

# Forurenset nedbør — aktuelle og potensielle effekter på drikkevannets kvalitet

Av Egil T. Gjessing og Bente M. Wathne

Egil T. Gjessing er og Bente M. Wathne er ansatt som forskere ved NIVA.

*Etter foredrag holdt på IWSA's 18. Internasjonale kongress i København 25.—31. mai 1991.*

## **Sammen drag.**

Effekter av sur nedbør på overflatevann har fått stor oppmerksomhet i løpet av de siste 20 år. En konsekvens av forsuret overflatevann er en økende korrosjon på drikkevannsnettet. Ved vurdering av korrosjon på røرنettet, må både den økonomiske og helsemessige siden tas i betraktning. Sammenheng mellom sur nedbør og den økende konsentrasjon av aluminium i vann gir grunnlag for bekymring. Det er ennå ikke klarlagt hvilke helseeffekter dette kan ha, men epidemiologiske undersøkelser antyder sammenheng mellom innhold av aluminium i drikkevann og Alzheimer's sykdom. I tillegg til sure komponenter i regn og snø, finnes også andre forurensninger som har direkte og indirekte effekt på overflatevannets kvalitet. Tungmetaller i nedbør har i noen grad vært vurdert, mens virkningen av organiske mikroforurensninger på drikkevann, som finnes i ppb konsentrasjoner i nedbøren, er ennå ikke blitt tilfredsstillende belyst. Mange av de biologisk aktive organiske mikroforurensningene som er funnet i regn og snø er bundet til partikulært materiale og er normalt ikke oppløse-

lige i vann. Men ettersom mange av disse danner komplekser med humusstoffer i jord og vann, må det tas i betraktning når man diskuterer nedbørforensninger og drikkevann.

## **Introduksjon.**

Det er nå nesten 20 år siden man første gang fikk mistanke om at forurenset nedbør hadde innvirkning på overflatevannets kvalitet. I 70-årene var man mest opptatt av svovelsyren som dannes av SO<sub>2</sub> i brenning av fosilsilt drivstoff; særlig fokuserte man på effekten på innlandsfisk. Mot slutten av 70-årene begynte man å diskutere muligheten av indirekte effekter av sur nedbør. Det ble observert at innholdet av Al i vann var høyere i de forsurede områdene, og man oppdaget at noe av dette aluminium var biologisk aktivt.

Selv om det i den første perioden ble lagt hovedvekt på svovelsyre og sulfat, ble andre uorganiske komponenter og elementer bestemt i regn og snø. Det ble generelt konkludert med at konsentrasjonen av giftige elementer i nedbør, slik som Cu, Cd, Zn, Pb og Hg, var for lave til å ha noen direkte effekt på vannet. Imidlertid ble det observert at kationer i nedbøren hadde en indirekte effekt på vannets surhet, idet ionebytterprosesser som foregår i jord og vann

Tabell 1. Noen typiske komponenter i nedbør under et regnskyll.

	pH	mg/l		µg/l		
		SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Cu	Zn	Pb
Første 5 mm	4,0	4,9	1270	70	700	100
Andre 6 mm	4,2	4,8	620	20	280	55

frigjør hydrogenioner.

Effekter av organisk forurensning i nedbøren er blitt viet liten oppmerksomhet, selv om det var kjent at de var tilstede i betydelige mengder allerede tidlig på 70-tallet.

### Forurensning i nedbør.

Konsentrasjonen av forurensning i nedbøren vil variere betraktelig i løpet av en nedbørsepisode og effekten på overflatevannet vil avhenge av metningsgraden i jorda og av hvor lang tid det er gått siden siste regnskyll. Tabell I viser våtavsetningene i Birkenes under den første og andre del av et regnskyll (28.10. — 30.10.72).

Det er verdt å fremheve to forhold ved disse resultatene: Konsentrasjonen av forsurende komponenter er vesentlig høyere i begynnelsen av et kraftig regnskyll og, for det annet, inneholder nedbøren også andre forurensningsstoffer, som f.eks. tungmetaller. Det bør fremheves at dette regnskyll kom etter en lang tørkeperiode.

I løpet av de 2 siste tiår har rapporter vist at det er et betydelig innhold av organiske mikroforurensninger (OMF) i luft og nedbør. Det er åpenbart en økning i spredning og i diversitet av disse OMF.

Når man skal vurdere omfanget av konsekvensene av OMF i regn og snø

for vannkvalitet, er det særlig viktig å kjenne til usikkerhetene som knytter seg til

- \* prøvetakingsteknikken og
- \* fordelingen mellom løst og partikulært organisk materiale.

### Prøvetaking av regn og snø for analyse av organiske mikroforurensninger.

Generelt er det behov for relativt store prøvevolum fordi det tross alt er små mengder av organisk stoff i nedbør. Selve prøvetakingen av regn og snø er enkel men det er et vesentlig problem at en betydelig del av OMF vil absorberes til beholderens overflate. Dessuten er det vår erfaring at en vesentlig del av OMF blir adsorbert til det partikulære materialet i prøven. For å få tilstrekkelig informasjon om det totale innholdet av organisk stoff i nedbøren, er det derfor nødvendig å inkludere alt materiale i den analytiske prosedyren. Tabell II viser fordelingen av karbon i snøprøver tatt i et fjernliggende område og fra Oslo by's omegn.

Resultatene i Tabell II viser tydelig at bestemmelsen av TOC i smeltet snø burde inkludere også det materialet som er adsorbert på overflaten av prøveholderen. Det fremgår av disse resultatene at innholdet av organisk karbon i nedbøren er av samme størrelsesorden som i overflatevann.

Tabell 2. Organisk materiale i snø i Norge.

	DOC	Partikulært org. materiale		TOC
	ngC/L	mg/L	mgC/L	mg/L
Avsides område	0,6	3,1	3,2	3,8
Oslo's omegn	1,3	4,1	3,7	5,0

### Reaksjonsforløp for forurensningsstoffer i nedbør.

En viktig del av de organiske mikroforurensningene som finnes i miljøet er lipofile forbindelser som har lav oppløselighet i vann. Det er disse som i særlig grad er knyttet til partiklene og som har hygienisk interesse. Derfor bør den partikulære del av nedbøren få størst oppmerksomhet. Når det gjelder drikkevann og de partikulære forurensningsstoffene som finnes i nedbøren, så er argumentet for ikke å gi disse problemene mer oppmerksomhet at de i det alt vesentlige ikke er løselige i vann. Det skulle bety at de vil bli filtrert fra og blir stoppet i jordas øverste lag. Dette er nødvendigvis ikke riktig.

Det er nå generelt akseptert at humusstoffer (HS) i jord og vann har innvirkning både på oppløseligheten av OMF og deres analytiske tilgjengelighet. Dette betyr at partikkelbundet OMF som adsorberes til jordas topplag kan mobiliseres ved at de kompleksbindes til den vannløselige humus. Ifølge litteraturen kan disse komplekse OMF som forøvrig kan være mindre tilgjengelige for de mest brukte analytiske metodene, også være mindre biologisk tilgjengelige. Dette kan være en av årsakene til at de ikke har fått særlig stor hydrobiologisk oppmerksomhet. Når det gjelder drikkevannet, er det ikke

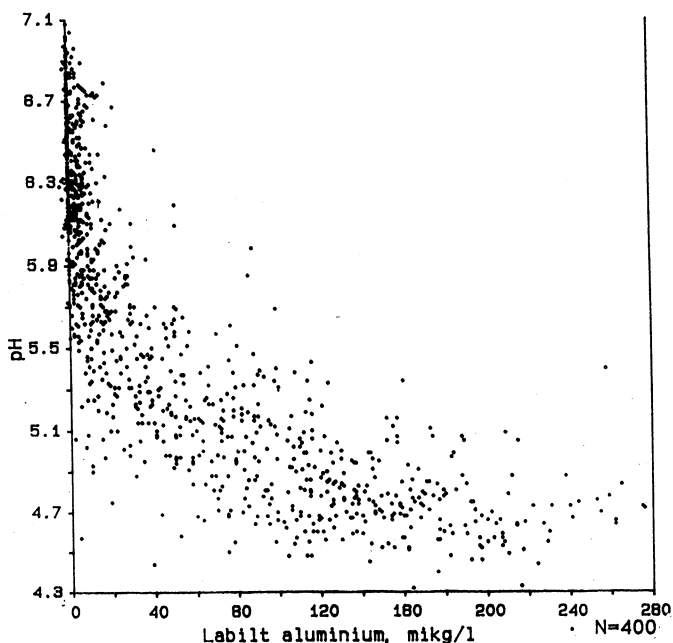
kjent hvilket reaksjonsforløp man kan forvente i en sur magesekk.

### Indirekte effekter av forurenset nedbør.

#### *Sure forbindelser:*

Dårlig bufret bløtt vann med lav ionestyrke er mest utsatt for påvirkning av sur nedbør. Når slikt surt overflatevann blir brukt til drikkevann og ledet gjennom rørledninger av metall, betong eller asbestement, blir korrosjon et omfattende problem som gir grunnlag for bekymring, både økonomisk og i helsesammenheng.

Det er også vist at sur nedbør i forsurningsfølsomme områder løser ut aluminium fra berggrunnen og gir forhøyede Al-konsentrasjoner i jordvann og i overflatevann. Dette er vist i Fig. 1 (SFT 1987). I tillegg til at aluminium i vann klart er vist å ha toksiske effekter på fisk, er det mistanke om at Al i drikkevann også har negative helseeffekter. To uavhengige epidemiiske undersøkelser (Martyn & al. 1989, Flaten, 1990 og Vogt 1986) antyder potensielle helseeffekter av Al i drikkevann. Ifølge Martyn & al. 1989: «Riskikoen for å få Alzheimer's sykdom var 1,5 gang høyere i distrikter hvor den gjennomsnittlige aluminiumkonsentrasjonen i drikkevann oversteg 0,11 mg/l enn i distrikter hvor konsentrasjonen var



Figur 1. pH og labilt aluminium er høyt korrelert i 1005 innsjøer i Norge.

mindre enn 0,01 mg/l». Ifølge en rapport fra et seminar om aluminium og helse, som ble holdt i Oslo i mai 1988 (Alexander & Orme 1990), gir Al fra drikkevann et relativt lite bidrag (mindre enn 10%) til det totale daglige inntaket. Til tross for dette, synes det som om Al i drikkevann kan ha en negativ helseeffekt. Det trengs derfor mer kunnskap om aluminium i drikkevann. Eksperimenter utført av Alexander & al. (1987) kan tyde på at aluminium i vann, sammen med humusstoffer, trenger lettere inn i blodomløpet. På den annen side inneholder ikke den lipofile fraksjonen i humus, bestemt ved oktanol/vann fordelingskoeffisient (Gjessing & al. 1989), aluminium. I

løpet av de siste årene er det akkumulert kvikksølv i jord og planter som stammer fra forbrenningsprosesser og som er spredd via atmosfæren. Vi forventer en økt mobilisering av dette kvikksølvet på grunn av sur nedbør.

#### *Andre forurensningsstoffer:*

Kationer i nedbøren (se Tabell I) kan også være en indirekte årsak til konsentrasjon av hydrogenioner i overflatevann. Ved laboratorieeksperimenter har det vist seg at kationer som natrium, kobber, bly og sink kan byttes ut mot hydrogenioner fra humusstoffer som finnes i jord og vann (Gjessing 1976). Dette er bekreftet ved felteksperimenter (Wright & al. 1988). Tilgjengelig infor-

masjon antyder at nedbøren kan inneholde en betydelig del organisk materiale og at mange del av disse forurensningene som er av en miljø- og helsemessig betydning, er uøselige i vann og forekommer i regn og snø som partikler. I overflatevann med et lavt innhold av HS, vil de organiske forurensningene fra nedbøren være av mindre betydning. Det motsatte er tilfellet i farget vann fordi HS gir en betraktelig økning i mobiliteten av disse komponentene (Johnson 1987). Spesielt de tungt nedbrytbare vannløselige OMF vil være av stor betydning fordi disse kan danne komplekser med HS i jorden og eventuelt frigjøres i vann sammen med vannløselige HS.

## KONKLUSJON

Generelt må vi anta at forurensning av atmosfæren fremdeles vil øke i årene som kommer, før man både økonomisk og teknologisk kommer fram til tilfredsstillende løsninger som kan snu den negative utviklingen. Inntil da må vi forvente at de mange indirekte effekter vil ha innvirkning på vannkvaliteten på grunn av reaksjonene som foregår i jorda, og det anbefales at kvalitative endringer av humusstoffene blir holdt under oppsikt. Som et eksempel på potensialet dette har, viser nye eksperimenter at HS, forsuret med svovelsyre, resulterer i et «nytt» HS-produkt med høyere innhold av organisk svovel, et «nytt» HS-produkt som åpenbart er mer biologisk aktivt.

## Referanser:

- Alexander, J., Gjessing, E.T., Nordal, K.P., Dahl, E., Halse, J. and Thomassen, Y. (1990): «A preliminary study of aluminium in serum and other human materials in subjects from different areas of Norway». *Environ. Geochem. & Health* 12 1/2 83—87.
- Alexander, J. and Orme, J. (1990): «Aluminium and Health». *Environmental Geochemistry and Health* 12 1/2. Proceeding from workshop held in Oslo, May 2—5, 1988.
- Flaten, P. (1990): «Geographical association between aluminium in drinking water and death rates with demientia (including Alzheimer's disease), Parkinson disease and amyotrophic lateral sclerosis in Norway». *Environ. Geochem. & Health* 12 1/2, 152—169.
- Johnson, S. (1987): «Interaction between polyromatic hydrocarbons and natural aquatic humic substances. Contact time relationship». *Sci. Total Environ.* 67, 269—278.
- Gjessing, E.T. (1976): «Physical and chemical characteristics of aquatic humus». *Ann Arbor Sci. publ. INC Ann Arbor Mich. USA*, 120 pages.
- Gjessing, E.T., Riise, G., Pettersen, R.C. and Andruchow, E. (1989): «Bioavailability of aluminium in the presence of humic substances at low and moderate pH». *Sci. Environ.* 81/82 683—690.

- Martyn, C.N., Baker, D.J.P., Osmond, C., Harris, E.C., Edwardson, J.A. and Lacey, R.F. (1989): «Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water». *The Lancet*. January 14. 59—62.
- Rosseland, B.O., Eldhurst, T.D. and Staurnes, M. (1990): «Environmental effects of aluminium». *Environ. Geochem. & Health* 12 1/2 17—28.
- Schjoldager, J., Semb, A., Thrane, K.E. and Wathne, B.M. (1986): «Oversikt over miljøgifter i luft». NILU-report 47/86 (Norwegian Institute for Air Research, Lillestrøm, Norway).
- SFT, State Pollution Control Authority (1987): «1000 lake survey in Norway». Norwegian State Pollution Control Authorities Report 283/87.
- Vøgt, T. (1986): «Water quality and health — study of a possible relation between aluminium in drinking water and dementia. (Sosiale og Økonomiske Studier 61, English abstract). Central Bureau of Statistics of Norway, Oslo.
- Wright, R.F., Norton, S.A., Brakke, D.F. and Frogner, T. (1988): «Experimental verification of episodic acidification by sea salts». *Nature* 334, 6181 422—424.



Berdal Strømme a.s. er et av landets største rådgivende ingeniørfirmaer med ca. 450 ansatte. Vårt firma dekker alle felter innen bygningsteknikk og elektroteknikk. Som medeier i Interconsult har vi også oppdrag i utlandet.

## VÅR DIVISJON FOR VEI - VAR - MILJØ

### Vi prosjekterer:

- Vannverk
- Avløpsanlegg
- Ledningsanlegg
- Renovasjonsanlegg
- Biogassanlegg
- Veier
- Fjernvarmeanlegg

### Vi utfører:

- Forprosjektering
- Detaljprosjektering
- Anbudsdokumenter
- Kontroll
- Byggeledelse
- Undervannskontroll
- Saneringsplanlegging
- Lekkasjeundersøkelser
- Trafikkanalyser
- Konsekvensanalyser
- Vannbruksplanlegging
- Beredskapsplanlegging
- Tidsanalyser
- Driftsassistanse
- Vannanalyser
- Forskning
- Utredninger
- Støymålinger



**Berdal Strømme**

Rådgivende Ingeniører  
Kjørboveien 25, 1300 Sandvika

Oslo, Tønsberg, Larvik, Stathelle, Hønefoss, Hamar, Elverum, Lillehammer, Stavanger, Molde, Ålesund, Trondheim, Fauske, Harstad