

# Aluminium i innsjøer i Aust-Agders kystsoner

Av Atle Hindar

Atle Hindar er førstetekonsulent ved Direktoratet for naturforvaltning.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening i Grimstad 5. juni 1986.*

## INNLEDNING

Forsuring har rammet Agder-fylkene med full tyngde de siste ti-årene. Skader på fiskebestandene er svært omfattende. Den direkte årsaken til fiskedøden kan i stor grad tilskrives en spesiell fraksjon av aluminium (se referanser i Wright et al. 1985).

Surt vann løser opp aluminium fra berggrunn og løsavsetninger. En del av det oppløste aluminium binder seg til organiske stoffer og danner et tilsynelatende harmløst kompleks for fisk. Resten foreligger som uorganiske forbindelser, deriblant enkle kationer dannet av Al og et varierende antall OH-grupper. Kationene  $\text{Al}(\text{OH})^{++}$  og  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  ser ut til å være viktigst for å forklare fiskedøden (Driscoll et al. 1980).

De omfattende regionale undersøkelsene av vannkjemi og fiskestatus i regi av SNSF-prosjektet og oppfølgende overvåkningsprogram de siste 10—15 årene har vist at kystsonen i Aust-Agder fortsatt har intakte fiskebestander og at forsuringssituasjonen er mindre kritisk her enn i øvrige deler av Agder-fylkene. En del stikkprøver viste imidlertid at forsuringen også i dette området kunne være betydelig.

Den marine grense avtar fra ca. 100 moh i østre del av fylket til ca. 35 moh

i vest. Det var derfor grunn til å anta at vannkvaliteten ville variere med denne gradienten, likeledes innsjøenes og nedbørfeltens evne til å bufre tilførselen av sure forbindelser.

I mai 1984 ble det gjennomført en undersøkelse av 67 innsjøer i Aust-Agders kystsoner, spesielt med tanke på hvordan marine avsetninger i området påvirker surhet og forsuring i innsjøer uten betydelig menneskelig aktivitet i nedbørfeltet. Innsamlingen ble foretatt i samarbeid med lokale jeger- og fiskeforeninger.

## MATERIALE OG METODER

Innsjøene ligger i et 0—15 km bredt belte langs kysten. Siden et hovedkriterium for utvelgelsen var liten menneskelig aktivitet i nedbørfeltet, er de viktigste jordbruksområdene og dermed trolig de viktigste marine avsetningene ikke representert i undersøkelsen. Innsjøene er jevnt fordelt langs en gradient fra nordøst til sørvest.

Innsjøene ble undersøkt 12.—13. mai 1984. På dette tidspunkt er snøsmeltingen i området over og innsjøene har vært gjennom vårsirkulasjonen. Produksjonen har ikke kommet skikkelig igang. Vannkvaliteten er derfor i det alt vesentlige bestemt av kvaliteten på nedbør og reaksjoner mellom avrenning og berggrunn/løsavsetninger/jordsmonn.

pH ble målt samme dag som prøvetaking med et PHM 82 Standard pH-meter fra

Radiometer og kombinert glassелеktrode av typen GK 2401 C. Målingene ble gjort uten omrøring under avlesning.

Aluminium ble fraksjonert i løpet av ett døgn og frosset på 10 ml polypropylenrør. Aluminium ble deretter analysert ved katekolfiolettmotoden (Dougan og Wilson 1974), se Wright og Skogheim (1983). Labilt aluminium er differensen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium.

Løst organisk stoff ble målt som UV-absorbans ved 254 nm med en LKB 8300 UVICORD detektor.

## RESULTATER OG DISKUSJON

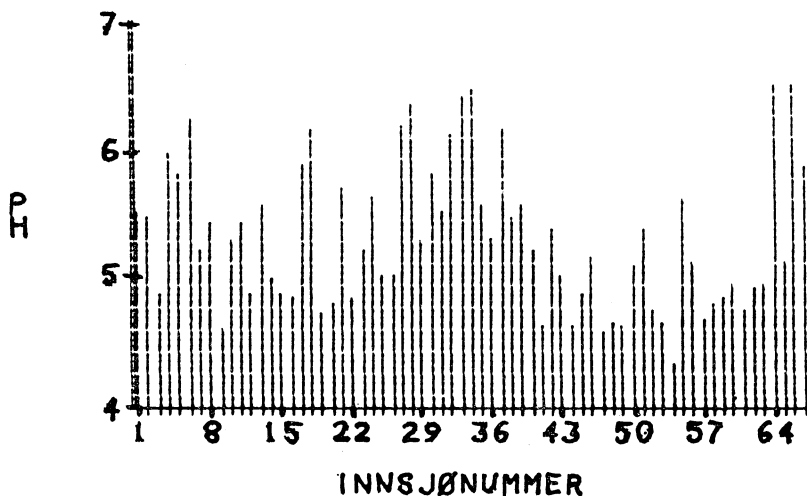
Figur 1 viser at det er en klar gradient i pH fra øst mot vest. Det desidert sureste kystområdet er strekningen Grimstad—Lillesand. Dette har sannsynligvis sammenheng med at den marine grense (MG) bare er 35—40 moh her.

Differensen mellom høyde over havet og MG er her brukt som et mål på i hvilken

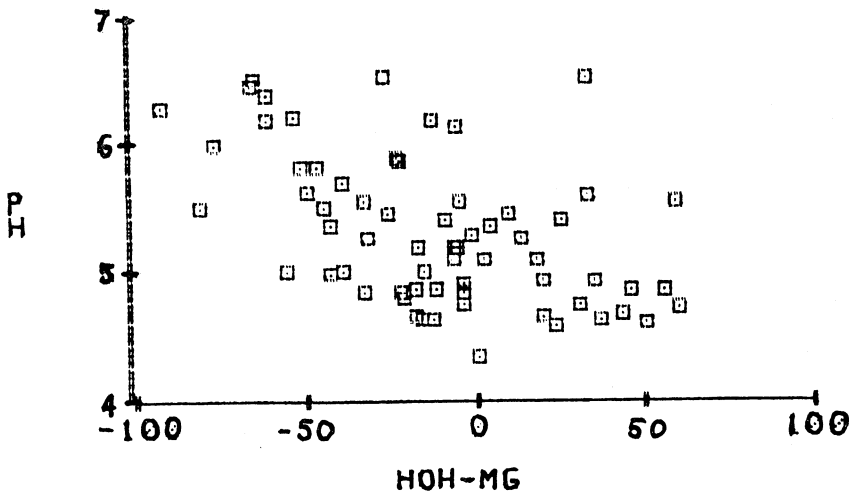
grad innsjøene er påvirket av marine løsavsetninger. Avsatt mot pH viser det seg at sannsynligheten for høyere pH øker først når denne differensen er mindre enn ca. — 30 meter (se Fig. 2). Det vil si at når den marine grense er 35—40 meter, som i Grimstad—Lillesandsområdet, så har marine avsetninger så godt som ingen betydning for pH i innsjøene.

Fordelingen av innsjøene etter pH viser en alt overveiende del (78%) i pH-området 4.5—5.7 (Fig. 3). Dette er noe overraskende, siden kystområdet er betraktet som mindre surt.

Innholdet av reaktivt aluminium langs øst-vestgradienten er vist i Fig. 4 a. Konsentrasjonene er relativt høye, spesielt i vestfylket, med verdier helt opp mot 0.5 mg Al/l. Om en ser på den ikke-labile fraksjonen, som inneholder organisk bundet Al, er bildet et helt annet. Det er her ingen klar øst-vestgradient (Fig. 4 b).

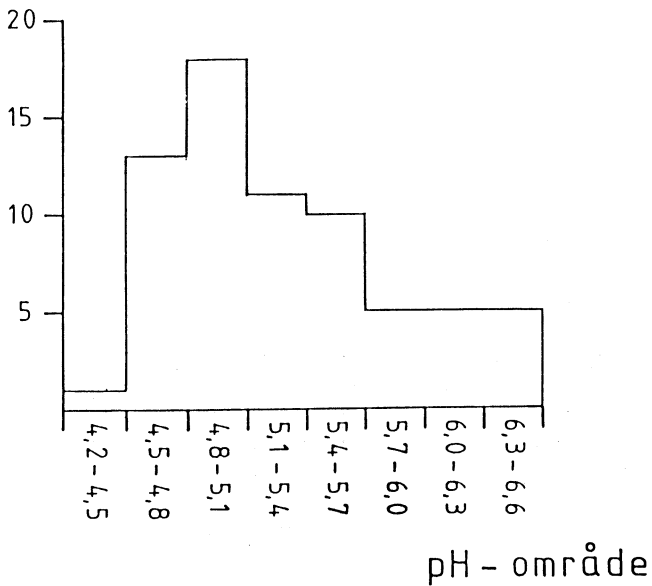


Figur 1. pH i innsjøene ordnet fra øst til vest.

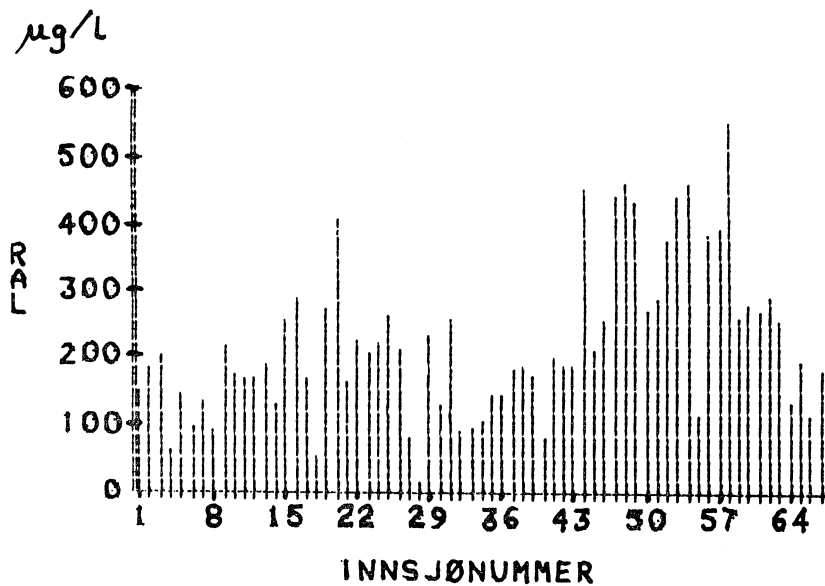


Figur 2. Differensen mellom høyde over havet og marin grense avsatt mot pH for innsjøene.

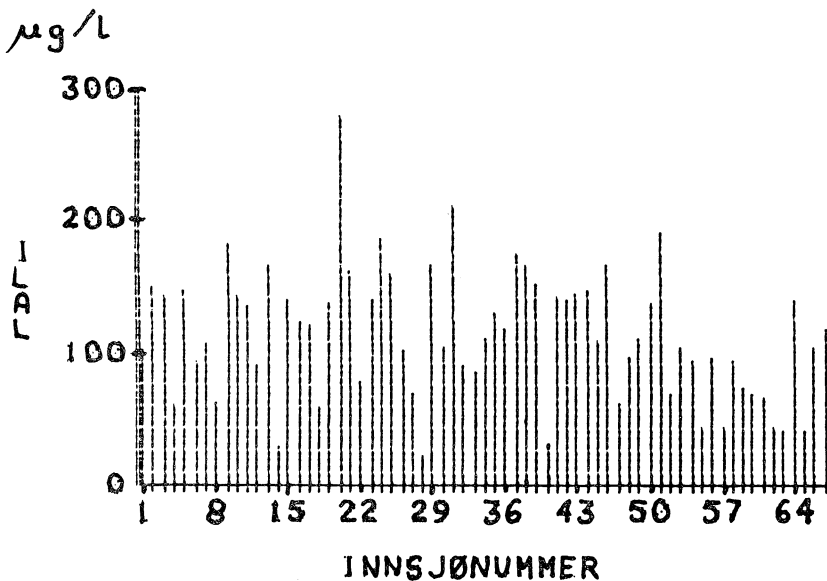
### Antall innsjøer



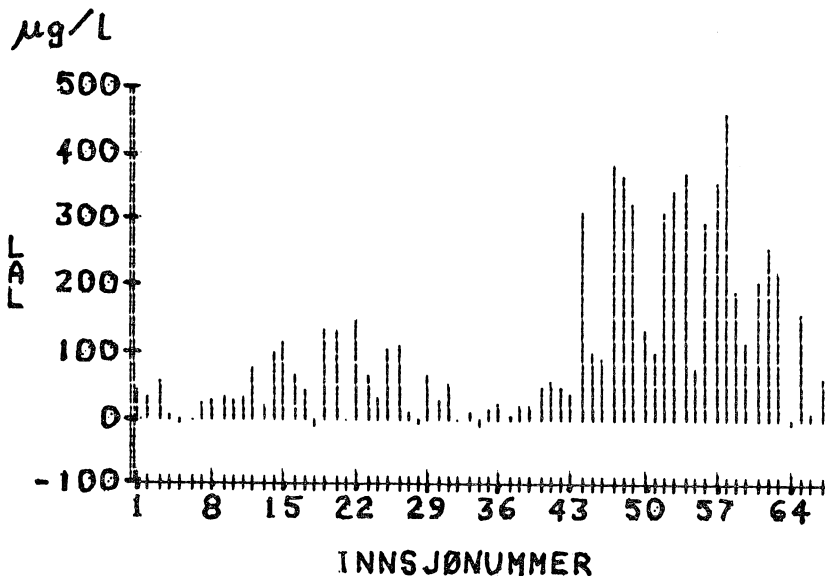
Figur 3. Gruppering av innsjøene etter pH.



Figur 4. a) *Reaktivt aluminium (RAL) i innsjøene ordnet fra øst til vest.*



Figur 4 b) *Ikke-labilt aluminium (ILAL) i innsjøene ordnet fra øst til vest.*



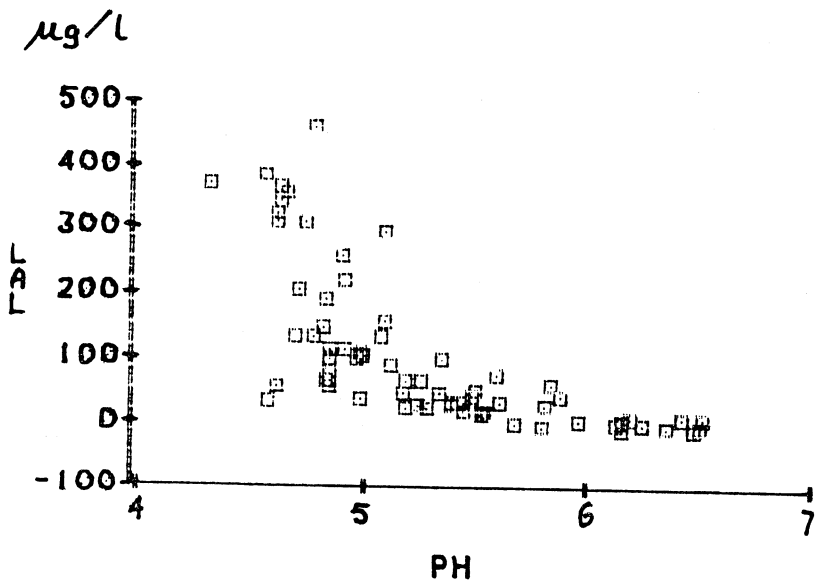
Figur 4c) Labilt aluminium (LAL) i innsjøene ordnet fra øst til vest.

Etter pH-fordelingen (Fig. 1) skulle en anta at den labile Al-fraksjonen er høyest på strekningen Grimstad—Lillesand, siden denne fraksjonen er vist å være pH-avhengig (Dickson 1980). Dette går klart fram av Fig. 4c. Mens labilt Al, altså den antatt giftige Al-fraksjonen, er relativt lav i store deler av øst-regionen, øker den kraftig nettopp i det området der de laveste pH-verdiene ble registrert.

Sammenhengen mellom labilt Al og pH er vist i Fig. 5. Når pH avtar til under 5.5 øker konsentrasjonen av LAL raskt. Kombinasjonen av pH <5.0, LAL >100 µg/l og lavt fargetall er høyst vanlig i kystområdet i Aust-Agder. Denne kombinasjonen bør normalt anses som livstruende for fisk. Det som likevel kan beskytte fisken noe og som hittil trolig har gitt mindre skader på fisk i kystsonen er det relativt høye saltinnholdet. Konduktiviteten er 3—5 mS/m i 65% av innsjøene.

Betydningen av organisk stoff som kompleksbinder for aluminium ses klart av Fig. 6. Mens den labile fraksjonen er lav ved høye UV-absorbansverdier, øker den ikke-labile fraksjonen med økende UV-absorbans. Dette er også observert av andre, se Driscoll et al. (1980) og Johnson et al. (1981). De høyeste UV-absorbansene i materialet tilsvarer et fargetall på ca. 70 mg Pt/l. De aller fleste innsjøene (80%) har imidlertid et fargetall på 20—40 mg Pt/l.

I materialet er det eksempler på innsjøer med svært lave pH-verdier, men med svært lavt innhold av labilt Al. I disse innsjøene er fargetallet så høyt at Al bindes effektivt til organisk stoff. Dette er sannsynligvis årsaken til at fisk kan leve i svært sure innsjøer hvis fargetallet er høyt. Slike bestander finnes f.eks. i Hedmark fylke.



Figur 5. Labilt Al (LAL) avsatt mot pH for innsjøene.

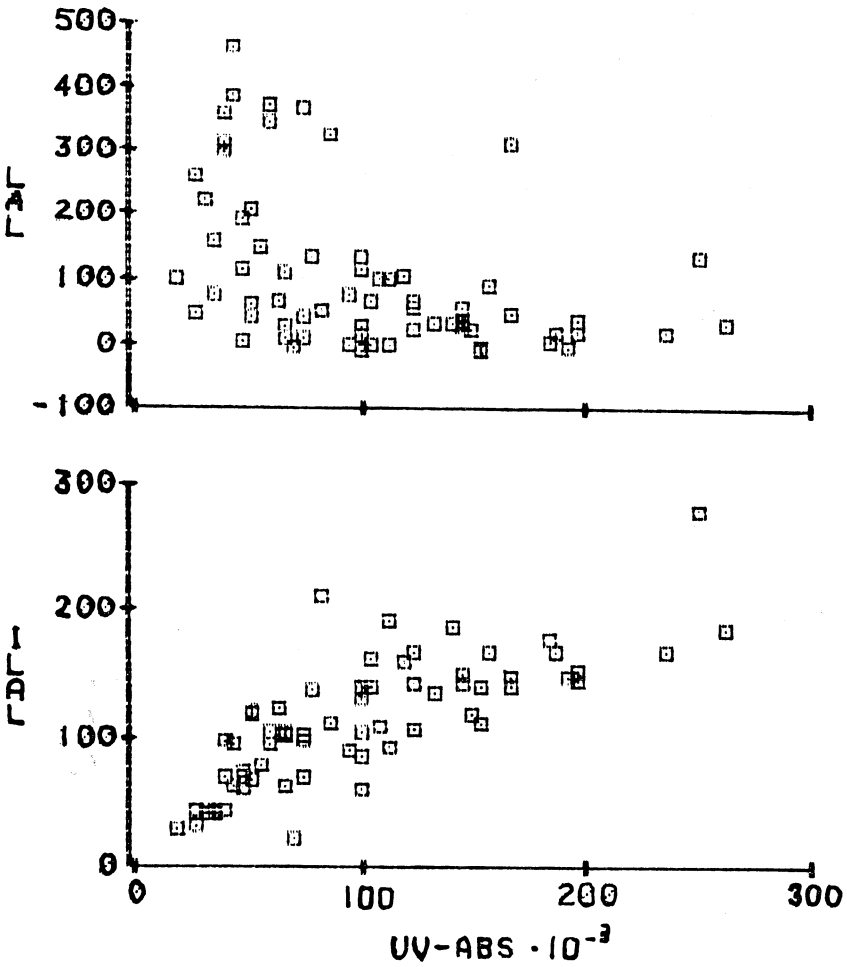
### OPPSUMMERING

Undersøkelsen viser at mange av innsjøene i kystområdet i Aust-Agder er svært sure. Aluminiumsfraksjonenes avhengighet av både pH og løst organisk stoff kommer klart fram. Konsentrasjonen av den antatt giftige fraksjonen, labilt aluminium, er

svært høy i vestre deler av fylket, der innsjøer med de laveste pH-verdiene er funnet.

Den marine grense i området avtar sterkt fra øst mot vest. Dette har klare konsekvenser for pH-nivå og dermed for konsentrasjon og fordeling av aluminiumsfraksjoner i de undersøkte innsjøene.

$\mu\text{g/l}$



Figur 6. Labilt Al (LAL) og ikke-labilt Al (ILAL) avsatt mot UV-absorbans for innsjøene.

## REFERANSER

- Dickson, W. 1980. Properties of acidified waters. I: Drabløs, D. og A. Tollan (eds.): Ecological Impact of Acid Precipitation. SNSF-prosjektet, 383 s.
- Dougan, W. W. og A. L. Wilson 1974. The absorptiometric determination of aluminium in water. A comparison of some chromogenic reagents and the development of an improved method. *Analyst* 99: 413—430.
- Driscoll, C. T., Baker, J., Bisogni, J. og C. Schofield 1980. Effect of aluminium speciation on fish in dilute acidified waters. *Nature* 284: 161—164.
- Johnson, N. M., Driscoll, C. T., Eaton, J. S., Likens, G. E. og W. H. McDowell 1981. Acid rain, dissolved aluminium and chemical weathering at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45: 1421—1437.
- Wright, R. F. og O. K. Skogheim 1983. Aluminium speciation at the interface of an acid stream and a limed lake. *Vatten* 39: 301—304.
- Wright, R. F., Rosseland, B. O. og G. G. Raddum 1985. Forurensningssituasjonen. I: Baalsrud, K.: Kalking av surt vann, 145 s.