

# Norsk vannkvalitet og behovet for korrosjonskontroll ved vannverk

Av Dag Hongve og Mona Weideborg.

Dag Hongve er forsker ved Statens Institutt for Folkehelse.  
Mona Weideborg er forsker ved Aquateam, Norsk vann teknologisk senter A/S.

Korrosjon i distribusjonssystemene er et problem med stor betydning for drikkevannets hygieniske standard og for sikkerhet og kostnader ved vannforsyningen. I Norge er en av hovedårsakene til korrosjonsproblemer at de fleste vannkilder som er i bruk, gir surt og bløtt vann som distribueres uten tilfredsstillende forbehandling i vannverkene. Dette fører til korrosjonsangrep på mange materialer som finnes i distribusjonsnett og husinstallasjoner. Det kan nå fastslås at korrosjonsproblemer innen norsk vannforsyning tradisjonelt har vært viet for liten oppmerksomhet, både fra helsemyndighetenes og vannverkseierens side. Dette har ført til at de korrosjonsforebyggende tiltak som man tidligere har iverksatt, har vært utilstrekkelige og ofte fungert dårlig. Årlig påføres distribusjonsnett, installasjoner og bygninger skader for milliardbeløp på grunn av korrosjon. Riktig vannbehandling kan i stor grad forebygge denne typen skader.

Etter fokusering på korrosjonsproblematikken gjennom flere år, blant annet gjennom et prosjekt om korrosjonskontroll i NTNFs program for drikkevannsforskning (Vik 1986), ble utvidete krav til korrosjonsbegrensende parametere tatt med i helsemyndighetenes

reviderte normer for vannkvalitet (Statens Institutt for Folkehelse 1987). De fleste distribusjonsnett for drikkevann er gjerne bygd ut over lang tid, og det finnes ulike materialer å ta hensyn til, både hva angår korrosjonsskader og hygieniske ulemper (Vik og Hongve 1988). Kvalitetsnormene er slik utformet at de gir tilnærmet optimal beskyttelse av de materialtypene som er aktuelle i vannforsyningssammenheng. Dette gjelder både sementbaserte produkter (asbestsementrør og jern og stålør med betongføring) og ulike metaller som brukes i rør og sanitærinstallasjoner. De vannkvalitetsparameterene som det primært settes krav til av korrosjonshensyn, er pH, kalsium og bikarbonat (alkalitet). Riktige verdier for disse parameterene kan hindre oppløsning av de beskyttende sjikt av karbonater og/eller hydroksider som dannes på overflatene under ikke korroderende forhold. Normene for disse parameterene er vist i tabell 1.

Normen for kalsium er betinget av at det finnes betongmaterialer i distribusjonsnettet. Normene for pH og alkalitet må sees i sammenheng, da det ikke er mulig å oppnå en pH-verdi som holder seg stabil innen det «gode» området hvis vannet ikke har tilstrekkelig alkalitet. Videre vil vann med med «god»

Tabell 1. Normer for korrosjonskontrollerende vannkvalitetsparametre.

Parameter	Differensierte normer		
	God	Mindre god	Ikke tilrådelig uten videre vannbehandl.
pH	7,5—8,5	6,5—7,4 8,6—9,0	<6,5 >9,0
Alkalitet, mmol/l	0,6—1,0		
Kalsium, mg/l	15—25		
Klorid, mg/l	<100	100—200	>200
Sulfat, mg/l	<100	—	>100

alkalitet, men med lav pH, være korrosivt på grunn av overskudd av aggressiv CO<sub>2</sub>.

For å oppfylle normene må de aller fleste vannverk i Norge innføre en mer omfattende vannbehandling enn det som praktiseres i dag. Som oftest må det tilsettes en base samt CO<sub>2</sub> som er nødvendig for å gi den ønskede alkalitet. Av ca 1700 registrerte vannverk i Norge (>100 p) er det idag bare omkring 20 som praktiserer denne typen korrosjonskontroll.

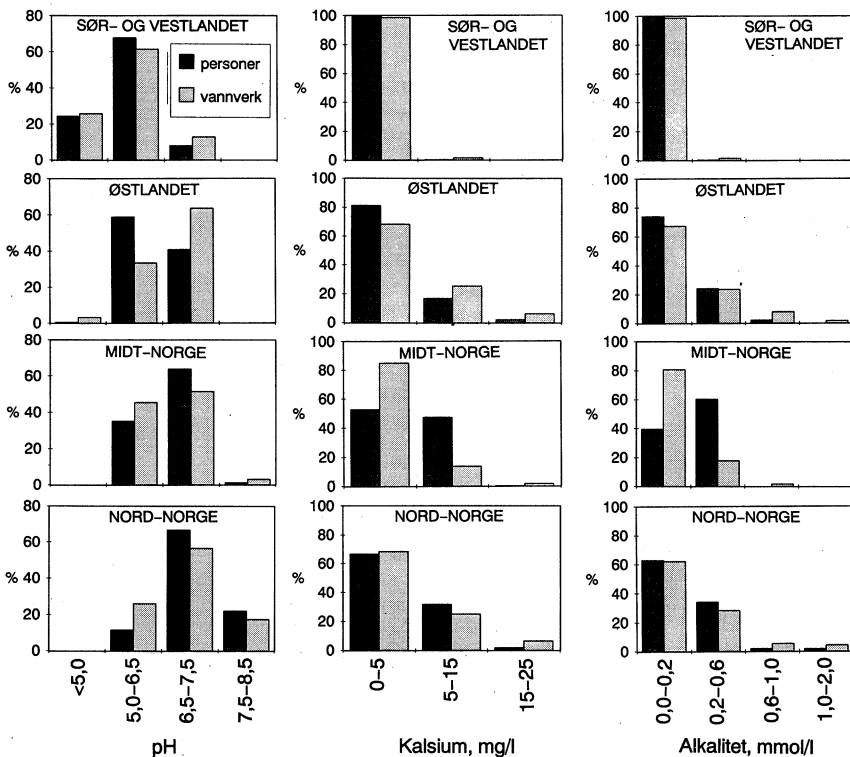
I tillegg til kravene som gjelder karbonatlikevekt, har konsentrasjonene av sulfat og klorid betydning for vannets korrosivitet. Kvalitetsnormene angir maksimale konsentrasjoner av disse komponentene i vann av «god» kvalitet til <100 mg/l. Det er imidlertid ikke bare de absolutte konsentrasjonene som har betydning, men også forholdet mellom disse og konsentrasjonen av bikarbonat. Det er ønskelig med så lite klorid og sulfat som mulig, samtidig som forholdet mellom bikarbonat og summen av sulfat og klorid (som milliekvivalenter per liter), skal være >1,5 (Hedberg & al. 1991).

### Vannkvalitetsdata

Det finnes ingen offentlig statistikk for kjemisk kvalitet av norsk drikkevann. For å danne et bilde av dagens situasjon, har Folkehelse i perioden 1986—1991 gjennomført et prosjekt med omfattende kjemiske analyser av råvann og renvann fra et utvalg av vannverk i alle fylker (Spormetallprosjektet). Her vil vi presentere data for vannkvalitetsparametere som kan ha betydning for vannets korrosivitet. Oversikten gir råvannsdata, men i dagens situasjon er ikke bildet vesentlig annerledes for renvann.

### Datagrunnlag

Oversikten bygger på data fra 553 vannverk. Materialet er mest omfattende i de sørligste fylkene hvor det er kjent at en omfattende forsuring av vannkildene har funnet sted, og hvor korrosjonsproblemene har vært antatt å være mest omfattende. Ut fra fylkesvise oversikter over vannkjemiske forhold har vi funnet følgende regioninndeling hensiktsmessig:



Figur 1. pH, kalsium og alkalitet i råvann fra overflatekilder i ulike landsdeler. Stolpediagrammene angir prosentvis fordeling av antall vannverk og tilknyttede personer på de ulike vannkvalitetsklasser.

#### SØR- OG VESTLANDET:

281 vannverk. (Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane)

ØSTLANDET: 109 vannverk. (Østfold, Oslo, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Vestfold)

MIDT-NORGE: 70 vannverk. (Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag)

NORD-NORGE: 93 vannverk. (Nordland, Troms og Finnmark)

447 av disse vannverkene benytter overflatevannkilder, hovedsakelig inn-

sjøer, mens 106 benytter grunnvann. Bruken av grunnvann er mest omfattende på Østlandet hvor det ble brukt i 42% av de undersøkte vannverkene, mindre på Sør- og Vestlandet (20%) og ubetydelig i resten av landet (Midt-Norge: 6%, Nord-Norge: 1%).

Antall personer som forsynes med grunnvann, er imidlertid mindre enn andelen vannverk kan antyde, da vannverkene som bruker grunnvann, stort sett er mindre enn de som bruker overflatevann. Aritmetisk middel og medianverdi er hhv. 5600 og 600 personer pr.

vannverk for overflatevann og 1400 og 300 personer for grunnvann. Totalt forsynes ca 2,7 millioner mennesker fra disse vannverkene, dvs. ca 80% av den andelen av befolkningen som får vann fra offentlige vannverk (>100 p).

### Overflatevann

Fig. 1 viser de prosentvise andeler av vannverk og tilknyttede personer som faller i de ulike vannkvalitetsklasser med hensyn til overflatekildenes pH og konsentrasjoner av kalsium og alkalitet. Forskjellene er særlig store mellom Sør- og Vestlandet og de øvrige landsdeler.

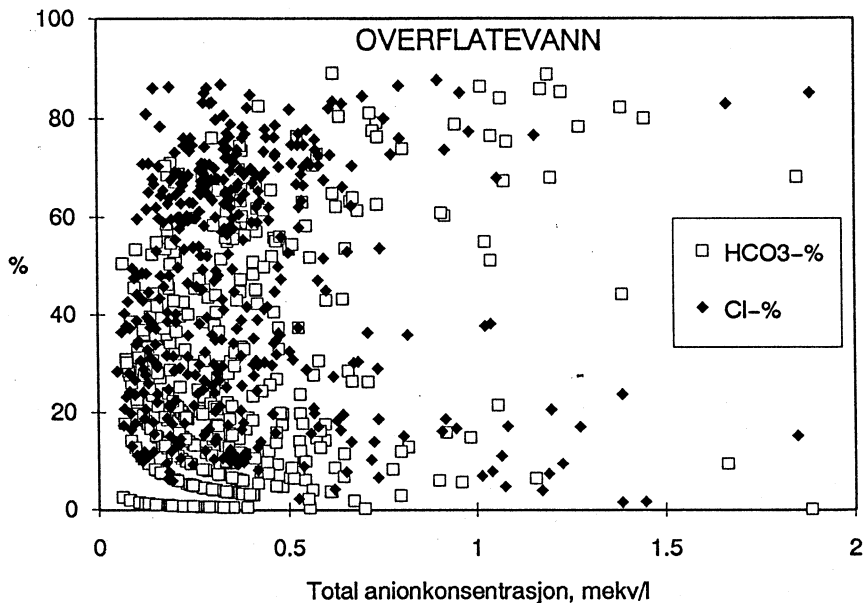
### pH

For Sør- og Vestlandet faller en betydelig andel (>20%) i gruppen med ekstremt surt vann (pH <5,0). Dette er

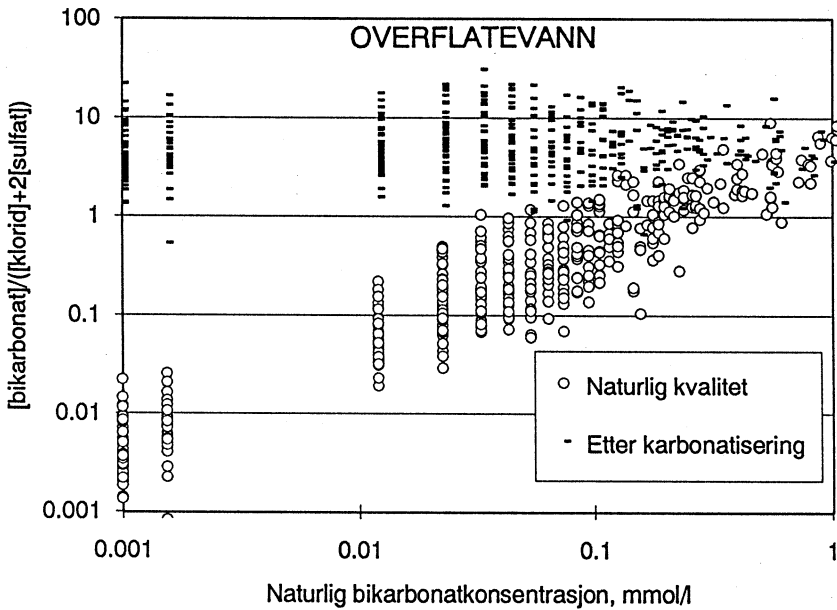
vannkilder som er betydelig forsuret med langtransporterte forureningskomponenter (sulfat og nitrat) og hvor vannet følgelig er meget korrosivt. Hovedandelen faller i gruppen med pH 5,0-6,5, noe som også er surere enn tilrådelig av korrosjonshensyn. Ca 10% faller i gruppen «mindre god» vannkvalitet (pH 6,5-7,5). Det er ingen registreringer av «god» kvalitet (pH 7,5-8,5). I de øvrige landsdeler er gruppen med pH 6,5-7,5 den dominerende med hensyn til antall vannverk. Overflatekilder med «god» kvalitet finnes stort sett bare i Nord-Norge.

### Kalsium og alkalitet

Dette er to parametre som viser stor samvariasjon da de har sin opprinnelse i vannets oppløsning av kalsiumkarbonatholdige mineraler i fjellgrunn og



Figur 2. Konsentrasjoner av bikarbonat og klorid, angitt som % av summen av anioner, i overflatevann fra hele Norge.



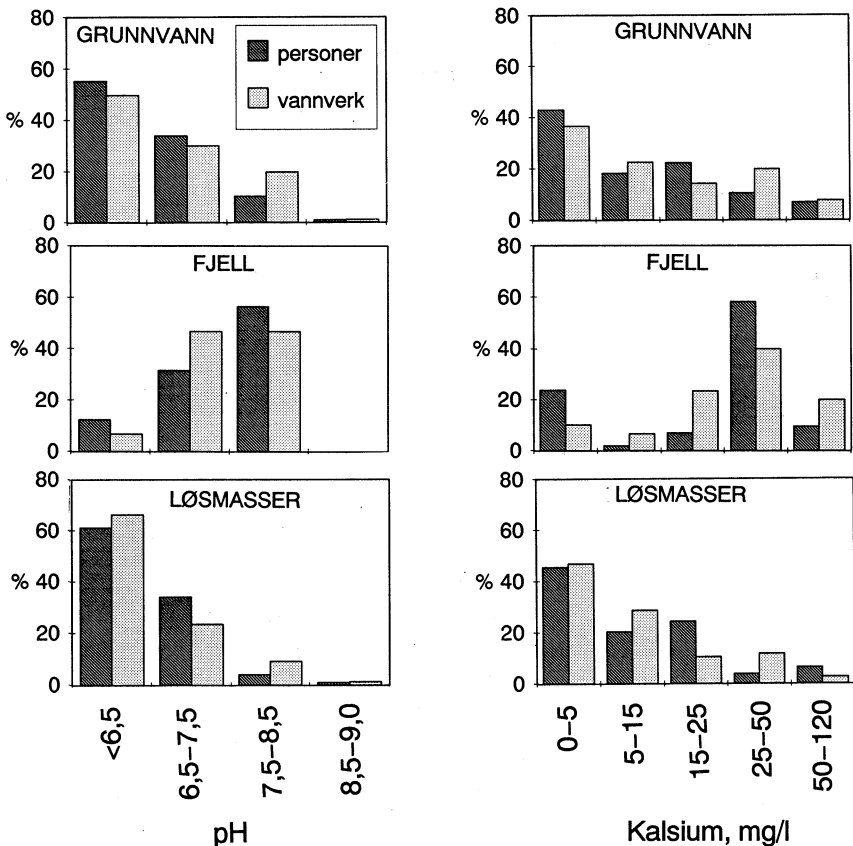
Figur 3. Den vertikale akse angir en korrosiviteksindeks som er forholdet mellom konsentrasjoner av bikarbonat og summen av klorid og sulfat. Åpne sirkler viser korrosiviteksindeksen for råvann fra overflatevannkilder som funksjon av vannets bikarbonatkonsentrasjon (alkalitet). Indeksen bør være  $>1,5$ . De svarte rektanglene viser korrosiviteksindekser i en tenkt situasjon der alle vannverk behandler vannet slik at renvannet har en alkalitet på 1 mmol/l.

løsavsetninger. Sør- og Vestlandet domineres av meget kalkfattig vann. I de fleste kildene er kalsiumkonsentrasjonene her  $<2$  mg/l og vannet er uten alkalitet. Det ekstremt bløte vannet er også dominerende i de andre landsdelene, men her finnes det innslag av kilder med høyere konsentrasjoner på grunn av forekomster av kalkrike bergarter. Antallet kilder med «god» vannkvalitet er imidlertid meget lite i alle landsdeler.

#### Klorid og sulfat

De dominerende negative ioner

(anioner) i norsk ferskvann er bikarbonat, sulfat og klorid. Forholdet mellom disse er imidlertid meget varierende, avhengig av lokale geologiske forhold, beliggenhet i forhold til kildene for større luftforurensninger og påvirkning av havsalter. Stort sett er enten bikarbonat eller klorid det viktigste anionet. Den relative dominansen av disse to ionslagene er vist i Figur 2. Særlig ved lav total ionekonsentrasjon er det dominans av klorid over bikarbonat i overflatevannet. I tillegg kommer sulfatkonsentrasjonen som ved lav totalkonsentrasjon oftest utgjør er rela-



Figur 4. Prosentvis fordeling av vannverk og tilknyttede personer i vannkvalitetsklasser for pH og kalsium i ubehandlet grunnvann. Øverst: samtlige vannverk som bruker grunnvann. Nedenfor vises fordelingen for borebrønner i fjell og brønner i løsmasser.

tivt stor andel. Forholdet mellom bikarbonat og summen av klorid og sulfat blir derfor i ionefattig vann langt under den ønskelige verdien på 1,5 (Figur 3). Figuren viser også hvordan dette ioneforholdet vil endres ved en tenkt situasjon der vannet i alle vannverk ved vannbehandling får en alkalitet på 1 mmol/l. Nesten samtlige vil da få et anioneforhold godt over 1,5, hvilket

antyder at de vil være meget gunstige med hensyn til korrosivitet.

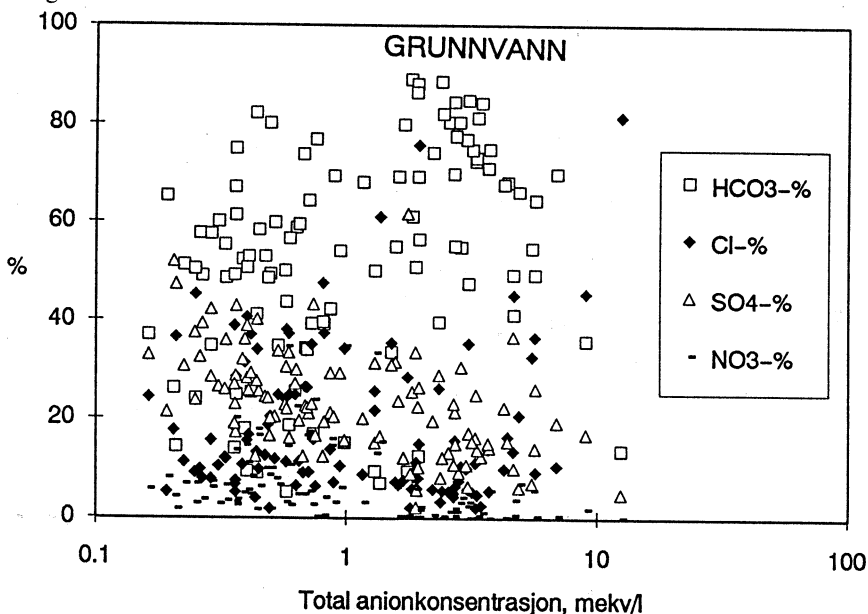
### Grunnvann

Grunnvann kan være å foretrekke til drikkevannsforsyning framfor overflatevann på grunn av bedre beskyttelse mot akutte forurensninger, og fordi filtrering gjennom løsmasser kan føre

til effektiv fjerning av mange typer forurensning. Grunnvann med lang oppholdstid vil kunne oppnå høye konsentrasjoner av oppløste mineralstoffer, deriblant kalsium og bikarbonat. Grunnvann kan pumpes både fra borebrønner i fjell og fra brønner i løsmasser. Av ulike grunner er det færre offentlige vannverk som baserer seg på borebrønner i fjell enn på brønner i løsmasser. Ofte er kapasiteten på de førstnevnte ikke tilstrekkelig. For løsmasser er gjennomsnittlig antall personer pr. vannverk 1700 og medianverdien 400, mens tilsvarende for fjellbrønner er hhv. 600 og 200 personer. Det er også oftere problemer med bruksmessig og hygienisk kvalitet i fjellbrønner. Spesielt gjelder dette høye jern- og mangankonsentrasjoner, ekstremt hardt vann, og mikrobiologisk forurensning ved inntrengning av overflatevann.

## pH og kalsium

Det grunnvannet som benyttes i norske vannverk, utmerker seg ikke ved å være spesielt mineralrikt. Figur 4 viser at halvparten har pH-verdier som ansees som ikke tilrådelige uten videre behandling, og så lave kalsiumkonsentrasjoner at det må betegnes som meget bløtt. Det er imidlertid en stor forskjell mellom vannverk som bruker vann fra løsmasser og de som benytter borebrønner i fjell. Vann fra løsmasser tas ofte fra elveavsetninger der det kan ha en svært kort oppholdstid slik at mineraltilskuddet blir ubetydelig. Generelt er grunnvann fra løsavsetninger i Sør-Norge forsuret og har lav bufferevne (Henriksen og Kirkhusmo 1986). Vann fra fjell har oftere en gunstig pH samtidig som det inneholder mer kalsium og har høyere alkalitet.



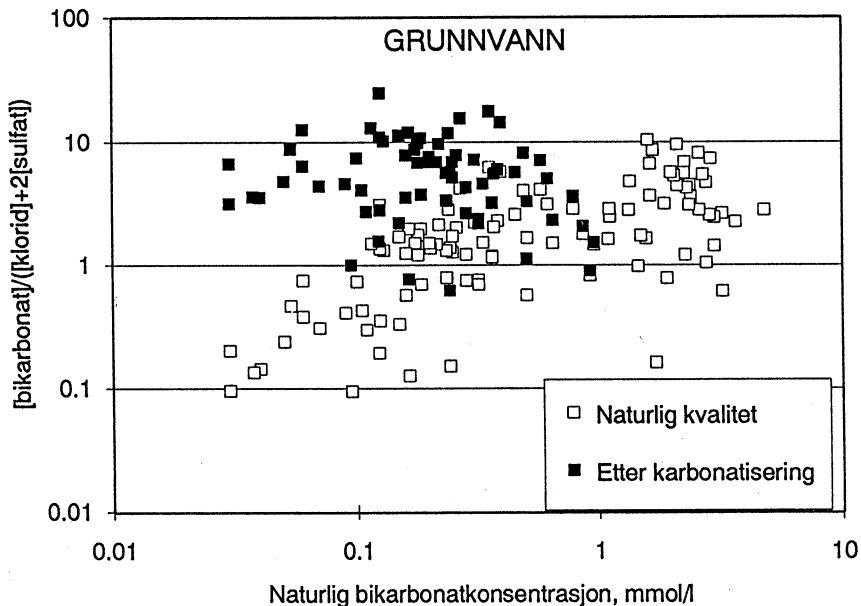
Figur 5. Relative konsentrasjoner av bikarbonat, klorid, sulfat og nitrat som funksjon av total anionkonsentrasjon i grunnvann.

## Klorid og sulfat

I motsetning til overflatevann er det stort sett bikarbonat som er det dominerende anion i grunnvann (Figur 5). Det er imidlertid flere vannverk der konsentrasjonen av klorid er høy i forhold til bikarbonatinnholdet. Disse får sannsynligvis vann fra akviferer i marine avsetninger. Figur 6 viser at forholdet mellom bikarbonat og summen av sulfat og klorid i ionefattig grunnvann, men også i flere kilder med ionerikt vann, ligger under den ønskede verdien på 1,5. Selv med karbonatisering til alkalitet på 1,0 mmol/l, vil flere av disse vanntypene ikke oppnå det ønskede ioneforholdet. Selv om alkaliteten i disse vanntypene får betegnelsen «god», kan vannet være meget korrosivt overfor rør og installasjoner av ulike metaller.

## Vannbehandling for korrosjonskontroll

Denne undersøkelsen viser at 97% av råvannet i offentlig vannforsyning er bløtere enn anbefalt norm ( $< 15 \text{ mg Ca/l} = 2^\circ \text{dH}$ ), 2% faller innenfor normene for god vannkvalitet, mens 1% får vann som er hardere enn anbefalt ( $> 25 \text{ mg Ca/l} = 3,5^\circ \text{dH}$ ). Det finnes god dokumentasjon for at forbedret vannkvalitet og kraftig reduksjon av tæring på rørmaterialene kan oppnås ved karbonatisering av det bløte vannet (Rasmussen 1991, Rost 1991). Prosessen med dosering av alkaliseringsmidler og  $\text{CO}_2$ -gass har blitt betydelig forenklet i løpet av de aller siste årene. Gode resultater har også blitt oppnådd ved bare å dosere  $\text{CO}_2$  til vann som deretter passerer et kalksteinsfilter (Mandal kommune 1991). Dette gir en meget enkel og



Figur 6. Korrosiviteitsindeks for ubehandlet grunnvann og etter en tekt vannbehandling til alkalitet 1 mmol/l. Se forklaring til figur 3.



sikker drift, og langt lavere kjemikaliekostnader enn dosering av andre baser.

Nesten samtlige vannverk som bruker overflatevann, vil ha behov for å heve pH og alkalitet før vannet distribueres. Det samme gjelder for de fleste vannverk som bruker grunnvann. Et mindre antall av de sistnevnte har høy alkalitet i råvannet, men lavere pH enn tilrådelig på grunn av et overskudd av aggressiv CO<sub>2</sub>. pH kan heves ved at CO<sub>2</sub> fjernes ved lufting eller bindes ved tilsetning av en sterk base (lut el. soda). For de vannverkene som har så høye kloridkonsentrasjoner at forholdet mellom bikarbonat og sulfat og klorid ikke lar seg rette ved alkalitetshevning,

er fjerning av salt ved hjelp av omvendt osmose en mulig løsning. Dette vil imidlertid falle så kostbart at det i de fleste tilfeller vil være mer aktuelt å ta i bruk andre kilder.

Ved framtidige valg av vannkilder er det grunn til å legge større vekt på korrosjonsparametere og hvilke korrosjonsforebyggende tiltak som vil være nødvendig, enn det som hittil har vært vanlig. Dette gjelder særlig grunnvann som kan være korroderende til tross for at det er i samsvar med gjeldende normer. Spesielt kan bruk av grunnvann med høyt innhold av klorid være en løsning som på sikt er dyr og dårlig, både for vannverkseier og abonnenter.

### Litteratur

- Hedberg, T., Vik, E.A., Wagner, I., Oliphant, R., Ferguson, J.F., van den Hoven, T., Benjamin, M.M., Reiber, S., Nielsen, K., Pääkkönen, J., Fiksdal, L. & Forslund, J., 1991. The influence of water quality on different pipe materials and house installations — conclusions from the workshop. I: Vik, E.A. og Hedberg, T., (red.), Corrosion and corrosion control in drinking water systems. NACE, Houston, s. 1—4.
- Henriksen, A. & Kirkhusmo, L.A., 1986. Water chemistry of acidified aquifers in Southern Norway. Water Qual. Bull. 11: 34—38.
- Mandal kommune, 1991. Nytt behandlingsanlegg for drikkevann. Brosjyre. 4 s.
- Rasmussen, A.—I., 1991. Experiences from water quality control using carbon dioxide and lime treatment in Norwegian waterworks. I: Vik, E.A. og Hedberg, T., (red.), Corrosion and corrosion control in drinking water systems. NACE, Houston, s. 15—16.
- Rost, E., 1991. Practical experiences from using carbon dioxide gas in corrosion control treatment at Nordic waterworks. I: Vik, E.A. og Hedberg, T., (red.), Corrosion and corrosion control in drinking water systems. NACE, Houston, s. 11—14.
- Statens Institutt for Folkehelse, 1987. G2. Kvalitetsnormer for drikkevann. 72 s.
- Vik, E.A., 1986. The effects of corrosion control of low alkalinity waters — Norwegian experiences. Aqua 4: 198—206.
- Vik, E.A. & Hongve, D., 1988. Innvendig korrosjon av vannledninger. NTNFs utvalg for drikkevannsforskning. 44 s.