

0 10

# utredning

Forsuringstruede anadrome laksefisk-  
bestander og aktuelle mottiltak

Arne Sivertsen



**NINA**

**NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING**

# Forsuringstruede anadrome laksefisk- bestander og aktuelle mottiltak

Arne Sivertsen

Sivertsen, A.  
Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle  
mottiltak  
NINA Utredning 10: 1-28.

Trondheim, desember 1989

ISSN 0802-3107  
ISBN 82-426-0055-4

Klassifisering av publikasjonen:  
Norsk: laksefisker og forurensninger  
Engelsk: Anadromous fishes and pollution

Copyright (C) NINA  
Norsk institutt for naturforskning  
Publikasjonen kan siteres med kildeangivelse

Redaksjon:  
Svein Myrberget  
NINA, Trondheim

Design og layout:  
Eva M. Schjetne  
Kari Sivertsen  
Grafisk avd. NINA

Sats: NINA

Trykk: Bjærum grafiske as

Opplag: 200

Trykt på 100 % resirkulert papir!

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tlf.: (07) 58 05 00

## Referat

Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak - NINA Utredning 10: 1-28.

I utredningen legges fram en oversikt over forsurede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. Tilgjengelige data på vannkjemi, yngeltetthet, fangststatistikk og hydrologiske forhold er undersøkt.

Elvene Ognå, Bjerkreimselva og Rødneelva i Rogaland er alle lakseførende. Disse vassdragene er alle episodisk forsuret. Kalking vil begrense ytterligere nedgang av de lokale bestander.

Elvene Tovdalselva, Mandalselva, Lygna og Sogndalselva har vært lakseførende. I dag er sjørret bestanden i disse vassdragene truet av forsurede. Kalkingstiltak i disse elvene bør kombineres med systematisk utsetting av lakseyngel og/eller smolt.

Emneord: Forsuringstruede vassdrag - laks - sjørret - mottiltak.

Arne Sivertsen, NINA, Tungasletta 2, 7004 Trondheim.

## Abstract

Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak - NINA Utredning 10: 1-28.

This report describes some acidified or episodically acidified salmon rivers and mitigation methods. Special emphasis has been given to water quality, juvenile fish density, catch statistics and hydrological regimes of the water courses.

The rivers Ognå, Bjerkreimselva and Rødneelva in Rogaland county have stocks of Atlantic salmon which are threatened by episodical acidification. Liming and stocking of these rivers are recommended.

Stocks of anadromous trout in the selected rivers Tovdalselva, Mandalselva, Lygna and Sogndalselva are also threatened by acidification. Liming and stocking with salmon smolts in these rivers are recommended.

Keywords: Acidification - rivers - salmon - anadromous trout - mitigation methods.

Arne Sivertsen, NINA, Tungasletta 2, 7004 Trondheim.

## Forord

Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk i juli 1989 i oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning (DN) å utrede forholdene i utvalgte forsurede vassdrag som fører anadrom laksefisk.

Oppdraget omfattet:

- Vannkjemiske data
- Hydrologiske og geologiske forhold
- Arts sammensetning og utbredelse
- Aktuelle tiltak

Takk til en utmerket faggruppe bestående av Lars Petter Hansen, Inggard Blakar, Trygve Hesthagen og forskningssjef Arnfinn Langeland. Alle har gitt verdifulle råd og stilt upublisert materiale til disposisjon.

Takk også til Hans Mack Berger som har vært behjelpelig med litteratur og samtidig stilt sitt kontor til disposisjon.

En rekke personer knyttet til andre institusjoner har også bidratt med informasjon og/eller upubliserte data. Dette gjelder fiskeforvalterne Dag Matzow (Aust-Agder), Ørnulf Haraldstad (Vest-Agder), Jostein Nordland (Rogaland), Øivind Vasshaug (Hordaland), Anton Rikstad (Nord-Trøndelag) og forskerne Bjørn Olav Rosseland (NIVA), Magne Staurnes (UNIT) og konsulent Dagfinn Gausen (DN). Takk til alle!

Trondheim oktober 1989

Arne Sivertsen  
Ansvarlig utførende

Arnfinn Langeland  
Prosjektleder

# Innhold

|  | Side      |   |           |
|--|-----------|---|-----------|
| Referat .....  | 3         | 4.3 Systematisk utsetting av yngel og/<br>eller smolt ..... | 23        |
| Abstract .....   | 3         | 4.4 Genbank .....   | 23        |
| Forord .....   | 4         | 4.5 Kombinerte tiltak .....                                 | 23        |
| <b>1 Innledning</b> .....  | <b>6</b>  | <b>5 Diskusjon</b> .....                                    | <b>24</b> |
| 1.1 Generelt .....   | 6         | <b>6 Konklusjon</b> .....                                   | <b>25</b> |
| 1.2 Sur nedbør - historikk og effekter .....                                       | 6         | <b>7 Sammendrag</b> .....                                   | <b>25</b> |
| 1.3 Måisseting .....   | 8         | <b>8 Summary</b> .....                                      | <b>26</b> |
| <b>2 Vannkjemi, fysiologi og kriterier</b> .....                                   | <b>8</b>  | <b>9 Litteratur</b> .....                                   | <b>26</b> |
| 2.1 Vannkjemi og fysiologiske reaksjons-<br>mekanismer hos anadrom laksefisk ..... | 8         | <b>Vedlegg</b>  |           |
| 2.2 Kriterier for vurdering av forsurnings-<br>truede vassdrag .....               | 9         |   |           |
| <b>3 Situasjonsrapport</b> .....   | <b>11</b> |   |           |
| 3.1 Aust-Agder .....   | 11        |   |           |
| 3.1.1 Tovdalselva .....  | 11        |   |           |
| 3.1.2 Storelva .....   | 12        |   |           |
| 3.1.3 Nidelva .....  | 12        |   |           |
| 3.1.4 Gjerstadelva .....   | 12        |   |           |
| 3.2 Vest-Agder .....   | 12        |   |           |
| 3.2.1 Lygna .....  | 12        |   |           |
| 3.2.2 Sogndalselva .....   | 13        |   |           |
| 3.2.3 Mandalselva .....  | 13        |   |           |
| 3.2.4 Kvina .....  | 14        |   |           |
| 3.2.5 Feda .....   | 14        |   |           |
| 3.2.6 Sira .....   | 14        |   |           |
| 3.2.7 Otra .....   | 15        |   |           |
| 3.3 Rogaland .....   | 15        |   |           |
| 3.3.1 Ognå .....   | 15        |   |           |
| 3.3.2 Bjerkreimselva .....   | 17        |   |           |
| 3.3.3 Rødneelva .....  | 17        |   |           |
| 3.3.4 Sokndalselva .....   | 18        |   |           |
| 3.3.5 Frafjordelva .....   | 18        |   |           |
| 3.3.6 Andre vurderte vassdrag i Rogaland .....                                     | 19        |   |           |
| 3.4 Hordaland .....  | 19        |   |           |
| 3.4.1 Frøysetelva .....  | 19        |   |           |
| 3.4.2 Haugsdalselva .....  | 20        |   |           |
| 3.4.3 Romarheimselva .....   | 20        |   |           |
| 3.4.4 Modalselva .....   | 20        |   |           |
| 3.4.5 Matreelva .....  | 21        |   |           |
| 3.4.6 Andre vurderte vassdrag i Hordaland .....                                    | 21        |   |           |
| 3.5 Nord-Trøndelag .....   | 21        |   |           |
| 3.5.1 Nord-Folda .....   | 21        |   |           |
| <b>4 Tiltaks-strategier</b> .....  | <b>22</b> |   |           |
| 4.1 Generelt .....   | 22        |   |           |
| 4.2 Nøytralisering av surt vann .....  | 22        |   |           |



# 1 Innledning

## 1.1 Generelt

Tilbakegangen i anadrome laksefiskbestander i Sør-Norge har vært kjent alt fra 1920 årene. At fiskedøden hadde sammenheng med surt vann ble raskt oppdaget (Dahl 1926, Sunde 1926). Imidlertid var det først på slutten av 1950-tallet at det ble fastslått at denne forurensningen kunne ha sammenheng med sur nedbør (Dannevig 1959). Studier av fangststatistikk tyder imidlertid på at forsuringprosessen hos laksefisk startet allerede på slutten av 1800-tallet (Hesthagen & Larsen 1987).

Vi vet i dag at atmosfærisk luftforurensning fra industrialiserte områder i Nord-Amerika og Europa har medført en endring i luftens kjemiske sammensetning. I Sør-Norge har dette resultert i en forsuring av vann og vassdrag som har ført til store skader på fiskebestander.

Det tidligere Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk har i en årrekke drevet systematisk overvåking og forskning på vannkjemiske endringer og omfanget av skader på fiskebestander i Sør-Norge. Sammen med andre forskningsinstitusjoner viderefører i dag Norsk institutt for naturforskning (NINA) dette arbeidet.

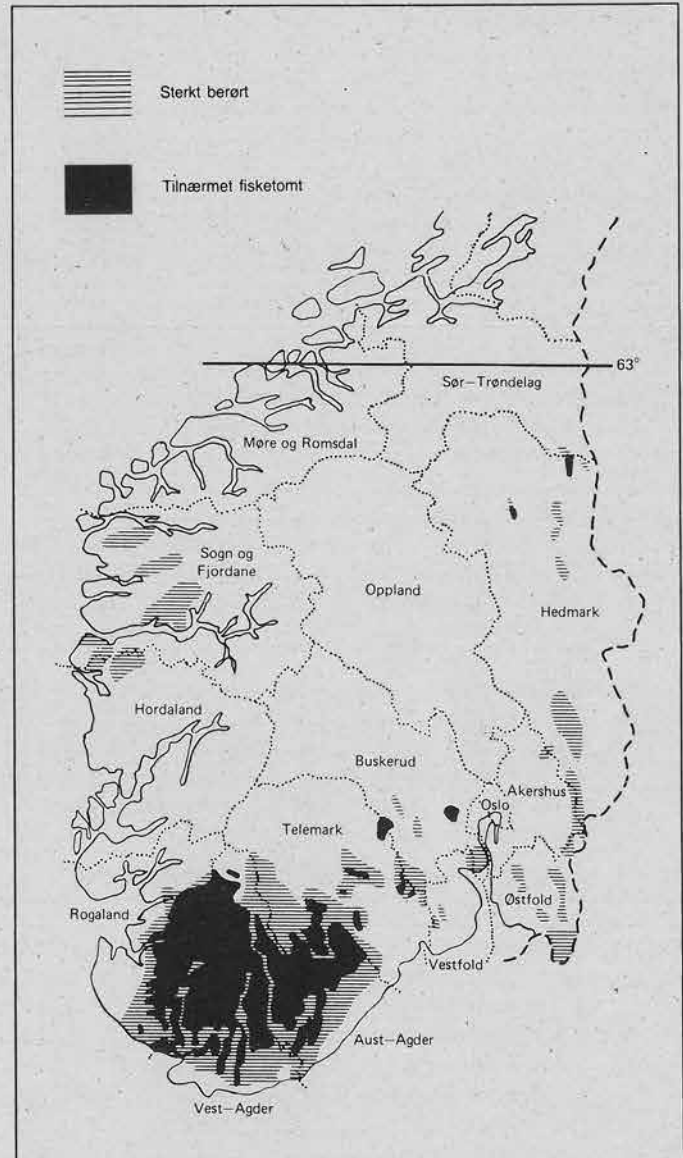
## 1.2 Sur nedbør - historikk og effekter

De dominerende vindretningene fra sør/sørøst til sørvest medfører at industriutslipp fra forbrukere av fossilt brensel i Storbritannia og fra kontinentet blir ført med luftstrømmen til store deler av Sør-Norge.

For Sør-Norge har dette ført til en nedbør med en gjennomsnittlig pH-verdi under 4,6. På Sørlandet er tilsvarende pH-verdier lavere enn 4,4. I enkelte perioder er det rapportert om pH-verdier på 3,6-3,7. **Figur 1.1** viser områder i Norge med skader på fiskebestanden som følge av sur nedbør.

I Europa slipper årlig de største forbrukerne av fossilt brensel ut mange millioner tonn svoveldioksyd og nitrogenoksyder til atmosfæren (tabell 1.1). De viktigste forurensningskildene er industri, varmekraftverk og biltrafikk. I den senere tid har vi også blitt klar over en økende forurensning over Øst-Finnmark. Dette kommer fra nordvestlige deler av Sovjetunionen, hovedsakelig Kolahalvøya.

I dag vet vi at det er en klar sammenheng mellom nedbørkemi og skader på fiskebestand, med sulfat og nitrat som domi-



**Figur 1.1**  
Områder i Sør-Norge med skader på fiskebestanden. Kartet viser at det er Aust-og Vest-Agder og deler av Rogaland, og Telemark som er hardest rammet. - Acidified areas in different parts of Norway.

nerende forsuringkomponenter. Det meste av sulfatet vil vanligvis passere gjennom nedbørfeltet og ut i vannmassene, mens nitrat i vesentlig grad tilbakeholdes av vegetasjon og jord. Nyere forskning har imidlertid vist at også overskudd av nitrat kan være et vesentlig bidrag til forsuring av vassdrag (SFT 1988).

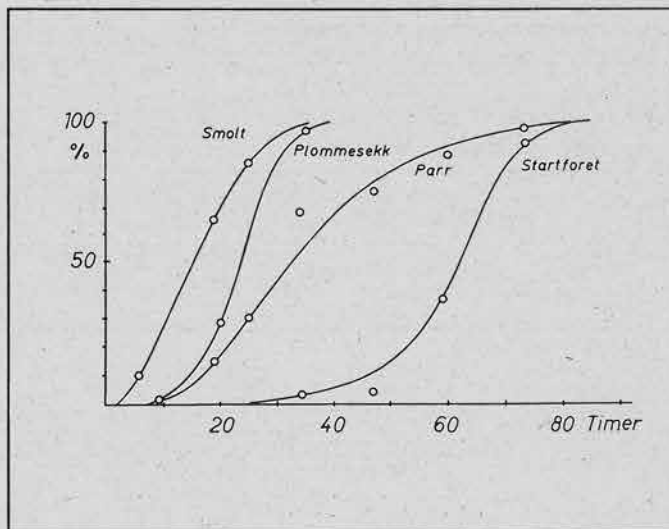
**Tabell 1.1** Årlig utslipp av svoveldioksyd og nitrogenoksyd-er til luft for en del europeiske industriland i perioden 1983-85 (1000 tonn). Yearly emission of atmospheric sulphurous and nitrogenous compounds from some European countries in the period 1983-85 (1000 tonn) (From Jenssen & Leivestad 1989).

| Land<br>Country      | Svoveldioksyd<br>Sulphurous<br>compounds | Nitrogenoksyd<br>Nitrogenous<br>compounds |
|----------------------|--|---|
| Norge                | 100                                      | 215                                       |
| Danmark              | 326                                      | 238                                       |
| Sverige              | 264                                      | 298                                       |
| Frankrike            | 1 992                                    | 1 697                                     |
| Belgia               | 467                                      | 385                                       |
| Nederland            | 315                                      | 522                                       |
| Italia               | 3 150                                    | 1 400                                     |
| Spania               | 3 250                                    | 900                                       |
| Storbritannia        | 3 540                                    | 1 690                                     |
| Vest-Tyskland        | 2 400                                    | 2 900                                     |
| Øst-Tyskland         | 4 000                                    | 400                                       |
| Polen                | 4 300                                    | 840                                       |
| Tsjekkoslovakia      | 3 150                                    | 1 127                                     |
| Ungarn               | 1 460                                    | 270                                       |
| Sovjetunionen (vest) | 11 100                                   | 2 930                                     |

Nedslagsfeltets evne til å nøytralisere sur nedbør er ofte svært begrenset. Typisk for forsuringstruede laks- og sjørretvassdrag i Sør-Norge og på Vestlandet er en geologi preget av de forsuringfølsomme grunnfjellsbergartene granitt, gneis og/eller kvartsitt. Denne kalkfattige berggrunnen er tungt løselig, og områdene har ofte sure jordtyper, lite løsmasser og aluminiums-bestående mineraler. Dette medfører at surhetsgraden i vassdraget i store trekk vil følge nedbørens pH. Sammenhengen mellom synkende pH og økende mengde vannløselig aluminium ble påvist allerede på 70-tallet (Dickson 1978).

Surt vann øker fiskens ionetap. Er det i tillegg giftig aluminium i vannmassene, vil aktiviteten til enzymene natriumkalium ATPase og karbonsyreanhydrase bli redusert (Staurnes et al. 1984). Dette fører bl.a til at kloridcellenes aktive ioneopptak begrenses. Under slike forhold vil den primære dødsårsaken være netto ionetap. Blix et al. (1986) fant at selv moderate mengder aluminium (50 µg/l  $AlCl_3$ , pH 5,0) i vannmassene forstyrrer smoltens ionereguleringssevne og sjøvannstilpasning.

Toleransen for en slik osmotisk forstyrrelse varierer mellom artens utviklingsstadier og mellom artene. For laks viser flere forskningsresultater at smoltifiseringsprosessen og plommesekkstadiet er de mest sensitive utviklingstrinn for forsuringspåvirkning (se også figur 1.2) (Rosseland & Skogheim 1984, Jenssen & Leivestad 1989). Typisk for disse utviklingstrinn er at de i tid faller sammen med snøsmelting og vårflo. I tillegg kan også flomperioder om høsten være kritisk for gytevandrende laksefisk (Rosseland 1989).



**Figur 1.2**

Toksisitet relatert til livsstadium hos laks. - Toxical effects at different developmental stages. Stress: pH 5.4. Al= 300 µg/l. (From Jenssen & Leivestad 1989).

Komparative undersøkelser og feltobservasjoner viser at sjørret har en jevnt over sterkere toleranse for forsuring- og aluminiumspåvirkning enn laks (Skogheim & Rosseland 1984, Rosseland & Skogheim 1984). I flere vassdrag hvor laksen i dag betraktes som utryddet, er det i mange tilfeller observert reproduksjonsdyktige sjørretbestander. Dette er imidlertid ofte sterkt svekkede og/eller sterkt truede bestander.

I minst 19 elver er i dag de respektive laksestammene utryddet. Foreløpige beregninger antyder et årlig tap på ca. 90 000 - 300 000 voksne laks (Hesthagen et al. 1989, Hesthagen & Hansen 1989).

Inntil reduksjoner i atmosfærisk forurensning begynner å virke, er det nødvendig å sette inn motiltak. Flere norske stedege laksefiskstammer er i dag alvorlig truet på mange fronter. Den naturlige genetiske variasjon må derfor sikres med tiltak som begrenser trusselen mot utryddelse.



## 1.3 Målsetting

På bakgrunn av slike forhold har Direktoratet for naturforvaltning (DN) gitt følgende oppdrag:

Å utrede forholdene i forsurede laks og sjørretvassdrag for å kunne vurdere mulighetene om tiltak som kan redde igjenværende bestander av anadrom laksefisk.

Dette omfatter:

- 1) Vannkjemiske data.
- 2) Hydrologiske og geologiske forhold.
- 3) Artssammensetning og utbredelse.
- 4) Tiltaksstrategier.

Dette arbeidet vil omfatte vassdrag som DN har valgt ut i Agderfylkene, Rogaland, Hordaland og Nord-Trøndelag.

## 2 Vannkjemi, fysiologi og kriterier

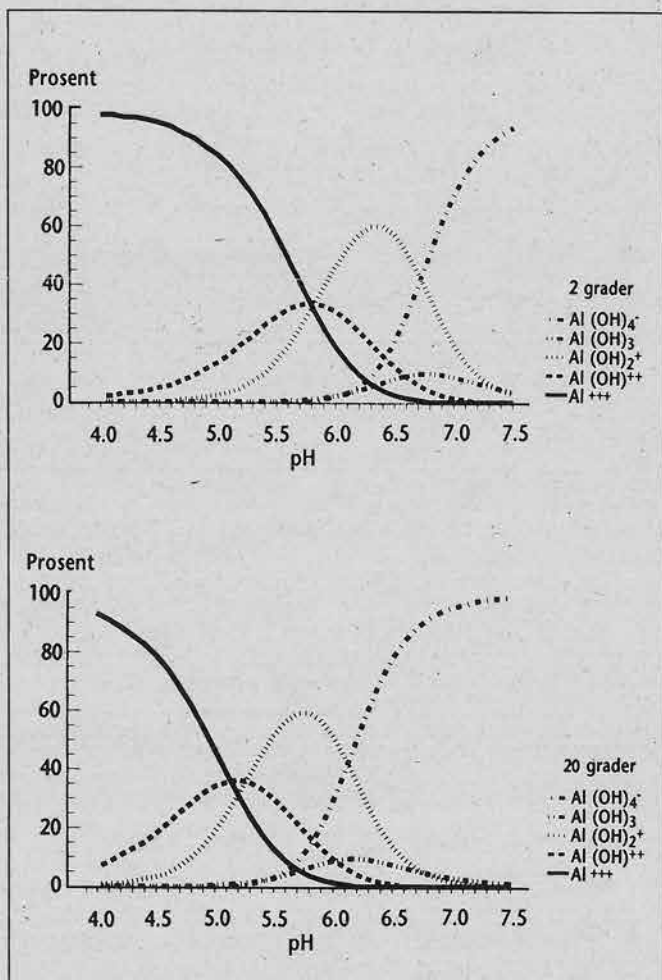
### 2.1 Vannkjemi og fysiologiske reaksjonsmekanismer hos anadrom laksefisk

I de kystnære områdene på Sør- og Vestlandet er mange vassdrag preget av næringsfattig grunnfjell med lite løsmasser. Regnvann fra industriområder vil være surt fordi nitrat og sulfat er dominerende forsøringskomponenter. Men selv regnvann med mindre surhet, kan etter å ha passert nedslagsfeltet anrikes med  $H^+$  og  $Al^{3+}$ . Nedbør som faller ned langs kysten inneholder ofte betydelige mengder  $Na^+$  og  $Mg^{++}$  fra sjøsalter. Disse kationene kan bli ionebyttet mot  $H^+$  og  $Al^{3+}$  i nedslagsfeltet. Praktiske konsekvenser av dette er at pH i vassdraget synker samtidig som mengden giftig aluminium øker. Graden av disse prosesser vil imidlertid variere med nedslagsfeltets avrenningsmønster og geologiske profil (Rosenqvist 1986).

Aluminium er i utgangspunktet et treverdige metall og finnes i naturen i en lang rekke forskjellige mineraler, som f.eks. feltspat, glimmer og kaolinit. For å kunne vurdere giftigheten av aluminium er det viktig å ha kjennskap til i hvilke former aluminium opptrer i vann.

- 1) Labilt aluminium. Vannløselig aluminium som foreligger som ioner. Hovedsakelig vil dette være;  $Al^{3+}$ ;  $Al(OH)^{++}$ ;  $Al(OH)_2^+$ ;  $AlF^{++}$  og ved høy pH  $Al(OH)_4^-$ . Disse formene betraktes for å være svært giftige.
- 2) Partikulært aluminium ( $Al(OH)_3$ ). Dette er lite oppløselig aluminium som utfelles når surt aluminium-rikt vann avsyres. Denne formen betraktes som lite giftig.
- 3) Organisk bundet aluminium. Den delen av det totale aluminiuminnholdet som er bundet til humus og andre organiske stoffer som finnes naturlig i vannet. Dette er generelt betraktet som lite giftig.

Fra figur 2.1 kan vi se den relative løseligheten av Alhydroksyder ved forskjellig pH og to temperaturer (Jenssen & Leivestad 1989). Figuren viser at mengden  $Al^{3+}$  dominerer ved lav pH og  $Al(OH)_4^-$  ved høy pH. Temperaturskiftene er viktig å merke seg ved vurdering av eventuelle mottiltak (eks. kalking). Tidligere har man generelt antatt at overdosering av kalk ikke kan gi skadelige effekter på fisk (Baalsrud 1985). Nyere undersøkelser påviser imidlertid at ved en pH høyere enn ca. 6,8 vil det dannes  $Al(OH)_4^-$  (figur 2.1). Denne formen av vannløselig aluminium er også giftig for anadrom laksefisk, men omfanget synes foreløpig å være lite undersøkt (Jenssen & Leivestad 1989).



**Figur 2.1**  
Relativ løselighet av de forskjellige aluminiumshydrater ved to temperaturer. - Relative solubility of Al-hydroxide at two different temperatures (From Poleo & Muniz 1989).

Den osmotiske gradienten mellom fiskens blod og det ytre medium (ferskvann) resulterer i en passiv diffusjon av vann inn i blodet samtidig som livsnødvendige salter lekker ut i en fortennet urin. Dette kompenseres av et aktivt ioneopptak over gjelleepitelet. Gjellene er fiskens viktigste organ for gassutveksling, ioneregulering, syre-base balanse, nitrogenskresjon og opprettholdelse av termisk likevekt med omgivelsene. Toksiske effekter på fisk er derfor primært knyttet til gjellenes fysiologiske funksjon.

I vann med lavt innhold av kalsium vil lav pH føre til at gjelleepitelets permeabilitet generelt økes. Det er sterke indika-

sjoner på at kalsium-ioner i cellemembranen byttes ut med hydrogenioner (Jenssen & Leivestad 1989); følgelig vil ikke lenger kalsium kunne utfylle sin naturlige funksjon i gjelleepitelet. Det aktive opptaket av  $\text{Na}^+$  og også  $\text{Cl}^-$  vil bli sterkt nedsatt og i tillegg vil gjelleepitelets elektriske potensial minke og/eller forsvinne helt.

Er det i tillegg labilt aluminium i vannmassene, kan fisken forsøke å motvirke dette ved å skille ut beskyttende slim. Dette hemmer imidlertid gassdiffusjonen og ventilasjonsfrekvensen økes. Aluminiumspåvirkning vil uansett øke ionelekkasjen ytterligere og redusere fiskens aktive ioneopptak. Videre kan kloridcellenes saltpumpeenzym  $\text{Na-K-ATPase}$  bli blokkert (Staurnes et al. 1984).

Med unntak av den spesifikke effekten av aluminium på  $\text{Na-K-ATPase}$  viser den fysiologiske effekten av syre og aluminium generelt en rekke likhetstrekk. Den kombinerte effekten av begge faktorer samtidig er den situasjonen som anadrom laksefisk blir/kan bli utsatt for i forsuringsrammede/truede norske vassdrag på Sør- og Vestlandet. Ved kritiske vannkjemiske verdier vil netto ionetap være sannsynlig dødsårsak.

## 2.2 Kriterier for vurdering av forsuringsstruede vassdrag

Å vurdere truede vassdrag ut fra vannkjemiske grenseverdier for pH, labilt aluminium og kalsium med hensyn til giftvirkningen på fisk er vanskelig å gjøre eksakt. Dette kan variere avhengig av de ulike faktorerens innbyrdes konsentrasjonsforhold, mellom forskjellige arter, mellom forskjellige stedegne stammer og mellom forskjellige biologiske utviklingstrinn.

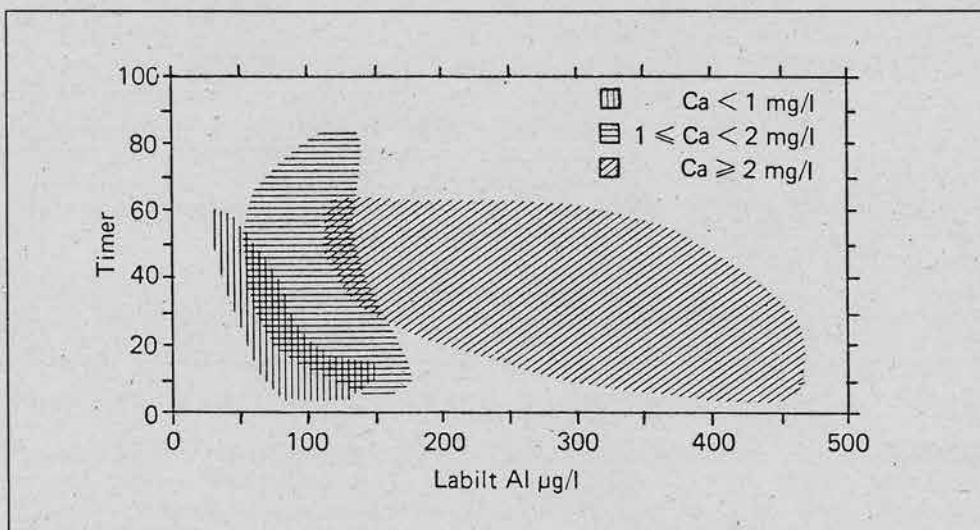
Rosseland (1989) har imidlertid utarbeidet en oversikt som forsøker å tallfeste grenseverdier for når surt vann medfører dødelighet av laks og sjørret (figur 2.2). Fordi vannkvaliteten fra forsuringsområder i Norge er forskjellig fra lignende forhold i andre land (lav ionestyrke), er verdiene i figur 2.2 basert kun på resultater fra undersøkelser og forsøk utført i Norge. Resultatene som er vist i figuren gir en oversikt over de nivåer av labilt aluminium som ved tre forskjellige kalsiumområder har gitt dødelighet ved ulike utviklingstrinn hos laks og sjørret i pH området 4,5-5,5. Tidsaksen beskriver timer inntil første fisk er funnet død. Som det fremgår av figuren vil tid til første dødelighet være svært avhengig av kalsiumnivået og konsentrasjonen av labilt aluminium.

På bakgrunn av disse forhold defineres et "på vippen" vassdrag som et vassdrag med anadrome laksefiskbestander som er truet med utryddelse på grunn av forsurening. Med forsurening menes en observert vannkjemisk forsurening, eller endring i surhetsgrad som er til skade for den anadrome laksefiskbestand. Generelt vil en heving av pH til 6,1-6,6, kalsium til 1,5-2,0

mg/l og en reduksjon av den labile Al-fraksjonen til mindre enn 20 µg/l kunne forhindre dødelighet hos anadrom laksefisk (Jenssen & Leivestad 1989).

På bakgrunn av disse forhold vil de utvalgte truede vassdrag bli vurdert på bakgrunn av:

- 1) Grad av vannkjemisk trussel.
- 2) Endringer i fangst.
- 3) De respektive fylkers prioritering.
- 4) Ressursenes størrelse eller potensielle størrelse.



**Figur 2.2**

Konsentrasjoner av labilt aluminium (LAI, µg/l) som funksjon av tid frem til første registrerte dødelighet av laks og sjørret i vann med ulik konsentrasjon av kalsium (Ca, mg/l). - Different concentration of exchangeable aluminium (LAI, µg/l) as a function of time (h) to the first salmon or anadromous trout found dead in water with different levels of calcium (mg/l) (From Rosseland 1989).

## 3 Situasjonsrapport

### 3.1 Aust-Agder

Utvalgte truede vassdrag i Aust-Agder fylke er: Gjerstadelva, Storelva, Nidelva og Tovdalselva. Alle de stedeagne laksestammene i Aust-Agder fylke er utdødd.

**Tabell 3.1.1** Vannkjemiske data fra utvalgte laksefiskførende vassdrag i Aust-Agder fylke. Water quality parameters in some rivers in Aust-Agder county (Jonsson & Blakar 1988, SFT 1988, Matzow personal comm.).

| Vassdrag<br>River | pH  |     | Ca(mg/l) |     |     | LAI(µg/l) |      |     | Alk(µeq/l) |      |     | Kond(µS/cm) |    |     |     |
|-------------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|------|-----|------------|------|-----|-------------|----|-----|-----|
|                   | x   | Min | Max      | x   | Min | Max       | x    | Min | Max        | x    | Min | Max         | x  | Min | Max |
| Tovdalselva       | 5,0 | 4,8 | 5,4      | 0,9 | 0,7 | 1,1       | 131  | 71  | 164        | <1   | <1  | <1          | 26 | 21  | 32  |
| Storelva          | 5,7 | 4,4 | 6,2      | 2,0 | 1,8 | 2,2       | -    | -   | -          | 14   | 5   | 37          | 28 | 18  | 41  |
| Gjerstadelva      | 5,8 | 5,3 | 6,9      | 2,0 | 1,4 | 2,4       | 35,4 | 4,0 | 69         | 12,9 | <1  | 34          | 30 | 27  | 34  |
| Nidelva           | 5,1 | 4,8 | 5,4      | 1,0 | 0,9 | 1,2       | -    | -   | -          | 1    | 0   | 10          | 21 | 11  | 28  |

#### 3.1.1 Tovdalselva

**Vannkjem.** Tovdalselva er generelt preget av lav pH, høyt innhold av labilt aluminium og lav bufferkapasitet. I 1988 varierte pH-verdiene fra 4,8 til 5,4. Vassdragets middelvei av labilt aluminium ble registrert til 131,0 µg/l (tabell 3.1.1).

#### Hydrologi.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Nedbørfelt, hele vassdraget:                                 | 1800 km <sup>2</sup>     |
| Årsavrenning:  | 900-1100 mm              |
| Vannføring ved Flaksvann (nedbørfelt 1759 km <sup>2</sup> ): |                          |
| Middel avløp:  | 63,4 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:  | 95,2 "                   |
| Minste årlige avløp:   | 27,4 "                   |

**Fiskestatus.** Laksen vandret tidligere opp til Herefossfjorden i Aust-Agder fylke. Laksebestanden i elva betraktes i dag som utdødd (tabell 3.1.2). Det er imidlertid registrert enkelte gytelaks som vandrer opp i vassdraget. Dette er sannsynligvis rømt oppdrettsfisk og/eller feilvandret laks. Elvas egen laksestamme forsvant allerede i 1967. Ved undersøkelser både i år og i fjor ble det påvist lakseyngel i kalkede sidebækker nederst i vassdraget (Matzow pers. medd.). Sjørørretten vandrer opp til Boenfossen ca. 7 km fra munningen. Sidevassdraget Vesbek-

ken har en god sjørørretbestand og yngeltetthet. Prestebekken og Knarrestadbekken rapporteres også som gode gyte- og oppvekstbækker for sjørørret (Haraldstad 1987). Fiskeriforvalter Matzow mener at vassdraget har et stort potensiale som lakse-elv. Lakseførende strekning er ca. 25 km.

**Tabell 3.1.2** Laks- og sjørørret-status i utvalgte vassdrag i Aust-Agder fylke. Stocks of Atlantic salmon and anadromous trout in Aust-Agder county.

| VASSDRAG<br>RIVER | LAKS<br>SALMON |   | SJØRØRRET<br>ANADROMOUS TROUT |   |
|-------------------|----------------|---|-------------------------------|---|
|                   | D              | R | D                             | R |
| Gjerstadelva      | X              |   |                               | X |
| Storelva          | X              |   |                               | X |
| Tovdalselva       | X              |   |                               | X |
| Nidelva           | X              |   |                               |   |

D=bestanden er utdødd (dead), R=redusert bestand er registrert (reduced).



**Tiltak.** Det pågår innsjøkalking i Vesvann og Krokvann. Mulighetene for kalking av hovedvassdraget er under lokal utredning. En nylig stiftet grunneierorganisasjon har som program å få laksen tilbake til elva. Vassdraget vurderes i verneplan IV. Fylket gir vassdraget prioritet 1.

### 3.1.2 Storelva

**Vannkjemi.** Av tabell 3.1.1 kan vi se at pH i Storelva varierer fra 4,4-6,2. Middelverdien for kalsium er målt til 2,0 mg/l, mens tilsvarende verdi for alkaliniteten er 14,0 µeq/l.

**Fiskestatus.** Den opprinnelige stedegne laksebestanden i Storelva betraktes i dag for utdødd. Sjøørretbestanden finnes fortsatt, men er redusert. Laksefiskførende strekning er 18 km.

**Tiltak.** Lakseførende strekning ble i 1973 øket fra 5,5 til 18 km ved bygging av laksetrapp. Et grunneierlag har gått sammen for å bygge opp elvas naturlige laksestamme. Det foregår allerede kalking i vassdraget som betraktes som tilstrekkelig for å tilfredsstille laksens krav til vannkvalitet.

### 3.1.3 Nidelva

**Vannkjemi.** Nidelva betraktes som et surt vassdrag med liten bufferkapasitet. Av tabell 3.1.1 kan vi se at pH varierte i området 4,8-5,4.

**Fiskestatus.** Hvert år registreres det en del gytelaks i vassdraget. Med automatisk telleapparat er det i år registrert 150 laks, men dette var sannsynligvis oppdrettslaks. Vassdraget er imidlertid sterkt regulert og flere tidligere reproduksjonsområder er berørt av kraftproduksjonen.

**Tiltak.** NIVA har en utredning på gang om effekter på forsuringssituasjonen etter en eventuell kalking av innsjøen Nisser.

### 3.1.4 Gjerstadelva

**Vannkjemi.** Forsuringssituasjonen i Gjerstadelva kan leses av tabell 3.1.1 pH varierer i området 5,3-6,9. Middelverdiene for kalsium, labilt aluminium og alkalinitet var i 1987 henholdsvis 2,0 mg/l, 35 µg/l og 13 µeq/l.

**Fiskestatus.** Laksen i Gjerstadelva betraktes som tapt, men det finnes fortsatt en redusert sjøørretstamme. Vassdraget er så sterkt regulert at det neppe kan bli noe viktig laksevassdrag.

## 3.2 Vest-Agder

Vest-Agder fylke har opprinnelig hatt 9 lakseførende elver. Pga forsuring er idag omtrent alle de stedegne laksestammene utryddet. De utvalgte truede vassdragene i dette fylket er: Otra, Sogndalselva, Mandalselva, Lygna, Kvina, Fedra og Sira.

**Tabell 3.2.1** Vannkjemiske data fra utvalgte laksefiskførende vassdrag i Vest-Agder fylke. Water quality parameters in some Norwegian rivers in Vest-Agder county (Jonsson & Blakar 1988, SFT 1988, Haraldstad 1987).

| Vassdrag     | pH      |     |     | Ca(mg/l) |     |     | LAI(µg/l) |     |     | Alk(µeq/l) |     |     | Kond(µS/cm) |     |     |
|--------------|---------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-----|-----|------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
|              | x       | Min | Max | x        | Min | Max | x         | Min | Max | x          | Min | Max | x           | Min | Max |
| Lygna        | 5,0     | 4,7 | 5,6 | 1,0      | 0,6 | 1,6 | 104       | 59  | 153 | 4,9        | <1  | 9,8 | 28          | 24  | 34  |
| Sogndalselva | 5,6     | 4,5 | 6,2 | 2,5      | 1,4 | 3,7 | -         | -   | -   | 20         | 0   | 58  | 43          | 30  | 56  |
| Mandalselva  | 4,8     | 4,6 | 5,0 | 0,5      | 0,4 | 0,7 | 105       | 74  | 138 | 0          | 0   | 0   | 21          | 19  | 24  |
| Kvina        | 5,0     | 4,6 | 5,4 | 1,2      | 0,7 | 4,3 | -         | -   | -   | 1          | 0   | 11  | 29          | 19  | 40  |
| Otra         | 5,1     | 4,5 | 5,4 | 1,1      | 1,0 | 1,2 | 81        | 74  | 91  | 15         | 0   | 40  | -           | -   | -   |
| Fedra        | 4,0-5,0 | -   | -   | -        | -   | -   | -         | -   | -   | -          | -   | -   | -           | -   | -   |
| Sira         | 4,5-5,0 | -   | -   | -        | -   | -   | -         | -   | -   | -          | -   | -   | -           | -   | -   |

### 3.2.1 Lygna

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i Lygnas nedbørfelt er sterkt berørt av sur nedbør. I følge tabell 3.2.1 varierte vassdragets pH fra 4,7-5,6. Lygnas middelverdi av kalsium for 1988 var 1,0 mg/l og middelverdien av konduktivitet var 28 µS/cm.



Det er registrert høye verdier av labilt aluminium i dette vassdraget med et gjennomsnitt på 104,0 µg/l og en maksimumsverdi på 153,0 µg/l.

### Hydrologi.

|               |                    |                                       |
|---------------|--------------------|---------------------------------------|
| Nedbørfelt:   | Totalt nedbørfelt: | 683 km <sup>2</sup>                   |
|               | Møska v/Møskeland: | 120 km <sup>2</sup>                   |
| Årsavrenning: |                    | 1200-1800 mm                          |
| Vannføring:   |                    | 36 m <sup>3</sup> /sek. (middelavløp) |

**Fiskestatus.** Lygna hadde tidligere en lakse- og sjøørretførende strekning på ca. 19 km opp til Kvåsfossen. Som det fremgår av tabell 3.2.2 betraktes laksebestanden i Lygna idag som utdødd. Det rapporteres om enkelte gytelaks i elva. Dette kan være laks som stammer fra andre elver og/eller rømt oppdrettslaks. Sjøørretbestanden er redusert, men fortsatt reproduksjonsdyktig.

**Tiltak.** I Lygnavassdragets nedslagsfelt pågår to kalkingsprosjekter: innsjøkalking i Homsvann og kalkdosering i sidevassdraget Litleåna. Sidevassdraget Litleåna vurderes i verneplan IV. Vest-Agder fylke gir Lygnavassdraget prioritet 1 blant truede vassdrag for sjøørret.

*Tabell 3.2.2 Laks- og sjøørret-status i utvalgte vassdrag i Vest-Agder fylke. Stocks of Atlantic salmon and anadromous trout in some rivers in Vest-Agder county.*

| VASSDRAG<br>RIVER | LAKS<br>SALMON |   | SJØØRRET<br>ANADROMOUS TROUT |   |
|-------------------|----------------|---|------------------------------|---|
|                   | D              | R | D                            | R |
| Tovdalselva       | X              |   |                              | X |
| Otra              | X              |   |                              | X |
| Sogndalselva      | X              |   |                              | X |
| Mandalselva       | X              |   |                              | X |
| Lygna             | X              |   |                              | X |
| Kvina             | X              |   |                              | X |
| Feda              | X              |   |                              | X |
| Sira              | X              |   | X                            |   |

D=bestanden er utdødd (dead), R=redusert bestand er registrert (reduced)

### 3.2.2 Sogndalselva

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i store deler av Sogndalsvassdraget er som oftest sterkt til moderat sur. Det er påvist store variasjoner i vannkvaliteten fra øverst til nederst i vassdraget og gjennom året (Haraldstad 1987). Av tabell 3.2.1 kan vi se at vassdragets pH for 1988 varierte fra 4,5 til 6,2. Middelverdiene for kalsium, alkalinitet og konduktivitet var henholdsvis 2,5 mg/l, 20 µeq/l og 43 µS/cm.

**Hydrologi.** Vassdraget er et typisk flomvassdrag med lite magasineringsskapasitet og svært liten lavvannføring.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Nedbørfelt, hele vassdraget:                                     | 205 km <sup>2</sup>      |
| Vannføring V/Landbruksskolen (nedbørfelt: 192 km <sup>2</sup> ): |                          |
| Middelavløp (1974-1984):   | 7,75 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:  | 8,97 "                   |
| Minste årlige avløp:   | 5,85 "                   |

**Fiskestatus.** Sogndalselva hadde før forsureningen en lakse- og sjøørretførende strekning på ca. 30 km, opp til Underåsen. I dag er laksebestanden utdødd. Enkelte gytelaks vandrer imidlertid opp i vassdraget. Dette er sannsynligvis laks som stammer fra andre vassdrag og/eller rømt oppdrettslaks. Lakseunger kan ikke overleve i Sogndalselva pga periodevis surt vann med høyt innhold av labilt aluminium. Sjøørretbestanden i elva er noe redusert, men betraktes som reproduksjonsdyktig og relativt god.

**Tiltak.** I nedslagsområdet tilknyttet Sogndalsvassdraget pågår et kalkingsprosjekt i Hågen vann (innsjø og bekkekalking). Vassdraget inngår i verneplan IV. Fylket prioriterer Sogndalselva som nr 2 blant DN's utvalgte truede vassdrag i fylket.

### 3.2.3 Mandalselva

**Vannkjemi.** Vassdraget er sterkt regulert. Store deler av Mandalsvassdraget er sterkt surt, og pH varierer i hovedsak fra 4,8-5,0. I sidevassdragene fra øst, nedstrøms Mannflåvann, Finnsåna, Høyåna og Røyselandsbekken rapporteres det om mindre surt vann enn i nedbørfeltet forøvrig med pH fra 5,0-5,5 (Haraldstad 1987). I hovedvassdraget er det også registrert høye verdier av labilt aluminium, varierende fra 74-138 µg/l (tabell 3.2.1).

### Hydrologi.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Nedbørfelt, hele vassdraget:  | 2000 km <sup>2</sup>     |
| Årsavrenning:   | 1300-1700 mm.            |
| Vannføring: Ved Kjølamo - (nedbørfelt 1746 km <sup>2</sup> ):                       |                          |
| Middel avløp:   | 86,3 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:   | 126,0 "                  |
| Minste årlige avløp:  | 42,6 "                   |
| Nedstrøms Laudal er regulanten pålagt minstevannføring på 8-15 m <sup>3</sup> /sek. |                          |

**Fiskestatus.** Mandalselva hadde tidligere ca. 45 km lakse- og sjørret-førende strekning, fra munningen til Kavfossen nord for Bjelland. Ved elfiske de siste årene har det ikke vært registrert lakseunger i vassdraget. Bestanden betraktes derfor som utdødd (tabell 3.2.2). Til tross for dette har noe laks blitt fanget (1986: 164 kg), som sannsynligvis er rømt oppdrettslaks og/eller laks fra andre elver. Bestanden av sjørret er noe redusert men betraktes som reproduksjonsdyktig. Røyslandsbekken, Moslandsbekken og Sodelandsbekken i Mandalselvas nedre del rapporteres som gode gyte- og oppvekstbækker for sjørret (Haraldstad 1987).

**Tiltak.** Laksesmolt blir satt ut i vassdragets nedre deler. Sideelva Logåna fra vest, har gode gyte- og oppvekstforhold for sjørret. I Logåna har det vært satt ut sjørrettyngel siden 1982 og kalking siden 1983. Fylket gir Mandalselva prioritet 3 som truet vassdrag for sjørret.

### 3.2.4 Kvina

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i Kvinas nedbørfelt er sterkt berørt av sur nedbør. Det rapporteres at pH-verdiene i hovedvassdraget har variert i området 4,0-5,0 de siste årene (Haraldstad 1987). Sidevassdraget Litleåna har tidligere (1981-82) vært mindre sur enn hovedvassdraget. Middelerverdiene i pH for 1988 var 5,0 med en minimumsverdi på 4,6 (tabell 3.2.1). I vassdraget er det også målt stor variasjon i innhold av Ca, varierende med 0,7-4,3 mg/l.

#### Hydrologi.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Totalt nedbørfelt uregulert   | 1420 km <sup>2</sup>     |
| Nåværende nedbørfelt :<br>(Nedenfor Homstølmagasinet)                           | 630 km <sup>2</sup>      |
| Litleåna:   | 268 km <sup>2</sup>      |
| Årsavrenning:   | 1400-2100 mm             |
| Vannføring ved Stegemoen:<br>Etter regulering (nedbørfelt 323 km <sup>2</sup> ) |                          |
| Middelavløp   | 17,9 m <sup>3</sup> /sek |
| Pålagt minstevannføring vinter  | 3,7 "                    |
| Pålagt minstevannføring sommer  | 1,3 "                    |

**Fiskestatus.** Laks og sjørret kan vandre opp til Rafossen ca. 13 km fra munningen av Kvina, og til Håfossen i Litleåna, ca. 3 km fra utløpet av Kvina. Bestanden av laks i Kvina betraktes i dag som utdødd. Bestandene av sjørret er også reduserte, både i Kvina og i sidevassdraget Litleåna (tabell 3.2.2). Det rapporteres imidlertid at gytefisk av sjørret går opp i begge disse elvene (Haraldstad 1987). Oppvekstforholdene for laks og sjørret betraktes som bedre i sidevassdraget Litleåna enn i Kvina.

**Tiltak.** Regulanten Sira-Kvina Kraftselskap er pålagt å slippe minstevannføring på den 60 km lange strekningen nedstrøms

Homstølvannmagasinet til munningen av Kvina ved Øye i Fedafjorden. Det pågår tre kalkingsprosjekter i vassdragets øvre nedslagsfelt. Dette omfatter innsjø- og bekkekalking i Kråkelandsvann, Ytre Ljosavann og Røydlandsvann/Skarvetjønn. Fylket gir vassdraget prioritet 4.

### 3.2.5 Fedaa

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i Fedaelvas nedbørfelt er sterkt berørt av sur nedbør. pH-verdien ligger oftest i området 4,0-5,0 i store deler av feltet (Haraldstad 1987).

#### Hydrologi.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Nedbørfelt:   | 215 km <sup>2</sup>      |
| Årsavrenning:   | 1300-1900 mm             |
| Vannføring: Ved Refsti (Nedbørfelt 211 km <sup>2</sup> ). |                          |
| Middel avløp:   | 10,2 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:                                     | 14,0 "                   |
| Minste årlige avløp:                                      | 5,6 "                    |

**Fiskestatus.** Laksebestanden i Fedavassdraget betraktes som utdødd, mens bestanden av sjørret er redusert (tabell 3.2.2). Både laks og sjørret vandret tidligere opp til Helvetesfossen nedstrøms Botnen.

**Tiltak.** I vassdragets øvre deler pågår to prosjekter med innsjø og bekkekalking: Mystevann/Fossdalsvann og Øysædvann. Fylkets prioritering: 5.

### 3.2.6 Sira

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i Siras nedbørfelt er sterkt berørt av sur nedbør. pH-verdiene varierer i området 4,5-5,0 i store deler av feltet (Haraldstad 1987).

#### Hydrologi.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Nedbørfelt. Totalt nedbørfelt, uregulert:                         | 1920 km <sup>2</sup>    |
| Totalt nedbørfelt, regulert<br>(inkl. Kvina ovenfor Homstølvann): | 2710 km <sup>2</sup>    |
| Årsavrenning.   | 1500-2200 mm.           |
| Vannføring ved Flikeid (Nedbørfelt 1858 km <sup>2</sup> ):        |                         |
| Middel avløp:   | 114 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:   | 160 m <sup>3</sup> /sek |
| Minste årlige avløp:  | 67 m <sup>3</sup> /sek  |

**Fiskestatus.** Laksebestanden i Sira betraktes i dag som utdødd. Det er imidlertid registrert en del laks i elva. Sannsynligvis er dette i hovedsak laks som stammer fra andre vassdrag og/eller rømt oppdrettslaks. Gytevandrende anadrom laksefisk stopper ved Logsfossen innerst i Nothølen (brakkvann). Dette medfører

rer at det sannsynligvis ikke er reproduksjonsmuligheter hverken for sjørret eller laks i hovedvassdraget i dag.

**Tiltak.** I vassdragets øvre deler pågår to kalkingsprosjekter (innsjø- og bekkekalking): Beinesvann/Svartevann/Sinnesvann og Rødetjødn/Jodalstjødn.

### 3.2.7 Otra

**Vannkjemi.** Av tabell 3.2.1 kan vi se at pH i Otravassdraget varierte fra 4,5-5,4 i 1987. Målte verdier for kalsium viste et gjennomsnitt på 1,1 mg/l. Det er registrert relativt høye verdier av labilt aluminium (74-91 µg/l) i vassdraget. Betydelig forurensning fra industri føres ut i Venneslafjorden. I tillegg slippes boligkloakk fra ca. 20 000 personekvivalenter ut i vassdraget. Dette påvirker vannkvaliteten i nedre del av Otra.

### Hydrologi.

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Nedbørfelt, hele vassdraget:                               | 3610 km <sup>2</sup>    |
| Årsavrenning:  | 900-1500 mm             |
| Vannføring ved Røyknes (Nedbørfelt 3531 km <sup>2</sup> ): |                         |
| Middel avløp:  | 149 m <sup>3</sup> /sek |
| Største årlige avløp:                                      | 195 "                   |
| Minste årlige avløp:                                       | 116 "                   |

**Fiskestatus.** Otra var tidligere lakse- og sjørretførende til Vigelandsfossen, en strekning på ca. 14 km. På midten av 80-tallet ble det flere år registrert ca 50 laks i nedre deler av elva. Den dårlige vannkvaliteten forhindrer imidlertid reproduksjon. Laksestammen er i dag utdødd, men det er fortsatt registrert en tynn sjørretbestand i sidebækker i nedre deler av elva (Haraldstad pers. medd.).

**Tiltak.** Et kalkingsprosjekt i vassdragets øvre nedslagsfelt pågår (innsjø-bekkekalking i Svanetjønn).

## 3.3 Rogaland

I Rogaland fylke er store områder i sør og enkelte områder i nord sterkt rammet av forsurening. DN's utvalgte truede vassdrag i Rogaland omfattes av: Sokndalselva, Hellelandselv, Lyseelv, Dirdalselva, Frafjordelva, Storelva, Nordelva, Bjerkreimselva, Ogna og Rødneelva.

### 3.3.1 Ogna

**Vannkjemi.** I de undersøkte lokalitetene i Ognavassdraget viste våren 1988 en gjennomsnittelig forsuringssindeks for evertebrater på 0,50. Dette var nær situasjonen på samme tidspunkt i 1987. Høstsituasjonen var imidlertid den beste som har vært registrert siden den vannbiologiske overvåkingen av vassdraget startet i 1983 (SFT 1989 upubl.). Av tabell 3.3.1 kan vi se en del utvalgte vannkjemiske data fra Ognavassdraget. Målte pH verdier varierte fra 5,2-6,6 med en middelvei på 5,9. Middelvei for Ca var målt til 1,6 mg/l med en maksimumsverdi på 2,5 mg/l. Middelvei for alkalinitet var 15 µeq/l. Tilsvarende verdi for konduktivitet var 50 µS/cm. Nabovassdraget Helgå er imidlertid svært surt og vannet aluminiumsrikt. Labile aluminiumsverdier fra dette vannet varierte mellom 345-360 µg/l (Skogheim et al. 1984).

**Hydrologi.** Vassdragets nedbørfelt er beregnet til 112 km<sup>2</sup> hvor 42 km<sup>2</sup> er tilført pga regulering. Årlig nedbørmengde er ca. 2000 mm. De øvre deler av vassdraget er preget av lite vegetasjon og en berggrunn bestående av anortositt. I dalbunnen er en god del intensivt jordbruk. Ovenfor utløpet fra

**Tabell 3.3.1** Vannkjemiske data fra utvalgte laksefiskførende vassdrag Rogaland fylke. Water quality parameters in some rivers in Rogaland county (Skogheim et al. 1984, Jonsson & Blakar 1988, SFT 1988, Nordland personal comm, Blakar personal comm.).

| Vassdrag       | pH  |     |     | Ca(mg/l) |     |     | LAI(µg/l) |     |     | Alk(µeq/l) |     |      | Kond(µS/cm) |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-----|-----|------------|-----|------|-------------|-----|-----|
|                | x   | Min | Max | x        | Min | Max | x         | Min | Max | x          | Min | Max  | x           | Min | Max |
| Sokndalselva   | 4,9 | 4,8 | 5,1 | 0,9      | 0,9 | 1,0 | -         | -   | -   | 0          | 0   | 0    | 43          | 40  | 48  |
| Hellelandselv  | 5,2 | 4,9 | 5,9 | -        | -   | -   | -         | -   | -   | 2          | 0   | 21   | 39          | 32  | 47  |
| Dirdalselva    | 5,4 | 4,9 | 6,0 | 0,8      | 0,4 | 1,4 | 43        | 2   | 103 | 1,6        | <1  | 9,8  | 23          | 16  | 34  |
| Frafjordelva   | 5,2 | 5,1 | 5,3 | 0,5      | 0,4 | 0,7 | -         | -   | -   | 2          | 0   | 4    | 23          | 17  | 31  |
| Stor/Nord-elva | 5,5 | 5,1 | 5,9 | -        | -   | -   | -         | -   | -   | 3          | 0   | 8    | 19          | 9   | 30  |
| Bjerkreimselva | 5,8 | 5,3 | 6,3 | 1,1      | 0,8 | 1,4 | 24,33     | 72  | -   | 6,3        | <1  | 21,8 | 35          | 31  | 43  |
| Ogna           | 5,9 | 5,2 | 6,6 | 1,6      | 0,2 | 2,5 | -         | -   | -   | 15         | 0   | 50   | 50          | 42  | 71  |
| Kraftst. Helgå | 4,7 | 4,6 | 4,8 | 0,7      | 0,6 | 1,6 | 345-360   | -   | -   | 0          | 0   | 0    | 49          | 43  | 56  |
| Rødneelva      | 5,5 | 5,0 | 6,1 | 0,8      | 0,5 | 1,4 | -         | -   | -   | 7          | 0   | 19   | 25          | 19  | 35  |



Hetland kraftstasjon er Ognas gjennomsnittelige vannføring målt til 4,2 m<sup>3</sup>/s (Skogheim et al. 1984).

Delfelter og avløp:

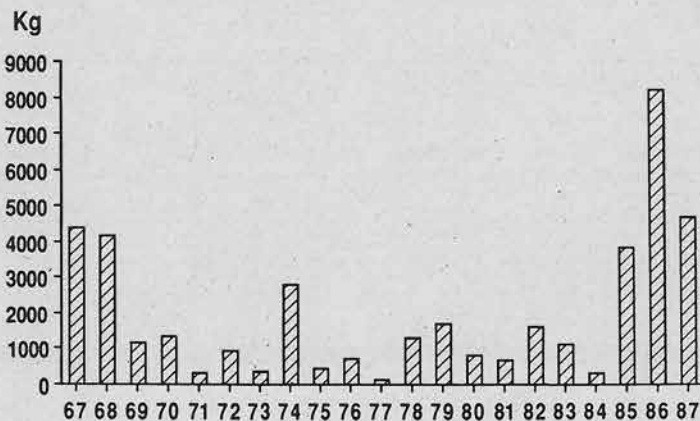
|                        |                    |                       |                            |     |
|------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|-----|
| Hagavann               | 16 km <sup>2</sup> | 0,9 m <sup>3</sup> /s | 28 mill m <sup>3</sup> /år |     |
| Helgå (kraftst-Hagav.) | 23 "               | 1,3 "                 | 41                         | --" |
| Ogna i Ognedal         | 24 "               | 1,3 "                 | 42                         | --" |
| Ogna (kraftst-Ognedal) | 46 "               | 2,6 "                 | 81                         | --" |
| Restfelt Ognaelv       | 8 "                | 0,4 "                 | 14                         | --" |

**Fiskestatus.** Laksebestanden i Ognavassdraget synes å være redusert (**tabell 3.3.2**). Ungfiskundersøkelser i vassdraget viser at tettheten av yngel og eldre lakseunger gikk markert ned fra 1987 til 1988. Situasjonen for de øverste delene av elva viste imidlertid en god rekruttering. Forholdene for ungfiskbestanden betraktes som ustabil og enkelte år kan den naturlige rekrutteringen slå helt feil (SFT 1988). Store årlige variasjoner i fangststatistikken tyder på det samme (**figur 3.3.1.1**). I nedre del av Ogna, hvor elva blir tilført surt og aluminiumsholdig vann via Hetland Kraftstasjon, kan det også forekomme episodisk fiskedød (Skogheim et al. 1984). I år er det også rapportert om episodisk fiskedød i vassdraget (Nordland pers. medd.). Ogna har en laksefiskførende strekning på ca. 30 km.

**Tabell 3.3.2** Laks- og sjørørret-status i utvalgte vassdrag i Rogaland fylke. Stocks of Atlantic salmon and anadromous trout in Rogaland county.

| VASSDRAG<br>RIVER | LAKS<br>SALMON |   |   |   | SJØRØRRET<br>ANADROMOUS TROUT |   |   |   |
|-------------------|----------------|---|---|---|-------------------------------|---|---|---|
|                   | D              | R | G | U | D                             | R | G | U |
| Sokndalselva      | X              |   |   |   |                               |   | X |   |
| Hellelandselv     | X              |   |   |   |                               |   | X |   |
| Lyseelv           |                |   |   | X |                               |   |   | X |
| Dirdalselva       | X              |   |   |   |                               | X |   |   |
| Frafjordelva      | X              |   |   |   |                               |   | X |   |
| Storelva (Sauda)  | X              |   |   |   |                               |   | X |   |
| Nordelva (Sauda)  | X              |   |   |   |                               |   | X |   |
| Bjerkreimselva    |                | X |   |   |                               |   | X |   |
| Ogna              |                | X |   |   |                               |   | X |   |
| Rødneelva         |                | X |   |   |                               |   | X |   |

D=Bestanden er utdødd (dead), R=redusert bestand er registrert (reduced), G=god bestand (good), U=ukjent (unknown).



**Figur 3.3.1.1**  
 Registrert fangst av laks i Ogna i perioden 1967 -1987. Official catch statistics for salmon in the river Ogna during the period 1967-1987.

**Tiltak.** For å unngå for stor prosentvis innblanding av surt og aluminiumsrikt vann fra Hetland kraftstasjon, er det inngått avtale med Jæren elverk om å ta hensyn til vannføringen i Ogna ved kjøring av kraftstasjonen. Miljøvernavdelingen i Rogaland har i år utarbeidet en vurdering om kalkingsmulighetene i Ogna (Enge 1989). Fylket gir vassdraget høyeste prioritet som truet vassdrag blant DN's utvalgte vassdrag. Ogna er registrert i genbanken med 11 laks.

### 3.3.2 Bjerkreimselva

**Vannkjemi.** I de undersøkte lokalitetene i Bjerkreimselva varierte pH mellom 5,3-6,3 med en middsverdi på 5,8 (tabell 3.3.1). Målte verdier for Ca viste et gjennomsnitt på 1,1 mg/l med et minimum på 0,8 mg/l. Middsverdien for labilt aluminium var 24 µg/l med en maksimumsverdi på 72 µg/l. Gjennomsnittelig alkalinitet og konduktivitet er målt til henholdsvis 6,3 meq/l og 35 µS/cm (tabell 3.3.1).

**Hydrologi.** Elvas nedbørfelt karakteriseres ved at den østre og største delen er svært sur (pH < 5,0), mens den vestre delen har bedre vannkvalitet.

Nedbørfelt: 708 km<sup>2</sup>  
Middelvannføring: 58 m<sup>3</sup>/s

**Fiskestatus.** Både laks- og sjørøretbestanden i Bjerkreimselva er redusert (tabell 3.3.2). Vassdragets østre del betraktes i dag som fisketom, mens den vestre delen er bedre og har naturlig reproduksjon av både laks og sjørøret i sidevassdragene. Ungfiskundersøkelser viser en lav tetthet av laks i hovedvassdraget, men bedre forekomster i sidebekker. I følge laksestatistikken har fangstutbyttet tatt seg noe opp de senere år (figur 3.3.2.1). Bjerkreimselva har en lakseførende strekning på ca. 30 km.

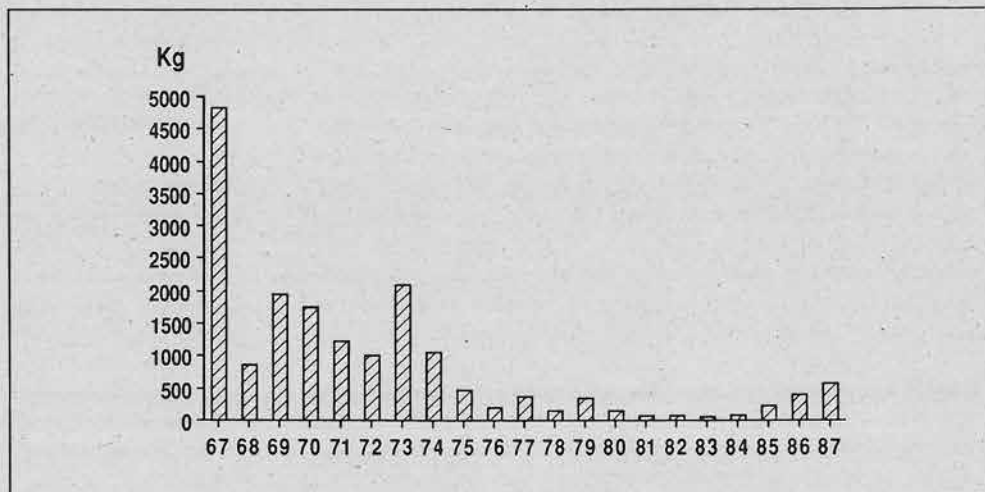
**Tiltak.** Bjerkreim elveeierlag og Bjerkreim JFF driver i dag et klekkeri ved Skjevelandselva, ovenfor Vikeså. Utsetting av laks har foregått siden 1950 med kortere avbrudd og i dag brukes det kun en stedegen stamme. Bjerkreimselva er registrert i genbanken med 25 laks. Vassdraget gis prioritet 2 av Rogaland fylke blant de utvalgte vassdrag.

### 3.3.3 Rødneelva

**Vannkjemi.** Rødneelva er preget av forsurening. Høsten 1988 var det målt en pH på 4,9 i hovedvassdraget (SFT 1989 upubl.). Sidevassdraget Fjellstølsbekken viste en bedre vannkvalitet med en pH på 5,8 på samme tidspunkt. Av tabell 3.3.1 kan vi se at middsverdien for hele vassdraget er målt til 5,5 med en minimumsverdi på 5,0 (tabell 3.3.1).

**Fiskestatus.** Rødneelva har en tynn bestand av lakseunger. Elfiske i september 1988 viste imidlertid en økning i tetthet i forhold til tidligere år. Eldre lakseunger ble påvist i et lite antall i hele vassdraget mens det var høyere tettheter i Fjellstølsbekken. Totalt sett var det en økning i antall lakseunger i elva i forhold til årene 1985 og 1987 (SFT 1988). I følge laksestatistikken har oppgitte fangster vært relativt stabile de siste årene (figur 3.3.3.1). Situasjonen for ørreten synes å være uendret i forhold til tidligere år. I 1989 er det gjennomført elfiske i forbindelse med overvåkingen av *Gyrodactylus salaris*. Det ble da funnet lakseunger både på naturlig lakseførende strekning og på utsettingslokaliteter lenger oppe i dalen. Lakseførende strekning er 2,5 km.

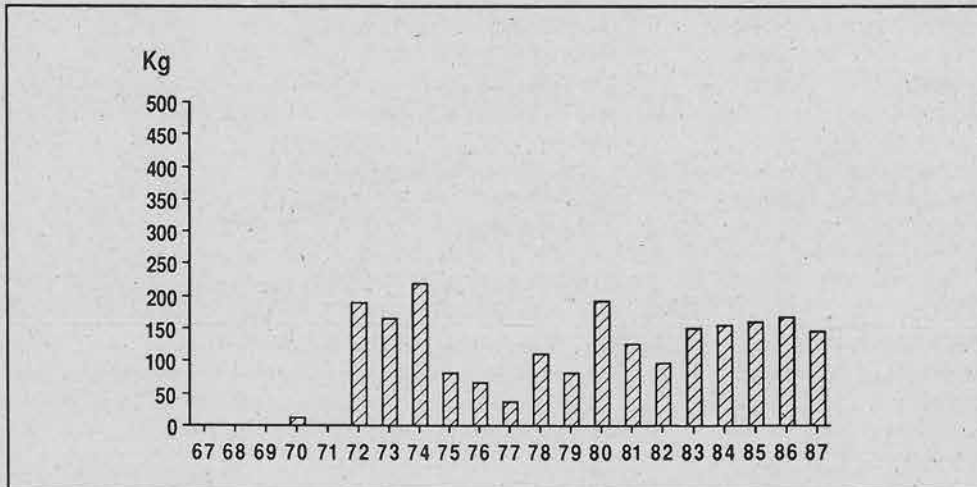
**Tiltak.** Genbanken har frosset ned sperm fra tre stedegne lakser. Fylket gir vassdraget prioritet 3 av de utvalgte vassdrag i Rogaland.



Figur 3.3.2.1

Registrert fangst av laks i Bjerkreimselva i perioden 1967-1987. - Official catch statistics for salmon in the river Bjerkreimselva.





**Figur 3.3.3.1**  
Registrert fangst av laks i Rødneelva i perioden 1967-1987. - Official catch statistics for salmon in the river Rødneelva.

### 3.3.4 Sokndalselva

**Vannkjemi.** Vannkvaliteten i Sokna er sterkt preget av sur nedbør, og de fleste høyereliggende vann er idag fisketomme (Enge 1988a). Bortsett fra Steinsvassdraget (sidevassdrag) er også selve hovedvassdraget sterkt forsursrammet. **Tabell 3.3.1** viser en middelerdi i pH på 4,9, mens de respektive minimums- og maksimumsverdier var henholdsvis 4,8 og 5,1. Tilsvarende verdier for kalsium viser en middelerdi på 0,9 mg/l og minimums- og maksimumsverdi på henholdsvis 0,9 og 1,0 mg/l.

**Hydrologi.** Sokndalsvassdraget er et typisk lavlandsvassdrag med begrenset snøakkumulering. I sideelva Barstadvassdraget er det ikke observert flomtopp i forbindelse med snøsmeltingen. Vannføringen avtar jevnt fra 1,5 x middelvannføring i desember til 0,5 x i juli (Enge 1988a).

**Fiskestatus.** Laksen i Sokndalselva betraktes i dag som utryddet. Ved elfiske utført i 1985 ble det ikke registrert ungfisk av laks (SFT 1986). Tilsvarende undersøkelse ble utført av Miljøvern avdelingen i Rogaland i 1988 med samme resultat. Det kommer fortsatt inn rapporter om fangst av laks i Sokndalselva (Nordland pers. medd.). Dette kan være rømt oppdrettslaks og/eller feilvandret laks. I år er det også funnet død kjønnsmoden laks på bunnen av kulper i elva. Sjørretbestanden trives imidlertid godt i vassdraget (**tabell 3.3.2**). Sokndalselva har en lakseførende strekning på ca. 16 km.

**Tiltak.** Fra og med 1989 er det startet opp kalking av de store innsjøene Eidsvatn, Steinsvatn og Mydlandsvatn som alle dreneres til det samme Soknavassdraget. Trolig vil kalkingsprosjektet også bli utvidet til å omfatte andre store innsjøer i

samme vassdrag (Nordland pers. medd.). I følge lokale beregninger vil denne kalkingen også medføre en markert forbedring av vannkvaliteten i den lakseførende strekning. Pr. idag foregår det ikke kultiveringsarbeid i elva. Vassdraget blir behandlet i verneplan IV. Som truet vassdrag blir Sokndalselva prioritert som nr. 4 av Rogaland fylke, men som nr. 1 blant de elvene som ikke har selvreproduserende laksestamme.

### 3.3.5 Frafjordelva

**Vannkjemi.** pH i vassdraget varierte fra 5,0-5,3 (**tabell 3.3.1**). Beregnede verdier for kalsium og alkalinitet viste et gjennomsnitt på henholdsvis 0,5 mg/l og 2,0  $\mu\text{eq/l}$ . Tilsvarende verdi for konduktivitet var 23  $\mu\text{S/cm}$ . Frafjordelva er sterkt sur, men tidligere målte aluminiumsverdier betraktes ikke som spesielt høye (RAL = 26-118  $\mu\text{g/l}$ ) (Hongve og Matzow 1984).

#### Hydrologi.

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Nedslagsfelt:            | 161 km <sup>2</sup>     |
| Nedbørfeltets avrenning: | 14,5 m <sup>3</sup> /s  |
| Årlig avrenning:         | 457 mill m <sup>3</sup> |
| Spesifikt avløp:         | 90 l/s pr. km           |

**Fiskestatus.** Laksen i Frafjordelva er utryddet. Tidligere yngelutsettinger har ikke gitt resultat, og det har ikke vært mulig å påvise ungfisk av laks i elva. Elfiske ble utført i 1985 (SFT 1986) og i 1987 (Nordland pers. medd.) uten at det ble gjort nevneverdige observasjoner av laks. I henhold til offisiell fangststatistikk har sjørretbestanden tatt seg noe opp i de senere årene. Frafjordelva har en lakseførende strekning på 2 km.

**Tiltak.** Stavanger og Rogaland JFF har i en årrekke drevet kultiveringsarbeid med utsettelse av yngel og settefisk av laks i elva. Til dette er det med dispensasjon delvis brukt stamfisk fra Figgjostammen. Stavanger og Rogaland JFF mener å ha registrert gjenfangster (finneklippet) av presmolt som settes ut i vassdragets brakkvannssone. På bakgrunn av dette vil genbanken fra i år forsøke å fryse ned laksesperm fra dette vassdraget. Stavanger og Rogaland JFF har arbeidet med planer om kalking og har hatt innledende møter med grunneierne. Miljøvernavdelingen i Rogaland har utarbeidet en vurdering om kalking av Frafjordelva (Enge 1988b). Fylket prioriterer vassdraget som nr 5 blant de utvalgte vassdragene, men som nr 2 blant truede vassdrag for sjørret. Frafjordelva inngår i verneplan IV.

### 3.3.6 Andre vurderte vassdrag i Rogaland

**Dirdalselva.** Vassdraget er regulert ved at de øvre og sureste delene av feltet er ledet bort. Dette har medført en forbedring av vannkvaliteten som kanskje kan gjøre det mulig for laksen å overleve. Ved elfiske utført av miljøvernavdelingen i år er det imidlertid ikke påvist ungfisk av laks. I år er det derimot for første gang på lang tid meldt om god oppgang av laks. Sira/Kvina kraftselskap har pålegg om årlig utsetting av 2000 sjørretsmolt. Det foregår ikke kultiveringsarbeid utover dette.

**Lyseelv.** Vassdraget er sterkt regulert. Årlig fangst av laks er i størrelsesorden 10 individ (Nordland pers. medd.). Det finnes ellers få opplysninger om vassdraget.

**Hellelandselv.** Vassdraget er regulert med dam ved utløpet av Øgreidvatn, samt magasiner oppe i nedbørfeltet. Laksen betraktes som utryddet. Helleland elveeierlag og Eigersund JFF driver kultiveringsarbeid på sjørret.

**Storelva og Nordelva** i Sauda. Begge disse elvene er sterkt berørt av kraftutbygging. Ved elfiske i 1979 ble det ikke funnet lakseunger i noen av elvene. Gjennomførte undersøkelser i 1985 gav samme resultat (SFT 1986). Genbanken vil i år allikevel forsøke å skaffe stedege laksesperm for nedfrysing. Sauda JFF driver kultiveringsarbeid på sjørret i begge elvene.

## 3.4 Hordaland

Generelt betraktes Hordaland som mindre rammet av forsuring enn de sørligere fylker. DN's utvalgte truede vassdrag i dette fylket er: Romarheimselva, Matreelva, Haugsdalselva, Frøysetelva, Modalselva, Austdøla, Norddøla, Anvikelv og Åkraelv.

### 3.4.1 Frøysetelva

**Vannkjemi.** Frøysetelva er kronisk sur med pH verdier fra 4,7-5,2. Våren 1989 ble det flere ganger målt pH verdier i nedbøren ned mot 3,7 (Vasshaug pers. medd.) (tabell 3.4.1).

**Hydrologi.** Frøysetelva kan periodevis ha store flommer. Som de fleste Vestlandsvassdrag er også Frøysetelva preget av mye forvittringsresistent berggrunn, stor fallgradient, men også en del jordbruk i dalbunnen.

Årlig middelavrenning: 125 mill m<sup>3</sup>  
Årlig middel nedbør: 3000 mm

**Fiskestatus.** Laksen døde ut allerede på 60-tallet. Det er fortsatt en god bestand av sjørret men den er sterkt truet av forsuring (3.4.2). Det ble registrert endel fiskedød i 1988 som antas å ha sammenheng med surt vann. Årlig fangst ligger nær ett tonn, men med store årlige variasjoner. Frøysetelva har en laksefiskførende strekning på 7 km.

**Tabell 3.4.1** Vannkjemiske data fra utvalgte laksefiskførende vassdrag i Hordaland fylke. Water quality parameters in some rivers in Hordaland county. (Lohne 1981, Vasshaug personal comm., Blakar personal comm.).

| Vassdrag       | pH      |     |     | Kond (µS/cm) |      |      | Alk(µeq/l) |     |     |
|----------------|---------|-----|-----|--------------|------|------|------------|-----|-----|
|                | x       | Min | Max | x            | Min  | Max  | x          | Min | Max |
| Romarheimselva | <5,0    | -   | -   | -            | -    | -    | -          | -   | -   |
| Matreelva      | 5,0-5,5 | -   | -   | -            | -    | -    | -          | -   | -   |
| Haugsdalselva  | 4,9     | 4,8 | 5,0 | 18,4         | 14,8 | 21,0 | 0          | 0   | 0   |
| Frøysetelva    | 4,7     | 3,7 | 5,2 | -            | -    | -    | -          | -   | -   |
| Modalselva     | 4,8-5,6 | -   | -   | -            | -    | -    | -          | -   | -   |

**Tabell 3.4.2** Laks- og sjørret-status i utvalgte vassdrag i Hordaland fylke. Stocks of Atlantic salmon and anadromous trout in some rivers in Hordaland county.

| VASSDRAG<br>RIVER | LAKS<br>SALMON |   |   | SJØRRET<br>ANADROMOUS TROUT |   |   |
|-------------------|----------------|---|---|-----------------------------|---|---|
|                   | D              | R | G | D                           | R | G |
| Romarheimselva    | X              |   |   | X                           | X |   |
| Matreelva         | X              |   |   |                             |   | X |
| Haugdalselva      | X              |   |   |                             |   | X |
| Frøysetelva       | X              |   |   |                             |   | X |
| Modalselva        | X              |   |   |                             |   | X |
| Austdøla          | X              | X |   |                             |   | X |
| Norddøla          | X              | X |   |                             |   | X |
| Anvikelv          | X              | X |   |                             |   | X |
| Åkraelv           | X              | X |   |                             |   | X |

D=bestanden er utdødd (dead), R=redusert bestand er registrert, (reduced) G=god bestand (good).

**Tiltak.** For å berge bestanden av innlandsørret i Ynnesdalsvatnet er kalking satt igang fra september i år. Vassdraget er varig vernet og prioriteres som nr. 1 fra fylkets side.

### 3.4.2 Haugdalselva

**Vannkjemi.** Analyserte vannprøver fra Haugdalselva viste pH-verdier i området 4,8-5,0, mens middelverdien for konduktivitet var 18 µS/cm (tabell 3.4.1).

**Hydrologi.** Haugdalselva er et regulert vassdrag. Ellers er Haugdalselva et typisk Vestlandsvassdrag preget av flomperioder. Vassdraget har en del jordbruk i dalbunnen. Før regulering var nedslagsfeltet 145 km<sup>2</sup>, mens det idag, etter regulering, er på 42 km<sup>2</sup>. Årsavrenninga fra restfeltet vil være ca. 150 mill m<sup>3</sup> (Vasshaug pers. medd.).

**Fiskestatus.** Ingen kjenner til at det har vært laks i elva tidligere. Haugdalselva har i dag en god stedefen sjørretstamme (tabell 3.4.2). Dette vassdraget har en laksefiskførende strekning på 2-3 km.

**Tiltak.** Haugdalselva er et regulert vassdrag. I sammenheng med reguleringen settes det derfor ut smolt av sjørret. Vassdraget vil trolig bli kalket fra 1990. Fylket prioriterer dette vassdraget som nr. 2 av de aktuelle truede vassdragene i fylket.

### 3.4.3 Romarheimselva

**Vannkjemi.** Romarheimselva er et kronisk surt vassdrag med pH verdier jevnt under 5,0.

**Hydrologi.** Romarheimselva er et typisk Vestlandsvassdrag med flommer i perioden april-juni, oktober-november og en del regnflommer i sommermånedene. Vassdraget har stor fallgradient og berggrunnen består av harde og forvittringsresistente gneisbergarter. Over 400 m.o.h. er det hovedsakelig bart berg, mens det i dalbunnen er blandingsskog av bjørk og furu og en del plantet gran.

Nedslagsfelt: 47,6 km<sup>2</sup>  
 Årlig avrenning: 150 mill m<sup>3</sup>

**Fiskestatus.** Det finnes ikke opplysninger om at det har vært noen laksestamme i Romarheimselva. Sjørretbestanden er liten og truet av surt vann. Trolig er det ikke sjørret i det hele tatt, kanskje bare innlandsørret (Vasshaug pers. medd.). Tidligere elfiske har vist svært lav tetthet av ørretyngel. Vann over 400 m.o.h. er fisketomme pga forsuring. Den laksefiskførende strekningen er ca. 6 km.

**Tiltak.** Det er aktuelt med kalking direkte i hovedvassdraget og i sidevassdrag fra 1990 (Vasshaug pers. medd.). Hordaland fylke prioriterer dette vassdraget som nr. 3 blant de utvalgte vassdrag.

### 3.4.4 Modalselva

**Vannkjemi.** Modalselva preges av kronisk surt vann med pH verdier varierende mellom 4,8-5,6 (tabell 3.4.1).

**Hydrologi.** Modalselva er som mange andre vassdrag på Vestlandet preget av stor fallgradient og berggrunn med



harde forvittringsresistente bergarter. I dalbunnen er det frodig vegetasjon og jordbruk. De typiske Vestlandsflommene er i dette vassdraget dels jevnet ut pga kraftutbygging. Dette har resultert i utjevnet sommervannføring og høy vintervannføring. Nedslagsfeltets årlige avrenning er ca. 700 mill. m<sup>3</sup> (Vasshaug pers. medd.).

**Fiskestatus.** Allerede på 70-tallet forsvant laksen pga forsuring. Før denne tiden forteller offisiell fangststatistikk om årsfangst av laks opp i mot ett tonn laks. Elfiske nylig foretatt viser at det ikke er lakseyngel i Modalselva. En del laks blir riktignok observert fortsatt, men dette er sannsynligvis feilvandring og/eller rømt oppdrettslaks. Sjørreten trives fortsatt i vassdraget, men bestanden betraktes som noe redusert (tabell 3.4.2). I Modalselva blir det årlig tatt ca. ett tonn sjørret (Vasshaug pers. medd.). Modalselva har en laksefiskførende strekning på 8 km.

**Tiltak.** Fordi vann fra vassdragets opprinnelige nedslagsfelt er ført over til et nabovassdrag, har vannkvaliteten i Modalselva blitt dårligere. Innbyggerne i dette dalføret tar drikkevann fra vassdraget. På bakgrunn av disse faktorene kan det være aktuelt å la regulanten betale deler av kalkingskostnadene. Et kalkings-prosjekt i dette vassdraget er under lokal utredning og betraktes som et kostbart prosjekt. For en del år tilbake bygde Modalen elve-eierlag, med støtte fra DN, et klekkeri med foringsanlegg. Her produseres sjørrettyngel for utsetting i vassdraget, mens laksemolt settes ut i elvemunningen. Fylket prioriterer dette vassdraget som nr. 4 blant de utvalgte truede vassdragene.

### 3.4.5 Matreelva

**Vannkjem.** Målte verdier av pH i Matreelva varierte fra 5,0-5,5 (tabell 3.4.1).

**Fiskestatus.** Elva er ikke lenger lakseførende, men har en bra bestand av sjørret. Laksefiskførende strekning er 4,5 km.

**Tiltak.** Dette vassdraget er sterk regulert med en minstevannføring på rundt 1 m<sup>3</sup>/s. Fordi vassdraget er så sterkt regulert mener fiskeriforvalter Vasshaug at denne elva har liten interesse i denne sammenheng. Fiskeridirektoratet har her en forsøksstasjon for laksefisk, som tar vann fra elva.

### 3.4.6 Andre vurderte vassdrag i Hordaland

**Austdøla og Norddøla.** Disse elvene renner sammen før de munner ut i sjøen. Vassdraget var tidligere lakseførende, men betraktes i dag som totalskadd på grunn av kraftutbygging. Når vannstanden tillater det, kan det bli fanget noe sjørret. Laksefiskførende strekning er på 2-3 km. Det blir satt ut noe sjørrettyngel i vassdraget fra Eidfjord klekkeri, men ellers er det ingen kultiveringstiltak.

**Andvikelv.** Denne elva var tidligere ei lita men god laks- og sjørretelva. Årlige fangster rundt 300 kg. var vanlig, og med rekordfangster opp imot 1,500 kg. I dag betraktes Andvikelva som nærmest fisketom pga slamforurensning fra et sandvasseri. Det finnes ikke idag vannkvalitetsmålinger i vassdraget.

**Åkraelva.** Vannkvaliteten i dette vassdraget er ikke kjent. Årlig avrenning er ca. 75 mill m<sup>3</sup>. Åkraelva blir betraktet som meget bratt og stri, med mye stor stein og en del høler. Ved elfiske i 1982 ble det påvist ungfisk både av laks og sjørret men tettheten var svært lav. Forløpig er det fra fylkets side ikke aktuelt med tiltak i dette vassdraget.

## 3.5 Nord-Trøndelag

### 3.5.1 Nord-Folda

**Vannkjem.** Det finnes få systematiske vannkjemiske prøver fra dette vassdraget. Tre tilfeldige prøver fra september 1988 viste pH verdier fra 6,0-6,3, alkalinitetsverdier fra 5-25 µekv/l. Verdiene for konduktivitet var også lav (< 15,0 µS/cm) (Langeland pers. medd.). Den sist målte vannkjemiverdien viste en middel pH på 5,8 og tilsvarende alkalinitet på 6 µeq/l (Blakar pers. medd.). Et settefisk-anlegg i vassdraget rapporterte en vinter om pH på 4,6 (Rikstad pers. medd.).

**Hydrologi.** Nedslagsfeltet er preget av "nakent" fjell. Vannmengdene i vassdraget har rask utskifting, og blir følgelig sterkt påvirket av nedbørens vannkjemiske sammensetning.

**Fiskestatus.** Innkludert de to ovenforliggende første og andre Aunevann har Nord-Folda vassdraget en laksefiskførende strekning på 8-10 km. Dette vassdraget hadde tidligere landets sørligste utbredelse av sjørøye. I de 3-4 siste årene har sjørøyebestanden gått sterkt tilbake, og i 1988 ble en "mulig" sjørøye fanget i Nord-Folda (Rikstad pers. medd.). I vassdragets første og andre Aunevann er bestanden overbefolket av smårøye. Det ble tidligere tatt stor laks i dette vassdraget, som opprinnelig også var et attraktivt fiskevassdrag blant utenlandske sportsfiskere. Bestanden av laks har i den senere tid vært meget ustabil. Ved elfiske i 1988 ble det rapportert om lite lakseunger. Laksebestanden var i 1988 redusert, men tok seg kraftig opp igjen i 1989. Sjørretbestanden er imidlertid god (Rikstad pers. medd.).

**Tiltak.** NINA driver i dag et forskningsprosjekt på røye i dette vassdraget. Genbanken fra DN vil i år prøve å fryse ned sperm fra stedefgen laksestamme. Et kommersielt settefiskanlegg er lokalisert ved vassdragets utløp og dette anlegget er avhengig av kontinuerlig kalking.

## 4 Tiltaks-strategier

### 4.1 Generelt

Effektive mottiltak har som målsetting å begrense eller stanse tilbakegangen i det forsurede/rammede vassdrag med bestander av anadrome laksefisk. Dette innbefatter tiltak som:

- Nøytralisering av surt vann i nedslagsfeltet, sidevassdrag og/eller hovedvassdrag.
- Systematisk utsetting av yngel og/eller smolt i selve vassdraget, refugier eller elvemunning.
- Nedfrysing av sperm.
- Opprettelse av klekkerier og/eller stamfiskstasjoner (levende genbank).

Kombinerte tiltak med to eller flere av ovennevnte strategier vil i flere tilfeller være den beste løsning. Hvilken strategi som velges må imidlertid tilpasses det enkelte vassdrag.

### 4.2 Nøytralisering av surt vann

Ved nøytralisering av surt vann er det anvendt flere metoder. Kort kan nevnes: natriumhydroksyd, soda, sjøvann og kalsiumkarbonat (Baalsrud 1985, Jenssen & Leivestad 1989). Kalsiumkarbonatets positive vannkjemiske og samtidige fysiologiske effekt er godt dokumentert (Baalsrud 1985, Rosseland et al. 1986, Jenssen & Leivestad 1989), og følgelig er dette nøytraliseringsmiddelet mest brukt.

Ved bruk av kalsiumkarbonat vil det ved en endring i pH i surt aluminiumsrikt vann oppstå kjemiske endringer i aluminiumets tilstandsformer (Johannessen & Skogheim 1985). De uorganiske monomere AL-formene  $AL^{3+}$ ,  $ALSO_4^+$ ,  $AL(OH)_2^+$ ,  $ALOH^{2+}$ ,  $ALF_2^+$  og  $ALF_2^+$  vil raskt gå over i en utfellingsfase som gir  $AL(OH)_3$  eller videre til et kompleks  $AL(OH)_4$  hvis pH blir høyere enn 6,5. Utfellingen av  $AL(OH)_3$  skjer delvis som en samfelling med humus og dels som en polymerisering. I tillegg kan også medfelling med andre komponenter som  $PO_4$ , Mn og Ca oppstå. Effektiv utfelling er bl.a. avhengig av kalsiumkarbonatets mengde og partikkel-størrelse, temperatur, organisk materiale/partikler, ionestyrke og turbulens. **Figur 2.1** viser den relative løseligheten av Al-hydroksyder ved forskjellig pH og to temperaturer (Poleo & Muniz 1989).

For å oppnå ønskede effekter i norske forsuringrammede vassdrag er ulike kalkingsteknikker utprøvd:

1) Utlekking av kalkstein og skjellsand direkte på bekk og/eller elvebunn. Denne metoden krever at store arealer dekkes med kalk. Episodiske flomperioder med høy vannføring for-

utsetter imidlertid rask etterfylling. Sannsynligvis har denne metoden størst effekt i mindre bekker med stor tverrprofil i forhold til vannmengden. Derfor er det mer naturlig å anvende denne metoden i kombinasjon med andre, eksempelvis ved biotopforbedrende gyteforhold i mindre sidevassdrag.

2) Kalksteins- og skjellsandsbrønner. Disse brønnene er i prinsippet bygd opp etter samme metode som kommersielle sandfilter. Vann ledes inn i bunnen av en "sylinder" som er fylt med knust kalkstein og skjellsand. En typisk norsk brønn etter dette prinsippet har en maksimum nøytraliseringskapasitet på 25 l/s (Johannessen 1985). Rent teknisk er det selvsagt mulig å bygge brønner med modifiseringer og større kapasitet. Pga den hurtige utvaskingen av de fine partiklene er imidlertid brønnenes største svakhet den raske nedgangen i effektivitet.

3) Kontinuerlig og partiell kalkdosering. Løselighetshastigheten på kalkpartikler øker med synkende partikkelstørrelse (Hindar 1985). Dosering av kalkslurry og finmalt mel synes derfor å være den mest effektive metode.

Moderne doseringsutstyr kan i dag avsyre inntil 100 m<sup>3</sup>/s. Avhengig av pH kan dette eksempelvis tilsvare et kalkforbruk på ca 0,5 kg/s eller i overkant av 40 tonn kalkmel/døgn. Rent teknisk er det ikke problem å øke kapasiteten ytterligere.

Kombinert med moderne overvåkingsteknologi (pH, ledningsevne, vannføring) og god kunnskap om det aktuelle vassdragets vannkjemiske- og hydrologiske sesongvariasjon, er det mulig å bruke doseringsanlegg begrenset til episodiske forsursingsperioder. Dette stiller imidlertid store krav til et pålitelig system som kan reagere raskt på fysiske og kjemiske endringer i vannmassene. Et riktig dimensjonert doseringsanlegg kan da raskt avsyre store vannmengder og lange elves trekninger.

Vikedalselva i Rogaland har tidligere vært utsatt for episodisk forsuring som periodevis har slått ut store deler av laksebestanden. Hesthagen (1989) påviste her en nær sammenheng mellom forsuring av vannet under vårfloppen og dødelighet av laks og sjørretunger. På bakgrunn av disse forhold ble det fra våren 1987 iverksatt partiell kalking av dette vassdraget. Pga svake årsklasser av gytefisk er det idag kanskje tidlig å forvente store endringer. Foreløpige resultater tyder imidlertid på at kalkingstiltakene har en klart positiv målbar effekt på overlevelsen av ungfisk (Larsen & Hesthagen 1989).

I lakseførende elver som kalkes vil det imidlertid ofte være sure og aluminiumsrike tilførselsbekker nedstrøms kalkdoseringspunktet. Der hvor slik vannstrøm møtes kan det oppstå blandingssoner mellom ulike vannkvaliteter. Nyere undersøkelser i vassdraget Audna tyder på at aluminiumets fellings-



og løselighetskinetikk i blandingssoner vil medføre kjemiske reaksjonskjeder som er svært giftige for fisk (Rosseland et al. 1989). Dette har betydning for vurdering av doseringsstrategi i de enkelte vassdrag.

### 4.3 Systematisk utsetting av yngel og/eller smolt

i forsuringstruede/rammede laksefiskførende vassdrag er kultiveringstiltak med utsettelse av yngel og/eller smolt aktuelle virkemidler. Slike tiltak kan settes inn der hvor den stedegne stammen er helt tapt, i elver som er sterkt truet, eller i vassdrag som kalkes.

I vassdrag hvor den stedegne stammen er tapt, vil vannet ofte være av en slik kvalitet at utsetting av yngel og/eller smolt i selve elva er lite hensiktsmessig. Selv moderate mengder aluminium forstyrrer fiskens smoltifiseringsprosess og sjøvannstoleranse ( $AlCl_3$  50  $\mu g/l$ , Blix et al. 1985; LAI 20-30  $\mu g$ ; Jenssen og Leivestad 1989). Dette kan unngås ved å sette ut oppdrettet smolt direkte i elvemunningens brakkvannssone. Effektiviteten av homing vil riktignok bli redusert. Allerede på begynnelsen av 80-tallet ble det imidlertid påvist gjenfangst av merket laks satt ut som smolt i elvemunningene Mandal-selva og Moisaåna (Hansen 1982).

### 4.4 Genbank

Fiskekontoret ved DN opprettet i 1986 en "genbank" for å ta vare på truede vassdrags naturlige genpool. Dette skjer ved nedfrysing av laksesperm etter beskrivelser av Stoss (1983). I flere forsuringstruede vassdrag er det allerede samlet inn sperm av laks. Blant DN's utvalgte truede vassdrag gjelder dette Ogna, Bjerkreimselva og Rødneelva alle i Rogaland. I tillegg vil Nord-Folda i Nord-Trøndelag bli registrert fra i år. Foreløpig omfatter arbeidet laks. Truede stedegne stammer av andre arter bør også bli innkludert.

### 4.5 Kombinerte tiltak

I et truet vassdrag vil en kombinasjon av flere tiltak ofte være den beste løsning.

"Genbanken" ved DN har foreslått å opprette yngelrefugier i avgrensede områder i enkelte sure vassdrag (Gausen pers. medd.). Kalkingstiltak kan på denne måten begrenses til deler (oppvekstområder) av det truede vassdraget. Her kan man da systematisk sette ut yngel. Ved smoltifisering kan denne fisken fanges tilbake for så å bli foret opp til kjønnsmoden alder i et stamfiskanlegg. På denne måten blir vassdragets stedegne genpool ivaretatt.

Slike refugier kan også tenkes plassert i nærheten av elvemunningen. Gunstige sidevassdrag kan i denne sammenheng være gode alternativ. Hvis disse ligger plassert i nærheten av hovedvassdragets utløp, kan også naturlig gytevandring oppnås.

Utsettelse av smolt langt opp i sure vassdrag har liten eller ingen hensikt. Ved å fullkalke den lakseførende strekningen, vil systematisk utsetting i selve vassdraget øke effektiviteten av homing, og den lokale genpoolen sikres ved naturlig formering (Staurnes et al. 1989).

## 5 Diskusjon

I den grad vannkjemisk informasjon foreligger viser minimumsverdiene for pH og kalsium og maksimumsverdiene for labilt aluminium vannkjemiske tilstander som i perioder er dødelig for anadrom laksefisk. Korte perioder med episodisk forsurening i flomperioder er tilstrekkelig for å slå ut store mengder fisk i de mest sensitive utviklingstrinn (plommesekk, smoltifisering og gytefisk). Verdier av pH fra 6,1-6,6, et innhold av Ca over 1,5-2,0 og et labilt aluminiumsinnhold lavere enn 20-30 µg/l er nødvendig for å skape tilfredsstillende levetilstander for anadrom laksefisk. Følgelig må situasjonen generelt betraktes som kritisk i samtlige truede vassdrag.

Blant de vurderte truede vassdragene er det fire vassdrag som med sikkerhet har to anadrome arter (laks og sjørret). Dette er Ogna, Bjerkreimselva, Rødneelva alle i Rogaland og Nord-Folda i Nord-Trøndelag.

Vannkvaliteten i Ogna, Bjerkreimselva og Rødneelva er ikke tilfredsstillende, og fangststatistikken de 20 siste år viser svært variable fangster (figur 3.3.1.1, 3.3.2.1 og 3.3.3.1). Ogna blir prioritert høyest av Rogaland fylke blant truede vassdrag. Miljøvernveddelingen har her allerede vurdert en aktuell kalkingsstrategi. Tilkomsveier og anbefalt plassering av doseringsanlegg er vist i vedlegg 1.

Bjerkreimselva er preget av et forsuret hovedvassdrag. På slutten av 60-tallet hadde dette vassdraget rekordfangster av laks i underkant av 5 tonn, mens perioden 1980-1987 hadde et årlig gjennomsnitt på ca 200 kg. Lakseførende strekning er 30 km. Disse forhold understreker et betydelig potensiale i dette vassdraget. I dag er de vestlige sidevassdragene de beste oppvekstområdene for laks. Dette indikerer at eventuell kalkdosering bør rettes inn mot sidevassdrag i øst eller i selve hovedvassdraget. Da vassdragets middelvannføring er relativt stor (ca. 58 m<sup>3</sup>/s), og noen tilkomstveier må utbedres, betraktes dette som et utfordrende prosjekt. Mulighetene for partiell kalking er imidlertid tilstede og prosjektet bør ut fra biologiske og vannkjemiske hensyn gis prioritet.

Rødneelva er et relativt lite vassdrag med lav middelvannføring. Det er bra med tilkomstveier til elva i nærheten av egnede stryk med god turbulens. Plassering av tørrdoseringsanlegg byr derfor ikke på nevneverdige problemer.

Nord-Folda i Nord-Trøndelag er også et forsuret vassdrag. Bestanden av laks har de siste årene vært meget ustabil. Elva var tidligere et unikt vassdrag med landets sørligste utbredelse av sjørøye. De 3-4 siste årene har imidlertid sjørøyebestanden gått sterkt tilbake. I dag er vassdragets øvre deler overbefolket av stasjonær smårøye. Blix et al. (1986) fant at selv moderate mengder aluminium ved pH 5,0 tilbakesetter

laksens fysiologiske smoltifisering og sjøvannstoleranse. Hvis sjørøya har tilsvarende reaksjonsmekanisme, er det teoretisk mulig at forsureningen kan forskyve sjørøya mot stasjonære former. Hvis dette er tilfelle kan vassdragets opprinnelige genpool være intakt. Disse forhold bør undersøkes nærmere.

Vassdragene Austdøla/Norddøla, Andvikelv, Åkraelv og Lyseelv kan fortsatt ha stedegne laksestammer i tillegg til sjørret. Austdøla/Norddøla er sterkt regulert, og disse vassdragene gis liten prioritet fra fylkets side. Andvikelva var tidligere et godt fiskevassdrag som nå er alvorlig truet av forurensning fra et sandvaskeri. Eventuelle tiltak i dette vassdraget bør i første omgang ta sikte på å redusere/fjerne slamforurensningen. Hvorvidt Åkraelva og Lyseelva har en stedegen laksestamme er usikkert. Det er nødvendig med utvidet vannkjemisk og fiskeribiologisk overvåking i disse to vassdragene.

Randsoneområdet for forsuret sjørretbestander ligger hovedsakelig i Agderfylkene. Her er alle de stedegne laksestammene slått ut. Vassdragene har fortsatt sjørretbestander, men disse er redusert og truet av episodisk forsurening. De sjørret vassdrag som sterkest peker seg ut er: Tovdalselva, Lygna, Sogndalselva og Mandalselva.

Vannkjemiske minimumsverdier for Tovdalselva, Lygna, Sogndalselva og Mandalselva viser pH-verdier < 4,7. Maksimumsverdier for labilt aluminium varierer fra 140-160 µg/l. Å vurdere situasjonen i disse vassdragene basert på tilgjengelig fangststatistikk er svært vanskelig. En generell oppfatning er at denne statistikken er mangelfull for sjørret. Mandalselva hadde imidlertid i årene 1985-1987 en gjennomsnittelig fangst av sjørret > 1 tonn. Før forsureningen hadde elvene Tovdalselva, Mandalselva, Lygna og Sogndalselva lakseførende strekninger på henholdsvis 25, 45, 19 og 30 km. Dette understreker et stort potensiale i disse elvene. Alle disse vassdragene prioriteres høyt i de respektive fylker. Til tross for relativt høy middelvannføring i enkelte av disse elvene vil dagens teknologi muliggjøre partielle kalkingstiltak. Kalkdosering i disse vassdragene bør følges opp med systematisk utsetting av lakse-smolt/ungel.

Flere sjørretvassdrag i Rogaland og Hordaland er også truet av episodisk forsurening. De to sjørretvassdragene som de to respektive fylkene prioriterer høyest er: Sokndalselva og Frøfjordelva i Rogaland og Frøysetelva og Haugsdalselva i Hordaland.

Under arbeidet med denne utredningen er det kommet inn meldinger om flere forsuret vassdrag med lakseførende vassdrag. Dette er Salsvassdraget i Nord-Trøndelag, Nausta i Sogn og Fjordane, Eikefetvassdraget og Hopsvassdraget i Hordaland og Suldalslågen i Rogaland. Nederst i Suldalslågen er det registrert pH-verdier ned til 5,2 (Blakar pers. medd.).

## 6 Konklusjon

Vassdragene Ogna, Bjerkreimselva og Rødneelva er lakseførende og vannkjemisk truet av en slik karakter at alle bør gis høy prioritet.

Randsoneområdet for forsurede sjørretbestander er hovedsakelig i Agderfylkene. Vassdragene Tovdalselva, Mandalselva, Lygna og Sogndalselva prioriteres høyt av de respektive fylker. Ved kalkingstiltak kan disse elvene også bli lakseførende.

En faglig forsvarlig vurdering av forsuringssituasjonen i flere truede vassdrag forutsetter en utvidet vannkjemisk og biologisk overvåking. Både den vannkjemiske og biologiske informasjonen i flere av vassdragene er svært begrenset. Å vurdere situasjonen på bakgrunn av enkelte av disse data grenser til faglig uforsvarlighet. Dette gjelder spesielt den mangelfulle vannkjemiske og biologiske kunnskapen om truede vassdrag i Hordaland fylke.

Fysiologiske effekter av aluminiumsfraksjonen  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  ved  $\text{pH} > 6,8$  og toksiske effekter i blandingssoner mellom ulike vannkvaliteter er lite undersøkt. Kunnskap om dette har stor betydning ved vurdering av kalking.

## 7 Sammendrag

Denne utredningen gir en oversikt over forsurede anadrome laksefiskbestander og aktuelle tiltak i fylkene Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland og Nord-Trøndelag.

Et truet vassdrag er i denne sammenheng et vassdrag med anadrome laksefiskbestander som er truet med utryddelse på grunn av forsurede. Med forsurede menes en observert vannkjemisk forsurede, eller endring i surhetsgrad som er til skade for den anadrome laksefiskbestand.

Effektive tiltak har som målsetting å begrense eller stanse tilbakegangen i det forsurede/rammede vassdrag med bestander av anadrom laksefisk. Dette innbefatter tiltak som:

- Nøytralisering av surt vann i nedslagsfeltet, sidevassdrag og/eller hovedvassdrag.
- Systematisk utsetting av yngel og/eller smolt i selve vassdraget, refugier eller elvemunning.
- Nedfrysing av sperm.
- Opprettelse av klekkerier og/eller stamfiskstasjoner (levende genbank).

Kombinerte tiltak med to eller flere av ovennevnte strategier vil i flere tilfeller være den beste løsning. Hvilken strategi som velges må imidlertid tilpasses det enkelte vassdrag.

Generelt i de forsurede vassdrag er det observert vannkjemiske tilstander som periodevis er dødelig for anadrom laksefisk. Verdier av  $\text{pH}$  fra 6,1-6,6, et innhold av  $\text{Ca}$  over 1,5-2,0 mg/l og et labilt aluminiumsinnhold lavere enn 20-30  $\mu\text{g/l}$  er nødvendig for å skape tilfredsstillende leveforhold for laks og sjørret.

Blant de truede vassdrag er det fire vassdrag som med sikkerhet har to anadrome arter (laks og sjørret). Dette er Ogna, Bjerkreimselva og Rødneelva - alle i Rogaland og Nord-Folda i Nord-Trøndelag. Kalking i lakseelvene Ogna, Bjerkreimselva og Rødneelva er anbefalt. Dette vil begrense ytterligere nedgang av de lokale bestander.

Randsoneområdet for forsurede bestander av sjørret ligger hovedsakelig i Agderfylkene. Anbefalt kalking i elvene Tovdalselva, Mandalselva, Lygna og Sogndalselva bør kombineres med systematisk utsetting av lakseyngel og/eller smolt.



## 8 Summary

This report describes some acidified or episodic acidified salmon rivers and mitigation methods.

The aim of mitigation methods is to ameliorate or stop the decline of Atlantic salmon and anadromous trout in acidified or periodic acidified rivers. By this definition mitigation methods includes:

- Neutralization of acidic water.
- Stocking of parr and/or smolts.
- Cryopreservation of fish sperm.
- Keeping threatened stocks in captivity. These stocks can be used as broodstock for future generations.

A systematic combination of these strategies will give the best results.

The levels of acidification for all rivers analyzed in this report are considered as critical. To make an acceptable living situation for species of Atlantic salmonids, a level of pH from 6.1-6.6, a content of Ca from 1.5-2.0 mg/l or more and a level of LAI below 20-30 µg/l is necessary.

The rivers Ogna, Bjerkreimselva and Rødneelva in Rogaland county have stocks of both Atlantic salmon and anadromous trout which are threatened by episodic acidification. Liming of these rivers will minimize further decline of salmonids.

In Vest-Agder and Aust-Agder counties the rivers Tovdalselva, Mandalselva, Lygna and Sogndalselva are threatened by acidification. Liming of these rivers should be combined with stocking of salmon smolts.

## 9 Litteratur

- Blix, P., Staurnes, M. & Reite, O.B. 1986. Surt vann og aluminium. Effekt på smoltifisering og sjøvannstoleranse hos laks. - Norsk Fiskeoppdrett 11: 74-77.
- Dahl, K. 1926. Vandets surhetsgrad og dens virkninger paa ørret yngel. - Tidsskr. norske landbr. 33: 232-242.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet og på fiskebestanden. - Jeger og fisker 3: 116-118.
- Dickson, W.T. 1978. Some effects of the acidification of Swedish lakes. - Ver.int. Verein.theor.angew. Limnol 20: 851-856.
- Enge, E. 1988a. Kalking av Sokna, Sokndal kommune, Rogaland. Fylkesmannen i Rogaland. Miljøvernnavdelingen. Notat: 15 s.
- Enge, E. 1988b. Kalking av Frafjordelven, Gjesdalen kommune, Rogaland. - Fylkesmannen i Rogaland. Miljøvernnavdelingen. Notat: 7 s.
- Enge, E. 1989. Kalking av Ogna. - Fylkesmannen i Rogaland. Miljøvernnavdelingen. Notat: 6 s.
- Hansen, L.P. 1982. Gjenfangster av merket laksesmolt *Salmo salar* utsatt i to sure elver på Sørlandet. - Fauna 35: 145-149.
- Haraldstad, Ø. 1987. Vassdragsområder og kalkingsprosjekter i Vest-Agder. - Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernnavdelingen. Rapport 3/87: 104 s.
- Hesthagen, T. 1986. Fish kills of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in an acidified river of SW Norway. - Water, Air and Soil Pollut. 30: 619-628.
- Hesthagen, T. 1989. Episodic fish kills in an acidified salmon river in Southwestern Norway. - Fisheries 3: 10-17.
- Hesthagen, T & Hansen, L.P. 1989. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway due to acidification. - I manus. Innsendt for publisering.
- Hesthagen, T & Larsen, B.M. 1987. Acidification and Atlantic salmon in Norway. - ICES, C.M./M:28: 1-19.
- Hesthagen, T., Berger, H.M., Larsen, B.M., Hansen, L.P., Blakar, I., Sevaldrud, I.H., Enge, E., Fjeld, E., Hegge, O., Strand, R. & Tysse, O. 1989. The effects of acid precipitation on freshwater fish in Norway. - I Longhurst, J.W.S., red. Acid deposition. Sources, effects and controls. British library, science reference and information service and technical communications: 117-141.
- Hindar, A. 1985. Kalking som mottiltak. - I Baalsrud, K., red. Kalking av surt vann. Kalkingsprosjektets sluttrapport 1985: 23-40.
- Jenssen, E. & Leivestad, H. 1989. Surt vann og smoltproduksjon. - Sluttrapport fra vannbehandlingsprosjektet. Salar/BP: 96 s.
- Johannessen, M. & Skogheim, O.K. 1985. Vannkjemiske effekter ved kalking. - I Baalsrud, K., red. Kalking av surt vann. Kalkingsprosjektets sluttrapport 1985: 57-79.
- Jonsson, N. & Blakar, I.A. 1988. Kjemisk overvåkning av norske vassdrag. - Fiskeforskningen, DN, Rapport nr. 3: 72 s.



- sen, M.B. & Hesthagen, T. 1989. Biologisk overvåking i Vikedalselva i forbindelse med kalking. - Fiskeribiologiske undersøkelser. Årsrapport 1988: 14 s.
- vestad, H. & Muniz, I.P. 1976. Fish kill at low pH in a Norwegian river. - Nature 159: 391-392.
- ne, T. 1981. Vannkvalitet ved akvakulturstasjonen i Matre. - Norsk Fiskeoppdrett 7/8: 11-13.
- rdland, J. 1983. Ferskvassfiskeressursane i Hordaland. Hordaland fylkeskommune. - Direktoratet for vilt og ferskvassfiske, Fylkesmannen i Hordaland: 272 s.
- leo, A.B.S. & Muniz, I.P. 1989. Virkninger av temperatur på giftigheten av vannløselige aluminiumsforbindelser. - I Jenssen & Leivestad red. Surt vann og smoltproduksjon. Sluttrapport fra vannbehandlingsprosjektet Salar/BP: 64-67.
- senqvist, T.I. 1986. Importance of biochemical processes and weathering for Norwegian streamwater chemistry. - Universitetet i Oslo. Notat: 14 s.
- sseland, B.O. 1989. Kalking av surt vann. Kalking av rennende vann. Vurdering av toleransegrenser for laks og sjørret ved driftsstans av doseringsanlegg. - NIVA Rapport 5/89: 14 s.
- sseland, B.O. & Skogheim, O.K. 1984. A comparative study on salmonid fish species in acid aluminium-rich water. 2. Physiological stress and mortality of one- and two-year-old fish. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 61: 185-194.
- sseland, B.O., Skogheim, O.K., Abrahamsen, H. & Matzow, D. 1986. Limestone slurry reduces physiological stress and increases survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in an acidic Norwegian river. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1888-1893.
- sseland, B.O., Blakar, I. & Salbu, B. 1989. Endringer i aluminiums tilstandsform i blandingssoner med kalket og surt vann og virkninger på laks. Fiskeforsøk i Audna juni 1989. Norsk Institutt for Vannforskning, Norsk Institutt for Naturforskning og Isotoplaboratoriet (NLH). - Notat 89042: 7 s.
1986. 1000 sjøers-undersøkelsen, fiskestatus. Statens forurensningstilsyn. Statlig program for forurensningsovervåking. - Rapport 313/88: 35 s.
1986. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Statens forurensningstilsyn. Statlig program for forurensningsovervåking. Årsrapport 1985. - Rapport 256/86.
1987. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Statens forurensningstilsyn. Statlig program for forurensningsovervåking. Årsrapport 1986. - Rapport 296/87.
1988. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Statens forurensningstilsyn. Statlig program for forurensningsovervåking. Årsrapport 1987. - Rapport 333/88.
- ogheim, O.K. & Rosseland B.O. 1984. A comparative study on salmonid fish species in acid aluminium-rich water. 1. Mortality of eggs and alevins. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 61: 177-185.
- Skogheim, O.K., Rosseland, B.O. & Sevaldrud, I.H. 1984. Deaths of spawners of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in river Ognå, SW Norway, caused by acidified aluminium-rich water. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 61: 195-202.
- Staurnes, M., Sigholt, T. & Reite, O.B. 1984. Reduced carbonic anhydrase and Na-K-ATPase activity in gills of salmonids exposed to aluminium containing acid water. - Experimentia: 40. 226-227.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1989. The release of Atlantic salmon smolts in an acid and a limed river, preliminary results of physiological status and survival. - ICES. Study group on acid rain. Working paper 1989.
- Stoss, J. 1983. Fish gamete preservation and spermatozoan physiology. - I Hoar & Randall red. Fish Physiology IXB. Academic Press: 305-350.
- Sunde, S.E. 1926. Surt vand dræper laks- og ørretyngel.- Norges Jæger- og Fiskeforb. tidsskrft. 55: 1-4.

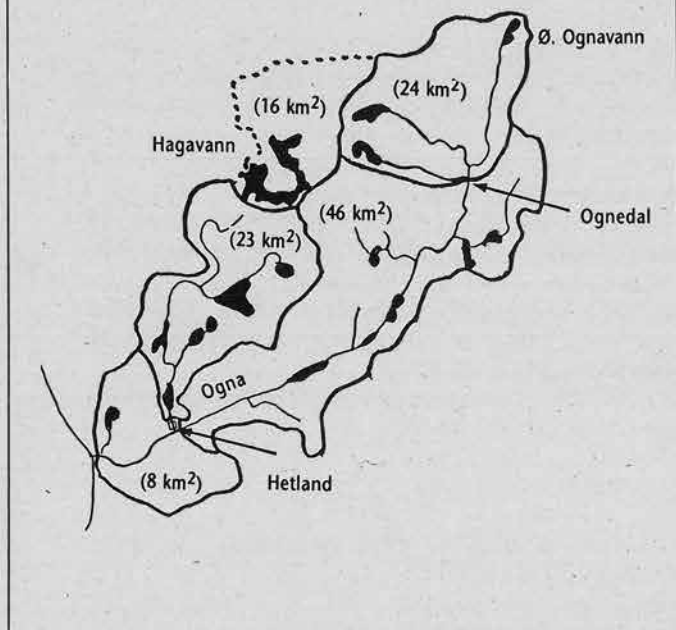
Kilder som ikke er referert.

Berganutvalget. 1980. Fiske etter innlandsfisk. Spørreskjemaundersøkelse. Ikke publisert.

SFT 1989. Årsrapport 1988. Ikke publisert.

**Vedlegg 1**

Oversikt over Ognavassdraget med anbefalt plassering av kalkdosere (piler). - Map from river Ogna. Arrows indicate recommended places of liming (From Enge 1989).



0 10

nina  
utredning

ISSN 0802-3107  
ISBN 82-426-0055-4

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tel. (07)-913020 580500