

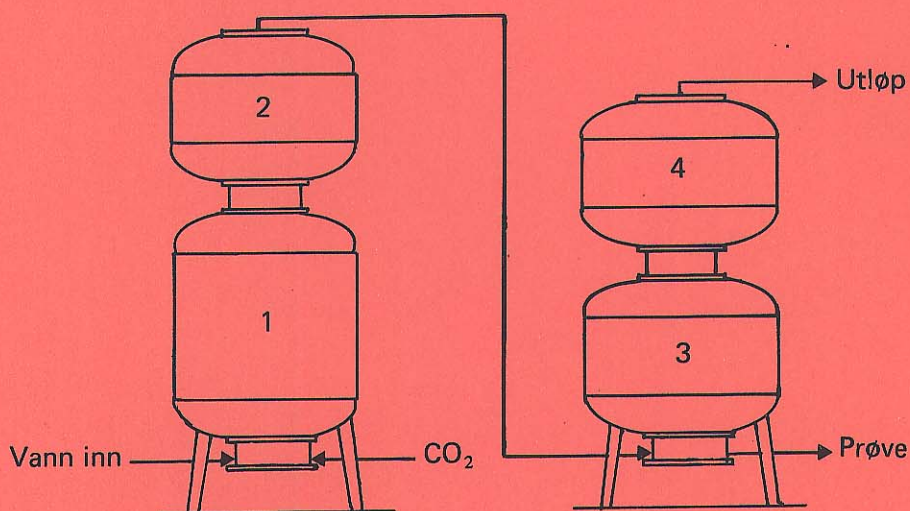
0.2464



O-89015-51 E-88415

## Røyken kommune

Filtrering av vann gjennom  
basisk filtermasse



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-89015-51 E-88415
Undernummer:
Løpenummer: 2464
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Vannbehandling ved filtrering gjennom basisk filtermasse	Dato:  juli 1990
Forfatter (e):  Hans Kristiansen	Prosjektnummer: 0-89015-51 E-88415
	Faggruppe:  Vannbehandling
	Geografisk område:  Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag):  13

Oppdragsgiver:  Røyken kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Forsøk med vannbehandling ved filtrering gjennom masse av finknust marmor er gjennomført i Røyken kommune med Sætervann som kilde. Forsøkene har vist at metoden er velegnet med tanke på å redusere korrosjon på ledningsnettet. Metoden kombinerer vannbehandling og filtrering. Behandlingen går ut på noe av massen løses av vannet slik at dets pH-verdi, alkalitet og kalsiuminnhold øker. Økingen styres ved vannets kontakttid med massen og mengden tilsatt CO <sub>2</sub> . Filtreringen går ut på at stoffer som ønskes fjernet adsorberes til massen. Oppsamlet stoff fjernes ved tilbakespyling.
---

4 emneord, norske:

1. Vannforsyning
2. Vannbehandling
3. Filtrering
4. Korrosjonskontroll

4 emneord, engelske:

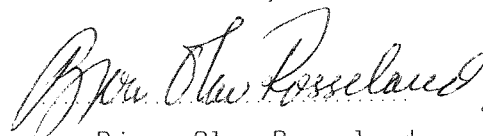
1. Water supply
2. Water treatment
3. Filtration
4. Corrosion control

Prosjektleder:



Hans Kristiansen

For administrasjonen:



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1775-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

**0-89015-51**  
**E-88415**

**FILTRERING AV VANN GJENNOM BASISK FILTERMASSE**

Hans Kristiansen

Oslo, juli 1990

## FORORD

I rapport NIVA-Rapport O-88190, "Røyken kommune. Bruk av Sætervann som drikkevannskilde", datert april 1989, er Sætervatn som drikkevannskilde vurdert og det er bl.a. gitt anbefaling om hvilken vannbehandling som bør velges.

Vannet er forholdsvis rent, men meget fattig på oppløste mineralstoffer, svakt surt og korrosivt overfor materialene i ledningsnettet. Dette medfører ulemper for forbrukerne ved at vannet blir misfarget og kan fra tid til annen være slamførende. I nevnte rapport er det redegjort for årsaken til disse ulemper og hvilken endring av vannkvaliteten som er nødvendig for å inngå problemene.

I denne rapport er beskrevet et forsøksanlegg hvor vannet er behandlet ved filtrering gjennom basisk filtermasse og hvilke resultater som er oppnådd ved behandlingen.

Oslo, juli 1990

Hans Kristiansen

## INNLEDNING

I samarbeid med Røyken kommune, teknisk avdeling ved W. Bjelke og K. Tjugum har et anlegg for vannbehandling ved filterering gjennom basisk filtermasse vært i drift med vann fra Sætervatn. Som filtermasse ble brukt finknust marmor av kornstørrelse fra 1 til 8 mm.

Vannet fra Sætervatn er svakt surt og aggressivt. Ved filtereringen oppnås to ting: For det første en vannbehandling ved at pH-verdien, kalsium- og bikarbonatinnholdet stiger fordi massen langsomt går i løsning. For det annet en filterering fordi den basiske massen har elektrostatisk tiltrekkende virkning på hydroksider av jern, aluminium og mangan som foreligger i vannet sammen med humusstoffer.

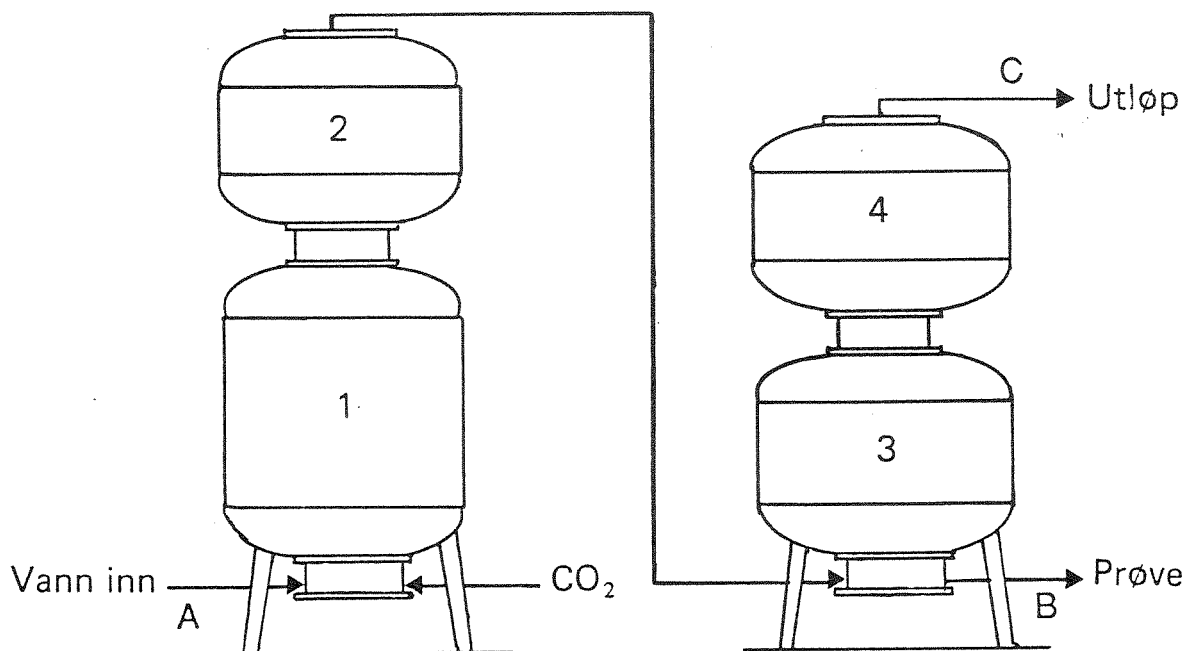
## FORSØKSANLEGGET

En skisse av forsøksanlegget er vist på figur 1. Det består av 4 stålbeholdere. De har alle en diameter på 500 mm. Beholder 1 rommer 140 liter og filtermassens høyde er 60 cm, nr. 2, 3 og 4 rommer 70 liter og massens høyde i hver av dem er 30 cm. Den totale filtermasse vannet passerer blir 1,5 m. Beholderene er innvendig korrosjonsbeskyttet.

Anlegget ble plassert i pumpestasjon på Krokodden. Vannet ble tatt fra kran og via vannmåler ført inn (A) gjennom en flens i bunnen av beholder 1 hvor dyser sprer vannet over hele rørflenses flate. Vannet føres videre ut av beholder 2 og inn gjennom bunnen av beholder 3. Ved innløpet spres vannet på samme måte som inn i beholder 1. Vannet føres ut gjennom toppen av beholder 4 (C). Karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) ble tatt fra flaske og via rotameter ført inn i vannet gjennom bunnen av beholder 1.

Anlegget ble satt igang 18. september 1989 med en vannstrøm gjennom massen på 20 liter pr. minutt. For å øke oppløsningshastigheten for marmor og samtidig ikke få for høy pH-verdi, ble vannet tilsatt  $\text{CO}_2$  i en mengde av 1 g pr. minutt. Det tilsvarer en konsentrasjon i vannet på 50 mg/L  $\text{CO}_2$ . Uten  $\text{CO}_2$ -tilsetning ville omkring 10 mg marmor ha gått i løsning pr. liter vann og vannet har fått en pH-verdi på mellom 8.5 og 9.

På grunn av en lekkasje som oppsto på  $\text{CO}_2$ -tilførselen, var prøvene tatt 16. oktober 1989 ikke tilsatt  $\text{CO}_2$ . Vannet ut av anlegget hadde da pH=8.7 (se tebell 1).  $\text{CO}_2$ -tilsetningen ble etter den dato justert til 0.6 g pr. minutt.



Figur 1. Skisse av forsøksanlegget.

### Prøvetaking og analyser

Vannprøver for analyse ble tatt fra innløp (A), midtuttak (B) og utløp (C). Resultatene er ført opp i tabell 1. Analysene er utført av vannanalyselaboratoriet ved miljøvernavdelingen hos fylkesmannen i Buskerud.

### Diskusjon av resultatene

Av tabellen fremgår at vannets fargetall og turbiditet er blitt redusert ved passasje gjennom anlegget. Prøvene tatt 16/10 og 25/10 av utløpsvannet har høye tall for turbiditet og farge som skyldes at oppsamlet stoff i anlegget har fulgt vannstrømmen ut. Forskjellen i kalsiuminnhold i vann inn og ut av anlegget er kalsium tilført vannet fra filtermassen. Denne mengden multiplisert med 2.5 angir mengde oppløst masse ( $\text{CaCO}_3$ ) i mg/L. De prøvene ble tatt 16/10 hadde  $\text{CO}_2$ -tilsetningen til vannet sviktet. Det er årsaken til den høye pH-verdien i utløpsvannet, samtidig som mindre av filtermassen hadde gått i løsning.

Ser man bort fra de høye fargetall 16/10 og 25/10, er vannets fargetall i middel blitt redusert ved filtreringen fra 11.6 mg/L Pt til 9.6 mg/L Pt, altså med 17.2%.

Av analyseresultatene fremgår forøvrig at mengden kalsium utløst fra massen har avtatt med driftstiden. Årsaken til dette kan være flere. Den viktigste årsakene er antakelig at det er finfraksjonen av massen som først går i løsning og dermed gir det største bidraget til kalsiuminnholdet i vannet. En annen årsak er at etterhvert som vannet passerer anlegget avtar mengden masse i anlegget. Filtermassen har avtatt med 15% fra begynnelse til slutt. En tredje årsak blir hevdet å være at avsatt stoff i massen hindrer at kalsiumkarbonat går i løsning. I boken "Innvendig korrosjon av vannledninger" (1) står det på side 37 at man må unngå å bruke filteret for fjerning av utfelt jern og mangan eller fjerning av partikler da den alkaliske filtermassen mister sin effekt.

Tabell 1. Analyseresultater for vannprøver tatt under forsøket.

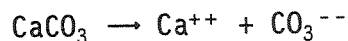
A: inn, B: midtuttak, C: ut

Dato	pH-verdi		Konduktivitet m S/m		Turbiditet FTU		Fargetall mg/L Pt		Kalsium mg/L Ca		Alkalitet mmol/L		Vannstrøm l/minutt gjenn- om filter	CO <sub>2</sub> - tilsetning g/minutt	CO <sub>2</sub> mg/L
	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut			
18/9 start	6.05		2.86		0.35		12		2.50		0.014		20	1.0	50
19/9 A	6.00		2.98		0.35		12		2.50		0.012		20	1.0	50
B		6.80		16.0		0.40		12	42				20		
C		7.05		20.5		0.55	9	7	54				15	0.75	50
25/9 A	6.00		2.95		0.30		15		2.50		0.012		20	1.0	50
C		7.00		23.0		1.00		7					15	0.75	50
26/9 A	6.20		2.99		1.00		15		2.50		0.012		20	1.0	50
B		6.75		16.0		0.35		8	44				15	0.75	50
C		7.05		20.5		0.40	10	9	44		0.018		20	1.0	50
2/10 A	5.95		2.90		0.40		10		2.50		0.018		15	0.75	50
C		7.05		21.2		0.25		9	44		1.95		20	1.0	50
3/10 A	5.90		3.00		0.45		11		2.50		1.95		20	1.0	50
B		6.50		12.9		0.45		10	37				20	1.0	50
C		6.80		18.9		0.45	11	10	37		0.020		20	1.0	50
9/10 A	6.00		3.02		0.45		11	10	2.60		0.020		20	1.0	50
C		6.75		15.3		0.30	12	10	33		1.30		20	1.0	50
10/10 A	6.05		3.05		0.45		12		2.60		1.70		20	1.0	50
B		6.35		9.02		0.30		10	28				20	0	0
C		6.80		14.8		0.40	12	10	2.6		0.018		20	0	0
16/10 A	5.95		3.13		0.40		12		2.6		0.018		20	0	0
B		7.35		4.45		0.40		10	28				20	0	0
C		8.70		6.3		2.10	52	11	13.0		0.36		20	0.6	30
24/10 A	6.10		3.14		0.50		13		2.8		0.012		20	0.6	30
B		6.40		7.38		0.40		11	19.0				30	0.6	20
C		6.90		10.60		0.45	12		19.0		0.75		30	0.6	20
25/10 A	6.0		2.97		0.40		12		19.0		0.75		30	0.6	20
B		6.45		6.08		0.45		58	16.0		0.59		30	0.6	20
C		6.85		8.47		2.00		58	16.0		0.59		30	0.6	20

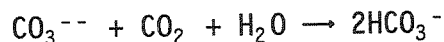


### Eksempler på behandling av resultatene

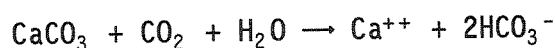
I kontakt med vann som inneholder  $\text{CO}_2$ , går massen langsomt i løsning. Først løses kalsiumkarbonat i kalsium- og karbonationer etter likningen:



deretter reagerer karbonationet med  $\text{CO}_2$  og danner bikarbonat (bundet  $\text{CO}_2$ ):



Bruttoreaksjoner blir:



Løst i vannet er  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{HCO}_3^-$ . Bundet  $\text{CO}_2$  er analysert som alkalitet og består av tilsatt  $\text{CO}_2$  og bundet  $\text{CO}_2$  i form av karbonat ( $\text{CO}_3^{--}$ ) fra oppløst marmor.

Den 19/9 ble vannet tilført 39.5 mg/L Ca fra massen. Det tilsvarer 98.75 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . Av denne mengden utgjør 59.25 mg/L  $\text{CO}_3^{--}$

og tilsvarer	48.45 mg/L $\text{CO}_2$
Vannet ble tilsatt	<u>50 mg/L <math>\text{CO}_2</math></u>
Totalt	98.45 mg/L $\text{CO}_2$

Målt alkalitet: 1.90 mmol/L, og tilsvarer 83.6 mg/L bundet  $\text{CO}_2$ . Resten  $98.45 - 83.6 = 14.85$  mg/L foreligger fritt.

Tilsvarende beregning for 25/9 gir:

Tilført vannet	51.5 mg/L $\text{Ca}^{++}$
Oppløst masse	128.75 mg/L $\text{CaCO}_3$
Av dette	77.25 mg/L $\text{CO}_3^{--}$
og tilsvarer	56.65 mg/L $\text{CO}_2$
Tilsatt	<u>50.0 mg/L <math>\text{CO}_2</math></u>
Totalt	106.65 mg/L $\text{CO}_2$

Målt alkalitet 2.20 mmol/L, og tilsvarer 96.8 mg/L bundet  $\text{CO}_2$ . Resten:  $106.65 - 96.8 = 9.85$  mg/L  $\text{CO}_2$  foreligger fritt.

## Avslutning av forsøket

Forsøket ble avsluttet 25. oktober 1989. Det hadde da stort sett vært i kontinuerlig drift siden igangsettingen og uten utspyling av oppsamlet stoff i filtermassen. Det hadde da passert omkring 1000 m<sup>3</sup> vann gjennom anlegget og omkring 76 kg av massen er løst opp.

Anlegget ble demontert og beholderene sendt til NIVA for utspyling av oppsamlet stoff og samtidig få mål for mengden av stoffet og en kjemisk analyse av det.

To og to av beholderene ble retur-spylt sammen. Utløpet på toppen av øverste beholder ble tilkopleet ledningsnett. Vanntilførselen ble åpnet og vannet ble ledet ut ved (A) for beholder 1 og 2 og ved (B) for beholder 3 og 4. Spylevannet ble samlet opp i kar á 50 liter og spylingen fortsatte inntil utløpsvannet var forholdsvis rent. Det var da fylt 9 kar av spylevannet fra de to første beholderene og 4 fra de to siste.

Prøver for analyse av suspendert stoff ble tatt fra alle karene og i en prøve fra hver av karseriene ble også gløderest og innholdet av jern, aluminium mangan og kalsium bestemt. I tillegg ble turbiditet og fargetall målt på noen av prøvene. Resultatene er ført opp i tabell 2.

Tabell 2. Analysedata for spylevann.

Prøve nr.	Suspendert stoff		Gløderest mg/L	Turbiditet FTU	Fargetall mg/L PT	Jern mg/L Fe	Aluminium mg/L Al	Mangan mg/L Mn	Kalsium mg/L Ca
	mg/L	g totalt							
A 1	680	34.0							
A 2	285	14.2	119			5.22	2.88	0.99	11.8
A 3	177	8.85							
A 4	156	7.8							
A 5	108	5.4							
A 6	70	3.5							
A 7	70	3.5		30	355				
A 8	38	1.9		15	178				
A 9	44	2.2		12	149				
B 1	312	15.6	156			4.22	2.43	0.65	14.6
B 2	120	6.0							
B 3	48	2.4		19	230				
B 4	20	1.0		10	125				

Differansen mellom suspendert tørrstoff og gløderest er organiske stoffer (humusstoffer) oppsamlet i filteret.

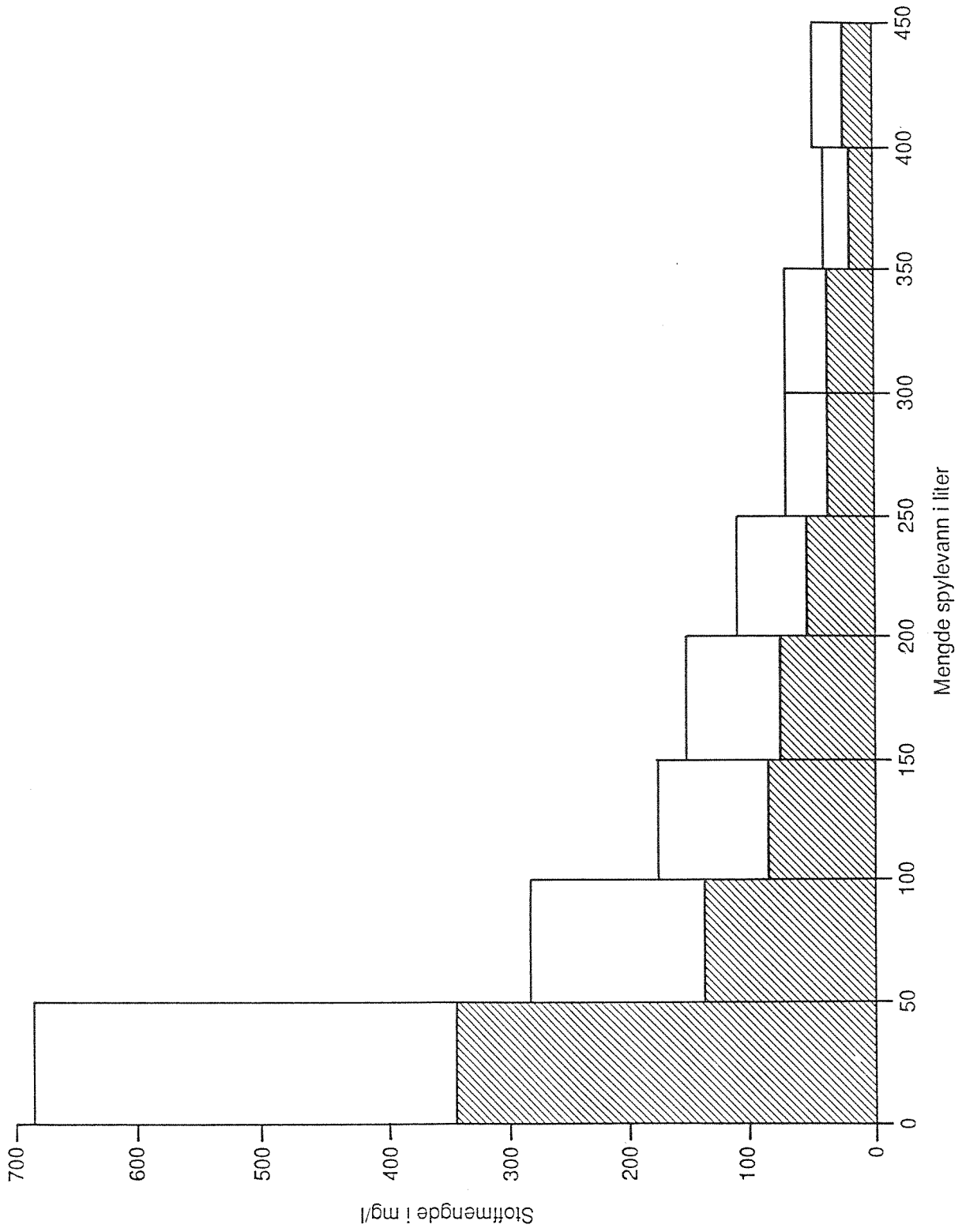
Av resultatene ser man at betydelige mengder stoff er holdt tilbake i filtermassen, men siden 1000 m<sup>3</sup> vann har passert, blir det allikevel ikke mye pr. liter vann. Resultatene i tabell 2 er fremstilt som stolpediagram på figur 2 og 3. Diagrammene illustrerer hvor lett oppsamlet stoff lar seg spyle ut av massen. For de første beholderene er det meste spylt ut etter 200 liter vann, men selv etter 450 liter spylevann fra de første beholderene og 200 liter fra de neste, viser tallene for farge og turbiditet at en liten rest er igjen i massen. En bedre fordeling av vannstrømmen gjennom hele filtermassen under filtreringen vil kanskje også gjøre at utspylingene av oppsamlet stoff blir mer effektiv.

Av metaller i gløderesten er fordelingen slik:

		A	B
Jern	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.27 %	3.86 %
Aluminium	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.57 %	2.94 %
Mangan	MnO <sub>2</sub>	1.32 %	0.66 %
Kalsium	CaCO <sub>3</sub>	24.8 %	23.4 %
Uløst		63.0 %	69.1 %

Resultatene viser at det er prosentvis høyere metallinnhold i de første beholderene enn de to siste. Det er i overensstemmelse med teorien for adsorpsjon til basisk filtermasse fra aggressivt vann. Det høye innhold av kalsium skyldes at noe uløst masse har fulgt med spylevannet. Den uløselige del består av silikater med en overflateladning som gjør at en ikke så lett adsorberes til filtermassen. Totalt har filteret fjernet 106.4 g suspendert materiale, hvorav 59.4 g organisk og 46.5 g uorganisk. I den uorganiske delen inngår 1.84 g jern, 1.02 g aluminium og 0.334 g mangan. Under spylingen ble 11.4 g av filtermassen fjernet.

Fig. 2 Utspylt mengde tørrstoff fra filterbeholder 1 og 2.  
(Skravert del er gløderest)



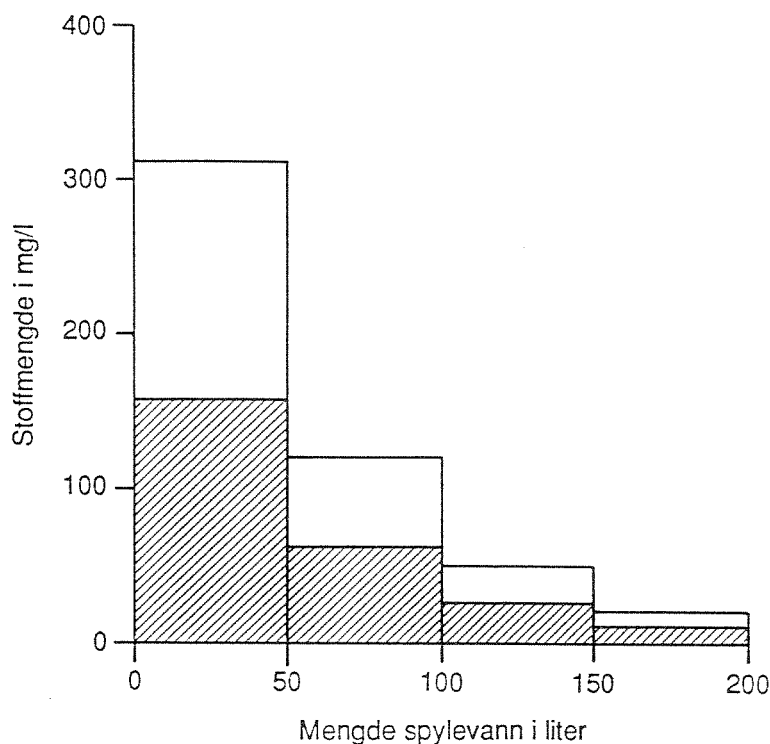


Fig. 3 Utspylt mengde tørrstoff fra filterbeholder 3 og 4.  
(Skravert del er gløderest)

#### FORTSETTELSE AV FORSØKET

Under returspylingen viste det seg at det meste av oppsamlet stoff lett lot seg fjerne. Et spørsmål som reiser seg og som det er viktig å få besvart, er om den lille rest av oppsamlet stoff som forblir i massen etter utspylingen, vil hindre utløsning av mer masse når filteret igjen tas i bruk. Svar på det spørsmålet kan man få ved å analysere på opptatt mengde kalsium i vannet før og etter en tilbakespyling. Dermed kan påstanden i referanse (1) etterprøves.

Forsøkene ble gjennomført med forholdsvis høy CO<sub>2</sub>-tilsetning. Dermed fikk det filtrerte vannet lav pH-verdi (omkring 7) og høyt kalsiuminnhold, altså et stort forbruk av filtermasse. Videre forsøksdrift bør gjennomføres med lav CO<sub>2</sub>-tilsetning. Det bør også undersøkes om filterering kan gjennomføres uten CO<sub>2</sub>-tilsetning og hvilken kontakttid med massen vannet da må ha for å oppnå karbonatlikevekt. (Om karbonatlikevekt se vedlegg I i NIVA-rapport 0-88/90 (3)). Det vil gi minimalt forbruk av masse og pH-verdien på filtrert vann kan som tidligere nevnt komme opp mot 9. I SIFF's "Kvalitetsnormer for drikkevann" er pH-verdien for godt drikkevann satt mellom 7.5 og 8.5, men pH=9 for drikkevann kan aksepteres. Helseeffekter inntreffer først av vann med pH-verdier høyere enn 11, men virkningen av vann med høy pH-verdi er større desto høyere innhold av oppløste mineralstoffer vannet har. Mineralstoffinnholdet i ferdigbehandlet vann fra Sætervatn må karakteriseres som mineralstoffattig.

## KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Resultater fra forsøksanlegget har vist at vannbehandling ved filtering gjennom finknust marmor er velegnet sammenliknet med andre behandlingsmetoder med tanke på korrosjonskontroll av ledningsnettet. Selv om vannet som ble ført gjennom anlegget var forholdsvis rent har filtermassen holdt tilbake betydelige mengder stoff, som ellers ville ha avsatt seg i et ledningsnett og fra tid til annen forårsaket slamproblemer for forbrukerne.

Vannet løser opp kalsiumkarbonat og tilfører vannet kalsium. Kalsiuminnhold og pH-verdi på det filtrerte vannet bestemmes av mengden karbondioksid vannet tilsettes før filtereringen. Uten tilsatt karbondioksid vil vannet få et kalsiuminnhold på omkring 10 mg pr. liter og pH-verdi mellom 8.5 og 9 avhengig av kontakttiden med massen.

Et filteringsanlegg for et vannverk anbefales dimensjonert slik at alt vannet passerer massen. Dersom bare en delstrøm skal behandles og senere blandes med resten av vannet, vil kalsiumionene i det behandlede vannet forårsake en destabilisering av humusstoffene i det ubehandlede vannet og dermed utfelling i ledningsnettet og slamholdig vann for forbrukerne.

Filtereringsanlegg bør konstrueres i en dybde av 3-4 m. Selve filteret anbefales også benyttet som lager for filtermassen. Filteret fylles opp til f.eks. 3.5 m. Massen forbrukes under drift og når den har sunket til f.eks. 2.5 m kan ny masse fylles på igjen.

Dersom vannet behandles til karbonatlikevekt vil det oppnå konstant kalsiumkonsentrasjon og pH-verdi uavhengig av kontakttiden med massen.

## REFERANSER

- (1) Vik, E. A. og Hogne, D., Innvendig korrosjon av vannledninger.
- (2) Statens Institutt for Folkehelse, G2 Kvalitetsnormer for drikkevann, april 1987.
- (3) NIVA-Rapport 0-88190, Røyken kommune. Bruk av Sætervann som drikkevannskilde, 1989.