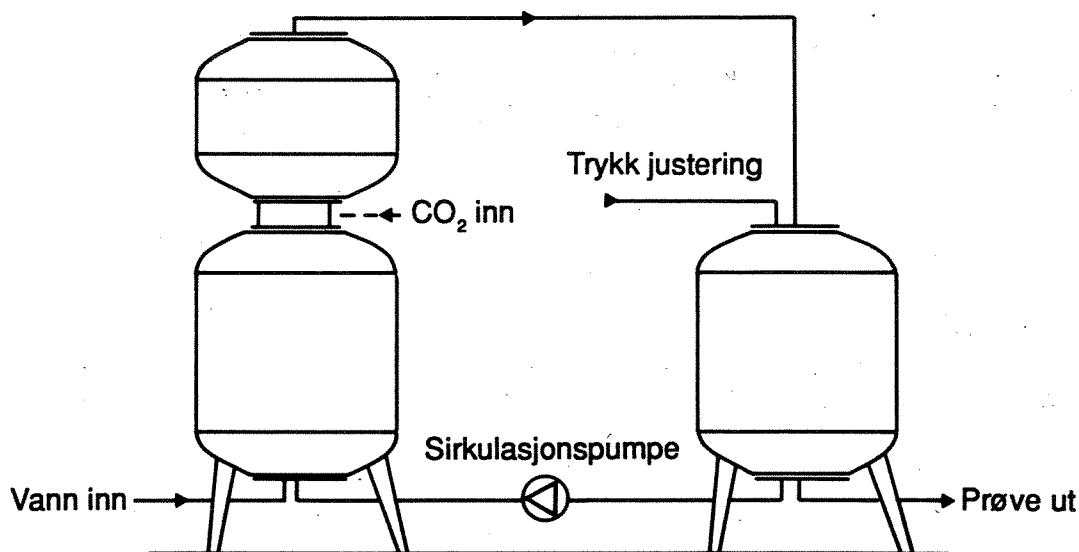


# VA RAPPOR 12|89

O-86244

E-88415

## Karbonatisering av drikkevann ved filtrering gjennom finknust marmor



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr. 0-86244 E-88415
Undernummer:
Løpenummer: 2304
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Karbonatisering av drikkevann ved filtrering gjennom finknust marmor.	Dato: Oktober 1989
Forfatter (e):  Hans Kristiansen	Prosjektnummer: 0-86244 E-88415
	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 47

Oppdragsgiver: Map-Co A/S NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
--------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Filtrering gjennom finknust marmor skal både fjerne mønstrede stoffer fra vannet og tilføre vannet stoffer som virker inhiberende mot korrosjon på ledningsnett ved at aggressivt vann løser opp kalsiumkarbonat fra massen. Rapporten omhandler forsøk utført i "pilot"-skala og fullskala som viser at filteret virker etter hensikten. Betydelige mengder metallhydroksider og humusstoffer holdes tilbake og mengden utløst kalsiumkarbonat er avhengig av mengden karbondioksid vannet på forhånd er tilsatt og dets kontaktid med massen.
--

4 emneord, norske:

1. Vannbehandling
2. Filtrering
3. Finknust marmor
4. Karbonatisering

4 emneord, engelske:

1. Water treatment
2. Filtration
3. Crushed marble
4. Carbonatisation

Prosjektleder:

  
Hans Kristiansen

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1606-5

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

**O - 86224**

**E - 88415**

**KARBONATISERING AV DRIKKEVANN VED FILTRERING GJENNOM FINKNUST MARMOR**

Sluttrapport

Samarbeidsprosjekt mellom Map-Co A/S

Norsk institutt for vannforskning

Karmøy kommune

og

Haugaland off. kjøtt- og næringsmiddelkontroll

Oslo, oktober 1989

Ole A. Simonsen (MC)  
Hans Kristiansen (NIVA)  
Helge Thorheim (K.k.)  
Jan Inge Alne (HKN)

## Forord

Denne undersøkelsen har hatt som formål å teste hvilken kvalitetsendring som oppnås når surt og mineralfattig vann filtreres gjennom masse av finknust marmor og videre å utvikle utstyr for slik filtrering.

Samarbeidspartnere har vært firmaet Map-Co A/S (MC), Karmøy Kommune (KK), Haugaland offentlige kjøtt- og næringskontroll (HKN) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Denne rapporten bygger på undersøkelser utført i perioden fra oktober 1986 og ut 1988.

Følgende delprosjekter har inngått i undersøkelsen:

- Oppløsningshastighet for marmor
- Oppløsningshastighet ved tilsetning av CO<sub>2</sub> med ulike overtrykk
- Nøytralisering av CO<sub>2</sub>-overskudd
- Vurdering av marmormassens filtreringsevne
- Full-skala forsøk

Undersøkelsene er utført ved: NIVAs laboratorium i Oslo, ved Øvrebøs fiskeoppdrett, Bokn og i Karmøy kommune.

Undersøkelsen har vært finansiert av Map-Co A/S og NIVA.

Oslo, oktober 1989

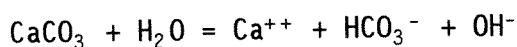
Hans Kristiansen

## Sammendrag

Meget bløtt og mineralfattig vann er surt og korrosivt overfor de fleste materialer vannet kommer i kontakt med. Vannet kan gjøres mindre surt og mindre korrosivt ved å øke dets innhold av kalsium i form av karbonat/hydrogenkarbonat.

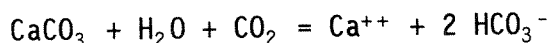
Til denne form for vannbehandling er valgt betegnelsen karbonatisering til forskjell fra alkalisering som blir brukt om en ensidig heving av vannets pH-verdi.

Den enkleste måte å øke karbonatinnholdet på er å lede vannet gjennom en masse av finknust marmor. I kontakt med vannet går massen i løsning etter likningen:

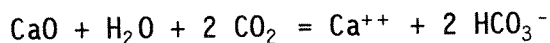
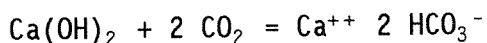


Vannets pH-verdi stiger etter hvert som marmor går i løsning, men siden marmorets løselighet avtar med stigende pH-verdi, får vannet på denne måten for lavt kalsium- og karbonatinnhold til at det får særlig korrosjonsmessig betydning. Marmorets løselighet kan imidlertid økes ved å tilsette vannet karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) som vist ved de innledende forsøkene.

Marmor reagerer med karbondioksid og går i løsning etter likningen:



mens hydratkalk ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) og brent kalk ( $\text{CaO}$ ) danner hydrogenkarbonat ved reaksjon med karbondioksid henholdsvis etter likningene:



Enten utgangsmaterialet er marmor, hydratkalk eller brent kalk, ser man av de tre likningene at sluttproduktet er det samme, men ved bruk av marmor er forbruket av karbondioksid bare halvparten så stort som ved bruk av hydratkalk. En masse av finknust marmor virker dessuten som et filtermedium for fjerning av metallforbindelser og humusstoffer fra vannet.

Forsøkene som ble utført både på Bokn og ved Maramyr på Karmøy har vist at humusstoffer og hydroksider av jern, aluminium og mangan blir filtrert fra vannet og holdt tilbake av marmorfilteret.

## 1. INNLEDNING

Definisjon på aggressivt vann er at vannet har evne til å løse opp kalsiumkarbonat. Surt og mineralfattig vann og vann som fremstilles av havvann, enten ved omvendt osmose eller evaporering, er både aggressivt og korrosivt overfor materialer på basis av sement. Siden vannet samtidig er surt, er det også korrosivt overfor de fleste metaller som er i alminnelig bruk.

Når aggressivt vann er i kontakt med kalsiumkarbonat vil aggressiviteten avta etter hvert som kalsiumkarbonat går i løsning. Ved uendelig lang kontakttid vil vannet bli mettet på oppløst kalsiumkarbonat og mer fast kalsiumkarbonat kan ikke gå i løsning. Det er da likevekt mellom fast og oppløst kalsiumkarbonat. Vannet er i karbonatlikevekt og betegnes da som ikke aggressivt.

Etter hvert som kalsiumkarbonat går i løsning, stiger vannets pH-verdi og korrosiviteten avtar. Teoretisk skulle vann med lav alkalitet ved likevekt ha  $\text{pH} = 10,5$ . For å oppnå likevekt trengs lang kontakttid. Hvilken grad av likevekt man i praksis kan oppnå vil være avhengig av hva som ellers er løst i vannet og kalsiumkarbonatets krystallform.

Utløsningen av kalsiumkarbonat øker når vannet tilsettes karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) samtidig som pH-verdien kan holdes under kontroll.

Forsøkene har også vist at knust marmor er egnet som filtermedium for fjerning av tungmetaller og humus fra vannet. Analyser har vist at slam som filtermassen har holdt tilbake inneholder aluminium, jern, mangan og organiske stoffer.

## 2. FORSØKSANLEGGENE

I forsøksanleggene er brukt anlegg konstruert og laget av Map-Co A/S og er av typene MAP-COMBI/MINI og -/MIDI, med filterflate  $50 \text{ dm}^2$ .

MAP-COMBI-anleggene er bygget opp etter modulprinsippet, noe som gjør at de kan bygges sammen for å dekke ulike driftsforhold.

I snitt har de ulike anleggene følgende areal:

-/MINI =  $22 \text{ dm}^2$

-/MIDI = 50 til  $176 \text{ dm}^2$

Den type kalsiumkarbonat som er brukt betegnes marmor fordi det er en

omkrystallisert dypbergart til forskjell fra sedimentert avsatt og lite omdannet kalkstein.

### 3. INNLEDENDE FORSØK VED NIVA

Kornstørrelsene av marmor brukt under forsøkene var 1-3 m/m og 3-8 m/m. Under påfylling av masse dannes en del finstoffer som følger med vannet den første tiden, men etter kort tid ble oppnådd stabile forhold og normal drift.

Karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) er forholdsvis lett løselig i vann og løseligheten øker med trykket. Jo høyere trykk  $\text{CO}_2$  tilsettes ved, desto mer tar vannet opp. Det ble gjennomført forsøk hvor  $\text{CO}_2$  ble tilsatt ved forskjellig trykk, og for hvert trykk ble vannet resirkulert flere ganger gjennom anlegget. Gass-strømmen gjennom rotameteret ble regulert til 50 prosent av fullt utslag. For det laveste trykk ble gass-strømmen regulert til 100 prosent for noen sirkuleringer. Ved slutten av de fleste forsøk ble  $\text{CO}_2$ -tilsetningen stanset for å se hvor hurtig  $\text{CO}_2$ -overskuddet i vannet ble nøytralisert av marmormassen.

Forsøksanlegget (-MINI) er satt sammen av stålbeholdere innvendig belagt med nylon som beskyttelse mot korrosjon. Figur 1 viser en enkel skisse av den del av anlegget som ble brukt. Beholder nr. 1 og 3 er på 170 l og beholder nr. 2 på 70 l. Beholder nr. 1 ble fylt med marmor av kornstørrelse 3-8 mm. Marmormassen har et tverrsnitt på 22 dm<sup>2</sup> og høyde 7,5 dm, og massen har følgende kjemiske sammensetning:

Kalkinnhold	$\text{CaCO}_3$	.....	98,89 %
Brent kalk	$\text{CaO}$	.....	55,38 %
Magn. oksyd	$\text{MgO}$	.....	0,11 %
Glødetap	$(\text{CO}_2)$	.....	43,98 %
Jernoksyd	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	.....	0,20 %
Alum. oksyd	$\text{Al}_2\text{O}_3$	.....	0,10 %
Uopløselig bestanddeler		....	0,60 %

Som det fremgår av analysedata er massen ren kalsiumkarbonat. Siden det er en grovkrystallinsk meget dyp-bergart er den gitt betegnelsen marmor.

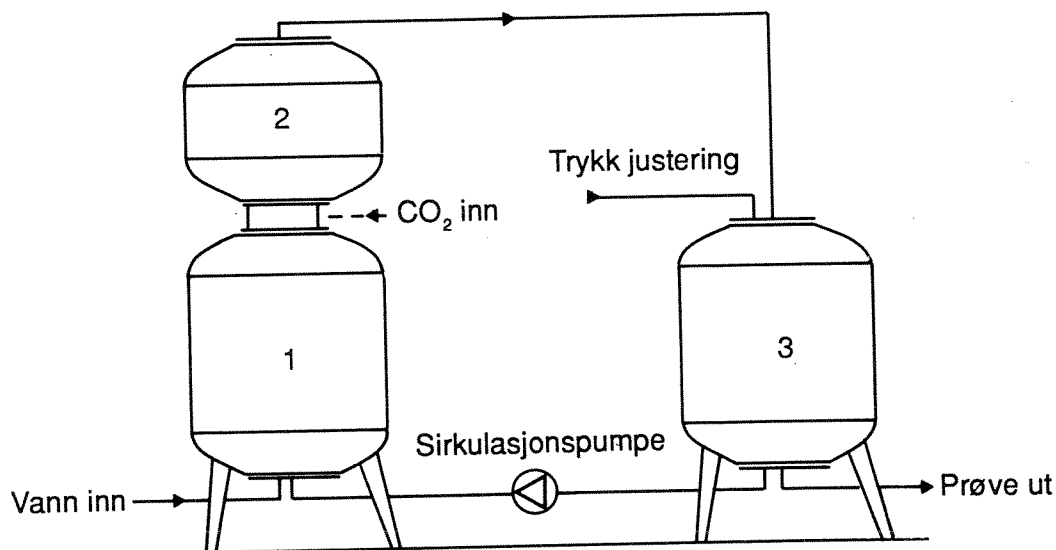
Vannet føres inn i bunnen av beholder nr. 1 (fig. 1) og går gjennom beholder 2 til beholder 3. Når alle beholderne er fylt opp, kan vannet ved hjelp av en sirkulasjonspumpe resirkuleres gjennom anlegget. Karbondioksid ledes inn i vannet mellom beholder 1 og 2 og blir godt blandet i vannet i beholder 2 og 3 før det under resirkulasjonen føres

inn i beholder 1 og reagerer med marmormassen. Ved hjelp av en kompressor kan vannet i anlegget settes under forskjellig trykk.

Anlegget ble montert, og de første forsøk gjennomført 13.11.86. Vannet ble først ledet gjennom marmormassen i forskjellig mengde, og deretter ble vannet resirkulert noen ganger gjennom anlegget. Prøver av vannet for analyse ble tatt, og analysen ga som resultat:

	Vannmengde l/min.	pH-verdi	Kalsium mg/L Ca
Springvann		6,75	4,50
Gjennom anlegget	5	8,93	8,10
	8	9,07	8,65
	13,5	9,20	6,65
	Resirkulasjon		8,81

Resultatene er noe varierende, men noe annet er ikke å vente, idet det til å begynne med vil være noe finstoffer i marmoren som først går i løsning.



Figur 1. Forsøksanlegg



Neste forsøksrunde ble gjennomført 24.11.86. Denne gang var apparatet for tilsetning av karbondioksyd ( $\text{CO}_2$ ) montert. Anleggets totale volum var 410 liter, marmormassen i beholder nr. 1 fortrenger 70 liter vann slik at det totale vannvolum i anlegget var 340 liter. Resirkulasjonspumpen ble justert slik at hele vannvolumet passerte marmorlaget hver halvtime. Prøver for analyse av vannet ble tatt for hver sirkulasjon. De 6 første sirkulasjonene ble gjennomført uten tilsatt  $\text{CO}_2$ . Deretter ble  $\text{CO}_2$  tilsatt ved et trykk på  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

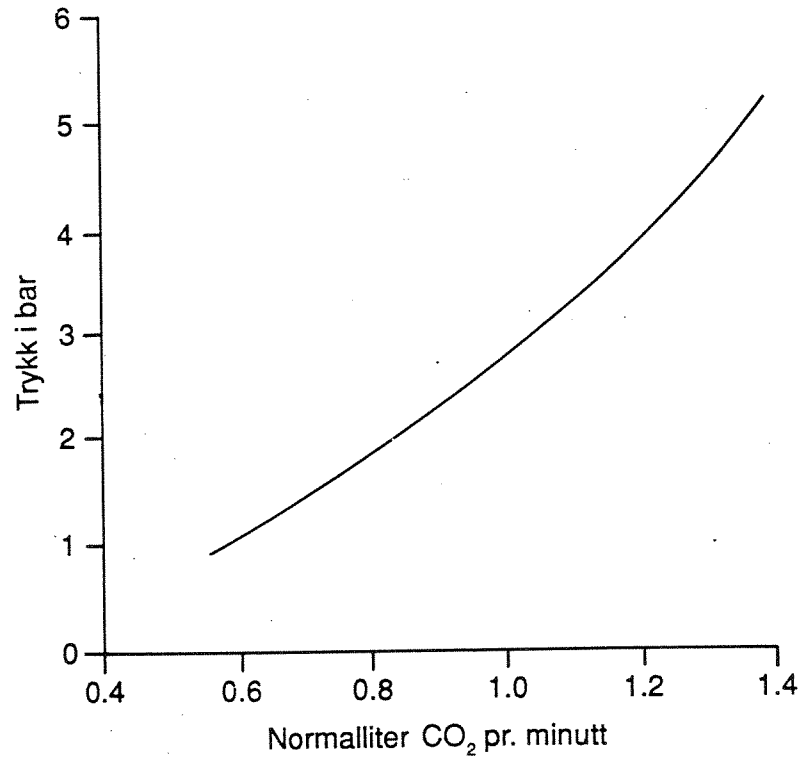
Analyseresultat:

Nr.	Vannmengde (l/min)	pH-verdi	Kalsium mg/L
1	10,4	8,0	11,2
2	9,9	8,7	11,1
3	9,9	8,8	11,5
4	10,4	8,9	12,1
5	10,5	9,0	11,5
6	10,6	8,9	11,7
7	8,6	6,7	13,8
8	11,7	6,2	24,5
9	10,8	6,3	40,0

Resultatene viser at når vannet resirkulerer uten tilsatt  $\text{CO}_2$ , innstiller kalsiuminnholdet seg på en konstant verdi ved høy pH-verdi. Etter tilsatt  $\text{CO}_2$  øker kalsiuminnholdet for hver sirkulasjon.

### 3.1 Forsøk med forskjellige karbondioksyd-tilsetning

Karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) er forholdsvis lett løselig i vann, og løseligheten øker med trykket. Jo høyere trykk vannet har som  $\text{CO}_2$  tilsettes, desto mer blir opptak av vannet. Figur 2 viser sammenhengen mellom trykk og mengde tilsatt karbondioksid. Når vannmengden som karbondioksidet til enhver tid tilsettes er kjent kan  $\text{CO}_2$ -konsentrasjonen i vannet beregnes. I dette tilfellet ble sirkulasjonsmengden justert til 10 liter pr. minutt.



Figur 2. Mengde CO<sub>2</sub> tilsatt som funksjon av trykket ved rotameterinnstilling på 100 %. En normal - liter er beregnet ved 1 bar og 15°C. Tettheten er da 1,977 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.1.1 Analyseresultater

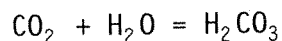
For hver sirkulasjon gjennom filtermassen ble det tatt prøve av vannet for analyse, og resultatene er ført opp i tabellen nedenfor.

Dato for forsøk	Sirkulasjon nr.	Trykk kg/cm <sup>2</sup>	Rotameter avlesing %	pH	Kalsium mg/L Ca
2.12.86	1	2,4	50	6,0	22,2
	2	2,4	50	6,2	41,4
	3	2,4	50	6,1	73,0
	4	2,4	50	6,2	86,0
	5	2,8	50	6,2	119,0
	6	2,8	50	6,2	136,0
21.1.87	1	1,0	50	6,4	21,7
	2	1,0	50	6,2	28,0
	3	1,0	50	6,2	33,7
	4	0	0	6,4	46,7
	5	0	0	6,5	62,7
21.1.87	1	3,0	50	6,1	13,1
	2	3,0	50	6,0	26,3
	3	3,0	50	6,0	49,7
	4	0	0	6,3	68,4
	5	0	0	6,4	84,7
28.1.87	1	0,5	50	7,2	12,5
	2	0,5	50	6,4	14,3
	3	0,5	50	6,4	22,2
	4	0,5	50	6,3	30,5
	5	0,5	100	6,2	48,5
	6	0,5	100	6,2	69,4
	7	0	0	6,4	92,2
	8	0	0	6,5	104,3
28.1.87	1	6,0	50	6,1	15,8
	2	6,0	50	5,8	32,5
	3	6,0	50	5,9	58,0
	4	0	0	6,1	85,8
	5	0	0	6,3	121,0

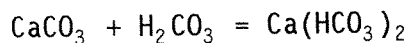
### 3.1.2 Diskusjon av resultatene

Karbondioksidet som tilsettes vannet gjør det aggressivt, og jo mer karbondioksid vannet inneholder, desto mer marmor går i løsningen. Variasjoner i resultatene kan skyldes at vannets kontakt-tid med massen er kort. En målt vannhastighet på 10 l pr. minutt tilsvarer en kontakt-tid i massen på 7 minutter. Figur 3 viser sammenhengen mellom den midlere økning av kalsiuminnholdet i vannet for hver passasje gjennom marmormassen og trykket. Av kurven fremgår at oppløsnings-hastigheten som funksjon av trykket er størst for de lavere trykk. Dette har nettopp sammenheng med vannets kontakt-tid med massen.

Av fri karbondioksid i vann er det bare en liten del som reagerer med vannet og danner karbonsyre:



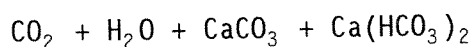
og det er karbonsyre som løser opp marmor:

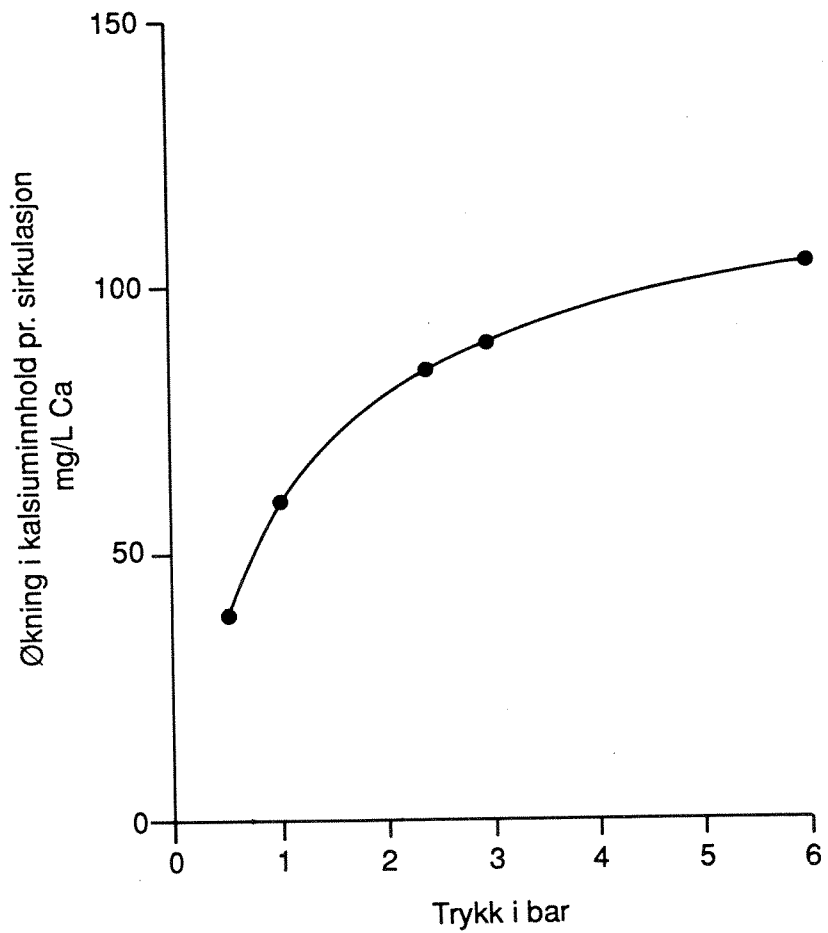


Avgjørende for hvor hurtig marmormassen skal løse seg, er hastigheten for dannelsen av karbonsyre i vannet.

Når vannet resirkulerer gjennom marmormassen løses omtrent samme mengde marmor hver gang vannet passerer massen ved konstant trykk og konstant  $\text{CO}_2$ -strøm. Figur 4 viser hvordan kalsiuminnholdet i vannet øker for hvor sirkulasjon for prøveserien tatt 2.12.86, og en prøveserie 28.1.87. For prøvene tatt 28.1. har man fått en økning av mengden oppløst kalsium etter fjerde sirkulasjon, som skyldes økningen i  $\text{CO}_2$ -tilsetningen. Når kalsium ikke avtar etter sjettede sirkulasjon, da  $\text{CO}_2$ -tilsetningen ble stanset, skyldes det at  $\text{CO}_2$  reagerer langsomt med vannet.

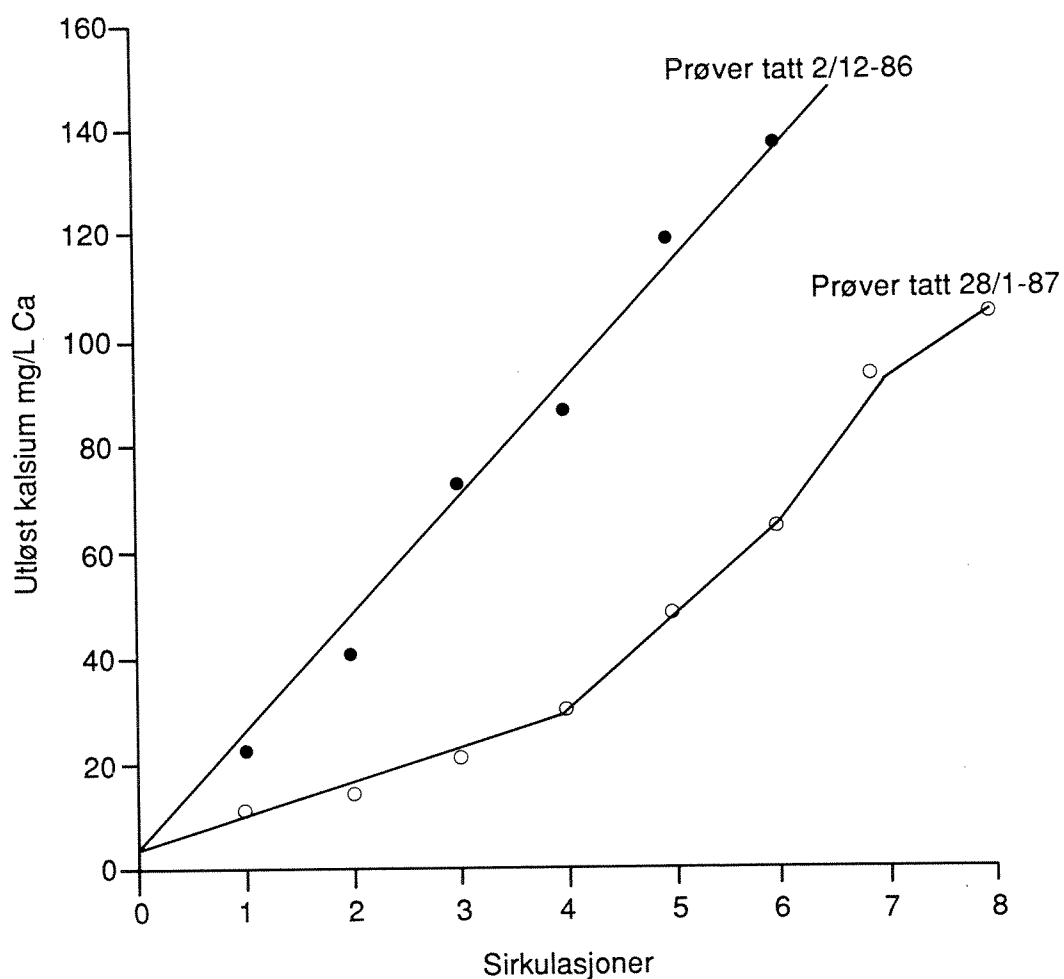
Vi skal se nærmere på teorien for oppløsning av kalsiumkarbonat i aggressivt vann og tar for oss Tillmans' likevektskurve på figur 5. Etter fire sirkuleringer gjennom marmormassen (tabell s. 8) har vannet et kalsiuminnhold på 86 mg/l, og pH-verdien ble målt til 6,2. Av analysedata kan vannet avmerkes med punkt M på figur. Vannet inneholder 300 mg/L fri  $\text{CO}_2$  og er meget aggressivt. Vann i likevekt med dette kalsiuminnhold skal bare inneholde 20 mg/L fri  $\text{CO}_2$  og ha pH = 7,47 (punkt  $M_1$ ). Stenges nå  $\text{CO}_2$ -tilsetningen av etter fire sirkuleringer, vil innholdet av fri  $\text{CO}_2$  avta og mer marmor gå i løsning etter likningen:





Figur 3. Kalsiumutløsning som funksjon av CO<sub>2</sub>-trykket.

	Trykk i kg/cm <sup>2</sup>
Sirkulasjonsmengde:	10 L/minutt
Rotameterinnstilling:	50 %

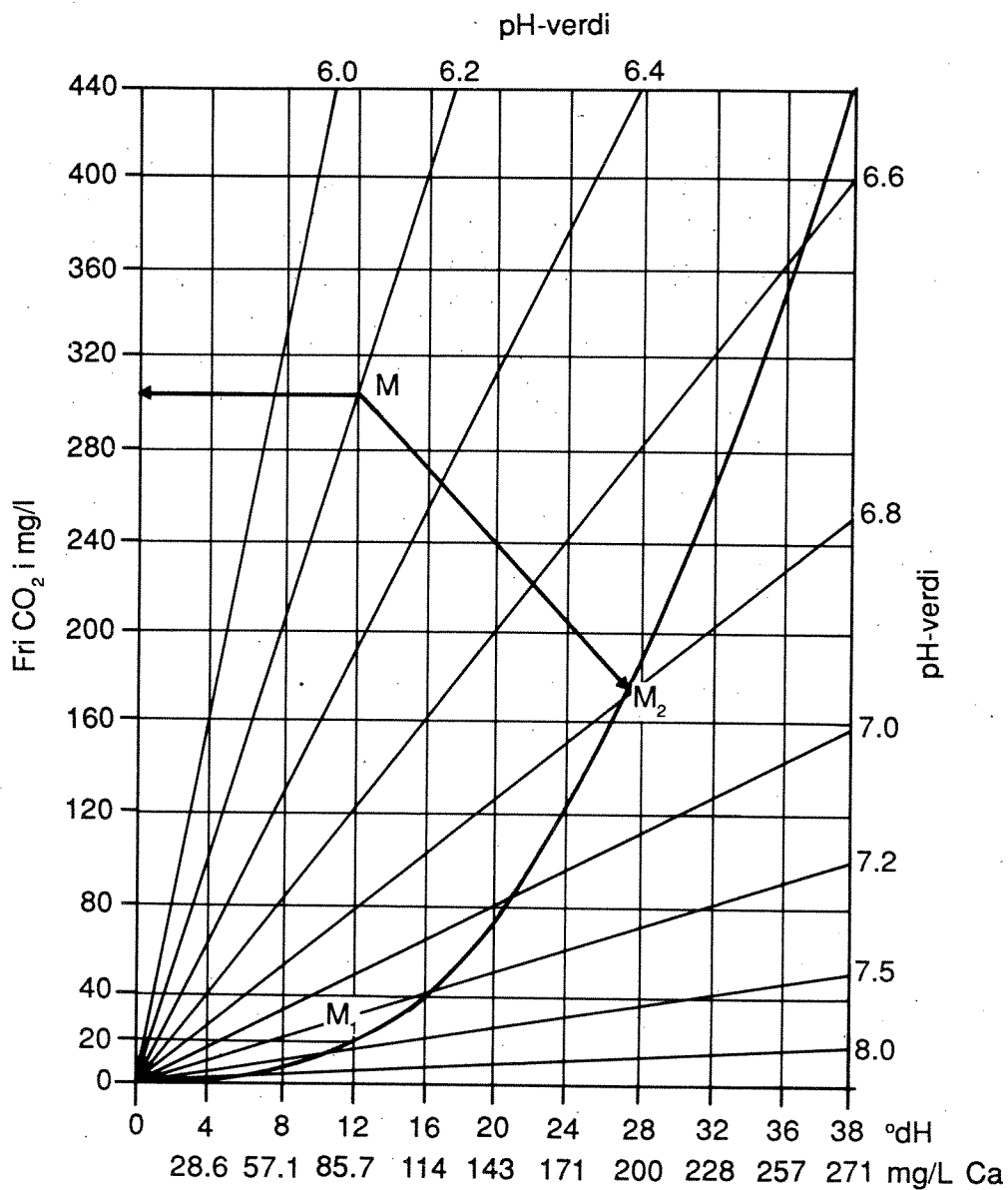


Figur 4. Utløst mengde kalsium som funksjon av antall sirkulasjoner.

#### Antall sirkuleringer

Prøver tatt 2/12-86  
 Vannmengde: 10 L/minutt  
 Trykk: 2,4 og 2,8 kg/cm<sup>2</sup>  
 Rotameterinnst. 50 %

Prøver tatt 28/1-87  
 Vannmengde: 10 L/minutt  
 Trykk: 0,5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Rotameterinnst. 50 %, 100 %  
 og 0 %.



Figur 5. Tillmans' kurve angir likevektsforholdene for kalsiumkarbonat i vann angitt i mengden fri CO<sub>2</sub> som funksjon av mengden bundet CO<sub>2</sub>. Vann som kan plasseres over kurven er aggressivt, på kurven i likevekt og under kurven kalkutfellende. Forøvrig se tekst.

Vannkvaliteten vil endres langs en rett linje mot punkt  $M_2$  på likevektskurven til et kalsiuminnhold på 190 mg/L og pH = 6,8. Hvor mye  $CO_2$  som totalt er tilsatt vannet, finner man ved å forlenge linjen mellom  $M_2$  og M mot Y-aksen. Det samme tallet kommer man frem til ved å dividere mengde tilsatt  $CO_2$  etter figur 1 med vannvolumet i anlegget.

Med tanke på at det vannet som behandles eventuelt skal ledes inn på hovedstrømmen i vannforsyningsnettet igjen, er det viktig at pH-verdien på vannet gjennom anlegget holdes i området 7,5 - 8,5. Dette kan tilpasses ved oppbygging og under drift av de ulike anleggstypene.

### 3.2 Konklusjon

I bløtt overflatevann er  $CO_2$ -innholdet så lavt at reaksjonen stanser opp når 10 og 15 mg kalsiumkarbonat pr. liter vann har gått i løsning. Vannets pH-verdi ligger da rundt 9. Tilsettes vannet  $CO_2$  øker aggressiviteten og mer kalsiumkarbonat går i løsning. For å oppnå vann med samme innhold av kalsium og hydrogen-karbonat trengs bare halvparten av den mengde  $CO_2$  som skal til ved behandling med hydratkalk og  $CO_2$ , idet  $CO_2$  bundet i form av karbonat også utnyttes.

## 4. ØVREBØ FISKEOPPDRETT

Vannkildene til fiskeoppdrett er de samme som til vannforsyninger ellers. Selv om det lever fisk i innsjøen vannet tas fra, blir forholdene i oppdrettsanlegget annerledes. Det drives intensivt, dvs. at fisken har liten plass i forhold til tilmålte vannmengder.

Det stilles store krav til kvaliteten på vannet som går til et oppdrettsanlegg.

Både årstidsvariasjoner og klimaendringer fra år til år kan gjøre at vannkvaliteten plutselig forandres. Dette gjør at det oppstår situasjoner hvor fiskedød kan bli et resultat. Videre kan den fisken som overlever ha fått immunforsvaret svekket for senere påvirkninger i sitt miljø.

I anledning av et plutselig fall i pH-verdi og begynnende fiskedød ble det i februar 1987 montert et kombinasjonsanlegg bestående av MAP-COMBI/MINI og -/MIDI ved Øvrebø fiskeoppdrett, Bokn. Anlegget var basert på delstrømprinsippet.



Anlegget består av 2 linjer, hvor en linje behandler vann til et inneanlegg (klekkeri) og en linje til et uteanlegg (smoltanlegg).

#### 4.1 Drift klekkeri

Anlegget består av 2 stk. MAP-COMBI/MINI som er koblet i serie. Knust marmor med kornstørrelse 2-8 mm er benyttet og anlegget inneholder 450 kg.

Vannforbruket til klekkeriet var i første periode 120 l/min., hvorav en delstrøm på 50 l/min. ble behandlet.

pH-verdi for ubehandlet vann lå i testperioden (mars 1987) på 5,7, og konduktivitet ved 25 °C ble målt til 8,5 m S/m. De tilsvarende verdier for delstrømmen fra anlegget ble målt til: pH-verdi = 6.6 og konduktivitet ved 25 °C = 9.6 mS/m.

De to delstrømmene ble blandet i luften og de tilsvarende verdier for blandevannet ble målt til: pH-verdi = 6.25 og konduktivitet ved 25 °C = 9.05 mS/m.

#### 4.2 Drift smoltanlegg

Anlegget består av 3 stk. MAP-COMBI/MINI som er koblet i serie med 1 stk. MAP-COMBI/MIDI. Hele anlegget ble fylt opp med knust marmor av kornstørrelse 3-8 mm. Totalt medgikk 5000 kg.

Vannforbruket til anlegget (hovedstrøm) var ikke påmontert vannmåler.

Delstrøm gjennom anlegg	MAP-COMBI/MINI	60 l/min. (a)
"	"	"
"	MAP-COMBI/MIDI	330 "
Samlet delstrøm		<u>= 380 l/min. (b)</u>

Råvannet til smoltanlegget hadde samme pH-verdi og konduktivitet som råvannet til klekkeriet. For delstrøm a ble følgende verdier målt: pH-verdi = 8,4 og konduktivitet ved 25 °C = 11,3 mS/m, og delstrøm b: pH-verdi = 8,4 og konduktivitet = 11,3 mS/m.

Etter innblanding av de to delstrømmene med hovedstømmen til karene ble følgende verdier målt:

pH-verdi = 6,1 og konduktivitet = 9,3 mS/m.

Under testperioden ble anleggene tilbakespylt og det ble observert at større slammengder ble spylt ut.

Prøve av slammet ble tatt 27.3.1987 og analysen viste følgende resultat:

Glødetap (organisk stoff)	16,4 %
Uløst i syre	29,5 %

Funnet i syre:

Jern, $\text{Fe}_2\text{O}_2$	1,8 %
Aluminium, $\text{Al}_2\text{O}_3$	4,4 %
Mangan, $\text{MnO}_2$	0,14 %

Mer om analyseresultater - se notat vedlegg 1.

#### 4.3 Diskusjon av resultatene

Etter installasjon av anleggene og justering av vannkvaliteten avtok dødeligheten. Årsyngelen i klekkeriet ble betegnet som frisk. Blant den større fisk (smolten) i utekarene var det i en overgangsperiode en viss dødelighet. Det ble antatt at fisken døde på grunn av gjelleskader, som kan skyldes utfelling av metallhydroksider.

Alkaliteten i vannet kunne ha blitt høyere ved dosering av  $\text{CO}_2$ , men skepsis fra oppdretternes side gjorde at slik dosering ikke ble gjennomført.

Analyseresultater av slam viser at alkaliseringsanlegget også vil kunne få betydning med tanke på alkalisering og rensing av vann til andre formål. Dette gjelder så vel til kommunale/private vannverk som til fiskeoppdrett eller annen industri.

Analyseresultatet av slamprøven viser at humusstoffer og metalloksider er blitt holdt tilbake. Særlig gjelder det aluminium som ble tilført vannet under den inntrufne forsuringsperioden.

#### 4.4 Konklusjon

I et oppdrettsanlegg er det under klekkingen og like etter, at fisken er mest ømfindtlig overfor variasjoner i vannkvalitet. Av tilgjengelige behandlingsanlegg synes filtrering gjennom finknust marmor å være interessant.

Det er viktig at vannet er stabilt både med hensyn til kjemiske reaksjonprosesser og utfelling av kolloidale partikler.

Ved lufting av vann er oksidasjonshastigheten for jern pH-avhengig. I kontakt med basisk filtermasse øker vannets pH-verdi og oksidasjonen skjer hurtigere.

Under luftingen drives karbondioksid ut av vannet og pH-verdien stiger. Dersom vannet er kalkholdig, kan det etter luftingen bli overmettet med hensyn på kalsiumkarbonat og dermed farlig for fisk. Ved filtrering gjennom finknust marmor vil utfellingen skje i filteret og det filtrerte vannet er stabilt.

## 5. MARAMYR-PROSJEKTET

Ett av Karmøy kommunes vannverk tar vann fra Aureidvann. Råvannet er svakt surt, humusholdig og meget mineralfattig.

Vannet tas fra 9 meters dyp i innsjøen og vannet blir silt og klorert og vannverket leverer 220 m<sup>3</sup> pr. time. Hovedledningsnettets består av grått støpejern uten innvendig korrosjonsbeskyttelse. På grunn av brunt slam (rust) i drikkevannet ble deler av hovedledningsnettets behandlet med "Poly-Pig" høsten 1986. Etter behandlingen ble ren jernoverflate eksponert direkte til det korrosive vannet. Resultatet ble at vannet ble tilført mer rust enn før behandling, og de tilsvarende bruksulemper for konsumentene ble større.

For om mulig å redusere problemene ble det gjort forsøk med behandling av vann på en sidegren av hovedledningen. Anlegget for vannbehandling ble montert på Maramyr. Vannet for behandling ble tatt ut fra en 6" støpejernsledning, behandlet og ført inn på samme ledning i en lengde av 1041 m. Ledningen fører vann til 47 husstander med ialt 150 personer og Sevland skole hvor det er 149 elever og 15 ansatte.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Karmøy kommune og går ut på å behandle vannet slik at utløst jern bindes i form av jernkarbonat på røroverflaten som skal hindre fortsatt utløsning og tilføring av jern til drikkevannet.

Prinsippet for behandlingen er at vannet tilsatt karbondioksid (CO<sub>2</sub>) ledes gjennom en filtermasse av finknust marmor. I kontakt med massen vil det CO<sub>2</sub>-holdige vannet løse opp marmor slik at vannets innhold av kalsium, karbonat/hydrogenkarbonat og dermed også alkalitet øker. I tillegg til at vannet blir karboantisert av massen vil massen også ha en filtrerende virkning på vannet.

### 5.1 Anlegget

Anlegget er bygget opp av fire beholdere, to store og to små. De to store rommer 500 l, har en høyde på 1 m og en filterflate på 0.5 m<sup>2</sup>. Av de små rommer den ene 140 l og har en høyde på 60 cm og den andre rommer 70 l og har en høyde på 30 cm. Begge har en filterflate på 0.2 m<sup>2</sup>, og montert sammen en rørflens med diameter 16 mm. En arrangementtegning av anlegget er vist på figur. Alle beholderne er fylt med finknust marmor av kornstørrelse 1-3 mm.

Vannet tilsettes CO<sub>2</sub> og ledes inn gjennom bunnen av de minste beholderne og ut av toppen og deretter inn gjennom bunnen og ut fra toppen

på hver av de store beholderne fra den ene til den andre. Vannet har da passert 2.9 m marmormasse for det føres inn på ledningen.

### 5.1.1 Anleggets drift

Anlegget ble satt i drift den 27. januar 1988. Den 20. juni 1988 ble anlegget kontrollert. Fra start hadde det da passert 13 850 m<sup>3</sup> vann. Det er en gjennomstrømming på 79 m<sup>3</sup> pr. døgn eller 3.3 m<sup>3</sup>/time og tilsvarende en midlere filterhastighet gjennom de store beholderne på 6.6 cm/time og 16.5 m/time gjennom de små. Mengden marmor påfylt ved start og etterfylt ved kontrollen utgjorde 1 450 kg. Man hadde hatt problemer med CO<sub>2</sub>-tilsetningen og forbruket med lekkasjer og rest-mengde på returflaskene var 260 kg.

Etter kontrollen ble anlegget startet opp igjen, men nå med bedre kontroll med CO<sub>2</sub>-tilsetningen og vannføringen gjennom anlegget.

Prosjektet ble avsluttet 27. januar 1989 og behandlingsanlegget hadde da vært i drift i nøyaktig ett år. I hele driftstiden har det passert 27 072 m<sup>3</sup> vann og forbruket av marmor er anslått til 1 240 kg. Forbruket av CO<sub>2</sub> er vanskeligere å angi nøyaktig, men når det trekkes fra for lekkasje og rest-CO<sub>2</sub> i returnerte flasker, anslås forbruket å ligge mellom 520 og 540 kg.

Antas at den forbrukte marmoren er helt ren, tilsvarer den 496 kg kalsium og 545,6 kg CO<sub>2</sub>. Det betyr at kalsiuminnholdet i vannet som har passert anlegget, er øket med 18,3 mg/L Ca. Fra marmoren er vannets CO<sub>2</sub>-innhold øket med 20.1 mg/L CO<sub>2</sub>. I tillegg er altså vannet tilsatt mellom 520 og 540 kg CO<sub>2</sub>. Det gir tilskudd til CO<sub>2</sub>-innholdet i vannet på 19.6 mg/L CO<sub>2</sub>. Tilsammen er altså CO<sub>2</sub>-innholdet i vannet øket med 39.7 mg/L.

Innhold av kalsium og CO<sub>2</sub> i ekvivalente mengder gir vannet en pH-verdi på 8.3, og en ekvivalent mengde CO<sub>2</sub> til 18.3 mg/L Ca tilsvarer 40.3 mg/L CO<sub>2</sub>.

I vårt tilfelle har pH-verdien på ferdigbehandlet vann vært noe lavere enn 8.3. Det betyr at beregnet kalsiumtilsetning er noe høyt, men tatt i betraktning at marmoren ikke er 100 % ren og at noe marmor går tapt under tilbakespylingene og videre usikkerheter med hensyn til CO<sub>2</sub>-tilsetningen, stemmer vårt regnestykke meget godt.

## 5.2 Prøvetaking og analyse

Under oppstartingen av Maramyranlegget 27.1.88 ble det tatt prøve for analyse av vannet fra hovedledningen. Resultatene fremgår av tabellen nedenfor:

pH-verdi		6.37
Konduktivitet, 25° C	mS/m	7.79
Farge	mg/L Pt	28
Turbiditet	FTU	0.6
Alkalitet	mmol/L	0.081
Klorid	mg/L Cl	13.6
Sulfat	mg/L SO <sub>4</sub>	6.2
Kalsium	mg/L Ca	2.36
Magnesium	mg/L mg	1.14
Natrium	mg/L Na	8.9
Kalium	mg/L K	0.47
Jern	mg/L Fe	0.08

Som det fremgår av analysedataene er vannet svakt surt og mineralfattig.

Etter endel innkjøring av anlegget ble det tatt ut vannprøver som er analysert ved Haugaland Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll med følgende resultat:

Dato	16/2		02/3	23/3	05/4	
	inn	ut	ut	ut	ut	
pH-verdi		7.09	7.55	7.31	7.4	
Kond., 25° C	mS/m	8.48	12.60	19.13	20.9	15.7
Fargetall	mg/L Pt			15	35	
Turbiditet	FTU	0.7	0.7	0.7		
Alkalitet	mmol/L	0.08	0.631		1.698	1.88
Hårdhet	°dH	0.65	2.10	3.45	4.60	4.60
Kalsium	mmol/L	0.06	0.39	0.63	0.83	0.83
Utløst kalsium	mg/L Ca		13.1	22.8	31.0	31.0

Fra 12. oktober 1988 ble det vannprøver fra anlegget en gang pr. uke, og prøvene ble analysert ved Haugaland Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll. Prøvene ble tatt på følgende steder:

1. Ut fra Aureidvann (råvann)
2. Før behandlingsanlegg
3. Etter behandlingsanlegg

4, 4a, 4b og 5 Hos abonnent.

Resultatene fins i vedlegg 2.

Den 5. mai 1988 analyserte Næringsmiddelkontrollen oksygeninnholdet i vannprøver fra anlegget med følgende resultat:

	mg/L O <sub>2</sub>	% metning 7 °C
Før anlegg	11.31	93
Etter anlegg	11.10	92
Endeledning	10.70	88
Hos abonnent	7.70	63

### 5.3 Diskusjon av resultatene

Resultatene av vannanalysen før og etter behandlingsanlegget viste klart at kalsiuminnholdet og alkaliteten har økt ved passasje gjennom anlegget. Analysen viser at kalsiuminnholdet i innløpsvannet til anlegget var lavere i begynnelsen av forsøksperioden enn i slutten. Dette forhold i tillegg til at det ikke er tatt prøver for analyse til forskjellige tider av døgnet under hele perioden gjør det vanskelig å angi noen nøyaktig middelværdi for vannet kvalitetsendring gjennom anlegget. Ved gjennomgang av alle utførte analyser kan følgende gjennomsnittsverdier angis i nedenforstående tabell hvor resultatene er sammenliknet med SIFF's anbefalte norm for godt drikkevann.

Parameter	SIFF's norm	Middelværdier i prøveperioden	
		før behandling	etter behandling
pH-verdi	7.5 - 8.5	5.8	7.5
Alkalitet mmol/L	0.6 - 1.0	0.09	0.9
Kalsium mg/L Ca	15 - 25	4.5	22

Av tabellen fremgår at etter behandlingen tilfredstiller vannet SIFF's norm til godt drikkevann, men normen tar ikke hensyn til karbonatlikevekten i vannet.

Analysen av oksygeninnhold viser at vannet til og fra anlegget er nær mettet med oksygen. Prøvene fra endeledning og abonnent har lavere

oksygeninnhold. Korrosjonsprosesser på ledningsnettene vil redusere oksygeninnholdet i vannet.

Marmormassen som vannet passerer virker som filter for fjerning av partikler fra vannet. Overflatebelastningen på hvert enkelt marmorkorn gjør massen spesielt egnet til å holde tilbake hydroksider f.eks. av jern og aluminium. For at oppsamlet stoff i massen ikke skal rives løs av vannstrømmen å forurensede behandlet vann, må vannhastigheten gjennom massen ikke være for høy. Den midlere vannhastighet gjennom massen i de store beholderne er beregnet til 6.6 m/time og 16.5 m/time gjennom de små. Resultatene av turbiditetsanalysen viser liten reduksjon gjennom anlegget. Det betyr at vannhastigheten gjennom filtermassen til tider må ha vært for høy.

I tiden 18. til 20. oktober 1988 og den 31. januar 1989 ble det monert instrument for kontinuerlig måling av vannføringen gjennom anlegget. Skrivearket for instrumentet viste variasjoner i vannføringen over døgnet fra 0 til 140 liter pr. minutt. En vannføring på 140 liter pr. minutt tilsvarer en hastighet gjennom marmormassen på 16.8 m pr. time. Den høye vannhastigheten er forklaringen på den høye turbiditeten på behandlet vann, og er også forklaringen på det til dels høye jern- og aluminiumsinnholdet i vannet ut av anlegget.

#### 5.4 Finknust marmor som filtermedium

Marmormassene vil i tillegg til at den avgir kalsium og karbonat til vannet, også virke som et filter. For partikler større enn mellomrommet mellom kornene i massen virker filteret som en sil, men denne virkningen har i virkelighet meget liten betydning for rensing av vannet. Den vesentligste rensmekanismen er en absorpsjon av partikler i vannet til marmorkornene. Når marmorkornene angripes av aggressivt vann, får kornene en negativ ladning og tiltrekker seg dermed partikler i vannet med positiv ladning, og det gjelder metallhydroksider av f.eks. jern, aluminium og mangan.

I tiden fra 23. februar til 5. april 1988 vannstrømmen gjennom anlegget justert til omkring 45 liter pr. minutt. Det er 2.7 m<sup>3</sup>/time og tilsvarer en filterhastighet gjennom de små og de store beholderne på henholdsvis 13.5 og 5.4 m pr. time.

Den 5. april ble anlegget stoppet og tilbakespylt med høy vannhastighet gjennom anlegget for å undersøke hvilke beholdere slammet hadde samlet seg.



I den første av de store beholderne hadde det samlet seg et mørkebrunt slam som ble fjernet etter ca. 20 minutters tilbakespyling med det varmtrykket man har på nettet. Prøve for analyse av slammet ble tatt etter ca. 4 minutters spyling. I den andre av de store beholderne var det meget lite slam i vannet under tilbakespylingen.

Analyseresultatene av det slamholdige vann fremgår av tabellen.

Organisk stoff	mg/L C	148.3
Jern	mg/L Fe	81.5
Aluminium	mg/L Al	9.6
Mangan	mg/L Mn	3.4

Resultatene viser at betydelige stoffmengder blir holdt tilbake i marmorfilteret. Hovedinnholdet i slammet er humus og jern.

Det var meningen at man under prosjektet også skulle finne høyeste filterhastighet for fjerning av kolloidalt oppløste stoffer fra vannet. Da det viste seg at variasjonene i vannforbruket på ledningen var stor og at det ville medføre praktiske problemer med å pålegge forbrukerne restriksjoner med hensyn til vannforbruk, lot dette seg ikke gjøre.

En vurdering av marmormassens filtereffekt er gjort av Haugaland offentlige kjøtt- og næringsmiddelkontroll ved avd.vet. Jarl Inge Alne og vurderingen er gjengitt i vedlegg 3.

### 5.5 Beregning av karbonatlikevekt

Det er flere måter å beregne karbonatlikevekten på. Årsaken til det er at det er hele fire størrelser som kan variere i tillegg til vannets totale ioneinnhold. Den mest eksakte beregningsmåte er utarbeidet av franskmennene L. Legrand og G. Poirier. Det vil føre for langt å gå til bunns i teorien, men bare ta hvilke grunnlagsdata som er nødvendig og at denne del av vannkjemien er vel fundamentert.

Beregningene kan gjøres når de viktigste analyseparametre for vannet er kjent. Det skilles da mellom de fundamentale ioner som:  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $HCO_3^-$  og  $OH^-$  og de karakteriserende ioner som utgjør alle de øvrige ioner i vannet.

Av de karakteriserende ioner gis alle med negativ ladning ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$ ) betegnelsen N og alle med positiv ladning ( $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) betegnelsen P. Halve differansen mellom negative og positive ioner gis betegnelsen

$\lambda$  (Lambda)

$$\lambda = \frac{N - P}{2}$$

For hver gitt kalsiumkonsentrasjon, beregnes de andre verdiene som pH-verdi og konsentrasjoner av karbonat, hydrogenkarbonat og fri karbondioksid. Likevektskonstanten for karbonsyrens dissosiasjon og kalsiumkarbonats løselighetsprodukt må være kjent for den aktuelle temperatur og korrigert for vannets ionestyrke. Resultatene som oppnås, kan plottes inn i et diagram med det totale karbondioksid-innhold ( $\text{CO}_2$ -total), som funksjon av kalsiuminnholdet. Lambda-verdien angir beliggenheten i forhold til origo av den kurven som fremkommer. Høy negativ verdi for  $\lambda$  betyr at vannet har høyt hydrogenkarbonatinnhold i forhold til innhold av kalsium (høy temporærhardhet). Høy positiv verdi for  $\lambda$  betyr at kalsium foreligger i form av klorid eller sulfat (høy permanent hardhet). For bløtt overflatevann, er  $\lambda$ -verdien meget nær lik null.

Analysedata for Aurlivann gir følgende  $\lambda$ -verdi:

Kationer	mg/L	mekv/L	Anioner	mg/L	mekv/L
Mg <sup>++</sup>	1.14	0.094	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	6.2	0.129
Na <sup>+</sup>	8.9	0.387	Cl <sup>-</sup>	13.6	0.384
K <sup>+</sup>	0.47	0.012			
Total		0.493			0.513

$$N = 0.513$$

$$P = 0.493$$

$$\lambda = \frac{N - P}{2} = 0.01$$

På figuren er likevektsskurven for vann fra Aurlivann tegnet opp. Konsentrasjonene er angitt i millimol pr. liter. For karbondioksyd er en millimol lik 44 mg  $\text{CO}_2$ , og for kalsium er en millimol lik 40 mg Ca. Vann som har et kalsium- og karbondioksydinnhold slik at det faller på kurven, er i karbonatlikevekt, til venstre eller under kurven er aggressivt, til høyre eller over kurven er kalkutfellende. Noen likevekts-pH-verdier er inntegnet på kurven.

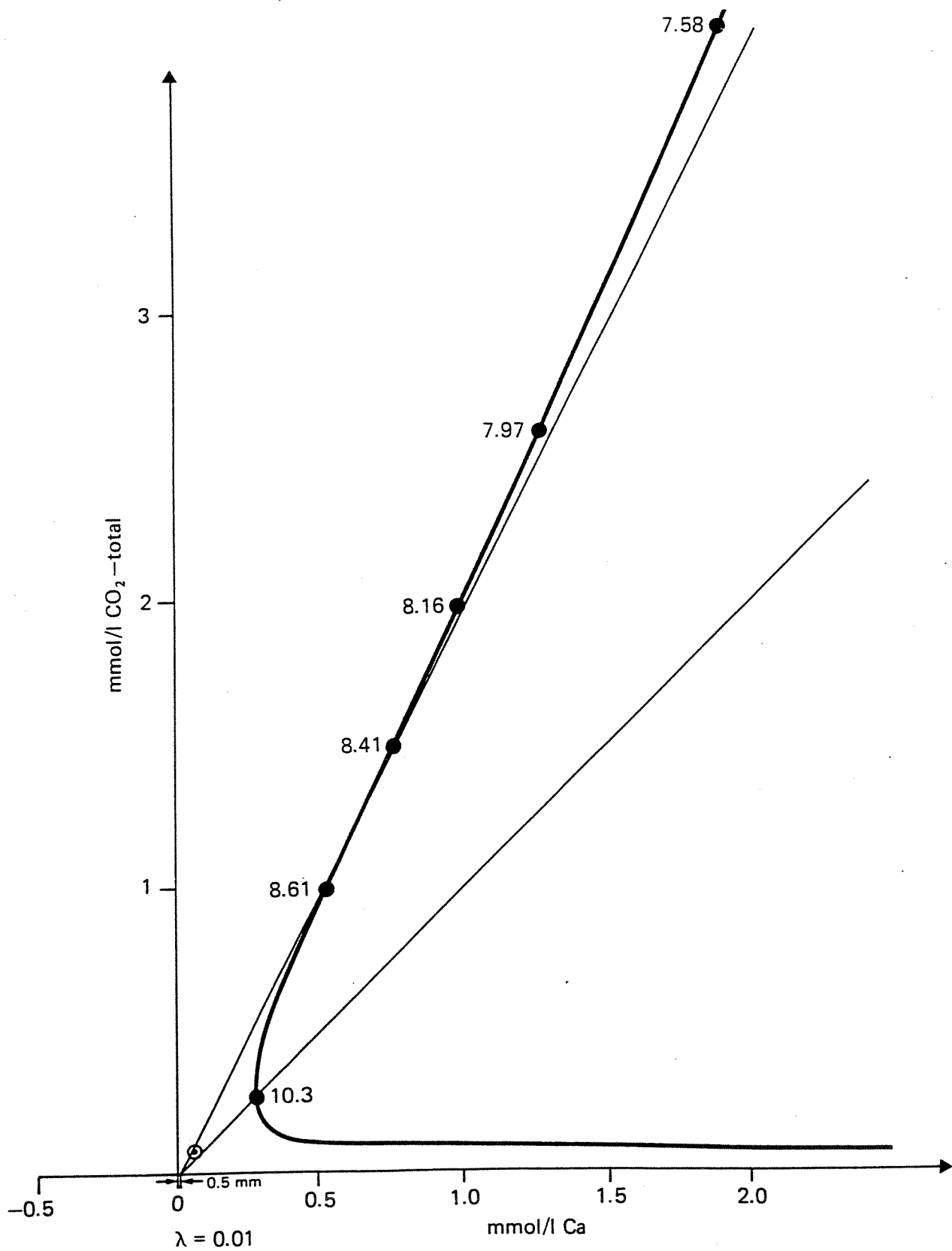
For vann med lavt innhold av oppløste mineralstoffer, har de karakteriserende ioner i vannet liten innflytelse på kurveforløpet. Den beregnede  $\lambda$ -verdier forskyver likevektsskurven til høyre. Linjen som danner  $45^\circ$  med x-aksen, og svarer til at det totale  $\text{CO}_2$ -innhold foreligger i form av karbonat ( $\text{CO}_3^{--}$ ), og linjen som danner  $60^\circ$  med x-aksen, og svarer til at det totale  $\text{CO}_2$ -innhold foreligger i form av hydrogenkarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) krysser hverandre til høyre for origo. Her er  $\lambda = 0.01$  og  $0.5 \text{ mm}$  til høyre for origo. Det dreier seg altså om en liten forskyvning.

På grunnlag av analyseresultatene fra tabellen er vannet fra Aureidvann avmerket på figur 1, med en prikk. Prikken er til venstre for likevektsskurven og betyr at vannet er aggressivt.

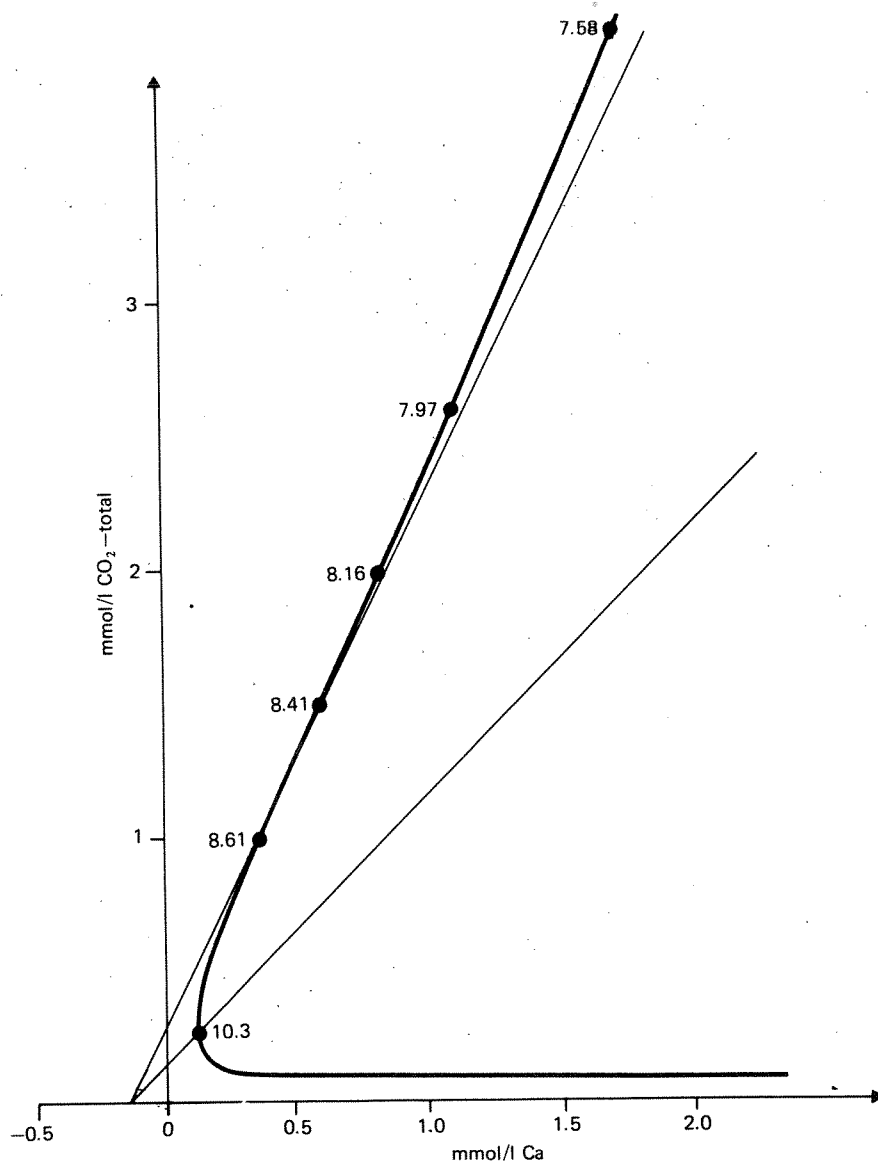
Likevektsskonsentrasjon for kalsium og totalt  $\text{CO}_2$ -innhold er beregnet. Ved beregningen har man gått ut fra gitte kalsiuminnhold og funnet hvilket totalt  $\text{CO}_2$ -innhold må vannet da ha og hvilket pH-verdi får vannet.

Av likevektsskurven på figur 6 fremgår hvilken sammenheng det er mellom vannets innhold av kalsium og totalt oppløst karbondioksid (bundet og fritt) ved karbonatlikevekt. Selv om vannet ikke behandles helt til karbonatlikevekt, vil enhver tilsetning mot likevekt bidra til å redusere korrosjon på ledningsnett og de bruksulemper det medfører. Tyske undersøkelser har vist at minimum ulemper med stål og støpejern har man når vannets alkalitet er større enn  $1.5 \text{ mmol/L}$  og pH-verdien lavere enn 8.5. Svenske undersøkelser har vist at en spesiell form for groptæring på kobberør i kaldt vann unngås ved en alkalitet på  $1.1 \text{ mmol/L}$  ( $50 \text{ mg/L CO}_2$ -total) og pH-verdi mellom 8.0 og 8.5.

Karbonatlikevekt ved lavere kalsiuminnhold oppnås ved å tilsette overskudd av  $\text{CO}_2$  og etternøytralisere  $\text{CO}_2$ -overskuddet med lut ( $\text{NaOH}$ ). På figur 7 er likevektsskurven framstilt for  $\text{CO}_2$ -overskudd på omkring  $20 \text{ mg/L CO}_2$ . ( $55 \text{ mg/L CO}_2$ -total og  $20 \text{ mg/L Ca}$ ).



Figur 6. Likevektskurve for Aureidvann. Se tekst.



Figur 7. Likevektskurve for vann med  $\lambda = -0,25$ . Se tekst.

## 5.6 Korrosjon på stål

Årsaken til at prosjektet ble satt i gang var rustholdig drikkevann på grunn av korrosjon på en støpejernsledning etter behandling med "Poly-Pig". Det ble tatt ut en prøve av ledningen for undersøkelse som viste at den indre røroverflate var punktvis angrepet av korrosjon. Av korrosjonsproduktene ble noe avsatt som rustknoller over angrepsstedet og noe avgitt til vannet.

Etter undersøkelsen ble samme prøvebit satt inn i røret og tatt ut igjen etter vannbehandlingen. Knollene hadde da brutt sammen. En test med syre viste at det var dannet jernkarbonat på røroverflaten. På vedlegg 4 er vist fargebilder av røroverflaten før og etter vannbehandlingen.

## 5.7 Konklusjon

Forsøket har vist at når aggressivt vann ledes gjennom et filter med masse av finknust marmor, løser vannet opp en del av massen. Vannet ble gjort kunstig aggressivt ved tilsetning av karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ). Ved å regulere  $\text{CO}_2$ -tilsetningen og vannhastigheten gjennom filteret kan man velge hvilken pH-verdi, alkalitet og kalsiumkonsentrasjon det filtrerte vannet skal ha.

Metoden er enkel og passer for vannverk som vil tilfredsstille helsemyndighetenes kvalitetsnormer for godt drikkevann med hensyn til kontroll av korrosjon på ledningsnettet.

Den enkle korrosjonstesten som ble utført viste at ved å øke vannets alkalitet dannes jernkarbonat på støpejernrørets indre overflate. Det er viktig for å hindre korrosjon og utløsning av jern fra rørmaterialet.

## **VEDLEGG 1**

NOTAT

**Erfaring med vannbehandling gjennom finknust marmor  
for vann til anlegg for fiskeoppdrett**

---

Forsøksanlegget som ble brukt til karbonatisering av drikkevann under fase 1 og er beskrevet i Fremdriftsrapport nr. 1 av 24.4.87, ble demontert og overført til Øvrebø Fiskeoppdrett, 4290 Førresvik. Oppdrettsanlegget består av et innendørs klekkeanlegg og et utendørs smoltanlegg. Vannkilden er to innsjøer, Gunnestadvann og Kobbervann, hvorav Gunnestadvannet er det største og kan levere vann nok til begge anleggene, mens Kobbervann bare har kapasitet til klekkeanlegget. Ingen av vannene har vært gjenstand for limnologisk undersøkelse som kan avsløre om vannmassene er termisk lagdelt sommer eller vinter, og eventuelt anaerobe forhold i bunnlagene.

Utvikling av anaerobe forhold i vannmassene eller bunnsedimentene er, foruten næringssalter, også avhengig av tilgang på organisk materiale. Det foreligger ikke analyser av permanganat-tall, som er mål for organisk stoff tilgjengelig for mikroorganismer, eller innhold av organisk stoff totalt.

Vannet for begge kildene er surt, og fiskedød i begge anleggene har forekommet. pH-verdien i vannet heves ved kontakt med finknust marmor. Vannbehandlingsanlegget skal derfor først og fremst brukes til å heve pH-verdien på vannet til oppdrettsanleggene.

Klekke-anlegget

Vannforbruket er omkring 115 L/min, og vannet blir luftet og temperaturjustert før det ledes inn på anlegget. Til anlegget blir en del av vannet ledet gjennom finknust marmor. Behandlingsanlegget består av to beholdere, en på 170 L og en på 70 L, montert over hverandre og fylt med finknust marmor av kornstørrelse 3-8 mm. Det totale volum filtermasse er på 240 L med vekt 280 kg. Tettheten for marmor er  $2,73 \text{ kg/dm}^3$  slik at filtermassen fortrenger 130 L vann. En delstrøm på ca. 50 L er tatt ut før lufting og temperaturjustering og ledet gjennom marmormassen. Vannets reelle kontakttid med massen er 2,27 minutter.



Virkningen av vannbehandlingen har vært fulgt opp med analyser på stedet med følgende resultat:

Dato	Vannprøve	pH-verdi	Konduktivitet mS/m	Merknad
18.3.87	Råvann	5,7	8,5	
	etter behandling	6,4	9,6	
	fra lufter	6,15		
19.3.87	Råvann	5,8	8,9	
	etter behandling	6,5	9,7	
	fra lufter	6,2		
24.3.87	Råvann	5,7	8,6	
	etter behandling	6,6	9,8	
	fra lufter	6,25	9,0	
26.3.87	Råvann	5,7	8,5	
	etter behandling	6,4	9,6	
	fra lufter	6,2	9,05	
27.3.87	Råvann	5,75	8,9	
	etter behandling	6,6	9,65	
	fra lufter	6,35	9,4	
31.3.87	Etter behandling	6,7	9,55	
	fra lufter	6,3	9,15	
1.4.87	Etter behandling	6,4	9,7	
	fra lufter	6,2	9,6	
13.4.87	Råvann	6,1	8,7	vannføring 120 L/min
	etter behandling	7,95		
	fra lufter	6,5		
23.4.87	Råvann	6,2	8,2	
	fra lufter	6,75	8,95	
	Råvann, Kobbervann	5,9	8,45	
	fra lufter	6,6	8,70	påfylt 100 kg marmor

#### Diskusjon av resultatene

Når aggressivt vann har kontakt med marmor, går en del i løsning, og vannets pH-verdi stiger, og samtidig øker vannets konduktivitet. Økingen i vannets konduktivitet etter kontakt med finknust marmor kan tas som et direkte mål for hvor mye av marmormassen som går i løsning. For hvert g pr. m<sup>3</sup> av marmoret som løser seg, stiger vannets konduktivitet med 0,191 mS/m. Konduktiviteten har i dette tilfellet steget med i middel 1,0 mS/m.

Det betyr at 5,2 g marmor ( $\text{CaCO}_3$ ) løses pr.  $\text{m}^3$  vann. Når 50 L vann passerer vannbehandlingsanlegget pr. minutt, løses det daglig omkring 375 g marmor.

Det behandlede vannet blandes med resten av vannet som temperaturjusteres og luftes før det ledes inn til klekkeriet.

#### Smolt-anlegget

Vannforbruket er omkring  $3 \text{ m}^3/\text{min}$ , og vannforsyningen er den samme som til klekke-anlegget, men dette vannet tilsettes sjøvann for å heve pH-verdien. Sjøvannet blir pumpet opp fra vik nedenfor settefiskanlegget, og vanninntaket ligger i overflaten. Inntaket skal føres ut på dypere vann. Når dette arbeidet skal utføres, må det etableres andre tiltak for å heve pH-verdien.

Vannforbruket til dette anlegget er betydelig større enn til klekke-anlegget, og skal man få noen målbar virkning av vannbehandlingen, trengs betydelig større mengder marmormasse enn til vannbehandlingen for klekke-anlegget. Man begynte vannbehandlingen med samme type tanker og med samme vanngjennomstrømning som for behandlingen til klekke-anlegget og økte tankstørrelsen etter hvert.

Virkingen har vært fulgt opp med analyser på stedet med følgende resultat:

Dato	Vannprøve	pH-verdi	Konduktivitet mS/m	Merknad
18.3.87	Råvann	5,7	8,5	
	etter behandling	6,9		300 L marmormasse
	til kar	5,85		
	fra kar	6,2		+ sjøvann
19.3.87	Råvann	5,8	8,9	
	etter behandling	7,7	10,8	300 L masse
	"     "-	7,9	11,4	600 L masse
	til kar	6,0	9,1	
	fra kar	6,45	24,2	~ 2,2 % sjøvann
24.3.87	Råvann	5,7	8,6	
	etter behandling	7,2	12,3	600 L masse
	til kar	5,95	8,9	
	fra kar	6,35	15,25	~ 1,5 % sjøvann
26.3.87	Råvann	5,7	8,5	
	etter behandling	7,0	13,0	
	til kar	5,95	9,3	
	fra kar	6,3	21,0	~ 2 % sjøvann
27.3.87	Råvann	5,75	8,9	
	etter behandling	8,35	11,1	4 m <sup>3</sup> masse
	"     "-	8,5	11,5	600 L masse
	til kar	6,1	9,4	
	fra kar	6,4	21,2	~ 2,1 % sjøvann
31.3.87	Råvann	5,7	8,9	
	etter behandling	8,4	11,3	
	"     "-	8,4	11,3	
	til kar	6,15	9,35	
	fra kar	6,3	19,5	~ 2 % sjøvann
1.4.87	Råvann	5,6	8,75	
	etter behandling	8,6	11,35	200 L/min
	"     "-	8,7	11,35	50 L/min
	til kar	6,15	9,3	
	fra kar	6,4	22	~ 2,1 % sjøvann
2.4.87	Råvann	5,8	9,1	
	etter behandling	8,2	11,4	200 L/min
	"     "-	8,4	11,0	50 L/min
	til kar	6,2	9,3	
	fra kar	6,45		sjøvann
13.4.87	Råvann	6,1	8,7	
	etter behandling	9,1	12	170 L/min
	"     "-	9,2	12	50 L/min
	til kar	6,35	8,75	
23.4.87	Råvann	6,2	8,2	
	etter behandling	8,75	9,75	330 + 50 L/min
	til kar	6,3	8,7	

### Diskusjon av resultatene

Vannbehandlingen begynte med beholdere (tanker) som til sammen rommet 300 L masse og med en vanngjennomstrømning på 50 L pr minutt. Vannet som passerte massen, løste 9,95 g marmor pr. m<sup>3</sup>. Blandet med hele vannmengden (3 m<sup>3</sup>/minutt) til smoltanlegget gav det en økning på bare 0,064 mg/L kalsium. Fra 19.3. ble anlegget økt med 600 L masse. Man fikk da løst 16,2 g marmor pr. m<sup>3</sup>, som, blandet med resten av vannet, gav en kalsiumøkning på 0,108 mg/L Ca. Dette var ennå for lite til å ha noen merkbar innflytelse på vannets pH-verdi. Den 27.3. ble kapasiteten på behandlingsanlegget økt med 4 m<sup>3</sup> masse. Etter blandingen gav det en øking i vannets kalsiuminnhold på 0,452 mg/L Ca. Det gav en øking i vannets pH-verdi fra 5,86 i råvannet til 6,21 i vannet til karene og gjelder middelveiden for de målinger som er gjort.

Det viser seg at marmormassen filtrerer så mye slam fra vannet at den må tilbakespyles daglig. Nå er det bare omkring 10 prosent av vannet som blir filtrert; fra resten av vannet vil det skje utfelling i karene, som kan være uheldig for fisken.

## **VEDLEGG 2**

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

1187/88

Dato 27/10/88

Ref fk

Arkiv

8800167

## PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy tekn. etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 12/10/88:

## PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyr-anlegget, vannprøve fra Maramyr, merket 1.  
jnr:4634/88
- 2 Maramyr-anlegget, vannprøve fra Maramyr, merket 2.  
jnr:4635/88
- 3 Maramyr-anlegget, vannprøve fra Maramyr, merket 3.  
Jnr:4636/88
- 4 Maramyr-anlegget, vannprøve fra Maramyr, merket: 4b  
Jnr:4637/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER			
	1	2	3	4
pH Surhetsgrad	6,50	6,20	7,70	7,59
Konduktivitet mS/m	7,20	8,30	14,89	13,20
Turbiditet F.T.U.	0,75	0,80	1,05	1,95
Alkalitet mmol/l	0,07	0,09	0,80	0,65
Jern µg/l	50,00	100,00	75,00	665,0
Kalsium mg/l	4,80	4,27	19,50	17,8
Hardhet, odH	0,70	0,60	2,70	2,50
Aluminium ug/l	16,30	10,00	10,00	13,80
UV-transmisjon 254 nm 1		77,50	78,40	

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Kopi: Mapco A/S

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Bjnr. 1100/88

Dato 14/11/88

Ref fk.

Arkiv

8800232

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Tekniske Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 02/11/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 maramyrlegget, Vannprøve, merket 1  
Jnr:4982/88
- 2 maramyrlegget, Vannprøve, merket 2  
Jnr:4983/88
- 3 maramyrlegget, Vannprøve, merket 3  
Jnr:4984/88
- 4 maramyrlegget, Vannprøve, merket 4a  
Jnr:4985/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER			
	1	2	3	4
pH Surhetsgrad	6,51	5,29	7,62	7,50
Konduktivitet mS/m	7,51	8,12	19,66	16,17
Turbiditet F.T.U.	1,00	1,05	1,25	1,95
Alkalitet mmol/l	0,06	0,03	1,34	0,93
Jern µg/l	25,00	110,00	90,00	635,00
Kalsium mg/l	4,80	4,81	31,70	21,20
Hardhet, odH	0,68	0,74	4,50	3,35
Aluminium µg/l	27,50	42,50	297,50	10,00
UV-transmisjon 254 nm 1		77,40	76,70	

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

201: May Co

RESULTATET FOR ALUMINIUM I PRØVE 3 VIRKER  
PÅT. VI HAR GJORT ANALYSEN ØR 6 GANGER  
SIN AT GJENNOMSTRØM I FILTERET, EVN. KONTROLLERER  
EN FJERTE

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Bj. nr. 1202/88

Dato 31/10/88

Ref fk

Arkiv

8800176

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Tekn. Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 19/10/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 maramyrkanlegget, Vannprøve fra maramyr, merket 1  
jnr:4785/88
- 2 maramyrkanlegget, Vannprøve fra maramyr, merket 2  
jnr:4786/88
- 3 maramyrkanlegget, Vannprøve fra maramyr, merket 3  
jnr:4787/88
- 4 maramyrkanlegget, Vannprøve fra maramyr, merket 4a  
jnr:4788/88
- 5 maramyrkanlegget, Vannprøve fra maramyr, merket 5  
jnr:4789/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,45	5,72	7,60	7,40	7,50
Konduktivitet mS/m	7,26	8,16	15,36	15,30	13,60
Turbiditet F.T.U.	0,60	1,25	0,60	2,00	1,95
Alkalitet mmol/l	0,07	0,05	0,85	0,82	0,63
Jern µg/l	55,00	90,00	75,00	525,00	610,00
Kalsium mg/l	4,80	4,84	21,70	21,00	16,70
Hardhet, odH	0,68	0,68	3,05	2,95	2,35
Aluminium µg/l	40,00	50,00	22,50	20,00	45,00
UV-transmisjon 254 nm 1		77,40	77,40		

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Kopi til Mapco.



Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04) 830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

1249/88

Dato                      Ref SN                      Arkiv                      8800209

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Tekn. Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 26/10/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyrlegget, vannprøve merket 1  
jnr:4885/88
- 2 Maramyrlegget, vannprøve merket 2  
jnr:4886/88
- 3 Maramyrlegget, vannprøve merket 3  
jnr:4887/88
- 4 Maramyrlegget, vannprøve merket 4a  
jnr:4888/88
- 5 Maramyrlegget, vannprøve merket 5  
jnr:4889/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,50	5,62	7,60	7,21	7,60
Konduktivitet mS/m	7,64	8,03	17,14	16,46	14,98
Turbiditet F.T.U.	0,80	0,90	0,80	2,25	2,05
Alkalitet mmol/l	0,06	0,05	1,06	0,79	0,81
Jern µg/l	35,00	90,00	70,00	570,00	540,00
Kalsium mg/l	4,91	5,06	26,20	19,94	19,94
Hardhet, odH	0,69	0,71	3,68	2,80	2,80
Aluminium µg/l	37,50	30,00	22,50	16,00	17,50
UV-transmisjon 254 nm		76,40	77,60		

Med vennlig hilsen

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Jan Inge Aine

Kopi: Hops

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

1152/88

Dato 18/11/88

Ref fk

Arkiv

8800270

## PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 10/11/88:

## PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5107/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5108/88
- 3 Maramyranlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5109/88
- 4 Maramyranlegget, vannprøve merket 4a  
Jnr:5110/88
- 5 Maramyranlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5111/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,42	5,72	7,60	7,35	7,55
Konduktivitet mS/m	7,43	6,93	19,35	15,44	15,00
Turbiditet F.T.U.	1,00	1,00	1,30	2,20	3,25
Alkalitet mmol/l	0,05	0,08	1,36	0,88	0,80
Jern µg/l	30,00	80,00	47,50	910,00	1115,00
Kalsium mg/l	4,33	4,33	29,80	20,2	19,20
Hardhet, odH	0,65	0,65	4,20	2,90	2,75
Aluminium µg/l	17,50	10,00	17,50	< 10,00	45,00
UV-transmisjon 254 nm 1		73,50	75,70		

Kopi til Mapco.

Haugaland off. 25/11-88  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

1114/88

Dato 16/11/88

Ref fk

Arkiv

8800288

## PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Mapco v/Simonsen

Maramyrprosjektet

Kopi av svar sendes Mapco

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 16/11/88:

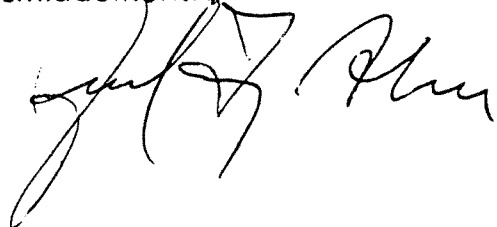
## PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve merket før?  
Jnr:5178/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve merket etter?  
Jnr:5179/88
- 3 Maramyranlegget, vannprøve merket spylepumpe  
Jnr:5180/88
- 4 Maramyranlegget, vannprøve merket abbonent  
Jnr:5181/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER			
	1	2	3	4
pH Surhetsgrad	5,90	7,65	8,30	8,42
Konduktivitet mS/m	8,08	14,16	8,62	9,17
Alkalitet mmol/l	0,10	0,81	0,23	0,24
Hardhet, odH	0,65	2,65	1,05	1,20

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Kopi til Mapco.



Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 28/11-88

1158/88  
Ref jia

Arkiv

8800294

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 16/11/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5200/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5201/88
- 3 Maramyranlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5202/88
- 4 Maramyranlegget, vannprøve merket 4b  
Jnr:5203/88
- 5 Maramyranlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5204/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,48	6,10	7,60	7,30	7,40
Konduktivitet mS/m	7,57	9,64	14,15	9,25	9,17
Turbiditet F.T.U.	0,60	0,60	0,55	1,75	2,25
Alkalitet mmol/l	0,06	0,09	0,78	0,22	0,24
Jern µg/l	48,00	66,00	58,00	684,00	816,00
Kalsium mg/l	4,98	5,34	18,87	7,83	8,19
Hardhet, odH	0,70	0,75	2,65	1,10	1,15
Aluminium ug/l	38,00	37,00	27,00	63,00	26,00
UV-transmisjon 254 nm 1		75,90	77,30		

Med vennlig hilsen

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll

Jarl Inge Alne

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 18/11/88

1153/88  
Ref fk

Arkiv

8800303

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Mapco  
Maramyrprosjektet

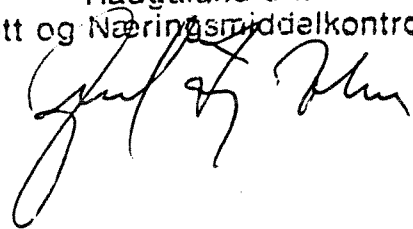
Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut i Deres bedrift den 18/11/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve, merket fra anlegg  
Jnr:5228/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve, merket spylepunkt  
Jnr:5229/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2			
pH Surhetsgrad	7,68	7,75			
Konduktivitet mS/m	15,00	15,72			
Alkalitet mmol/l	0,82	0,91			
Hardhet, odH	2,79	3,10			

Haugaland off. 25/11-88  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll



Kopi til Mapco.

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 7/12-88

1224/88  
Ref jia

Arkiv

8800323

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut den 23/11/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyrlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5304/88
- 2 Maramyrlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5305/88
- 3 Maramyrlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5306/88
- 4 Maramyrlegget, vannprøve merket 4a  
Jnr:5307/88
- 5 Maramyrlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5308/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,40	5,85	7,40	7,40	7,55
Konduktivitet mS/m	7,46	7,51	13,43	16,21	15,93
Turbiditet F.T.U.	0,60	1,00	0,70	0,75	0,70
Alkalitet mmol/l	0,06	0,07	0,67	0,97	0,97
Jern µg/l	36,00	72,00	36,00	296,00	344,00
Kalsium mg/l	4,81	5,29	17,31	22,61	22,13
Hardhet, odH	0,75	0,75	2,40	3,20	3,20
Aluminium µg/l	12,00	30,00	30,00	10,00	10,00
UV-transmisjon 254 nm 1		76,50	74,00		

betyr: Resultatet er noe utenfor gjeldende grenseverdi.

! betyr: Resultatet er vesentlig utenfor gjeldende grenseverdi.

> betyr: Mer enn, < betyr: Mindre enn.

Med vennlig hilsen

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll  
Jarl Inge/Alne

Kopi: Marm - 60

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

10

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

1243/88

Dato 12/12-88

Ref jia

Arkiv

3800363

### PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyprosjektet

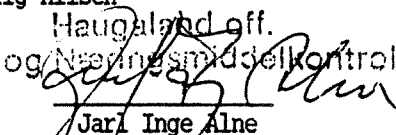
Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut den 30/11/88:

#### PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5368/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5369/88
- 3 Maramyranlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5370/88
- 4 Maramyranlegget, vannprøve merket 4a  
Jnr:5371/88
- 5 Maramyranlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5372/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,40	5,75	7,35	7,40	7,45
Konduktivitet mS/m	7,50	8,11	14,42	15,16	15,16
Turbiditet F.T.U.	0,60	1,05	0,75	0,65	0,70
Alkalitet mmol/l	0,06	0,06	0,75	0,81	0,85
Jern µg/l	46	108	62	480	470
Kalsium mg/l	4,81	5,29	19,24	20,20	21,16
Hardhet, odH	0,70	0,75	2,70	2,90	3,10
Aluminium µg/l	32	60	37	14	39
UV-transmisjon 254 nm 1		77,60	77,70		

Med vennlig hilsen

Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll  
  
Jarl Inge Alne

Kopi: Map-Co

Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 19/12-88

1258/88  
Ref. jia

Arkiv

8800391

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

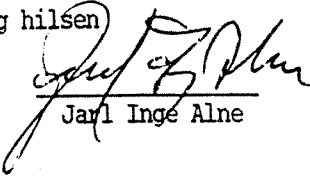
Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut den 07/12/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5447/88
- 2 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5448/88
- 3 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5449/88
- 4 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 4  
Jnr:5450/88
- 5 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5451/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,60	5,90	7,40	7,28	7,40
Fargetall mg Pt/l	20	20	20	30	30
Konduktivitet mS/m	7,63	7,85	13,21	14,25	14,62
Turbiditet F.T.U.	0,80	0,80	0,80	2,05	0,85
Alkalitet mmol/l	0,06	0,09	0,66	0,79	0,83
Jern µg/l	18	80	94	416	448
Kalsium mg/l	4,81	4,57	16,35	19,24	19,24
Hardhet, odH	0,70	0,65	2,40	2,80	2,80
Aluminium µg/l	22	18	17	20	18
UV-transmisjon 254 nm 1		75,10	74,80		

Med vennlig hilsen

  
Jarl Inge Alne

Kopi: Map-Co



Haugaland off. Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb. 1210  
5542 Karmsund  
(04) 830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 23/12-88

1293/88  
Ref jia

Arkiv

8800424

PRØVEBESVARELSE

Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut den 14/12/88:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyranlegget, vannprøve merket 1  
Jnr:5541/88
- 2 Maramyranlegget, vannprøve merket 2  
Jnr:5542/88
- 3 Maramyranlegget, vannprøve merket 3  
Jnr:5543/88
- 4 Maramyranlegget, vannprøve merket 4b  
jnr:5544/88
- 5 Maramyranlegget, vannprøve merket 5  
Jnr:5545/88

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,45	6,40	7,75	7,40	7,50
Konduktivitet mS/m	7,50	7,91	11,05	15,18	15,30
Turbiditet F.T.U.	0,55	0,55	0,70	0,70	0,70
Alkalitet mmol/l	0,06	0,08	0,42	0,87	0,88
Jern µg/l	34,00	74,00	54,00	432,00	480,00
Kalsium mg/l	4,54	4,97	11,60	20,82	21,14
Hardhet, odH	0,65	0,70	1,80	3,00	3,00
Aluminium ug/l	29,00	45,00	127,00	< 10,00	64,00
UV-transmisjon 254 nm 1		75,00	74,00		

\* betyr: Resultatet er noe utenfor gjeldende grenseverdi.

! betyr: Resultatet er vesentlig utenfor gjeldende grenseverdi.

> betyr: Mer enn, < betyr: Mindre enn.

Med vennlig hilsen

Haugaland off.  
Kjøtt og næringsmiddelkontroll  
Jarl Inge Aune

Haugaland off.Kjøtt- og  
Næringsmiddelkontroll  
Pb.1210  
5542 Karmsund  
(04)830166

Karmøy Vannverk  
Teknisk Etat, Rådhuset  
4250 KOPERVIK

Dato 16/1-89

Ref jia

Arkiv 411/89  
Bj. nr. 46/89

8900018

PRØVEBESVARELSE

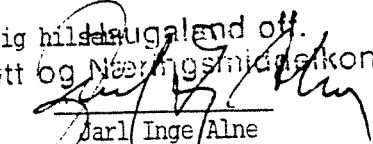
Innlevert av: Karmøy Teknisk Etat  
Maramyrprosjektet

Vi har foretatt laboratorieundersøkelser av følgende prøver tatt ut den 04/01/11:

PRØVENUMMER OG VAREBETEGNELSE:

- 1 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 1
- 2 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 2
- 3 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 3
- 4 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 4a
- 5 Maramyrkanlegget, vannprøve merket 5

ANALYSER	PRØVENUMMER OG RESULTATER				
	1	2	3	4	5
pH Surhetsgrad	6,39	5,85	7,25	7,30	7,29
Konduktivitet mS/m	7,83	8,66	16,53	18,64	20,65
Turbiditet F.T.U.	1	0,75	0,75	1,25	1,50
Alkalitet mmol/l	0,05	0,10	0,99	1,21	1,23
Jern µg/l	56	88	72	292	400
Kalsium mg/l	4,62	3,66	22,61	26,93	28,38
Hardhet, odH	0,80	0,70	3,30	4	4,20
Aluminium ug/l	68	53	35	64	42
UV-transmisjon 254 nm 1		76,10	76,10		

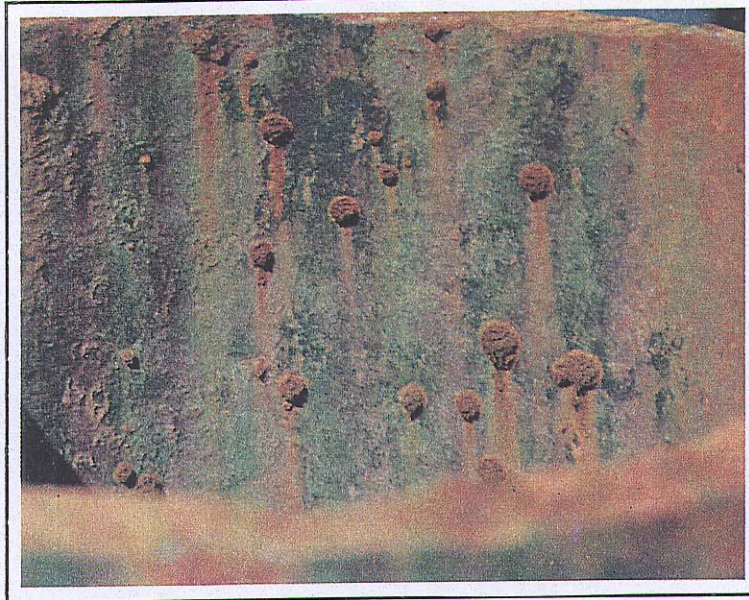
Med vennlig hilsen  
Haugaland off.  
Kjøtt og Næringsmiddelkontroll  
  
Jarl Inge Alne

## **VEDLEGG 3**



## **VEDLEGG 4**

Rustknoller under  
dannelse i støpe-  
jernsrør.  
Vannet er ikke  
alkalisert og har  
gjennomsnittsalkalitet  
på 0.09 m.mol/ltr.



Rustknollene i samme  
testrør etter  
alkalisering.  
Vannets alkalitet  
0,9 m.mol/ltr.  
Knollene brytes ned.  
Det dannes videre et  
belegg av jernkarbonat  
på rørets veskeberørte  
vegger som hindrer  
videre korrosjon.

HOVEDKONTOR:  
Boks 1329, Gard  
5501 Haugesund  
Tel. 04 - 72 64 10  
Fax. 04 - 71 55 23

SALGSKONTORER:  
Randabergv. 101  
4027 Stavanger  
Tel. 04 - 54 22 69  
Fax. 04 - 67 85 26

Munkegt. 11  
0656 Oslo 6  
Tel. 02 - 19 05 44  
Fax. 02 - 67 79 42

BANKFORBINDELSE:  
Haugesund sparebank  
Bankgiro 3240.05.05313

# **WA** rapporter utgitt av NIVA

- 1/88 **Etablering av hotell ved Gjersjøen**  
O-87220 Jens Arne Ohren. Februar 1988
- 2/88 **Tisetting av kalsiumkarbonat til vann**  
E-88402 Jens Arne Ohren Februar 1988
- 3/88 **Endringer av aluminiumsinnhold gjennom vannbehandlingsprosessen**  
E-88401 Jens Arne Ohren. Februar 1988
- 4/88 **Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Litvatn, Agdenes kommune**  
O-87045 Hans Holtan. Februar 1988
- 5/88 **Undersøkelser og vurderinger av forurensningseffekter ved eventuell utbygging av Napetjern kraftverk**  
O-87155 Hans Holtan. Mars 1988
- 6/88 **Utprøving av Unik Hjulfilter for rensing av vann i settefiskanlegg**  
O-88027 Helge Liltved. Juni 1988
- 9/88 **Revurdering av krav til utslipp fra galvanoidindustri**  
O-87070 Eigil Rune Iversen. August 1988
- 1/89 **Nitrogenfelling fra kommunalt avløp ved bruk av plantebaserte systemer. Delprosjekt**  
O-88171 Helge Liltved. Januar 1989
- 2/89 **Utslipp til Hunnselva fra Raufoss A/S**  
O-88099 Eigil Rune Iversen. April 1989
- 3/89 **Røyken kommune. Bruk av Sætervann som drikkevannskilde. Vannbehandling, ledningsnettets tilstand og konsekvenser ved vannbeh.**  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Mai 1989.
- 4/89 **Levetid for asbestsementrør. Tilstandsvurdering og beregning av restlevetid**  
Prosjektrapport nr. 2  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Under trykking
- 5/89 **Levetid for asbestsementrør. En velleder**  
Prosjektrapport nr. 3  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Under trykking
- 6/89 **Virkning av magnetisk vannbehandling. Undersøkelse av Polar PD 15's innvirkning på utfelling av kalk i trykkvannsvarmere.**  
O-87164 Hans Kristiansen. Sept. 1989.
- 7/89 **Vurdering av forurensningssituasjonen Ved Nykirke, Borre kommune.**  
O-87090 Svein Stene-Johansen. Sept. 1989.
- 8/89 **Optimalisering av fellingsprosesser i vannverk Driftforsøk ved Eidsberg Vannverk.**  
O-87206 Egil Gjessing.
- 9/89 **Befaring og undersøkelser i vassdragsmålestasjoner i tilløpsvassdrag til Indre Oslofjord.**  
O-87158 Svein Stene-Johansen. Okt. 1989.
- 10/89 **Kontinuerlige målinger i Hoffselva, november 1987.**  
O-87159 Lasse Vråle. Okt. 1989.
- 11/89 **Undersøkelse av vannkvalitet i bassengbad.**  
O-87051 Hans Kristiansen. Okt. 1989.