

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Utprøving av et vannforbedringsmiddel fra Health by Nature as	Løpenr. (for bestilling) 4433-2001	Dato 27.09.2001
	Prosjektnr. Undernr. O-21141	Sider Pris 15
Forfatter(e) Helge Liltved	Fagområde Vannforsyning	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Health by Nature as	Oppdragsreferanse Glenn Ager-Wick
---	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har undersøkt effekten av et vannforbedringsmiddelet som består av behandlet kalkalge- og skjellsand, kitosan og kalsiumskorbat pakket i en "te-pose". En pose skal kunne behandle 2 liter vann. Posen legges i vannet under omrøring og skal ligge i ca. 10 min før denne fjernes og vannet er klart til og drikkes.</p> <p>Effekten av produktet ble undersøkt i 4 ulike råvannskvaliteter. Resultatene viser at effekten var avhengig av vannkvaliteten i utgangspunktet. I surt og mineralfattig vann ble det tilført mer alkalitet, mineraler og essensielle elementer som K, Na, Ca, Mg og Cl, enn i vann med høyere pH og mineralinnhold. Behandling med vannforbedringsmiddelet ga generelt en liten økning i turbiditet, fargetall og organisk stoff, uten at dette ansees å ha praktiske konsekvenser. Når det gjelder metaller og de sporstoffer som er blitt undersøkt, var det små eller ingen forskjeller mellom vann som var behandlet og vann som ikke var behandlet, bortsett fra kvikksølv som ble redusert. Det ble vist at vannforbedringsmiddelet var effektivt for å fjerne fritt og bundet klor fra klorert drikkevann. Resultatene tyder også på at middelet reduserer antallet dyrkbare <i>E. coli</i> i vann.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drikkevann 2. Vannforbedring 3. Mineraler 4. Bakterier 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drinking water 2. Water quality improvement 3. Minerals 4. Bacteria
---	--

Helge Liltved

Prosjektleder

Henning Mohn

Forskningsleder

Bente Wathne

Forskningsjef

ISBN 82-577-4077-2

**Utprøving av et vannforbedringsmiddel
fra Health by Nature as**

Forord

Vannforbedringsmiddelet er testet ved NIVAs Sørlandsavdeling i Grimstad i løpet av sommeren 2001.

Grimstad, 27.09.2001

Helge Liltved

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materialer og metoder	9
2.1 Vanntyper	9
2.2 Prøvetaking	10
3. Resultater og diskusjon	11
3.1 Effekter med hensyn på generell vannkvalitet	11
3.2 Effekter med hensyn på essensielle elementer	11
3.3 Effekter med hensyn på metaller og sporstoffer	12
3.4 Effekter med hensyn på fritt og bundet klor	13
3.5 Effekt med hensyn på <i>Escherichia coli</i>	14
4. Referanser	15

Sammendrag

Vannforbedringsmiddelet som ble testet i denne undersøkelsen består av behandlet kalkalge- og skjellsand, kitosan og kalsiumaskorbat, og er pakket i en "te-pose". En pose skal kunne behandle 2 liter vann. Posen legges i vannet under omrøring, og skal ligge i ca. 10 min før posen fjernes og vannet er klart til og drikkes. NIVA har undersøkt effekten av produktet i 4 ulike vanntyper.

Resultatene fra undersøkelsen viser at effekten av produktet var avhengig av vannkvaliteten i utgangspunktet. I surt og mineralfattig vann ble det tilført mer alkalitet, mineraler og essensielle elementer som K, Na, Ca, Mg og Cl, enn i vann med høyere pH og mineralinnhold. I vann som på forhånd var behandlet med omvendt osmose, økte summen av K, Na, Ca, Mg og Cl fra 1,33 mg/l til 5,35 mg/l. Alkaliteten økte fra 0,063 mmol/l til 0,113 mmol/l.

Når det gjelder metaller og de sporstoffer som er blitt undersøkt, var det små eller ingen forskjeller mellom vann som var behandlet og vann som ikke var behandlet, bortsett fra kvikksølv som ble redusert. Det ble vist at vannforbedringsmiddelet var effektivt for å fjerne restklor (fritt og bundet) fra klorert drikkevann. Resultatene tyder også på at middelet reduserer antallet dyrkbare *E. coli* i vann. Behandling med vannforbedringsmiddelet ga generelt en liten økning i turbiditet, fargetall og organisk stoff, uten at dette ansees å ha praktiske konsekvenser.

Produktet fra Health by Nature as er ment som et vannforbedrende middel som ikke nødvendigvis skal resultere i et vann som tilfredstiller verdiene i Drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedepartementet 1996). Når det gjelder verdiene for de ulike vannkvalitetsparametrene i den gjeldende Drikkevannsforskriften, er det viktig å være klar over at mange av disse er gitt for å sikre god effekt av desinfiseringen i vannverkene, og for å forhindre korrosjon i ledningsnettet. Disse grenseverdiene er derfor ikke like relevante i forhold til en behandling som foregår hos hver enkelt forbruker.

Summary

Title: Testing of a product for drinking water quality improvement, produced by Health by Nature as
Year: 2001

Author: Helge Liltved

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4077-2

NIVA has tested the performance of a product for drinking water quality improvement, produced by Health by Nature as. The product consists of a mixture of a special treated calsite-sand, chitosan and calcium-ascorbate enclosed in a "tea-bag". One bag is sufficient to treat 2 litres of water. The bag is submerged in the water and stirred for 5-10 sec. A 10 minutes reaction time is then allowed before the bag is removed, and the water is ready for the consumer.

The performance of the product was tested in 4 different water-qualities. The results of the test show that the efficiency was dependent on the initial water quality. In low alkalinity water, more minerals (K, Na, Ca, Mg and Cl) and alkalinity were transferred from the bag to the water than in higher alkalinity water. Small, if any, changes in metals and trace metals were observed between treated and untreated water. One exception was the reduction in mercury. The treatment resulted in small increases in turbidity, color and organic carbon. These increases were not believed to have any practical consequences.

The product proved to be efficient in removal of residual chlorine (free and combined). The results also indicate removal of spiked *Escherichia coli* from water samples.

1. Innledning

I Norge benyttes i hovedsak overflatevann som drikkevann. Det er 3 hovedproblemer knyttet til norsk overflatevann:

- Korrosivt vann. Overflatevann er ofte surt, har lav alkalitet, og lavt innhold av oppløste mineraler. Dette gjør at vannet er korrosivt overfor materialer i rørledninger og armatur som er i kontakt med vannet, noe som både har økonomiske og vannkvalitetsmessige konsekvenser.
- Høyt humusinnhold. På Østlandet, Sørlandet og i Trøndelagsfylkene inneholder vannet ofte mye humus som gir en gulbrun farge. Humus er en kompleks blanding organiske makromolekyler som dannes ved langsom mikrobiell og kjemisk nedbrytning og omdanning av planterester. Høyt humusinnhold kan gi lukt og smak på vannet, reduserer effekten av desinfeksjonsmidler (UV-beståling eller klorering), danne forhøyede nivåer med uheldige klororganiske forbindelser, og være substrat for mikroorganismer og derved gi økt begroing og nedslamming av ledningsnett.
- Mikroorganismer. Overflatevann er sårbart for mikrobiologiske forurensninger. Selv med en vannkilde som er godt skjermet for direkte kloakkpåvirkning vil jorbruksavrenning, samt aktivitet av mennesker, dyr og fugler i nedslagsfeltet representere en mulig forurensningskilde.

De aller fleste norske innbyggere mottar vann som har gjennomgått behandling. Mange mottar vann som bare er blitt desinfisert, enten med UV-bestråling eller ved klorering, mens de fleste mottar vann som i tillegg har gjennomgått mer omfattende behandling, som f.eks. humusfjerning og alkalisering.

Klorering er den dominerende metoden for desinfisering av drikkevann. Ulempene ved klorering er i første rekke knyttet til dannelse av uønskede biprodukter og i enkelte tilfeller lukt og smak. Graden av biproduktdannelse, samt lukt og smak er avhengig av vannkvalitet (innhold av organisk stoff og ammonium) og klordose.

Klor kan tilsettes vann i form av natrium- eller kalsiumhypokloritt (NaOCl eller Ca(OCl)_2), eller som klogass (Cl_2). Når klor tilsettes vann skjer det en hydrolyse slik at OCl^- ioner frigjøres, og det innstilles en pH-avhengig likevekt mellom hypoklorsyre (HOCl) og hypokloritt ion (OCl^-). Summen av HOCl og OCl^- betegnes *fritt klor*. Fritt klor inaktiverer bakterier raskt, og vil oksidere en rekke organiske og uorganiske forbindelser i vann. Når organiske molekyler oksideres av klor kan det dannes bl.a. syrer og aldehyder, samt noe lavmolekylære klororganiske forbindelser som trihalometaner. Det kan også dannes lave konsentrasjoner av klorerte fenoler, anisoler, indoler og acetonitriler. Fritt klor og ammonium vil reagere til kloraminer som har en inaktiverende effekt overfor bakterier, men med svakere virkning enn HOCl og OCl^- . Summen av kloraminer betegnes *bundet klor*. Summen av fritt og bundet klor betegnes *totalt klor*.

Vannforbedringsmiddelet som er testet i denne undersøkelsen består av behandlet kalkalge- og skjellsand, kitosan og kalsiumaskorbat som er pakket i en "te-pose". En pose skal være tilstrekkelig for å behandle 2 liter vann. Posen legges i vannet under omrøring, og skal ligge i vannet ca. 10 min. Etter denne reaksjonstiden er vannet klart til å drikkes.

Behandlingen med vannforbedringsmiddelet skal tilføre vannet alkalitet (heve karbonatinnholdet), heve kalsium- og mineralinnholdet, og heve pH til et stabilt nivå. I tillegg er det muligheter for at kitosanet i produktet kan binde noe humus og metaller, samtidig som evt. fritt klor og bundet klor fjernes. Det er tidligere rapportert at vannforbedringsmiddelet vil kunne fjerne coliforme bakterier og kvikksølv (Aanonsen 1999, Aanonsen 2001).

De tre komponentene i produktet vil kunne virke på vannkvaliteten på ulike måter:

Behandlet kalkalge- og skjellsand:

Denne inneholder hovedsakelig kalsiumkarbonat (CaCO_3), brent kalk (CaO) og ulike mineraler og sporstoffer. Kalsiumkarbonat vil løses i vann slik at konsentrasjonen av kalsium- (Ca^{2+}) og karbonationer (CO_3^{2-}) vil øke. Løseligheten av kalsiumkarbonat er pH-avhengig. Ved lav pH vil mer kalsium og karbonat gå i løsning enn ved høyere pH. Ulike mineraler og sporstoffer vil også løses i mer eller mindre grad avhengig av pH. Både kalsiumkarbonat og brent kalk vil bidra til å øke pH i vannet.

Kitosan:

Kitosan en naturlig polymer framstilt av reke- og krabbeskall som normalt ikke inneholder toksiske forbindelser. Kitosan [2-Amino-2-deoxy-(1→4)- β -D-glycopyranan] består av lange lineære polymere molekyler sammensatt av glykaner. Molekylvekten for handelsvaren er i området 10 000 – 1 000 000 Dalton. Kitosan er løselig i svake organiske syrer, og i fortynnet saltsyre. Viskositeten til en kitosan løsning er avhengig av molekylvekten.

I surt miljø vil aminogruppene i kitosan protoniseres og bli positivt ladet, og dermed kunne reagere med negativt ladede reaktive grupper på andre molekyler, som f.eks. karboksylgrupper knyttet til humusmolekyler og partikler (Liltved og Norgaard 1999). Kitosan har også evnen til å kompleksbinde metaller (Guibal *et al.* 1999), og er rapportert å ha bakteriehemmende virkning (Sudarshan og medarb. 1992).

Kalsiumaskorbat:

Kalsiumaskorbat vil dissosiere i vann og bidra til å heve kalsiuminnholdet, og innholdet av organisk stoff. Askorbat vil redusere oksidanter som f.eks. klor i vann.

2. Materialer og metoder

I testen som ble gjennomført her ble det benyttet poser med vannforbedringsmiddelet som levert fra oppdragsgiver. Posene inneholdt 2,5% kitosan og 2,75% kalsiumskorbat. Resterende mengde bestod av behandlet kalkalge- og skjellsand.

Det ble benyttet en pose til 2 liter vann i en ren plastkanne. Etter at posen var tilsatt vannet ble det satt på lokk, og kannen ble ristet og vendt i ca. 10 sekunder. Deretter ble den stående i 10 minutter før posen ble fjernet og vann ble tatt ut for analyse. Parallelt med prøven tilsatt vannforbedringsmiddelet ble det kjørt en kontrolltest. Denne kontrollen ble behandlet nøyaktig likt, men uten tilsetning av vannforbedringsmiddelet. Prøven og kontrollen ble analysert m.h.p. de samme parametrene. Vanntemperaturen var 8-10 °C i alle testene.

2.1 Vanntyper

Det ble testet 4 forskjellige vanntyper med ulik kvalitet. Kvaliteten på de ulike vanntypene er vist i tabell 1. Veiledende verdi i.h.t. drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedepartementet 1996) er også vist. Det skal bemerkes at de veiledende verdiene i første rekke er rettet mot kommunale og private vannbehandlingsanlegg. F.eks. er verdiene for pH, alkalitet og kalsiuminnhold primært satt for å unngå korrosjon på ledningsnettet mellom vannverket og forbruker. En slik problemstilling er ikke aktuell når det gjelder bruk av vannforbedringsmiddelet, da dette tas i bruk ute på nettet hos den enkelte abonnent.

De 4 ulike vanntypene som ble benyttet var:

- *Vann som på forhånd var behandlet med omvent osmose (RO-vann).*
Dette ble benyttet for å studere effekten av vannforbedringsmiddelet i et vann som i utgangspunktet hadde lavt innhold av mineraler, salter og organisk stoff (TOC).
- *Vann tappet fra ledningsnettet på laboratoriet til NIVA i Grimstad (Rorevann).*
Vannet stammet fra Rorevann, og hadde gjennomgått vannbehandlingen i Grimstad vannverk. Vannet ble der tilsatt CO₂ før det ble filtrert gjennom knust marmor. Deretter ble det tilsatt natriumhypokloritt for desinfisering. Vannbehandlingen medførte at vannet hadde høyt kalsiuminnhold, høy alkalitet og høy pH. Det inneholdt også lave verdier av totalt klor. Humusinnholdet, målt som total organisk stoff (TOC) og fargetall, var relativt høyt da vannbehandlingen ved Grimstad vannverk ikke inkluderte humusfjerning.
- *Brønnvann fra Vegårshei.*
Vannet hadde lavt fargetall og moderate verdier for oppløste mineraler og salter. Det inneholdt noe partikler noe som framgår av relativt høy turbiditetsverdi.
- *Vann fra Olavskilden.*
Vannet hadde dårlig kvalitet med svært høy turbiditet og høyt innhold av organisk stoff.

Tabell 1. Kvaliteten på de ulike vanntypene som ble testet sammenliknet med veiledende verdier i drikkevannsforskriften.

Parameter	RO-vann	Rorevann	Brønnvann	Olavskilden	Veiledende verdi
pH	6,63	7,82	6,92	6,30	7,5<pH<8,5
Ledningsevne, mS/m	0,50	10,28	4,06	6,10	
Turbiditet, FNU	0,34	0,81	0,66	1,75	0,4
Fargetall, ufilt. mgPt/l	1,55	29,0	5,03	39,5	
Fargetall, filt. mgPt/l	<1	27,5	<1	7,35	1
UV abs pr. cm	<0,010	0,148	0,015	0,076	
Alkalitet, mmol/l	0,063	0,756	0,204	0,108	0,6-1,0
TOC, mg/l	<0,10	3,8	0,82	15,1	3
Kalsium, mg/l	0,21	15,8	3,59	1,76	15-25

2.2 Prøvetaking

Kjemisk prøvetaking

Prøver for kjemisk analyse ble sendt til NIVA i Oslo. Disse ble analysert i.h.t. akkrediterte standarder. For å teste effekten av vannforbedringsmiddelet overfor kvikksølv ble det benyttet Rorevann med og uten tilsetning av kvikksølv. Til 2 l vann ble det tilsatt 15 µl 1% Hg(Cl)₂-løsning.

Mikrobiologisk prøvetaking

For testing av effekten av vannforbedringsmiddelet overfor *Escherichia coli* i vann, ble Rorevann og brønnvann benyttet. En stamme *E. coli* ble dyrket opp på agarskål. En del av en koloni ble plukket fra skålen og løst i et stort volum vann. Deretter ble det tatt ut volumer av 1 liter som ble tilsatt vannforbedringsmiddelet. Det ble også tatt ut 1 liters volumer som ikke ble tilsatt vannforbedringsmiddelet (kontroller). Prøver for bakteriologisk analyse (100 ml) ble tatt ut for membranfiltrering. Filtrene ble lagt på agar for telling av kolonier etter 1 døgn. De bakteriologiske prøvene ble analysert ved AnalyCen A/S i Arendal.

Måling av effekten overfor klor

For å måle effekten av vannforbedringsmiddelet overfor fritt klor og totalt klor ble det benyttet Rorevann med tilsetning av natriumhypoklorittløsning (Merck). Det ble gjort forsøk med lav og høy klormengde. I forsøkene med lav klormengde ble det tilsatt 10 µl klørløsning til 2 l Rorevann, mens i forsøkene med høy klormengde ble det tilsatt 70 µl til 2 l Rorevann. Prøver ble analysert ved oppstart og etter 10 min kontakt med vannforbedringsmiddelet.

Fritt og bundet klor ble målt v.h.a. reagenset dietyl-p-fenyldiamin (DPD) og et spektrofotometer (Hach DR 2000). Fritt klor reagerer umiddelbart med DPD, og det utvikles en rødfarge. Fargeintensiteten er proporsjonal med mengde fritt klor i vannet. Fargeintensiteten ble målt ved en bølgelengde på 530 nm.

For måling av totalt klor ble det benyttet et DPD-reagens som var tilsatt jodid. Bundet klor i løsningen oksiderer jodid til jod. Jod og fritt klor vil sammen reagere med DPD til det røde fargekomplekset som er proporsjonalt til konsentrasjonen av totalt klor. For å bestemme mengden bundet klor ble målt mengde fritt klor trukket fra målt mengde totalt klor.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Effekter med hensyn på generell vannkvalitet

Effekten av vannforbedringsmiddelet m.h.p. generell vannkvaliteter er vist i tabell 2. Som det framgår er effekten i de ulike vanntypene forskjellig. I vann som har lavt innhold av mineraler og salter, og har relativt lav pH-verdi, vil virkningen være størst. Dette framgår spesielt ved å sammenlikne RO-vann, som er ionefattig (lavt innhold av oppløste mineraler og salter) og har en pH-verdi under 7, med Rorevann som er rikt på ioner og har høy pH. I RO-vann økte pH, ledningsevne og alkalitet, mens pH-verdien og alkaliteten gikk noe ned i Rorevann. Ledningsevnen viste en liten økning. Ledningsevnen er et mål for vannets evne til å lede elektrisk strøm. Høy ledningsevne viser høyt innhold av mineraler og salter.

Vannets turbiditet er et mål for innholdet av små svevepartikler. Partiklene kan være av både organiske og uorganiske opprinnelse. Turbiditetsverdiene i behandlet vann var gjennomgående noe høyere enn i ubehandlet vann. Denne økningen kan være forårsaket av støv og fine partikler i kalkalge- og skjellsanden, og i kitosanen som benyttes. Kravet til lav turbiditetsverdi i drikkevannsforskriften er i hovedsak satt for å sikre effektiv desinfisering, så en turbiditetsøkning i forbindelse med denne behandlingen som foregår etter desinfisering har liten praktisk betydning.

Også fargetall, både ufiltrert og filtrert, og organisk stoff (TOC) økte etter tilsetning av vannforbedringsmiddelet. En økning i organisk stoff var ventet fordi den organiske forbindelsen askorbat er en av bestandelene i vannforbedringsmiddelet. I forhold til største tillatte konsentrasjon for filtrert fargetall som er 20 mgPt/l, var alle langt under denne, bortsett fra Rorevann som hadde et høyt fargetall i utgangspunktet. Det høye fargetallet indikerer at innholdet av humusforbindelser er høyt. Humus dannes ved naturlig nedbrytning av organiske forbindelser, i hovedsak planterester, i og omkring vannkilden.

Tabell 2. Konsentrasjoner i råvann (uten vannforbedringsmiddelet) og konsentrasjoner i vann behandlet med vannforbedringsmiddelet. Effekten i 4 ulike vanntyper er undersøkt.

	RO-vann		Rorevann		Brønnvann		Olavskilden	
	uten	med	uten	med	uten	med	uten	med
pH	6,63	6,87	7,82	7,72	6,92	6,96	6,30	6,47
Ledningsevne, mS/m	0,50	2,00	10,28	10,71	4,06	5,02	6,10	7,43
Alkalitet, mmol/l	0,063	0,113	0,756	0,725	0,204	0,229	0,108	0,147
Turbiditet, FNU	0,34	0,89	0,81	1,00	0,66	0,93	1,75	2,15
Fargetall, ufiltr. mgPt/l	1,55	3,48	29,0	29,8	5,03	7,35	39,5	29,4
Fargetall, filt. mgPt/l	<1	1,94	27,5	27,9	<1	1,55	7,35	7,74
UV abs pr. cm	<0,010	0,010	0,148	0,145	0,015	0,019	0,076	0,077
TOC, mg/l	<0,10	3,8	3,8	6,4	0,82	4,2	15,1	19,6

3.2 Effekter med hensyn på essensielle elementer

Noen elementer som har viktige funksjoner i menneskekroppen er K, Na, Ca, Mg og Cl. Alle disse er med på å opprettholde viktige funksjoner som ionebalansen i vev og organer, og nervefunksjoner. Kalsium inngår i tillegg i tann- og beindannelse.

I tabell 3 er analyseresultatene for disse elementene vist i RO-vann og Rorevann uten bruk av vannforbedringsmiddelet, og med bruk av vannforbedringsmiddelet. Kalsiumverdiene for brønnvann og for vann fra Olavskilden er også tatt med.

Som det framgår av verdiene vil vannforbedringsmiddelet bidra til å øke innholdet av alle elementene. I RO-vann som har et lavt innhold av elementene i utgangspunktet, var økningen betydelig for kalsium, klorid, natrium, samt for summen av elementene. Mindre økninger ble observert for kalium og magnesium. I Rorevann som har et høyere innhold av elementene i utgangspunktet, var økningen mindre.

Tabell 3. Konsentrasjoner i råvann (uten vannforbedringsmiddelet) og konsentrasjoner i vann behandlet med vannforbedringsmiddelet.

	RO-vann		Rorevann		Brønnvann		Olavskilden	
	uten	med	uten	med	uten	med	uten	med
Kalium, K, mg/l	0,58	0,60	0,33	0,35				
Kalsium, Ca, mg/l	0,21	2,07	15,8	16,9	3,59	5,00	1,76	3,35
Klorid, Cl, mg/l	0,2	1,2	5,9	6,7				
Magnesium, Mg, mg/l	0,11	0,19	0,52	0,55				
Natrium, Na, mg/l	0,23	1,29	3,92	4,76				
Sum elementer, mg/l	1,33	5,35	26,47	29,26				

3.3 Effekter med hensyn på metaller og sporstoffer

I RO-vann og i Rorevann ble det i tillegg til de essensielle elementene analysert m.h.p. en rekke metaller og sporstoffer, samt m.h.p. noen representanter for gruppen lantanidene (Ce, Nd, Pr) (tabell 4). Analyseverdiene er sammenliknet med største tillatte konsentrasjoner som beskrevet i drikkevannsforskriften.

I RO-vann var det som ventet lavt innholdet av metaller og sporstoffer i utgangspunktet. Som det framgår ble det observert små økninger i innholdet av Al, Fe, Mn og lantanidene, mens konsentrasjonen av Cu, Cr, Ni, Pb, V og Cd holdt seg konstant eller tilnærmet konstant. Innholdet av Mo ble redusert.

I Rorevann var det et høyere innhold av metaller og sporstoffer i utgangspunktet. Det var små eller ingen endringer mellom vannet uten vannforbedringsmiddelet og vannet som var behandlet med vannforbedringsmiddelet. Små økninger ble observert for Ni og Zn. Som det framgår var det bare Al som er i nærheten av største tillatte konsentrasjon i drikkevannsforskriften. Vannforbedringsmiddelet bidro ikke til å redusere denne. Heller ikke Fe-innholdet ble vesentlig redusert, til tross for at det er vist at kitosan har evnen til å binde flere metaller. I forsøk med koagulering av humusholdig vann med kitosan er det vist effektiv binding av bl.a. Fe. Det ser ut som om kitosans potensiale for kompleksbinding av metaller ikke kommer til sin fulle rett i produktet. Dette kan komme av manglende kontaktmuligheter mellom metall og kitosan.

Når det gjelder kvikksølv (Hg) var nivået svært lavt i Rorevann (3,5 ng/l) (ett ng er 1/1000-dels µg). Det ble registret en liten nedgang i behandlet vann. For å undersøke effekten av vannforbedringsmiddelet ved høyere konsentrasjoner ble det tilsatt kvikksølv til en konsentrasjon på 87,5 µg/l. Denne ble redusert til 65,5 µg/l etter behandling, noe som tyder på at produktet reduserer innholdet av kvikksølv i vann. Tidligere undersøkelser som er gjennomført med vannbehandlingsproduktet viser en reduksjon i kvikksølv fra 0,51 µg/l til <0,01 µg/l (Aanonsen 2001).

Tabell 4. Konsentrasjoner i råvann (uten vannforbedringsmiddelet) og konsentrasjoner i vann behandlet med vannforbedringsmiddelet. Effekten på metaller og sporstoffer i RO-vann og Rorevann er undersøkt.

	RO-vann		Rorevann		Største tillatte kons.
	uten	med	uten	med	
<i>Metaller og sporstoffer</i>					
Aluminium, Al, µg/l	<2	9	181	186	200
Jern, Fe, µg/l	<5	18	98	95	200
Kopper, Cu, µg/l	0,95	1,1	12	11	300
Krom, Cr, µg/l	<0,1	<0,1	0,2	0,3	50
Nikkel, Ni, µg/l	<0,2	<0,2	0,4	0,7	50
Bly, Pb, µg/l	0,06	0,06	0,35	0,38	20
Sink, Zn, µg/l	3,9	4,0	9,7	12	300
Vanadium, V, µg/l	<0,1	<0,1	0,2	0,2	-
Molybden, Mo, µg/l	0,4	<0,1	<0,1	0,2	-
Kadmium, Cd, µg/l	<0,003	0,005	0,072	0,075	5
Mangan, Mn, µg/l	0,19	1,2	14	14	50
Kvikksølv, Hg, µg/l			0,0035	0,0030	0,5
<i>Lantanidene</i>					
Cerium, Ce, µg/l	<0,003	0,046	0,072	0,075	
Neodymium, Nd, µg/l	0,003	0,028	0,53	0,51	
Praseodymium, Pr, µg/l	0,006	0,009	0,15	0,15	

3.4 Effekter med hensyn på fritt og bundet klor

Det ble gjort forsøk for å bestemme effekten av vannforbedringsmiddelet i vann som var klorert med lave (tabell 5) og høye (tabell 6) klordoser. Konsentrasjonene av fritt klor ble målt til henholdsvis 0,15 mg/l og 1,15 mg/l ved start. Som tallene i tabellene tilsier ble både fritt og bundet klor redusert til null etter 10 minutters kontaktid med vannforbedringsmiddelet. I kontrollene som var klorert men ikke tilsatt vannforbedringsmiddelet var det fortsatt fritt og bundet klor tilstede etter 10 minutter.

Resultatene viser at vannforbedringsmiddelet er effektivt når det gjelder deklorering av klorert drikkevann. Dekloreringen kan forklares med at klor reagerer med de organiske forbindelser som finnes i vannforbedringsmiddelet, i første rekke askorbat og kitosan, og reduseres til kloridioner. Ved en så lav kontaktid som 10 minutter mellom klor og vannforbedringsmiddelet vil det trolig ikke dannes problematiske nivåer av klororganiske forbindelser (trihalometaner), da slik dannelse er rapportert å kreve lengere tid (Casey og Chua 1997). I en undersøkelse hvor vannforbedringsmiddelet (uten kitosan) ble tilsatt kloroformholdig vann uten restklor, ble det vist en liten nedgang i kloroformkonsentrasjon, fra 18 til 15 µg/l (Lernstål 1998).

Tabell 5. Effekten av vannforbedringsmiddelet i Rorevann som var klorert med lav klordose ved 8°C.

	Ved oppstart		Etter 10 minutter	
	Fritt klor, mg/l	Bundet klor, mg/l	Fritt klor, mg/l	Bundet klor, mg/l
Rorevann med	0,15	0,04	0,00	0,00
Rorevann uten	0,15	0,04	0,04	0,14

Tabell 6. Effekten av vannforbedringsmiddelet i Rorevann som var klorert med høye klordoser ved 8°C.

	Ved oppstart		Etter 10 minutter	
	Fritt klor, mg/l	Bundet klor, mg/l	Fritt klor, mg/l	Bundet klor, mg/l
Rorevann med	1,15	0,05	0,00	0,00
Rorevann uten	1,15	0,05	0,86	0,11

3.5 Effekt med hensyn på *Escherichia coli*

Effekten av vannforbedringsmiddelet overfor bakterien *E. coli* er vist i tabell 7. Som det framgår ble det tatt 2 parallelle prøverserier av Rorevann og brønnvann med og uten tilsetning av middelet. Tallene for Rorevann viser at bakteriene trives dårlig i denne vanntypen, selv uten vannforbedringsmiddelet. Dyrkbare *E. coli* ble redusert fra 47 og 22 pr. 100 ml etter 10 min, til null i begge prøvene uten vannforbedringsmiddelet etter 60 min. Reduksjonen kan forklares med rester av bundet klor i vannet. I prøvene som var tilsatt vannforbedringsmiddelet var det ikke mulig å påvise bakterier i noen av prøvene.

Etter 10 min i brønnvann uten vannforbedringsmiddelet (kontroll) var bakterietallet 1880 og 1110 pr. 100 ml, mens antall bakterier i prøvene med vannforbedringsmiddelet var henholdsvis 1300 og 600 pr. 100 ml. Dette representerer en reduksjon på gjennomsnittlig 36% i forhold til kontrollen. Etter 60 min var bakterietallet i brønnvannet uten vannforbedringsmiddelet 1170 og 1060 pr. 100 ml, mens det i brønnvannet med vannforbedringsmiddelet var 80 og 0 pr. 100 ml, det vil si gjennomsnittlig 96% lavere bakterietall i prøvene med i forhold til prøvene uten.

Tabell 7. Effekten av vannforbedringsmiddelet overfor bakterien *E. coli* i Rorevann og brønnvann (parallelle prøver).

	Etter 10 minutter		Etter 60 minutter	
	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 1	Prøve 2
Rorevann uten	47	22	0	0
Rorevann med	0	0	0	0
Brønnvann uten	1880	1110	1170	1060
Brønnvann med	1300	600	80	0

Resultatene tyder på at vannforbedringsmiddelet reduserer antallet dyrkbare *E. coli* i vann, og sammenfaller med en tidligere undersøkelse som også viser at vannforbedringsmiddelet reduserer bakterietallet (Aanonsen 1999). Det er to mulige forklaringer på denne effekten:

1. Bakterier adsorberes til kitosan og/eller andre komponenter i Vannforbedringsmiddeletposene slik at bakterietallet i vannfasen reduseres.
2. En eller flere av komponentene i Vannforbedringsmiddeletposene har en inaktiverende effekt overfor bakterier slik at disse mister sin evne til å vokse på agarskålene. I.h.t. litteraturen kan kitosan hemme veksten av ulike typer mikroorganismer (Sudarshan og medarb. 1992).

4. Referanser

Aanonsen A. 1999. Resultat av mikrobiologiske analyser. KM-lab. 3 s.

Aanonsen A. 2001. Analyseresultater. AnalyCen, 1 s.

Casey T.J. og Chua K.H. 1997. Aspects of THM formation in drinking-water. J. Water SRT - Aqua. 46, 31-39.

Guibal E., Milot C. og Roussy J. 1999. Molybdate sorption by cross-linked chitosan beads: dynamic studies. Water Environ. Res. 71, 10-17.

Lernstål I. 1998. Laboratorierapport. KM lab. 1 s.

Liltved H. og Norgaard E. 1999. Humusfjerning ved bruk av den naturlige polymeren kitosan som koagulant. Tidskriftet VANN nr. 3, s. 489-498

Sudarshan N.R., Hoover D.G. and Knorr D. 1992. Antibacterial action of chitosan. Food Biotechnology, 6 (3), 257-272.

Sosial- og helsedepartementet 1996. Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. 2. utgave, 38 s.