

Prosjektrapport

NRV-prosjektet

Korrosjonskontroll

ved vannbehandling med
mikronisert marmor



NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsv. 143, 2300 Hamar
Besøksadresse: Fredvang, Vangsv. 143, Hamar
Telefon: 065 - 28650

Rapportnummer:

24 - 1992

Dato:

2. november 1992

Antall sider (inkl. bilag)

72

Tilgjengelighet:

☒ Åpen

☐ Begrenset

Rapportens tittel:

KORROSJONSKONTROLL VED VANNBEHANDLING

Forfatter(e):

GUNNAR HALL

Ekstrakt:

I prosjektet ble det gjennomført forsøk med fullrensing av Glommavann ved Nedre Romerike Vannverk A/L. I koaguleringsstrinnet ble lut erstattet 1) med mikronisert marmor og 2) med CO₂ og mikronisert marmor. Ved disse endringene oppnådde man en økning i kalsium og alkalitet i henhold til SIFF's anbefalte normer. Samtidig ble det oppnådd en markert nedgang i korrosjon på sementbaserte rør, stålrør og duktilt støpejern. Kopperkorrosjon var lavere ved pH 8,5 enn ved pH 8,0. Merkostnaden ved bruk av mikronisert marmor i koaguleringsstrinnet i stedet for lut ga den laveste kjemikaliekostnaden, ca. 1,3 øre/m³.

Emneord, norske: Drikkevann
Vannbehandling
Korrosjonskontroll
Økonomi

Emneord, engelske: Potable Water
Water Treatment
Corrosion Control
Economics

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0031-4

FORORD

Norsk drikkevann er bløtt og korrosivt. Man har stipulert de totale kostnader p.g.a. innvendig korrosjon i vannledningsnettet til ca. 1 milliard kr. pr. år.

Vannkvaliteten forringes ved at korrosjonsproduktene påvirker drikkevannet (tungmetaller, asbest m.m.) og ikke minst forårsaker utette ledninger. Dette kan føre til helsemessige problemer ved innsug av kloakk i ledningsnettet.

Det er ønskelig å øke vannets alkalitet (bikarbonatinnhold), kalsiuminnhold og pH.

Det finnes utprøvde metoder til å gjøre dette. (Tilsette kalk og CO₂). Dette krever imidlertid omfattende og kostbare anlegg for kalkberedning. Spesielt i anlegg med enkel vannbehandling (ikke filter) vil kalktilsetningen kunne medføre problemer med turbiditetsøkning av vannet. Man arbeider derfor for å utvikle alternative metoder for vannbehandling for å redusere korrosjonen.

Som en del i et samordningsprosjekt i regi av NORVAR, er det gjennomført et omfattende delprosjekt ved Nedre Romerike Vannverk (NRV). Delprosjektet har hatt som formål å prøve ut tilsetning av mikronisert marmor og CO₂ ved et eksisterende vannverk med kjemisk felling for å bedre vannets korrosjonsegenskaper.

Prosjektet er i hovedsak finansiert av NRV, men en del andre vannverk og noen industribedrifter m.fl. har deltatt i "spleiselaget". Dette er:

- Oslo vann og avløpsverk (O.V.A.)
- Sarpsborg og Tune vannverk
- Fredrikstad og omegn vannverk (FOV)
- Bærum kommune, vann og kloakkvesenet
- Vestfold interkommunale vannverk (V.I.V.)
- Aurskog-Høland kommune
- Tromsø kommune
- Drammen kommune
- Hydrogas a.s
- AGA Norgas a.s
- Hustadmarmor
- Folkehelse (SIFF)
- SINTEF NHL

Prosjektet er blitt styrt av en styringsgruppe bestående av:

Gunnar Hall	NRV (prosjektleder)
Bjørnar Eikebrokk	SINTEF NHL
Stein Wold Østerhus	SINTEF NHL (stedfortreder for Eikebrokk)
Roar Finsrud	Østlandskonsult AS

Svein Erik Moen, NORVAR, har vært observatør i denne styringsgruppen på vegne av NORVAR prosjektet.

Det ble videre etablert en referansegruppe med deltagere fra samtlige prosjekt-deltagere. Denne gruppen er blitt innkalt til regelmessig orientering/diskusjon om prosjektet og har således fått en fin kompetanseoppbygging.

Med dette vil vi takke alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Hamar, 2. november 1992

Svein Erik Moen

INNHold

FORORD

INNOLDSFORTEGNELSE	1
1.0 BAKGRUNN	2
2.0 MÅLSETTING	2
3.0 KONKLUSJON	2
4.0 PROSJEKT	5
4.1 Fase 1	5
4.2 Fase 2	6
4.3 Fase 3	7
5.0 DRIFTSDATA	7
5.1 Kjemikaliekvalitet	7
5.2 Kjemikalieforbruk	8
5.3 Dosering og oppløsning av mikronisert marmor	10
5.4 Oppløsningshastighet for mikronisert marmor	10
5.5 Doseringssystem for mikronisert marmor	11
6.0 KORROSIJONSMÅLINGER	11
6.1 Elektrokjemiske korrosjonsmålinger og vektapsmålinger	12
6.2 Tungmetallanalyser i henstandsvann	13
6.3 Resultater fra korrosjonsmåling på sementbaserte rør	15
6.4 Vannanalyser på ledningsnett	16
7.0 LEDNINGSNETT	16
8.0 ØKONOMI	16
8.1 Kjemikaliekostnader før og nå	16
8.2 Investeringskostnader	18
8.3 Kost/nytte av korrosjonskontroll	18
8.3.1 Nåverdi av karbonatisering	18
8.3.2 Nåverdi av øket levetid for ledninger og installasjoner	19
9.0 FORDELER OG ULEMPER VED PROSESSEN	22
10.0 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	23
11.0 REFERANSER	23
12.0 TABELLER, VEDLEGG OG FIGURER	24
12.1 Tabeller og vedlegg	24
12.2 Figurer	25

1.0 BAKGRUNN

95% av den norske befolkning anvender overflatevann til drikkevann. Det karakteristiske for norsk overflatevann er:

lav pH-verdi, lav alkalitet og lavt kalsiuminnhold

På grunn av disse forhold får man korrosjon på ledningsnett og vannlekkasje.

Korrosjon innebærer at metaller utløses fra ledningsnettet og kan gi uønskede konsentrasjoner hos forbrukerne. Likeledes kan kalsium utløses fra sement i asbestsementrør eller sementforede rør og gi øket pH. Korrosjon på ledningsnett vil således ha både kvalitetsmessige og økonomiske konsekvenser.

2.0 MÅLSETTING

Målsettingen med vårt prosjekt har vært å utprøve 2 modifiserte prosesser hvor vi prøver å kombinere vannbehandling med korrosjonskontroll. Som referanse vil vi benytte data fra den prosessen vi brukte tidligere, dvs. aluminiumsulfat og lut i koaguleringsstrinnet. Vi vil gjennomføre 3 forskjellige prosessalternativ.

For å få frem kost-/nytteeffekten ved de ulike prosessalternativ, skal vi utføre korrosjonsmålinger og vannanalyser slik at vi kan dokumentere effekten av den oppnådde reduksjon av korrosjon og vannanalyser for å dokumentere forbedring av vannkvalitet.

3.0 KONKLUSJON

I fase 1 ble det benyttet aluminiumsulfat, mikronisert marmor og lut. I fase 2 ble det benyttet aluminiumsulfat, CO_2 , mikronisert marmor og lut og i fase 3 ble det bare brukt aluminiumsulfat og lut.

Etter avsluttet prosjekt ble det besluttet å kjøre fase 1 som permanent prosess. Det ble bevilget midler til å utføre korrosjonsmålinger på betong-/sementbaserte rør under denne fasen fordi det ikke var midler til denne type måling da fase 1 i prosjektet ble gjennomført.

Resultatene som ble oppnådd under fase 1 viser:

- Minimumsverdiene i SIFF's differensierte normer, med hensyn til kalsiuminnhold og alkalitet, ble oppnådd uten store vanskeligheter.

(SIFF's minimumsverdier: kalsium 15 mg Ca/l og alkalitet 0,6 mekv/l)

- Prosessen hadde god stabilitet ved at alkaliteten ble øket til ca. 0,5 mekv/l i koaguleringssteget.

- Prosess-pH var enkel å styre og det vil være tilstrekkelig å ha vannmengdeproporsjonal dosering av marmor.
- pH-båndet for gode koaguleringsforhold var vesentlig bredere enn tidligere. Under fase 1 ble koagulerings-pH endret fra pH 6 til pH 7,3 uten at det ble registrert noen problemer med restaluminium i forsyningsvann.
- pH-stabiliteten på ledningsnett ble vesentlig forbedret.
- De elektrokjemiske korrosjonsmålinger viste en gjennomgående moderat korrosjon og en lavere korrosjon enn for fase 2 og 3. Målinger på duktilt støpejern og kobber ved innsnevring og bend viste lavere korrosjon for fase 1 enn for fase 2 og 3. (Se avsnitt 6.1)
- Korrosjonsmåling ved hjelp av vektapsmålinger viste en relativt moderat korrosjon. For duktilt støpejern og stål viste korrosjonsmålingene tilnærmet samme verdi for fase 1 og 2. For kopper var korrosjonen lavere i fase 1 enn for fase 2. (Se avsnitt 6.1)
- Tungmetallanalyser på henstandsvann viste en utløsning av tungmetaller, først og fremst sink og kopper. Utløsningen er imidlertid relativt moderat og var stort sett lavere enn den man målte for fase 2 og fase 3. (Se avsnitt 6.2)
- Vannanalyser på ledningsnett viste moderat korrosjon på jern. Det er fortrinnsvis et sted hvor man kan se en økning i jerninnhold og det er et punkt på ledningsnettet som heter Brånås. (Se analyseresultater i tabell 5a), 5b) og 5c) under pkt. 12.1).
- Korrosjonsmåling på betong- og sementbasert rørmateriale, målt etter endt prosjekt, men under betingelser som i fase 1, viste at utvasking av kalsium fra asbestsementrør og sementforet støpejernsrør var meget lav og betydelig lavere enn i fase 3. Forskjellen på fase 1 og fase 2 var vesentlig mindre, men utvaskingsdybden under prosessforhold tilsvarende fase 1 var lavere. Under avsnitt 6.3 er det satt opp en tabell med oversikt over resultater fra fase 1, 2 og 3.
- Driftskostnadene viste et relativt lavt nivå. Differansekostnaden for fase 1 sammenlignet med fase 3 er kr. 0,0133/m³. For nærmere detaljer, se avsnitt 8.1.
- Investeringskostnadene ble relativt moderate. Se avsnitt 8.2.

Resultatene som ble oppnådd under fase 2 viste:

- Maksimumsverdiene i SIFF's differensierte normer med hensyn til alkalitet ble oppnådd med god margin, mens kalsiuminnholdet ble tilnærmet oppnådd med ca. 23 mg Ca/l (et høyere kalsiuminnhold ville ha gitt enda høyere alkalitet, noe som ikke var ønskelig).
(SIFF's maksimumsverdier: kalsium 25 mg/l og alkalitet 1,0 mekv/l)
- Prosessen hadde god stabilitet ved at alkaliteten ble øket til ca. 1,1 mekv/l

- Prosess-pH var enkel å styre og det vil være tilstrekkelig å ha vannmengdeproporsjonal dosering av CO_2 og marmor
- pH-båndet for optimal koagulering ble variert fra 6,7 til 7,4 uten at prosessforholdene ble vanskeliggjort eller at restaluminium ble høyere.
- pH-stabiliteten på ledningsnett var meget god.
- Den elektrokjemiske korrosjonsmåling viste tilnærmet samme korrosjon for duktilt støpejern og stål som man oppnådde i fase 1. Kopperkorrosjonen var imidlertid betydelig høyere i fase 2 enn i fase 1. Korrosjonsmålingene på duktilt støpejern og kobber ved innsnevring og bend var høyere i fase 2 enn i fase 1.
- Vekttapsmålingene for stål og duktilt støpejern viste tilnærmet samme verdier som i fase 1. For kobber har man imidlertid en høyere korrosjon enn i fase 1 og 3. (Se avsnitt 6.1)
- Tungmetallanalyser på henstandsvann viste en høyere utløsning av sink og kobber enn i fase 1. Dette er det vanskelig å forklare, men det har sansynligvis sammenheng med en lavere pH enn det vi hadde i fase 1. (Se avsnitt 6.2)
- Korrosjonsmåling på betong- og sementbasert rørmateriale ble satt igang i fase 2. Resultatene viste at utvaskingen av kalsium var lav både for asbestsementrør og sementforet duktilt støpejern, men utvaskingsdybden var noe større enn for prosessforhold tilsvarende fase 1. Årsaken til dette må ligge i pH-forskjellen: ca. pH 8,5 under fase 1 og pH 8,0 under fase 2. Se for øvrig tabell under avsnitt 6.3, som gir en oversikt over målingene.
- Driftskostnadene blir vesentlig høyere enn i fase 1. Differansekostnaden mellom fase 2 og fase 3 er beregnet til kr. 0,0887/m³. Det vises ellers til avsnitt 8.1.
- Investeringskostnadene vil bli tilnærmet lik de man beregnet for fase 1.
- Det ble i en periode, nærmere bestemt i mai, produsert ca. 20 % mer vann i anlegget enn det har blitt produsert tidligere. Hvorvidt den produserte mengde var maksimal mengde kunne man imidlertid ikke fastslå. (En tilsvarende produksjonstest ble ikke prøvet under fase 1). I alle fall ser det ut til at bruk av mikronisert marmor gir en øket hydraulisk kapasitet.

Resultatene som ble oppnådd under fase 3 viste:

- Kalsiumnivå og alkalitetsnivået ved denne prosessen var henholdsvis:
ca. 5 mg Ca/l og alkalitet 0,3 mekv/l
- Prosessen hadde markert mindre god stabilitet for pH i koaguleringstrinnet og ved pH-justering før distribusjonsnett.

- pH-stabiliteten på ledningsnett var vesentlig dårligere enn i fase 1 og 2.
- Den elektrokjemiske korrosjonsmåling viser en høyere korrosjon på duktilt støpejern og stål mens den for kopper var noe høyere enn fase 1, men lavere enn for fase 2. Dette skyldes sannsynligvis en lavere pH i fase 2 enn i fase 1 og 3.
- Vekttapsmålingene for duktilt støpejern og stål viste en vesentlig høyere korrosjon enn i fase 1 og 2. For kopper derimot er korrosjonen tilnærmet på samme nivå som for fase 1.
- Tungmetallanalyser på henstandsvann for kopper og sink viser stort sett lavere verdier enn i fase 2.
- Korrosjonsmåling på betong- og sementbasert rørmateriale for fase 3 viste en betydelig større utvasking av kalsium enn den man målte under prosessforhold tilsvarende fase 1. Resultatene målt under fase 2 viste noe mindre forskjeller på utvasking av kalsium. Dette gjelder både asbestsementrør og sementforet duktilt støpejernsrør. Se for øvrig tabell under avsnitt 6.3 som gir en oversikt over målingene.

4.0 PROSJEKT

På bakgrunn av idé, resultater fra innledende laboratorieforsøk, innledende fullskalaforøk og en prosjektplan, ble det fra ledelsen i NRV besluttet å gjennomføre fullskalaforøk på renseanlegget med måling av korrosjon og analyser for å dokumentere de oppnådde resultater. Forsøket ble delt i 3 faser, hvor man ønsket å kjøre konstante prosessforhold.

4.1 Fase 1

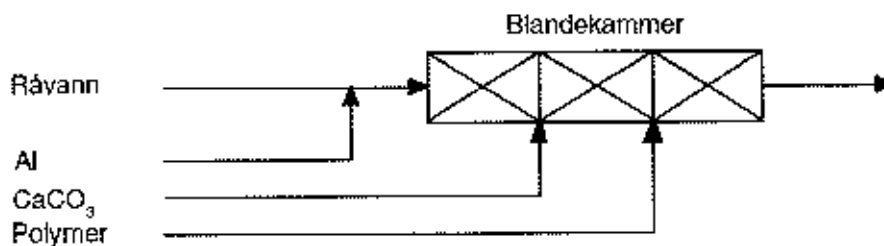
I denne delen av prosjektet ble mikronisert marmor benyttet som erstatning for lut i koaguleringssteget.

Prosessekvensen er som følger: Aluminiumsulfat doseres i en mengde på ca. 35 g/m³ som gir en pH på ca. 5,2. Deretter tilsettes mikronisert marmor som en 75% slurry. Med den tilsatte mengden marmor, tilsvarende ca. 12 mg Ca/l, ble pH hevet til 7,3. Til slutt i koaguleringssteget ble en hjelpekoagulant, type Magnafloc LT 22S, tilsatt i en konsentrasjon på ca. 0,05-0,1 g/m³.

Etter renseprosessen ble det tilsatt klor i form av NaOCl, tilsvarende ca. 0,15 g Cl₂/m³ og lut, ca. 2-3 g/m³, for justering av pH til ca. pH 8,5.

Prosessekvens for FASE 1 vises på neste side.

Prosessekvens for fase 1:



Se for øvrig fig. 1a) under pkt. 12.2.

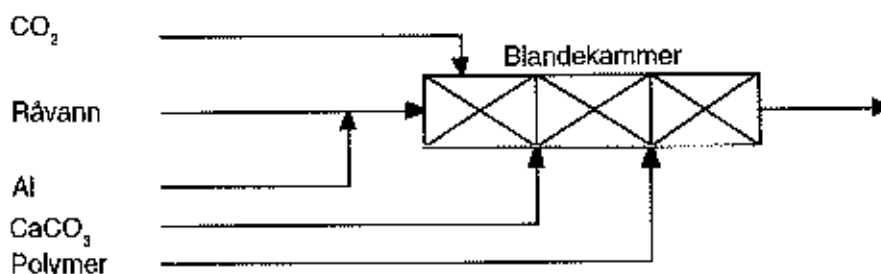
Doseringsmengden av mikronisert marmor ble tilpasset de minimumskrav SIFF har satt opp i sine differensierte normer, dvs.

15 mg Ca/l og en alkalitet på 0,6 mekv/l

4.2 Fase 2

I denne fasen ble det i tillegg dosert CO₂. Prosessekvensen ble som følger: Aluminiumsulfat ble dosert i en mengde på ca. 35 g/m³ som tidligere og dette gav en pH på ca. 5,2. Deretter ble CO₂ tilsatt i en mengde tilsvarende ca. 20 g/m³ med en ytterligere pH-senkning til pH ca. 4,6. Deretter ble mikronisert marmor dosert i en mengde på ca. 50 g CaCO₃/m³ som gav en pH på ca. 6,8-7,2. Til slutt i koaguleringssteget ble en hjelpekoagulant dosert, samme type og mengde som under fase 1. Etter renseprosessen ble det tilsatt samme mengde Cl₂ som tidligere og lut, ca. 9 g/m³ for justering av pH til ca. 8,0.

Prosessekvens for FASE 2:



Se for øvrig fig. 1b) under pkt. 12.2.

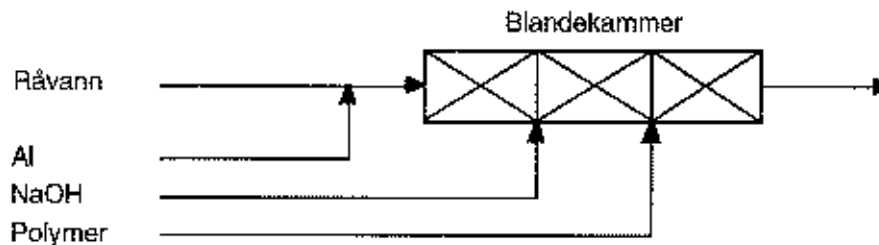
I fase 2 var målet å oppnå en doseringsmengde av CO₂ og mikronisert marmor som omtrentlig skulle tilsvare de maksimumsverdier SIFF har satt opp i sine differensierte normer, dvs.

ca. 25 mg Ca/l og en alkalitet på 1,0 mekv/l

4.3 Fase 3

I denne fasen ble prosessen kjørt som tidligere, dvs. med dosering av aluminiumsulfat, ca. 35 g/m³, etterfulgt av lut ca. 9-10 g/m³ for å oppnå pH ca. 6, en hjelpekoagulant, samme type og mengde som ovenfor. Etter renseprosessen tilsettes samme mengde klor og lut, tilsvarende 4-5 g/m³ for å oppnå pH på ca. 8,5.

Prosessekvens for FASE 3:



Se for øvrig fig. 1c) under pkt. 12.2.

Resultatene som ble oppnådd med denne prosessen viste følgende data:

ca. 5mg Ca/l og en alkalitet på ca. 0,3 mekv/l

5.0 DRIFTSDATA

I dette avsnittet har vi samlet driftsdata fra fase 1, 2 og 3 i prosjektet. Dataene gir en oversikt over kjemikaliekvalitet, dosering, oppløsning og oppløsningshastighet av mikronisert marmor.

5.1 Kjemikaliekvalitet

Mikronisert marmor

Mikronisert marmor produseres av Hustadmarmor A/S, Einesvågen ved Molde. Produktet er produsert i Norge av norsk råstoff og godkjent av Statens Institutt for Folkehelse den 4. september 1990. Se Godkjenning og Datablad som Vedlegg under pkt. 12.1.

Konsentrasjonen på mikronisert marmor har variert fra 74-76,7% tørrstoff. På lagret vare har konsentrasjonen variert fra 73-76,7%.

Vi hadde lite problemer med doseringen av mikronisert marmor, men vi fikk enkelte ganger klumper som ga visse vanskeligheter. Dette førte til at slangen i slangepumpen ble tett med den følge at doseringen av mikronisert marmor stoppet. For å unngå stopp ble det installert en klumpfelle. (Se fig. 2a) under pkt. 12.2.)

Et permanent doseringssystem for mikronisert marmor er nærmere beskrevet i avsnitt 5.5 samt i fig. 2b) under pkt. 12.2.

Aluminiumsulfat

Aluminiumsulfat varierte en del i volumvekt, men hadde ellers en god og stabil kvalitet. Dette ga en viss variasjon i dosert mengde p.g.a. volumetrisk utmating.

Lut

Lut varierte litt i konsentrasjon mellom hver leveranse, men dette skapte ikke noe problem fordi varen ble levert med analyse av aktivt stoff og dessuten ble prosessen kjørt med automatisk pH-styring.

CO₂

Under fase 2 ble CO₂ benyttet for å løse opp mer mikronisert marmor. Kjemikaliet ble ikke kontrollert av oss, men det synes som om kvaliteten var svært jevn.

5.2 Kjemikalieforbruk

Doseringen av aluminiumsulfat var tilnærmet fast og på samme nivå som tidligere ved bruk av lut i koaguleringssteget.

Den variasjon vi har hatt skyldes i hovedsak forskjellen på volumvekten til aluminiumsulfat og ønske om en øket tyngde i fnokkene av prosesshensyn.

Doseringen av mikronisert marmor varierte litt på grunn av varierende konsentrasjon.

Doseringen av CO₂ har vært lite problematisk bortsett fra en stopp p.g.a. en defekt fordampner.

Polymer ble dosert proporsjonalt med vannmengden men konsentrasjonen ble manuelt justert ut fra behov. Lutmengden ble variert i de forskjellige faser ut fra prosessmessige hensyn.

KJEMIKALIEDOSERING, FASE 1

PARAMETER	g / m ³			
	ALG	CaCO ₃	Polymer	NaOH
Gj.snittverdi	34,8	29,8	0,07	2,7
Maks.verdi	38,3	33,5	0,09	3,2
Min.verdi	28,2	22,2	0,05	2,4*
Antall n	76	74	74	48

*Min.verdiene ble registrert i forbindelse med stansing av renseanlegget ved cyanidutslipp fra en bedrift langs Glomma.

Doseringen av mikronisert marmor er angitt som tørrstoff kalsiumkarbonat.

KJEMIKALIEDOSERING, FASE 2

PARAMETER	g / m ³			
	ALG	CaCO ₃	Polymer	NaOH
Gj.snittverdi	36,5	51,7	0,1	9,0
Maks.verdi	43,9	58,2	0,13	9,4
Min.verdi	31,0	44,3	0,05	8,0
Antall n	61	58	61	61

Det ble som fast dosering benyttet CO₂ i en mengde på 20 g/m³.

KJEMIKALIEDOSERING, FASE 3

PARAMETER	g / m ³			
	ALG	CaCO ₃	Polymer	NaOH
Gj.snittverdi	33,5	0	0,09	12,5
Maks.verdi	36,1	0	0,09	12,6
Min.verdi	30,1	0	0,09	12,5
Antall n	45 ^c	0	45	50

Se for øvrig tabell 1a), 1b), 1c) og 1d) for fase 1, tabell 1e), 1f), 1g) og 1h) for fase 2 og tabell 1i), 1j) og 1k) for fase 3 under pkt. 12.1.

5.3 Dosering og oppløsning av mikronisert marmor

Dosering av mikronisert marmor og oppløst kalsium går frem av tabell 2a) for fase 1 og tabell 2b) for fase 2 under pkt. 12.1.

OPPLØSELIGHET AV KALSIUM, FASE 1

PARAMETER	Råvann Ca g/m ³	Dosering Ca g/m ³	Innh. fors.vann Ca g/m ³	% oppløst
Gj.snittverdi	5,4	11,8	15,8	92,4
Maks.verdi	5,8	13,3	17,2	97,4
Min.verdi	4,8	10,2	14,2	88,1
St.avvik	0,3	0,9	1,0	3,2
Antall n	15	15	15	15

OPPLØSELIGHET AV KALSIUM, FASE 2

PARAMETER	Råvann Ca g/m ³	Dosering Ca g/m ³	Innh. fors.vann Ca g/m ³	% oppløst
Gj.snittverdi	5,5	20,4	23,3	89,5
Maks.verdi	6,4	21,8	25,1	95,0
Min.verdi	4,4	19,2	21,3	83,1
St.avvik	0,6	0,9	1,0	3,4
Antall n	13	13	13	13

5.4 Oppløsningshastighet for mikronisert marmor

Vannprøver ble tatt ut fra forskjellige steder i renseanlegget, slik at man fikk forskjellige reaksjonstider med kalsium. Se fig. 3 under pkt. 12.2 hvor prøvepunktene i anlegget er tegnet inn.

De uttatte prøvene ble filtrert på stedet og oppholdstiden er den tiden vannet har vært i kontakt med marmoren i anlegget pluss filtreringstiden for den uttatte prøven. Se tabell 3a) og fig. 4a), 4b), 4c), 4d), 4e), 4f), 4g) og 4h) for resultater fra FASE 1 og tabell 3b) og fig. 4i), 4j), 4k), 4l) og 4m) for resultater fra FASE 2 under henholdsvis pkt. 12.1 og 12.2.

5.5 Doseringssystem for mikronisert marmor

Under gjennomføringen av prosjektet har vi høstet en del erfaringer med bruk av mikronisert marmor. Som kjent er produktet meget finmalt og dette sammen med den lave pH i koaguleringsstrinnet er årsaken til at det løser seg så effektivt. Produktet leveres som slurry med 75% tørrstoff og med en relativt lav viskositet. Til tross for det høye tørrstoffinnholdet har vi dosert slurryen ufortynnet. Ved enkelte anledninger har vi fått noen klumper i slurryen, men ved å installere en klumpfelle mellom lagertank og doseringspumpe ble dette problemet løst.

Doseringssystemet som skal installereres permanent vil bestå av:

- 1 stående lagertank i glassfiberarmert plast med nødvendige stusser, ventiler og manilokk samt nivåindikator
- 1 slangepumpe, type Bredel 15 EPDM for rundpumping av slurry
- 1 doseringstank, dagtank, med stusser, ventiler, nivåindikator og nivåkontroller
- 1 slangepumpe, type Bredel 10 EPDM for dosering med variator og frekvensomformer for proporsjonal dosering i forhold til vannmengde.

Doseringssystemet er laget for å dosere mikronisert marmor i konsentrert form, som slurry. Slurryen rundpumpes kontinuerlig med lavt turtall i en slangepumpe. Ved lavt nivå i doseringstanken, åpnes magnetventilen for slurry fra ledningen for rundpumping. Slurryen renner ned i doseringstanken. Ved høyt nivå i doseringstanken stenges magnetventilen. Ved lavt nivå i lagertanken, gis signal for bestilling av mikronisert marmor.

Fra doseringstanken pumpes slurryen inn til blanderenna. Slurryen blandes inn nedstrøms tilsetningen av aluminiumsulfat.

Se fig. 2b) under pkt. 12.2.

6.0 KORROSJONSMÅLINGER

Under gjennomføringen av de ulike faser ble det gjennomført en rekke målinger. Resultatet fra målingene er gjengitt i etterfølgende tabeller.

6.1 Elektrokjemiske korrosjonsmålinger og vekttapsmålinger

Følgende korrosjonsmålinger ble gjennomført:

- LPR-måling (Linear Polarization Resistance)
- Polarisasjon +/- 60 mV
- Tafel ekstrapolering
- Vekttapsmåling

Under de elektrokjemiske korrosjonsmålingene ble det kompensert for lav ledningsevne i elektrolytten (IR-kompensering) ved hjelp av positiv "feedback".

Det vises for øvrig til SINTEF NHL rapport /1/ for nærmere beskrivelse av korrosjonsmålinger og korrosjonsforhold under prosjektperioden.

Nedenfor er det gitt en oversikt over de målte korrosjonshastighetene for FASE 1, FASE 2 og FASE 3 angitt som mm/år. Vekttapsmålingene ble foretatt ved en vannhastighet på ca. 0,003 m/s, mens de elektrokjemiske målingene, som ble foretatt i rørveggen og ved innsnevring i rørbend, ble utført ved vannhastigheter på henholdsvis 0,37 m/s og 0,43 m/s.

Resultatene er også vist i fig. 7a, 7b og 7c for henholdsvis duktilt støpejern, stål og kopper.

Metall	Vann-hastighet m/s	Korrosjonshastighet, mm/år		
		FASE 1	FASE 2	FASE 3
Duktilt støpejern	0,003	0,111	0,113	0,234
	0,37	0,048	0,054	0,067
	0,43	0,071	0,090	0,188
Stål	0,003	0,097	0,094	0,128
	0,37	0,040	0,046	0,060
Kopper	0,003	0,002	0,007	0,002
	0,37	0,009	0,014	0,012
	0,43	0,009	0,022	0,012

Resultatene viser at fase 1 gir lavest korrosjon for alle metallene ved alle målte vannhastigheter. Videre kan det konkluderes med følgende:

- Vannhastigheten har stor innvirkning på korrosjonshastigheten. Høye vannhastigheter samt svært lave hastigheter (nær stillstand) øker korrosjonshastigheten av duktilt støpejern og stål, mens korrosjonshastigheten av kobber øker med økende vannhastighet.
- Fase 1 og 2 gir liten forskjell i korrosjonshastigheten av duktilt støpejern og stål.

- Fase 2 gir imidlertid betydelig høyere korrosjonshastighet av kopper (pga. lavere pH) enn fase 1 og 3 (opptil 3,5 ganger høyere).
- Stål var utsatt for groptæring i alle tre faser, mens det kun ble observert groptæring på duktilt støpejern i fase 3.

Hvis en gjennomfører fase 1 (dvs. endrer vannkvaliteten fra fase 3 til fase 1) vil en (avhengig av vannhastigheten) kunne oppnå følgende reduksjon i korrosjonshastighetene:

- 30-60% reduksjon i korrosjonshastigheten av duktilt støpejern. I tillegg reduseres faren for groptæring, som har stor innvirkning på metallens levetid.
- 25-35% reduksjon i korrosjonshastigheten av stål.
- 0-25% reduksjon i korrosjonshastigheten av kopper. I tillegg oppnås en mer stabil vannkvalitet som reduserer faren for tilfeldige høye korrosjonshastigheter pga. forandringer i vannets pH ute på ledningsnettet.

6.2 Tungmetallanalyser i henstandsvann

Det ble tatt ut vannprøver ved fem forskjellige steder på ledningsnettet. Se tabell 4a) og 4b) under pkt. 12.1. Det er satt opp en oversikt over ledningsnettet hvor vannprøvene er tatt ut, se tabell 4b). Vannprøvene som ble tatt ut på hvert sted er 5 enkeltprøver bestående av henholdsvis 0,5 l og fire 5 l prøver tatt etter hverandre. Prøvene er tatt ut om morgenen før noen har tappet vann av den aktuelle krana. Prøveuttak og analyser er utført ved to forskjellige tidspunkt i fase 1, fase 2 og fase 3.

Utløst tungmetall i den første prøven (0,5 l):

µg/l Pb

Prøvested	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
A	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	0,8
B	<3,8	<3,8	4,9	49,3	103	<3,8
C	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
D	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
E	<3,8	5,9	4,9	<3,8	<3,8	4,3

µg/l Cd

Prøvested	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
A	0,27	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14
B	<0,14	0,1	<0,14	<0,14	<0,14	0,2
C	0,26	<0,14	0,67	<0,14	<0,14	<0,14
D	<0,14	<0,14	0,96	<0,14	0,19	<0,14
E	<0,14	<0,14	0,2	<0,14	<0,14	<0,14

µg/l Zn

Prøvested	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
A	30	24	50	36	41	35
B	498	379	446	695	585	536
C	47	24	44	58	<10	20
D	<10	73	121	91	62	53
E	18	93	138	334	133	71

µg/l Cu

Prøvested	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
A	31	<20	97	76	24	<20
B	280	209	360	371	328	194
C	119	128	460	337	<20	29
D	60	66	195	173	40	44
E	103	164	332	334	127	113

Enkeltresultatene fra prøvene går frem av tabell 4c) og 4d) for fase 1, tabell 4e) og 4f) for fase 2 og tabell 4g) og 4h) for fase 3 under pkt. 12.1.

Verdiene viser at man har en utløsning av tungmetaller fra det interne ledningsnett. Verdiene for utløst mengde kopper er vesentlig høyere for fase 2 enn for fase 1. Dette gjelder til en viss grad også sink. Dette er overraskende, men må ha sammenheng med at vannet har en lavere pH enn under fase 1.

Verdiene for fase 3 viser tilnærmet samme verdier for sink og kopper som for fase 1. Verdiene varierer imidlertid mye og det er derfor vanskelig å legge for mye vekt på disse resultatene alene.

6.3 Resultater fra korrosjonsmåling på sementbaserte rør

I fase 2 ble det bevilget midler til måling av korrosjon på sementforede rør og asbestsementrør.

I forsøket ble det benyttet utskjærte stykker av ubrukte asbestsementrør og sementforet støpejernsrør. Korrosjonen (dvs. utvasking av kalsium) ble målt av Konstruksjonsteknikk/FCB, SINTEF. Prøvene ble undersøkt ved hjelp av scanning-elektron-mikroskop (SEM), backscattering metode. Samtidig ble det utført "x-ray mapping" som viser fordelingen av f.eks. kalsium i rørveggen (dybde profil). Det ble også tatt opp EDAX spekter fra røroverflaten og 200 µm inn i rørveggen. EDAX spekteret gir en semikvantitativ bestemmelse av elementene i prøven.

Etter fase 3 og avslutning av prosjektet ble det hos NRV besluttet å kjøre prosessen som under fase 1. På grunn av dette forhold ble det ved tilleggsbevilgning besluttet å gjennomføre korrosjonsmåling også under prosessforhold tilsvarende fase 1.

Vannkvaliteten under eksponeringen fremgår av tabellen nedenfor.

Måned/år	pH	Alk. mekv./l	Kond. mS/m	Ca mg/l
Desember -91	8,45	0,53	11,6	15,6
Januar -92	8,44	0,53	11,4	14,8
Februar -92	8,53	0,57	11,8	15,4
Mars -92	8,49	0,57	12,1	15,5

Resultatene fra målingene er vist nedenfor. Målingene er utført etter 3 måneders eksponering og en må anta at de målte utvaskingshastigheter vil avta noe med tiden.

MATERIALER	UTVASKINGSDYBDE AV KALSIUM, µm		
	FASE 1	FASE 2	FASE 3
Asbest-sementrør	<10	15 - 20	60
Sementforet st.j.rør	10 - 15	15 - 30	30 - 45

Utvasking av kalsium fra asbestsementrør og sementforet støpejernsrør var med tilsvarende prosessbetingelser som i fase 1 betydelig lavere enn i fase 3. Forskjellen i utvasking av kalsium for prosessbetingelser tilsvarende fase 1 og 2 var vesentlig mindre, men for forhold tilsvarende fase 1 var utvaskingsdybden lavere.

6.4 Vannanalyser på ledningsnett

Det ble tatt ut regelmessige prøver fra ledningsnett. I forbindelse med dette prosjektet var analyseomfanget øket til å omfatte tungmetallanalyser. NRVs hovedledningsnett består hovedsakelig av betongrør og sementforede rør. På grunn av rørmaterialet og den fortynningseffekten man får på hovedledningsnettet er vannanalyser lite egnet til å registrere/ måle korrosjon og det er følgelig vanskelig å påvise korrosjon på denne måten.

For detaljerte resultater, se tabell 5a), 5b), 5c) og 5d) og fig. 5a) fra FASE 1 og tabell 5e), 5f), 5g) og 5h) samt fig. 5b) fra FASE 2 og tabell 5i), 5j) og 5k) samt fig. 5c) fra FASE 3 under pkt. 12.1.

7.0 LEDNINGSNETT

NRV er et interkommunalt vannverk som leverer ca. 13 mill. m³ drikkevann fordelt på ca. 110.000 personer i 6 kommuner. NRV leverer drikkevann til de respektive kommunegrenser.

NRV og kommunene har utarbeidet en oversikt over ledningsnettet med angivelse av rørlengder og materialer både for distribusjonsnett såvel som for stikkledninger og anslag over interne ledningsnett. Denne oversikten følger i tabell 6 under pkt. 12.1.

8.0 ØKONOMI

Under dette avsnitt har vi belyst de økonomiske forhold ved prosjektets ulike faser, hvor vi betraktet kostnadene for drift, investering og besparelse i korrosjon. Data fra de forskjellige faser er brukt som grunnlag ved vurderingen.

8.1 Kjemikaliekostnader før og nå

Vi har sett på kostnadsforskjellene mellom prosessen slik den ble kjørt tidligere og slik den ble kjørt under fase 1 og fase 2.

Doseringen av aluminiumsulfat, polymer og klor er tilnærmet lik for alle faser mens doseringen av mikronisert marmor, CO₂ og lut har vært forskjellig. Derfor er kostnadene beregnet bare for disse kjemikalier.

Kostnad for fase 3:

(Kostnadene er basert på tidligere data)

Ved bruk av lut i koaguleringsstrinnet og ved etterjustering av pH med lut var forbruket 13-14 g NaOH/m³.

Dette gir en kostnad på:

$$0,0135 \text{ (kg NaOH/m}^3\text{)} \times \text{kr. } 2,76 / \text{kg NaOH} = \text{kr. } 0,0373/\text{m}^3$$

Kostnad for fase 1:

Beregningen av driftskostnaden er basert på de gjennomsnittlige forbrukstall for perioden som er:

ca. 39,3 g/m³ mikronisert marmor og 2,7 g NaOH/m³

$$0,0393(\text{kg marmor/m}^3) \times \text{kr. } 1,1/\text{kg marmor} = 0,0432 \text{ kr./m}^3$$

$$0,0027(\text{kg NaOH/m}^3) \times \text{kr. } 2,76/\text{kg NaOH} = \underline{0,0074 \text{ kr./m}^3}$$

$$\text{Tot.} = \underline{0,0506 \text{ kr./m}^3}$$

Differanse i kostnad mellom fase 3 og fase 1 blir:

$$\underline{\text{kr. } 0,0133/\text{m}^3}$$

Med en årlig vannproduksjon på 13.000.000 m³, vil differansen i kostnad pr. år bli kr. 173.000

Kostnad for fase 2:

Beregningen av driftskostnaden er basert på de gjennomsnittlig forbrukstall for perioden som er:

ca. 20 g CO₂/m³, 68,9 g/m mikronisert marmor og 9 g NaOH/m

$$0,020 (\text{kg CO}_2/\text{m}^3) \times \text{kr. } 1,30/\text{kg} = 0,026 \text{ kr./m}^3$$

$$0,0689 (\text{kg m.marmor/m}^3) \times \text{kr. } 1,10/\text{kg} = 0,075 \text{ kr./m}^3$$

$$0,009 (\text{kg NaOH/m}^3) \times \text{kr. } 2,76/\text{kg} = \underline{0,025 \text{ kr./m}^3}$$

$$\text{Tot.} = \underline{0,126 \text{ kr./m}^3}$$

Differanse i kostnad mellom fase 3 og fase 2 blir:

$$\underline{\text{kr. } 0,0887/\text{m}^3}$$

Med en årlig vannproduksjon på 13.000.000 m³ vil differansen i kostnad pr. år bli kr. 1.153.000

Se fig. 6 under pkt. 12.2.

8.2 Investeringskostnader

Det ser ut til at nødvendig investering vil være et doseringsanlegg for mikronisert marmor som omfatter utstyr i henhold til spesifikasjon angitt under avsnitt 5.5.

Kostnaden for utstyr og installasjon er beregnet til:

kr. 300.000

8.3 Kost/nytte av korrosjonskontroll

Som det fremgår av avsnitt 9 vil karbonatiseringen av vannet gi mange fordeler også prosesssteknisk. Redusert korrosjon vil dessuten øke levetiden både for hovedledninger, stikkledninger og husinstallasjoner. Dette vil gi besparelser fordi nylagging og rehabilitering/fornyning utsettes.

I og med at de direkte økonomiske besparelser kommer i framtiden er det hensiktsmessig å beregne NÅVERDIEN:

Nåverdi angir det beløp som i dag må være tilgjengelig for å dekke utgiftene i analyseperioden.

Nåverdi er også dagens verdi av framtidige fordeler.

Ved bruk av realrente er prisstigning inkludert.

Nåverdien beregnes med 7% realrente (det er da tatt hensyn til prisstigningen).

KOST/NYTTE beregnes som:

Nåverdi av karbonatisering/nåverdi av besparelsen

8.3.1 Nåverdi av karbonatisering

Som det fremgår av avsnitt 8.1 er kjemikaliekostnadene (tillegg til opprinnelig kostnad for lut):

Bare marmor:	kr.	173.000 pr. år
Marmor + CO ₂ :	kr.	1.153.000 pr. år

Investering i tank og pumpeanlegg er beregnet til kr. 300.000.

Nåverdi i forhold til antall år med karbonatisering er vist i figur 8.

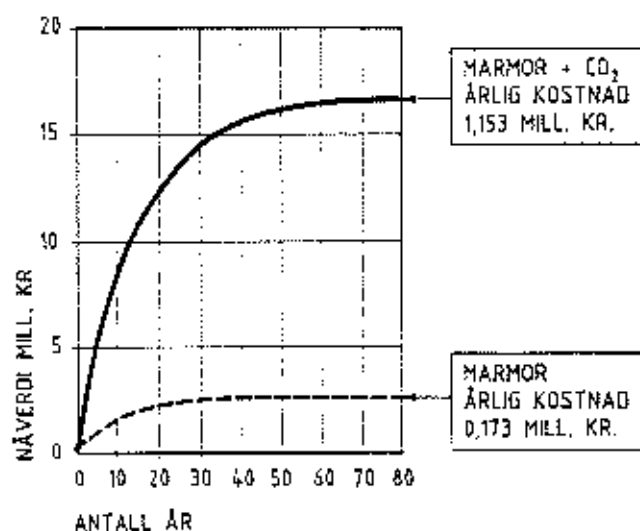


Fig. 8 Nåverdi av karbonatisering (7% realrente)

8.3.2 Nåverdi av øket levetid for ledninger og installasjoner

Innenfor NRV's forsyningsområde er det i dag følgende ledningslengder:

Hovedledninger	560 km
Stikkledninger	280 km
Husinstallasjoner	<u>1.260 km</u>

Tilsammen ca. 2.100 km

Dagens kostnad for nylegging vil variere mye, men som gjennomsnitt benyttes følgende priser (delvis innhentet hos firmaer som arbeider med fornying):

Hovedledninger	kr. 2.000 pr. lm
Stikkledninger	kr. 500 pr. lm
Husinstallasjoner	kr. 200 pr. lm

Totale kostnader hvis alt skulle omlegges/ fornyes:

Hovedledninger	1.120 mill. kr.
Stikkledninger	140 mill. kr.
Husinstallasjoner	<u>+ 252 mill. kr.</u>

Tilsammen 1.512 mill. kr.

I tillegg kommer utskifting av varmtvannsberedere og andre installasjoner.

I og med en viss usikkerhet i mengdeoversikten benyttes en total fornyelses-sum på:

1.500 mill. kr.

Nåverdi av gjennomsnittlig øket levetid i forhold til nåverdi av utgiftene til karbonatisering i 75 år fremgår av følgende tabell:

Øket levetid - år		Nåverdi av besparelsen i mill. kr.	Nåverdi av 75 år med karbonatisering i mill. kr.		Utbytte i kr. for hver kr. som benyttes til karbonatisering	
Fra	Til		Marmor	Marmor + CO ₂	Marmor	Marmor + CO ₂
30	35	56,6			20,2	3,4
30	40	96,9			34,6	5,8
30	45	125,7	2,80	16,70	44,9	7,5
30	50	146,2			52,2	8,5
35	40	40,3			14,4	2,4
35	45	69,1			24,7	4,1
35	50	89,6	2,80	16,70	32,0	5,4
35	55	104,2			37,2	6,2
40	45	28,8			10,3	1,7
40	50	49,3			17,6	3,0
40	55	61,9	2,80	16,70	22,8	3,8
40	60	74,3			26,5	4,4
45	50	20,5			7,3	1,2
45	55	35,1			12,5	2,1
45	60	45,5	2,80	16,70	16,3	2,7
45	65	52,9			18,9	3,2
50	55	14,6			5,2	0,9
50	60	25,0			8,9	1,5
50	65	32,4	2,80	16,70	11,6	1,7
50	70	37,3			13,3	2,2

Det vises til neste sides to figurer:

I figur 9 vises nåverdien av 5 års øket levetid for ledninger og installasjoner.

I fig. 10 er nåverdien av % øket levetid vist.

Som det fremgår av fig. 9 og 10 er det relativt liten økning i levetid som trengs for at karbonatiseringen er økonomisk lønnsom.

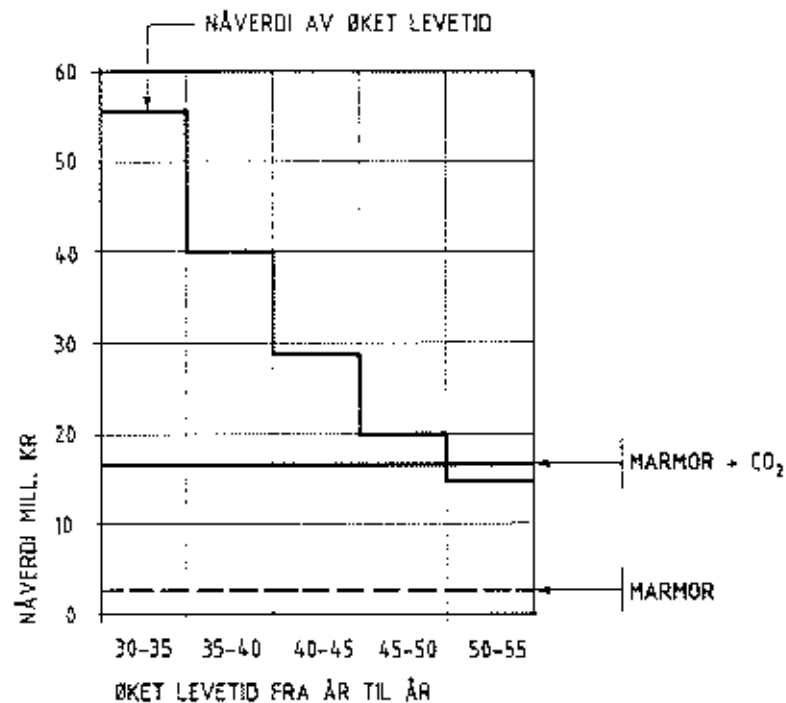


Fig. 9 Nåverdi av 5 års øket levetid for ledninger og installasjoner

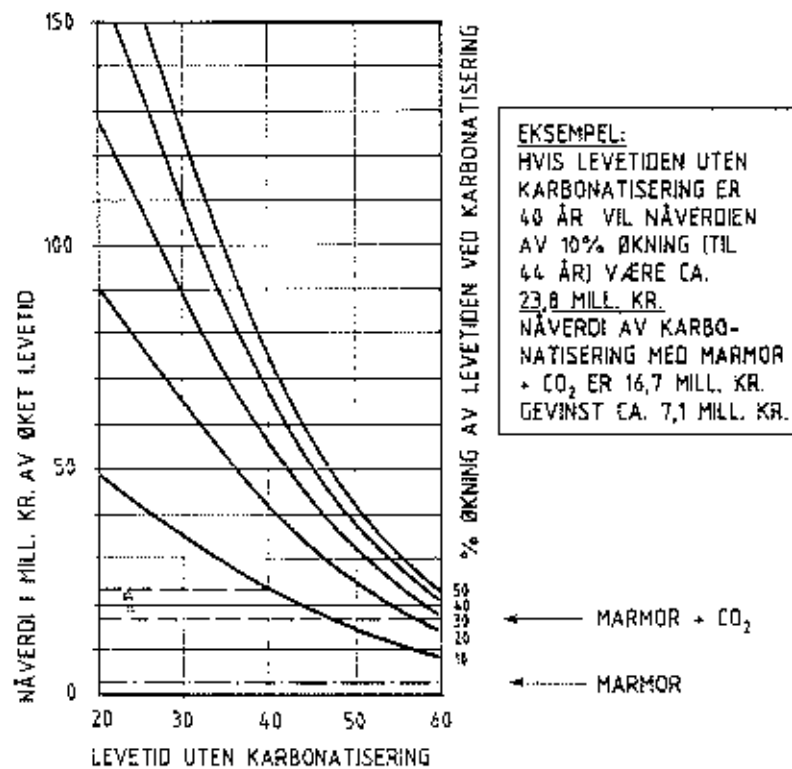


Fig. 10 Nåverdi i forhold til økning av levetiden for ledninger og installasjoner

9.0 FORDELER OG ULEMPER VED PROSESSEN

Under forsøket i fase 1 kan vi konstatere at bruk av mikronisert marmor i stedet for lut i koaguleringstrinnet har vært vellykket og følgende fordeler kan nevnes:

- Mikronisert marmor produseres i Norge av norsk råstoff.
- Prosessen reduserer korrosiviteten til vannet gjennom renseanlegget ved at både kalsium, alkalitet og ikke minst pH heves. Dette vil føre til en lavere betongkorrosjon i renseanlegget.
- Prosessens stabilitet forbedres ved at man øker alkaliteten.
- Prosessens stabilitet bedres ved at man øker turbiditet i koaguleringstrinnet. Dette er av stor betydning når råvannet er kaldt og har lav turbiditet.
- pH-området hvor man får god koagulering er vesentlig utvidet, noe som betyr en større driftsstabilitet.
- Det ser ut til at restaluminiumsproblemet er eliminert.
- pH-stabiliteten på ledningsnett er forbedret.
- Merkostnadene ved bruk av mikronisert marmor er små, både med hensyn til kjemikaliekostnader og investeringskostnader.
- Den reduserte korrosjon man oppnår sammenlignet med fase 2 er overraskende god.

Av ulempene vi har funnet så langt kan nevnes:

- Konsentrasjonen på produktet kan skape problemer i forbindelse med dosering ved at det kan dannes klumper. Det ser ut til at bruk av lagertank og klumpfelle kan løse dette problemet slik at man ikke risikerer tilstopping av doseringspumpen. Pumpetype vil sannsynligvis bli slangepumpe.

De samme fordeler og ulemper gjelder for fase 2 bortsett fra at man paradoksalt nok har en høyere korrosjon her på sink og kopper enn man hadde i fase 1.

10.0 VIDERE ARBEID

Det ville være interessant å se på korrosjon som funksjon av strømningshastighet i ulike rørmaterialer.

Videre vil det være av interesse å se på:

- om korrosjon forandres over tid på asbest-sementrør og sementforede rør
- om CO₂ og mikronisert marmor kan brukes når man ikke har fullrensing eller sandfilter
- vurdere vannets pH og dens betydning for korrosjon
- vurdere om en delstrøm av vannet kan surgjøres med CO₂ for å løse opp mikronisert marmor
- om det er mulig å utvikle en enkel og billig sensor for måling av korrosjon

11.0 REFERANSER

1. Korrosjonskontroll av drikkevann - situasjonen i Norge primo 1989.
Svein Erik Moen, NORVAR, august 1989.
2. Håndbok om innvendig korrosjon av vannledninger.
NTNFs program for drikkevannsforskning (1982 - 88).
3. Korrosjonskontroll ved bruk av mikronisert marmor og CO₂.
Bjørnar Eikebrokk, SINTEF NHL, mai 1989.
4. Alkalisering av drikkevann, korrosjonskontroll. Alkalisering og karbonatisering ved Eidsberg Vannverk, delrapport 4. Eilen A. Vik, Einar Bjerkelund, april 1985.
5. Betydningen av korrosjon i ledningsnettet i Oslo vannverk.
Resultater fra testkjøring på Bekkelaget. Delrapport O-8634, Oslo 11.04.89.
Eilen A. Vik, Ph.D., Trine-Line Nilsen, Arne Lundar,
Aquateam - Norsk Vannteknologisk Senter A/S.
6. Korrosjonskontroll, forsøk med kalk/CO₂.
Sør-Odal vannverk, Sør Odal, Nes kommune. April 1987.
Thorleif Hals, Hydrogas Norge A/S.
7. Korrosjonsmålinger ved Nedre Romerike Vannverk A/L.
Stein Wold Østerhus, SINTEF NHL.

12.0 TABELLER, VEDLEGG OG FIGURER

12.1 Tabeller og vedlegg

Tabell 1a)	Oversikt over kjemikaliedosering, november 1990
Tabell 1b)	Oversikt over kjemikaliedosering, desember 1990
Tabell 1c)	Oversikt over kjemikaliedosering, januar 1991
Tabell 1d)	Oversikt over kjemikaliedosering, februar 1991
Tabell 1e)	Oversikt over kjemikaliedosering, mars 1991
Tabell 1f)	Oversikt over kjemikaliedosering, april 1991
Tabell 1g)	Oversikt over kjemikaliedosering, mai 1991
Tabell 1h)	Oversikt over kjemikaliedosering, juni 1991
Tabell 1i)	Oversikt over kjemikaliedosering, juni 1991
Tabell 1j)	Oversikt over kjemikaliedosering, juli 1991
Tabell 1k)	Oversikt over kjemikaliedosering, august 1991
Tabell 2a)	Dosering og oppløsning av mikronisert marmor
Tabell 2b)	Dosering og oppløsning av mikronisert marmor
Tabell 3a)	Oppløsningshastighet for mikronisert marmor, fase 1
Tabell 3b)	Oppløsningshastighet for mikronisert marmor, fase 2
Tabell 4a)	Prøvepunkter på ledningsnett
Tabell 4b)	Oversikt over armatur og rørlengder for tappested
Tabell 4c)	Analyseresultater av tungmetall i henstandsvann, desember-90
Tabell 4d)	Analyseresultater av tungmetall i henstandsvann, februar-91
Tabell 4e)	Analyseresultater av tungmetall i henstands-vann, mars-91
Tabell 4f)	Analyseresultater av tungmetall i henstands-vann, mai-91
Tabell 4g)	Analyseresultater av tungmetall i henstands-vann, august-91
Tabell 4h)	Analyseresultater av tungmetall i henstands-vann, august-91
Tabell 5a)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, november 1990, FASE 1
Tabell 5b)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, desember 1990, FASE 1
Tabell 5c)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, januar 1991, FASE 1
Tabell 5d)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, februar 1991, FASE 1
Tabell 5e)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, mars 1991, FASE 2
Tabell 5f)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, april 1991, FASE 2
Tabell 5g)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, mai 1991, FASE 2
Tabell 5h)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, juni 1991, FASE 2

Tabell 5i)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, juni 1991, FASE 3
Tabell 5j)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, juli 1991, FASE 3
Tabell 5k)	Analyseresultater av råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, august 1991, FASE 3
Tabell 6	Oversikt over ledningsnett
Vedlegg 1	Godkjenning av Statens Institutt for Folkehelse
Vedlegg 2	Datablad for mikronisert marmor, Acticarb Slurry
Vedlegg 3	Notat fra SINTEF NHL v/dr.ing. Stein Wold Østerhus, 29.05.92.

12.2 Figurer

Fig. 1a)	Flytskjema for fullrenseanlegg - NRV, med korrosjonskontroll
Fig. 1b)	Flytskjema for fullrenseanlegg - NRV, med korrosjonskontroll
Fig. 1c)	Flytskjema for fullrenseanlegg - NRV
Fig. 2a)	Skisse av doseringsutstyr for mikronisert marmor benyttet under forsøket
Fig. 2b)	Skisse av permanent doseringsutstyr for mikronisert marmor
Fig. 3	Prøvetakingspunkter i anlegget
Fig. 4a),4b),4c),4d),4e),4f),4g) og 4h)	Oppløsningshastighet for mikronisert marmor FASE 1
Fig. 4i),4j),4k),4l) og 4m)	Oppløsningshastighet for mikronisert marmor FASE 2
Fig. 5a)	Oversikt over pH, alkalitet, kalsium og aluminium på råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, FASE 1
Fig. 5b)	Oversikt over pH, alkalitet, kalsium og aluminium på råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, FASE 2
Fig. 5c)	Oversikt over pH, alkalitet, kalsium og aluminium på råvann, forsyningsvann og vann på ledningsnett, FASE 3
Fig. 6	Oversikt over dosering av alkalie og kostnad
Fig. 7a)	Korrosjonshastighet av duktilt støpejern ved ulike vannhastigheter
Fig. 7b)	Korrosjonshastighet av stål ved ulike vannhastigheter
Fig. 7c)	Korrosjonshastighet av kobber ved ulike vannhastigheter
Fig. 8	Nåverdi av karbonatisering
Fig. 9	Nåverdi av 5 års øket levetid for ledninger og installasjoner
Fig. 10	Nåverdi av % øket levetid

TABELLER OG VEDLEGG

Tabell 1a) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 1,
NOVEMBER 1990

Dato	mg/l ALG	m / l CaCO ₃	mg/l Polymer
01.11.90	33,0	30,8	0,05
02.11.90	32,9	30,8	0,05
05.11.90	37,4	30,8	0,05
06.11.90	36,8	30,0	0,05
07.11.90	36,5	30,0	0,05
08.11.90	35,3	29,2	0,05
09.11.90	28,2	22,2	0,05
11.11.90	24,3	-	-
12.11.90	30,0	28,5	0,05
13.11.90	36,5	26,7	0,05
14.11.90	34,4	30,8	0,05
15.11.90	37,0	29,5	0,05
16.11.90	35,8	27,5	0,05
17.11.90	34,4	-	-
18.11.90	33,9	-	0,05
19.11.90	34,1	28,5	0,05
20.11.90	34,3	28,0	0,05
21.11.90	34,2	27,8	0,05
22.11.90	33,1	27,5	0,05
23.11.90	35,1	28,3	0,05
26.11.90	35,4	28,0	0,05
27.11.90	32,2	27,3	0,05
28.11.90	30,9	27,3	0,05
29.11.90	31,3	27,5	0,05
30.11.90	32,0	27,5	0,05
Antall n	25	22	22
Gj.snitt	33,5	28,4	0,05
St.avvik	3,0	1,9	-

Forklaring til forkortelser:

ALG er betegnelsen på aluminiumsulfat fra Kemira/Ferriklor a/s
CaCO₃ er mikronisert kalsiumkarbonat, beregnet som 200%-ig vare
Polymer er en polyelektrolytt, type Magnafloc LT 22S.
NaOH er kaustisk soda eller lut og er beregnet som 100%-ig vare.

Tabell 1b) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 1,
DESEMBER 1990

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
03.12.90	30,6	28,0	0,06	-
04.12.90	30,5	27,8	0,06	-
05.12.90	33,8	27,8	0,06	-
06.12.90	33,4	31,8	0,06	-
07.12.90	34,2	30,5	0,06	2,4*
10.12.90	36,1	32,5	0,06	2,4*
11.12.90	37,2	33,5	0,06	2,4*
12.12.90	36,2	33,3	0,06	2,4*
13.12.90	38,3	32,5	0,06	2,5*
14.12.90	36,3	32,8	0,06	2,5*
17.12.90	35,1	33,0	0,06	2,5*
18.12.90	35,6	32,9	0,06	2,5*
19.12.90	36,2	32,1	0,06	2,5*
20.12.90	35,9	32,1	0,06	2,5*
21.12.90	36,3	30,5	0,06	2,6*
27.12.90	35,0	32,0	0,06	2,6*
Antall n	16	16	16	12
Gj.snitt	35,0	31,4	0,06	2,5
St.avvik	2,1	2,0	-	0,1

Forklaringer til forkortelser som for tabell 1a).

* Målingene er gj.snittsverdi over 1 uke.

Tabell 1c)

OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 1,
JANUAR 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
02.01.91	-	30,8	0,09	2,5
03.01.91	37,3	30,2	0,09	2,6
04.01.91	34,7	30,7	0,09	2,6
07.01.91	35,3	31,8	0,09	2,6
08.01.91	34,9	30,6	0,09	2,6
09.01.91	34,6	31,8	0,09	2,6
10.01.91	35,6	31,7	0,09	2,8
11.01.91	35,9	30,7	0,09	2,8
14.01.91	34,1	30,6	0,09	2,8
15.01.91	34,2	30,7	0,09	2,8
16.01.91	35,1	31,2	0,09	2,8
17.01.91	34,8	31,7	0,09	2,8
18.01.91	35,6	32,4	0,09	2,8
21.01.91	36,8	31,9	0,09	2,8
22.01.91	34,9	31,3	0,09	2,8
23.01.91	38,0	29,5	0,09	2,8
24.01.91	37,4	30,3	0,09	2,8
25.01.91	37,2	30,4	0,09	2,8
28.01.91	35,7	30,0	0,09	2,8
29.01.91	36,1	28,0	0,09	2,8
30.01.91	38,0	26,9	0,09	2,8
31.01.91	37,1	30,6	0,09	2,8
Antall n	21	22	22	22
Gj.snitt	36,0	30,6	0,09	2,7
St.avvik	1,33	1,26	-	0,1

Forklaringer til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1d)

OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 1,
FEBRUAR 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
01.02.91	35,9	27,4	0,08	2,8
04.02.91	34,7	29,6	0,08	2,8
05.02.91	34,7	29,4	0,08	2,8
06.02.91	33,3	27,6	0,08	2,8
07.02.91	33,7	27,9	0,08	2,8
08.02.91	33,9	27,8	0,08	3,2
11.02.91	36,0	28,2	0,08	3,2
12.02.91	37,2	32,3	0,08	3,2
13.02.91	35,7	29,6	0,08	3,2
14.02.91	35,7	33,0	0,08	3,2
15.02.91	35,8	33,0	0,08	3,2
18.02.91	36,4	27,7	0,08	3,2
19.02.91	35,3	28,4	0,08	3,2
20.02.91	36,3	25,6	0,08	3,2
Antall n	14	14	14	14
Gj.snitt	35,3	29,0	0,08	3,0
St.avvik	1,1	2,3	-	0,2

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1e) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 2, MARS 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
07.03.91	31,5	58,2	0,09	8,0
08.03.91	35,6	51,3	0,09	8,0
09.03.91	35,9	-	0,09	8,0
11.03.91	38,3	49,3	0,09	8,0
12.03.91	36,2	48,2	0,09	8,0
13.03.91	35,3	48,7	0,09	8,9
14.03.91	38,3	50,1	0,09	8,9
15.03.91	35,6	49,7	0,09	8,9
18.03.91	34,5	49,2	0,09	8,9
19.03.91	34,5	50,3	0,09	8,9
20.03.91	35,9	49,6	0,09	8,7
21.03.91	37,6	50,5	0,09	8,7
22.03.91	39,2	51,2	0,09	8,7
25.03.91	40,6	52,0	0,09	8,7
26.03.91	33,5	53,6	0,09	8,7
27.03.91	31,0	53,2	0,09	8,7
Antall n	16	15	16	16
Gj.snitt	36,2	51,0	0,09	8,5
St.avvik	1,1	2,3	-	0,4

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1f) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 2, APRIL 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
02.04.91	34,4	52,7	0,13	8,7
03.04.91	35,9	52,3	0,13	8,7
04.04.91	35,8	52,0	0,13	9,8
05.04.91	34,5	51,7	0,13	9,8
08.04.91	34,3	51,3	0,13	9,8
09.04.91	33,9	50,6	0,13	9,8
10.04.91	37,4	51,7	0,13	9,7
11.04.91	34,5	51,1	0,13	9,7
12.04.91	36,9	55,1	0,13	9,7
15.04.91	36,1	53,7	0,13	9,7
16.04.91	37,9	53,6	0,13	9,7
17.04.91	40,2	54,4	0,13	9,2
18.04.91	39,2	53,2	0,13	9,2
19.04.91	40,0	53,6	0,13	9,2
22.04.91	37,9	52,8	0,13	9,2
23.04.91	37,9	52,6	0,13	9,2
24.04.91	38,0	53,1	0,13	9,3
25.04.91	36,4	54,2	0,13	9,3
26.04.91	36,3	53,8	0,13	9,3
29.04.91	38,2	51,2	0,13	9,3
30.04.91	35,5	52,2	0,13	9,3
Antall n	21	21	21	21
Gj.snitt	36,7	52,7	0,13	9,4
St.avvik	1,87	1,2	-	0,34

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1g) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 2,
MAY 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
02.05.91	34,9	52,7	0,095	8,4
03.05.91	33,8	50,3	0,095	8,4
06.05.91	34,6	54,2	0,095	8,4
07.05.91	35,4	-	0,095	8,4
08.05.91	35,0	49,6	0,095	8,4
09.05.91	36,7	-	0,095	8,4
10.05.91	37,5	48,2	0,095	9,3
13.05.91	34,3	45,8	0,095	9,3
14.05.91	33,4	48,5	0,095	9,3
15.05.91	35,9	49,7	0,095	9,3
16.05.91	34,5	48,4	0,095	9,1
21.05.91	35,9	49,0	0,095	9,1
22.05.91	39,5	49,4	0,095	9,1
23.05.91	37,4	44,3	0,095	9,1
24.05.91	38,0	51,2	0,095	9,4
27.05.91	33,6	48,6	0,095	9,4
28.05.91	37,7	47,8	0,095	9,4
30.05.91	35,2	48,0	0,095	9,4
31.05.91	39,0	57,0	0,095	9,4
Antall n	19	17	19	19
Gj.snitt	35,9	49,6	0,095	9,0
St.øvik	1,8	3,0	-	0,4

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1h) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 2, JUNI 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
03.06.91	43,9	56,4	0,09	9,1
04.06.91	41,3	57,3	0,09	9,1
05.06.91	34,8	54,7	0,09	9,1
06.06.91	36,7	56,8	0,09	9,1
07.06.91	37,5	56,1	0,09	9,1
Antall n	5	5	5	5
Gj.snitt	38,8	56,3	0,09	9,1
St.øvik	3,7	1,0	-	0,2

Tabell 1i) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 3, JUNI 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
19.06.91	30,8	0	0,09	12,5
20.06.91	30,9	0	0,09	12,5
21.06.91	30,1	0	0,09	12,5
24.06.91	29,1	0	0,09	12,5
25.06.91	35,8	0	0,09	12,5
26.06.91	34,3	0	0,09	12,5
27.06.91	35,2	0	0,09	12,5
28.06.91	34,5	0	0,09	12,5
Antall n	8	-	8	8
Gj.snitt	32,6	-	0,09	12,5
St.øvik	2,6	-	0	-

Forklaring til forkortelser som tabell 1a)
* Gjennomsnittlig verdi for perioden

Tabell 1k) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 3,
AUGUST 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH mg/l
01.08.91	33,3	-	0,09	12,5
02.08.91	33,6	-	0,09	12,5
05.08.91	36,1	-	0,09	12,5
06.08.91	33,7	-	0,09	12,5
07.08.91	32,5	-	0,09	12,5
08.08.91	32,5	-	0,09	12,5
09.08.91	31,3	-	0,09	12,5
12.08.91	35,6	-	0,09	12,5
13.08.91	34,4	-	0,09	12,5
14.08.91	35,5	-	0,09	12,5
15.08.91	35,0	-	0,09	12,5
16.08.91	34,9	-	0,09	12,5
19.08.91				
20.08.91				
21.08.91				
22.08.91	32,5	-	0,09	12,5
23.08.91	32,9	-	0,09	12,5
26.08.91	33,9	-	0,09	12,5
27.08.91				
28.08.91				
Antall	15	-	15	20
Gj.snitt	33,8	-	0,09	12,5
St.avvik	1,4	-	-	-

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

Tabell 1j) OVERSIKT OVER KJEMIKALIEDOSERING FASE 3,
JULI 1991

Dato	ALG mg/l	CaCO ₃ mg/l	Polymer mg/l	NaOH* mg/l
01.07.91	33,3	-	0,09	12,6
02.07.91	33,6	-	0,09	12,6
03.07.91	32,3	-	0,09	12,6
04.07.91	34,0	-	0,09	12,6
05.07.91	36,1	-	0,09	12,6
08.07.91	33,7	-	0,09	12,6
09.07.91	32,5	-	0,09	12,6
10.07.91	32,5	-	0,09	12,6
11.07.91	33,0	-	0,09	12,6
12.07.91	31,3	-	0,09	12,6
15.07.91	35,6	-	0,09	12,6
16.07.91	34,4	-	0,09	12,6
17.07.91	35,5	-	0,09	12,6
18.07.91	35,0	-	0,09	12,6
19.07.91	34,9	-	0,09	12,6
22.07.91	32,5	-	0,09	12,6
23.07.91	32,9	-	0,09	12,6
24.07.91	34,0	-	0,09	12,6
26.07.91	33,9	-	0,09	12,6
29.07.91	34,2	-	0,09	12,6
30.07.91	32,4	-	0,09	12,6
31.07.91	32,6	-	0,09	12,6
Antall n	22	-	22	22
Gj.snitt	33,6	-	0,09	12,6
St.avvik	1,25	-	-	-

Forklaring til forkortelser som for tabell 1a)

* Gjennomsnittlig verdi for perioden

Tabell 2a) DOSERING OG OPPLØSNING AV MIKRONISERT NARMOR FASE 1

Prøve	Dato	DOSERING mg/l			ANALYSER	
		ALG	CaCO ₃	Ca	mg Ca/l	% oppløst
RV	07.11.90	36,5	30,0	12,0	4,8	-
PV	07.11.90	-	-	-	15,8	94,1
RV	14.11.90	34,4	30,8	12,3	5,1	-
PV	14.11.90	-	-	-	16,9	97,1
RV	21.11.90	34,2	27,8	11,1	5,2	-
PV	21.11.90	-	-	-	14,8	90,1
RV	28.11.90	30,9	27,3	10,9	5,1	-
PV	28.11.90	-	-	-	14,2	88,7
RV	05.12.90	33,8	27,8	11,1	5,2	-
PV	05.12.90	-	-	-	14,6	89,6
RV	12.12.90	36,2	33,3	13,3	5,2	-
PV	12.12.90	-	-	-	16,7	90,0
RV	19.12.90	36,2	32,1	12,8	5,4	-
PV	19.12.90	-	-	-	17,2	94,5
RV	27.12.90	35,0	32,1	12,8	5,7	-
PV	27.12.90	-	-	-	16,8	90,8
RV	09.01.91	34,6	31,8	12,7	5,3	-
PV	09.01.91	-	-	-	15,9	88,3
RV	16.01.91	35,1	31,2	12,5	5,8	-
PV	16.01.91	-	-	-	16,7	94,4
RV	23.01.91	38,0	29,5	11,8	5,7	-
PV	23.01.91	-	-	-	16,8	96,0
RV	30.01.91	38,0	26,9	10,7	5,4	-
PV	30.01.91	-	-	-	15,0	93,2
RV	06.02.91	33,7	27,6	11,0	5,8	-
PV	06.02.91	-	-	-	14,8	88,1
RV	13.02.91	35,7	29,6	11,8	5,6	-
PV	13.02.91	-	-	-	16,2	93,1
RV	20.02.91	36,3	25,6	10,2	5,1	-
PV	20.02.91	-	-	-	14,9	97,4
Antall n		15	15	15	-	15
Gj.snitt		35,2	29,6	11,8	-	92,4
St.avvik		1,8	2,3	0,9	-	3,2

RV = råvann
PV = forsyningsvann

Tabell 2b) DOSERING OG OPPLØSNING AV MIKRONISERT NARMOR FASE 2

Prøve	Dato	DOSERING mg/l			ANALYSER	
		ALG	CaCO ₃	Ca	mg Ca/l	% oppløst
RV	06.03.91	35,5	53,0	21,2	5,5	-
PV	06.03.91	-	-	-	23,4	87,6
RV	13.03.91	35,3	48,7	19,5	5,2	-
PV	13.03.91	-	-	-	21,3	86,2
RV	20.03.91	35,9	49,6	19,8	6,4	-
PV	20.03.91	-	-	-	23,0	87,8
RV	03.04.91	35,9	52,3	20,9	5,95	-
PV	03.04.91	-	-	-	22,3	83,1
RV	10.04.91	37,4	51,7	20,6	5,1	-
PV	10.04.91	-	-	-	23,1	89,9
RV	17.04.91	40,2	54,4	21,8	4,4	-
PV	17.04.91	-	-	-	23,6	90,0
RV	24.04.91	38,0	53,1	21,2	5,2	-
PV	24.04.91	-	-	-	24,2	91,6
RV	30.04.91	35,5	52,2	20,9	5,6	-
PV	30.04.91	-	-	-	24,1	90,9
RV	08.05.91	35,0	49,6	19,8	6,1	-
PV	08.05.91	-	-	-	24,8	95,8
RV	15.05.91	35,9	49,7	19,9	5,5	-
PV	15.05.91	-	-	-	22,2	87,4
RV	22.05.91	39,5	49,4	19,8	5,8	-
PV	22.05.91	-	-	-	22,8	89,1
RV	29.05.91	-	-	19,2	4,9	-
PV	29.05.91	-	-	-	22,9	95,0
RV	05.06.91	34,8	54,7	21,8	6,4	-
PV	05.06.91	-	-	-	25,1	89,0
Antall n		12	13	13	13	13
Gj.snitt		36,5	51,3	20,4	5,5/23,3	89,5
St.avvik		1,8	2,2	0,9	0,6/1,0	3,4

RV = råvann
PV = forsyningsvann

TABELL.3 a) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 1

Dato	Parameter Prøve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14.12.90	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	5,8 11,8 63,8	5,7 12,5 67,6	8,7 12,9 69,7	9,5 13,1 70,8	9,1 13,7 74,2	- - -	- - -	- - -	- - -	93 16,2 87,7	96,5 16,8 90,9	143,0 16,7 90,1	188,0 16,5 89,3	278,0 16,6 90,0	- 5,4 -
18.12.90	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,5 13,3 71,8	6,7 13,3 71,8	7,3 14,3 77,3	9,0 13,9 75,0	9,5 13,9 75,0	- - -	- - -	- - -	- - -	93,0 17,0 91,9	96,5 16,9 91,3	143,0 16,9 91,3	188,0 16,9 91,3	278,0 17,0 91,9	- 5,4 -
27.12.90	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,5 13,2 71,4	6,3 13,4 72,4	7,1 14,6 78,9	7,6 20,2 78,9	8,9 20,4 79,7	- - -	- - -	- - -	- - -	93,0 16,4 88,7	96,5 17,1 92,4	143,0 17,0 91,9	188,0 16,7 90,3	278,0 16,4 88,7	- 5,7 -
11.01.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	5,5 13,4 72,8	5,5 13,5 73,4	7,5 14,3 77,7	8,2 18,2 77,1	8,8 17,6 74,5	- - -	- - -	- - -	- - -	93,0 17,3 94,0	96,5 17,3 94,0	143,0 18,0 97,8	188,0 17,7 96,2	278,0 17,7 96,2	- 5,4 -
21.01.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,3 12,0 63	5 - -	7 13,4 70,5	7,5 18,7 76,3	6,9 18,2 74,3	41,5 14,8 77,9	49,3 14,2 74,7	56,8 14,2 74,7	65,5 15,0 78,9	93,0 16,5 86,8	96,5 16,5 86,8	143,0 16,2 85,3	188,0 16,7 87,9	272,0 16,7 87,9	- 6,2 -
28.01.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,0 12,8 75,7	5,1 12,9 76,3	8,7 13,9 82,2	9,0 13,8 81,7	9,5 13,4 79,3	41,0 14,6 86,4	49,2 14,2 84,0	56,8 14,0 92,8	64,0 14,3 84,6	93,0 16,1 95,3	96,5 16,0 94,6	143,0 15,9 94,1	188,0 16,0 94,6	278,0 16,1 95,3	- 4,9 -
01.02.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,0 11,8 72,4	4,8 12,8 78,5	7,0 12,8 78,5	8,8 12,5 76,7	9,0 12,7 77,9	41,0 13,4 82,2	49,2 13,1 80,4	56,8 13,5 82,8	64,0 13,4 82,2	93,0 14,8 90,8	96,5 14,8 90,8	143,0 14,9 91,4	188,0 14,8 90,8	278,0 15,0 92,0	- 5,3 -
11.02.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,0 11,9 69,6	5,0 13,5 78,9	7,0 13,6 79,5	8,5 13,6 79,5	9,0 13,4 78,4	41,3 13,8 80,7	49,2 14,0 85,9	56,8 13,9 81,3	69,2 13,7 80,1	93,0 14,8 86,6	96,5 15,1 88,3	143,0 15,3 89,5	188,0 15,3 89,5	278,0 15,3 89,5	- 5,8 -

Prøvene er tatt ut ra forskjellige steder i anlegget, se fig. 3

Reaksjonstiden er oppholdstiden i anlegget pluss medgått tid til filtrering av 50 ml prøve, se også fig. 4 a) - 4 h)

TABELL 3 b) OPPLØSNINGSIÅSTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2

Dato	Parameter Prøve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12.04.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,7 20,5 76,2	5,3 21,5 79,9	7,1 22,2 82,5	9,1 22,3 82,9	10,2 23,5 87,4	43,5 22,5 83,6	50,4 22,2 82,5	56,7 22,5 83,6	61,8 23,9 88,8	90,0 24,2 90,0	93,0 24,0 89,2	141,8 23,1 85,9	189,0 22,9 85,1	282,0 24,7 91,8	- 4,9 -
26.04.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,2 19,7 73,2	5,1 19,2 71,4	7,1 19,9 74,0	7,8 19,3 71,7	9,8 20,4 75,8	40,6 22,3 82,9	48,4 22,0 81,8	57,7 22,6 84,0	62,0 22,4 83,3	90,0 24,1 89,6	93,6 24,7 91,8	141,8 23,7 88,1	189,0 24,0 89,2	282,0 24,3 90,3	- 5,6 -
03.05.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,0 22,0 85,9	5,4 19,7 77,0	8,1 20,1 78,5	7,6 20,2 78,9	8,9 20,4 79,7	39,6 21,0 82,0	48,6 21,4 83,6	56,4 21,6 84,4	63,1 21,2 82,8	90,0 22,6 88,3	93,6 23,3 91,0	141,8 23,0 89,8	189,0 23,2 90,6	282,0 23,5 91,8	- 5,6 -
13.05.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	3,2 17,4 73,7	4,7 16,0 67,8	6,6 17,9 75,8	8,2 18,2 77,1	8,8 17,6 74,5	35,8 18,7 79,2	45,0 18,7 79,2	51,8 18,4 78,0	59,9 18,7 79,2	83,2 21,1 89,4	86,5 21,7 91,9	130,0 21,3 90,3	173,5 20,8 88,1	259,6 21,1 89,4	- 5,3 -
24.05.91	Reaksj.tid i min. mg Ca/l løst % løst	2,7 18,7 76,3	3,9 17,8 72,7	5,8 19,2 78,4	7,5 18,7 76,3	6,9 18,2 74,3	31,7 18,1 73,9	36,9 18,1 73,9	41,8 18,0 70,6	49,2 18,1 73,9	69,6 20,0 81,6	72,4 21,2 86,5	109,0 20,7 84,5	146,2 20,1 82,0	219,6 20,4 83,3	- 4 -

Prøvene er tatt ut fra forskjellige steder i anlegget, se fig. 3

Reaksjonstiden er oppholdstiden i anlegget pluss medgått tid til filtrering av 50 ml prøve, se også fig. 4 i) - 4 m)

Tabell 4a) PRØVEPUNKTER PÅ LEDNINGSNETT

Prøve mkk	Prøvested
A-1	Skedsmotun, Sykehjem
A-2	
A-3	
A-4	
A-5	
B-1	Lørenskog Alders og Sykehjem
B-2	
B-3	
B-4	
B-5	
C-1	Bakkehuset, Sykehjem
C-2	
C-3	
C-4	
C-5	
D-1	Lillestrøm Bo og Servicesenter
D-2	
D-3	
D-4	
D-5	
E-1	Lillestrøm Videregående Skole
E-2	
E-3	
E-4	
E-5	

Tabell 4b) OVERSIKT OVER ARMATUR OG RØRLÆNGDER FOR TAPPESTED

Prøvested	Armatur		Rør	
	Type	Dim. mm Ø	Materiale	Dim. mm Ø Lengde m
Skedsmotun	1	22	Kobbex	13 10
Lørenskog Alders og sykehjem	1	22	"	13 2 19 10
Lillestrøm Bo og Servicesenter	2	22	"	15 ?
Bakkehuset	2	22	"	16 1
Sykehjem Lillestrøm Videreg. skole				19 4

Forklaring til tabellen:

Vedr. armaturer:

Type 1 er blandebeholder med svingbar tut og kran for varmt og kaldt vann.

Type 2 er enhånds blandebeholder med svingbar tut

Vedr. rør:

Materiale er kobber for alle prøvepunkter. Ellers er det i tillegg også oppgitt utvendig rørdimensjon og lengde på rør til forgrening.

Tabell 4d) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 1

Prøve mrk.	pH	Alk. *	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1	8,6	0,60	<3,8	<0,14	24	<20
A-2	8,3	0,58	<3,8	<0,14	<10	<20
A-3	8,4	0,60	<3,8	<0,14	<10	<20
A-4	8,5	0,61	<3,8	<0,14	<10	<20
A-5	8,5	0,61	<3,8	<0,14	<10	<20
B-1	8,0	0,66	<3,8	0,1	379	209
B-2	8,3	0,53	<3,8	<0,14	19	23
B-3	8,4	0,54	<3,8	<0,14	12	27
B-4	8,4	0,55	<3,8	<0,14	11	25
B-5	8,5	0,54	<3,8	<0,14	10	25
C-1	8,3	0,53	<3,8	<0,14	24	128
C-2	8,1	0,54	<3,8	<0,14	<10	25
C-3	8,1	0,55	<3,8	<0,14	<10	23
C-4	8,0	0,54	<3,8	<0,14	<10	26
C-5	8,0	0,53	<3,8	<0,14	<10	23
D-1	8,4	0,58	<3,8	<0,14	73	66
D-2	8,5	0,54	<3,8	<0,14	<10	23
D-3	8,5	0,54	<3,8	<0,14	<10	20
D-4	8,5	0,55	<3,8	<0,14	<10	21
D-5	8,5	0,53	<3,8	<0,14	<10	21
E-1	8,3	0,55	5,9	<0,14	93	164
E-2	8,3	0,64	<3,8	<0,14	15	110
E-3	8,0	0,61	<3,8	<0,14	11	92
E-4	8,0	0,60	<3,8	<0,14	<10	87
E-5	8,0	0,58	<3,8	<0,14	<10	62

Grænseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: <300 ppb (ug/l)
 Cu: <100 ppb (ug/l)

Dato for prøveuttak: A1 - A5 13.02.91
 B1 - B5 12.02.91
 C1 - C5 08.02.91
 D1 - D5 08.02.91
 E1 - E5 11.02.91

Tabell 4c) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 1

Prøve mrk.	pH	Alk. *	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1	8,4	0,63	<3,8	0,27	30	31
A-2	8,4	0,59	<3,8	0,21	<10	<20
A-3	8,4	0,60	<3,8	0,14	<10	<20
A-4	8,5	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
A-5	8,5	0,58	<3,8	0,14	<10	<20
B-1	7,9	0,61	<3,8	0,14	498	280
B-2	8,2	0,59	<3,8	0,14	40	85
B-3	8,3	0,58	<3,8	0,14	24	101
B-4	8,3	0,59	<3,8	0,14	21	61
B-5	8,2	0,59	<3,8	0,14	26	55
C-1	8,6	0,59	<3,8	0,26	47	119
C-2	8,2	0,59	<3,8	0,20	<10	<20
C-3	8,0	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
C-4	8,2	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
C-5	8,1	0,58	<3,8	0,14	<10	<20
D-1	8,2	0,64	<3,8	0,14	<10	60
D-2	8,1	0,58	<3,8	0,14	<10	<20
D-3	8,2	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
D-4	8,3	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
D-5	8,2	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
E-1	8,0	0,60	<3,8	0,14	18	103
E-2	8,0	0,60	<3,8	0,14	<10	34
E-3	8,0	0,58	<3,8	0,14	<10	<20
E-4	7,9	0,59	<3,8	0,14	<10	<20
E-5	7,9	0,59	<3,8	0,14	<10	<20

Grænseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: <300 ppb (ug/l)
 Cu: <100 ppb (ug/l)

Dato for prøveuttak: A1 - A5 12.12.90
 B1 - B5 13.12.90
 C1 - C5
 D1 - D5 14.12.90
 E1 - E5

Tabell 4e) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 2

Prove nrk./T	pH	Alk.*	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1/19	8,1	1,40	<3,8	<0,14	50	97
A-2/9	8,2	1,15	<3,8	<0,14	<10	29
A-3/7	8,2	1,11	<3,8	<0,14	<10	<20
A-4/5	8,3	1,12	<3,8	<0,14	<10	<20
A-5/4	8,3	1,12	<3,8	<0,14	<10	<20
B-1/-	7,8	1,06	4,9	<0,14	446	360
B-2/-	8,2	1,15	<3,8	<0,14	22	62
B-3/-	8,2	1,15	<3,8	<0,14	13	61
B-4/-	8,2	1,16	<3,8	<0,14	12	59
B-5/-	8,2	1,17	<3,8	<0,14	13	54
C-1/-	8,2	1,15	<3,8	0,67	44	460
C-2/-	8,2	1,13	<3,8	<0,14	<10	53
C-3/-	8,1	1,14	<3,8	<0,14	<10	43
C-4/-	8,2	1,12	<3,8	<0,14	<10	31
C-5/-	8,2	1,11	<3,8	<0,14	<10	38
D-1/-	8,1	1,24	<3,8	0,96	123	195
D-2/-	8,2	1,12	<3,8	<0,14	<10	53
D-3/-	8,2	1,16	<3,8	<0,14	<10	45
D-4/-	8,2	1,11	<3,8	0,66	<10	43
D-5/-	8,1	1,14	<3,8	<0,14	<10	41
E-1/-	8,2	1,14	4,8	0,20	138	332
E-2/-	8,1	1,11	<3,8	<0,14	13	308
E-3/-	8,2	1,13	<3,8	<0,14	<10	70
E-4/-	8,1	1,11	<3,8	<0,14	<10	53
E-5/-	8,1	1,12	<3,8	<0,14	<10	49

Grenseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 *Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: <300 ppb (ug/l)
 Cu: <100 ppb (ug/l)

Dato for prøvetak: A1 - A5 10.04.91
 B1 - B5 8.04.91
 C1 - C5 12.04.91
 D1 - D5 11.04.91
 E1 - E5 12.04.91

T i første rubrikk står for temperatur som ble målt ved uttak av prøver.

Tabell 4f) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 2

Prove nrk./T	pH	Alk.*	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1/21	8,0	1,14	<3,8	<0,14	36	76
A-2/12	8,0	1,05	<3,8	<0,14	13	19
A-3/10	7,9	1,05	<3,8	<0,14	15	23
A-4/9	7,9	1,05	<3,8	<0,14	10	19
A-5/9	8,0	1,06	<3,8	<0,14	12	18
B-1/24	7,9	1,12	49,3	<0,14	695	371
B-2/20	8,1	1,11	4,3	<0,14	50	209
B-3/18	8,1	1,07	<3,8	<0,14	39	125
B-4/13	8,1	1,06	<3,8	<0,14	35	72
B-5/11	8,0	1,07	<3,8	<0,14	25	65
C-1/25	8,0	1,09	<3,8	<0,14	56	337
C-2/33	8,2	1,05	<3,8	<0,14	23	132
C-3/32	8,2	1,08	<3,8	<0,14	22	207
C-4/31	8,2	1,06	<3,8	<0,14	17	193
C-5/29	8,1	1,10	<3,8	<0,14	22	263
D-1/20	8,1	1,14	<3,8	<0,14	91	173
D-2/9	7,9	1,06	<3,8	<0,14	14	61
D-3/7	7,9	1,07	<3,8	<0,14	10	43
D-4/7	8,0	1,07	<3,8	<0,14	20	44
D-5/7	7,8	1,06	<3,8	<0,14	13	56
E-1/16	8,1	1,12	<3,8	<0,14	334	334
E-2/16	8,0	1,13	<3,8	<0,14	39	228
E-3/14	8,0	1,09	<3,8	<0,14	26	195
E-4/-	8,0	1,11	<3,8	<0,14	23	174
E-5/-	8,0	1,06	<3,8	<0,14	<10	109

Grenseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 *Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: <300 ppb (ug/l)
 Cu: <100 ppb (ug/l)

Dato for prøvetak: A1 - A5 22.05.91
 B1 - B5 21.05.91
 C1 - C5 22.05.91
 D1 - D5 22.05.91
 E1 - E5 22.05.91

T i første rubrikk står for temperatur som ble målt ved uttak av prøver.

Tabell 4g) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 3

Prøve nrk./T	pH	Alk. *	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1/21	8,7	0,33	< 3,8	< 0,14	41	24
A-2/18	8,9	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-3/17	8,9	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-4/17	8,9	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-5/17	8,9	0,31	< 3,6	< 0,14	< 10	< 20
B-1/22	7,8	0,63	103	< 0,14	585	328
B-2/21	7,9	0,38	13,3	< 0,14	51	115
B-3/19	8,1	0,31	5,8	< 0,14	23	49
B-4/17	8,1	0,29	< 3,8	< 0,14	11	< 20
B-5/16	8,2	0,30	< 3,8	< 0,14	13	< 20
C-1/46	8,8	0,29	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-2/48	8,8	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-3/44	8,8	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-4/34	8,9	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-5/46	8,8	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-1/24	8,5	0,33	< 3,8	< 0,19	62	43
D-2/19	8,9	0,30	< 3,8	< 0,16	< 10	< 20
D-3/19	9,0	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-4/19	9,0	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-5/19	8,9	0,30	< 3,8	0,15	< 10	< 20
E-1/21	8,0	0,45	< 3,8	< 0,14	133	127
E-2/24	7,9	0,35	< 3,8	< 0,14	18	48
E-3/26	7,8	0,32	< 3,8	< 0,14	17	50
E-4/27	7,8	0,32	< 3,8	< 0,14	16	49
E-5/28	7,8	0,32	< 3,8	< 0,14	17	43

Grenseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 *Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: < 300 ppb (ug/l)
 Cu: < 100 ppb (ug/l)

Dato for
 prøveuttak: A1 - A5 6.08.91
 B1 - B5 6.08.91
 C1 - C5 7.08.91
 D1 - D5 7.08.91
 E1 - E5 6.08.91

T i første rubrikk står for
 temperatur som ble målt ved
 uttak av prøver.

Tabell 4h) ANALYSERESULTATER AV TUNGMETALL I HENSTANDSVANN
FASE 3

Prøve nrk./T	pH	Alk. *	ppb Pb	ppb Cd	ppb Zn	ppb Cu
A-1/21	8,9	0,30	< 3,8	< 0,14	35	< 20
A-2/17	8,9	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-3/15	9,0	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-4/15	9,0	0,32	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
A-5/15	9,0	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
B-1/20	7,8	0,49	< 3,8	0,20	536	194
B-2/20	7,8	0,37	< 3,8	< 0,14	24	60
B-3/20	7,8	0,31	< 3,8	< 0,14	26	185
B-4/19	7,9	0,29	< 3,8	< 0,14	22	35
B-5/18	7,9	0,29	< 3,8	< 0,14	29	40
C-1/47	8,6	0,30	< 3,8	< 0,14	20	29
C-2/54	8,7	0,30	< 3,8	< 0,14	20	28
C-3/19	8,9	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-4/16	8,7	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
C-5/15	8,2	0,30	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-1/20	8,6	0,30	< 3,8	< 0,14	53	44
D-2/20	8,6	0,29	< 3,8	< 0,14	10	< 20
D-3/16	8,7	0,28	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-4/15	8,8	0,29	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
D-5/15	8,9	0,31	< 3,8	< 0,14	< 10	< 20
E-1/20	7,9	0,30	4,3	< 0,14	71	113
E-2/20	8,1	0,29	< 3,8	< 0,14	19	50
E-3/17	8,4	0,28	< 3,8	< 0,14	13	20
E-4/15	8,4	0,28	< 3,8	< 0,14	11	21
E-5/15	8,2	0,27	< 3,8	< 0,14	11	< 20

Grenseverdi i henhold til SIFF's differensierte normer:

pH: 7,5 - 8,5
 *Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/l
 Pb: < 5 ppb (ug/l)
 Cd: < 1 ppb (ug/l)
 Zn: < 300 ppb (ug/l)
 Cu: < 100 ppb (ug/l)

Dato for
 prøveuttak: A1 - A5 22.08.91
 B1 - B5 22.08.91
 C1 - C5 22.08.91
 D1 - D5 22.08.91
 E1 - E5 22.08.91

T i første rubrikk står for
 temperatur som ble målt ved
 uttak av prøver.

TABELL 5 A
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - NOVEMBER 1990.

ANALYSE	Råvann		Forsyningsvann		I. nett K5		I. nett Sandbekken		I. nett Brånås		I. nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	6,6	1,04	13									
pH	7,1	0,07	13	8,5	0,24	13	8,4	0,17	4	8,3	0,3	4
Alkalitet mmol/l	0,23	0,014	13	0,54	0,032	13	0,54	0,03	4	0,55	0,025	4
ledningsevne mS/m	4,63	0,25	13	11,06	0,59	13	11,18	0,49	4	11,24	0,26	4
Turbiditet FTU	0,86	0,63	13	<0,10	0	13	<0,12	0,04	4	0,39	0,33	4
UV Transmisjon %	74,6	3,72	11	95,7	0,82	11	94,5	1,35	4	94,3	1,07	4
Farge mgPt/l	25	5	13	5,2	0,7	13	6,25	1,44	4	6,9	1,25	4
TOC mg/l	3,4	0,63	12	1,5	0,26	13						
Al mg/l	0,088	0,038	4	0,016	0,005	5	0,027	0,011	4	0,022	0,006	4
Fe mg/l	0,137	0,05	4	0,003	0	1	0,025	0,024	4	0,022	0,017	4
Mn mg/l	0,007	0,002	4	0,006	0	1						
Ca mg/l	5,03	0,18	4	15,4	1,18	4	15,35	0,72	4	15,73	1,01	4
Mg mg/l												
Na mg/l	1,13	0	1	2,77	0	1						
SO ₄ mg/l	6,4	0	2									
Zn ug/l	10,66	4,13	4	6,39	0	1	12,90	1,63	3	17,75	7,9	4
Cd ug/l	<0,14	0	4	<0,14	0	1	<0,14	0	4	<0,14	0	1
Pb ug/l	<3,80	0	4	<3,8	0	1	<3,8	0	4	<3,8	0	4
Cu ug/l	<1,29	0,35	4	<1,0	0	1	3,78	0,91	4	<1,0	0	4
Ni ug/l	0,72	0,34	4									
Cr ug/l	0,38	0,01	4									

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall

TABELL 5 B
 ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - DESEMBER 1990.

ANALYSER	Råvann			Forsyningsvann			I-nett K5			I-nett Sandbekken			I-nett Brånås			I-nett Nittedal		
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	5	0	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7,1	0,03	10	8,5	0,13	10	8,5	0,17	10	8,7	0	3	8,3	0,3	3	8,5	0,2	3
Alkalitet mmol/l	0,24	0,07	10	0,58	0,03	10	0,59	0,03	9	0,59	0,03	3	0,59	0,03	3	0,59	0,05	3
Ledningsevne mS/m	4,86	0,47	10	11,9	0,78	10	11,91	0,89	10	11,63	0,56	3	11,54	0,53	3	11,42	0,59	3
Turbiditet FTU	2,3	5,9	10	<0,1	0	10	<0,10	0	10	<0,10	0	3	0,35	0,14	3	<0,10	0	3
UV Transmisjon %	78,4	7,5	10	95,1	0,54	10	95,2	0,52	10	95,4	0,21	3	95,0	0,55	3	95,4	0,26	3
Farge mgPt/l	20	12,3	10	<5	0	10	<5	0	10	<5	0	3	<5	0	3	<5	0	3
TOC mg/l	2,6	0,3	9	1,3	0,14	9	1,2	0,13	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al mg/l	0,053	0,01	3	0,020	0,01	3	0,015	0,005	3	0,016	0,003	3	0,017	0,004	3	0,019	0,002	3
Fe mg/l	0,103	0,03	3	-	-	-	0,004	0,005	3	0,006	0,004	3	0,027	0,004	3	0,005	0,002	3
Mn mg/l	0,006	0	3	-	-	-	0,005	0,002	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca mg/l	5,28	0,14	3	16,2	1,38	3	16,0	1,17	3	16,55	1,08	3	16,36	1,5	3	16,7	1,1	3
Mg mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na mg/l	1,14	0,006	3	3,05	0,085	3	3,08	0,01	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/l	6,4	-	1	-	-	-	24,0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ug/l	11,2	3,6	3	-	-	-	4,9	1,0	3	8,1	1,9	3	30,2	7,8	3	4,8	1,0	3
Cd ug/l	<0,15	0,017	3	-	-	-	<0,14	0	3	<0,17	0,02	3	0,19	0,03	3	<0,18	0,04	3
Pb ug/l	<3,8	0	3	-	-	-	<3,80	0	3	<3,8	0	3	<3,8	0	3	<3,8	0	3
Cu ug/l	<1,55	0,48	3	-	-	-	<1,0	0	3	<2,84	1,6	3	<1,11	0,19	3	<4,25	5,6	3
Ni ug/l	0,72	0,75	3	-	-	-	<1,03	0,6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr ug/l	0,31	0,02	3	-	-	-	0,79	0,79	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme ukedag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
 Prøvene som tas ut er 1 enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
 S.D. - standardavvik
 n - antall prøver som er analysert og som legges til grunn for verdiremate tall

TABELL 5 C
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - JANUAR 1991

ANALYSER	Råvann		Forsyningsvann		I-nett K5		I-nett Sandbækken		I-nett Brånås		I-nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	4,25	0,6	12	4,25	0,6	12						
pH	7,0	0,04	13	8,6	0,15	13	8,3	0,7	13	8,3	0,26	5
Alkalitet mmol/l	0,25	0,006	13	6,59	0,071	13	0,6	0,12	5	0,6	0,03	5
Ledningsevne mS/m	4,97	0,36	13	11,9	0,24	13	12,1	0,46	13	11,9	0,11	5
Turbiditet FTU	0,7	0,42	13	0,1	0	13	0,1	0	13	0,1	0,0045	5
UV Transmisjon %	78,95	2,9	13	95,2	0,7	13	95,45	0,79	13	95,3	1,29	5
Farge mgPt/l	19,6	1,4	13	< 5	0	13	5	0	13	< 5	0	5
TOC mg/l	2,95	0,277	11	1,4	0,25	11	1,2	0,14	11			3
Al mg/l	0,056	0,03	4	0,337	0,037	5	0,035	0,04	4	0,022	0,02	3
Fe mg/l	0,16	0,03	4				0,045	0,059	0	0,106	0,02	3
Mn mg/l	0,006	0,0005	4	0,306	0,0008	4	0,007	0,0005	4			1
Ca mg/l	5,6	0,23	4	16,1	0,86	4	16,2	0,89	6	16,1	0,8	3
Mg mg/l	0,89	0,1	4	1,86	0,03	4	0,85	0,035	4			3
Na mg/l	1,2	0,04	4	3,46	0,16	4	3,5	0,17	4			1
SO ₄ mg/l	6,4	0	2				21,4	0,57	2			
Zn ug/l	11,5	3	4	4,7		1	5,9	1,56	4	45,1	43,4	3
Cd ug/l	< 0,14	0	4	< 0,14		1	< 0,14	0	4	< 0,14	0	3
Pb ug/l	4	0,35	4	< 3,8		1	< 3,8	0	4	< 3,8	0	3
Cu ug/l	1,57	0,2	4	1		1	1	0	4	4,4	0,37	3
Ni ug/l	1,3	0,5	4	1,1		1				1,0	0,06	3
Cr ug/l	0,32	0,05	4	0,3		1						

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbækken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1 l. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5 D
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - FEBRUAR 1991.

ANALYSER	Råvann			Forsyningsvann			L-nett K5			L-nett Sandbekken			L-nett Brånås			L-nett Nittedal		
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	3,67	0,5	9							8,5	0,057	3	8,1	0,1	3	8,4	0,15	3
pH	7,0	0	9	8,5	0,07	9	8,4	0,17	9	0,57	0,01	3	0,57	0,02	3	0,58	0,03	3
Alkalitet mmol/l	0,25	0,005	9	0,58	0,03	9	0,58	0,03	9	11,7	0,237	3	11,4	0,02	3	11,5	0,46	3
Ledningsevne mS/m	489	0,1	9	11,7	0,5	9	11,7	0,4	9	0,1	0	3	0,5	0,06	3	0,1	0	3
Turbiditet FTU	0,4	0,06	9	0,1	0	9	0,1	0	9	95,6	0,62	3	95,1	0,75	3	95,4	0,64	3
UV Transmisjon %	78,6	1,4	9	95,3	0,7	9	95,6	0,7	9	<5	0	3	<5	0	3	<5	0	3
Farge mgPt/l	20	0	9	<5	0	9	<5	0	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOC mg/l	2,9	0,13	9	1,28	0,18	8	1,24	0,1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al mg/l	0,045	0,01	9	0,013	0,005	3	0,011	0,004	3	0,013	0,0045	3	0,014	0,006	3	0,015	0,004	3
Fe mg/l	0,06	0	1	-	-	-	0,002	0,002	3	0,0037	0,0015	3	0,043	0,015	3	0,006	0,003	3
Mn mg/l	0,007	0,003	3	-	-	-	0,007	0,002	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca mg/l	5,5	0,3	3	15,3	0,8	3	15,8	1,0	3	15,1	0,60	3	14,9	0,11	3	15,3	0,76	3
Mg mg/l	1,0	0,4	3	0,89	0,01	3	0,89	0,001	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na mg/l	1,3	0,006	3	3,7	0,16	3	4,0	0,009	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/l	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ug/l	10,2	1,7	3	-	-	-	3,9	0,758	3	7,7	4,0	3	21,5	4,95	2	5,17	1,4	3
Cd ug/l	<0,14	0	3	<0,14	0	3	<0,14	0	3	<0,14	0	3	<0,14	0	3	<0,4	0	2
Pb ug/l	<3,8	0	3	-	-	-	<3,8	0	3	<3,8	0	3	4,2	0	3	4,6	1,43	3
Cu ug/l	1,86	0,43	3	-	-	-	1	0	3	3,4	0,27	3	1	0,27	3	1	0	3
Ni ug/l	1,6	0,4	2	-	-	-	1,6	0,37	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr ug/l	0,13	0	2	-	-	-	0,75	0,07	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ann.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1 l. enkeltprøve.

Bark.: Gj.sn. : aritmetisk middelværdi
S.D. : standardavvik
n : antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall

TABELL 5 E
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - MARS 1991

ANALYSER	Råvann		Forsyningsvann		L-nett K5		L-nett Sandbekken		L-nett Brånås		L-nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	4	0,5	8									
pH	7	0,05	9	7,7	0,3	10	7,9	0,14	9	7,9	0,07	2
Alkalitet mmol/l	0,27	0,009	9	1,14	0,09	10	1,19	0,05	8	1,16	0,035	2
Ledningsevne mS/m	5,3	0,45	9	17,7	0,9	10	17,8	0,72	9	17,6	0,28	2
Turbiditet FTU	21,8	32,2	9	0,26	0,4	10	0,1	0	9	0,1	0,12	2
UV Transmisjon %	63,2	22,5	8	94,8	1,46	9	95,4	0,9	9	95,5	0,07	2
Farge mgPt/l	36,4	17,5	9	5,3	1,58	10	5	0	9	5	0	2
TOC mg/l	3,9	1,7	7	1,5	0,39	7	1,4	0,4	7	-	-	-
Al mg/l	0,071		1	0,008	0,002	2	0,008	0,0007	2	0,003	0	2
Fe mg/l	-	-	-	0,002	0	2	0,002	0	2	0,003	0,0007	2
Mn mg/l	0,008	-	1	0,012	0,004	2	0,015	0,0035	2	-	-	-
Ca mg/l	5,8	0,5	2	22,2	1,2	2	22,6		2	23	0,4	2
Mg mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/l	5,3	0,4	2	-	-	-	22,8	1,0	2	-	-	-
Zn ug/l	13,1	-	1	0,04	-	1	0,004	-	1	0,12	-	1
Cd ug/l	<0,14	-	1	<0,14	0	2	<0,14	0	2	<0,14	0	2
Pb ug/l	<8,8	-	1	<1,3	0	2	<3,9	0	2	<3,8	0	2
Cu ug/l	3	-	1	1,4	0,28	2	1,72	0,4	2	10,7	3,4	2
Ni ug/l	7	-	1	+3	2,3	2	4,9	2,4	2	-	-	-
Cr ug/l	0,4	-	1	0,17	0,04	2	0,65	0,2	2	-	-	-

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1 l. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5 F
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - APRIL 1991

ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LITTEKILDE																		
ANALYSE	Råvann			Forsyningsvann			L.nett K5			L.nett Sandbekken			L.nett Brånås			L.nett Nittedal		
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	6,5	0,9	13															
pH	6,9	0,1	13	6,0	0,11	13	6,0	0,14	13	8,1	0,04	5	8,0	0,11	5	6,1	0,17	5
Alkalitet mmol/l	0,2	0,02	13	1,14	0,02	13	1,16	0,03	13	1,15	0,04	5	1,14	0,03	5	1,17	0,05	5
Ledningsevne mS/m	4,4	0,5	13	17,4	0,4	13	17,4	0,4	13	17,0	0,36	5	17,0	0,29	5	17,2	0,33	5
Turbiditet FTU	4,5	0,65	13	0,1	0	13	0,1	0	12	0,1	0	5	0,34	0,08	5	0,1	0	5
UV Transmisjon %	57	8,8	12	91,8	2,1	13	91,6	1,7	12	92,1	1,4	5	91,7	1,7	3	92,1	1,4	3
Farge mgPt/l	42,6	15,3	12	5,9	1,2	13	6,7	1,2	12	6	1,4	5	7	2,1	5	6	1,4	5
TOC mg/l	5,9	1,3	10	2,3	0,8	11	2	0,7	11									
Al mg/l	0,21	0,1	5	0,010	0,004	5	0,011	0,003	5	0,013	0,005	5	0,012	0,006	5	0,012	0,005	5
Fe mg/l	0,48	0,3	5	0,003	0,001	5	0,005	0,005	5	0,009	0,004	5	0,05	0,04	5	0,007	0,003	5
Mn mg/l	0,03	0,022	5	0,03	0,01	4	0,03	0,01	5									
Ca mg/l	5,3	0,56	5	23,5	0,8	5	24,3	0,52	5	24,0	0,7	5	24,3	1,3	5	23,8	0,5	5
Mg mg/l																		
Na mg/l																		
SO ₄ mg/l																		
Zn ug/l	12,2	1,98	5	7,7	0,8	5	9,2	2,8	5	15,3	5,6	5	32,2	9,5	5	5,0	0,2	3
Cd ug/l	<0,14	0	5	<0,14	0	5	<0,14	0	5	<0,14	0	5	<0,14	0	4	<0,14	0	4
Pb ug/l	<3,8	0	5	<3,8	0	5	<3,8	0	5	<3,8	0	5	<3,8	0	5	<3,8	0	4
Cu ug/l	2,5	1	5	1,1	0,7	5	6,8	6,0	5	6,7	7,0	5	1,9	1,1	5	7,7	6,6	4
Ni ug/l																		
Cr ug/l																		

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er i enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - artitmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5 G
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - MAI 1991

ANALYSE	Råvann		Forsyningsvann		L. nett K5		L. nett Sandbekken		L. nett Bråvås		L. nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	10,5	1,4	11									
pH	7,1	0	11	7,9	0,19	11	8,3	0,48	4*	8,3	0,5	4*
Alkalitet mmol/l	0,23	0,008	11	1,11	0,05	11	0,95	0,26	4	0,95	0,25	4
Ledningsevne mS/m	4,13	0,36	11	13,5	0,5	11	15,1	2,4	4	14,9	2,3	4
Turbiditet FTU	0,78	0,2	11	2,1	0	11	0,1	0	4	0,23	0,04	4
UV Transmisjon %	72,5	2,7	11	95,05	0,62	11	95,1	0,45	4	94,8	0,5	4
Farge mgPt/l	31,5	2,4	10	5,2	0,7	11	5	0	4	5	0	4
TOC mg/l	3,6	0,32	9	1,6	0,37	10	1,48	0,5	11			
Al mg/l	0,09	0,02	4	0,011	0,0015	5	0,01	0,006	4	0,013	0,003	4
Fe mg/l	0,17	0,06	4	0,003	0,0012	5	0,006	0,003	4	0,003	0,009	4
Mn mg/l	0,008	0,0005	4	0,0144	0,012	5	0,009	0,003	4			
Ca mg/l	5,5	0,5	4	23,0	1,0	5	21,44	4,2	4	21,0	3,5	4
Mg mg/l												
Na mg/l												
SO ₄ mg/l	5,1	1,3	2									
Zn ug/l	13,2	0,34	3	7,9	2,4	4	14,5	5,1	4	20,8	12,9	4
Cd ug/l	<0,14	0	4	<0,14	0	5	<0,14	0	4	<0,14	0	4
Pb ug/l	<3,8	0	4	<3,8	0	5	<3,8	0	4	<3,8	0	4
Cu ug/l	1,9	0,6	4	0,9	0,5	5	11,2	5,3	4	1	0	4
Ni ug/l	1,3	0,7	4	1,4	0,7	5						
Cr ug/l	0,22	0,05	4	0,33	0,14	5						

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Bråvås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1 L. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. : aritmetisk middelværdi
S.D. : standardavvik
n : antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.
* : 1 prøve med 15,4 mg Ca/l p.g.a. stopp i CO₂ tilførsel

TABELL 5 H
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - JUNI 1991

ANALYSER	Råvann		Forsyningsvann		L. nett K5		L. nett Sandbekken		L. nett Brånås		L. nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur												
pH	7,2	0	3	8,0	0,06	3	7,3	-	1	7,9	-	1
Alkalitet mmol/l	0,25	0,065	3	1,17	0,05	3	1,2	-	1	1,17	-	1
Ledningsevne mS/m	4,33	0,19	3	17,1	0,17	3	17,3	-	1	17,2	-	1
Turbiditet FTU	0,77	0,38	3	0,1	0	3	0,1	-	1	0,25	-	1
UV Transmisjon %	79,5	0,99	3	96,1	0,6	2	95,5	-	1	95,5	-	1
Farge mgPt/l	15	-	1	5	-	1	-	-	-	-	-	-
TOC mg/l	3,3	0,4	2	1,9	0,4	2	1,65	0,07	2	-	-	-
Al mg/l	0,049	-	1	0,008	-	1	0,010	-	1	0,009	-	1
Fe mg/l	0,080	-	1	0,003	-	1	0,070	-	1	0,030	-	1
Mn mg/l	0,045	-	1	0,008	-	1	-	-	-	-	-	-
Ca mg/l	6,4	-	1	25,1	-	1	25,0	-	1	25,0	-	1
Mg mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ug/l	11,31	-	1	3,3	-	1	4,1	-	1	24,0	-	1
Cd ug/l	<0,14	-	1	<0,14	-	1	0,14	-	1	0,14	-	1
Pb ug/l	<0,8	-	1	<3,8	-	1	3,8	-	1	3,8	-	1
Cu ug/l	3,0	-	1	1,4	-	1	3,0	-	1	1,0	-	1
Ni ug/l	3,6	-	1	2,7	-	1	-	-	-	-	-	-
Cr ug/l	0,4	-	1	0,13	-	1	-	-	-	-	-	-

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut i gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er i l. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5 I
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - JUNI 1991, fase 3

ANALYSE	Råvann		Forsyningsvann		L. nett K5		L. nett Sandbekken		L. nett Brånås		L. nett Nittedal	
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	13	0	5									
pH	6,9	0,15	5	8,6	0,32	5	8,5	-	1	7,8	-	1
Alkalitet mmol/l	0,22	0,04	5	0,28	0,04	5	0,26	-	1	0,25	-	1
Ledningsevne mS/m	4,15	0,9	5	8,05	0,32	5	8,26	-	1	7,95	-	1
Turbiditet FTU	3,8	3,6	5	<0,1	0	5	<0,1	-	1	0,44	-	1
UV Transmisjon %	59,3	12,3	5	95,8	1,5	5	94,0	-	1	94,2	-	1
Farge mgPt/l	45	15,8	5	<5	0	5	<5	-	1	<5	-	1
TOC mg/l	5,6	2,6	4	1,7	0,7	4	1,5	0,9	4			
Al mg/l	0,2	0,16	2	0,018	0,009	2	0,019	0,004	2			
Fe mg/l	0,18	0,1	2	0,003	0	2	0,004	-	1			
Mn mg/l	0,016	0,013	2	0,012	0,008	2	0,009	0,004	2			
Ca mg/l	6,6	1,7	2	7,95	0,014	2	8,6	1,0	2			
Mg mg/l												
Na mg/l												
SO ₄ mg/l	5,0	-	1				21,0	-				
Zn ug/l	12,6	5,4	2	8,9	3,4	2	9,4	2,8	2			
Cd ug/l	<0,14	0	2	<0,14	0	2	<0,14	0	2			
Pb ug/l	<3,8	0	2	<3,8	0	2	<3,8	0	2			
Cu ug/l	5,8	4,5	2	1,25	0,09	2	1,89	0,13	2			
Ni ug/l	2,0	1,4	2	<1,28	0,014	2	2,19	0,26	2			
Cr ug/l	0,9	1,1	2	0,4	0,4	2	1,15	1,5	26			

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er i t. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
S.D. - standardavvik
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5J
 ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - JULI 1991, fase 3

ANALYSERESULTATER AV RAVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LESTEREN																			
ANALYSER	Råvann			Forsyningsvann			L. nett K5			L. nett Sandbekken			L. nett Brånås			L. nett Nittedal			
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	
Temperatur	15,5	1,6	12																
pH	7,1	0,14	12	8,5	0,46	14	8,4	0,5	14	8,44	0,3	5	8,4	0,23	5	8,7	0,45	4	
Alkalitet mmol/l	0,24	0,016	12	0,28	0,015	14	0,28	0,02	14	0,28	0,008	5	0,30	0,01	5	0,31	0,018	4	
Ledningsevne mS/m	4,3	0,18	12	8,21	0,17	14	8,34	0,19	14	8,26	0,2	5	8,28	0,12	5	8,45	0,34	4	
Turbiditet FTU	0,9	0,24	12	<0,1	0	14	<0,1	0	14	<0,1	0	5	0,36	0,24	5	0,17	0,09	4	
UV Transmisjon %	75,7	5,3 ^a	12	96,8	0,8	14	96,6	0,9	14	96,3	1,45	5	96,2	0,78	5	95,9	1,3	4	
Farge mgPt/l	22,1	8,4	12	<5	0	14	<5	0	14	<5	0	5	5,5	1,1	5	<5	0	4	
TOC mg/l	3,6	1,05	10	1,7	0,26	12	1,6	0,3	12										
Al mg/l	0,071	0,013	4	0,019	0,006	5	0,024	0,012	5										
Fe mg/l	0,148	0,032	4	0,006	0,002	5	0,019	0,028	4	0,008	0,007	4	0,026	0,004	4	0,009	0,008	4	
Mn mg/l	0,011	0,002	3	0,006	0,002	5	0,005	0,001	5										
Ca mg/l	5,4	0,35	4	5,4	0,26	5	5,5	0,3	5										
Mg mg/l																			
Na mg/l																			
SO ₄ mg/l																			
Zn ug/l	9,0	1,8	4	8,05	0,76	5	8,9	0,7	5										
Cd ug/l	<0,14	0	4	<0,14	0	5	<0,14	0	5	<0,14	0	4	<0,14	0	4	<0,14	0	4	
Pb ug/l	<3,8	0	4	<3,8	0	5	<3,8	0	5	<3,8	0	4	<3,8	0	4	<3,8	0	4	
Cu ug/l	2,6	0,6	4	<1,07	0,11	5	1,55	0,49	5	4,65	0,52	4	<1	0	4	1,8	1,6	4	
Ni ug/l	2,5	0,4	4	2,8	1,15	5	4,36	1,5	5										
Cr ug/l	0,16	0,07	4	0,12	0,07	5	0,16	0,05	5										

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme uke dag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut i gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
 Prøvene som tas ut er i l. enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - aritmetisk middelværdi
 S.D. - standardavvik
 n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennevnte tall.

TABELL 5 K
ANALYSERESULTATER AV RÅVANN, FORSYNINGSVANN OG VANN FRA LEDNINGSNETT - AUGUST 1991, fase 3

ANALYSER	Råvann			Forsyningsvann			L-nett K5			L-nett Sandbekken			L-nett Brånås			L-nett Nittedal		
	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n	Gj.sn.	S.D.	n
Temperatur	17,6	1,2	11															
pH	7,2	0,05	13	8,5	0,3	13	8,55	0,31	13	8,4	0,33	4	8,1	0,4	4	8,6	0,25	5
Alkalitet mmol/l	0,25	0,005	13	0,29	0,008	13	0,30	0,008	13	0,29	0,010	4	0,3	0	4	0,32	0,04	5
ledningsevne mS/m	4,3	0,09	13	8,3	0,27	13	8,39	0,31	13	8,22	0,1	4	8,3	0,29	4	8,42	0,46	5
Turbiditet FTU	0,66	0,1	13	<0,1	0	13	<0,1	0	13	<0,1	0	4	0,21	0,19	4	<0,1	0	5
UV Transmisjon %	81,6	0,86	12	97,0	0,33	13	97,1	0,39	13	97,3	0,52	3	97,3	0,87	3	97,3	0,5	4
farge mgPt/l	15,4	1,4	13	<5	0	13	<5	0	13	<5	0	4	<5	0	4	<5	0	5
TOC mg/l																		
Al mg/l	0,055	0,008	4	0,015	0,007	4	0,014	0,002	4	0,020	0,008	4	0,005	0,007	4	0,032	0,012	5
Fe mg/l	0,090	0,02	4	0,004	0,001	4	0,002	0,008	4	0,005	0,004	4	0,057	0,06	4	0,012	0,012	5
Mn mg/l	0,012	0,003	4	0,005	0,004	4	0,004	0,002	4									
Ca mg/l	5,4	0,2	4	5,5	0,045	4	5,5	0,09	4	5,7	0,03	4	5,7	0,07	4	5,9	0,3	5
Mg mg/l																		
Na mg/l																		
SO ₄ mg/l																		
Zn ug/l	10	3,6	3	13,2	3,07	4	8,4	3,5	3	9,7	1,4	4	45,8	31,8	3	6,5	1,2	4
Cd ug/l	<0,14	0	4	<0,14	0	4	<0,14	0	4	<0,14	0	4	<0,14	0	4	<0,14	0	5
Pb ug/l	<3,8	0	4	<3,8	0	4	<3,8	0	4	<3,8	0	4	<3,8	0	4	<3,8	0	5
Cu ug/l	2,0	0,7	4	<1,26	0,35	4	<1,12	0,24	4				<1,52	1,04	4	1,7	1,6	5
Ni ug/l	1,9	0,8	4	1,48	0,62	4	1,65	1,12	4									
Cr ug/l	0,17	0,07	4	0,15	0,06	4	0,15	0,06	4									

Anm.: Prøve av råvann, forsyningsvann og ledningsnett K5 tas ut samme ukedag, mandag, onsdag og fredag, mens prøve fra ledningsnett Sandbekken, Brånås og Nittedal tas ut 1 gang pr. uke, nemlig på tirsdager.
Prøvene som tas ut er 1 l enkeltprøve.

Fork.: Gj.sn. - urifmetisk middelværdi
S.D. - standarddeviasjon
n - antall prøver som er analysert og som ligger til grunn for ovennnevnte tall

Tabell 6 Oversikt over ledningsnett hos NRV og kommuner tilsluttet NRV's vannforsyning

	Rørlengder i km					
Kommuner	GSJR	DSJR	SBR	GR	KR	
Skedsmo	125	-	77	53	215	
Lørenskog	50	-	65	84	372	
Nittedal			40	3	410	
Sørum	10	6	9	16	61	
Rælingen	19	11	8	57	164	
Fet						
NRV		3	62			
Totalt	204	20	261	213	1222	

Forklaring til forkortelser:

- GSJR, grått støpejernsrør, uten foring
- DSJR, duktilt støpejernsrør, uten foring
- SBR, semenbaserte rør som sementrør, duktilt støpejern med sementforing, sementforede rør med stålkerne og asbestsementrør
- GR, galvaniserte rør
- KR, kobberrør



ACTICARB SLURRY

STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE

Hustadaarmer A/S
6440 ELMESVÅGEN

NIDERTIDIG PRODUKTATABLAD

ACTICARB er en mikronisert kalkslurry med høy kjemisk renhet. På grunn av den svært høye reaksjonsoverflaten egner den seg spesielt godt for pH-regulering i surt vann.

ACTICARB leveres i flytende form dispergert i vann, og den løser seg svært raskt ved dosering i inngående vannstrøm.

ACTICARB kan doseres direkte med de fleste pumpetyper eller utblandet i vann. Den leveres i alternativ emballasje fra 10 liter til 10000 liter, eller med tankbil.

ACTICARB er et ufarlig produkt som ikke krever spesielle vernetiltak ved behandling.

ACTICARB har følgende typiske verdier:

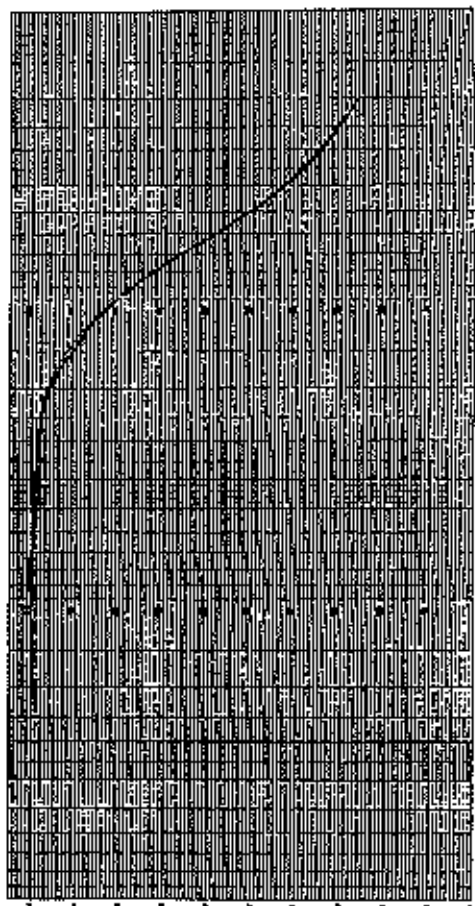
Kjemisk analyse
av tørrstoff:

-CaCO₃ 98.0 %
-MgCO₃ 1.5 %
-Fe₂O₃ 0.1 %
-SO₄ 50 ppm
-Insoluble in HCl < 0.5 %

Fysikalske data:

pH 9.7
Egenvekt 1900 kg/m³
Viskositet 500 mPaS
Abrasjon Ar 1000 3 mg
Tørrestoffinnhold 75 %
Fraksjon > 45 micron < 50 ppm
Spesifikk overflate 15 m²/g

Partikkelstørrelse, % gjennom sikt



Revisjon (H.M.)

VEDLEGG 2



7

1

Deres ref. Jnr. Nr. 863/90 BK/sh Oslo, 4. september 1990
Ark. V 615-4

ODDKJENNING AV ACTICARB SOM ALKALISERINGSMIDDEL FOR DRINKEVANN

Vi viser til Deres søknad om godkjenning datert 27. februar 1990, samt til analysedata overendt med Deres brev av 13. februar 1990.

De toksikologiske sider ved Acticarb er vurdert tidligere og vår vurdering fremgår av vårt brev til Statens Næringsmiddeltilsyn, datert 28. juni 1989. De betenkeligheter som der fremkommer legges til grunn for godkjenningen, det vil si at tilsetning av det meste av Acticarb som kan tilsettes drikkevann, begrenses til 50 g/a, regnet som kalsiumkarbonat, CaCO₃. Godkjenningen gjøres dessuten betinget av at produktet, med små avvik, samsvarer med de analytiske data som var vedlagt Deres brev av 13. august 1990.

Det er Deres ansvar at produktet til enhver tid er i overensstemmelse med spesifikasjonen og at det ikke inneholder stoffer som kan forårsake helseskade.

Godkjenningen er basert på en helsemessig vurdering og innebærer ingen garanti for produktets tekniske egenskaper. Vi gjør derfor oppmerksom på at godkjenningen ikke må benyttes i anerkjente på en måte som gir et slikt inntrykk, kfr. § 2 i lov om kontroll med markedsføring og avtalevilkår.

Med hilsen
Erik Dybing (e.t.)

Jon Alexander

Kopi: Statens Næringsmiddeltilsyn

Adressat: Statens Næringsmiddeltilsyn Postboks 44 0407 Oslo 4	Tekst: 7900 Saksa Ark. 307, Oslo	Tekst: 051 38 06	Tekst: 105 38 06	Internsjournal dato (07) 24 06 90
--	--	---------------------	---------------------	--------------------------------------

1 Innledning

Under gjennomføringen av prosjektet "Korrosjonsmålinger ved Nedre Romerike Vannverk A/L" ble det utført analyse av cementbaserte rørmaterieler i fase 2 (tilsats av mikronisert vannør + CO₂ - lut) og fase 3 (tilsats av lut), men ikke i fase 1 (tilsats av mikronisert vannør + lut). I ettertid ble fase 1 kjørt om igjen, og det ble gjennomført analyser av cementbaserte rørmaterieler også i fase 1. Disse resultatene er presentert nedenfor.

2 Analysemetoder

Det ble benyttet utskjærte stykker av ubrakte asbestcementer og cementerte støpejernrør. Prøvene ble eksponert i 3 månedet i vann fra fase 1 før analysene/målingene ble utført.

Etter eksponeringen ble prøvene støpt i epoxy, planslipt (polert), belagt med kullstoff og undersøkt ved hjelp av scanningselektronmikroskop (SEM), bartsannering metode. Det ble også tatt opp "x-ray mapping" som viser en dybdeprofil av fordelingen av henholdsvis silisium (Si), magnesium (Mg), aluminium (Al) og kalsium (Ca) i prøvveggen. Resultatene ble fotografert.

Analyseene ble utført av Forskningslaboratoriet for Cement og Betong, SINTEF PCB, ogens resultatene ble vurdert ved SINTEF NHL.

SEM-bildene fra målingene samt PCB sin vurdering av analysene er vist i vedlegg 1.

3 Resultater

Det ble målt svært liten tæring/utvasking både fra prøven av asbestcementer og cementerte rørføringen under fase 1.

Figur 1, 2 og 3 viser resultatene fra asbestcementer. Figur 3 viser at tæringen og utvaskingen av kalsium nesten ikke er målbart. Det vil si at i løpet av 3 måneder (i fase 1) er utvaskingsdybden av kalsium mindre enn 10 µm.

Figur 4, 5 og 6 viser resultatene fra cementrørføringen. Figur 6 viser også svært lite utvasking av kalsium. I løpet av 3 måneder (fase 1) er utvaskingsdybden av kalsium på ca 10 - 15 µm.

4 Konklusjon

Utvasking av kalsium fra asbestcementer og cementerte støpejernrør var i fase 1 betydelig lavere enn i fase 3. Forskjellen på fase 1 og fase 2 var vesentlig mindre, men også her var utvaskingsdybden under fase 1 lavere. I tabell 1 er målingene under fase 1 sammenlignet med tidligere målinger (under fase 2 og 3). En må også ta med i betraktningen at alle målingene er gjennomført kun i en 3 måneders periode.

S:\VELLES\GS\WOB001.W51

NOTAT				
GJELDER	BEHANDLING	UTTALELSE	OPPIENTFERING	ETTER AVTALE
ANALYSE AV CEMENTBASERTE RØRMATERIALER UNDER FASE 1 - NEDRE ROMERIKE VANNVERK A/L				
GJØRTE Nedre Romerike Vannverk A/L				
EN KOPPI SENDES SENTRALARKIV SWØJgb Forutlig ELEKTRONISK ARBEIDSE F:\VELLES\GS\WOB001.W51 PROSJEKTNR. DATO 1992-05-29 605038 Steia Wold Østerhus				
INNHOOLDSTEGNE				
1	Innledning	2		
2	Analysemetoder	2		
3	Resultater	2		
4	Konklusjon	2		
5	Referanser	3		
Vedlegg 1 V-1.1 Vurdering fra PCB V-1.1.1 Prøve av asbestcementer V-1.1.2 Prøve av cementrørføring V-1.2 Figur (SEM-bilder)				
4 4 4 4 5				

Dette notatet er utarbeidet på oppdrag for SINTEF. SINTEF har ikke ansvar for innholdet i notatet, men kun for at det er utarbeidet på oppdrag for SINTEF. For å sikre kvaliteten på innholdet i notatet, er det utført en kvalitetskontroll av innholdet i notatet. For å sikre kvaliteten på innholdet i notatet, er det utført en kvalitetskontroll av innholdet i notatet.

Tabell 1. Målt utvaskingsdybde av kalsium fra overflaten av røret i løpet av 3 måneder ved gjennomføring av fase 1, 2 og 3.

Materialer	Utvaskingsdybde av kalsium, µm		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Asbestcimentrør	< 10	15 - 20	~ 60
Sementbetonet støpejernrør	10 - 15	15 - 30	30 - 45

5 Referanser

/1/ Østerhus, S.W. (1991): "Korrosjonsmålinger ved Nedre Romenke Vannverk A/L". SINTEF NHL-rapport STF60 A91104.

Vedlegg 1

V-1.1 Vurdering fra FCB

V-1.1.1 Prøve av asbestcimentrør

Bilder fra SEM er vist i figur 1 - 3.

Et vanlig scanningsoptak av prøven er vist i figur 1. De mørkere langsgående feltene viser asbest-fibrene. Ytterst, opp på bildet, vises en jevn overflate.

Figur 2 er lik nederste høyre del av figur 3, som er et "back-scattering"-opptak av prøven og viser av en mørke uregelmessige felt. Disse mørke feltene er luftporer. Også i figur 1 ses små mørke felt jevnt fordelt over tverrsnittet i rørvæggen. Luftporene synes å være i et større antall nær overflaten enn ellers i rørvæggen. Dette kan bety at materialer, f.eks. Ca^{2+} , har blitt løst ut i det helt ytre sjiktet av prøven.

V-1.1.2 Prøve av cementmørtelforing

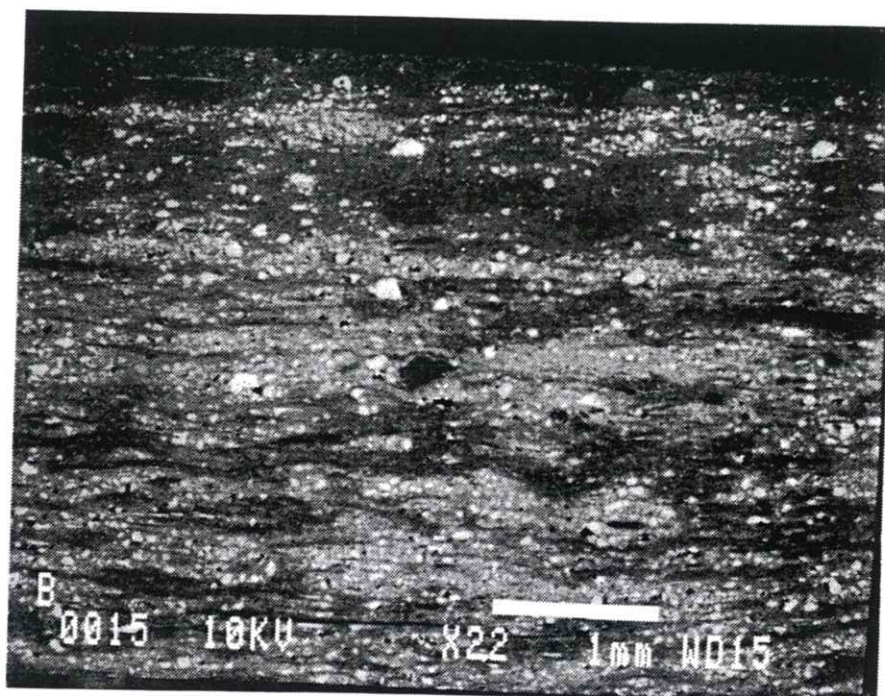
Bilder fra SEM er vist i figur 4 - 6.

Et vanlig scanningsoptak av slipt gjennom foringen er vist i figur 4. Her ses ytre vegg av mørtel-foringen opp på bildet, og i nedkant skimtes jernrøret - helt hvitt parti.

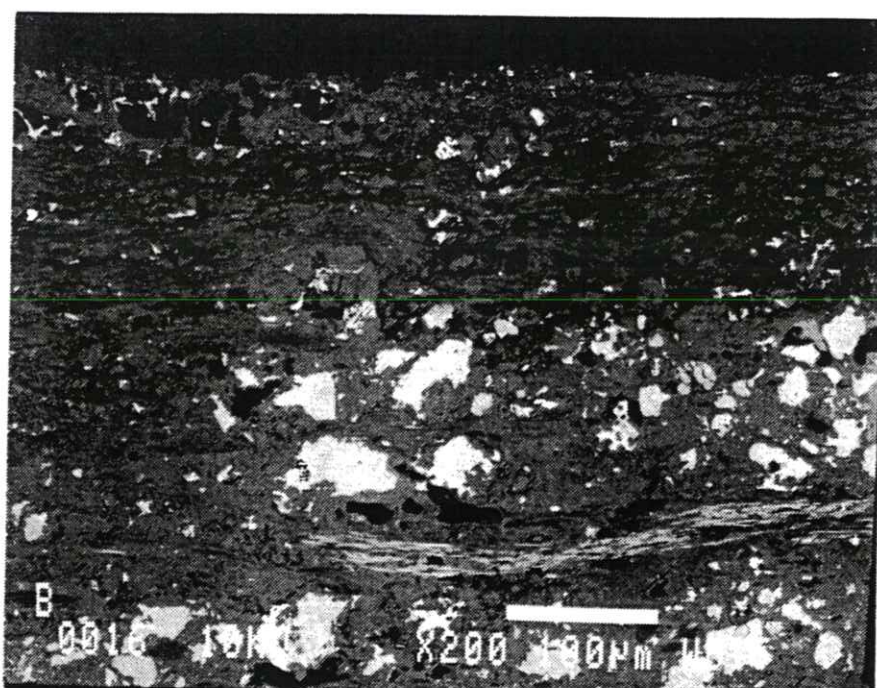
Bildet inneholder en god del luft mellom foringen og jernrøret. Av fotoot fremgår det at det ytre har et sjikt cementpasta med relativt få tilslagsskorn. Det finnes et langsgående riss i foringen, avmerket med pilspiss.

Figur 5 er lik nederste høyre del av figur 6, og viser et "back-scattering"-opptak av ytre vegg i mørtelforingen, mens figur 6 nederst til venstre viser Ca^{2+} -"dot-mapping" av samme sjiktet. En sammenligning mellom det helt ytre, eksponerte sjiktet med sjiktene lenger inne (det smalles om µm) synes ikke å vise noe markant utlusing av Ca^{2+} -ioner fra den eksponerte flaten.

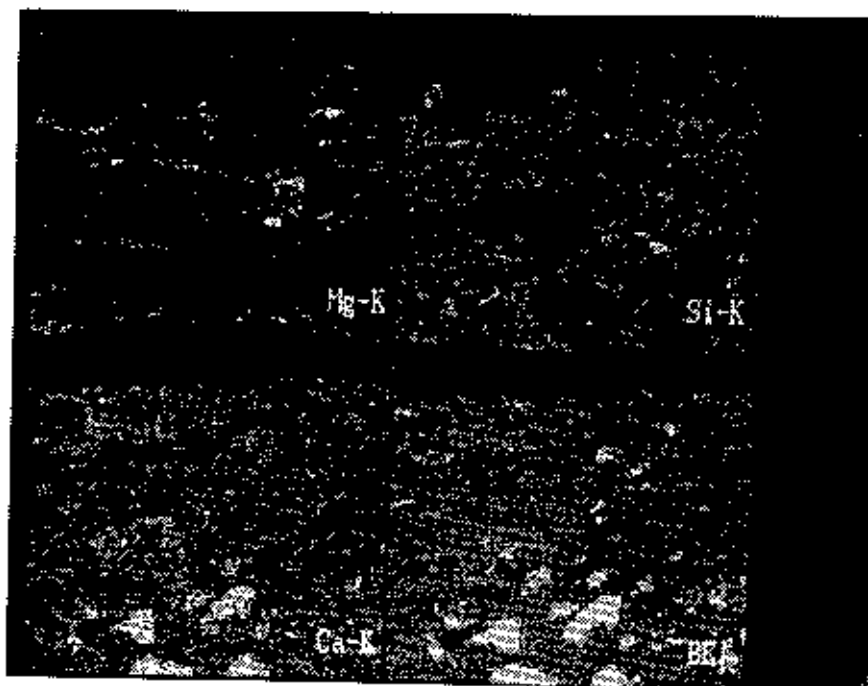
V-1.2 Figurer (SEM-bilder)



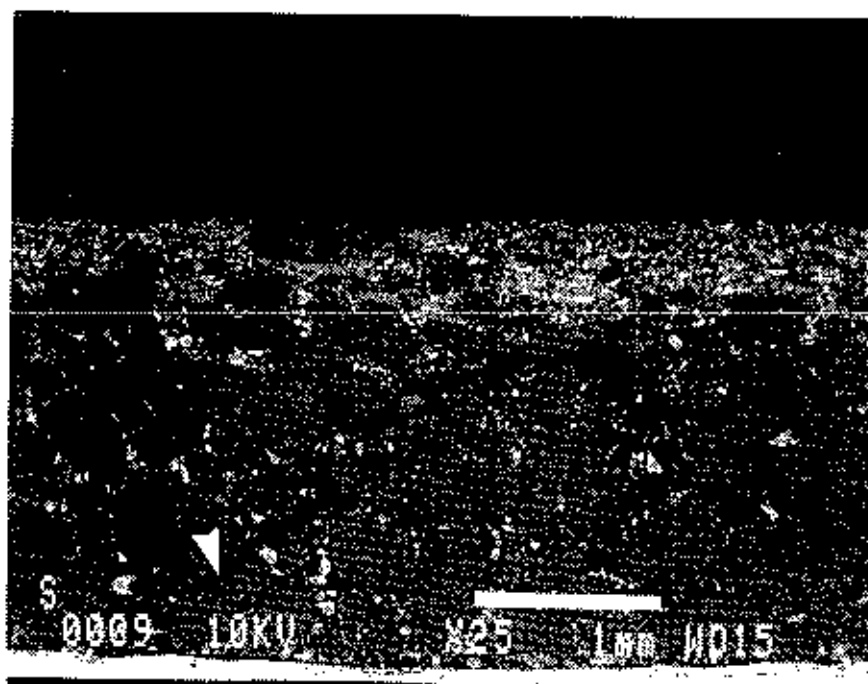
Figur 1 SEM-bilde ("scanningopptak x 22") for asbestcementrør (fase 1).



Figur 2 SEM-bilde ("scanningopptak x 200") for asbestcementrør (fase 1).



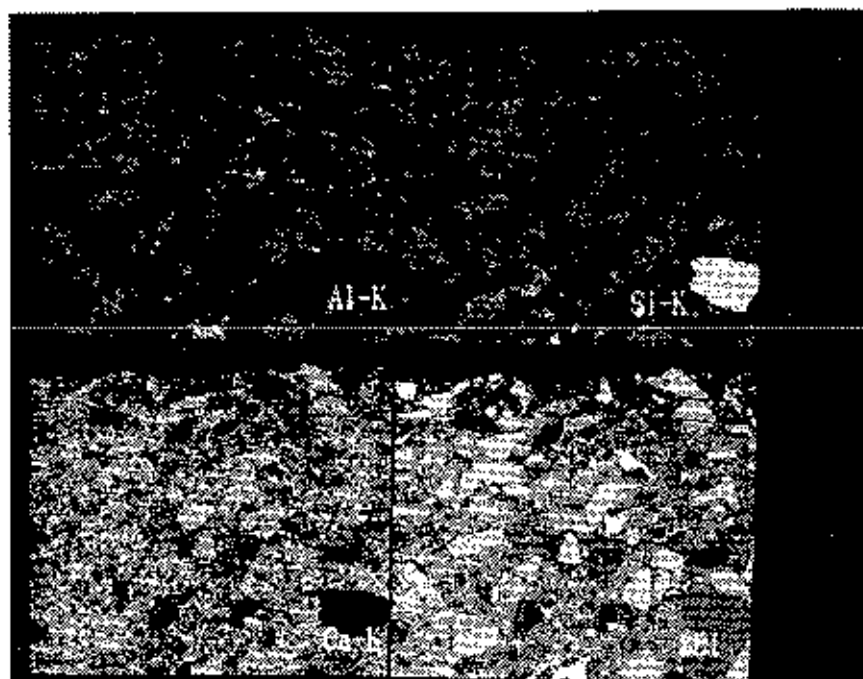
Figur 3 SEM-bilde ("dot-mapping og backscattering x 300") for asbestcimentrør (fase 1).



Figur 4 SEM-bilde ("scanningopptak x 25") for cementforing i støpejernsrør (fase 1).



Figur 5 SEM-bilde ("backscattering x 400") for cementforing i støpejernsrør (fase 1).



Figur 6 SEM-bilde ("dot-mapping og backscattering x 400") for cementforing i støpejernsrør (fase 1).

FIGURER

FIG. 1c)

FLYTSKJEMA FOR FULLRENSSEANLEGG - NRV

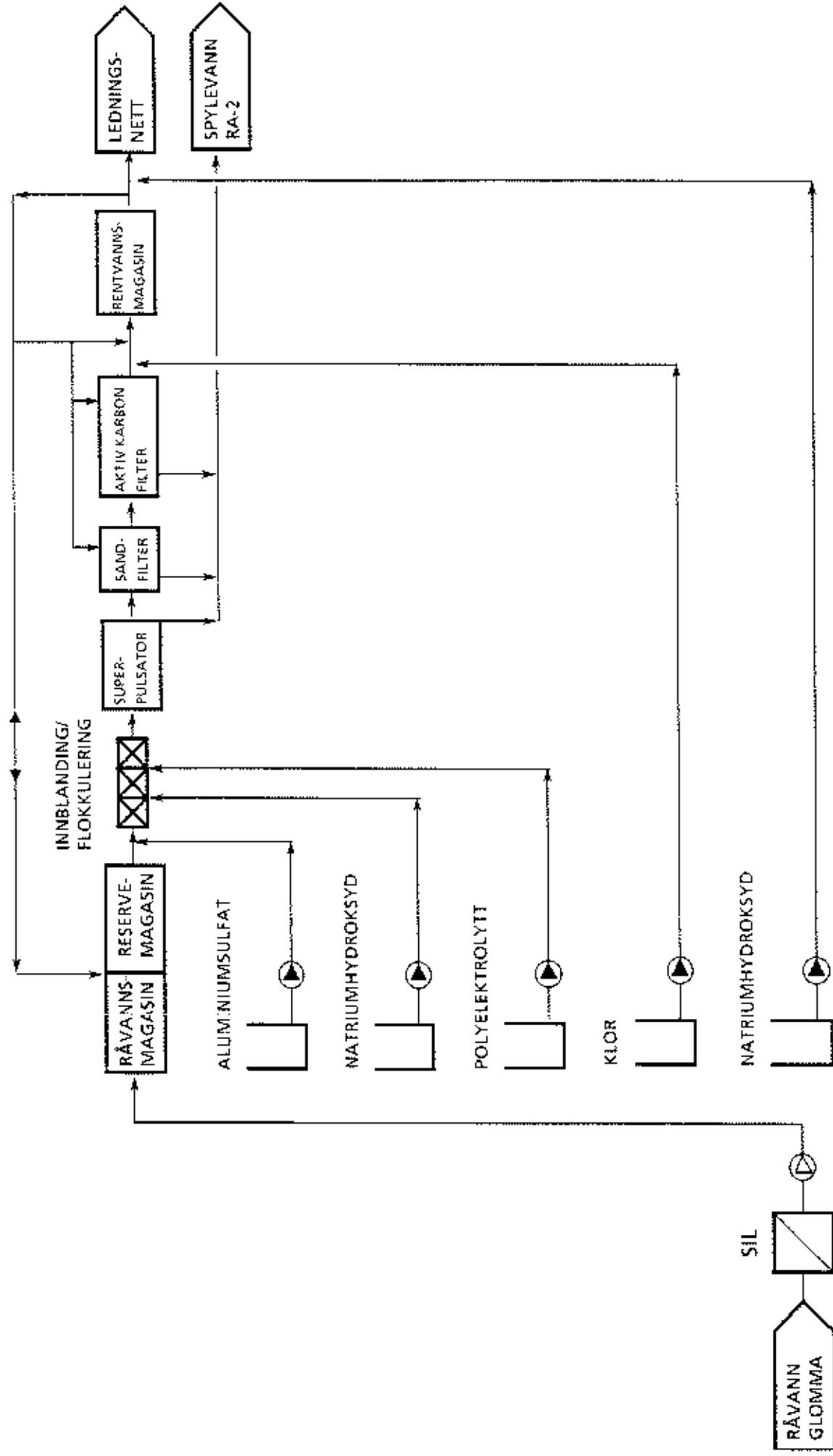


FIG. 2 a) SKISSE AV DOSERINGSUTSTYR FOR MIKRONISERT MARMOR
benyttet under forsøket

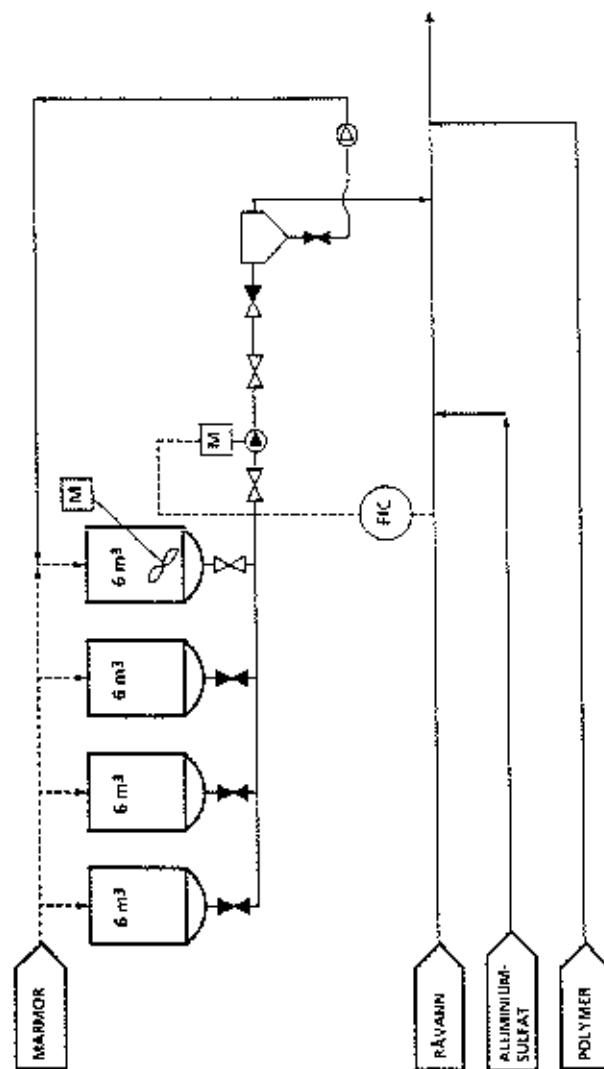
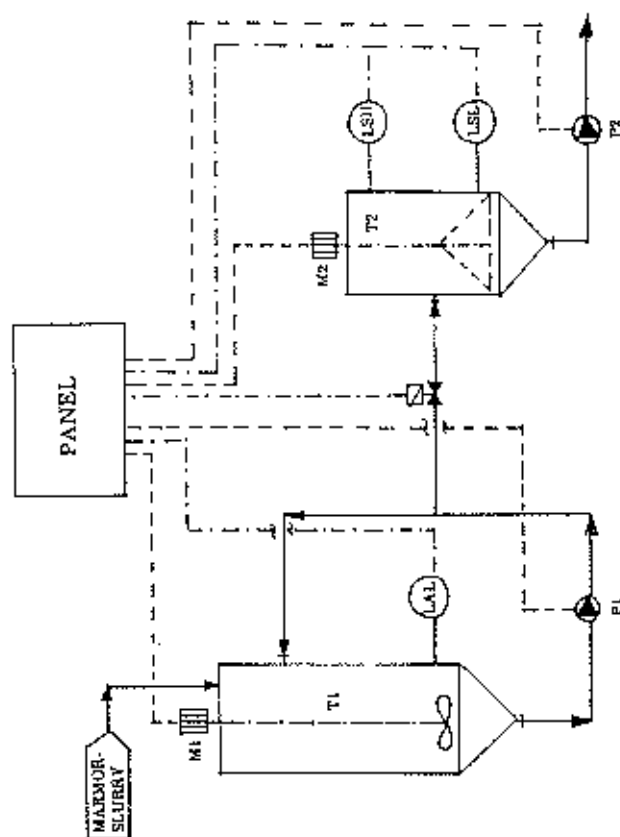


FIG. 2b)



SPESIFIKASJON

M1	M2	T1	T2
RØREVERK	RØREVERK	LAGERTANK	LAGERTANK
		30 m³	2 m³
P1	P2	LAL	LSHSL
TRANSPORT-PUMPE	DOSERINGS-PUMPE	NIVÅALARM LAV	NIVÅBRYTER HØY NIVÅBRYTER LAV

FIG. 3 - PRØVETAKINGSPUNKTER I ANLEGGET

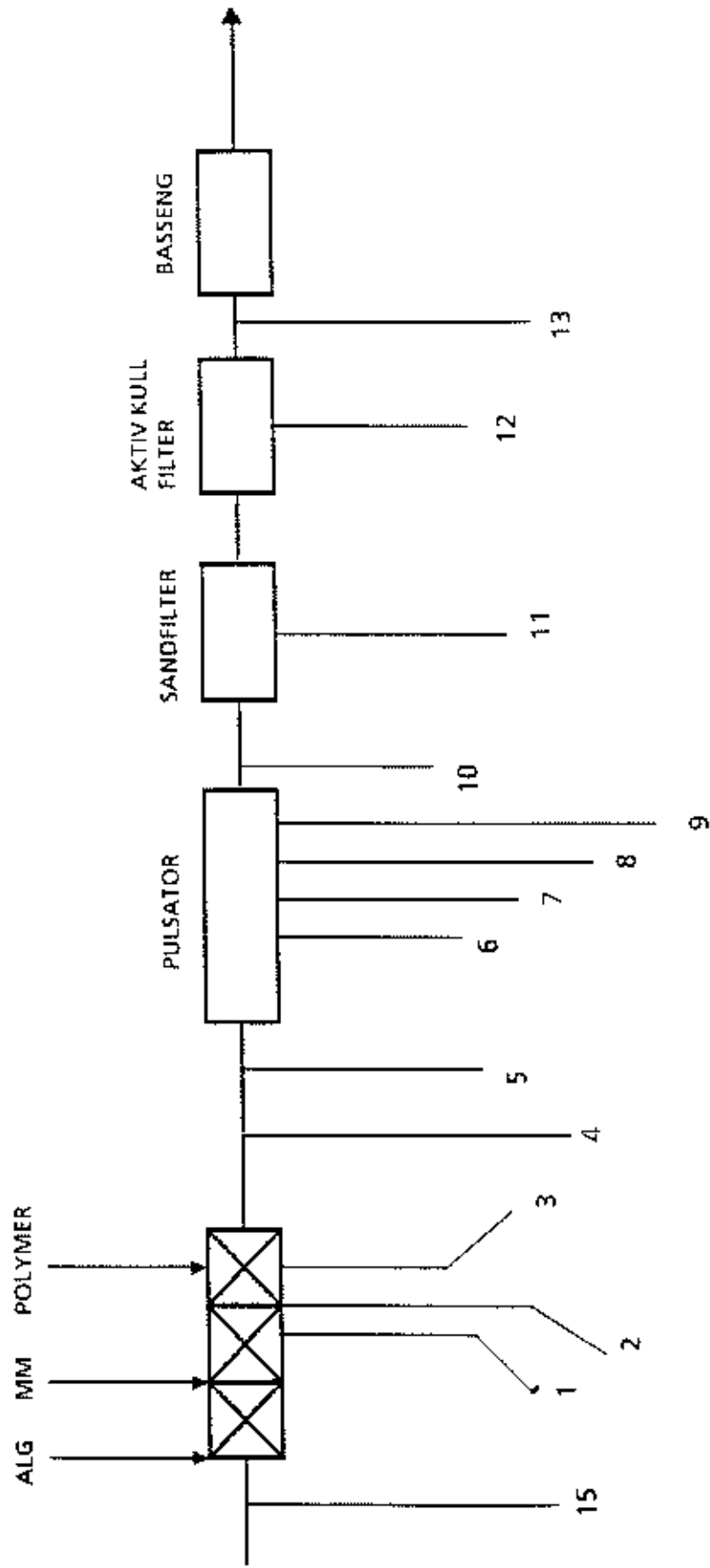


Fig. 4 b) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 1 (18.12.90)

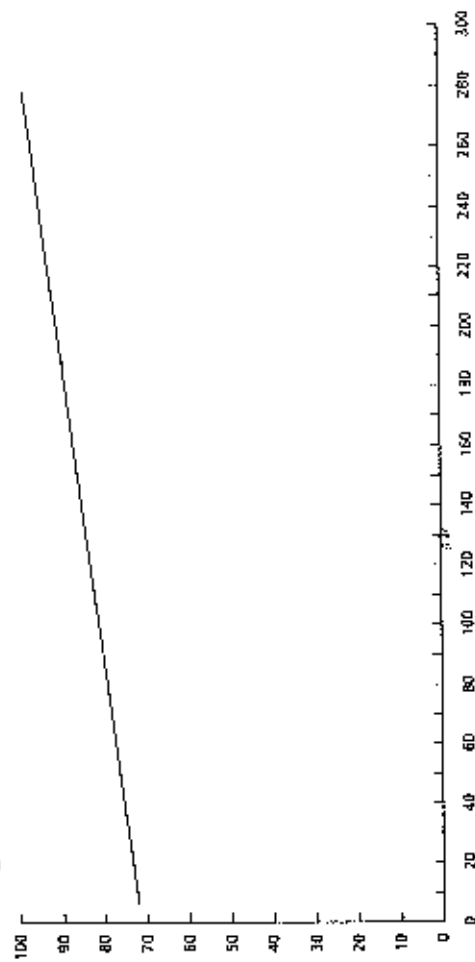


Fig. 4 c) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 1 (27.12.90)

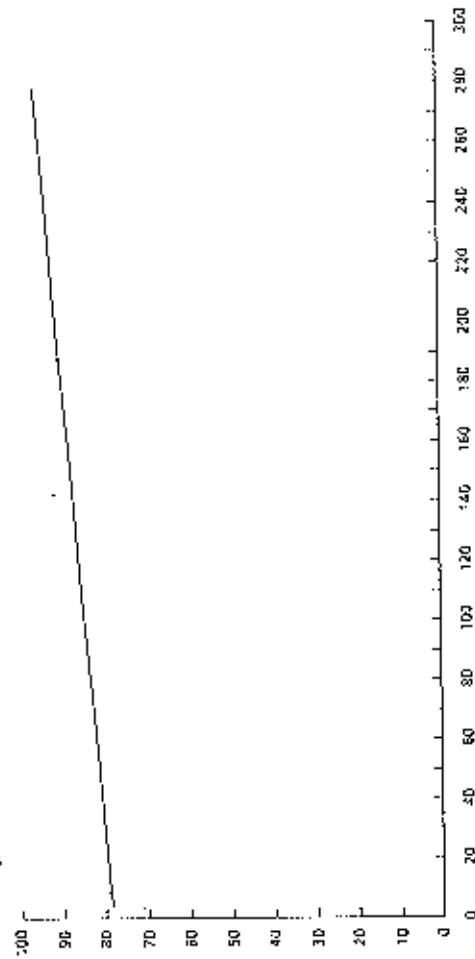


Fig. 4 b) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 1 (18.12.90)

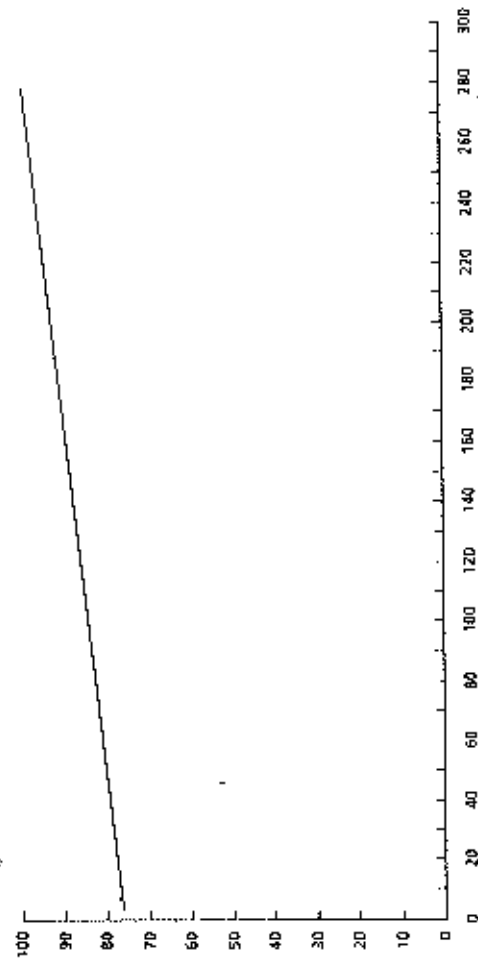


Fig. 4 d) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 1 (11.01.91)

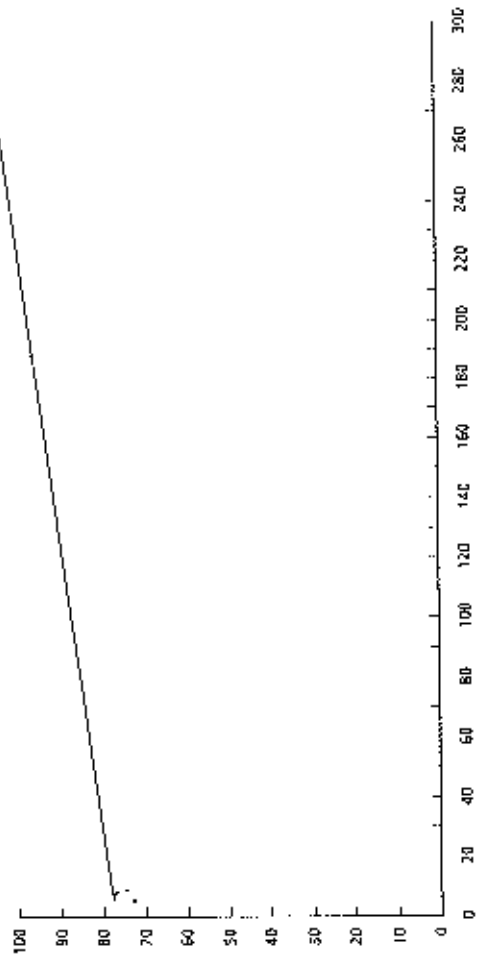


Fig. 4 e) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE I (21.01.91)

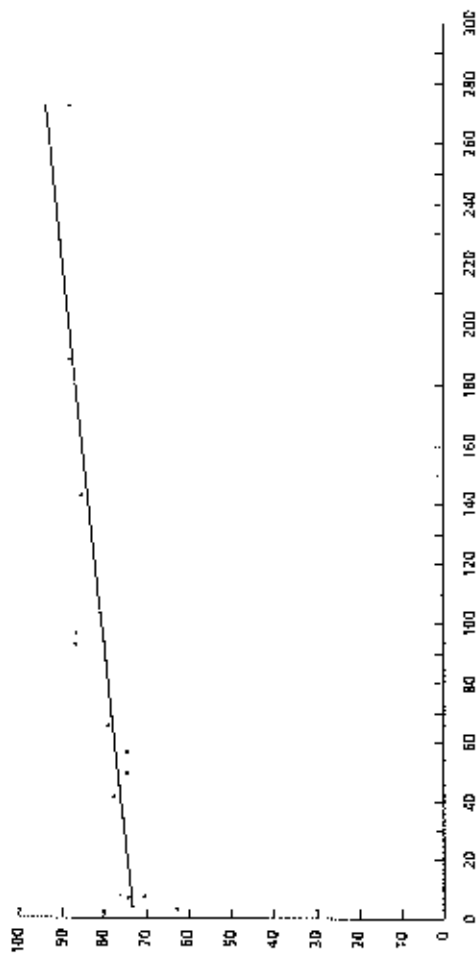


Fig. 4 g) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE I (01.02.91)

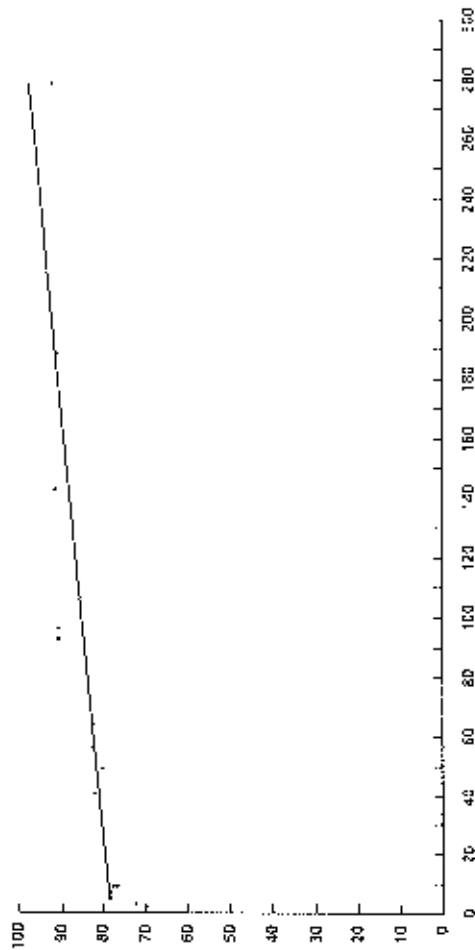


Fig. 4 d) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE I (28.01.91)

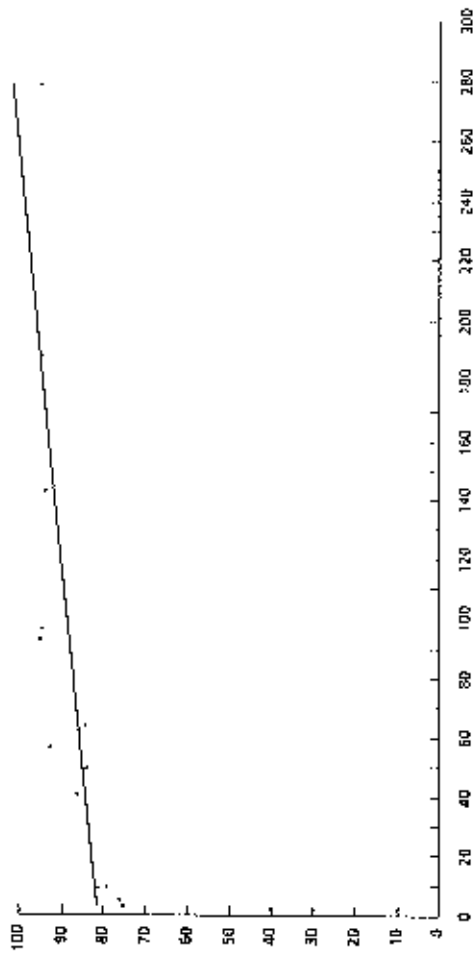


Fig. 4 b) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE I (01.02.91)

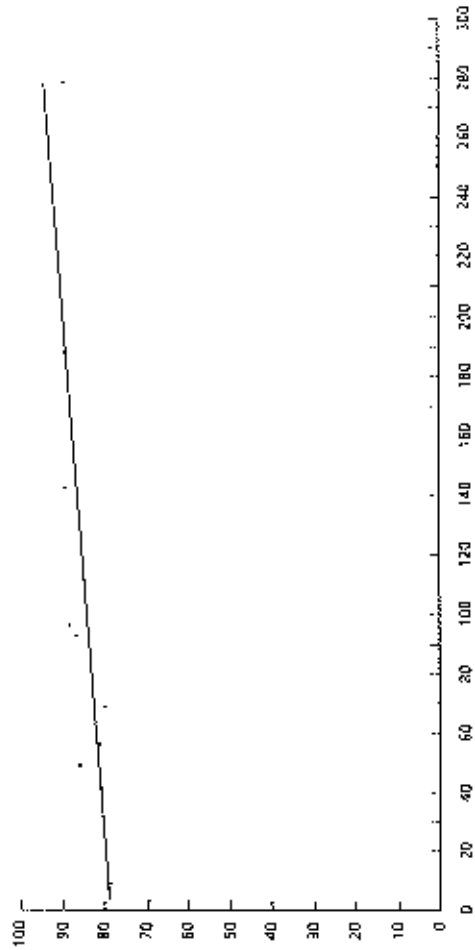


Fig. 41) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2 (12.04.91)

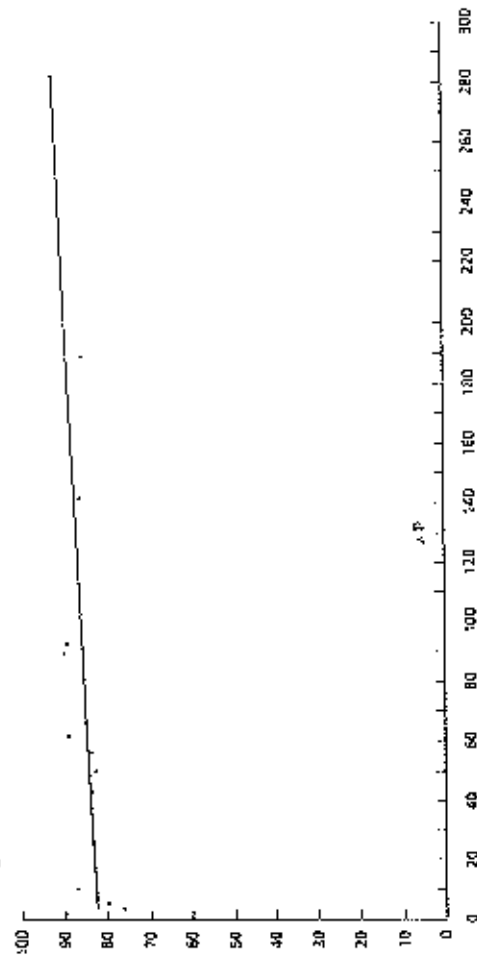


Fig. 42) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2 (03.05.91)

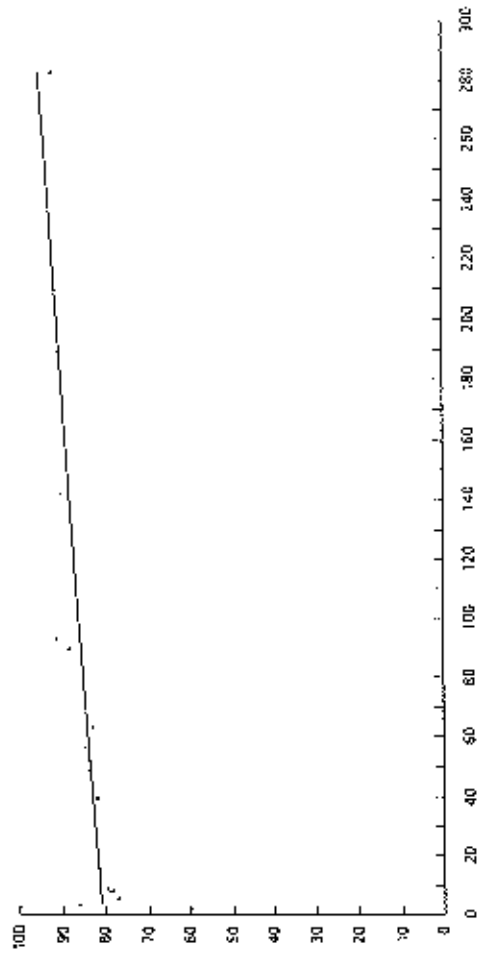


Fig. 43) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2 (26.04.91)

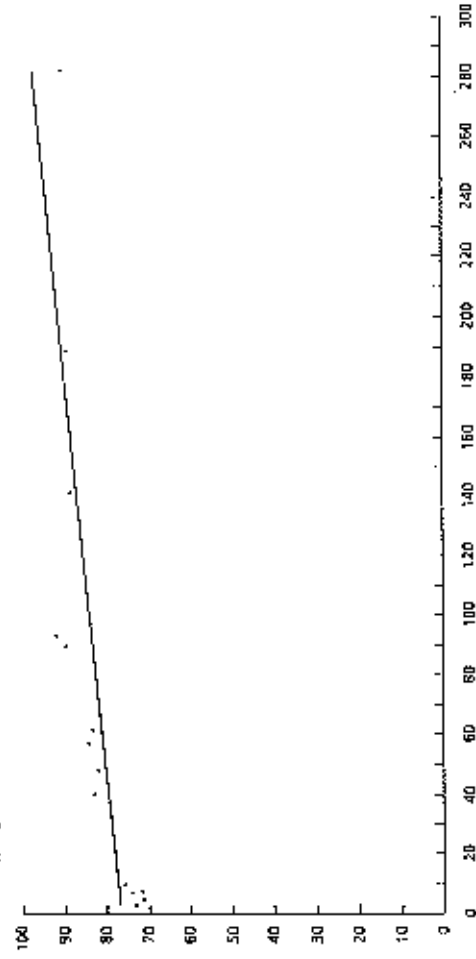


Fig. 44) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2 (13.05.91)

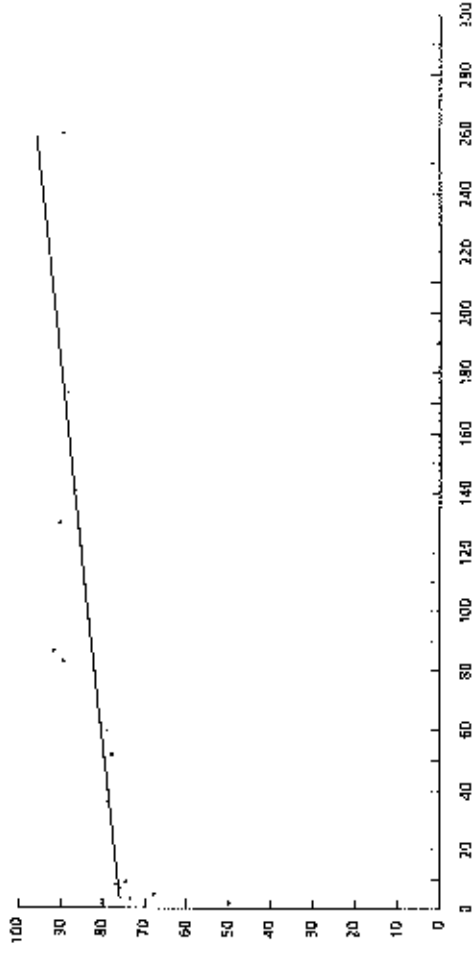


Fig. 4 m) OPPLØSNINGSHASTIGHET FOR MIKRONISERT MARMOR, FASE 2 (24.05.91)

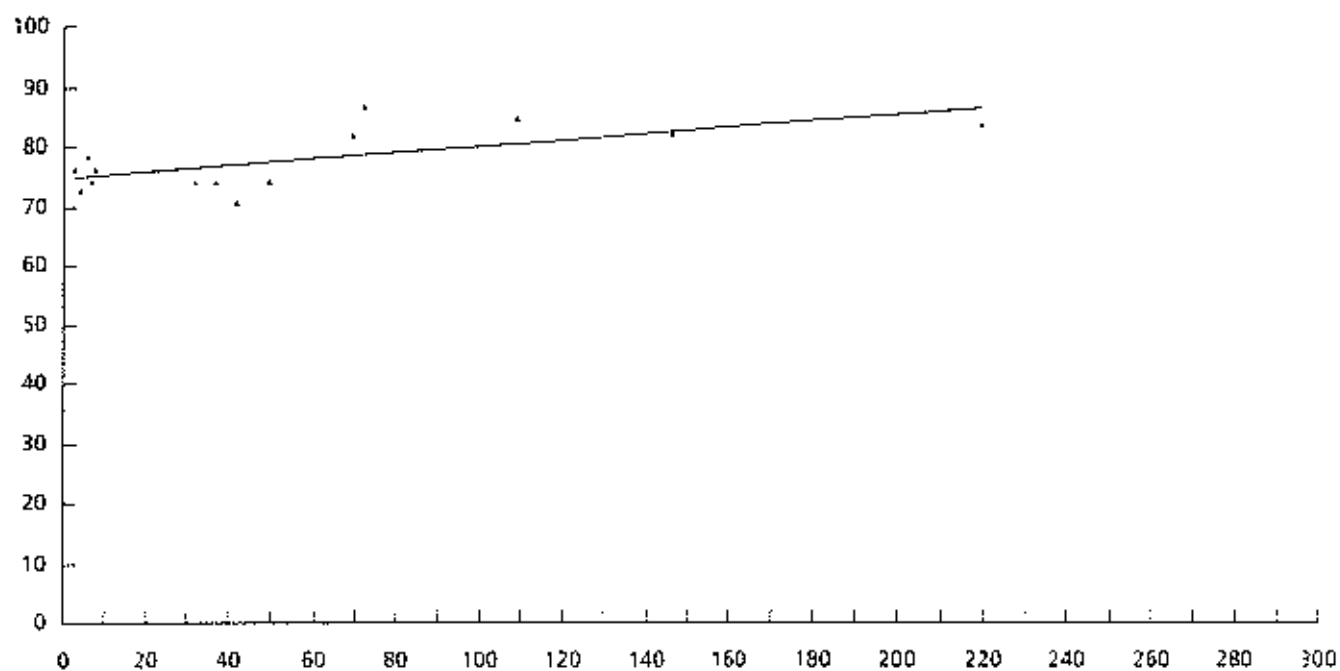


FIG. 5 A
OVERSIKT OVER GJENNOMSNITTLIG pH, ALKALITET, KALSIVM OG ALUMINIVM PÅ RÅVANN,
FORSYNINGSVANN OG VANN PÅ LEDNINGSNETT, FASE 1

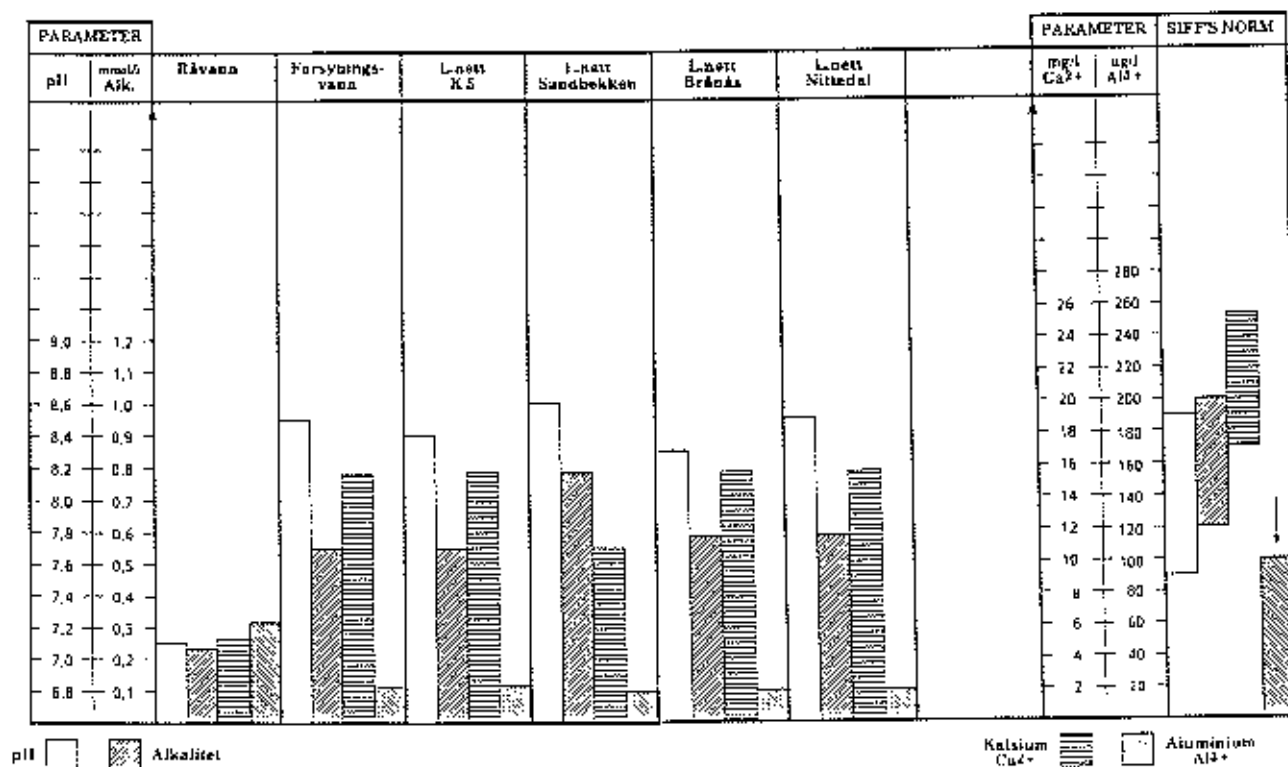


FIG. 5 B
OVERSIKT OVER GJENNOMSNITTLIG pH, ALKALITET, KALSIVM OG ALUMINIVM PÅ RÅVANN,
FORSYNINGSVANN OG VANN PÅ LEDNINGSNETT, FASE 2

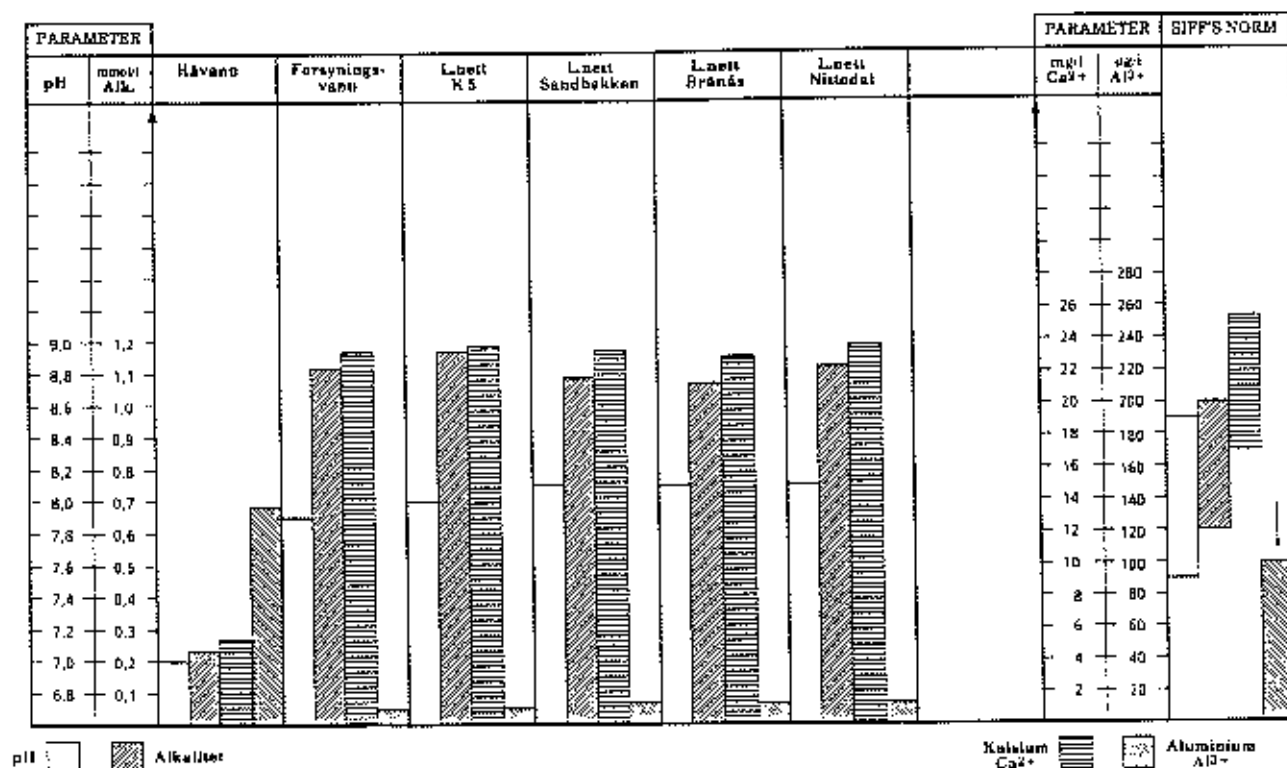
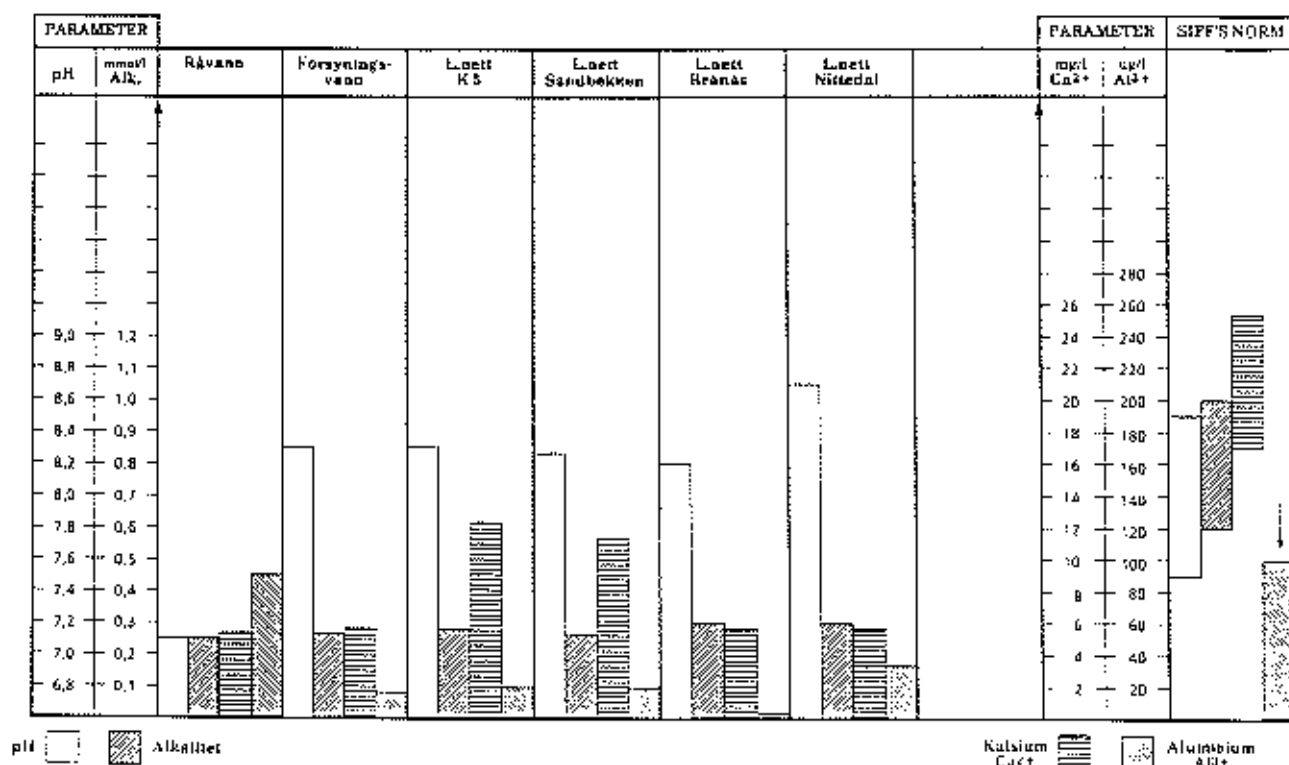


FIG. 5 C
OVERSIKT OVER GJENNOMSNITTLIG pH, ALKALITET, KALSIV OG ALUMINIV PÅ RÅVANN,
FORSYNINGSVANN OG VANN PÅ LEDNINGSNETT, FASE 3



Rz/Lab-GH/ar. 28.10.91

FIG. 6 OVERSIKT OVER DOSERING AV ALKALIE OG KOSTNAD

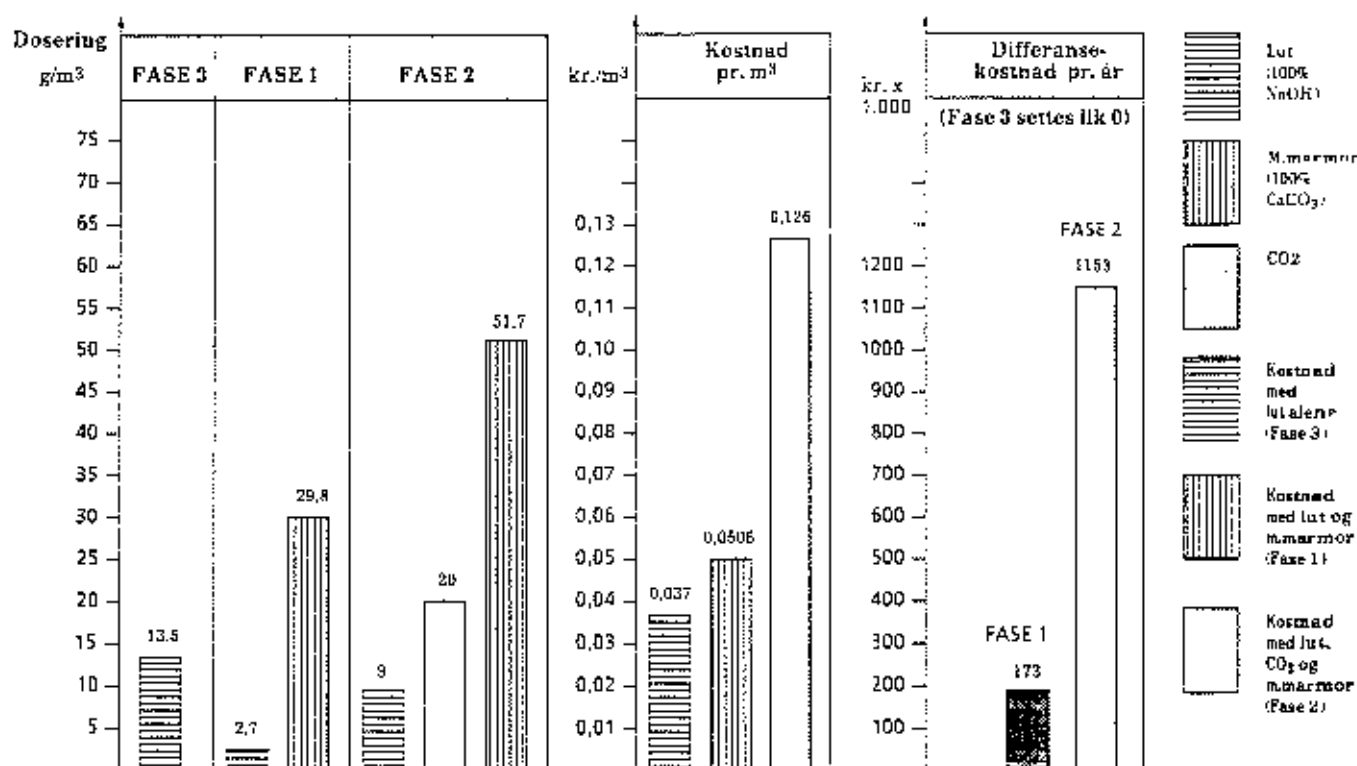
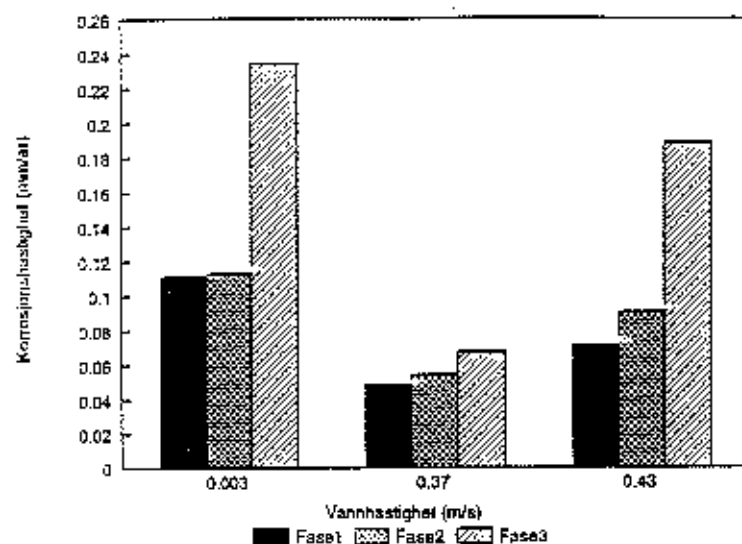
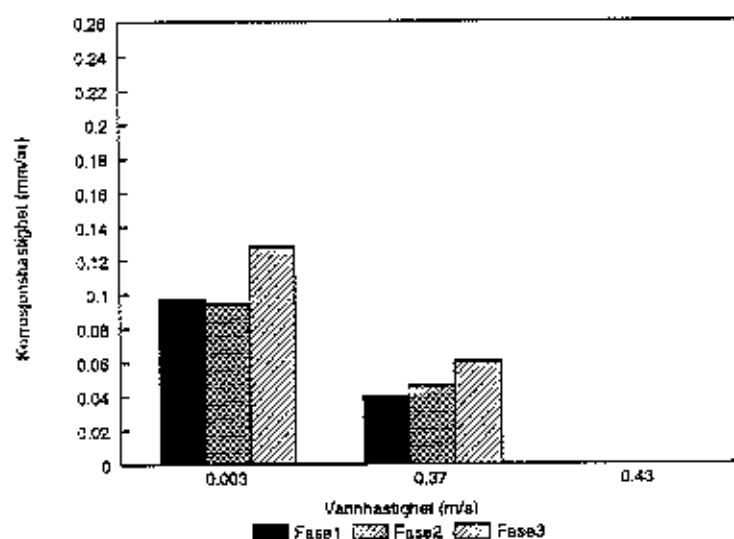


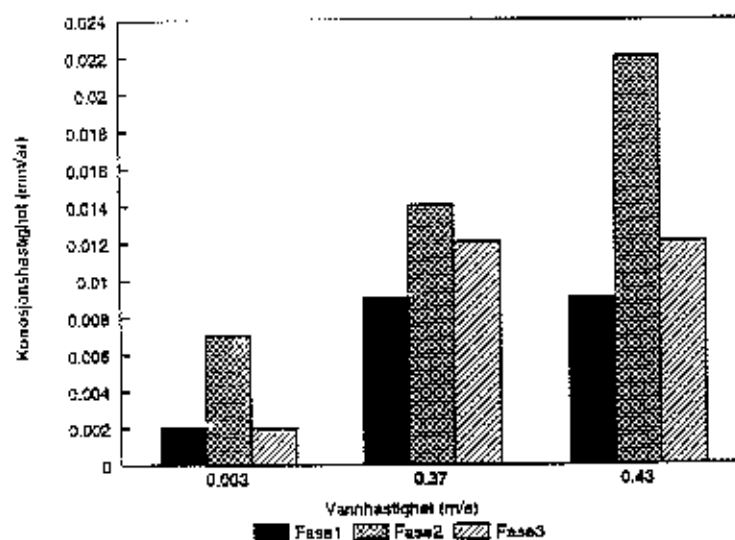
Fig. 8, 9 og 10 er vist i teksten på sidene 19 og 21.



Figur 7a. Korrosjonshastighet av duktilt støpejern ved ulike vannhastigheter.



Figur 7b. Korrosjonshastighet av stål ved ulike vannhastigheter.



Figur 7c. Korrosjonshastighet av kobber ved ulike vannhastigheter.