

NORVAR

43
1994

Prosjektrapport

NORVAR's faggruppe for vannforsyning

Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk

Resultat fra fullskalaforsøk



HIAS

- Hedemarken Interkommunale VAR-selskap

Norsk VA-verkforening

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar

Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar

Telefon: 62 52 86 50

Rapportnummer:
43/94

Dato:
5. oktober 1994

Antall sider (inkl. bilag)
25

Tilgjengelighet:
Åpen: X
Begrenset:

Rapportens tittel:

KORROSJONSKONTROLL VED HAMAR VANNVERK

Forfatter(e):

Roar Finsrud, Østlandskonsult A/S

Ekstrakt:

HIAS har gjennomført fullskalaforsøk ved Hamar Vannverk:

1. bruk av CO₂ og mikronisert marmor med etterjustering av pH med lut
2. bruk av CO₂ og alkalisk filter.

Teknisk og økonomisk var bruk av CO₂ og alkalisk filter den beste løsningen. I prosjektet vurderte man også flere metoder for karbonatisering ved Stange Vannverk.

Emneord, norske:
Vannkvalitet
Karbonatisering
Korrosjon

Emneord, engelske:
Water Quality
Carbonization
Corrosion

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0057-8

FORORD

Denne rapporten er utarbeidet av konsulentfirmaet Østlandskonsult A/S på oppdrag fra VAR-selskapet HIAS i Hamar-regionen. Rapporten er en direkte kopi av mottatt materiale fra HIAS.

Rapporten gir et nyttig eksempel på vurdering av korrosjonskontroll ved et konkret vannverk. NORVAR vil takke HIAS for at materialet kan utgis som en NORVAR-rapport.

Hamar, 5. oktober 1994

Asle Aasen

1.0 SAMMENDRAG.

For å hindre at vann virker korrosivt anbefaler Folkhelsen følgende verdier :

pH	8.0-8,5 (ved alkalisering)
Kalsium	15-25 mg/l
Alkalitet	0,6-1,0 mmol/l

For å få klarlagt metode og effekt er følgende fullskalaforsøk utført ved Hamar Vannverk :

1. Bruk av CO₂ og mikronisert marmor som ble tilsatt før filterne.
pH-justering med lut.
2. I ett av filterne ble sanden erstattet med marmorgrus (Alkalisk filter).
CO₂ ble dosert før filteret.
Lutbehov for pH-justering ble beregnet på bakgrunn av laboratorieforsøk.

Både teknisk og økonomisk var bruk av CO₂ og alkalisk filter best.
Kostnader for bruk av alkaliske filtre :

-	Anleggskostnad	kr.	900.000,-
-	Driftskostnad	kr.	400.000,-
-	Årskostnad	kr.	492.000,-
-	Vannpris	ca. kr/m ³	0,11

For Stange vannverk er det ikke utført forsøk, men flere metoder er vurdert og kostnadsberegnet. En gunstig løsning er bruk av CO₂ og mikronisert marmor som doseres i råvannspumpestasjonen ved Frangstøa. For å få testet om en slik løsning er anvendbar, bør det utføres praktiske forsøk. (Først og fremst må det klarlegges om marmoren løses såpass godt at det ikke blir turbiditetsøkning).

Kostnaden for bruk av CO₂ og mikronisert marmor ved Frangstøa :

-	Anleggskostnad	kr.	1.000.000,-
-	Driftskostnad	kr.	325.000,-
-	Årskostnad	kr.	427.000,-
-	Vannpris	ca. kr/m ³	0,17

Sett under ett utgjør kostnaden for korrosjonskontroll ved Hamar og Stange Vannverk ca. kr. 0,13 pr. m³.

Nytten av korrosjonskontroll er først og fremst de langsiktige effektene ved øket levetid for rør og installasjoner.

Forsøket ble ikke kjørt lenge nok til å oppnå stabile forhold ute på nettet, med hensyn på endrede korrosjonsbetingelser.

Erfaring fra andre vannverk viser imidlertid at karbonatisering av vann med tilsvarende kvalitet som ved HIAS vil gi betydelig redusert korrosjon.

Gjenskaffelseskostnaden for ledningsanlegg og installasjoner i HIAS-området er anslått til ca. 1.200 mill.kr.

Hvis gjennomsnittlig gjenværende levetid er 40 år uten og 50 år med korrosjonskontroll, tilsvarer dette en besparelse som i nåverdi utgjør ca. 40 mill.kr. (7 % realrente).

Kostnaden for 50 års korrosjonskontroll regnet som nåverdi utgjør ca. 11,9 mill.kr.

I tillegg til økonomisk utbytte fås fordeler som :

- Bedre vannkvalitet
- Lettere rengjøring av ledningsnettet
- Færre brudd og redusert tap pga. vannskader

2.0 ORIENTERING / BAKGRUNN.

Vannkvaliteten i Mjøsa er i henhold til drikkevannsnormene, bortsett fra parametre som påvirker korrosiviteten, dvs. :

- pH
- Kalsium
- Alkalitet

I etterfølgende tabell vises middelveidier av råvannet i Mjøsa, og de verdier som er anbefalt av Folkehelsa.

Parameter	Råvann	Anbefalte verdier
pH	7,1	7,5-8,5 *
Kalsiumekvivalent mg/l	7,0 **	15-25
Alkalitet mmol/l	0,18	0,6-1,0

* Ved alkalisering 8.0-8,5

** I Kalsiumekvivalent er også Magnesium-tilskuddet inkludert. (Magnesium gir 1,3 g/m³ i kalsiumekvivalent)

Folkehelsas anbefalte verdier vil også tilfredsstille EU/EØS-reglene. (Det forutsettes at de anbefalte verdiene blir krav).

Uten tiltak som hindrer korrosjon fås mange negative effekter, blant annet :

- Redusert levetid for rør og installasjoner
- Korrosjonsprodukter som forringer kvaliteten

3.0 ARBEIDSOPPLEGG / TIDSFORBRUK

Planlegging og gjennomføring av forsøkene ble organisert som vist i Fig. 1.

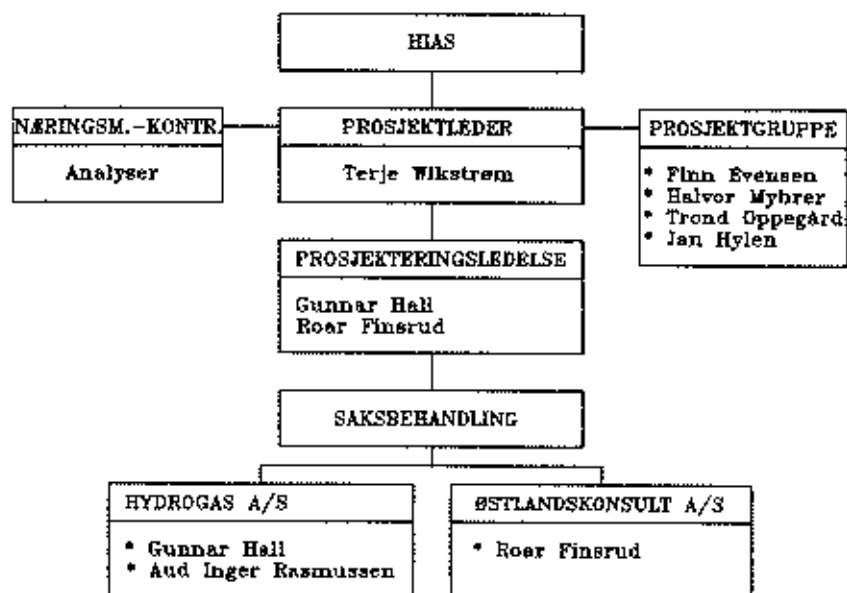


Fig. 1 Organisering av planleggingen.

Prosjektet er gjennomført i nært samarbeid mellom :

- HIAS
- HYDROGAS NORGE A/S
- ØSTLANDSKONSULT AS

Vannverksjef Terje Wikstrøm har ledet prosjektet, mens driftspersonalet har vært sentrale ved selve gjennomføringen av forsøkene (Prosjektgruppe).

Næringsmiddelkontrollen har utført analyser av vannprøver og utført titreringsforsøk med lut og soda.

3.1 Tidsforbruk

I Fig. 2 vises tidsplanen for prosjektet.

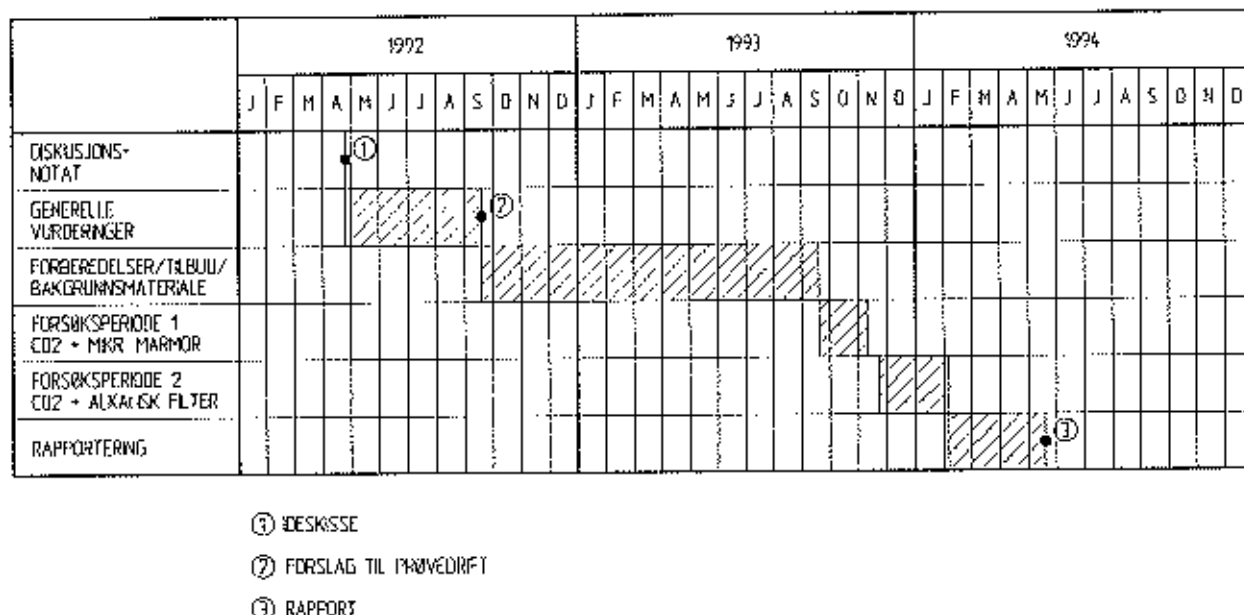


Fig. 2 Tidsplan for planlegging og gjennomføring av forsøkene.

3.2 Forsøksopplegg.

Som grunnlag for diskusjon ble det laget et notat om korrosjonskontroll (datert 28.april 1992).

Etter generelle vurderinger ved HIAS ble følgende forsøksopplegg foreslått (under et møte den 22. sept. 1992) :

- Forsøkene gjennomføres ved Hamar Vannverk.
 Resultatene som oppnås vil også gjelde for Stange Vannverk.
- Før og under forsøkene analyseres vann fra følgende steder (se kartutsnitt Fig. 3) :
 - (1) Hamar Vannverk (rå- og rentvann)
 - (2) HINK
 - (3) Vislies gt.
 - (4) Kurud Mølle
 - (5) Vang Allmenning
 - (6) Kvalfeltet

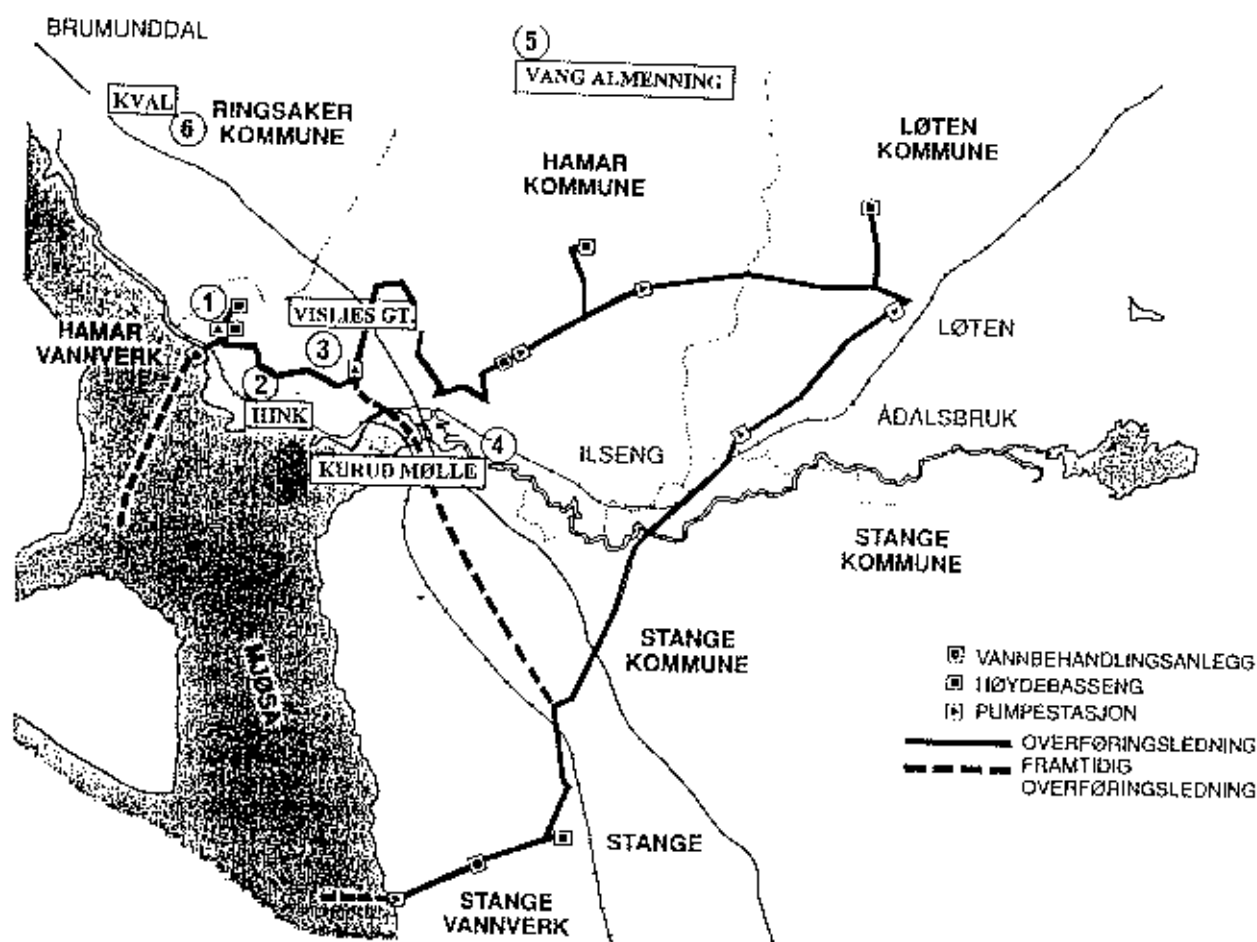


Fig. 3 Prøvetakingssteder.

- Det gjennomføres to forsøksperioder :

- * Periode 1 : CO_2 + Mikronisert marmor
- * Periode 2 : CO_2 + Alkalisk filter

I periode 2 erstattes sanden i ett av filterne med knust marmor (CaCO_3)
Prinsippene er illustrert i Fig. 4 og 5.

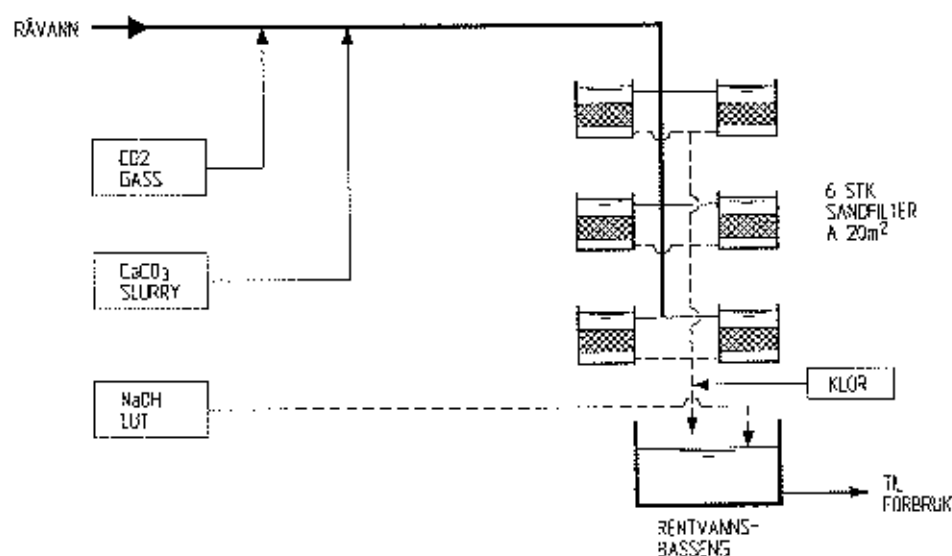


Fig. 4 Forsøksperiode 1 (Mikronisert marmor)

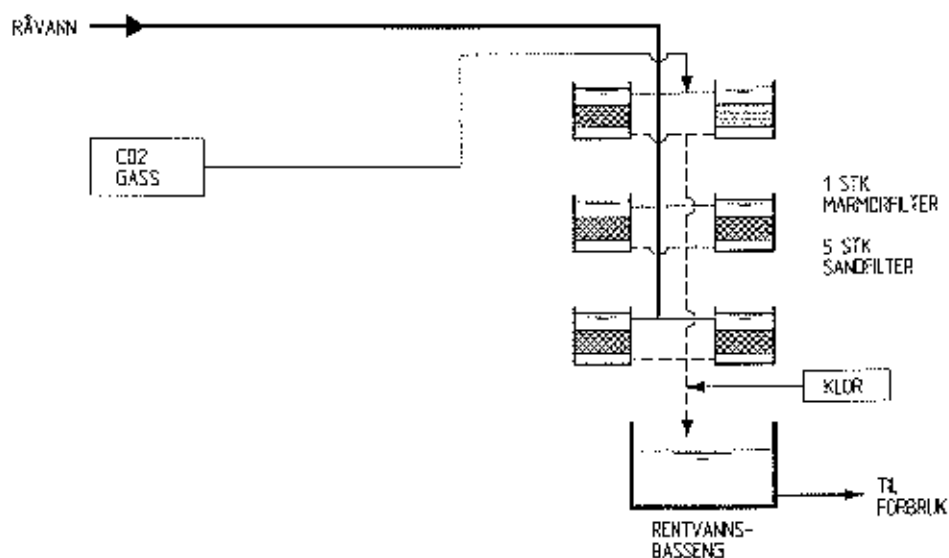


Fig. 5 Forsøksperiode 2 (Knust marmor)

Forsøkene er gjennomført i henhold til planene.

4.0 GRUNNLAG FOR ØKONOMISKE BEREGNINGER

Som grunnlag for økonomiske beregninger benyttes følgende forutsetninger (ekskl. avgift) :

Kjemikalier levert HIAS :

-	Mikronisert marmor	75 %	pr. tonn	kr.	1.250,-
-	Knust marmor	100 %	pr. tonn	kr.	600,-
-	Lut	100 %	pr. tonn	kr.	3.000,-
-	Soda	100 %	pr. tonn	kr.	2.500,-
-	CO ₂		pr. tonn	kr.	2.000,-

Utstyr :

-	Leie av CO ₂ -tank	pr. år	kr.	64.000,-
-	Utstyr for CO ₂ dosering (kjøpes)		kr.	80.000,-
-	Tank for mikronisert marmor		kr.	300.000,-

Generelt :

-	Lånerente	8 %
-	Økonomisk avskrivning	20 år
-	Annuitet	0,1019

Bygningsmessig:

-	Komplett bygg	pr. m ²	kr.	10.000,-
---	---------------	--------------------	-----	----------

5.0 FORSØK VED HAMAR VANNVERK

Forsøkene er gjennomført i to perioder, slik det framgår av Fig. 4 og 5. For å klarlegge lutforbruket ved pH-økning er det utført titreringsforsøk. Resultatet vises i Fig. 6. Angitt pH uten bruk av lut gjelder vann som er tilsatt CO_2 og mikronisert marmor (etter filtrering).

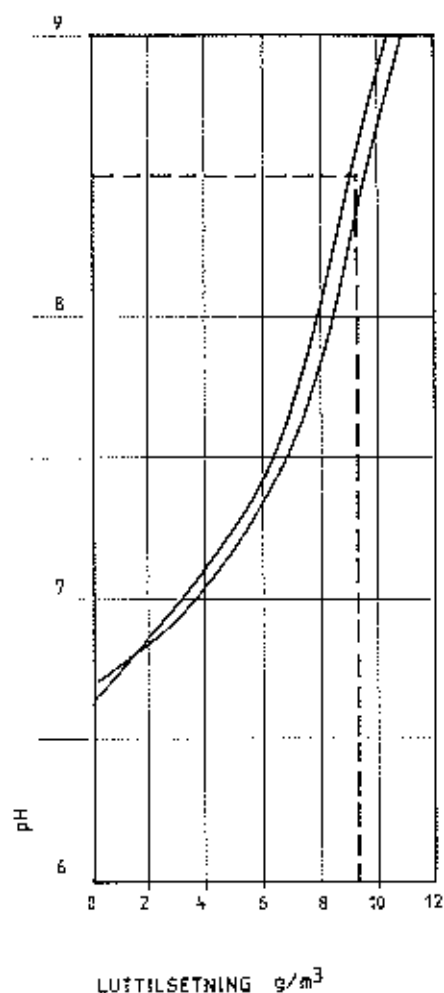


Fig. 6 pH-heving med lut NaOH / resultat av titreringsforsøk utført av Hedemarken Interkommunale Næringsmiddelkontroll.

5.1 Mikronisert marmor.

Forsøkene ble gjennomført i perioden 20. sept. til 4. nov. 1993.

Luttilsetning er bare benyttet etter 5. oktober.

Det ble driftet med varierende mengder CO₂ og marmor.

Stabil drift ble oppnådd med de verdier som vises i etterfølgende tabell
 (vannmengde 630 m³/time) :

Driftsperiode 1993	pH	Kjemikalier tilsatt			I rensed vann			Kjem.- kostnad øre/m ³
		75 % Marmor g/m ³	CO ₂ g/m ³	Lut g/m ³	Kalsium g/m ³	Alkaliet mmol/l	Turbiditet NTU	
29. okt. - 4. nov.	8,5	21	14	8,0	12,8	0,87	0,27	8,0

Sammen med magnesium (som gir ca. 1,3 g/m³ kalsiumekvivalent) oppnås en kalsiumekvivalent på ca. 14,1 g/m³.

For å tilfredsstille kalsiumkravet må tilsetningen av CO₂ og marmor økes.

5.2 Alkalisk filter (Knust marmor).

I ett av filtrene ble sanden erstattet med knust marmor (ca. 20 m³).

Forsøkene ble gjennomført i perioden 15. nov. 1993 til 3. februar 1994.

Det ble driftet med varierende mengde CO₂. Stabil drift ble oppnådd med de verdier som vises i etterfølgende tabell (Vannmengde 740 m³/h gjennom anlegget, og filterhastighet ca. 6,2 m/time).

Driftsperiode 1994	pH	Kjemikalier tilsatt			I rensed vann			Kjem.- kostnad øre/m ³
		Marmor g/m ³	CO ₂ g/m ³	Lut g/m ³	Kalsium g/m ³	Alkaliet mmol/l	Turbiditet NTU	
17. jan. - 31. jan.	8,5	19*	5	7,5**	12,1	0,62	0,37	4,4

- * Inklusive tap ved spyling
- ** Tatt ut av titreringskurven

Når det tas hensyn til magnesiumverdien oppnås en kalsiumekvivalent på ca. 13,4 g/m³.

For å tilfredsstille kravet må CO₂-tilskuddet økes til ca. 7,0 g/m³.

Resultat uten bruk av CO₂.

Uten bruk av CO₂ ble resultatet som vist i etterfølgende tabell (basert på kort tids drift):

Driftsperiode 1993	pH	Kjemikalier tilsatt			I renset vann			Kjem.- kostnad øre/m ³
		Mariner g/m ³	CO ₂ g/m ³	Lat g/m ³	Kalsium g/m ³	Alkalitet mmol/l	Turbiditet NTU	
3.februar	8,5	9,6*	0	3,0	8,5	0,39	0,23	1,5

* Inklusive tap ved spyling.

Som det framgår er det nødvendig å benytte CO₂ for å tilfredsstille alkalitet og kalsiuminnhold.

Eksempel på resultater ved varierende CO₂ tilsetning.

I Fig. 7 og 8 vises eksempler på analyseresultater ved forskjellige CO₂ tilsetninger (uten lufttilsetning).

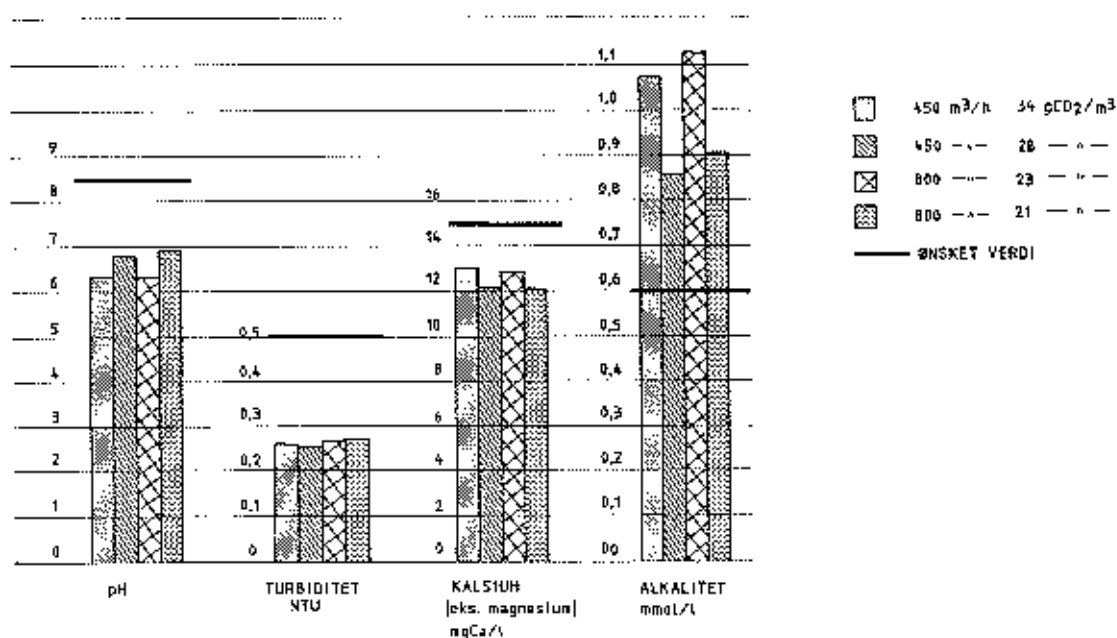


Fig. 7 Eksempler på analyseresultat ved bruk av mikronisert marmor.

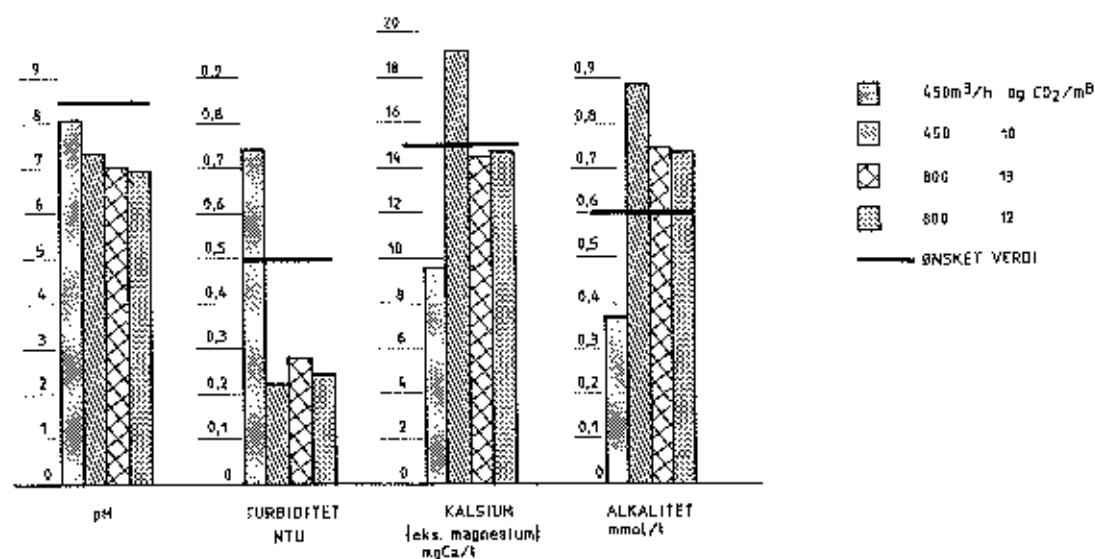


Fig. 8 Analyseresultat etter filtrering gjennom knust marmor.

5.3 Driftserfaring

Oppløsning av CO₂

Under første fase (CO₂ og mikronisert marmor) var det gassansamling av CO₂ i råvannsledningen.

Under forsøket med CO₂ og knust marmor var oppløsningen bedre, men med noe bobling i filteret.

Ved permanent etablering må CO₂ oppløses i en delstrøm.

Slangepumpa

Slangepumpa som ble benyttet til dosering av mikroisert marmor fungerte bra. Levetiden for slangen er ca. 2000 timer.

Tap av marmor ved spyling.

Det forutsettes spyling av filterne hver uke. Under spylingen er det viktig at de fineste marmorpartiklene forsvinner.

I Fig. 9 vises tap av kalsium i forhold til tidspunkt etter at spylingen startet.

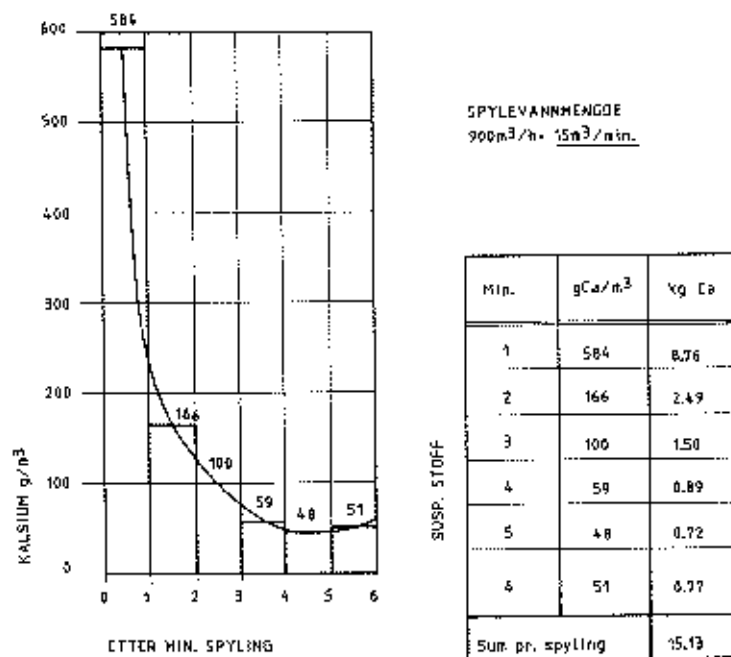


Fig. 9. Tap av kalsium ved spyling.

Ved 52 spylinger pr. år tapes ca. 790 kg Ca. Dette tilsvarer ca. 1.975 kg knust marmor, eller et årlig tap på ca. kr. 1.185,- pr. filter (tilsvarer ca. 0,17 øre/m³ vann).

5.4 Kostnader.

For Hamar Vannverk er begge alternativ som er prøvet aktuelle :

- Mikronisert marmor
- Alkalisk filter (knust marmor)

Anleggskostnad

Enhet	kr.	
	Mikronisert marmor	Alkalisk filter
Bygningsmessig CO ₂ - utstyr	500.000,-	500.000,-
Marmortank inkl. dos.utstyr	80.000,-	80.000,-
Arrangement for påfylling av knust marmor	400.000,-	
Luttank inkl. dos.utstyr	-	20.000,-
Uforutsett	120.000,-	120.000,-
Adm. + planlegging	100.000,-	90.000,-
Sum ekskl. avgift	100.000,-	90.000,-
	1.300.000,-	900.000,-

Driftskostnader.

Driftskostnadene beregnes for en vannmengde på 4,5 mill.m³/år.

For beregning av kjemikaliekostnadene forutsettes følgende mengder.

Kjemikalie	g/m ³	
	Ved bruk av mikronisert marmor	Ved bruk av alkalisk filter
CO ₂	16	7
Mikronisert marmor 75 %	27	
Knust marmor 100%		25
Lut	9	9

For alle kjemikaliene blir kostnadene:

CO ₂ + Mikronisert marmor + Lut	9,3 øre/m ³
CO ₂ + Knust marmor + Lut	5,6 øre/m ³

Gjelder	kr.	
	Mikronisert marmor	Alkalisk filter
Ekstra pass	50.000,-	20.000,-
Leie av CO ₂ -utstyr	64.000,-	64.000,-
Kjemikalier	419.000,-	252.000,-
Rentetap pga. mengden knust marmor		15.000,-
Uforutsett og vedlikehold	60.000,-	40.000,-
Sum ekskl. avgift	593.000,-	391.000,-
Avrundes til	600.000,-	400.000,-

Årskostnad / Vannpris.

Årskostnadene fordeles på kapital- og driftskostnader.
 For beregning av kapitalkostnadene benyttes :

- Rentefot 8 %
- Avskrivning 20 år
- Annuitet 0,1019

Gjelder		Mikronisert marmor	Alkalisk filter
Kapitalkostnad	kr.	132.470,-	91.710,-
Driftskostnad	kr.	600.000,-	400.000,-
Årskostnad	kr.	732.470,-	491.710,-
Vannpris	øre/m ³	16,3	10,9
Nåverdi (50 år og 7 % realrente)	mill.kr.	9,58	6,42

5.5 Forslag til løsning for Hamar Vannverk

Regnet som nåverdi over en 50-års periode er bruk av Alkaliske filtre ca. 3,2 mill.kr. billigere enn løsningen med Mikronisert marmor. Alkaliske filtre gir også de enkleste driftsforhold.

Det foreslås derfor at Hamar Vannverk baserer korrosjonskontrollen på bruk av Alkaliske filtre (sand i filtrene erstattes med knust marmor).

6.0 KORROSJONSKONTROLL VED STANGE VANNVERK

Vannbehandlingen ved Stange Vannverk begrenses til :

- Siling
- pH-justering med lut

Aktuelle metoder for å få tilført kalsium :

- Dosering av mikronisert marmor
- Bygging av filtre og bruk av knust marmor/mikronisert marmor
- Dosering av kalkvann

Problemet med bruk av mikronisert marmor direkte til vannstrømmen er økning av turbiditeten.

Det er mulig at problemet kan løses ved at CO₂ og mikronisert marmor doseres ved råvannspumpestasjonen (Frangstøa).

6.1 Vurderte prosesser / Kostnader.

I Fig. 10 vises seks forskjellige prosesskombinasjoner med kostnader.
Alle prosesser bortsett fra soda-alternativet vil tilfredsstille kravet til :

- pH
- Kalsium
- Alkalitet

Som det framgår er det store forskjeller i kostnadene og det må sannsynligvis utføres forsøk for å finne riktig løsning.

PROSESS		PROSESSELEMENTER								KOSTNAD				are/m ² FOR KARBONAT- NAT- SERING + pH-JUST.	INNGRAV KJEM. are/m ²
		TI-MEDIA FILTER	CO ₂ - UTSTYR 	MARMOR- SLURRY 	MARMOR- FILTER 	FILTER FOR EN DELSTR. 	KALK- VANN 	SODA 	LUFT 	ANLEGG mill. kr.	KAP- KOST. kr.	DRIFTS- KOST. mill. kr.	ARS- KOST. kr.		
1	1. FILTER, CO ₂ + MMR. MARMOR	×	×	×					×	5,5	567500,-	520000,-	1080500,-	43,2	9,3
2	2. ALK. FILTER BRUKST. MARMOR		×		×				×	4,5	458600,-	360000,-	818600,-	32,7	5,6
3	3. FILTER, CO ₂ + MMR. MARMOR I EN DELSTR.		×			×			×	2,5	254800,-	420000,-	674800,-	27,0	9,3
4	4. SODA							×		0,5	51000,-	105000,-	156000,-	6,2	1,5
5	5. KALKOMELK/VANN		×				×			3,0	305700,-	350000,-	655700,-	26,2	6,0
6	6. CO ₂ + MMR. MARMOR VED FRANGESTØA		×	×					×	1,0	101900,-	325900,-	426900,-	17,1	9,3

D. den 400 ml/h

ÅRLEG MENIGE 2,5 mill. m³

FILTERAREAL 40 m²

RENTE 7%

AVSKRIVA 20 år

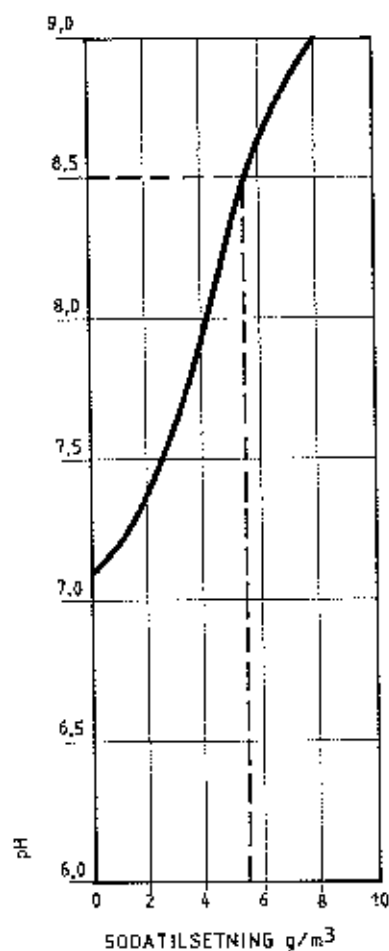
ANNUITET 0,0944

VEDLHOLD
+ DRIFT 2% av anskaff.

Fig. 10 Prosesskombinasjoner Stange Vannverk.

6.2 Bruk av soda.

I Fig. 11 vises resultatet av titreringsforsøk med soda.



Målt alkalitet :

pH 8,5 = 0,561 mmol/l
pH 9,0 = 0,593 mmol/l

Alkalitet fra soda :

pH 8,5 = 0,05 mmol/l
pH 9,0 = 0,08 mmol/l

Fig. 11 pH-heving med soda Na_2CO_3 / Resultat av titreringsforsøk utført av Hedemarken Interkommunale Næringsmiddelkontroll.

Soda gir også alkalitetsøkning.

Det er imidlertid vanskelig å forklare den høye alkaliteten som er oppgitt av laboriet (0,56 mmol/l ved pH 8,5)

6.3 CO₂ og Mikronisert marmor ved Frangstøa.

Ved en pumpe mengde på 400 m³/time er vannets oppholdstid på strekningen Frangstøa til Hemstad (behandlingsanlegget) ca. 1,0 time. Hvis CO₂ og mikronisert marmor doseres i råvannspumpestasjonen antas derfor god oppløsning av marmoren, og at det oppnås tilfredsstillende resultater med tanke på turbiditet. En slik løsning gir relativt lave kostnader, og bør prøves før andre alternativ bearbeides videre.

Ved vurdering av kostnader i forhold til nytten er det dette alternativet som tas med.

7.0 SAMMENSTILLING AV KOSTNADENE FOR KORROSJONSKONTROLL

I etterfølgende tabell vises kostnadene for de løsninger som er foreslått :

Hamar Vannverk : CO₂ + alkaliske filter + lut
Stange Vannverk : CO₂ + mikronisert marmor ved Frangstøa + lut
evt. soda i behandlingsanlegget.

De foreslåtte løsningene gir et vann som tilfredsstiller normene.

Vannverk	mill.m ³ /år	Anl.- kostn. mill.kr.	mill.kr./år			Middel vannpris øre/m ³
			Kapital- kostn.	Drifts- kostn.	Års- kostn.	
Hamar Vannverk	4,5	0.900	0.092	0.400	0.492	13,1
Stange Vannverk	2,5	1.000	0.102	0.325	0.427	
Sum	7,0	1.900	0.194	0.725	0.919	

7.1 Nåverdi av korrosjonskontroll ved HIAS-vannverket (Hamar og Stange Vannverk).

Nåverdien regnet med realrente gir det beste grunnlaget for sammenligning av kostnad og forventet utbytte.

Nåverdien er det beløp som i starten må være
tilgjengelig for å dekke investering og drift i analyseperioden.
Når det benyttes realrente er prisstigning inkludert.

I Fig. 12 vises nåverdien for en periode på 50 år når realrenten er 7 %.

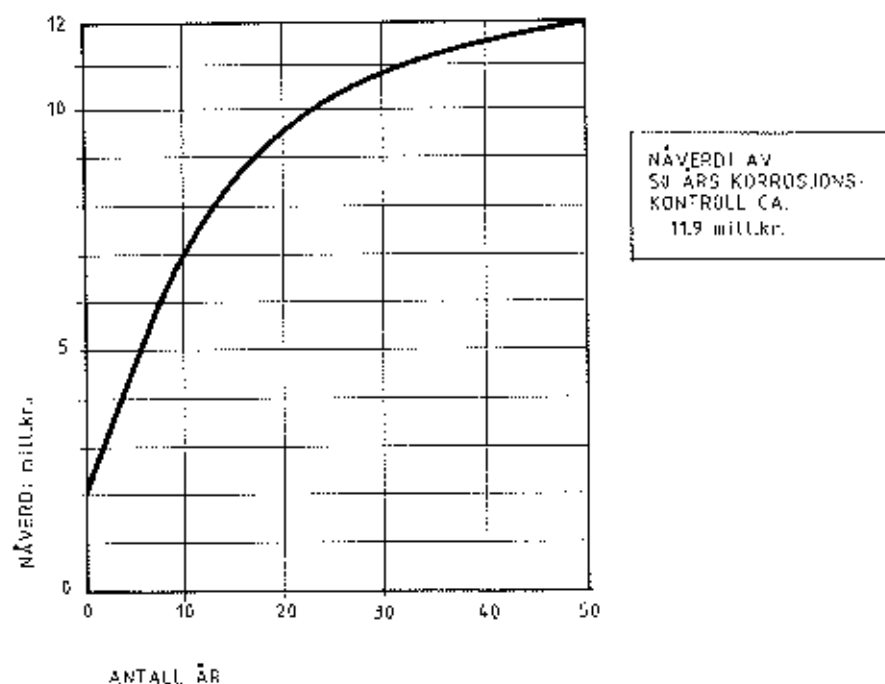


Fig. 12 Nåverdi i forhold til antall år med korrosjonskontroll.

8.0 UTBYTTE AV KORROSJONSKONTROLL

Det største utbyttet av korrosjonskontroll er de langsiktige effektene ved at levetiden for rør, rørdeler og armatur øker.

Umiddelbare effekter er :

- Redusert tungmetallinnhold i henstandsvann
- Vannet påvirkes i mindre grad under transport i og med lavere tilførsel av korrosjonsprodukter
- Det blir lettere å rengjøre ledningsnett

I etterfølgende tabell vises parametre som har betydning for noen aktuelle materialer.

Materiale	Parametre som påvirker korrosjon			Anmerkning
	pH	Ca	Alk.	
Kobber	X		(X)	Alkalitet har antagelig liten betydning *
Sementbaserte	X	X	X	
Støpejern	X	(X)	X	Ca har en viss betydning

* For å unngå fri CO₂ må pH være større enn 8,3

8.1 Registrerte forbedringer.

Analyser under forsøkene har vist at høy pH (8,3-8,5) er helt avgjørende for å hindre kobberkorrosjon, særlig ved bruk av CO₂.

Korrosjonskontroll ble ikke kjørt så lenge at det ble stabile forhold ute på nettet, og det mangler derfor pålitelig dokumentasjon på endringer i korrosjonsforhold forøvrig.

I tilknytning til forsøk ved NRV ble det lagt ned et stort arbeid i å klarlegge forbedringer med tanke på korrosjon. Råvannskvaliteten med hensyn på korrosjon er relativt lik for HIAS og NRV.

Til orientering vises i Fig. 13 korrosjon for forskjellige materialer, før og etter behandling.

Grunnen til større kobberkorrosjon ved alkalisering skyldes den lave pH-verdien (størst korrosjon der pH er 7,9).

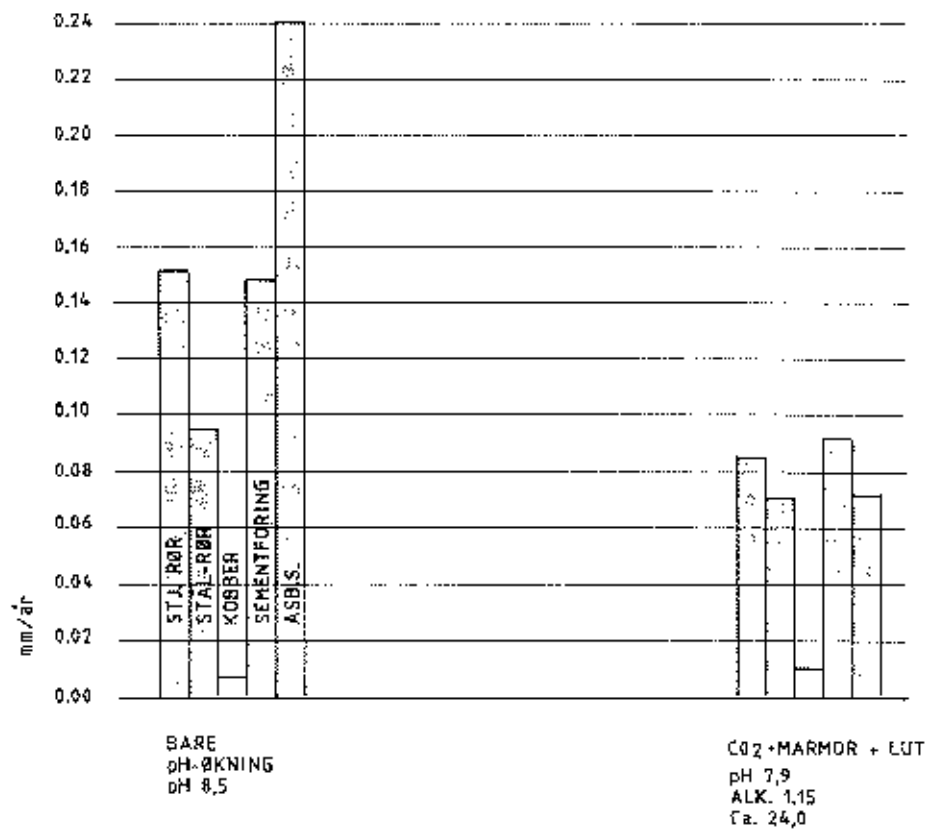


Fig. 13. Resultater fra analyser ved Nedre Romerike Vannverk (NRV)

Som det framgår reduseres korrosjonen på sementforinger og asbestsementrør når alkalitet og kalsiuminnhold økes.

8.2 Nåverdi av øket levetid.

Gjenskaffelseskostnadene for ledninger og installasjoner i forsyningsområdet til IIAS vises i etterfølgende tabell.

Type ledning	Lengde lm.	kr./lm.	Kostnad mill.kr.
Hovedledninger	510.000	2.000,-	1.020
Stikkledninger	140.000	500,-	70
Ilfusinstallasjoner	400.000	200,-	80
Total gjenskaffelseskostnad			1.170

I tillegg kommer utgifter til andre installasjoner, f.eks. varmtvannsberedere.
Totale gjenskaffelseskostnader settes derfor til : 1200 mill.kr.

Ved korrosjonskontroll vil levetiden av rør og installasjoner øke, men det er vanskelig å si hvor lenge.

Eksempel :

- Uten korrosjonskontroll er gjennomsnittlig gjenværende levetid 40 år.
- Med korrosjonskontroll øker gjennomsnittlig levetid til 50 år.
- **Nåverdi av øket levetid regnet med 7 % realrente blir da ca. 40 mill.kr.**

8.3 Nytte i forhold til kostnad.

Nåverdi av kostnadene for 50 års korrosjonskontroll er ca. 12 mill.kr.

Hvis levetiden for ledninger og installasjoner øker fra 40 - 50 år,
er nytte/kost-faktoren :

$$40 / 12 = \text{ca. } \underline{3,3}$$

Under ovennevnte forutsetninger er besparelsen regnet som nåverdi ca. 28 mill.kr.
Dette utgjør en gjennomsnittlig årskostnad på ca. 2,03 mill.kr. eller ca. kr. 48,-
pr. person pr. år.

I tillegg gir korrosjonskontroll fordeler når det gjelder vannkvalitet og drift (blant annet forventes at lekkasjene reduseres).

I en NTNF-rapport om korrosjonskontroll vises blant annet til en amerikansk undersøkelse der besparelsene angis til kr. 110,- pr. person pr.år.

For HIAS tilsvarende dette ca. 4,6 mill.kr.pr.år. Hvis halvparten er realistisk er nåverdien regnet i 50 år ca. 32 mill.kr. dvs. tilnærmet det samme som i eksemplet ovenfor.

9.0 VIDERE ARBEIDSGANG.

For Hamar Vannverk forutsettes at sanden i filterne erstattes med knust marmor. Det er ikke behov for ytterligere undersøkelser for å gjennomføre nødvendige tiltak.

For Stange Vannverk bør det utføres praktiske forsøk ved at CO₂ og mikronisert marmor doseres ved Frangstøa. Hvis forsøket gir tilfredsstillende resultat bør denne løsningen velges.

Fredrikstad 24. mai 1994.

ØSTLANDSKONSULT AS

Roar Finsrud

NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for rask start/stopp av store motorer.
- Rapport nr. 2: Beløgnedbrytning i kloakkbassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
- Rapport nr. 4: Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
- Rapport nr. 5: Arbeidsmiljø i kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982–87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-selskapet HIAS.
- Rapport nr. 7: Datasentral og EDB på avløpsrenseanlegg. Forprosjekt.
- Rapport nr. 8: EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
- Rapport nr. 9: NORVAR's årsberetning 1988.
- Rapport nr. 10: NORVAR's årsberetning 1989.
- Rapport nr. 11: Forfellings innflydelse på veksten i et biofilmanlegg. Forsøk i laboratorieskala ved VEAS.
- Rapport nr. 12: NORVAR's årsberetning 1990.
- Rapport nr. 13: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjon ut fra VAR-bransjens behov.
- Rapport nr. 13A: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Funksjonsblokker for avløpsanlegg.
- Rapport nr. 14: Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. Anbefaling fra anleggsseierne.
- Rapport nr. 15: Driftsovervåking av aktivert-karbonfilter
- Rapport nr. 16: EDB i VAR-teknikken. FDU – kravspesifikasjoner.
- Rapport nr. 17: EDB i VAR-teknikken. Driftskontrollanlegg for VA-transportssystemer. Innsamling og bearbeidelse av data.
- Rapport nr. 18: EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
- Rapport nr. 19: EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring i VAR-sektoren.
- Rapport nr. 20: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Hovedrapport.
- Rapport nr. 20A: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- Rapport nr. 20B: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering.
- Rapport nr. 20C: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning.
- Rapport nr. 20D: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam.
- Rapport nr. 21: NORVAR's årsberetning 1991.
- Rapport nr. 22: EDB i VAR-teknikken. Fase 1 – kravspesifikasjoner m.m. Statusbeskrivelse og forslag til videre arbeid.
- Rapport nr. 23A: Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontrollhåndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23B: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg.
- Rapport nr. 23C: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk.
- Rapport nr. 23D: Internkontroll for VA-anlegg. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23E: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved vannbehandlingsanlegg.
- Rapport nr. 23F: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 24: NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
- Rapport nr. 25: NORVAR's Slamgruppe. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
- Rapport nr. 26: NORVAR's Slamgruppe. Installering av gassmotor for strømproduksjon ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 27: NORVAR's Slamgruppe. Mottak og behandling av avvannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform.
- Rapport nr. 28: NORVAR's Slamgruppe. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt.
- Rapport nr. 29: Rapport fra SFT-prosjekt. Regnvannsoverløp.
- Rapport nr. 30: Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren. Erfaringer fra et pilotprosjekt.
- Rapport nr. 31: PRO-VA. Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr. 1993. Leverandører – produkter – konsulenter. Referanseanlegg, litteratur, terminologi.
- Rapport nr. 32: Bruk av statistiske metoder (kjemometri) til å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
- Rapport nr. 33: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere.
- Rapport nr. 34: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister.
- Rapport nr. 35: Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier.
- Rapport nr. 36: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere.
- Rapport nr. 37: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning.
- Rapport nr. 38: NORVAR-prosjekter 1992/93.
- Rapport nr. 39: Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra et referanseprosjekt knyttet til pilotprosjekt ved Bekkelaget Renseanlegg. Sjekk-/momentliste for bruk ved implementering av EDB-basert vedlikehold.
- Rapport nr. 40: Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover.
- Rapport nr. 41: PRO-VA. Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. METRI-TEL. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
- Rapport nr. 42: Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekter.
- Rapport nr. 43: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk. Resultat fra fullskala-forsøk.