	0.8	40	75	6	5
31	Strandelva	Gaular	17/06/99	5.58	0.19	0	59	52	7	223	2.3	0.66	0.10	0.65	0.07	0.6	0.6	27	110	10	16
32	Rørstadelva	Gaular	19/01/99	5.59	0.59	5	66	42	24	141	1.1	2.83	0.48	3.00	0.60	6.1	1.2	190	360	47	4
32	Rørstadelva	Gaular	04/02/99	5.13	0.43	-5	87	35	52	115	1.1	2.48	0.36	2.62	0.18	5.3	1.0	115	170	6	-9
32	Rørstadelva	Gaular	08/04/99	4.99	0.42	-9	122	33	89	152	0.9	2.87	0.39	2.82	0.20	5.7	1.2	170	235	2	-17
32	Rørstadelva	Gaular	27/04/99	5.19	0.37	-6	70	24	46	117	0.9	2.08	0.28	2.25	0.15	4.1	1.0	133	185	2	-3
32	Rørstadelva	Gaular	21/05/99	5.51	0.18	-1	32	22	10	56	0.7	1.04	0.10	1.10	0.08	1.7	0.6	62	105	3	2
32	Rørstadelva	Gaular	02/06/99	5.43	0.22	-1	35	21	14	69	0.8	1.07	0.12	1.01	0.08	1.5	0.6	101	146	2	5
32	Rørstadelva	Gaular	17/06/99	5.57	0.13	0	35	29	6	82	1.4	0.63	0.07	0.55	0.09	0.7	0.5	49	128	6	5
33	Sandaelva	Gaular	19/01/99	5.84	0.52	8	18	11	7	47	0.5	1.61	0.25	1.62	0.19	2.9	1.1	128	160	<1.0	8
33	Sandaelva	Gaular	04/02/99	5.65	0.64	8	45	32	13	73	1.1	2.32	0.38	2.50	0.21	5.2	1.1	77	132	4	2
33	Sandaelva	Gaular	08/04/99	5.51	0.56	4	36	20	16	68	0.7	1.99	0.31	1.97	0.19	3.9	1.1	76	110	1	6
33	Sandaelva	Gaular	27/04/99	5.73	0.49	6	33	26	7	66	0.9	1.58	0.25	1.70	0.17	3.0	1.0	77	120	1	12
33	Sandaelva	Gaular	21/05/99	5.76	0.39	5	27	21	6	50	0.7	1.31	0.18	1.35	0.14	2.3	0.9	63	105	2	9
33	Sandaelva	Gaular	02/06/99	5.65	0.30	3	31	23	8	65	0.8	0.98	0.13	0.97	0.11	1.6	0.8	53	87	2	5
33	Sandaelva	Gaular	17/06/99	5.74	0.20	5	32	26	6	127	1.2	0.69	0.09	0.64	0.10	0.9	0.6	37	86	4	7
34	Årøyelva	Gaular	19/01/99	5.31	0.53	-2	71	48	23	103	1.8	2.90	0.48	3.09	0.36	6.2	1.5	61	155	10	-1
34	Årøyelva	Gaular	04/02/99	5.24	0.35	0	53	40	13	142	1.6	2.19	0.31	2.45	0.18	4.7	1.0	32	114	8	-2
34	Årøyelva	Gaular	08/04/99	5.40	0.38	3	66	53	13	107	1.9	1.84	0.26	2.01	0.18	3.4	1.1	29	98	3	12
34	Årøyelva	Gaular	27/04/99	5.59	0.25	4	63	58	5	105	2.1	1.24	0.16	1.50	0.13	2.1	0.9	11	80	2	15
34	Årøyelva	Gaular	21/05/99	5.68	0.21	6	45	41	4	75	1.8	0.82	0.09	0.92	0.09	1.1	0.6	3	72	2	17
34	Årøyelva	Gaular	02/06/99	5.48	0.21	3	71	67	4	123	3.2	1.03	0.13	1.07	0.12	1.8	0.8	35	144	7	1
34	Årøyelva	Gaular	17/06/99	5.38	0.30	4	103	102	1	167	5.8	1.01	0.17	1.00	0.12	1.0	0.6	33	205	8	33
35	Stordalen	Gaular	19/01/99	5.12	0.57	-4	78	63	15	112	2.4	3.13	0.54	3.21	0.25	6.7	1.5	34	114	3	-4
35	Stordalen	Gaular	04/02/99	5.33	0.31	2	34	32	2	89	1.6	2.25	0.31	2.58	0.17	5.1	1.0	23	102	5	-9
35	Stordalen	Gaular	08/04/99	5.17	0.29	-2	64	49	15	97	2.3	1.79	0.23	1.89	0.16	3.2	1.0	25	110	2	7
35	Stordalen	Gaular	27/04/99	5.53	0.25	4	64	58	6	102	2.5	1.23	0.16	1.52	0.13	2.0	0.8	11	80	2	21
35	Stordalen	Gaular	21/05/99	5.75	0.18	8	44	41	3	55	1.8	0.80	0.08	0.92	0.09	1.0	0.6	3	75	5	17
35	Stordalen	Gaular	02/06/99	5.36	0.16	2	56	55	1	99	3.0	0.86	0.09	0.91	0.07	1.0	0.6	11	101	3	15
35	Stordalen	Gaular	17/06/99	5.29	0.22	-1	90	87	3	142	5.6	0.86	0.12	0.83	0.06	0.8	0.4	4	160	5	27

NIVA 4256-2000

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
101	Storelva	Ortnevik	19/01/99	5.98	0.66	13	25	21	4	66	0.7	1.56	0.24	1.41	0.28	2.5	1.1	180	270	6	15
101	Storelva	Ortnevik	04/02/99	5.82	0.78	13	75	61	14	156	1.8	1.88	0.30	1.84	0.33	3.4	1.2	146	245	8	21
101	Storelva	Ortnevik	08/04/99	5.59	0.51	5	41	25	16	58	0.8	1.50	0.22	1.38	0.19	2.4	1.1	116	175	2	10
101	Storelva	Ortnevik	27/04/99	5.56	0.44	4	44	31	13	66	1.0	1.34	0.19	1.29	0.15	2.1	1.0	105	150	2	10
101	Storelva	Ortnevik	21/05/99	5.56	0.50	2	34	20	14	75	0.6	1.36	0.19	1.28	0.16	2.3	1.0	114	150	2	7
101	Storelva	Ortnevik	02/06/99	5.50	0.43	0	45	23	22	86	0.6	1.43	0.20	1.41	0.15	2.5	1.0	141	175	2	2
101	Storelva	Ortnevik	17/06/99	5.53	0.29	-1	36	19	17	106	0.7	1.23	0.17	1.10	0.13	2.0	0.9	125	180	3	-5
102	Vesleelva	Ortnevik	19/01/99	6.01	0.75	19	44	37	7	108	1.3	2.10	0.37	2.12	0.34	3.8	1.1	240	310	4	22
102	Vesleelva	Ortnevik	04/02/99	5.38	0.54	3	85	42	43	140	1.5	2.18	0.35	2.26	0.26	4.5	1.0	124	215	5	4
102	Vesleelva	Ortnevik	08/04/99	5.59	0.54	5	54	35	19	103	1.0	1.91	0.30	1.92	0.20	3.6	1.1	130	175	1	7
102	Vesleelva	Ortnevik	27/04/99	5.67	0.50	6	45	33	12	83	1.1	1.67	0.25	1.79	0.15	3.0	1.0	116	160	<1.0	14
102	Vesleelva	Ortnevik	21/05/99	5.99	0.51	12	43	39	4	120	1.1	1.12	0.14	1.16	0.11	1.7	0.8	69	126	2	21
102	Vesleelva	Ortnevik	02/06/99	5.82	0.38	6	39	26	13	81	0.9	1.11	0.14	1.18	0.10	1.7	0.8	102	132	1	13
102	Vesleelva	Ortnevik	17/06/99	5.89	0.28	9	36	30	6	81	1.1	0.74	0.09	0.69	0.10	0.9	0.6	63	135	2	12
103	Ortnevike.	Ortnevik	19/01/99	6.08	0.74	18	32	25	7	83	0.9	1.81	0.31	1.68	0.34	3.0	1.2	250	310	7	17
103	Ortnevike.	Ortnevik	04/02/99	5.54	0.54	5	78	52	26	149	1.5	1.98	0.33	2.03	0.27	4.0	1.0	133	255	7	6
103	Ortnevike.	Ortnevik	08/04/99	5.60	0.52	5	48	28	20	70	0.9	1.68	0.26	1.62	0.20	2.9	1.1	135	190	2	9
103	Ortnevike.	Ortnevik	27/04/99	5.72	0.47	6	44	34	10	74	1.0	1.48	0.22	1.48	0.16	2.5	1.0	122	160	1	10
103	Ortnevike.	Ortnevik	21/05/99	5.78	0.52	5	26	20	6	77	0.7	1.33	0.17	1.29	0.15	2.2	1.0	110	146	2	9
103	Ortnevike.	Ortnevik	02/06/99	5.63	0.37	2	42	25	17	85	0.7	1.30	0.17	1.20	0.13	2.2	0.9	122	150	1	-2
103	Ortnevike.	Ortnevik	17/06/99	5.55	0.31	2	38	24	14	92	0.8	1.08	0.14	0.98	0.12	1.7	0.8	107	150	2	0
106	Hovlandse.	Hovland	19/01/99	5.88	1.25	14	49	35	14	120	1.0	3.11	0.50	3.04	0.42	6.3	1.7	270	330	5	14
106	Hovlandse.	Hovland	04/02/99	5.48	0.66	4	60	44	16	211	1.7	2.45	0.36	2.70	0.27	5.2	1.2	102	230	13	8
106	Hovlandse.	Hovland	08/04/99	5.52	0.66	5	58	40	18	95	1.3	2.12	0.30	2.20	0.22	4.0	1.3	98	160	2	12
106	Hovlandse.	Hovland	27/04/99	6.01	0.48	13	48	44	4	96	2.0	1.36	0.17	1.51	0.18	2.2	1.0	30	110	3	23
106	Hovlandse.	Hovland	21/05/99	5.92	0.35	12	36	35	1	68	1.5	0.90	0.10	0.97	0.13	1.2	0.6	21	111	5	23
106	Hovlandse.	Hovland	02/06/99	5.84	0.45	13	48	44	4	92	1.9	1.24	0.15	1.18	0.16	1.7	0.9	80	160	3	18
106	Hovlandse.	Hovland	17/06/99	5.64	0.33	5	41	34	7	133	1.5	0.93	0.13	0.87	0.11	1.3	0.7	61	135	8	12
107	Markeset	Hovland	19/01/99	5.89	1.04	16	37	32	5	61	1.6	2.65	0.41	2.73	0.22	5.1	2.0	68	138	3	20
107	Markeset	Hovland	04/02/99	5.13	0.51	-3	57	39	18	74	1.5	2.45	0.33	2.59	0.18	5.2	1.1	43	108	4	-3
107	Markeset	Hovland	08/04/99	5.36	0.50	0	58	38	20	93	1.5	2.03	0.29	2.12	0.16	3.9	1.1	74	141	3	7
107	Markeset	Hovland	27/04/99	5.81	0.33	9	47	44	3	87	2.5	1.04	0.13	1.11	0.14	1.5	0.9	11	122	5	17
107	Markeset	Hovland	21/05/99	5.81	0.24	6	34	31	3	65	1.5	0.71	0.07	0.75	0.10	0.9	0.5	17	205	4	16
107	Markeset	Hovland	02/06/99	5.68	0.24	6	38	33	5	75	1.9	0.87	0.10	0.86	0.10	1.1	0.7	29	175	3	13
107	Markeset	Hovland	17/06/99	5.58	0.23	0	34	26	8	105	1.4	0.86	0.11	0.79	0.09	1.4	0.6	44	150	5	2

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
108	Tangetj.bekkk	Hovland	19/01/99	5.62	0.96	9	73	40	33	157	1.2	2.97	0.50	3.02	0.35	5.7	1.2	165	230	4	32
108	Tangetj.bekkk	Hovland	04/02/99	5.39	0.43	4	77	52	25	141	1.7	1.98	0.28	2.13	0.22	4.0	1.0	72	160	5	4
108	Tangetj.bekkk	Hovland	08/04/99	5.49	0.90	5	86	61	25	135	1.8	2.14	0.23	2.08	0.20	4.2	1.2	55	135	2	12
108	Tangetj.bekkk	Hovland	27/04/99	5.89	0.40	11	64	44	20	138	2.3	1.22	0.15	1.39	0.16	1.8	1.1	15	134	4	22
108	Tangetj.bekkk	Hovland	21/05/99	5.85	0.51	18	49	43	6	109	2.6	1.38	0.16	1.59	0.21	2.0	1.3	6	185	5	29
108	Tangetj.bekkk	Hovland	02/06/99	5.77	0.46	10	86	66	20	149	2.7	1.56	0.21	1.79	0.15	2.6	1.1	31	131	2	24
108	Tangetj.bekkk	Hovland	17/06/99	5.84	0.56	14	88	81	7	195	3.6	1.50	0.21	1.63	0.15	2.4	1.2	37	175	5	25
111	Ytredalselva	Ytredal	19/01/99	5.85	0.85	14	54	42	12	106	1.7	2.51	0.42	2.61	0.39	4.7	1.5	220	295	6	21
111	Ytredalselva	Ytredal	04/02/99	5.68	0.68	11	60	43	17	195	1.8	2.36	0.40	2.52	0.33	4.8	1.4	146	250	11	10
111	Ytredalselva	Ytredal	08/04/99	5.53	0.60	6	58	44	14	113	1.6	2.12	0.33	2.18	0.29	3.9	1.4	122	210	5	12
111	Ytredalselva	Ytredal	27/04/99	5.81	0.56	9	47	40	7	104	1.8	1.82	0.28	1.91	0.26	3.3	1.3	93	195	6	14
111	Ytredalselva	Ytredal	21/05/99	5.89	0.46	12	42	33	9	139	1.5	1.35	0.19	1.43	0.21	2.2	1.0	58	150	6	19
111	Ytredalselva	Ytredal	02/06/99	5.71	0.50	8	46	38	8	98	1.7	1.44	0.22	1.53	0.23	2.3	1.1	94	185	5	21
111	Ytredalselva	Ytredal	17/06/99	5.76	0.38	8	48	41	7	89	1.8	1.15	0.17	1.13	0.18	1.8	1.0	63	165	5	11
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	19/01/99	5.22	0.60	-1	96	66	30	268	2.6	2.76	0.45	2.87	0.31	5.7	1.3	45	195	23	9
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	04/02/99	4.97	0.36	-8	69	46	23	118	1.9	2.58	0.32	2.62	0.19	5.3	1.0	32	108	5	-10
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	08/04/99	5.23	0.29	-1	80	65	15	169	2.6	1.54	0.18	1.60	0.17	2.5	0.9	17	132	5	13
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	27/04/99	5.50	0.25	3	60	55	5	105	2.9	1.05	0.11	1.11	0.11	1.6	0.8	11	98	3	10
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	21/05/99	5.72	0.20	6	39	32	7	89	1.6	0.64	0.05	0.65	0.07	0.7	0.5	13	93	3	13
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	02/06/99	5.43	0.20	3	66	60	6	110	3.2	0.98	0.09	0.94	0.09	1.2	0.7	13	119	3	11
112	Dalem.vassdr.	Ytredal	17/06/99	5.23	0.29	0	112	108	4	157	6.6	1.02	0.13	0.95	0.06	1.0	0.6	8	205	5	27
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	19/01/99	5.89	0.88	19	59	53	6	123	2.2	2.20	0.36	2.18	0.39	3.7	1.6	205	320	8	26
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	04/02/99	5.58	0.78	9	57	44	13	183	1.8	2.38	0.40	2.43	0.38	4.6	1.4	195	290	11	14
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	08/04/99	5.55	0.72	10	54	44	10	114	1.9	2.14	0.34	2.15	0.33	3.7	1.5	135	230	6	21
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	27/04/99	5.66	0.63	10	49	40	9	113	2.1	1.85	0.29	1.86	0.29	3.1	1.4	105	195	6	20
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	21/05/99	5.75	0.72	13	36	32	4	106	1.9	1.85	0.27	1.86	0.32	3.1	1.3	105	205	6	25
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	02/06/99	5.70	0.52	10	52	46	6	106	2.1	1.62	0.22	1.49	0.28	2.6	1.2	102	205	7	10
113	Yksl.v., utløp	Ytredal	17/06/99	5.91	0.54	13	50	46	4	88	2.4	1.40	0.22	1.33	0.26	2.2	1.1	56	195	8	21

NIVA 4256-2000

St.	Stasjon	Vassdr.	Dato	pH	Ca mg/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	Al/A µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC1 µekv/l
116	Lona	Lona	19/01/99	5.65	1.10	9	67	59	8	146	2.6	4.37	0.86	4.57	0.54	10.2	2.1	118	270	63	-2
116	Lona	Lona	04/02/99	5.63	0.65	11	70	68	2	137	3.1	2.71	0.45	3.09	0.33	5.6	1.5	68	210	12	18
116	Lona	Lona	08/04/99	5.87	0.84	23	86	81	5	147	4.0	2.48	0.44	2.96	0.36	4.2	1.7	59	215	8	58
116	Lona	Lona	27/04/99	6.38	1.17	56	50	44	6	144	3.2	3.17	0.57	3.41	0.53	5.4	2.5	56	270	16	59
116	Lona	Lona	21/05/99	6.57	1.65	84	24	22	2	89	3.0	4.22	0.80	4.37	0.81	7.1	3.1	4	250	16	94
116	Lona	Lona	02/06/99	5.69	0.87	20	105	108	0	183	6.3	2.47	0.44	2.87	0.26	4.1	1.7	108	325	13	52
116	Lona	Lona	17/06/99	5.97	1.24	40	135	139	0	335	11.5	2.40	0.52	2.70	0.36	3.4	1.3	84	480	29	102
117	Horne	Lona	19/01/99	5.24	0.94	-3	63	43	20	132	1.8	4.59	0.90	4.71	0.47	10.8	2.1	100	190	10	-18
117	Horne	Lona	04/02/99	5.54	0.58	6	53	48	5	114	2.1	2.48	0.39	2.81	0.34	5.1	1.5	77	170	8	11
117	Horne	Lona	08/04/99	5.74	0.64	12	58	53	5	109	2.8	2.24	0.34	2.48	0.36	3.7	1.9	67	175	4	28
117	Horne	Lona	27/04/99	6.16	0.86	24	41	40	1	93	2.5	2.50	0.38	2.83	0.42	4.0	2.4	77	180	3	40
117	Horne	Lona	21/05/99	6.44	1.65	41	22	19	3	50	1.6	3.60	0.56	3.45	0.66	5.5	4.0	170	275	5	45
117	Horne	Lona	02/06/99	5.59	0.69	9	90	87	3	155	4.9	2.19	0.35	2.53	0.25	3.5	1.6	132	295	8	38
117	Horne	Lona	17/06/99	5.50	0.69	13	134	136	0	389	9.3	1.88	0.38	2.21	0.20	2.6	1.3	71	365	17	62
118	Ryggjahaug	Lona	19/01/99	5.23	0.97	-3	71	48	23	132	1.8	4.63	0.91	4.82	0.47	10.9	2.1	113	215	9	-14
118	Ryggjahaug	Lona	04/02/99	5.51	0.62	5	58	50	8	117	2.2	2.56	0.40	2.97	0.34	5.3	1.5	89	200	7	15
118	Ryggjahaug	Lona	08/04/99	5.75	0.64	13	57	53	4	108	2.8	2.29	0.35	2.56	0.34	3.9	1.9	69	175	4	26
118	Ryggjahaug	Lona	27/04/99	6.20	0.86	24	46	44	2	94	2.4	2.53	0.39	2.83	0.39	4.1	2.4	73	165	4	37
118	Ryggjahaug	Lona	21/05/99	6.50	1.71	46	17	14	3	42	1.5	3.74	0.60	3.59	0.65	5.7	4.1	165	265	3	50
118	Ryggjahaug	Lona	02/06/99	5.55	0.73	11	91	89	2	157	5.0	2.22	0.37	2.68	0.24	3.6	1.7	141	295	6	43
118	Ryggjahaug	Lona	17/06/99	5.60	0.73	19	137	139	0	329	9.5	1.87	0.36	2.20	0.20	2.5	1.3	37	320	12	67

Vedlegg B. Rådata bunndyr

Stasjonsbetegnelser for bunndyr.

St.nr.	Beskrivelse
1	Nausta, hovedelv (15)
2	Nausta., Hyelva (11)
3	Jølstra v/Førde
4	Jølstra v/kraftst.
5	Jølstra, Anga (1)
6	Gaular v/Osen (26)
7	Gaular, Årøyelva (34)
8	Ortnevikelva, utløp (103)
9	Ortnevikelva, Vesleelva (102)
10	Lona ved st. 2 (108)
11	Lona v/Sagbruk (116)
12	Ytredalselva, nedre del (111)
13	Ytredalselva, utløp Ykslandsv. (113)
14	Hovlandselva v/Hovland (106)
15	Hovlandselva, bekk fra Tangetj. (108)

Bunndyrdata.

Antall bunndyr i roteprøve																			
Stasjon:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Nematoda		2		2		1	3		2		1			14	3				
Oligochaeta		6	6	5	5	2	3	11	2	5	3	3	1	23	26				
Acari		8	18	3	1	4	1	6	4	9	10	10	1	8	5	5			
Hirudinea																			
**	<i>Helobdella stagnalis</i>	20																	
***	<i>Lymnaea peregra</i>																		
Bivalvia																			
*	<i>Pisidium sp</i>			1			4												
Ephemeroptera																			
***	<i>Baetis rhodani</i>	1	18	17		7	6				11	26	12		39				
***	<i>Baetis niger</i>						2												
***	<i>Baetis sp</i>			4	1	7											3		
**	<i>Siphonurus sp</i>				1														
**	<i>Ameletus sp</i>	1																	
***	<i>Ephemerella aurivilli</i>	2																	
**	<i>Heptagenia sulphurea</i>												2						
**	<i>Heptagenia sp</i>												1						
Plecoptera																			
	<i>Amphinemura borealis</i>	8	12				6	10			5	10	15	8	8	13			
	<i>Amphinemura sp juv.</i>										2								
	<i>Amphinemura sulcicollis</i>	1	2			2		18	7	6	13	8	7	1	5	6			
	<i>Brachyptera risi</i>	12		3	15	1	26	4	13	3	7	9	5	18	12				
	<i>Leuctra fusca</i>	1			3		7										3	3	
	<i>Leuctra hippopus</i>	2			5	2	8	3	7	1	4	2	1	6	12				
	<i>Leuctra nigra</i>	1	1			1		1											
	<i>Leuctra sp</i>		2				1	4	10	4		7							
	<i>Nemoura cinerea</i>	2																	
	<i>Nemouridae ind</i>	1	1	1			3							1					
	<i>Protonemura meyeri</i>	8				3	1	1	1	3	7	3		13	4	1			
	<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1																	
	<i>Taeniopteryx nebulosa</i>				1														
**	<i>Capnia sp</i>							2											
**	<i>Diura nanseni</i>	3				3	2	4	3	2			2		3				
**	<i>Isoperla sp.</i>			3			10						4	2	9		10		
**	<i>Isoperla grammatica</i>														3				
**	<i>Perlodidae ind</i>											1							

Bunndyrdata, forts.

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trichoptera															
** <i>Apatania sp</i>			2		1					2	2	1	2	5	
<i>Agapetus ochripes</i>			1			1									
** <i>Glossosoma sp</i>					2										
<i>Halesus sp</i>										1					
<i>Hydroptila sp</i>													3		
** <i>Hydropsyche siltalai</i>			1												
** <i>Hydropsyche sp</i>			1												
** <i>Lepidostoma hirtum</i>										2			1		
<i>Leptoceridae ind</i>							1								
<i>Limnephilidae indet.</i>	1		1			2			2	7	1			1	6
<i>Neureclipsis bimaculata</i>													10		
<i>Oxyethira sp</i>		2		1			1		1						3
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		3	5			3	1			3	4	1	4	4	11
<i>Plectrocnemia conspersa</i>									2				2		
<i>Potamophylax sp.</i>					1							1		3	
<i>Rhyacophila nubila</i> larve		2	4				2		1		6	1		1	
<i>Rhyacophila nubila</i> puppe															1
Polycentropodidae indet.										3	1				
** <i>Sericostoma personatum</i>		1											2		
** <i>Tinodes waeneri</i>										1					
Chironomidae larver	139	68	191	23	92	86	102	51	63	82	114	33	85	132	38
Chironomidae pupper					1	1								1	
Ceratopogonidae	2	1							1		1				
Simuliidae		8			10		6		2	1	9	3		38	3
Tipulidae			2			2		3		3		4			2
Diptera	12	5			10		7		8		2	1	9	5	
Coleoptera	1	15				1	1			5	5		8		2
Sum	42	187	260	37	173	144	215	84	135	172	234	109	212	315	130
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5
Forsuringsindeks 2	1	1	1	0,7	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5	0,8	1	0,8	0,5	1	0,5
*** Meget følsom															
** Moderat følsom															
* Lite følsom															