

1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet beskriver løsninger som best mulig beskytter kobberør mot korrosjon. Målet er både å sikre god vannkvalitet hos forbruker og å redusere risikoen for lekkasjer i kobberørene.

2 BEGRENSNINGER

Ledningsnettets består av en rekke forskjellige materialer der kobber er et av disse. Ved korrosjonskontroll må man ta hensyn til alle materialene som forekommer. Dette VA/Miljø-bladet omhandler imidlertid kun kobber og hvordan vannkvaliteten påvirker kobberkorrosjonen. Se også VA/Miljø-blad nr 17, 18 og 19 når det gjelder vannbehandling og korrosjonskontroll generelt.

3 FUNKSJONSKRAV

Ved å ha kunnskap om årsakene til høye kobberkonsentrasjoner hos forbruker, samt til hva som øker risikoen for lekkasjer i kobberørene på grunn av korrosjon, kan man ta hensyn til dette i forbindelse med vannbehandling og drift av systemene slik at disse problemene minimaliseres.

4 LØSNINGER

4.1 PROBLEM PÅ GRUNN AV KOBBERKORROSJON

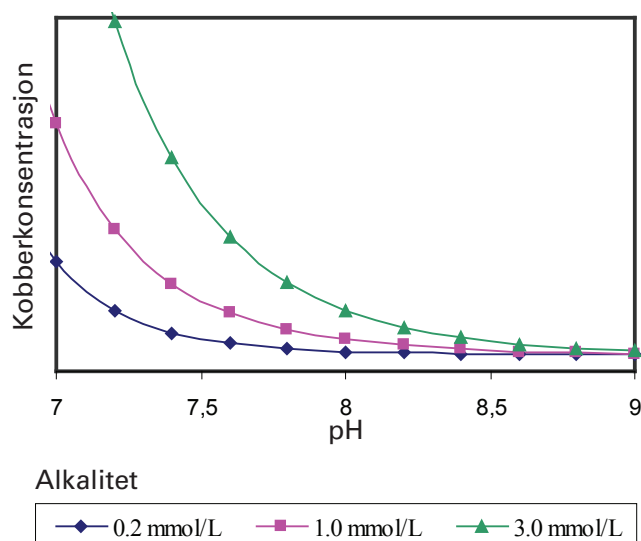
Innvendig korrosjon av kobberør kan foregå på to fundamentalt forskjellige måter, nemlig jevn (allmenn) korrosjon og pitting korrosjon (grop-tæring). Ved jevn korrosjon foregår korrosjonen jevnt fordelt over hele metalloverflaten. Korrosjonshastigheten er da relativt lav og medfører normalt ingen problemer med hensyn til rørenes levetid. Hovedproblemet med jevn korrosjon er imidlertid at det kan oppstå høye kobberkonsentrasjoner i vannet på tross av at korrosjonshastigheten er relativt lav fordi den totale røroverflaten som korroderer er relativt stor og vannets oppholdstid i rørene kan være relativt lang. Høye kobberkonsentrasjoner i drikkevannet kan gi bitter smak på vannet og være helsefarlig, i tillegg til å gi bruksmessige ulemper (for eksempel farging av sanitærutstyr). Drikkevannsforskriften setter krav til maksimal konsentrasjonen av kobber hos forbruker. Høye konsentrasjoner av kobber i drikkevannet på grunn av korrosjon, kan også føre til for høye kobberkonsentrasjoner i kloakkslammet slik at dette ikke blir egnet til bruk i jordbruket.

Ved pitting korrosjon er problemet derimot at rørenes levetid forkortes dramatisk ved at de kan gjennomhulles i løpet av relativt kort tid. Korrosjonshastigheten er da svært høy, men kun på små avgrensede områder der hullene dannes. Dette medfører sjelden problemer med høye kobberkonsentrasjoner.

4.2 JEVN KORROSJON

Problemet i forbindelse med jevn korrosjon er at det kan oppstå høye kobberkonsentrasjoner i drikkevannet, spesielt i perioder med stagnasjon. Drikkevannsforskriften har et krav om maksimalt 1.0 mg Cu/L hos abonnenten. Den viktigste parameteren for å kontrollere kobberkonsentrasjonen er pH. Andre parametere har også betydning, men i vesentlig mindre grad, dette gjelder for eksempel temperatur, klorforbindelser, karbonatforbindelser, kalsium, NOM, osv.

Høyt innhold av fritt CO₂ vil gi høy kobberkonsentrasjon. For å sikre lavest mulig kobberkonsentrasjon hos forbruker bør derfor pH være ca 8.0 – 9.0. Da vil innholdet av fritt CO₂ være lavt. Høy alkalitet vil øke kobberkonsentrasjonen, men ved høy pH blir den negative effekten av alkalitet relativt marginal (se figur 1). Hvis man har lav alkalitet, kan man tillate noe lavere pH /1/ og /2/.



Figur 1. Effekt av pH på forventet kobberkonsentrasjon i henstandsvann ved forskjellig alkalitet.

4.3 PITTING KORROSJON

Kobber pitting forekommer typisk sporadiske, det vil si at bare enkelte boliger blir rammet selv om andre boliger i området som ikke rammes har tilsynelatende de samme rørinstallasjonene og den samme vannkvaliteten. Ved pitting korrosjon vil rørene kunne gjennomhulles i alt fra noen måneder til 15 – 20 år. Resultatet blir lekkasjer som kan gi omfattende bygningsskader. Tradisjonelt er kobber pitting delt inn i følgende tre kategorier: Type I, Type II og Type III pitting. Det er også identifisert mikrobiell pitting, samt andre tilfeller som ikke faller inn under disse hovedkategoriene, men kanskje kan være grensetilfeller mellom en eller flere av kategoriene /3/. Disse er omtalt som "Andre former for pitting" nedenfor.

4.3.1 TYPE I PITTING (kaldtvannspitting)

Type I pitting er karakterisert ved dype og trange groper som vanligvis resulterer i gjennomhulling og lekkasje etter 3-4 år (selv om gjennomhulling har forekommet etter alt fra noen måneder til 15 år). Den forekommer i kaldtvannssystem, der man har hardt grunnvann med høy alkalitet og sulfatinnhold, og en pH på 7.0-8.2. Hovedårsaken er nærvær av karbonfilm på røroverflaten, som er rester fra fremstillingsprosessen.

Norsk grunnvann er normalt ikke tilstrekkelig hardt til at type I pitting forekommer.

4.3.2 TYPE II PITTING (varmtvannspitting)

Type II pitting er også karakterisert ved dype og trange groper (vanligvis enda trangere groper enn type I pitting) som vanligvis resulterer i gjennomhulling og lekkasje etter relativt få års drift selv om pittings hastigheten er noe langsommere enn ved type I pitting. Den forekommer i varmtvannssystem (> 60°C), vanligvis i bløtt vann med pH < 7.2. Vanligvis er det et relativt høyt forholdstall mellom sulfat- og bikarbonatinnhold, det vil si $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-] > 1$ (angitt som mg/L).

Pitting som skyldes forhøyet sulfatinnhold forekommer spesielt i kystnære områder der man har høyere sulfatkonsentrasjoner.

4.3.3 TYPE III PITTING (bløtt vann pitting)

Type III pitting er derimot karakterisert ved grunne og vide groper. Risikoen for rask gjenomtæring er derfor noe mindre. Dannelse av store mengder korrosjonsprodukter kan medføre helt eller delvis gjentetting av rør. Type III pitting forekommer både i kaldt- og varmtvannssystem, normalt i bløtt vann med høy pH (> 8) og lav alkalitet.

Typisk bløtt norsk overflatevann der man kun benytter pH-justering for korrosjonskontroll vil være utsatt for denne formen for pitting.

4.3.4 ANDRE FORMER FOR PITTING

Det er imidlertid en rekke eksempler på pitting på kobberrør som ikke faller inn under de ovennevnte hovedkategoriene, eller som er en mellomting mellom ulike typer pitting eller er grensetilfeller til en eller flere av kategoriene. Eksempler på slike er såkalt type 1½ pitting og "pepperbøsse pitting" (pepper pot pitting). Begge disse kan forekomme både i kaldt- og varmtvannssystem der det er bløtt vann med lav alkalitet og lavt innhold av klorid og sulfat.

Flere pitting former er også assosiert med mikrobiell aktivitet. Høyt innhold av humus og temperatur < 50°C øker risikoen for mikrobielt influert pitting.

Loddepasta på innsiden av rørene, dårlig utført loddearbeid, bruk av for høy glødetemperatur, osv, kan føre til pittingkorrosjon.

Partikler og avleiringer kan gi pittingkorrosjon ved at det dannes lokale korrosjonsceller under avleiringene. Spesielt uheldig er mangandioksid og magnetitt avleiringer. Slike kan rives med fra hovedledningsnettet i forbindelse med endrede strømningsforhold, for eksempel ved oppstart av nyanlegg. Lange perioder med stagnasjon, lange horisontale rørledninger, lang oppholdstid, osv, øker også risikoen for pitting.

4.3.5 OPPSUMMERING PITTING

I tabell 1 har en summert opp de vanligste formene for kobberpitting, hvor de forekommer, samt årsak og viktige vannkvalitetsparametere.

Tabell 1. Generell oversikt over vanlige typer kobberpitting og årsaken til disse.

Pitting type	Rørsystem hvor det forekommer	Årsak	Andre viktige parametere
Type I	Kaldtvann	Innvendig karbonfilm	Grunnvann med høy Ca^{2+} , alkalitet, SO_4^{2-} . pH = 7.0 – 8.2
Type II	Varmtvann	> 60°C, pH < 7.2, $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-] > 1$	Lav Ca^{2+}
Type III	Kaldt- og varmtvann	Lav Ca^{2+} og alkalitet, pH > 8.0	
Type I 1/2	Kaldt- og varmtvann	Lav Ca^{2+} , alkalitet, SO_4^{2-} , Cl^- pH = 7.5 – 9.5	
Pepperbøsse	Kaldt- og varmtvann	Lav Ca^{2+} , alkalitet, SO_4^{2-} , Cl^- pH = 7.5 – 9.5	Høyt innhold av partikler, NOM og mikroorganismer
Mikrobiell	Kaldt- og varmtvann	høyt innhold av NOM, < 50°C	Lav Ca^{2+} , alkalitet

4.4 ANBEFALINGER

I tabell 2 er det angitt anbefalte vannkvaliteter både for å redusere konsentrasjonen av kobber i drikkevannet (på grunn av jevn korrosjon), og for å redusere risikoen for pitting korrosjon.

Tabell 2. Anbefalt vannkvalitet for å redusere konsentrasjonen av kobber og risikoen for kobberpitting.

Parameter	Anbefalt verdi	Kommentar
pH	8.0 – 9.0	For å redusere jevn korrosjon (og dermed konsentrasjonen av kobber) i størst mulig grad.
Alkalitet, mmol/L	0,6 – 1.0	Et kompromiss mellom ønske om noe lavere verdi for å redusere jevn korrosjon og noe høyere for å redusere risikoen for pitting.
[SO ₄ ²⁻] [HCO ₃ ⁻], mg/L / mg/L	< 1	For å redusere risikoen for pitting.
Temperatur, °C	> 60°	For å hindre mikrobiell aktivitet.
Sulfat, mg SO ₄ ²⁻ /L	< 100	
Klorid, mg Cl ⁻ /L	< 100	

For å redusere risikoen for pittingkorrosjon er det i tillegg også viktig å ta følgende forholds-regler:

- Lodding må utføres tilfredsstillende. Unngå unødvendig bruk av loddepasta. Unngå overoppheting.
- Høyt humusinnhold (NOM), samt tilførsel av partikler er uheldig.
- Etter trykkprøving av rørsystemet må man ikke ha stillestående vann i rørene, men ha et vannforbruk som ligner normal drift. Lengre periode med stillestående vann i oppstartsperioden kan initiere kraftig pittingangrep.

Henvisninger:		Utarbeidet:	nov 2006	SINTEF
/1/	<i>Ferguson, J.F., Franqué, O. og Schock, M.R. : "Corrosion of Copper in Potable Water Systems"; kapittel 5 i Internal Corrosion of Water Distribution Systems, 2nd edition, ISBN 0-89867-759-9, Cooperative Research Report AWWRF og DVGW-TZW, 1996.</i>	Revidert:		
/2/	<i>Broo, A.E., Berghult, B. og Hedberg, T.: "Copper Corrosion in Drinking Water Distribution Systems – The Influence of Water Quality"; Corrosion Science, vol. 39, nr 6, side 1119-1132, 1997.</i>	/3/	<i>Vinka, T.G.: "Genomfrätningar på kopparrör – orsaker, undersökningsmetoder och motåtgärder"; VA-FORSK rapport nr 26, 2003.</i>	