

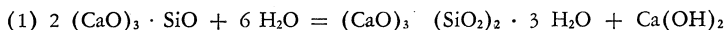
Metoder for å stoppe innvendig nedbrytning av asbestsementledninger

Av Jan Aug. Myhrstad

Jan Aug. Myhrstad er cand.real og ansatt hos
Sivilingeniør Elliot Strømme A/S.

1. Innledning

Vannledningsnettene i Norge antas å ha en total lengde på ca. 28.000 km. Sementbaserte rør utgjør trolig 20—25%. Omlag halvparten av de sementbaserte rørene er lagt for 20—40 år siden. Sannsynligvis er ca. 6000 km asbestsementrør (AC-rør) i bruk på vannverk.



Hvis innholdet av kalsium og karbondioksyd — og derved hydrogenkarbonat — er høyere enn en viss konsentrasjon, vil



Utfelt kalsiumkarbonat vil hindre ytterligere tæring. Kalsiumkarbonatutfellingen er temperaturavhengig.

Når AC-rør produseres, herder rørene ved at sementen reagerer med vann, og det dannes sementmineraler og fri kalk (kfr. ligning 1). Hårdt vann i form av kalsiumbikarbonat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, vil forårsake karbonatisering av røroverflaten hvis vannet er så hårdt at det er nær karbonatlikevekten. Hvis dette ikke er tilfellet, vil fri kalk tilføres vannet, herdingen fortsetter og sementen brytes ned.

Vi antar at 70—75% av AC-rørene ikke er innvendig beskyttet. For disse rørene vil levetiden i vesentlig grad være bestemt av vannets kvalitet. Når man dessuten ved

AC-rør som ikke er innvendig beskyttet med bitumen, epoxy e.a. vil bli utsatt for tæring hvis vannet er bløtt og surt og har et lavt innhold av jern, mangan og humus, aluminium og sink. Fri kalk, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, løses da ut fra sementen:

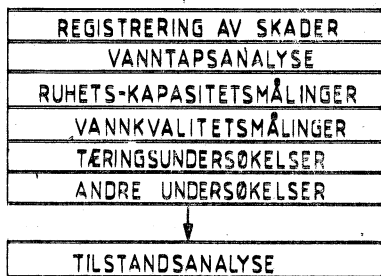
utløsningen av fri kalk forårsaker utfelling av kalsiumkarbonat på røroverflaten:

norske vannverk for det overveiende bruker vann som er aggressivt vis a vis sementbaserte rør, er det rimelig grunn til å anta at slike rør vil ha vesentlig kortere levetid enn andre rørtyper.

Vi har utført tilstandsanalyser på ca. 250 km AC-rør ved ca. 15 vannverk. Resultatene viser ofte en innvendig tærings-hastighet på 0,2—0,4 mm/år. I tillegg har man den utvendige tæringen. Et 150 mm rør med veggtykkelse 12 mm var for eksempel tæret 3 mm innenfra og 3 mm utenfra. Dette illustrerer at AC-rør kan få levetiden vesentlig redusert.

Før man tar standpunkt til hvilke tiltak som bør gjennomføres for å forlenge levetiden på sementbaserte rør, bør det utføres

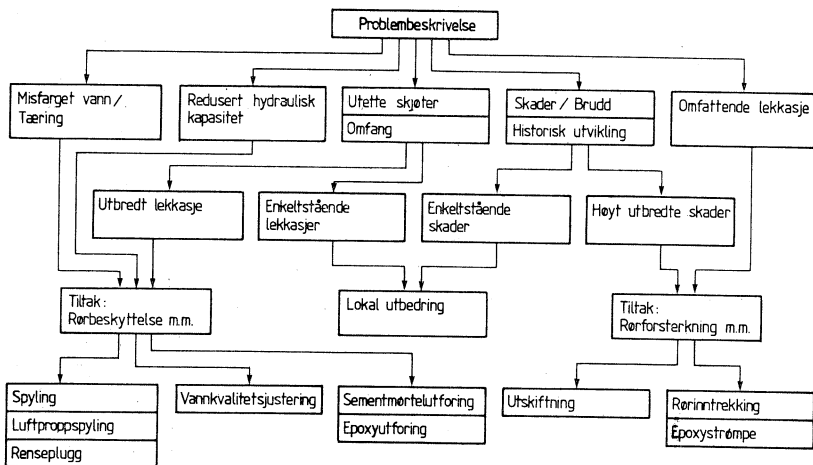
en tilstandsanalyse. Forundersøkelsene bør omfatte en analyse av ledningsnettets fysiske og hydrauliske tilstand, vannkvalitetsvurderinger og registrering og bearbeiding av klager fra abonnentene (figur 1).



Figur 1.

Opplegg for en tilstandsanalyse.

Valg av tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle. På figur 2 er vist en forenklet sammenheng mellom problemer og aktuelle tiltak (Holtchulte).



Figur 2. Vanlige problemer på ledningsnett og aktuelle utbedringstiltak (Holtchulte).

2. Rehabilitering

Rehabilitering utføres for å gi ledningene ny korrosjonsbeskyttelse, tette lekkasjer og forsterke eller fornye svake rør. Rehabilitering med sementmørtelpåsprøyting gir støpejern- og stålledninger en aktiv korrosjonsbeskyttelse på grunn av sementens høye pH-verdi. På samme måte antas det at sementmørtelutforing kan forlenge levetiden på sementbaserte rør. Det er nylig utført forsøk i USA som gir grunnlag for en slik antakelse. Rehabilitering med epoxypåsprøyting gir ledningen en tett membran som forhindrer tæring. Rehabilitering med epoxystrømpe kan utføres for å tette større lekkasjer, gi ledningen økt trykkstyrke og forhindre tæring. Rehabilitering ved inntrekking av plastrør gir en helt ny ledning.

De enkelte rehabiliteringsmetodene stiller forskjellige krav til rengjøring eller skraping av rørene før selve rehabiliteringen. Det er også betydelig forskjell på hvor stor lengde av røret man må fjerne for å kunne utføre rensing og rehabilite-

ring. I enkelte tilfeller kan rehabilitering utføres fra kummer, mens enkelte metoder kun kan benyttes ved bruk av lange adkomstgroper. Vanligvis vil det være ønskelig å skifte gamle og dårlige ventiler m.m. i forbindelse med rehabilitering.

Rehabilitering vil ikke bli nærmere omtalt i denne artikkelen. For en mer utførlig redegjørelse vises det til den nylig publiserte rapporten «Rehabilitering av vannledninger», utgitt i NTNf's PTV-serie, og utarbeidet av Sivilingeniør Elliot Strømme A/S. Det vises også til forelesninger holdt på NIF-kurs (Endresen. Myhrstad).

3. Justering av vannkvalitet

3.1 Innledning

Vannbehandling for å redusere/stoppe innvendig tæring på sementbaserte rør kan være et aktuelt strakstiltak som gir vannverkene et pusterom slik at mer omfattende tiltak kan planlegges.

Den tæringen som sementbaserte rør er gjenstand for, har et kvalitetsmessig/hygienisk aspekt og et praktisk/økonomisk aspekt.

Kvalitetsmessig blir vannet ofte mindre godt fordi det blir hårdt, forårsaker ekstra stor tæring i gryter o.l. av aluminium, og ofte smaker «sement». Vannets pH-verdi kan bli ekstremt høy. Dette vil øke utløsningen av bly, kadmium og kobber fra messingarmatur, kobberør m.m. i boligene. Resultatet kan bli tildels høye konsentrasjoner av de nevnte tungmetallene i drikke- og bruksvann. Asbestsementrør vil p.g.a. tæringen avgi asbestfiber. Inntil fibrenes eventuelle helseeffekt er avklart, bør ikke fiberinnholdet i drikkevannet tillegges for stor betydning.

Tæringen fører imidlertid til at rørene får redusert sin levetid ganske vesentlig.

Betrakter vi asbestsementledningene antar vi, som nevnt, at vi har ca. 6000 km vannledninger av dette slag, og at ca. 70% er innvendig ubeskyttet. Hvis vi videre antar at ca. 50% av disse rørene må skiftes etter ca. 30 års bruk, må det i de neste 10 år skiftes vannledninger for 200—300 millioner kr. pr. år. Det er derfor tvingende nødvendig å finne frem til metoder som forlenger levetiden på de sementbaserte rørene.

De metoder som kan brukes reduserer enten vannets aggressivitet og/eller feller ut et beskyttende belegg på rørenes innerflate som forhindrer videre kalkutløsning.

I tabell 1 er vist eksempler på kjemiske forbindelser som har vært brukt for dette formål i andre land. Med våre bløte og sure vann typer er metoder som tilfører vannet kalsiumforbindelser og bikarbonat, og sinkforbindelser mest aktuelle. Disse kan betegnes

- karbonatisering
- sinkitisering.

Man bør ved valg av metode ta i betraktning at antall vannbehandlingsanlegg i Norge er relativt få og enkle. Ved bruk av kalk vil det måtte investeres relativt mye i doseringsanlegg (mettet kalkvannsanlegg). Så vidt vites er det i dag bare 2—3 vannverk som har mettet kalkvannsanlegg.

Det kan derfor være en fordel å benytte metoder som er lite plasskrevende, slik at den maskinelle utrustning kan innpasses i eksisterende bygningsvolum.

Karbonatisering er en internasjonalt velkjent metode for å redusere tæring både på vannledninger og diverse husinstallasjoner. Metoden medfører en betydelig økning av vannets hardhet. Den er dessuten relativt kostbar, både i anskaffelse og drift. Til tross for de fordelene som er forbun-

Tabell 1. *Aktuelle kjemikalier for vannkvalitetsjustering.*

	1	2	3	4	5	6	7
NaHCO ₃	x		x				
CO ₂		x	x				
Ca(OH) ₂		x					
CaCO ₃				x			
Ca ⁺⁺	x		(x)				
Syretils.				x			
Alkalisering	(x)			x	x	x	(x)
ZnCl ₂					x		
ZnSO ₄						x	
Zn ₃ (PO ₄) ₂							x

Karbonatisering: 1—4

Sinkitisering: 5—7

det med metoden, har forskere ved Environmental Protection Agency (EPA) i USA vurdert ulempene som så betydelige at man tidlig i 1970-årene startet arbeider for å finne alternative metoder for å oppnå det samme.

En rekke kjemiske elementer kan gi utfellinger som beskytter rørene mot tæring. Det gjelder for eksempel aluminium, jern og sink. EPA-forskerne konsentrerte sitt arbeid om sink, idet aluminium og jern ikke ble ansett som praktisk hensiktsmessige elementer. Man fant at sink ga en utfelling på innerflaten av asbestsementrør hvis pH-verdien var høyere enn ca. 7,5.

Det ble utført teoretiske vurderinger og beregninger over forskjellige sinkforbindelsers løselighet under diverse vannkvalitetsforhold. Senere ble de teoretiske vurderingene kontrollert ved laboratorieforsøk

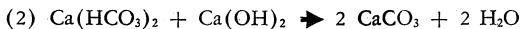
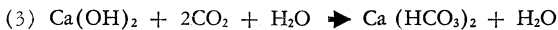
i såkalte «coupon-tests». Etter dette ble det utført forsøk i full skala.

Vi har fulgt arbeidene med sinkitisering helt siden de startet. I november 1984 fulgte vi opp dette med en studiereise i USA, hvor vi blant annet besøkte EPA i Boston og Cincinnati, samt et vannverk i staten Washington, som da hadde drevet sinkitisering i ca. 1/2 år. Så langt syntes metoden å ha virket etter hensikten.

3.2 Karbonatisering

Karbonatisering tar sikte på å endre vannkvaliteten slik at vannet som kommer i kontakt med røroverflaten får et innhold av kalsium og bikarbonat som er høyt nok til at det felles ut et belegg av kalsiumkarbonat på røroverflaten (kfr. ligning 2).

I praksis gjøres dette vanligvis ved å dosere kalk og karbondioksyd til vannet:



Man kan imidlertid også bruke (kfr. ~~tabell~~ **Kalk og karbondioksyd** tabell 1):

- natriumbikarbonat og kalsiumklorid eller kalsiumsulfat (og evt. et alkalium)
- natriumbikarbonat og kalk
- natriumbikarbonat og karbondioksyd (og evt. et kalsiumsulfat)
- kalsiumkarbonat (marmor) og svovelsyre eller saltsyre, samt et alkalium.

Hvilken metode som bør benyttes er avhengig av vannkvaliteten og kjemikalieforbruket (vannverkets størrelse).

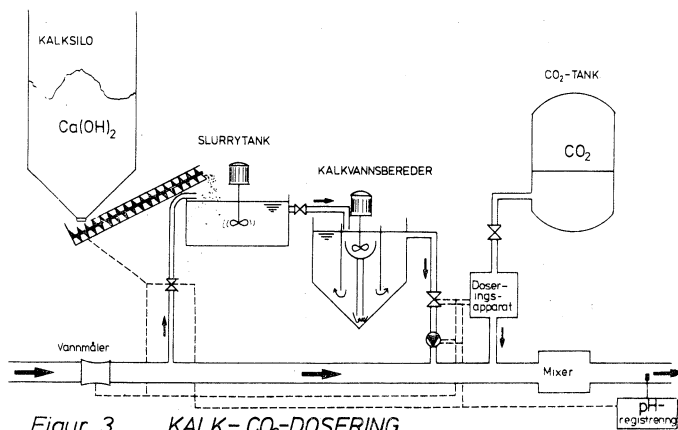
I det følgende vil to metoder som har vakt en viss oppmerksomhet her i landet i den siste tiden bli nærmere omtalt. Det skal imidlertid understrekes at andre varianter av karbonatiseringsprosessen kan være mer aktuelle for enkelte vannverk enn de som omtales.

Ved å tilsette vannet kalk og karbondioksyd vil det dannes kalsiumkarbonat (kfr. ligning 3). For sementbaserte rør vil den første utfellingen av kalsiumkarbonat kunne skje med et lavere innhold av kalsiumkarbonat i vannet, enn det som trengs når det første belegget er etablert. Dette skyldes at kalk i sementporene kan reagere. Senere vil denne kalken være beskyttet mot utvasking.

For å unngå driftsmessige problemer samt økt turbiditet på vannet, bør det doseres en mettet kalkvannopløsning, og ikke kalkslurry.

Karbondioksyd tilsettes fra en tank med flytende CO₂. Flytende CO₂ overføres til gassfasen og doseres via et doseringsapparat.

Et eksempel på et anlegg for dosering av mettet kalkvann og karbondioksyd er vist i figur 3.



Ved å justere vannets pH-verdi og dosert mengde kalk og karbondioksyd kan man kontrollere betingelsene for å få felt ut kalsiumkarbonat.

Hvorvidt mengden av kjemikalier som doseres kan være mindre enn det som må til for å overskride løselighetsproduktet for kalsiumkarbonat, avhenger av kalkutløsnin- gen fra rørene og må undersøkes i hvert tilfelle. Det samme gjelder spørsmålet om intermitterende tilsetning av det ene eller begge kjemikaliene.

Tilsetning av kalk vil øke vannets hård- het. Et aggressivt vann vil dessuten tære på utfelt kalsiumkarbonat.

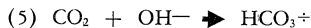
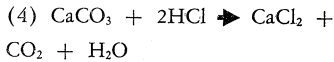
Kalsiuminnholdet i et vann som er i karbonatlikevekt vil ved 10°C og en pH- verdi på 7,5 tilsvare en total hårdhet på vel 10°dH. Ved en pH-verdi på 8,0 er tilsvarende hårdhet ca. 6°dH. Vanligvis er vannets hårdhet mindre enn 1°dH i vann- kildene her i landet, og mindre enn 2— 3°dH i ledningsvann fra sementbaserte rør.

Av hensyn til vannverkets abonnenter bør derfor driften av et kalk/CO₂-anlegg justeres slik at vannkvalitetsvariasjonene blir minst mulig.

Trefaseoppløser med alkalisering

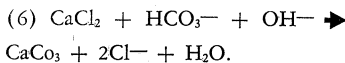
Ved å la marmor reagere med syre, dan- nes kalsiumioner og karbondioksyd. Settes dette til vann, og pH-verdien justeres, kan det felles ut kalsiumkarbonat.

I den såkalte trefaseoppløseren lar man marmor reagere med saltsyre. Det dannes da kalsiumklorid og karbondioksyd som tilsettes vannet:



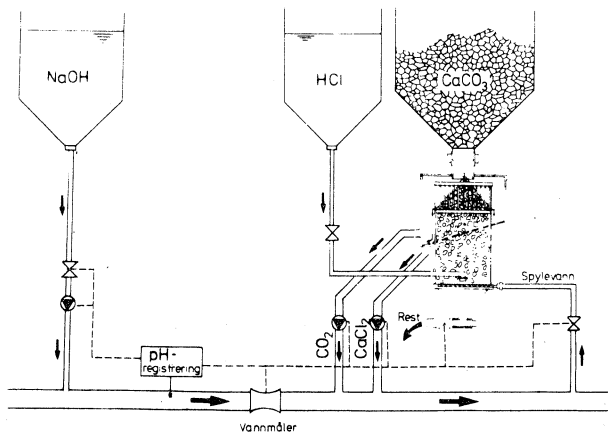
For å binde karbondioksyd pH-justeres vannet med et alkalium.

Ved å avpasse doseringen av kalsium- klorid og CO₂ til vannets kvalitet og temperatur, kan man oppnå en utfelling av kalsiumkarbonat.



Et eksempel på en trefaseoppløser med alkalisering er vist i figur 4.

Forholdet mellom kalsiumklorid og kar- bondioksyd som tilsettes vannet er kon-



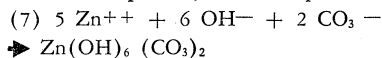
Figur 4. TREFASEOPPLØSER MED ALKALISERING

stant, og i et riktig støkiometrisk forhold for å få dannet kalsiumkarbonat. Uten spesielle tiltak er det ikke mulig å variere den innbyrdes mengden av tilsatte kjemikalier. Dette er av liten betydning for beskyttelse av metalliske rør uten sementforing. For sementbaserte rør kan det være nyttig å variere den innbyrdes mengden av doserte kjemikalier.

Ved denne metoden, som ellers ved karbonatisering, må vannet tilføres en kjemikaliemengde som resulterer i at løselighetsproduktet for kalsiumkarbonat overskrides. Også denne metoden vil føre til økning i vannets hårdhet.

3.3 Sinkitisering

Hvis sink tilsettes vannet i form av sinkklorid, sinkortofosfat eller sinksulfat, kan det skje en utfelling av sink-hydroxysulfatkomplekser, for eksempel:

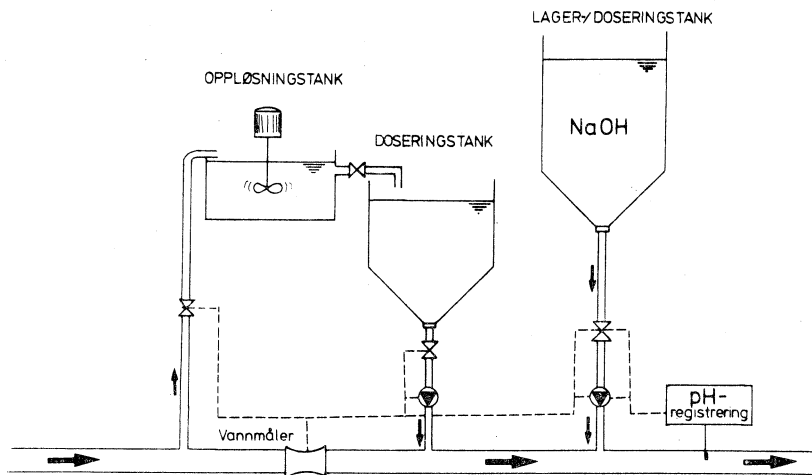


Undersøkelser og teoretiske vurderinger tilsier at en del av sinkforbindelsene deretter reagerer med sementen i rørene og danner sinksilikat som er hardere enn sinkhydroksy-karbonat.

Reaksjonene forløper best ved pH-verdier på ca. 8. Er vannets pH-verdi lavere enn 7—7,5 bør derfor vannet alkaliseres, fortrinnsvis med et karbonatholdig alkalium.

Valg av sinkforbindelse har ifølge Environmental Protection Agency i USA i de fleste tilfeller ingen avgjørende betydning for resultatet. Tilgangen til kjemikalier, kjemikaliekostnader og miljømessige forhold vil ofte være mer avgjørende for valg av sinkforbindelse.

Et eksempel på et anlegg for dosering av sinkklorid via oppløsningstank og doseringstank, og dosering av natriumhydroksyd, er vist i figur 5. I stedet for natriumhydroksyd kan det brukes natriumkarbonat eller kalk.



Figur 5.

SINKDOSERING

Basert på amerikanske erfaringer tilrås det å starte doseringen med 1—3 mg/l Zn, og holde denne doseringen i 1—4 uker. Dernest reduseres doseringen til ca. 0,1—0,3 mg/l Zn. Disse doseringene, og varigheten av initialdoseringen, kan være avhengig av rørenes tilstand. Det bør derfor utføres en tilstandsanalyse av rørene, en analyse av vannkvaliteten, og en grundig vurdering av de kjemiske faktorer som er involvert, før man planlegger et slikt anlegg.

De mengder sink som tilsettes vannet vil ikke medføre smaksproblemer. Først når sinkmengden i vann overskrider ca. 5 mg/l, kan det oppstå en astingent smak på vannet. Sink er et essensielt element, og betraktes som ikke-toksisk. Gjennomsnittlig inntak av sink fra andre næringsmidler enn vann er i henhold til kanadiske undersøkelser mellom 15 og 20 mg/person og døgn. Ved en permanent dosering på 0,2 mg/l Zn vil konsum av 2 liter vann pr. person og døgn gi et tilskudd til inntak av sink fra andre næringsmidler på ca. 2—3%, regnet i forhold til de kanadiske erfaringene.

Asbestementrør som er sterkt angrepet, vil ha en fibrig og porøs overflate. Ved å renske røroverflaten vil sinkutfellingen erfaringsmessig skje raskere, og belegget får en hardere konsistens enn om røroverflaten ikke renskes.

Ved høye doseringer av sink kan det i tillegg til ubehagelig smak på vannet

inntreffe «clogging» av fiberfiltre som brukes i næringsmiddelindustrien o.a. Før man setter igang dosering av sink bør derfor abonnenter som har slike filtre varsles.

Ved bruk av sinkforbindelser må man være oppmerksom på at tilsetning av andre kjemikalier kan redusere den tilsktede effekt. Det gjelder for eksempel om vannverket tilsetter vannet fosfatforbindelser for å bekjempe jern- og manganproblemer

Sinktilsetning brukes ved mange utenlandske vannverk for å redusere såkalte «rødt-vanns-problemer». Disse problemene skyldes tæring på støpejernsrør. Sinkitisering vil derfor også kunne ha som bieffekt at «rødt-vanns-problemer» elimineres. Da sinkitisering skjer ved en pH-verdi som gir minimal utløsning av tungmetaller i husinstallasjoner, vil altså metoden både kunne ha en positiv effekt på sementbaserte rør, støpejernsrør og husinstallasjoner.

3.4 Kostnader

Ingen anlegg for justering av vannkvalitet av den type som er omtalt foran er i ordinær drift her i landet. Siden det ikke finnes kostnadstall, er det gjort et overslag over investerings- og driftskostnader for de tre metodene som er beskrevet. Overslaget omfatter anlegg med en kapasitet på henholdsvis 3.000 og 10.000 m³/d.

Investeringskostnadene inkluderer ikke bygningsmessige tiltak, og elektriske installasjoner. Kostnadene fremgår av tabell 2.

Tabell 2. *Investeringskostnader for anlegg for justering av vannkvalitet (kostnader ekskl. m.v.a.)*

Metode	Kostnad (Kr.)	
	3.000 m ³ /d	10.000 m ³ /d
Ca(OH) ₂ + CO ₂	255.000	425.000
CaCO ₃ + HCl + NaOH	365.000	485.000
ZnCl ₂ + NaOH	125.000	130.000

For sinkkloridmetoden er det ikke beregnet kostnader for siloanlegg.

Det vesentligste av driftskostnadene utgjøres av kjemikaliekostnadene. I tabell 3

er de årlige kjemikaliekostnadene gjengitt. For kalk/CO₂ anlegget er inkludert leie av CO₂-anlegg.

Tabell 3. Årlige kjemikaliekostnader for justering av vannkvalitet (kostnader ekskl. m.v.a.)

Metode	Kostnad (Kr.)	
	3.000 m ³ /d	10.000 m ³ /d
Ca(OH) ₂ + CO ₂	123.000	345.000
CaCO ₃ + HCl + NaOH	102.000	338.000
ZnCl ₂ + NaOH	33.000	110.000

I tabell 4 er kjemikaliekostnadene pr m³ produsert vann gjengitt.

Tabell 4. Kjemikaliekostnader pr. m³ produsert vann for justering av vannkvalitet (kostnader ekskl. m.v.a.)

Metode	Kostnad (øre/m ³)	
	3.000 m ³ /d	10.000 m ³ /d
Ca(OH) ₂ + CO ₂	11,2	9,5
CaCO ₃ + HCl + NaOH	9,3	9,3
ZnCl ₂ + NaOH	3,0	3,0

Det fremgår av tabell 2 at investeringskostnadene er høyest for trefaseoppløseren og lavest for sinkmetoden. For vannverk som allerede har mettet kalkvannsanlegg, lutanlegg eller tilsvarende, vil kostnadene kunne reduseres. Mettet kalkvannsanlegg er meget lite utbredt i Norge. Det er derfor først og fremst ved bruk av trefaseoppløseren og sinkmetoden at reduserte kostnader kan oppnås i forhold til kostnadene i tabell 2.

Kostnadene for karbonatisering av vann ligger i området 9—11 øre/m³, avhengig av metode og anleggsstørrelse, mens kost-

radene for sinkmetoden ligger på ca. 3 øre/m³.

3.5 Diverse tiltak

I forbindelse med ny vannforsyning til Riyadh i Saudi-Arabia, ble det benyttet stålrør innvendig belagt med sementmørtel. Da vannet er bløtt og aggressivt, behandlet man sementmørtelens overflate med karbondioksyd. Karbondioksydbehandlingen tok flere dager, og resulterte i dannelsen av krystallinsk kalsiumkarbonat. Sementmørtelen fikk derved en hard overflate. Vannet i Riyadh blir tilsatt karbondioksyd,

og det er derfor ventet at utforingen vil være motstandsdyktig mot tæring. Man har imidlertid ikke driftserfaringer til å kunne trekke konklusjoner.

I enkelte land har man arbeidet med metoder for rehabilitering av vannledninger in situ ved hjelp av kontrollert kalsiumkarbonatutfelling på rørenes overflate. Man rehabiliterer rørledninger på opp til 1 km ved denne metoden. Ledningen som skal rehabiliteres tas ut av drift, og man sirkulerer vann som er overmettet på kalsiumkarbonat gjennom ledningen. Derved bygges det opp et beskyttende belegg av kalsiumkarbonat på røroverflaten.

Det understrekes imidlertid at aggressivt vann er et problem med hensyn til beleggets levetid. Metoden har primært blitt benyttet på metalliske rør.

4. Avslutning

Det er viktig å se tiltakene på ledningsnett i sammenheng med private ledninger, husinstallasjoner o.l. med hensyn til

vannkvalitet. Tiltak på ledningsnett som medfører at abonnentene får problemer med utfelling, særlig av kalsiumkarbonat, eller tæring på kobberør, armatur o.l. har både et praktisk, økonomisk og hygienisk aspekt.

Vannkvalitetsjustering vil ikke ha noen direkte virkning på eksisterende lekkasjer. Indirekte kan tiltaket ha betydning ved at tæring på rørene, og derved nye lekkasjer, ikke oppstår.

Enkelte rehabiliteringsmetoder vil redusere vanntapet gjennom utette ledninger. Best i så henseende er utforing med epoxystrømpe og plastledning. Men også utforing med sementmørtel kan redusere lekkasjene betraktelig.

Forsøk med rehabilitering av sementbaserte rør og vannkvalitetsjustering har vært gjennomført i en del land, særlig i USA, og resultatene viser at det er fullt mulig å stoppe innvendig tæring på rørene. Avhengig av metoden som brukes, kan man også øke rørenes styrke noe.

5. Referanser

- Buelow, R. W. et al.: «The behaviour of asbestocement pipe under various water quality conditions — a progress report». Journal AWWA, February 1980, p.p. 91—102.
- Endresen, S.: «Rehabiliteringsmetoder for vannledningsnett». NIF-kurset Drift av vannforsynings- og avløpsnett, Trondheim 1982.
- Guzikowski, G.: «Asbestfibrer i dricksvatten. Litteratursammenstilling och pilotundersökning av svenska dricksvatten». Desember 1980. Statens Naturvårdsverk, Sverige.
- Holtshulte, H.: «Sanierung von Wasserrohrnetzen. Dortmund Stadtwerke A. G., Dortmund.
- Kristiansen, H.: «Asbestfibre i drikkevann — utløsning fra asbestsementrør». NTNFS utvalg for drikkevannsforskning, rapport 2/81, Oslo, august 1981.
- Logsdon, G. S.: «Control of Asbestos Fiber Loss from Asbestos-Cement Watermain. Project Summary». USEPA, Cincinnati, mars 1984.
- Millette, J. R. et al.: «Evaluating the Condition of Asbestos — Cement Pipe». USEPA, Cincinnati, 1983.

- Myhrstad, J. A.: «Asbestsementrør i drikkevannsforsyningen — tiltak mot innvendig tæring». Vann nr. 3, 1983, 320—324.
- Myhrstad, J. A.: «Tiltak for å forlenge levetiden på sementbaserte rør». NIF-kurset Levetid på VA-ledninger, Trondheim 1984.
- Portmann, C.: «The Riyadh Water Transmission System». Europipe 82 — proceedings.
- Schock, M. R. & Buelow, R. W.: «The behaviour of asbestocement pipe under various water quality conditions — part 2, theoretical considerations». Journal AWWA, December 1981, p.p. 636—651.
- Statens Institutt for Folkehele: «Asbest-sement drikkevannsledninger og helsefare», Oslo, september 1981.
- Strømme A/S, Siv.ing. E.: «Tilstandsanalyser av vannledningsnett med asbestsementrør». Diverse rapporter, 1981—84.
- Strømme A/S, Siv.ing. E.: «Rehabilitering av vannledningsnett». PTV-25, Oslo, mars 1984.
- van der Post, J. L.: «Water quality in the distribution system». General report 2. IWSA-Conference, Zürich 1982.
- World Water, November 1983: «Controlled calcite deposition can renew corroded pipes, say Israeli researchers», p.p. 44—45.