

# Kobberkorrosjon og vannkvalitet - Hvilken vannkvalitet/korrosjons- kontroll ønsker vi?

Av Jarle Eirik Skaret, Slitrevannverket IKS

Jarle Eirik Skaret er utredningsleder i Glitrevannverket IKS

## Sammendrag

Det er ikke mulig å oppnå en vannkvalitet som er optimal både mht. korrosjon på kobberrør og mht. korrosjon på jernrør ved lav vannhastighet. En må velge mellom hensynet til disse to ledningstypene. Slik Glitrevannverket ser det, er det opplagt at en da bør prioritere kobberledningene, som jo dominerer det private ledningsnettet. Vannlekkasjer på innvendig ledningsnett/sanitær-anlegg skyldes for en stor del korrosjon, og koster samfunnet flere milliarder kroner pr. år. Kobberkorrosjon har også stor betydning for helse- og miljø. Ledningsnettet av grått støpejern har allerede i stor grad en betydelig funksjonssvikt, og vil/ bør bli fornøyt i løpet av de nærmeste 10-30 år.

Glitrevannverket har siden mars 2003 gjort ukentlige analyser av henstandsvann i kobbersløyfer parallelt

ved 4 vannbehandlingsanlegg for å studere hvilken vannkvalitet som gir minst korrosjon over tid, inkludert evt. langtidsvirkninger pga. manganbelegg m.m. Det er brukt nye kobberrør pluss kobberrør som har vært i drift i 10 -15 år. Studiene av henstandsvann ser ut til å samsvare godt med de siste års forskningsresultater, og det var ingen påviselig effekt av evt. manganbeleggdannelse på rørveggen.

Det er også tatt ut noen prøver på 10-30 år gamle kobberrør for å studere evt. groptæring m.m. Dette programmet skal utvides etter hvert, og det er alt for tidlig å trekke noen konklusjoner. De 8 rørbitene som er studert i mikroskopet, viser imidlertid en (meget beskjeden) groptæring i Glitres forsyningsnett (pH 6,8) og ingen groptæring i Røysjøs forsyningsnett (pH 8,0)

## 1. Glitrevannverkets hovedvannkilder

Glitrevannverket i har ansvaret for følgende vannverk, som alle har overflate-kilder:

Vannkilde - vannbe-handlingsanlegg:	Kapasitet, l/s:	Antall mennesker:	Sil / Filter:	Korrosjons-kontroll:	Desinfisering:
Glitre- Landfall	ca. 1 800	90 000	Sil, 0,3 mm.	-	Klor
Glitre-Kleivdammen	200	15 000	Sil, 0,3 mm.	-	Klor
Røysjø	150	20 000	Marmorfilter	Kalsitt+CO <sub>2</sub>	Klor
Holsjorden- Sylling	9	1 000	Sil, 0,3 mm	-	Klor+ UV

Tabell 1: Glitrevannverkets hovedvannkilder - Kapasitet og vannbehandling

Vannkvaliteten som gjennomsnittlig leveres ut på nettet:

Parameter:	Enhet:	Glitre:	Røysjø:	Sylling:
pH *		6,8 ±0,2	8,0 ±0,3	7,0 ±0,2
Alkalitet *	mmol/l	0,2 ±0,04	0,5 ±0,08	0,3 ±0,04
Kalsium *	mg/l Ca	5 ±1	12 ±2	5 ±1
Jern	µg/l Fe	10 - 50	0- 60	30 - 50
Mangan	µg/l Mn	20 - 70	5 - 15	3 - 5

\*): Gjennomsnitt pluss standardavvik

Tabell 2: Glitrevannverkets hovedvannkilder - Vannkvalitet ut på nettet

Mht. Røysjø vannverk hadde vi som målsetting for marmorfilteranlegget å oppnå en pH på 8,3 (og en alkalitet på 0,6 mmol/l). For å oppnå dette må vi etterdosere lut eller tilsv.

## 2. Hvilke rør er viktigst å korrosjonsbeskytte

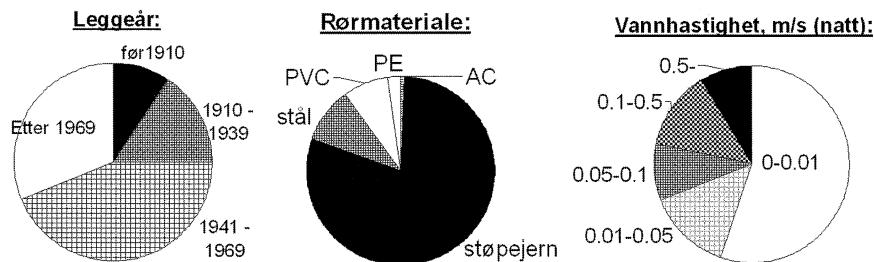
Som kjent kan en ikke oppnå en vannkvalitet som er optimal både mht. korrosjon på kobberrør og mht. korrosjon på jernrør ved lav vann-hastighet. En må velge mellom hen-synet til disse to ledningstypene. Slik vi ser det, er det opplagt at en da bør prioritere kobberledningene, som jo dominerer det private ledningenettet.

Som kjent oppnår vi derved også en vannkvalitet som er relativt gunstig, men ikke nødvendigvis optimal, mht. korrosjon på cementforede rør. En optimal vannkvalitet ved karbonatisering både mht. kobberrør og cementforede rør medfører en langt høyere alkalitet, med dertil høye kjemikaliekostnader, og evt. drifts-ulemper pga. høyt kalsiuminnhold. Vannglass kan imidlertid evt. vise seg å være en interessant universalløsning forutsatt at en greier å opprettholde et tilstrekkelig jevnt silikatbelegg på ethvert sted til enhver tid, uten økt risiko for groptæring.

Størstedelen av forsyningsnettet

består av grått støpejern med stagnante strømningsforhold. Et evt. bidrag til forlengelse av disse ledningenes levetid vil derfor ha høy nytteverdi. Imidlertid har disse ledningene allerede i stor grad en betydelig funksjonssvikt, og vil nesten uansett bli fornyet i løpet av de nærmeste 10-30 år. I stedet for å velge en vannkvalitet/vannbehandling som gir minimal korrosjon på grått støpejern, bør en heller gjennomføre renovering av selve ledningene, dvs. punktutbedringer eller fornyelse av hele ledningsstrekker. Ved renovering

og nyanlegg i de deler av forsyningssnettet hvor en kan regne med stagnante forhold i store deler av tiden, bør en også velge et rørmateriale som ikke korroderer ved en vannkvalitet tilpasset lav kobberkorrosjon (dvs. pH over 8,0). Pga. kmtall/biofilm-problematikken bør en dessuten velge moderate dimensjoner for å redusere oppholdstiden. Krav til brannvannskapasitet må ikke få overskygge et hvert annet hensyn. I rene boligområder bør en f. eks. kunne forutsette bruk av tankbil til brannslokking.



Figur 1: Ledningsnettets sammensetning i Drammen kommune

Figur 1 viser det offentlige ledningsnettets sammensetning i Drammen kommune. Vi finner det samme mønsteret også i de andre kommunene Glitrevannverket leverer vann til.

Det er tydelig at en meget stor del av ledningsnettet består av grått støpejern (dvs. leggeår før 1970) med stagnante strømningsforhold.

### 3. Kobberkorrosjon - Helse- og bruksmessig betydning

Her er et utdrag fra Folkehelseinstiftetts web-sider:

Kobberrør brukes til stikkledninger og fordeling av vann inne i bygninger. Når vannet brukes jevnlig, er konsentrationsøkningene minimale (<0,1 mg/l), men vann som har stått noen tid i ledningene vil som regel ha betyde-

lig høyere konsentrasjoner. Drikkevannsforskriften stiller spesielle krav til slikt vann (henstandsvann). Det er ikke uvanlig at vann som har stått i ledningene over natten, inneholder 2 til 3 mg/l kobber. Enda høyere konsentrasjoner forekommer hvis vannet er spesielt korrosivt for kobber. I nybygg tar det en tid før rørene får et innvendig belegg som beskytter mot videre korrosjon. I nye store boligkomplekser, hvor det kan være lange strekk med kobberrør, kan konsentrasjonen i kranvann være >1 mg/l til enhver tid.

Høye kobberkonsentrasjoner gir vannet en bitter smak. Det antas at langvarig diare hos barn i en del tilfeller kan skyldes høye konsentrasjoner av kobber i drikkevannet. Kjeler av aluminium som regelmessig brukes til oppvarming av vann, vil med tiden få et sort innvendig belegg av utfelt kobber. Det er registrert flere forgiftningstilfeller med kraftige brekninger i forbindelse med at slike kjeler leilighetsvis er brukt til oppvarming av sure drikker som løser opp kobberet, f.eks. ved juletider med tilberedning av gløgg. Kobber i vannet fører lett til grønn misfarging i sanitærinstallasjoner. Ved spesielt høye konsentrasjoner kan personer med lyst hår få et grønnskjær i dette ved hårvask.

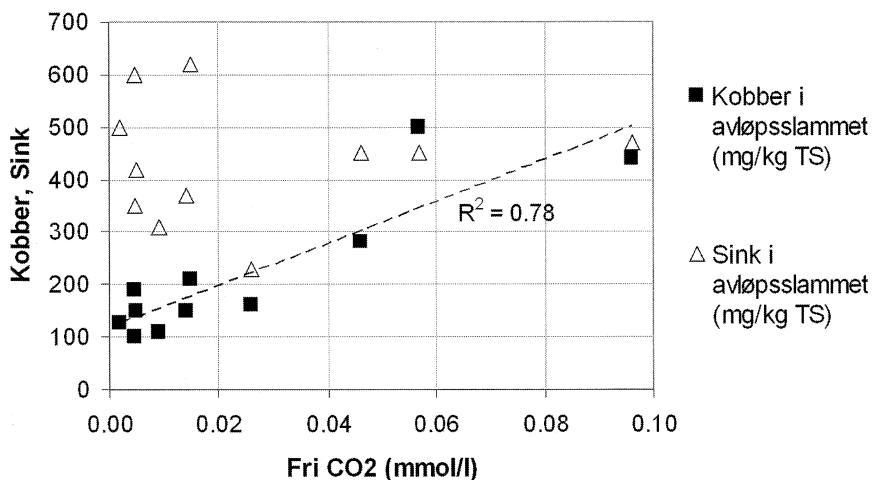
#### **4. Kobberkorrosjon - Miljøkonsekvenser**

Her er en kort oppsummering fra Aquateam. 30.09.1999. Rapportnummer: 99-025: Virkning på marin miljø av miljøskadelige stoffer i rørledninger. (Oppdragsgiver: Olje- og energidepartementet):

Kobber er en miljøgift der norske myndigheter har prioritert å redusere utslippene til miljøet vesentlig innen år 2010 (Stortingsmelding nr. 58). Kobber er et metall som brukes i mange produkter, bl.a. som basismetall i metallindustrien (bronse, messing, visse ståltyper og andre metalleggeringer). Kobberforbindelser og salter benyttes også som sopp- og insektmidler, fargepigmenter, treimpregnéringsmidler, fjerning av svovel fra olje, bunnstoff til båter, katalysatorer og ammunisjon. Kobber i sin elementære form er et essensielt grunnstoff for alle levende organismer.

Ettersom kobber er et grunnstoff, brytes det ikke ned. Det akkumuleres i organismer, men ikke i særlig grad oppover i næringskjeden. Metallisk kobber har lav giftighet, men løste kobberioner er meget giftig overfor plankton. Kobber er mer giftig i bløtt vann enn i hardt vann. Larvestadiet hos fisk er mest følsomt for kobber-eksposering. Det er under laboratorieforsøk observert negative effekter på reproduksjonspotensialet hos fisk i lave konsentrasjoner. Økt kobberinnhold i sjøvann har gitt økt opphopning av kobber i musling og krabbe. Kobber har vist fosterskadelige og reproduksjonsskadelige effekter hos pattedyr (rotte og kanin) under laboratorieforsøk.

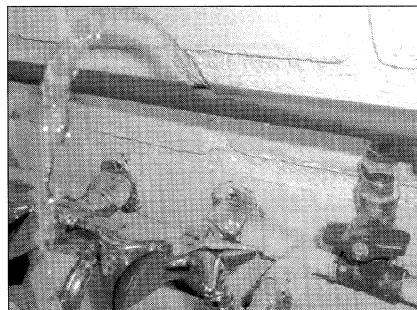
Figur 2 (etter Lars Hem og Eilen A. Vik, 1995), oppsummerer data fra 11 større norske vannverk, og viser at det er en tydelig sammenheng mellom drikkevannets pH og det tilhørende avløpsvannets (dvs. slammets) innhold av kobber. (Kravet mht. bruk i jordbruksmarkedet er 650 mg/kg TS).



Figur 2: Sammenheng mellom drikkevannet (Alkalitet og pH) og kobber i avløpsslam

## 5. Hva koster korrosjon på kobberrør

Her er et utdrag fra intervju i Teknisk Ukeblad nr. 21/2004 med prosjektleader for Vannskadekontoret ved Byggforsk, sivilingeniør Lars-Erik Fiskum:

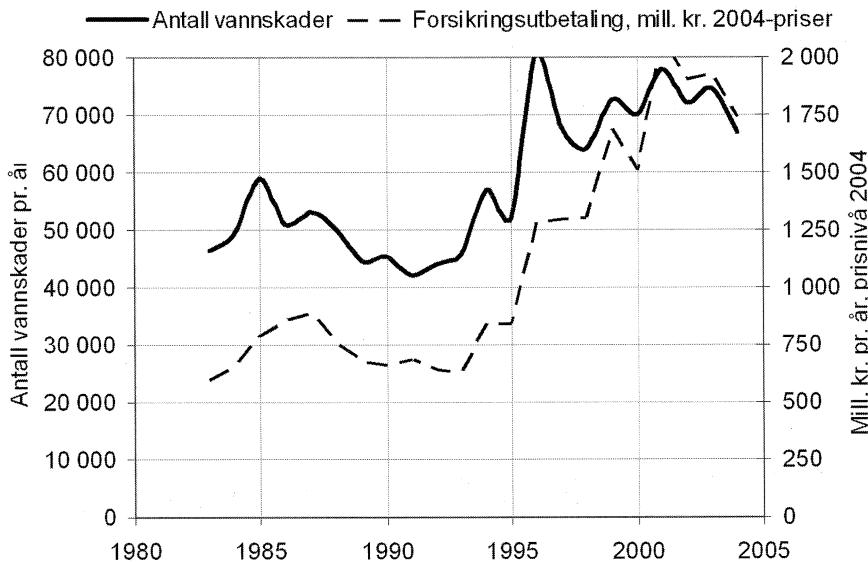


I 1974 startet forsikringsselskapene med å registrere vannskadene. Ståheien ble stor da skadene viste seg å nå opp i 75 millioner kroner - eller 375 millioner etter dagens kroneverdi.

I dag behandler forsikringsbransjen vannskader for 2 milliarder kroner årlig, jfr. figur 3. Skader gjennom membran i våtrom kommer i tillegg, for de dekkes ikke av forsikringen. Tar vi også med egenandeler, skader på bygg der stat eller kommune er selvassurandører - og skader som ikke meldes - nærmer vi oss tre milliarder kroner i året i vannskader. Fra 1984 er også antall vannskader registrert. Først på 1980-tallet var det 40-50.000 skader i året. Nå er det 70- 80.000. I 1950 årene og frem til inn i 1970-årene var antallet nye bad stort. De hadde få skader. I dag nærmer disse installasjonene seg 50 år. Rør og skjøter begynner å bli utslitt. Etter som gjennomsnittsalderen på norske boliger øker, øker også lekkasjefaren. Vi har to millioner bygninger med skjulte kobberrør i veggen. Kobberrørene er ikke like holdbare over alt i landet. Den lokale vannkvaliteten er

avgjørende, sammen med bruken og hvordan montasjen er utført. På 1970-tallet ble det montert mye plastmantlede kobberrør som ble montert skjult i veggen. De kan ha en anbefalt

brukstid på 30-40 år. De nye PEX rørene (plastrør) er korrosjonsbestandige. Vi antar i dag at de har en levetid på 50 år. Men spennet er stort. Det kan variere fra halvparten til det doble.



Figur 3: Antall vannskader og kostnader for vannskader i perioden 1983-2004

## 6. Glitrevannverkets undersøkelse av kobber-rør mht. henstandsvann

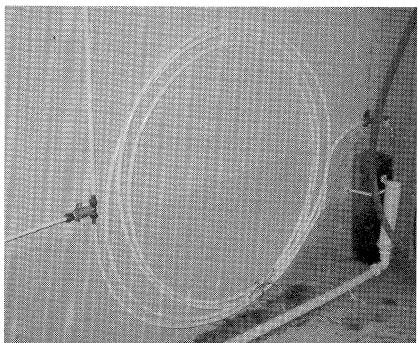
Aquateam ved Lars Hem er vår faglige støttespiller i prosjektet.

### 6.1 Nye kobberrør

Glitrevannverket har i april 2003 rigget opp testsløyfer som vist i figur 4, med glødde 10 mm. kobberrør, og ukentlig analysert på kobberinnholdet i henstandsvann, 24 timer henstand. Testriggene er montert på vannbehandlingsanlegget på alle vannverkene: Glitre (Landfall og Kleivdammen), Røysjø og Sylling. Mellom

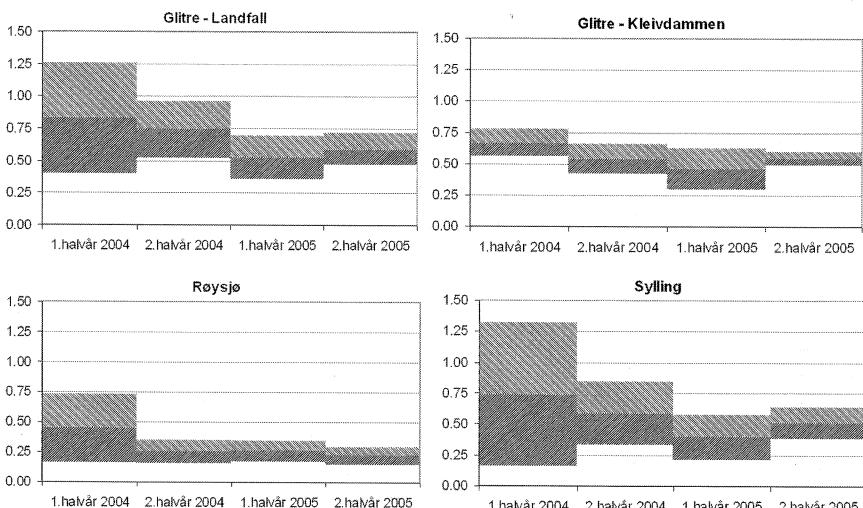
henstandsperiodene renner det en liten vannstrøm gjennom kobberrørene. Vi analyserer på: totalt kobber, filtrert kobber ( $0,45 \mu\text{m}$ ), pH, alkalitet, pluss noen flere parametere.

Målsettingen med eksperimentet er særlig å finne ut om vann fra Glitre gir vesentlig mer kobberkorrosjon enn vann fra Røysjø, slik forskjellen i pH skulle tilsi. I Glitres forsyningsområde er det et mangangelegg på rørene, som vi tror muligens kan bidra til å redusere korrosjonen. I den grad dette mangangeleget også legger seg på kobberrørene, vil evt. også kobberkorrosjon avta over tid.



Figur 4: Kobbersløyfen på Kleivdammen vannbehandlingsanlegg

I figur 5 er kobberkonsentrasjonen, totalt kobber (mg/l) for hvert vannverk for hvert halvår f.o.m. 2004 fremstilt grafisk (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik). Vi ser at for Glitre og Sylling har kobberkorrosjonen avtatt i ca. 1-2 år før det stabiliserte seg på dagens nivå. For Røysjø stabiliserte det seg tidligere.

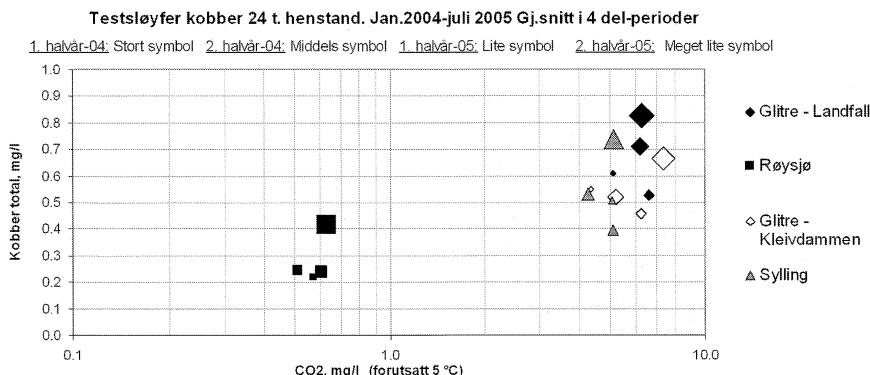


Figur 5: Kobberkonsentrasjon (mg/l), 24 t. henstandsvann i glødde 10 mm. kobberrør

Vi ser at etter 2 år er kobberkorrosjonen ca. 3 ganger større med vann fra Glitre sammenlignet med vann fra Røysjø.

Vannets pH og alkalitet har variert noe gjennom forsøksperioden. I figur

6 er kobberinnholdet i henstandsvannet fremstilt som funksjon av fritt  $\text{CO}_2$  (som avhenger av pH, alkalitet og temperatur; vi har forutsatt 5 °C). Dette bekrefter konklusjonene ovenfor.



Figur 6: Kobberkonsentrasjon (mg/l), 24 t. henstandsvann i glødde 10 mm. kobberrør

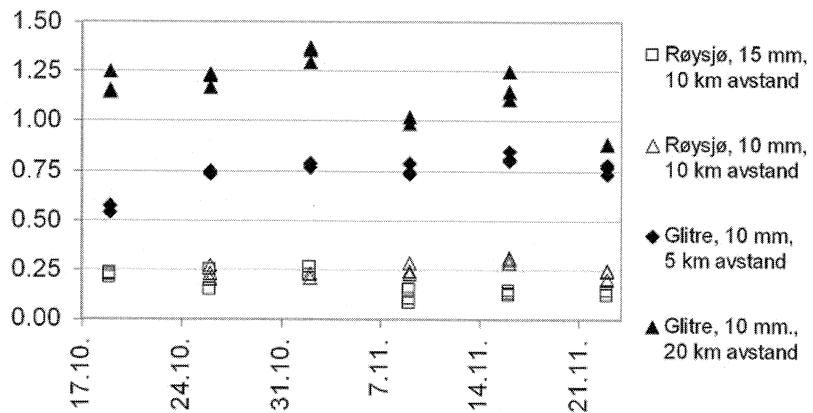
## 6.1 Kobberrør som er 10-15 år gamle

I tillegg har vi etablert 4 testtrigger med ca. 10 år gamle tynnveggede kobberør, hvorav 2 fra Glitres forsyningsnett (vanlige kobberør) og 2 fra Røysjøs forsyningsnett (gløddet kobberør, "Prisol"). Vi har hittil gjennomført 6 ukentlige vannanalyser av henstandsvann for disse rørsløyfene, under samme betingelser som for de øvrige kobberørsløyfer. Kobberørene fra Glitres forsyning-område var fra en skole 20 km. fra vannbehandlingsanlegget og fra et sykehjem 5 km. fra vannbehandlingsanlegget. Kobberørene fra Røysjøs forsyningområde var fra et bolighus 10 km. fra vannbehandlingsanlegget. Ett av rørene var 15 mm, og de øvrige 3 rør var 10 mm.

Testriggene ble etablert på et sted som har omtrent samme vannkvalitet som der rørene har stått tidligere. Vi tok 2-3 kobberanalyser på hvert sted for hver ukentlige prøve.

Figur 7 viser de foreløpige resultater. Vi ser at kobberkorrosjonen er ca. 3 ganger større med vann fra Glitre sammenlignet med vann fra Røysjø. Det er tydelig at vannbehandlingen ved Røysjø (marmorfilter og  $\text{CO}_2$ , fom 1994) har vært meget effektiv mht. å redusere kobberkorrosjon.

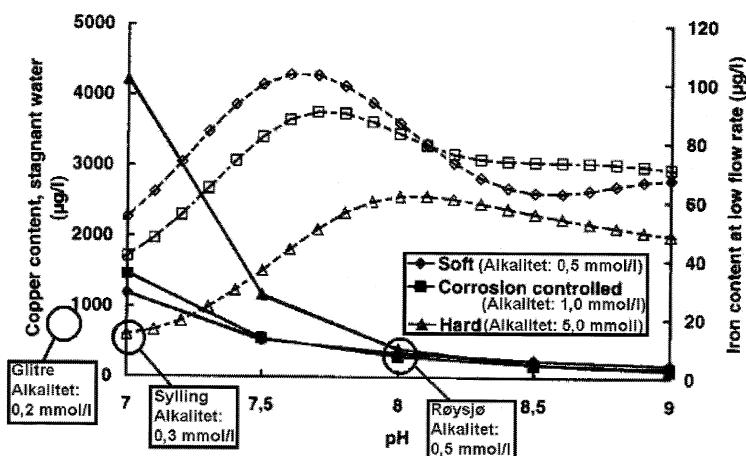
Det er tydelig at kobberrørene i Glitres forsyningssområde etter ca. 10 år ikke har fått noe manganbelegg som evt. kan bidra til å redusere korrosjonen. Da vi klyvde noen rør-biter, kunne vi heller ikke observere noe manganbelegg på disse rørene,



Figur 7: Kobberkonsentrasjon (mg/l), 24 t. henstandsvann i 10 år gamle kobberrør

Våre studier stemmer godt overens med de siste års forskningsresultater. Figur 8 er hentet fra en svensk forskningsrapport (B. Berghult, A. Elfström Broo og T. Hedberg, Nordisk drikkevannskonferanse 5-6. sept. 2000). Diagrammet gjelder for 23 timers henstandsvann og 10 mm kobberrør.

Resultatene fra vår undersøkelse er satt inn i diagrammet. Det er for øvrig interessant å observere at i flg. dette diagrammet er Røysjø det vannverk som gir minst kobberkorrosjon men mest jernkorrosjon i den stagnante delen av ledningsnettet. Dette samsvarer også med våre observasjoner og vannanalyser mht. endebutter m.m. i Røysjøs forsyningssområde.



Copper content in stagnant water and iron content at low flow rate for the three water qualities in Table 3.  
Open symbols denote iron, filled copper.

Figur 8: korrosjonsundersøkelser i Sverige (T. Hedberg m. fl.)

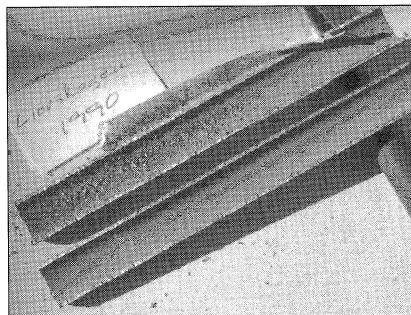
## 7. Groptæring på kobberrør

Som nevnt ovenfor opplever man en eksplosiv økning i antall vannskader, blant annet pga. korrosjon. Det er derfor viktig å se om vi kan gjøre for å redusere risikoen for groptæring på kobberrør.

VA-forsk rapport 26/2003 (Torgunnar Vinka) beskriver blant annet "groptæring type 3", som typisk har mange halvkuleformede gropes, med kobberoksid og et voluminøst blågrønt belegg av ulike kobberhydroksidsulfater. Groptæring type 3 kan opptre på kaldvannsledninger ved alkalitet 0,4 - 0,7 mmol/l og pH justert til ca. 8,0 med natronlут. Dette er, som en ser, en ganske typisk norsk vannkvalitet. Gjennomsnittlig gjennomrustningstid er ca. 6 år.

Lars Hem (Aquateam) mener groptæring kan ha sammenheng med høyt partikkellinnhold i vannet, pga. f. eks. jernkorrosjon. Med Aquateam som rådgiver skal Glitrevannverket undersøke deler av vannforsyningssnettet mht. grop-tæring på kobberrør. Vi har foreløpig tatt ut i alt 8 rørprøver, fordelt på Glitres og Røysjøs forsyningssområde, og ulik alder, hhvis fra 1960-70 og fra 1994-97. Se figur 9. Det foretas følgende analyser:

- ATP-analyse, dvs. biomasse
- Analyse av korrosjonsprodukter (kobber, mangan, aluminium, sislium, kalsium og jern)
- Mikroskopi mht. grop-tæring, inkl. måling av grop-dybde



Figur 9: Kobberrørprøve fra Glitres forsyningsnett

Vi skal utvide dette programmet i løpet av 2006, og det er alt for tidlig å trekke noen konklusjoner. Foreløpig ser vi imidlertid en (meget beskjeden) grop-tæring i Glitres forsyningssnett og ingen grop-tæring i Røysjøs forsyningssnett.

### Referanser:

- M. Weideborg, E. A. Vik, S. Bakke, P. Stang, L. J. Hem. Rapportnummer: 99-025: Virkning på marint miljø av miljøskadelige stoffer i rørleddinger. Oppdragsgiver: Olje- og energidepartementet. Aquateam. 30.09.1999. 67 sider.
- Hem, L. J. and Vik, E. A. (1995): Norwegian experiences with different corrosion monitoring techniques. In Proceedings from Internal Corrosion In Water Distribution Systems (eds. Hedberg, T., Vik, E. A. and Ferguson, J. F.) Chalmers University, May 22-24, 1995.

- Teknisk Ukeblad nr. 21/2004. Intervju med prosjektleder for Vannskadekontoret ved Byggforsk, sivilingeniør Lars-Erik Fiskum. 2 sider.
- B. Berghult, A. Elfström Broo og T. Hedberg, Internasjonalt vannforsyningsseminar 5-6. sept. 2000. 17 sider.
- Tor-Gunnar Vinka. VA-forsk rapport 2003-26. 26 sider.

### Rådgivning og FoU innenfor områdene:

- Vannforsyning
- Kommunalt og industrielt avløpsvann
- Slam og organisk avfall
- Forurenset jord, grunnvann og sedimenter
- Offshore – virksomhet (miljøforhold)
- Havbruk/akvakultur
- Miljøovervåking/miljørisikovurderinger

**aquateam norsk vannteknologisk senter as**

Postboks 6875, Rodeløkka, 0504 OSLO  
Hasleveien 10

Tlf.: 22 35 81 00 – Fax: 22 35 81 10 – Internett: [www.aquateam.no](http://www.aquateam.no)