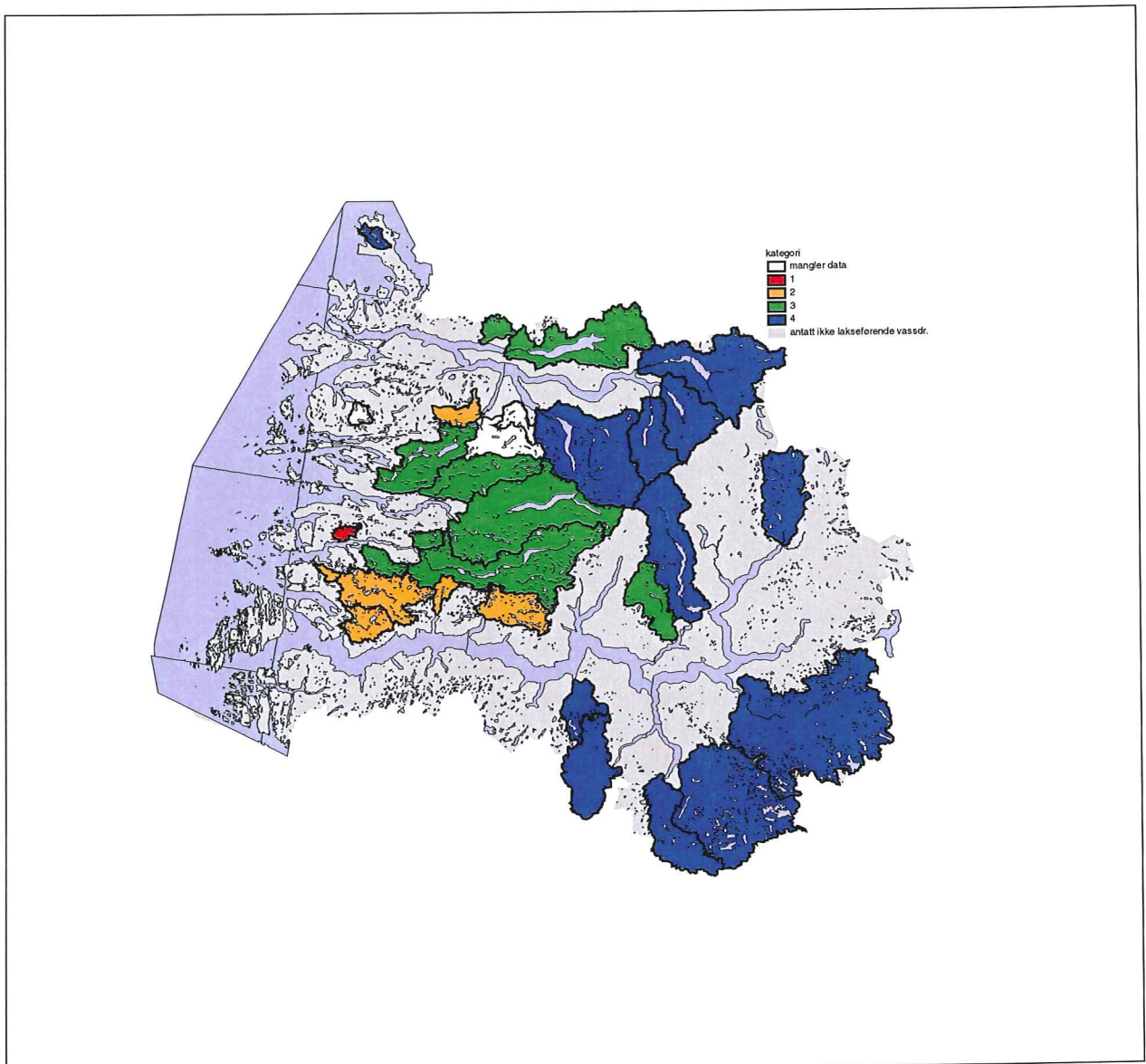




RAPPORT LNR 4661-2003

# Øversikt over potensielt forsuringsbelastede laksebestander i Sogn og Fjordane



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

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

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

Vestlandsavdelingen  
Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

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

Tittel Oversikt over potensielt forsursbelastede laksebestander i Sogn og Fjordane	Løpenr. (for bestilling) 4661-2003	Dato 18.03.2003
	Prosjektnr. Undernr. O-21196	Sider Pris 39
Forfatter(e) Larssen, Thorjørn Kroglund, Frode Traaen, Tor	Fagområde Forsuring	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Miljøvernavdelinga, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane	Oppdragsreferanse Kontrakt 01040082
---	--

**Sammendrag**

Alle tilgjengelige vannkjemiske data fra alle antatt lakseførende vassdrag i Sogn og Fjordane er sammenstilt for å vurdere i hvilken grad laksebestandene kan være påvirket av forsuring. Basert på et sett med vannkjemiske kriterier for laksebestander er vassdragene gruppert i fire kategorier: laksebestanden upåvirket av forsuring (kategori 4), mulig påvirket (kategori 3) sannsynlig påvirket (kategori 2) og utdødd (kategori 1). Siden datagrunnlaget for evalueringen er svært forskjellig fra elv til elv er det også gjort en klassifisering av egnetheten av de tilgjengelige data. Gjennomgangen av vannkjemidata fra fylket antyder at forsuring kan ha bidratt til å svekke laksebestander i vassdrag særlig i ytre deler av fylket, spesielt i Sunnfjord, men også i ytre/midtre Sogn og enkelte mindre vassdrag i Nordfjord. I områder med naturlig marginal vannkvalitet har forholdene under spesielle episoder, særlig under kraftig storm med stort nedfall av sjøsalter vist seg å spille en vesentlig rolle. Vannkvaliteten kan være akseptabel under normale forhold, men kan bli episodisk toksisk for laks. En tilfeldig innsamlet vannprøve, eller en prøve samlet inn for annet formål, kan derfor være lite informativ eller til og med misvisende.

Fire norske emneord 1. Laks 2. Forsuring 3. Sogn og Fjordane 4. Datasammenstilling	Fire engelske emneord 1. Salmon 2. Acidification 3. Sogn og Fjordane 4. Data assembly
--	---

  
Thorjørn Larssen  
Prosjektleder

  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4326-7

  
Nils Roar Scelthun  
Forskningsdirektør

# **Oversikt over potensielt forsøringsbelastede laksebestander i Sogn og Fjordane**

## Forord

Arbeidet presentert i denne rapporten ble initiert på et møte i regi av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane 30.10.2001 med deltagere fra Fylkesmennene i Sogn og Fjordane og Hordaland, Direktoratet for naturforvaltning (DN), Rådgivende biologer (RB) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Tor Traaen har stått for den elvevise gjennomgangen. Frode Kroglund har sammenstilt data, skrevet om kriterier og valget av kategorier samt utarbeidet tabellene med kategorier. Jarle Håvardstun har utarbeidet alle kartene. Thorjörn Larssen har vært prosjektleder.

Kontaktperson hos DN har vært Roy Langåker. Kontaktpersoner hos Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har vært Merete Farstad, Bård Ottesen og Eyvin Sølsnes.

Oslo, februar 2003

*Thorjörn Larssen*



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>9</b>
1.1 Nedfall av forsurende komponenter i Sogn og Fjordane	9
1.2 Kjemiske kriterier for vannkvalitet og egnethet for laks	9
<b>2. Vannkvalitet i elver</b>	<b>12</b>
<b>3. Vannkvalitet i innsjøer</b>	<b>17</b>
3.1 Tilgjengelige data	17
3.2 Innsjøer – kart	19
<b>4. Oppsummering</b>	<b>23</b>
<b>Referanser</b>	<b>24</b>
<b>Vedlegg A. Enkeltvis vurdering av utvalgte elver</b>	<b>26</b>
Bøelva	27
Daleelva / Høyangervassdraget	28
Eidselva	29
Flekkelva /Guddalsvassdraget	30
Gaula	31
Hopselva	32
Jølstra	33
Kvamselva	34
Lona	35
Nausta	36
Osenvassdraget	37
Rivedalselva	38
Ytredalselva	39



## Sammendrag

Alle tilgjengelige vannkjemiske data fra alle antatt lakseførende vassdrag i Sogn og Fjordane er sammenstilt for å vurdere i hvilken grad laksebestandene kan være påvirket av forsurening. Basert på et sett med vannkjemiske kriterier for laksebestander er vassdragene gruppert i fire kategorier: laksebestanden upåvirket av forsurening (kategori 4), mulig påvirket (kategori 3) sannsynlig påvirket (kategori 2) og utdødd (kategori 1). Siden datagrunnlaget for evalueringen er svært forskjellig fra elv til elv er det også gjort en klassifisering av egnetheten av de tilgjengelige data. Lange dataserier er godt egnet til vurdering av vannkvalitet (kategori A). Vassdrag som er grundig undersøkt gjennom en vår eller høstsesong er vurdert som middels egnet (kategori B). Data som er innsamlet sporadisk, eller vassdrag hvor kun pH er målt hyppig er vurdert som mindre egnet (kategori C). De fleste datasettene tilhører kategori C.

Gjennomgangen av vannkjemidata fra fylket antyder at forsurening kan ha bidratt til å svekke laksebestander i vassdrag særlig i ytre deler av fylket, spesielt i Sunnfjord, men også i ytre/midtre Sogn og enkelte mindre vassdrag i Nordfjord.

I områder med naturlig marginal vannkvalitet har forholdene under spesielle episoder, særlig under kraftig storm med stort nedfall av sjøsalter vist seg å spille en vesentlig rolle. Vannkvaliteten kan være akseptabel under normale forhold, men kan bli episodisk toksisk for laks. En tilfeldig innsamlet vannprøve, eller en prøve samlet inn for annet formål, kan derfor være lite informativ eller til og med misvisende.



## Summary

Title: Overview of salmon rivers potentially threatened by acidification in Sogn og Fjordane county, Norway.

Year: 2003

Author: Larssen, T., Kroglund, F. and Traaen, T.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4326-7

All available water quality data from all salmon rivers in Sogn og Fjordane county on the Norwegian west coast was reviewed in order to evaluate if acidification is a threat to the salmon populations. Based on a set of water quality criteria, the rivers were grouped into four categories: 1: extinct, 2: probably affected, 3: possibly affected, 4: not affected. Since the quality of the available data was variable, we also evaluated the suitability of the available data.

The results indicates that acidification may have contributed to reduce the salmon populations especially in the western part of the county, particularly in the Sunnfjord area, but also in other areas. In areas with naturally marginal water quality, the situation under extreme events, especially sea salt episodes, is particularly important. The water quality may be acceptable under normal conditions, but may become episodically toxic for salmon. Hence, a sample collected at a random point in time, or collected for other purposes, may be give little relevant information or even be misleading.

# 1. Bakgrunn

## 1.1 Nedfall av forsurende komponenter i Sogn og Fjordane

Nedfallet av forsurende komponenter i Sogn og Fjordane må karakteriseres som lav. Fiskebestandene kan likevel være påvirket i enkelte spesielt forsurende vassdrag.

I programmet for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør er det én nedbørstasjon i Sogn og Fjordane fylke (Nausta), i tillegg finnes to stasjoner i Hordaland med relevans for Sogn og Fjordane (Haukeland og Voss) (Aas m.fl., 2001). Stasjonen Kårvatn i Møre og Romsdal er også relevant for sammenligning, da denne antas å være mindre påvirket av antropogene svovel og nitrogenutslipp. Den sjøsaltkorrigerede sulfatkonsentrasjonen (årlig volumveiet gjennomsnitt) i nedbør på Nausta var  $8 \mu\text{eq L}^{-1}$ , som tilsvarte et årlig nedfall på  $314 \text{ mg S m}^{-2}$ . Verdier for de tre andre stasjonene, samt Birkenes for sammenligning, er vist i Tabell 1. Resultatene fra overvåkningsprogrammet viser også at det er en kraftig gradient i nedfallet av forsurende komponenter fra kysten og inn i landet og en betydelig nord-sør gradient. Langtidstrender i overvåkingen viser også at nedfallet av svovel er omtrent halvert på 15 år. Denne kraftige nedgangen i nedfallet har resultert i en betydelig nedgang i sulfatkonsentrasjonen i vann og vassdrag (SFT, 2001).

**Tabell 1.** Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner i nedbør og deponisjon av svovel og nitrogen for utvalgte lokaliteter i 2000. \* betyr sjøsaltkorrigerert. Data fra Aas m.fl., 2001.

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> * kons. ( $\mu\text{eq L}^{-1}$ )	S*-deponisjon ( $\text{mg S m}^{-2}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kons. ( $\mu\text{eq L}^{-1}$ )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kons. ( $\mu\text{eq L}^{-1}$ )	N-deponisjon ( $\text{mg N m}^{-2}$ )
Kårvatn	5	110	4	6	167
Nausta	8	314	7	6	430
Voss	10	296	10	8	463
Haukeland	12	752	11	10	1096
Birkenes	25	949	32	24	1906

## 1.2 Kjemiske kriterier for vannkvalitet og egnethet for laks

Alle ferskvannsorganismer stiller krav til vannkvalitet. Dersom vannkvaliteten er tilfredsstillende vil den ikke være begrensende for bestandens etablering og/eller -tetthet. Dersom vannkvaliteten er suboptimal eller letal vil den kunne bidra til å begrense bestandstetthet og vil i såfall kunne påføre bestanden en endring i tetthet som kan tolkes som en "skade". Det foreligger ingen enkel definisjon på hva som er en "skade" eller hvor stor "skade" en bestand vil tolerere. Mens dødelighet gir en uomtvistelig bestandsreduksjon har "skader" som svekker helsetilstanden til enkeltindivid en mer usikker økologisk relevans. Fisk eksponert for subletale vannkvaliteter kan ha redusert vekst, svekket reproduksjon og endret atferd. Disse forandringene påvirker bestandsstruktur og funksjon, selv om den enkelte bestanden ikke nødvendigvis er utryddingstruet. Dersom en belastning ikke vedvarer for lenge vil en "skade" kunne restitueres når belastningen avtar. Den økologiske effekten av en kortvarig episodisk belastning kan således være vesentlig forskjellig fra effekten av en vedvarende kronisk belastning. Tidspunktet for episoden er også kritisk. Dersom denne kommer like forut for eller under kritiske livsfaser vil denne kunne ha større effekt enn om samme episode inntraff i perioder hvor fisken var mer tolerant.

Laks er en anadrom art som vandrer mellom ferskvann og saltvann. Laks har således en mer komplisert livshistorie enn rene ferskvannsorganismer da det både må tas hensyn til ferskvannsmiljø og det marine miljø ved evaluering av trusler. Den generelle livshistorien til laks er at de voksne individene vender tilbake fra et opphold i havet for å legge egg i ferskvann. Etter klekking lever lakseungene 2-4 år i ferskvann. Når lakseungene når en viss størrelse vil de smoltifisere. Smoltifisering er en koordinering av egenskaper

nødvendig for at laksen skal kunne vandre fra ferskvann til sjøvann og overleve i saltvann. Smoltifisering er med andre ord en preadaptasjon til et marint liv. I løpet av smoltifiseringsprosessen vil lakseungene endre fargedrakt (blir sølvblanke), fasing (blir slankere), atferd (blir stimfisk) og etablerer egenskaper som tillater opprettholdelse av normal fysiologi i et salt miljø (etablerer bl.a. hyposalin kapasitet). Foruten disse endringene, må smoltutvandringen for villaks skje i løpet av en tidsavgrenset periode ("smoltvindu"). Dersom en eller flere av disse egenskapene svekkes vil marin overlevelse avta (McCormick m.fl., 1989).

Ettersom smoltstadiet er regnet som det mest følsomme livsstadiet til laks kan vannkvalitetskravet defineres som "den vannkjemi som ikke reduserer størrelsen på smoltutgangen eller reduserer smoltens marine overlevelse". Det er i en rekke forsøk vist at suboptimale vannkvaliteter i ferskvann påvirker utvikling av smoltens saltvannstoleranse. Denne påvirkningen trenger ikke redusere smoltproduksjonen, men vil påvirke fiskens evne til å "tåle" saltet i sjøvann. Dette innebærer at den økologiske effekten først opptrer i sjøvann. Foruten bestandseffekter forårsaket av vannkvalitet i ferskvann vil utvandrende smolt også påvirkes av marine trusselsfaktorer som lakselus, marint klima, tilstedeværelse av marine predatorer og vannkvalitet i sjøområdene. Det kan være vanskelig å skille effekter fra de ulike marine faktorene og effekter på marin overlevelse forårsaket av forsurening i ferskvann.

Vannkvalitetskrav kan fastsettes på grunnlag av en rekke kriterier, men ved fastsettelse må det tas hensyn til hva som er en uakseptabel respons samt til en rekke kjemiske og biologiske faktorer som alle bidrar til å modifisere grensene. Dødelighet er ett kriterium, hvor skaden ikke er reversibel. Dersom vannkvaliteten i ferskvann er særskilt dårlig vil det oppstå dødelighet. Episoder med fiskedød innen et vassdrag trenger ikke utrydde hele bestander ettersom ikke alle vassdragsavsnitt nødvendigvis påvirkes like sterkt. Fisk som overlever en forsureningsepisode kan likevel være påvirket. Disse responsene vil normalt være reversible og lakseparr og smolt vil kunne restitueres når episoden avtar for deretter å etablere normale smoltegenskaper (Rosseland og Staurnes, 1994; Kroglund og Staurnes, 1999; Kroglund m.fl., 2001a; Kroglund m.fl., 2001b). Det er i forsøk påvist at enkelte fiskearter blir mer tolerante for forsuret vann (gjennom akklimering) når de blir utsatt for en vedvarende eksponering (Mueller m.fl., 1991; Poleo m.fl., 2001). Komparative forsøk utført på forsuringstilpasset stedegen laks og forsuringnaiv laks (anleggsproduisert) viste at også laks tilpasser seg forsuret vann gjennom iverksettelse av ulike kompensatoriske mekanismer, men den etablerte ikke normal saltvannstoleranse (Kroglund m.fl., 1996a; Kroglund m.fl., 1996b). Saltvannstoleranse synes særskilt følsom for surt vann (egentlig konsentrasjon og form av aluminium). Mens det er påvist stammeforskjeller mhp vannkvalitetskravet til ørret og abbor (Dalziel m.fl., 1995; Vourinen m.fl., 1994), er det ikke påvist stammeforskjeller mhp toleranse til forsuret vann hos laks (Rosseland m.fl., 2001; Kroglund og Finstad, 2003; Strand m.fl., 2001). Dette antyder at vannkvalitetskravet mhp forsurening kan fastsettes på artsnivå.

Det foreligger en rekke forsøk på fastsettelse av vannkvalitetskravet til laks. Noen av disse er oppsummert nedenfor:

1) Dødelighet i eksponeringsforsøk. Resultat fra en rekke forsøk utført i perioden 1990 til 1996 er samlet i Kroglund m.fl., (2002). I disse forsøkene ble det påvist dødelighet i saltvannstester (33-35 psu, 6-10 °C i 24 timer) ved vannkvaliteter som ikke forårsaket dødelighet i ferskvannfasen av forsøket. Det er derfor konkludert med at overlevelse i saltvann er mer følsom for aluminium enn overlevelse i ferskvann. Basert på data fra disse forsøkene kan det forventes tiltagende effekt på marin dødelighet når konsentrasjonen av LAI overskrider 5 µg Al L<sup>-1</sup> i smoltifiseringsperioden (Tabell 2). Det påpekes i rapporten at denne grenseverdien gjelder fortrinnsvis for vassdrag med lavt humusinnhold og at grenseverdien kan settes høyere i humuspåvirkede vassdrag (TOC > 4 mg C L<sup>-1</sup>). Denne vannkjemiske grensen må kun benyttes med forsiktighet på grunn av stor usikkerhet vedrørende analyse av så lave Al konsentrasjoner.

2) Endringer i bestandsstatus og vannkjemi ble sammenstilt for 73 vassdrag av Kroglund m.fl. (2002). Det ble konkludert med at sannsynligheten for bestandseffekter var små dersom ANC-verdien oversteg 30 µekv L<sup>-1</sup> som årsgjennomsnitt. Vassdrag med pH i intervallet 6.0 til 6.2 og som hadde en LAI-konsentrasjon i intervallet 3 til 10 µg L<sup>-1</sup> og en ANC-verdi i området 20 til 36 ble vurdert som mulig påvirket i 6 vassdrag, men som upåvirket i andre vassdrag. Vassdragene som ble vurdert som mulig påvirket hadde alle sure sidebekker lokalisert langs anadrom strekning av elva, men pH i hovedelva var "god". Usikkerheten i bestandsvurderingen gjelder vassdragene Nausta, Jølstra, Lona, Vosso og Suldalslågen. Selv om forsurening er

antydning som en av årsakene til bestandsreduksjon (som reduksjon i fangst av voksen laks, ikke som yngeltetthet) i disse vassdragene (Kroglund m.fl., 1993; Kroglund m.fl., 1996a; Kroglund m.fl., 1996b; Strand m.fl., 2000; Strand m.fl., 2001) er denne konklusjonen av andre oppfattet som kontroversiell. Det må understrekes her at når forsurening vurderes som én potensiell årsak kan andre påvirkningsfaktorer bidra til bestandseffekter. Det er ikke undersøkt om vassdragene som hadde en tilfredsstillende bestandsstatus hadde sure sidebekker.

3) Basert på data fra Nova Scotia, Canada, inntreffer bestandseffekter først når pH synker under ca 5.6 (Lacroix, 1989). Først når pH avtar mot 5.0 går fisketetthet mot null. Aluminium eller ANC tillegges ikke betydning for fastsettelse av grenseverdier. Dette skyldes at pH ( $H^+$ ) antas å være den viktigste vannkvalitetsforringeren i vassdrag på Nova Scotia. Forskjellen mellom de canadiske og norske vannkvalitetsgrensene skyldes sannsynligvis forskjeller i mengde organisk materiale i vassdragene. Mens de norske elvene gjennomgående har TOC konsentrasjoner lavere enn  $10 \text{ mg C L}^{-1}$ , har flere av de canadiske elvene konsentrasjoner høyere enn  $20 \text{ mg C L}^{-1}$ . Betydningen av humus ble også observert i forsøk utført i henholdsvis Suldalslågen og Mandalselva (Kroglund m.fl., 1998; Kroglund m.fl., 1999).

Selv om konsentrasjonen av LAI er regnet som det viktigste giftstoffet i Norske elver, er det ikke anbefalt å benytte LAI som kriterium for å skille mellom ikke-belastende og svakt belastende vannkvaliteter. Dette skyldes at den LAI-konsentrasjon fisken opplever kan være vesentlig forskjellig fra den konsentrasjon som påvises i analysene. I vassdrag med høy pH, men som samtidig har sure sidebekker er riktig analyse av aluminium vanskelig fordi de to vannkvalitetstypene reagerer.

**Tabell 2.** Intervaller for vannkvalitetsparametre (årlig gjennomsnitt) knyttet til skader på laksebestander. Laksestatus er kategorisert som upåvirket, mulig påvirket, påvirket og utdødd (Kroglund m.fl., 2002).

	Utdødd <i>Kategori 1</i>	Sannsynligvis påvirket <i>Kategori 2</i>	Mulig påvirket <i>Kategori 3</i>	Ikke påvirket <i>Kategori 4</i>
pH	<5.7	5.2 til 6.1	5.6 til 6.2	>6.0
LAI ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	>20	5 til 50	3 til 25	<10
ANC ( $\mu\text{ekv L}^{-1}$ )	<8	-5 til 15	10 til 36	>20
Ca ( $\text{mg L}^{-1}$ )	<2.6	0.4 til 2.2	0.6 til 1.9	>1.1

## 2. Vannkvalitet i elver

Av de undersøkte elvene har kun et fåtall vært overvåket vannkjemisk over mange år. Overvåkingselvene er Nausta og Gaular (SFT, 2001), i tillegg var Lærdalselva med i overvåkningsprogrammet tidligere. Flekkevassdraget har vært kalket siden 1997, og er overvåket som en del av tiltaket (DN, 2001). Vassdragene Jølstra, Nausta, Lærdalselva og Flekke ble undersøkt mhp smoltpåvirkninger i forhold til vannkvalitet i 1994 (Kroglund m.fl., 1996a). Lona, Gaular og Jølstra er også undersøkt mhp flomdynamikk og aluminiumsmobilisering i 1999 (Hindar m.fl., 2000). Henriksen og Snekvik (1979) hadde i 1976-77 en regional elveundersøkelse hvor flere av elvene i Sogn og Fjordane var inkludert. Dette datasettet er inkludert for vassdrag der det ikke foreligger nyere data. I tolkningen av resultatene må det tas forbehold om mangelfull tilgang på data for enkelte vassdrag, at enkelte prøver er innsamlet for mer enn 20 år siden og at analyse av aluminium fraksjoner kun er utført i et fåtall vassdrag.

Vassdragene som er inkludert i denne analysen er angitt i Tabell 3. 31 lakseførende vassdrag i Sogn og Fjordane er med i tabellen. Det foreligger vannkjemiske data, i større eller mindre grad, fra 28 av disse elvene. Analyseprogrammet er ufullstendig i de fleste elvene. ANC kunne beregnes i 18 elver. I enkelte vassdrag er pH eneste vannkjemiske variabel som kunne benyttes ved tolkning av mulig bestandseffekt, hvilket gir svært usikre vurderinger. Overskridelse av vannkvalitetsgrenser er basert på Tabell 2. ANC i området 20-35  $\mu\text{eq L}^{-1}$  og pH 6.0-6.2 antyder et skille mellom upåvirkete bestander og bestander hvor forsuringseffekter ikke kan utelukkes. Vannkvalitet er benyttet til å evaluere mulig påvirkning på laksebestand som upåvirket (kategori 4), mulig påvirket (kategori 3) sannsynlig påvirket (kategori 2) og utdødd (kategori 1).

Siden datagrunnlaget for evalueringen er svært forskjellig fra elv til elv har vi også lagt inn en klassifisering av egnetheten av de tilgjengelige data. Lange dataserier er godt egnet til vurdering av vannkvalitet (kategori A). Vassdrag som er grundig undersøkt gjennom en vår eller høstsesong er vurdert som middels egnet (kategori B). Data som er innsamlet sporadisk, eller vassdrag hvor kun pH er målt hyppig er vurdert som mindre egnet (kategori C). De fleste datasettene tilhører kategori C.

Foruten vannkjemiske data, foreligger det data for gjelle-aluminium fra 9 vassdrag. Disse er tatt med i vurderingen og plasseringen i kategori. Forsuringseffekter kan ikke utelukkes der det er påvist konsentrasjoner  $>20 \mu\text{g Al g}^{-1}$  tørrvekt. Bestandseffekt vil kunne opptre når konsentrasjonen overstiger  $40 \mu\text{g Al g}^{-1}$  tørrvekt.

ANC var høyere enn 30 i 9 vassdrag samtidig som pH var over 6,2. Tilsammen er 12 vassdrag kategorisert til gruppe 4. Forsuring vurderes som ikke å ha effekt på laksebestandene i blant andre Lærdalselva, Flåmselva, Oldnelva, Fortunelva, Gloppenelva og Årøyelva.

ANC var i intervallet 15 til  $30 \mu\text{eq L}^{-1}$  i 6 vassdrag. Disse er plassert i kategori 2 og 3. Vassdragene med høy pH og lave konsentrasjoner av LAI ble plassert i kategori 3. Det vurderes som mulig at forsuring kan påvirke disse vassdragene, særlig vil mobilisering av aluminium under sjøsaltepisoder være mulig. For enkelte vassdrag er det observert ANC over  $15 \mu\text{eq L}^{-1}$  sammen med relativt lave pH verdier, relativt høye LAI konsentrasjoner eller høye verdier for gjelle-Al. Vassdragene er da plassert i kategori 2.

I 3 vassdrag var ANC lavere enn  $15 \mu\text{eq L}^{-1}$ . Alle disse er plassert i kategori 2. Vassdragene med lave ANC verdier har også generelt lave pH verdier og ikke ubetydelige konsentrasjoner av LAI. I tillegg er det for mange av elvene observert høye konsentrasjoner av gjelle-Al ( $>250 \mu\text{g Al g}^{-1}$  tv). I disse vassdragene er det sannsynlig at laksebestanden er redusert.

Som det fremgår av Tabell 3 er det et stort antall vassdrag hvor fullstendige vannkjemiske undersøkelser mangler. I tillegg er det noen vassdrag hvor det ikke finnes vannkjemiske data i det hele tatt. For disse elvene undersøker vi i neste kapittel i hvilken grad data fra innsjøer innen nedbørfeltet kan brukes som indikasjon på elvekjemien.

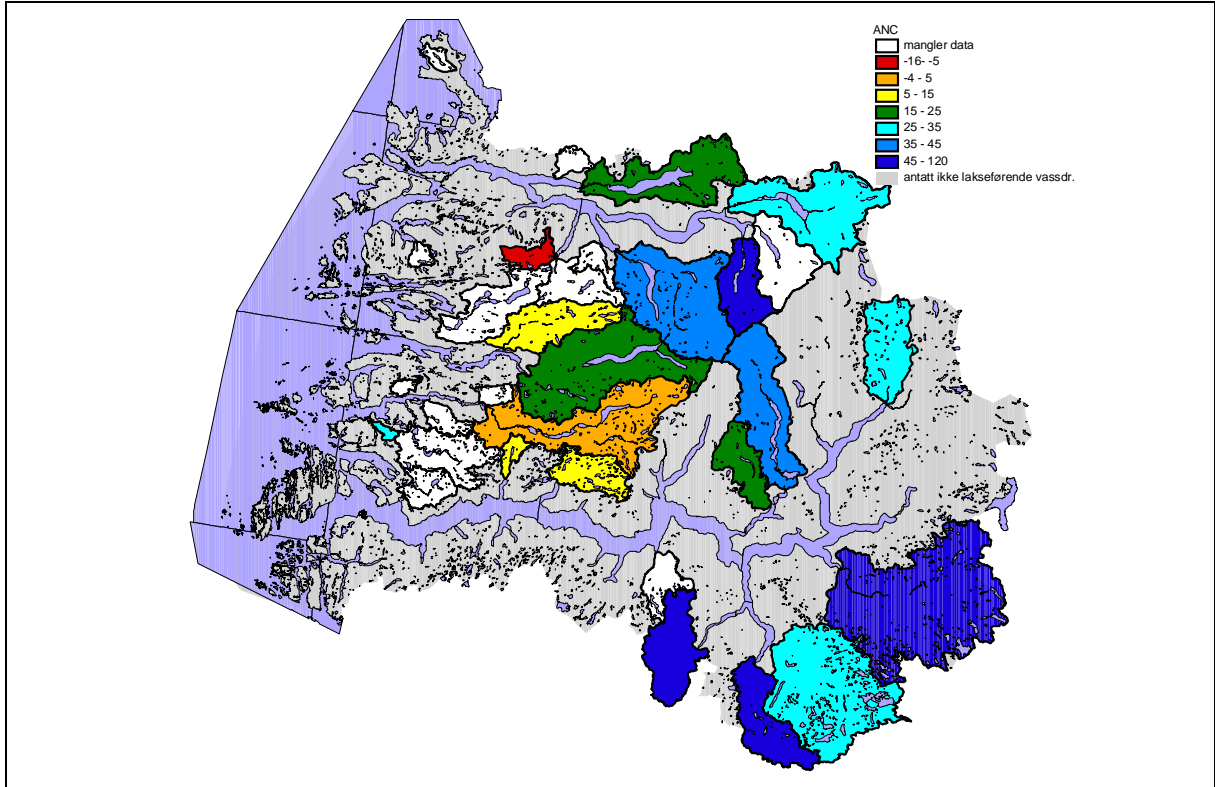
**Tabell 3.** Gjennomsnittsverdier for pH og ANC samt konsentrasjoner av Ca og LAI i antatt lakseførende vassdrag i Sogn og Fjordane. Vannkjemidata er hentet fra en rekke ulike kilder angitt i tabellen. For noen elver finnes det kun eldre data. Disse er ikke direkte sammenlignbare med nyere data, men gir allikevel en pekepinn om mulig tilstand. Vassdrag gitt kategori 4 vurderes som sannsynlig upåvirket av forsurening. Vassdrag i kategori 3 vurderes som mulig påvirket av forsurening, mens vassdrag i kategori 2 vurderes som sannsynlig påvirket av forsurening. Vassdrag i kategori 1 har mistet laksebestanden. I hvilken grad de tilgjengelige data er egnet for en forsurningsvurdering er også vurdert ("data egn."). Lange dataserier er godt egnet til vurdering av vannkvalitet (kategori A). Vassdrag som er grundig undersøkt gjennom en vår eller høstsesong er vurdert som middels egnet (kategori B). Data som er innsamlet sporadisk, eller vassdrag hvor kun pH er målt hyppig er vurdert som mindre egnet (kategori C). Gjelle-Al er inkludert der slike målinger foreligger. Bestandsstatus etter DN's oversikt fra september 2002 er tatt med i egen kolonne (DN-status 09/02).

Vassdr. #	Referanser	Elvenavn	Gjelle-Al µgAl g <sup>-1</sup>	ANC µeq/l	pH	Ca mg/l	RAI µg/l	LAI µg/l	Farge mgPt/l	pH	Turb	pH	Turb	DN- status 09/02	Data egn.	Kate- gori
			Forsurningsundersøkelser						Kommunale data			Data fra FM				
072.Z	1; 3; 22	Aurlandselva		30	6,4	1,0			3	6,7	0,5			3	C	4
091.3Z	22	Ervikelva										6,0	0,3	5a	C	4
072.2Z	1; 2	Flåmselva		68	6,8	1,7								4b	C	4
087.Z	1; 24	Gløppenelva	5±2	40	6,2	1,2								5a	C	4
088.2Z	22	Loenelva							3	6,6	2,0			4b	C	4
073.Z	8;17	Lærdalselva		93	6,7	2,1	16	0						2	A	4
075.4Z	1; 22	Mørkriselva		30	6,4	1,1			3	6,3	1,8			3	C	4
071.Z	2	Nærøyelva		53	6,3	1,4	21	4						4a	C	4
088.1Z	1; 22	Oldenelva		64	6,3	1,7			2			6,4	0,9	4b	C	4
088.Z	4, 22	Stryneelva		34	6,4	2,4		7	1-3	6,6	0,8	6,2	0,9	4b	C	4
070.Z	22	Vikja							3	6,5	0,4			4a	C	4
086.Z	24	Åelva/Ommedalselva	8±5		6,2	0,5	18	2						5a	B	4
077.Z	1	Årøyelva		37	6,3	1,5								4a	C	4
082.5Z	16	Dalselva, Dale			6,1									5a	C	3
089.Z	22; 23	Eidselva			PH<5,5; >50 µg LAI i sidebekker				3-6	6,4	0,2	6,0	0,2	5a	C	3
083.Z	6; 11; 21	Gaula	40-70	18	5,8	0,6	39	8						5a	B	3
089.4Z	22	Hjalma							5-8	6,3	0,3	6,0	0,3	5a	C	3
084.Z	6; 8; 17; 22	Jølstra	20-170	25	6,1	0,8	25	3	4			5,5	0,3	4a	B	3
083.2Z	14	Kvamselva								6,0	0,3			5a	C	3
084.7Z	6; 8;11; 17; 21	Nausta	20-40	20	5,9	0,6	37	3						5a	A	3
085.Z	8	Osenvassdraget			5,8	0,6		<10						5a	B	3
077.3Z	1; 22	Sogndalselva		16	6,2	0,7			8	6,6	0,5			5a	C	3
080.4Z	15	Bøelva (kalket)			5,8	0,8	94	5						1	B	2
079.Z	5; 9	Daleelva, Høyanger	100-400	10	5,9	0,6	32	14						3	B	2
082.Z	8;13;17; 18	Flekkeelva (kalket)	100-400	0	5,3	0,5	60	20						4a	A	2
086.8Z	4	Hopselva		-8	5,9	1,0								5a	C	2
082.3Z	6; 11; 12; 13	Lona	20-50	30	5,7	0,7	50	8						1	B	2
080.21Z	6; 11	Ytredalselva	20-250	15	5,9	0,7	47	5						3	B	2
083.4z	14	Rivedalselva			5,6				8	5,1	0,3			1	C	1
086.1Z		Indrehuselva												4a	ingen data	
087.1Z		Ryggelva												3	ingen data	
Antall observasjoner	31		7	18	22	20	9	12	9	10	10	6	6	31	28	28

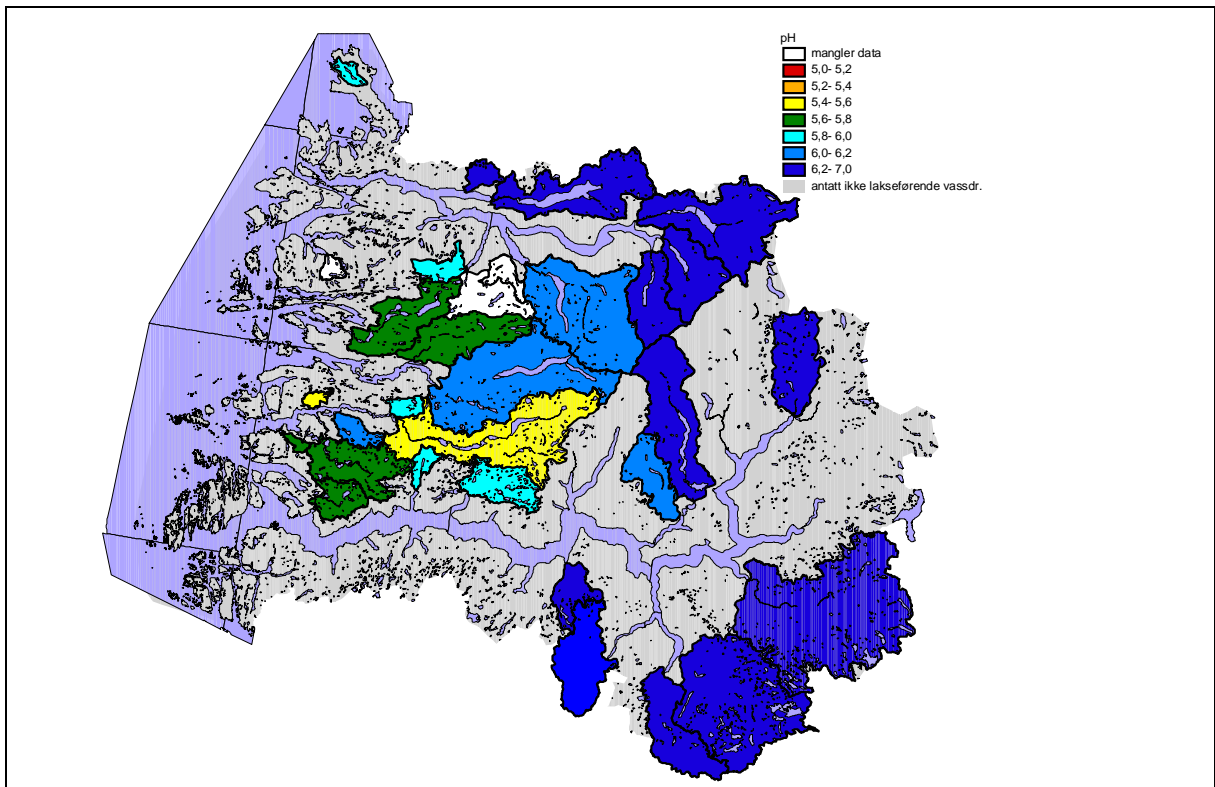
## Referanser i tabellen:

1	Henriksen og Snekvik, 1979	13	Teien, m.fl., 2002
2	Hellen m.fl., 1996	14	DN, 2001
3	NINA brev 1994	15	Sægrov og Johnsen, 1996
4	Jonson og Blakar, 1987	16	Kalkingsplan for Dalselva m.fl. jfr enkeltvassdragene
5	Åtland m.fl., 1998	17	Kroglund, m.fl., 1996
6	Hindar, m.fl., 2000	18	Hindar, m.fl., 1995
7	Bjerknes m.fl., 1998	19	Bjerknes, 1995
8	Hindar m.fl., 1997	20	Bjerknes og Bækken, 1994
9	Hindar, 1997	21	SFT, 2001
10	Barlaup m.fl., 2001	22	Data tilgjengeligjort fra Fylkesmannen i S&F
11	Bjerknes m.fl., 1998	23	A.Hobæk vannkemiske data fra sidebekker i Eidselva 1995-96
12	Kaste m.fl., 1995	24	Finstad m.f. rapport om forsuring og lakselus, in prep.



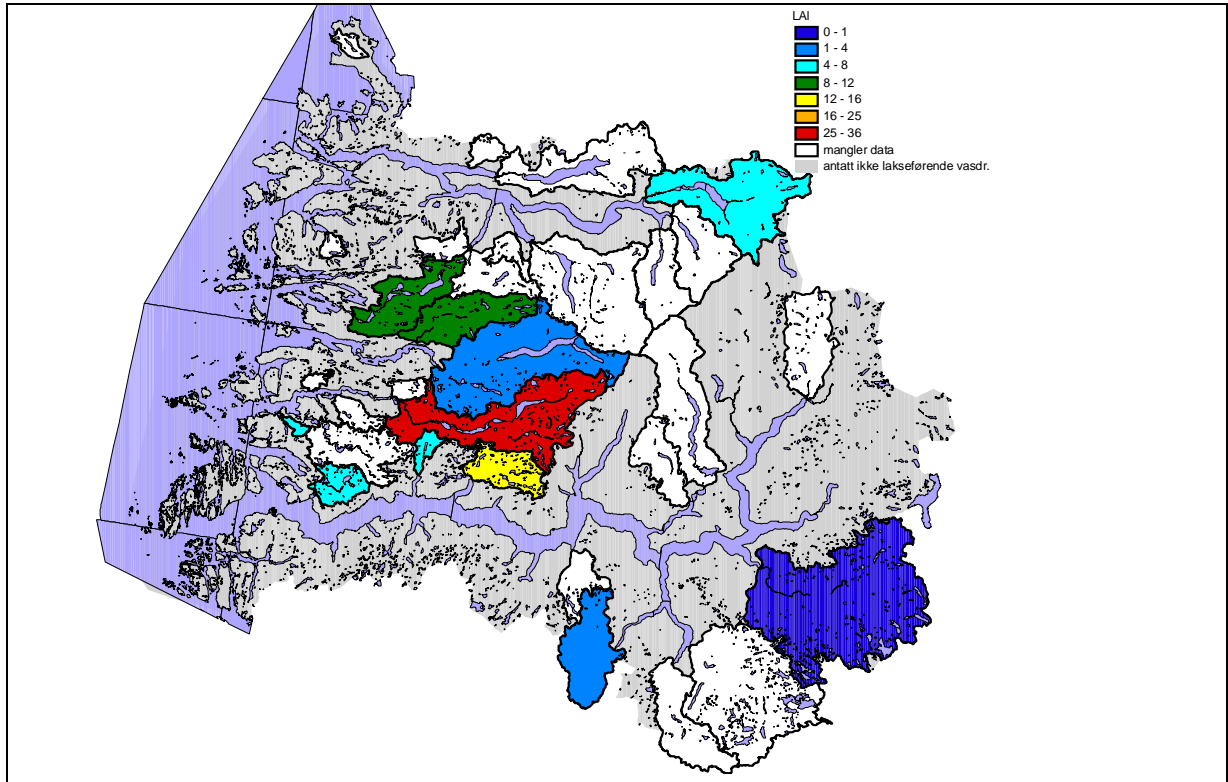


Figur 1. ANC-verdier ( $\mu\text{eq L}^{-1}$ ) for vassdrag i Sogn og Fjordane.

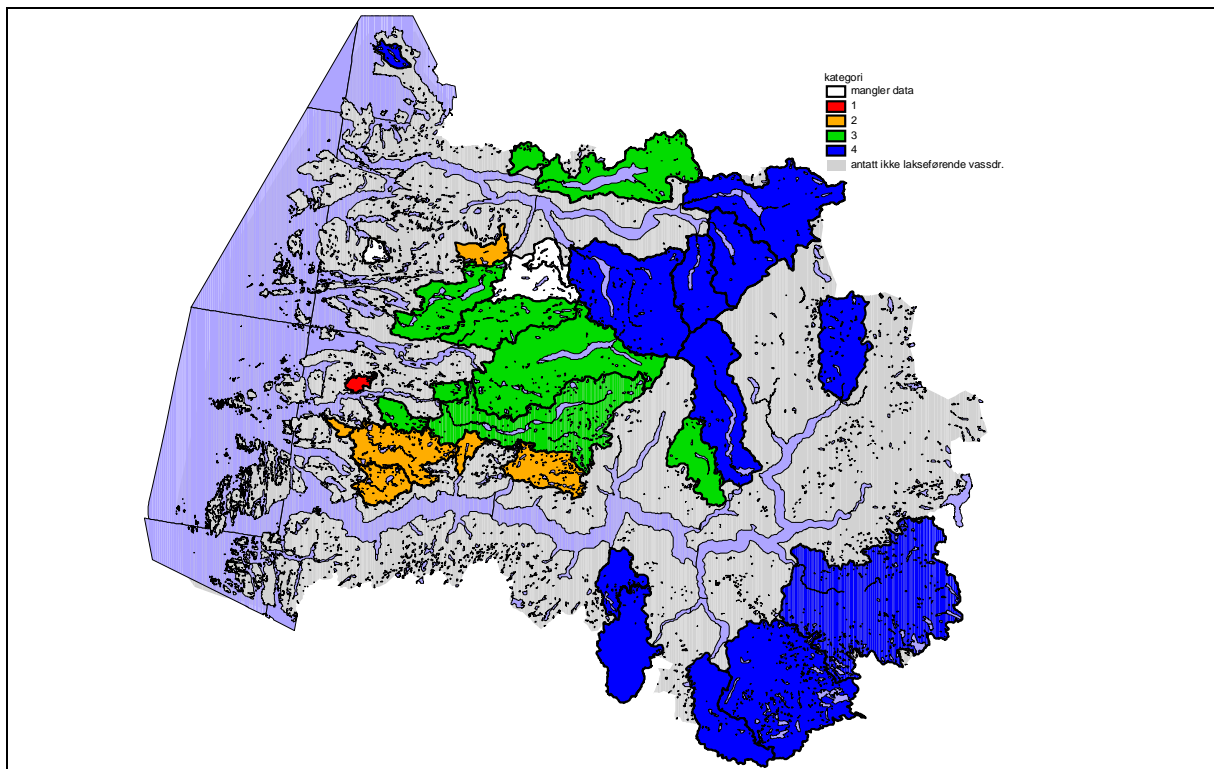


Figur 2. pH-verdier for vassdrag i Sogn og Fjordane.





**Figur 3.** Konsentrasjoner av labilt aluminium ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i Sogn og Fjordane.



**Figur 4.** Kategorier for forsuringpåvirkning i Sogn og Fjordane. For kategori 1 (rødt) anses bestanden for utryddet. For kategori 2 (orange) anses det som sannsynlig at bestanden er påvirket av forsuring, mens det for kategori 3 (grønt) anses som mulig at bestanden er påvirket av forsuring. For kategori 4 (blått) anses det som sannsynlig at bestandene ikke er påvirket av forsuring.

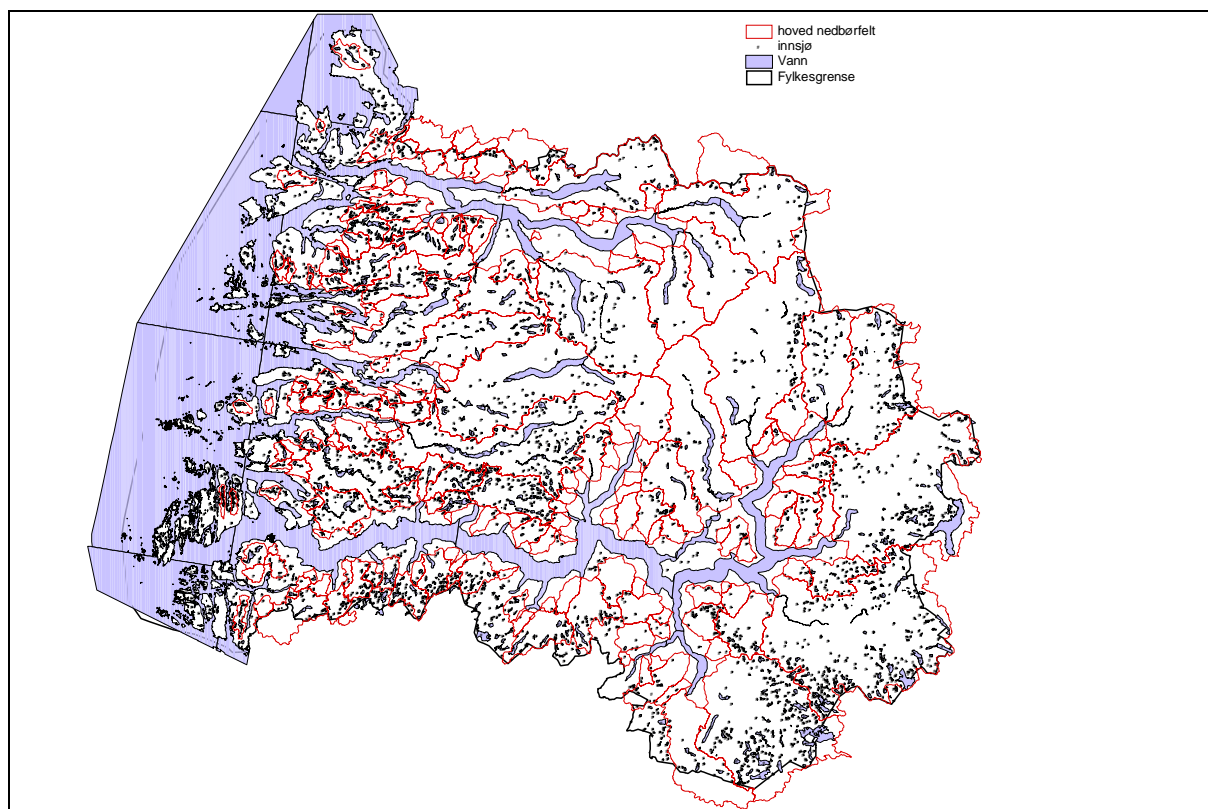
### 3. Vannkvalitet i innsjøer

#### 3.1 Tilgjengelige data

I dette kapittelet undersøker vi om vannkvalitet i innsjøer kan benyttes for å vurdere vannkvalitet på anadrom strekning i et vassdrag. Vannkvaliteten på anadrom strekning vil nødvendigvis være en kombinasjon av de vannkvaliteter de ulike innsjøer og bekker i nedbørfeltet bidrar med. Dersom det kun er undersøkt et fåtall innsjøer innenfor et vassdrag vil vurderingsgrunnlaget mhp vannkvalitet i hovedvassdraget være dårlig. Dersom det foreligger data fra et større antall innsjøer som tilsammen dekker en større andel av nedslagsfeltet til vassdraget kan vurderingsgrunnlaget være bedre.

I NVE databasen på innsjøer er det registrert 2748 innsjøer i Sogn og Fjordane. Det foreligger data på full ionesammensetning fra 374 innsjøer og begrenset data fra 302 innsjøer. Innsjøene er prøvetatt i ulike sammenhenger over en periode på 15-20 år. Data er hentet fra regionale undersøkelser (Henriksen m.fl., 1988; Skjelkvåle m.fl., 1996), den nasjonale overvåkingen (SFT, 2001) og fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane . Materialet er analysert ved ulike laboratorier. Aluminium er fraksjonert i 407 innsjøer og pH er målt i 676 innsjøer. Humusinnhold er bestemt som farge (mg Pt) i 597 innsjøer. Innsjøene er ikke prøvetatt for å få et representativt utvalg, og det er derfor grunn til å anta at det kan være et skjevt utvalg av sjøer, f.eks med en overrepresentasjon av forsurede sjøer eller vann med fisk. Dette svekker bruk av dette datamaterialet som representativt for de enkelte nedbørfelt.

Av innsjøene det forelå pH-målinger fra hadde 50% pH lavere enn 5.6 og 36% av innsjøene hadde pH-verdier lavere enn 5.4 (Figur 6).



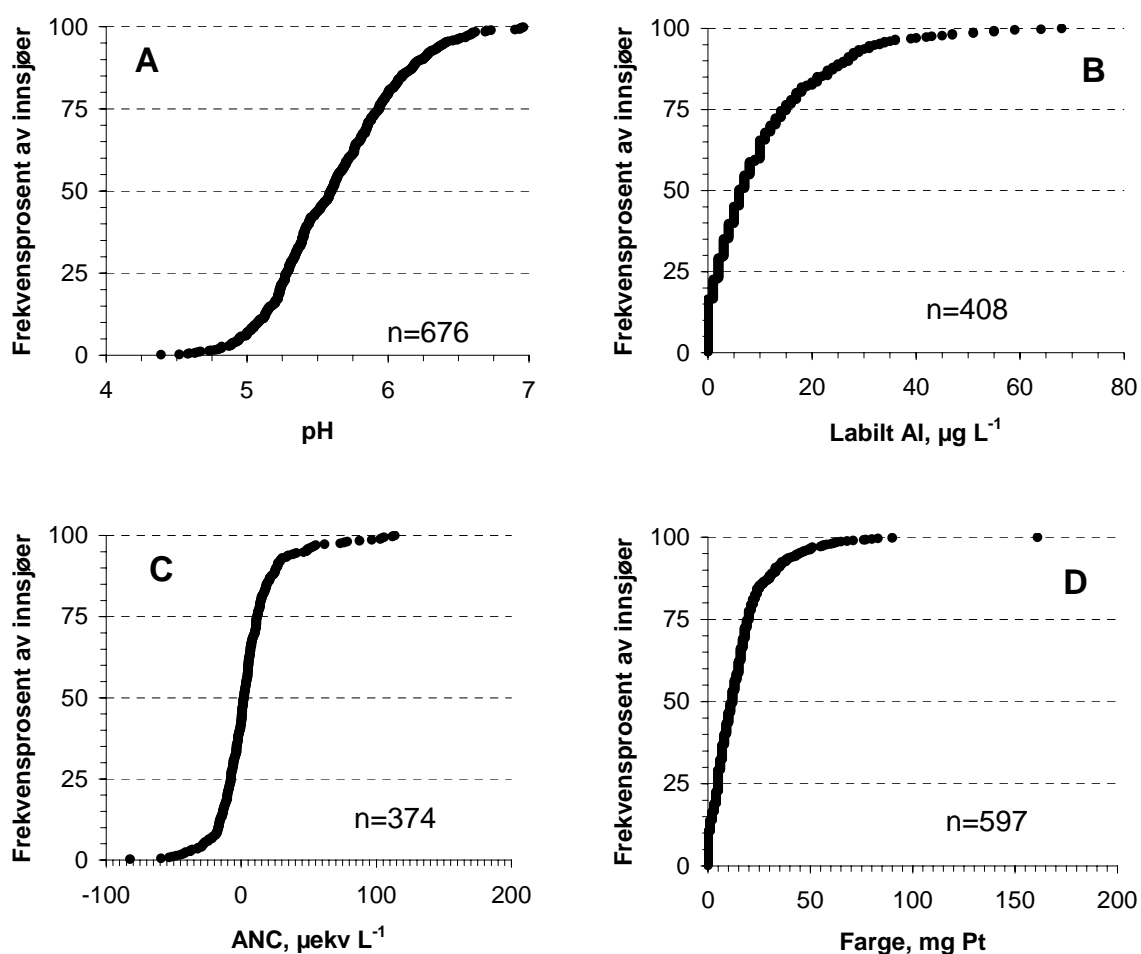
**Figur 5.** Kart over innsjøer registrert i NVE-innsjøbasen.

40% av innsjøene hadde en LAI-konsentrasjon over  $10 \mu\text{g Al L}^{-1}$ . LAI-konsentrasjonen var over  $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$  i 17% av innsjøene.

ANC var negativ i 43% av innsjøene, lavere enn  $10 \mu\text{eq L}^{-1}$  i 70% av innsjøene og lavere enn  $20 \mu\text{eq L}^{-1}$  i 85% av innsjøene (Figur 6).

Innsjøene hadde generelt lavt innhold av humus. 44% hadde et fargetall lavere enn  $10 \text{ mg pT}$ , 75% hadde fargetall lavere enn  $20 \text{ mg Pt}$  og kun 13% hadde fargetall høyere enn  $30 \text{ mg Pt}$  (Figur 6). I vann med moderat til lavt humusinnhold er det vanlig med en faktor mellom fargetall og konsentrasjonen av totalt organisk karbon (TOC) på 2-4 (Hongve, 1999; Lydersen m.fl., 2000).

Konsentrasjonen av labilt Al var som forventet høyest i innsjøene med lavest pH (Tabell 4). Når pH var lavere enn 4.8 var LAI-konsentrasjon basert på 9 målinger  $40 \pm 15 \mu\text{g L}^{-1}$ . Fra pH intervallet 5.2-5.4 til 5.8 - 6.0 avtok gjennomsnitts LAI-konsentrasjon fra 16 til  $2 \mu\text{g L}^{-1}$  ( $n > 44$  for hver av pH-kategoriene). Resultatet tyder på at konsentrasjonen av labilt Al er relativt lav i innsjøer med pH fra 5.4 til 6.2 (Tabell 4). Fargetallet var høyest for innsjøer med  $\text{pH} < 4.8$ . For innsjøer med  $\text{pH} > 5$  var fargetallet ca 15, men med relativt stor spredning i verdi innen hver kategori.



**Figur 6.** Frekvensprosent av pH, LAI, ANC og farge målt i innsjøer i Sogn og Fjordane. Antall innsjøer undersøkt er angitt innen hver figur.

**Tabell 4.** Gjennomsnittlig konsentrasjon LAI, farge og ANC for ulike pH nivåer i området 4.3 til 7.0. I denne tabellen inngår LAI-verdier både fra NIVA og NINA på tross av at analysemetodene er ulike.

	LAI			Farge			ANC		
	snitt	SD	Antall obs.	snitt	SD	Antall obs.	snitt	SD	Antall obs.
pH<4.8	40	15	9	34	29	11	-22	30	9
pH 4.8-5.0	31	18	20	22	16	24	-12	15	19
pH 5.0-5,2	17	10	44	21	24	56	-8	13	43
pH 5.2-5,4	16	9	83	13	11	122	-8	12	75
pH 5.4-5.6	9	5	58	13	11	99	-1	12	51
pH 5.6-5.8	6	7	61	12	14	90	6	14	56
pH 5.8-6.0	2	3	59	14	14	85	8	17	56
pH 6.0-6.2	2	4	38	16	16	55	15	11	33
pH6.2-6.4	1	2	20	15	18	28	24	15	17
pH>6.4	3	3	18	16	13	28	73	29	17

### 3.2 Innsjøer – kart

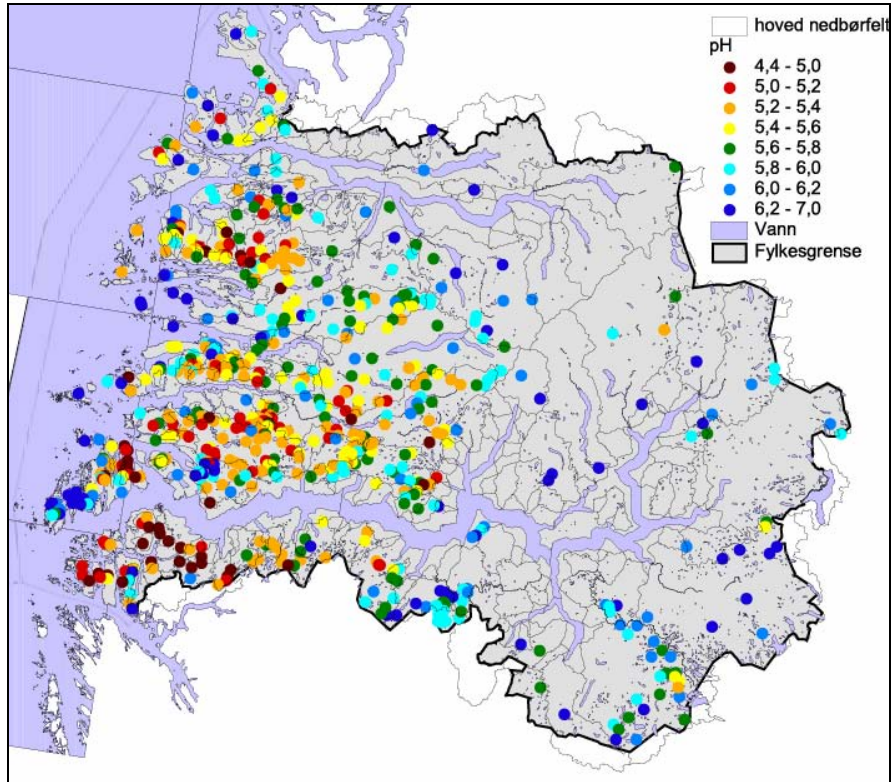
Det foreligger få målinger fra de nordre og fra de indre delene av fylket (fylket med unntak av Aurlandsvassdraget). Dette medfører at vannkvalitet ikke kan evalueres for vassdragene i Nordfjordområdet og for vassdragene i indre deler av Sogn.

Lave pH-verdier var dominerende i midtre og ytre deler av Sunnfjord og av Sogn. De få, spredte målingene fra indre deler av fylket antydte i hovedsak pH-verdier over 6.2, dog med noen unntak (Figur 7). Konsentrasjonen av LAI var lav i indre deler av fylket. I midtre og ytre deler av Sunnfjord og av Sogn var det vanlig med konsentrasjoner som vurderes som kritiske for laks. De få, spredte målingene fra indre deler av fylket antydte i hovedsak LAI-konsentrasjoner  $<4 \mu\text{gL}^{-1}$ , men med noen få unntak (Figur 8). ANC var lav i hele fylket, med noen spredte eksempler på innsjøer hvor ANC overskred  $35 \mu\text{ekv L}^{-1}$  lokalisert i indre deler av fylket. I midtre og ytre deler av Sunnfjord og av Sogn var ANC-verdiene gjennomgående lave (Figur 9).

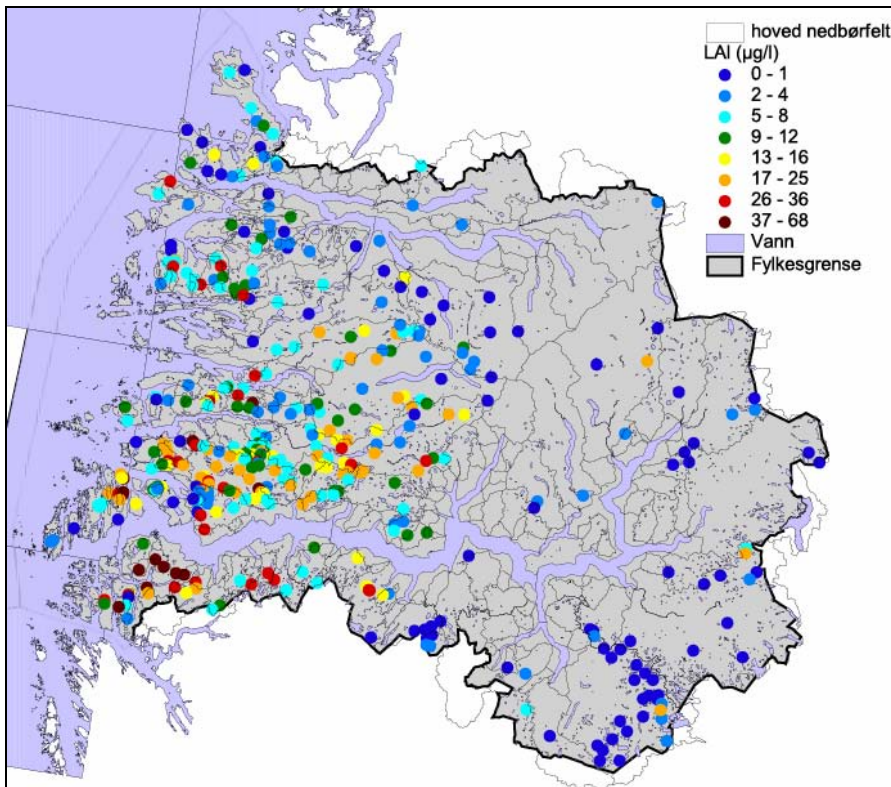
For hver av de tre parameterne pH, LAI og ANC er kategorigrensene som er foreslått for laks (Tabell 2) benyttet. Kategorier basert på innsjødata er sammenlignet med kategoriene basert på elvedata i Tabell 3. For de fleste vassdragene hvor det foreligger data både fra elver og fra innsjøer blir evalueringresultatet basert på innsjøer i relativt god overensstemmelse med evalueringen basert på innsjødata. Imidlertid gir evalueringen basert på innsjødata i mange tilfeller én klasse lavere enn for elvedata. Innsjøer gir altså indikasjoner på en mer forsuringspåvirket vannkjemi. Sammenligningen viser at innsjødata kan gi et nyttig bidrag i å indikere hvilke elver som kan være følsomme for forsuring dersom vannkemiske data fra hovedelva ikke finnes. Mange av vassdragene blir plassert i kategori 2 basert på innsjødata, som forteller at i alle fall deler av nedbørfeltet er følsomt for sur nedbør.

De fleste vassdragene ble kategorisert til klasse 2, både basert på bakgrunn av elvekjemi og på bakgrunn av innsjøkjemi. Vannkjemi i innsjøer synes således egnet som et verktøy til klassifisering av vannkvalitet i vassdrag når annet datamateriale ikke finnes. I en grundigere gjennomgang av enkeltvassdrag i det følgende kapittel bruker vi innsjødata i evalueringen av utvalgte vassdrag dersom elveundersøkelser med vannkjemi mangler.

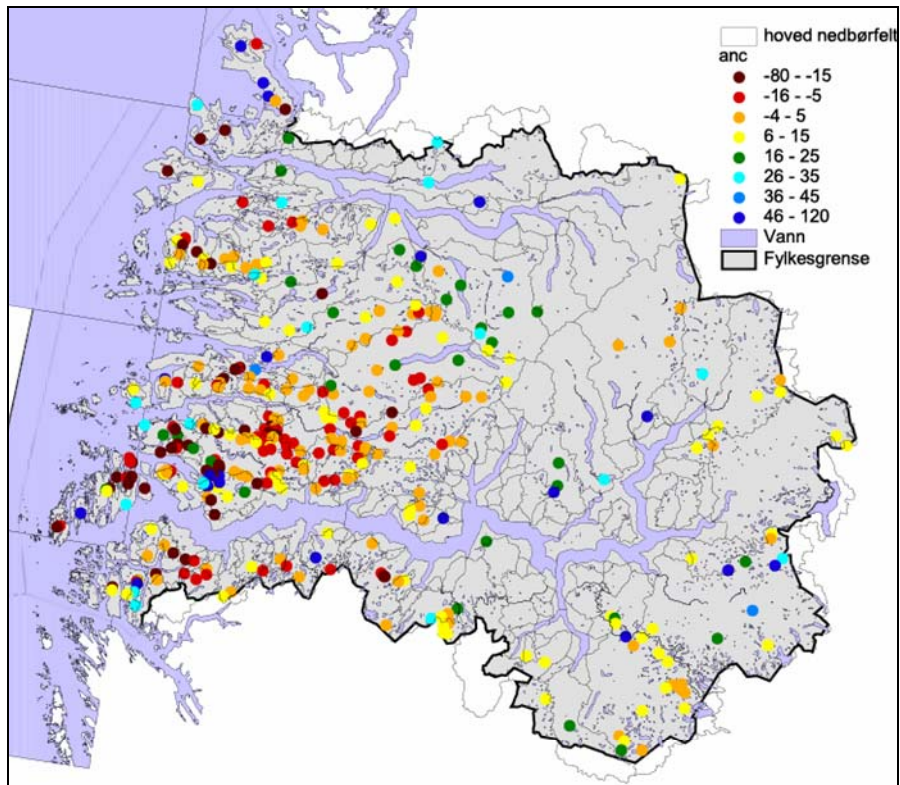
For to vassdrag finnes det innsjødata, men ikke data fra elva. For Indrehuselva foreslår vi kategori 2 basert på innsjødata. Dette viser at vassdraget kan være påvirket av forsuring og at oppfølgende undersøkelser av vassdraget bør vurderes. For Ryggelva foreslår vi kategori 3 basert på innsjødata. Basert på den erfaring at innsjødata ofte gir en kategori lavere, indikerer dette at Ryggelva trolig er lite forsuringspåvirket.



Figur 7. pH for innsjøer i Sogn og Fjordane.



Figur 8. Konsentrasjon av labilt aluminium (LAI;  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) i innsjøer i Sogn og Fjordane.



**Figur 9.** ANC verdier ( $\mu\text{eq L}^{-1}$ ) i innsjøer i Sogn og Fjordane.

**Tabell 5.** Kategorisering av vannkvalitet basert på elvedata (Tabell 3) og basert på vannkjemiske analyser av innsjøer innenfor de samme vassdragene. Kategoriseringen er basert på grensene gitt i Tabell 2.

Vass.nr.	Navn	Elvedata	Kategorier basert på innsjødata			
		Kategori	pH	LAI	ANC	Samlet
072,Z	Aurlandselva	4	3-4	4	2	3-4
080,4Z	Bøelva	2	3	3	2	2
079,Z	Daleelva, Høyanger	2	3			(3)
082,5Z	Dalselva, Dale (Vassdalselva)	3	2	4	2	2
089,Z	Eidselva	3				
091,3Z	Ervikelva	4	4	4	1-4	3
082,Z	Flekkeelva	2	2	2	2	2
072,2Z	Flåmselva	4				
083,Z	Gaula	3	2	4	2	2
087,Z	Gløppenelva	4	3-4	4	2-3	3
089,4Z	Hjalma	3				
086,8Z	Hopselva	2	3			(3)
086,1Z	Indrehuselva		2	2	2	2
084,Z	Jølstra	3	2	2	2	2
089,5Z	Kjølisdalselva	3				
083,2Z	Kvamselva	3	2	4	2	2
088,2Z	Loenelva	4				
082,32Z	Lona	2	2	2	2	2
073,Z	Lærdalselva	4	4	4	3-4	4
075,4Z	Mørkriselva	4				
084,7Z	Nausta	3	2	2	2	2
071,Z	Nærøy	4				
088,1Z	Oldenelva	4				
085,Z	Osenvassdraget	3	2			(2)
083,4z	Rivedalselva	1	2	2	2	2
087,1Z	Ryggelva		4	2-4	3	3
077,3Z	Sogndalselva	3				
088,Z	Stryneelv	4				
070,Z	Vikja	4	4			(4)
080,21Z	Ytredalselva	2	2	2	2	2
077,Z	Årøyelva	4				

## 4. Oppsummering

Laksebestandene i Sogn og Fjordane er utsatt for en rekke påvirkningsfaktorer som kan bidra til å svekke bestandene. Lakselus, vassdragsregulering, *Gyrodactylus salaris*, konkurranse fra rømt oppdrettsfisk og påvirkning fra langtransporterte luftforurensninger (sur nedbør), herunder effekter av Al i sjøvann, kan alle bidra til å svekke bestandene. Mange elver har naturlig marginal vannkjemi eller temperaturforhold. Formålet med denne rapporten er å presentere en gjennomgang av de data som finnes og som kan brukes til å vurdere i hvilken grad sur nedbør har bidratt til å svekke laksebestandene. Vi har således ikke vurdert i hvilken grad andre trusselfaktorer påvirker bestanden og dermed heller ikke forsøkt å lage en prioritering av de ulike trusselfaktorene.

Nedfallet av menneskeskapte luftforurensninger i Sogn og Fjordane er lite, men likevel stort nok til å ha bidratt til betydelig svekkelse av laksebestandene i en rekke vassdrag. Variasjonen i effekter innen fylket skyldes regionale og lokale forskjeller i geologi, nedbørintensitet og deponisjon av forsurende komponenter. Gjennomgangen av vannkjemidata fra fylket antyder at forsuring kan ha bidratt til å svekke laksebestander i vassdrag særlig i ytre deler av fylket, spesielt i Sunnfjord, men også i ytre/midtre Sogn og enkelte mindre vassdrag i Nordfjord.

Det er relativt begrenset overvåking av vassdragene i Sogn og Fjordane. Det foreligger riktignok data i en eller annen form fra rundt 40 antatt lakseførende vassdrag i fylket. Kun et fåtall av disse har imidlertid den oppløsning og datasammensetning som er ønskelig for å gjøre en god vurdering av hvordan forsuring kan bidra til å påvirke bestanden. For mange av elvene er vurderingene usikre fordi det tilgjengelige datamaterialet er lite. Mange av vassdragene er plassert i kategoriene 2 og 3 (sannsynlig eller mulig påvirket av forsuring) på et svært tynt datagrunnlag. Videre undersøkelser vil være nødvendig for å kunne vurdere bedre i hvor stor grad forsuring er et problem for bestanden.

I områder med naturlig marginal vannkvalitet har forholdene under spesielle episoder, særlig under kraftig storm med stort nedfall av sjøsalter vist seg å spille en vesentlig rolle. Vannkvaliteten kan være akseptabel under normale forhold, men kan bli giftig for laks i forbindelse med forsuringsepisoder. En tilfeldig innsamlet vannprøve, eller en prøve samlet inn for annet formål, kan derfor være lite informativ eller til og med misvisende.

Forsuringssituasjonen i enkelte vassdrag kan ha blitt betydelig forverret på grunn av vassdragsregulering. I perioder hvor vann holdes tilbake ovenfor kraftverk vil vannføringen på anadrom strekning kunne domineres av vann fra sidebekker. Hvis disse er sure vil vannkvaliteten på anadrom strekning kunne bli kritisk uten at dette nødvendigvis påvises når vannprøver tas sjeldent. Samme fenomen er også beskrevet fra uregulerte vassdrag som har større innsjøer i hovedelva.

For vassdrag der data fra selve vassdraget mangler kan data fra innsjøer innen samme nedbørfelt gi indikasjon om vannkvaliteten i vassdraget. Slike data kan bidra til å vurdere om videre undersøkelser bør iverksettes.



## Referanser

- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S. E., Gladsø, J. A., og Kleiven, E. 2001. Fiskebiologiske undersøkelser I jostedøla høsten 2000. LFI-rapport 17, Lab. For ferskvannøkologi og innlandsfiske, Universitetet I Bergen., Bergen.
- Bjerknes, V. 1995. Temperatur og fiskeproduksjon i Vetlefjordelva etter regulering. Vurdering av skisse til manøvreringsreglement. 1995-3245, NIVA, Oslo.
- Bjerknes, V. og Bækken, T. 1994. Vannkvalitet, bunndyr og fisk i Vetlefjordelva 1993-94. 1994-3143, NIVA, Oslo.
- Bjerknes, V., Barlaup, B. T., Gabrielsen, S. E., Hindar, A., Kleiven, E., Kvellestad, A., Raddum, G. G., Skiple, A., og Åtland, Å. 1998a. Undersøkelse av vassdrag med anadrome fiskebestander i Sogn og Fjordane. 1998-3950, NIVA, Oslo.
- Bjerknes, V., Barlaup, B. T., Kleiven, E., Kvellestad, A., Raddum, G. G., og Åtland, Å. 1998b. Vannkvalitet, regulering og anadrom fisk i Vetlefjordelva i Sogn og Fjordane. 1998-3606, NIVA, Oslo.
- Dalziel, T. R. K., Kroglund, F., Lien, L., og Rosseland, B. O. 1995. The ReFISH (Restoring endangered fish in stressed habitats) project, 1988-1994. *Water Air Soil Pollut* 85: 321-326.
- DN. 2001. Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Utredning 2001-2, DN, Trondheim.
- DN. 2001. Kalking i vann og vassdrag. Overvåkning av større prosjekter 2000. Notat 2001-2 TE 1013,
- Hellen, B. A., Kålås, S., og Sægrov, H. 1996. Fiskeundersøkingar i Nærøydalselva og Flåmselva i 1996. 353, Rådgivende biologer, Bergen.
- Henriksen, A. og Snekvik, E. 1979. Kjemisk analyse av elveprøver fra Sørlandet til Øst-Finnmark. Oslo-Ås (SNSF-prosjektet, TN 51/79).
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I., and Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway - present and predicted chemical status. *Ambio* 17: 259-266.
- Hindar, A. 1997. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet – vurdering av behovet for tiltak. 1997-3756, NIVA, Oslo.
- Hindar, A., Kroglund, F., og Skiple, A. 1995. Kalkingsplan for Guddalsvassdraget i Sogn og Fjordane. 1995-3388, NIVA, Oslo.
- Hindar, A., Kroglund, F., og Skiple, A. 1997. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet – vurdering av behovet for tiltak. 1997-3060, NIVA, Oslo.
- Hindar, A., Åtland, Å., Teien, H. C., Salbu, B., ohansen, M. B., addum, G. G., jerknes, V., og kancke, L. B. 2000. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å studere mulige forsøringsproblemer i vassdrag i Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999. 2000-4256, NIVA, Oslo.
- Hongve, D. 1999. Production of dissolved organic carbon in forested catchments. *Journal of Hydrology* 224: 91-99.
- Jonson, N. og Blakar, I. 1987. Kjemisk overvåking av norske vassdrag 1986. Rapport fra fiskeforskningen 1987-1, Direktoratetfor naturforvaltning,
- Kaste, Ø., Hindar, A., Kroglund, F., Blakar, I., Holmqvist, E., Brandrud, T. E., og Johansen, S. W. 1995. Tiltak mot forsuring av Suldalslågen. Kalkingsplan. 1995-3256, NIVA, Oslo.
- Kroglund, F. og Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 56: 2078-2086.
- Kroglund, F., Berntssen, M. H. G., Åtland, Å., og Rosseland, B. O. 1993. Er laksen truet ved selv svært moderate forsuring ? Eksempler fra Vosso, Hordaland, 1993. 2947, NIVA, Oslo. 27 pp.
- Kroglund, F., Finstad, B., Staurnes, M., Rosseland, B. O., Hektoen, H., Van Berkum, T., og Iversen, M. 1996. Vannkvalitetskrav til laksesmolt: undersøkelse av smoltkvalitet i ulike vassdrag. Notat for DN
- Kroglund, F., Rosseland, B. O., Larsen, B. M., Kvellestad, A., og Finstad, B. 1996. Fastsettelse av forsøringsnivå i ulike Vestlandsvassdrag basert på økofysiologiske og økotoksikologiske metoder. DN-notat
- Kroglund, F., Teien, H. C., Lucassen, E., Håvardstun, J., Rosseland, B. O., Salbu, B., og Pettersen, M. N. 1999. Avgiftingsrater til aluminium i humusrike vannkvaliteter og effekter på fisk. I. Reetableringsprosjektet, årsrapport 1998. Utredning 1999-7, DN, Trondheim. 40 pp.
- Kroglund, F., Teien, H. C., Rosseland, B. O., og Salbu, B. 2001. Time and pH-dependant detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. *Water Air Soil Pollut.* 130: 905-910.
- Kroglund, F., Teien, H. C., Rosseland, B. O., Lucassen, E., Salbu, B., og Åtland, Å. 1998. Endring i aluminiumsgiftighet i en humus-fattig elv ved bruk av kjemiske tiltak. Forsøk med laksesmolt i Suldalslågen. 3970, NIVA, Oslo.

- Kroglund, F., Teien, H. C., Rosseland, B. O., Salbu, B., og Lucassen, E. C. H. E. T. 2001. Water quality dependent recovery from aluminum stress in Atlantic salmon smolts. *Water Air Soil Pollut.* 130: 911-916.
- Kroglund, F., Wright, R. F., og Burchart, C. 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. *Naturens Tålegrenser Fagrapport 111*, Norwegian Institute for Water Research, Oslo. 61 pp.
- Kroglund, F. og B. Finstad. 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture*. In press.
- Lacroix, G. L., 1989. Ecological and Physiological Responses of Atlantic Salmon in Acidic Organic Rivers of Nova Scotia, Canada. *Water, Air and Soil Pollution Waplac*, Vol.46, No.1 4, p 375 386, July/August 1989.6 fig, 2 tab, 39 ref.
- Lydersen, E., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Lien, L., Lindstrøm, E.-A., Mjelde, M., Oredalen, T. J., Solheim, A. L., og Rørslett, B. 2000. Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999 - Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet. 4307, NIVA, Oslo.
- McCormick, S. D., Saunders, R. L., og MacIntyre, A. D., 1989. The effect of salinity and ration level on growth rate and conversion efficiency of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Salmonid Smoltification III. Proceedings Of A Workshop Sponsored By The Directorate For Nature Management, Norwegian Fisheries Research Council, Norwegian Smolt Producers Association And Statkraft, Held At The University Of Trondheim, Norway, 27 June 1989* 173-180.
- Mueller, M. E., Sanchez, D. A., Bergman, H. L., McDonald, D. G., Rhem, R. G., og Wood, C. M. 1991. Nature and time course of acclimation to aluminum in juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*). 2. Gill history. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 48: 2016-2027.
- Poleo, A. B. S., Scholden, J., og Hytterød, S. 2001. Adaptasjon hos fisk eksponert for surt Al-rikt vann. *Vann 4b*: 420-426.
- Rosseland, B. O. og Staurnes, M. 1994. Physiological Mechanisms for Toxic Effects and Resistance to Acidic Water: An Ecophysiological and Ecotoxicological Approach, p.227-246, *In*: C.E.W Steinberg and R.F.Wright, *Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future*, John Wiley & Sons Ltd.,
- Rosseland, B. O., Kroglund, F., Staurnes, M., Hindar, A., og Kvellestad, A. 2001. The super-sensitivity of the Atlantic salmon smolt stage prohibit strategic use of genetic tolerance to acid water in management programs. *Water Air Soil Pollut.* 130: 899-904.
- SFT. 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2000. Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 834/01, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. 197 pp.
- Skjelkvåle, B. L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T. S., Lien, L., Lydersen, E., and Buan, A. K. 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 677/96, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. 73 pp.
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F., og Teien, H. C. 2000. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999. Oppdragsmelding 672, NINA, Trondheim. 24 pp.
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F., Teien, H. C., og Berger, H. M. 2001. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2000. Oppdragsmelding 732, NINA, Trondheim. 31 pp.
- Sægrov, H og Johnsen, G. H. 1996. Vasskvalitet, botndyr og ungfisk i Bøfjordelven i 1995, Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane. 215, Rådgivende biologer, Bergen.
- Teien, H. C., Standring, W., Salbu, B., og Hindar, A. 2002. Flomdynamikk i forsurede elver, vannkjemiske endringer og biologisk respons i to elver og en simulert estuarieblandsone under flom. 2002-4455, NIVA, Oslo.
- Vuorinen, Rask, og Uomela. 1994. The sensitivity of acidity and Al of newly hatched perch originating from strains from four lakes with different degree of acidity. p.273-282, *In*: Mueller, R. and Lloyd, R., *Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish*, Blackwell, Cambridge,
- Aas, W., Tørseth, K., Solberg, S., Berg, T., Manø, S., og Yttri, K. E. 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2000. Rapport 828/2001, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norge.
- Åtland, Å., Bjerknes, V., Barlaup, B. T., Kvellestad, A., Raddum, G. G., og Sundt, R. 1998. Undersøkelse av regulerte vassdrag med anadrome fiskebestander i Høyanger kommune, Sogn og Fjordane. 1998-3812, NIVA, Oslo.
- Åtland, Å. Bjerknes, V. Barlaup, B., Gabrielsen, S.E., Hindar, A., Kleiven, E., Kvellestad, E., Raddum, G., Skiple, A., 1998. Vannkvalitet og anadrom fisk i Høyanger- og Ortneviksvassdraget i Sogn og Fjordane. 1998-3891, NIVA, Oslo.

## **Vedlegg A. Enkeltvis vurdering av utvalgte elver**

I det følgende er gitt en oppsummering av vannkvaliteten for en rekke utvalgte elver i Sogn og Fjordane. Utvalget av elver er gjort ut fra den generelle vurderingene presentert i de foregående kapitler samt vurdering av forsureningsstrussel oppsummert i DN's Utredning 2001-2 .

Vurderingene er basert på data fra tidligere undersøkelser. I vurderingene er hovedvekten lagt på de av tidligere undersøkelser som anses mest relevante i forhold til å beskrive den totale vannkjemiske status for vassdraget med hensyn på forurensingsfølsomhet. For en del av vassdragene er det gjort en rekke grundige undersøkelser, mens for andre vassdrag er fullstendig analyse av vannkemi fraværende. I tilfeller hvor vannkjemiske undersøkelser av vassdraget mangler har vi brukt data fra den regionale innsjøovervåkingen sammen med geologiske kart for å gi en vurdering av i hvilken grad vassdraget kan være forurensningsutsatt.

## **Bøelva**

### **1. Vassdragsbeskrivelse**

Vassdragsnr.: 080.4Z

Middelvannføring: 8,4 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Sterkt regulert.

Inngrep: Vassdraget er kalket fra 1993.

### **2. Tilgjengelige data**

Sægrov og Johnsen (1996): 1 stasjon, 4 prøvetakinger nederst i vassdraget okt. 1993 og 1994, april og nov. 1995.: pH 5,8-6,2. RAL 55-94 µg/l, LAL 0-5 µg/l, Ca 0,8 - 1,7 mg/l.

Stikkprøve nov 1995 i sideelv nede i vassdraget: pH 5,45, RAL 86 og LAL 8 µg/l.

Vassdraget er dominert av laks. Histologiske undersøkelser av gjeller viste normal tilstand for både ørret og laks.

Redusert vannføring i øvre deler begrenser gyting/oppvekstområder. Bunndyr viser god vannkvalitet.

Lite, ukalket sidevassdrag kan gjøre seg noe gjeldene ved lav vannføring i hovedvassdrag, men innsjø demper eventuelle episoder.

### **3. Konklusjon**

Vassdraget er forsuret. Så lenge kalkingen fortsetter synes reguleringen å være mest begrensende for fiskebestanden. Behovet for kalking gjør at vassdraget er satt i kategori 2.

## Daleelva / Høyangervassdraget

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 079.Z

Vannføring: Ca 0,7 -8 m<sup>3</sup>/s (hhv vinter/sommer)

Reguleringer: Vassdraget sterkt regulert. Også overføringer.

Øvrige inngrep: Terskler i anadrom strekning. Noe kalking.

### 2. Tilgjengelige data

Hindar, A. (1997):

Undersøkelser for kalkingsplan. 5 stasjoner, 4 prøvetakinger april - juni 1997.

Nederst i vassdraget: pH stabil på 5,9, Ca 0,5 - 0,8 mg/l, Alk-E 6 -13 µekv/l, LAL 10-21 µg/l, TOC 0,2 -0,8 mg/l, SO<sub>4</sub>\* 20 -26 µekv/l.

Øvrige deler av vassdraget: pH 5,6 - 6,1, Ca 0,2 - 1,6, LAL 8 -69 µg/l. Påvirket av kalking i nedre deler.

Anbefales fullkalking.

Åtland m.fl. (1998):

6 stasjoner, 2 prøvetakinger i sept og okt 1997.

pH 6,0 nederst i vassdraget, 5,8 - 6,1 på øvrige stasjoner. LAL 6-11 µg/l nederst, opp til 46 µg/l i sidevassdrag (Siplaelva).

Ca 0,4 - 0,7 mg/l nederst, 0,3 - 1,7 mg/l på øvrige stasjoner. Høy nitrat (375 µgN/l) i Siplaelva.

Fiskedød observert i april 1997. Al-utfelling på gjeller trolig årsak.

### 3. Konklusjon

Til dels dårlig vannkvalitet i sidevassdrag. Lav TOC øker fare for Al-effekter under episoder. Relativt stabil, men marginal vannkvalitet nederst i vassdraget. Selv om det rapporteres om gode bestander av laks og ørret i vassdraget, må det konkluderes med at vassdraget er forsuringpåvirket. Laks har økende dominans grunnet utsetting. Forsuringsepisodene kan forsterkes som følge av reguleringene. Vassdraget plasseres i kategori 2.

## Eidselva

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 089.z  
Middelvannføring: 26 m<sup>3</sup>/s  
Reguleringer: Noe  
Inngrep: Forbygninger

### 2. Tilgjengelige data

Lite data finnes. To prøver fra Fylkesmannen ble analysert i 1994. I tillegg finnes upubliserte data fra A. Hobæk.

Data fra Fylkesmannen viser pH på 6.1, Alk på 24 µeq/l, Ca konsentrasjon på 0.8 mg/l og ANC på 13 µeq/l. Hobæk sine data viser at sidebekker med pH < 5.5 og LAI > 50 finnes.

### 3. Konklusjon

Basert på det sparsommelige datamateriale som finnes, plasserer vi vassdraget i kategori 3.

## **Flekkelva /Guddalsvassdraget**

### **1. Vassdragsbeskrivelse**

Vassdragsnr.: 082.Z

Middelvannføring: 23 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Ingen

Inngrep: Elva kalket siden 1997.

### **2. Tilgjengelige data**

Bjerknes m.fl. (1998): 5 stasjoner, 6 prøvetakinger (nov 1994 og mai 1995).

Ved utløpet (st.15): pH 5,3 - 5,5, Ca 0,5 mg/l, CL 4 -6 mg/l, ikke-marin sulfat 17(mai) - 26 (nov) µekv/l, TOC 1,7 (mai) - 2,3(nov) mg/l,

LAL 3 (nov.) - 20 (mai) µg/l. ANC nær 0 µekv/l om våren, ca 10 om høsten. Sidevassdrag pH 5, -5,8.

Best vannkvalitet i Slokedalen (sørvest),

dårligst i Guddalselva og Tjøredalselva (østlige områder av nedbørfeltet).

DN, 2001: Betydelig forbedret vannkvalitet etter kalking.

### **3. Konklusjon**

Elva var i utgangspunktet marginal for laks. Kalking er igangsatt. Både moderat TOC og store innsjøer innen vassdraget vil bidra til å demper episoder er gunstig. Etter kalking betydelig forbedret vannkvalitet. Vassdraget er plassert i kategori 2 ettersom kalking fortsatt er nødvendig for å opprettholde en livskraftig laksebestand.

## Gaula

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 083.Z  
Middelvannføring: 51 m<sup>3</sup>/s  
Reguleringer: Vernet  
Inngrep: Lite

### 2. Tilgjengelige data

SFT (2001):

Eldalselva: SO<sub>4</sub>\* redusert fra 26 µekv/l i 1980 til 11 µekv/l i 2000, en reduksjon på 58%.

Årsmiddelverdien for klorid har variert mellom 1,2 og 4,9 mg/l.

Endringer i årsmiddelverdi fra 1990 til 2000: pH 5,3 -5,7, LAL 46 -12 µg/l, ANC -11 - 5 µekv/l.

Bjerknes m.fl. (1998):

6 stasjoner (utløp, 2 hovedgrener og 3 sideelver), 3 prøvetakinger (sept., okt. 1997 og april 1998).

Utløp: pH 5,8 - 6,0, Ca 0,5 - 0,6, Alk-E: 13 - 20, LAL 0 - 6, TOC 1,6 -1,7, SO<sub>4</sub>\* 16 - 15 µekv/l.

Sidevassdrag i nedre del (Årøyelva og Stordalen) har tynn vannkvalitet: pH 5,2 - 5,7, Ca 0,2 - 0,4 mg/l, Alk-E 3 -12 µekv/l, LAL 2 -10 µg/l, TOC 2-4 mg/l.

Søndre hovedgren også tynn vannkvalitet: Ca 0,3 mg/l og pH 5,4 -5,8. Bedre i nordre hovedgren: Ca 0,5 mg/l, pH 6,0 -6,1.

Bunndyr indikerer markert forsuring i sydlige deler av nedbørfeltet, liten grad av forsuring i nordre deler, samt hovedelva.

Variabel, men til dels god tetthet av ungfisk av laks.

Hindar m.fl. (2000).

Studier av flomeepisoder. 6 stasjoner i hovedvassdrag og store sidevassdrag. 4 stasjoner i sidebekker til Viksdalsvatn. 7 prøvetakinger, jan til juni 1999.

Osen: pH 5,7 - 6,0, Ca 0,5 - 0,8 mg/l, Alk-E 8 -12 µekv/l, LAL 3 -16 µg/l, TOC 1,1 - 2,3, ANC 14 -23 µekv/l.

Sure sideelver nede i vassdraget (Årøyelva og Stordalen): pH 5,1 - 5,8, Ca 0,2 - 0,6 mg/l,

Alk-E 0 -8 µekv/l, LAL 1 -23 µg/l, TOC 1,6 - 5,8 mg/l. ANC episodisk negativ.

Sure bekker til Viksdalsvatnet: pH ned til 5,0 og LAL opp til 89 µg/l. Episodisk negativ ANC.

Bunndyranalyser indikerer ubetydelig forsuring i hovedelva, men markert forsuring av sidefeltene i nedre del av vassdraget.

Relativt høye konsentrasjoner av Al på gjeller og omfattende gjelleforandringer registrert i sure sideelver.

DN, 2001: Utsetting av 200 000 - 250 000 startfora laksunger. Effekter av utsetting ukjent.

### 3. Konklusjon

Vannkvaliteten i hovedvassdraget er marginal men akseptabel. Store innsjøer demper episoder.

Episodisk problematisk vannkvalitet i sidevassdrag i nedre deler (Årøyelva, Stordalen) med meget forsuringfølsom vannkvalitet. Når vannkvaliteten i disse er kritisk kan disse bidra til episoder på anadrom strekning av vassdraget.



## Hopselva

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 086.8z

Middelvannføring: 7.2 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Lite

Inngrep: Terskler og forbygninger

### 2. Tilgjengelige data

Hopselva inngikk i DVF elveovervåkingserie (lokalitet 71) i 1986 og 1987. I 1987 var midlere pH på prøvetakingssatsjonen 5.90 mens midlere kalsiumkonsentrasjon var på 0,97 mg Ca/l. Det er ikke mulig på bakgrunn av dette datamaterialet å konkludere med endringer i vannkvalitet.

DN (2001): Det er noe utsetting av lakseyngel fram til 1998.

### 3. Konklusjon

Vassdraget hadde i 1986 og 1987 en pH-verdi i underkant av 6 og hadde et lavt fargetall.

Konsentrasjonen av aluminium i vassdraget er ikke målt. Forsuringsstatus i dag er derfor usikker, men er satt til 2 på grunn av lav ANC.

## Jølstra

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 084.Z

Middelvannføring: 52 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Elvekraftverk

Andre inngrep: Forbygninger. Terskler.

### 2. Tilgjengelige data

Jølstra er undersøkt i 1994 (Bjerknes m.fl., 1998): 5 lokaliteter prøvetatt 6 ganger (mai, juni og november). Bidrag fra Anga og Åsvatn har noe forhøyet uorganisk aluminium (max 14µg/l LAL, RAL opp til 55 - 66 µg/l). Laveste registrerte pH : 5,63 (Åsvatn).

Flomundersøkelse i 1999 (Hindar m.fl., 2000): 5 lokaliteter prøvetatt for vannkjemi 7 ganger (januar - juni). I tillegg ble det tatt bunndyr og utført gjelleundersøkelser på aure og laks.

Konklusjon: Generelt lave (< 10 µg/l LAL). Tendenser til episodisk aluminiumsmobilisering i Sagelva (RAL opp til 57 og LAL opp til 16 µg/l, laveste ANC 13 µekv/l, TOC 2,0- 3,7).

Høye Al-verdier på laksegjeller (165 ± 179 µg/g) som kan skyldes forhøyet Al i vann under episoder.

Forsuringsindeksen for bunndyr i Anga kategoriserer sideelven som moderat forsuret.

Data fra RB Kalkingsplan: 3 stasjoner (Staklefossen, Brulandsfossen og Vie) prøvetatt mai og september 1996. pH-verdier fra 6,1 til 6,3.

### 3. Konklusjon

I hvilken grad laksebestanden i Jølstra er påvirket av forsuring er kontroversielt. Vannkvaliteten er marginal og kan i perioder være kritisk for laks. Under sjøsaltepisoder kan skadelig vannkjemi oppstå. Skader vil også kunne oppstå når vannbidraget fra Anga er større enn vannbidraget fra regulert felt. Akseptabel vannkvalitet for laks under normale forhold. Gjelleprøver indikerer et potensielt problem med Al-mobilisering under flom. Vannkvaliteten i innsjøer innenfor vassdraget er også marginal. Det vurderes som mulig at laksebestanden er påvirket av forsuring og vassdraget plasseres i kategori 3.

## **Kvamselva**

### **1. Vassdragsbeskrivelse**

Vassdragsnr.: 083.2Z

Middelvannføring: 3,5 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Ikke regulert.

Inngrep: Lite

### **2. Tilgjengelige data**

Fiskeundersøkelser høsten 2000 (DN, 2001): Høy tetthet av både laks- og aureunger.

Vannkjemien lite og ufullstendig undersøkt.

pH og farge målt i 1996 i forbindelse med kalkingsplan. Utløpet av største innsjø i hovedvassdraget, Gjøsetvatn: pH 5,4 - 6,0 og farge 25 -43. Stor sidebekk fra Stangavatnet: pH 5,9 - 6,2 og farge 35 - 74.

NIVA lnr. 1914/86: Analyser i tilgrensende nedbørfelt i Gaularvassdraget (Åmotselva): Ca: 0,6 -0,8 mg/l, pH >6,0 og LAL 1 -3 µg/l.

### **3. Konklusjon**

Kvamselva har større motstandskraft mot forsuring (høyere innhold av Ca og humus) enn vestenforliggende Rivedalselva. Lave pH-verdier gjør at forsuring ikke kan utelukkes som trusselsfaktor. Basert på pH og ANC i innsjøer er vassdraget satt i kategori 3.

## Lona

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 082.32Z  
Middelvannføring: 1,3 m<sup>3</sup>/s  
Reguleringer: Ingen.  
Inngrep: Forbygninger.

### 2. Tilgjengelige data

Bjerknes m.fl. (1998): Målinger nederst i vassdraget høsten 1997 og våren 1998 viste variabel, men god vannkvalitet (pH 5,6 - 6,4, Ca 1,3 - 1,6 mg/l, Alk-E: 19 - 51 µekv/l, LAL 0 - 4 µg/l, TOC 3,6 -5,7, Cl 6 - 11 mg/l, ikke-marin sulfat 18 -39 µekv/l, Nitrat 97 - 230 mgN/l, ANC 20 - 55 µekv/l).

Bunndyrundersøkelsene viste god vannkvalitet mhp forsurening.

Fiskeundersøkelser viser høye tettheter av aure. Lokalt god tetthet av eldre laksunger, men årsyngel av laks ikke observert høsten 1997. Dominans av ørret kan være forårsaket av fysiske og hydrologiske forhold, men muligens også av vannkjemi (sjøsalt-episoder og relativt høye konsentrasjoner av sure anioner).

Hindar m.fl. (2000): Studie av flomepisoder første halvår 1999. Svært variabel vannkjemi under flomperioder. ANC registrert fra < 0 til 100 µekv/l. pH 5,5 - 6,6 nederst i vassdraget, 5,2 -6,5 i øvre deler. LAL <10 µg/l nederst, opp til 23 µg/l i øvre deler. Marginal vannkvalitet i flomepisoder, særlig øverst i vassdraget.

Teien m.fl. (2002): Økt total Al under flomepisoder, men konsentrasjonen av labilt aluminium lavt grunnet moderate konsentrasjoner av TOC. Al-avsetning på fiskegjeller lav. Eksperimentelle undersøkelser viste at innblanding av sjøvann mobiliserte labilt aluminium fra kolloidalt materiale og ga økt avsetning av Al på fiskegjeller.

### 3. Konklusjon

Lona har svært variabel vannkvalitet for laks i nedre områder og trolig for dårlig vannkvalitet i øvre områder for laks. Sjøsaltepisoder kan være kritiske, spesielt under smoltutgang. Vannkvaliteten synes å være tilstrekkelig god for bunndyr og ørret, men marginal for laks. Vassdraget er plassert i kategori 2.

## Nausta

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 084.7Z  
Middelvannføring: 23 m<sup>3</sup>/s  
Reguleringer: Ikke regulert.  
Inngrep: Forbygninger. Terskler.

### 2. Tilgjengelige data

SFT (2001): 1 stasjon i hovedvassdraget, og sideelven Trodøla. Ukentlig prøvetaking. Ikke-marin sulfat i hovedvassdrag halvert fra 1980 (21 µekv/l) til 2000 (10 µekv/l). Konsentrasjonen av sulfat er nær forventet bakgrunnsnivå. ANC økt fra 2 µekv/l i 1980 til 18 µekv/l i 2000. Årsmiddelverdi for pH økt fra 5,6 til 5,9 i samme periode. Lavest årsmiddel for pH (5,5) og høyest for LAL (19 µg/l) i 1990. 5 µg/l LAL i 2000. Bunndyrundersøkelser viste moderate skader, men vannkvaliteten ble vurdert å være tilfredstillende mhp forsurening.

Nausta er undersøkt i 1994 (Bjerknes m.fl., 1998a). 5 lokaliteter, 6 prøvetakinger (3 i mai, 1 i juni og 2 i november). Trodøla dårligst kvalitet av sidevassdragene pH<5,5, ANC ned mot 0 µekv/l og maksimum av LAL 16 µg/l. Hovedvassdrag svært variabel vannkjemi, pH 5,3 - 6,4, ANC 0 -80 µekv/l og LAL 0 -29.

Undersøkelser 1997-1998 (Bjerknes m.fl., 1998b). 6 lokaliteter, 2 -3 prøvetakinger (Høst 1997 og vår 1998). Tynn vannkvalitet (ANC < 20 µekv/l). pH ned mot 5,6 - 5,7 i i Trodøla og Hyelva. pH rundt 6,0 i hovedvassdraget. Gjennomgående lav LAL (0 - 8 µg/l).

Flomundersøkelse i 1999 (Hindar m.fl., 2000): 4 stasjoner, 7 prøvetakinger (jan -juni 1999). pH-verdier om området 5,4-6,2, lavest i Trodøla og Hyelva. LAL 1 -7 µg/l i hovedvassdraget. Ingen Al-mobilisering under snøsmelting. Noe forhøyet konsentrasjoen av Al på fiskegjeller etter flom (Hyelva). Bunndyrundersøkelser viser ubetydelig forsuret vannkvalitet.

### 3. Konklusjon

Vassdraget hadde tidligere en vannkvalitet som kunne være kritisk for laks. Dagens vannkvalitet er fortsatt marginal. Sulfatkonsentrasjonen i vann er meget lav, og nærmer seg verdier ved bakgrunnsstasjoner i deler av landet som har lavest svoveldeposisjon. Kritiske episoder vil fortsatt kunne oppstå i forbindelse med sjøsaltepisoder. Vannkvaliteten i innsjøene er marginale. Vassdraget er satt til kategori 3.

## Osenvassdraget

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 085.Z

Middelvannføring: 20 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Regulert fra 1986.

Andre inngrep: Lite

### 2. Tilgjengelige data

DN (2001): Fiskeundersøkelser viste god bestand av laks.

Bjerknes m.fl. (1998b): 3 stasjoner (1 i hovedvassdrag, 2 i sidevassdrag), 5 -6 prøvetakinger mai - desember 1994. Forsuringsfølsomt (Ca: 0,6 -0,7 mg/l i hovedvassdrag, 0,4 - 1,0 mg/l i sidevassdrag. pH 5,6 - 5,9 i hovedvassdrag. LAL < 10 µg/l på alle 3 stasjoner. Moderat innhold av humus (TOC 2 -3 mg/l). Lav sulfatkonsentrasjon ( ikke-marin sulfat 16 µekv/l i 1994). Trolig nedgang i sulfat etter 1994. Fra 1994 til 2000 gikk ikke-marin sulfat ned fra 15 til 10 µekv/l i det tilgrensende Naustavassdraget.

### 3. Konklusjon

Vassdraget har en marginal vannkvalitet. Periodisk lave pH-verdier gjør at forsurening ikke kan utelukkes som trusselsfaktor men store innsjøer i hovedvassdraget demper episoder og moderat TOC-innhold binder aluminium. Vassdraget er plassert i kategori 3.

## Rivedalselva

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 083.4Z

Middelvannføring: 1,7 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: Ikke regulert

Inngrep: Lite

### 2. Tilgjengelige data

Omtalt i DN (2001) som "litt påvirket av forsurening". Lite laks og bra med ørret i elva.

Data fra kalkingsplan. Bare pH og farge fra mai og okt 1996. pH 5,45 - 5,92 i elva. Verdier mellom 5,0 og 6,0 i overliggende vann. Farge < 20.

Kalkfattig berggrunn (mangeritt, hyperstensyenitt, jotunit, samt litt båndgneiss/glimmergneis).

2 innsjøer i tilgrensende nedbørfelt i samme geologiske formasjon er undersøkt i 1000-sjøers undersøkelsene i 1985 og 1995 (Stordalsvatnet og Krokavatnet). Begge vann hadde meget tynn vannkvalitet (i 1995, Ca: 0,2- - 0,4 mg/l, pH: 5,2 - 5,3 , ikkemarin sulfat 15 µekv/l, LAL 14-21 µg/l og 0 alkalitet). Også undersøkt i mars 1976, da kloridverdier på 8,5 mg/l og pH 4,8 ble målt i Krokavatn. Dette viser at sjøsaltepisoder med forsurening forekommer i området.

### 3. Konklusjon

Trolig marginal vannkvalitet fra naturens side. Vannkvaliteten i innsjøer innen nedslagsfeltet er marginale. Det er påvist lave pH-verdier i vassdraget og forsureningseffekter er sannsynlig. Bestanden er definert som utdødd. Vassdraget er plassert i kategori 1.

## Ytredalselva

### 1. Vassdragsbeskrivelse

Vassdragsnr.: 080.21Z

Middelvannføring: 2,7 m<sup>3</sup>/s

Reguleringer: 7% av nedbørfelt overført.

Øvrige inngrep: lite.

### 2. Tilgjengelige data

Bjerknes m.fl. (1998a):

1 stasjon nederst i vassdraget, 3 prøvetakinger (sept., okt. 1997 og april 1998).

pH 5,8 -6,1, Ca 0,6 - 0,7 mg/l, Alk-E 16 -21µekv/l, RAL 46 - 58 µg/l, LAL 0 - 8 µg/l, TOC 1,8 -2,7 mg/l, ikkemarin sulfat 20 µekv/l.

God bestand av ungfisk av ørret og laks nederst, ørret dominerer øverst i anadrom strekning.

Bunndyr indikerer god vannkvalitet mhp forsurening nederst, dårligere oppover.

Hindar m.fl. (2000):

Undersøkelser av flomepisode i 1999. 3 stasjoner, 7 prøvetakinger (jan. - juni).

Nederst i vassdraget: pH 5,5 - 5,9, Alk-E 6 -14µekv/l, Ca 0,4 - 0,9 mg/l, LAL 7 - 17 µg/l, TOC 1,5 - 1,8, SO<sub>4</sub>\* 14 -18 µekv/l,

NO<sub>3</sub> max 16 µekv/l. Øverst i vassdraget (oppstrøms anadrom strekning): pH 5,0 -5,7, Ca 0,2 - 0,6 mg/l, LAL 4 - 30 µg/l, TOC 1,6 - 6,6 mg/l, .

ALK-E nær 0 µekv/l. Midt i vassdraget (i anadrom strekning): pH 5,5 - 5,9, Alk -E ca 10 µekv/l, LAL 4 - 13, TOC ca 2 mg/l.

Forholdsvis høye Al-konsentrasjoner på gjeller. Bynndyr viste moderat til markert forsurening (hhv nederst og øverst i vassdraget).

### 3. Konklusjon

Marginal vannkvalitet for fisk. Dårligst i øvre deler. Episoder kan være skadelige for laks. Innsjøer i hovedvassdraget demper episoder fra øvre deler. Både surt vann i elva og i innsjøer gjør at vassdraget plasseres til kategori 2.