

## Bakteriereduksjon gjennom behandlingstrinnene på Holsfjordanlegget og Aurevannsanlegget

Av Karin Ugland Sogn

Karin Ugland Sogn er ansatt som kvalitetsleder i Asker og Bærum Vannverk IKS.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 4. november 2013.

### Innledning

Asker og Bærum er de to kommunene i Akershus fylke som ligger vest for Oslo. Asker og Bærum Vannverk (ABV) er et interkommunalt selskap, som eies av de samme to kommunene. Selskapet eier og drifter Holsfjordanlegget på Kattås i Bærum kommune, og henter sitt råvann fra Holsfjorden, en tarm av Tyrifjorden, Norges femte største innsjø etter areal. Fra 2012 overtok selskapet driften av Aurevann vannbehandlingsanlegg på oppdrag for Bærum kommune. Aurevannsanlegget henter sitt råvann fra flere mindre innsjøer i skogsområdene nord for kommunene, der vannet fra naturens side er humusholdig, noe surt og ionefattig.

ABV har med andre ord driftsansvar, inklusiv kvalitetssikring for to store og ulike vannbehandlingsanlegg og leverer vann til sine to eierkommuner. Kommunene har selv driftsansvar for distribusjonsnettet fra vannbehandlingsanleggene til omkring 160 000 abonnenter.

Undersøkelsen som det skal redegjøres for i denne artikkelen ble gjennomført i 2008 – 2009 av Senter for Mattrygghet (SFM) ved Veterinærhøgskolen på oppdrag fra Asker kommune, Bærum kommune og ABV. Hensikten var å forsøke beregne desinfeksjonseffekten til de hygieniske barrierene i sine to vannverk.

Dagens mikrobiologiske metoder iht Drikkevannsforskriften gir ikke et godt svar da antallet bakterier før og etter behandlingstrinnet er for lave til å gi et fornuftig tallmateriale å regne bakteriereduksjon på. I denne undersøkelsen har man forsøkt brukt alternative metoder, som gir et høyere bakterietall slik at beregning av bakteriereduksjonen gir et sikrere tallmateriale i beregningen.

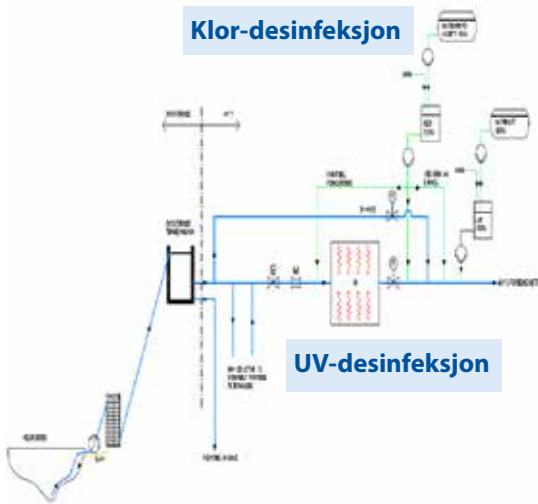
Det er valgt å benytte kimtall som mål for bakterier og aerobe sporedannere som mål for parasitter.

### Vannbehandling

I ”Veileder til drikkevannsforskriften, 2002” skriver Helsedepartementet at ”Den enkelte vannbehandlingsmetode bør inaktivere bakterier og virus med minimum 99,9% (3-log) og eventuelle parasitter med 99% (2-log), for å bli betraktet som en hygienisk barriere”. I denne undersøkelsen har vi benyttet kimtall som et mål for bakterier og aerobe sporedannere som et mål for encellede parasitter.

### Holsfjordanlegget

Holsfjorden har fra naturens side en god råvannskvalitet og tilfredsstillende alle de kjemiske parametrene i Drikkevannsforskriften. Tidligere ble råvannsinntaket under sprangsjiktet på 50 m dyp ansett som en hygienisk barriere og vannet ble kun behandlet med hypokloritt for desinfeksjon.



Figur1 Hygienisk barriere i Holsfjordanlegget



Figur2 Hygienisk barriere i Aurevann vba

Etter vannbransjens gjennomgang om "Optimal desinfeksjonspraksis" ODP har kravene til hygieniske barrierer blitt skjerpet inn og Holsfjordanlegget fikk utvidet behandlingen med et UV-trinn. Figur 1 viser en skisse av anlegget. ABV og kommunene ønsket å undersøke om det var mulig å måle barrierehøyden til hvert av desinfeksjonstrinnene og om kravet om 3 log reduksjon for bakterier og virus og 2 log reduksjon for parasitter kunne simuleres.

### Aurevann vannbehandlingsanlegg

Råvannskilden til Aurevannsanlegget er godt beskyttet mot avløp og annen forurensning, men på grunn av høyt fargetall er hovedhensikten med behandlingsmetoden å fjerne naturlig organisk materiale (NOM). Behandlingen består av koagulering, direktefiltrering og alkalisering, figur 2. Vannet desinfiseres med natriumhypokloritt før det sendes ut på ledningsnett. ABV og kommunene ønsket å undersøke om den hygieniske barrierehøyden etter koagulering/direktefiltrering og etter klordesinfeksjon kunne tallfestes. I tillegg ønsket ABV å undersøke om det var forskjell i barrierene når råvannet om høsten var mer sårbar på grunn av liten temperatursjiktning i kilden.

## Prøvetaking og analyse

Undersøkelsene foregikk i perioden 21. januar 2008 til 28. juli 2009.

### Prøveserier for Holsfjordanlegget

Det ble gjennomført 2 prøverunder

- 10 serier i perioden 21.1. – 31.3.2008 (behandling kun med klor). Prøvestedene var "Råvann" (Kattås) og "Rentvann" (Staver)
- 10 serier i perioden 21.4 – 28.7.2009 (behandling med UV + klor). Prøvestedene var "Råvann" (Kattås), "Etter UV" (Kattås) og "Rentvan" (Staver)

### Prøveserier for Aurevann vba.

Det er gjennomført 2 prøverunder

- 5 serier i perioden 21.1. – 18.2.2008 (vinterstagnasjon i Aurevann).
- 5 serier i perioden 22.9 til 20.10.2008 (høst-sirkulasjon i Aurevann).

Prøvestedene var "Råvann" fra Aurevann, "Etter kjemisk felling" (filterlinje 1 og 2) og "Rentvann".

### Mikrobiologiske metoder

Samtlige prøver ble undersøkt for kimtall i henhold til NS-EN ISO 6222 med prøvevolum: 1,0 og 0,1 ml. Kimtall ble også undersøkt ved

membranfiltrering av 1, 10 og 100 ml vannprøve. Filtrene ble inkuberte på Pepton Gjærekstrakt Agar tilsatt TTC. Inkubasjonstemperatur og inkubasjonstid i henhold til NS-EN ISO 6222. Aerobe sporedannere ble undersøkt ved membranfiltrering av 1, 10 og 100 ml varmebehandlet prøve (80 °C i 30 min). Filtrene ble inkuberte på blodagar ved 30 °C i 21 ± 3 timer.

**Resultatangivelse**

Kimtall (NS-EN ISO 6222): CFU pr. ml  
 Kimtall (PGA+TTC): CFU pr. 100 ml\*  
 Aerobe sporedannere: CFU pr. 100 ml

\* I svarene fra enkeltanalysene var resultatene angitt som CFU pr. 10 ml

For de prøvene der flere av de undersøkte volumene ga tellbare skåler er resultatene angitt som veide gjennomsnitt i henhold til ISO 8199. Videre er resultatene angitt med to gjeldende sifre.

Bakteriereduksjonen er angitt som:  
 $(CFU_{r\ddot{a}vann} - CFU_{rentvann}) / CFU_{r\ddot{a}vann} \cdot 100\%$

Der hvor resultatene for rentvann var 0 CFU i det angitte prøvevolumet er bakteriereduksjonen angitt som ”større enn” den verdien som ville framkommet dersom resultatet hadde vært 1 CFU.

**Resultater**

**Holsfjordanlegget**

*Desinfisering kun med klor (2008)*

Prosent bakteriereduksjon for kimtall og aerobe sporedannere gjennom anlegget er vist i tabell 1. Gjennomsnittlig reduksjon av kimtall var 96,4 basert på resultatene fra NS 6222. Aerobe sporedannere ble redusert med gjennomsnitt 25,9%.

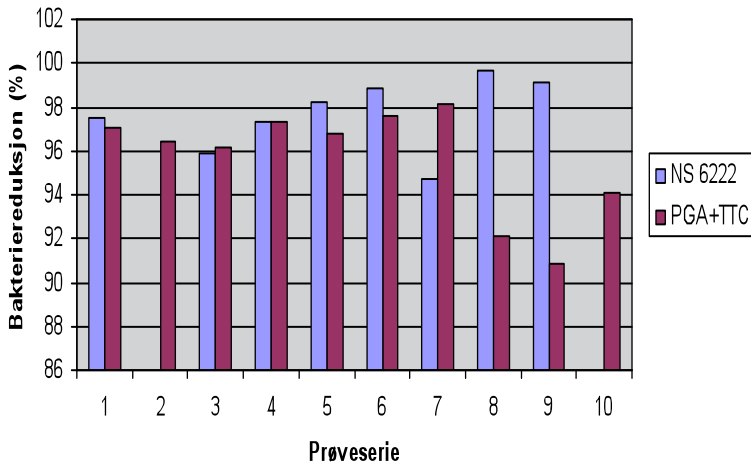
Kimtallsreduksjonen beregnet på bakgrunn av resultatene fra de to benyttede metodene, NS 6222 og PGA+TTC, er framstilt grafisk i figur 3. Ved to av prøveseriene ble det bare tatt med resultat basert på PGA + TTC. Dette skyldes at kimtallet i rentvannet ved disse to prøveseriene var 0 pr. ml i henhold til NS 6222. Reduksjonen av aerobe sporedannere viste større variasjon fra prøveserie til prøveserie (8,64 – 57,5%) sammenlignet med resultatene for kimtall, figur 4.

Dato	Råvannskvalitet		Bakteriereduksjon (%)	
	Kimtall pr. ml NS 6222	Aerobe sporedannere pr. 100 ml	Kimtall	Aerobe sporedannere
21.01	80	47	97,30	10,64
28.01	33	44	96,43	31,82
04.02	73	55	96,01	10,91
11.02	150	57	97,32	26,32
18.02	170	75	97,53	25,33
26.02	340	95	98,20	32,63
03.03	110	100	96,43	13,86
10.03	950	88	95,90	40,91
25.03	230	400	94,98	57,50
31.03	110	81	94,06	8,64
<b>Gj.snitt</b>	<b>220</b>	<b>100</b>	<b>96,42</b>	<b>25,9</b>
(Min-Max)	(33 - 950)	(44 - 400)	(94,06 - 98,20)	(8,6 - 57,5)

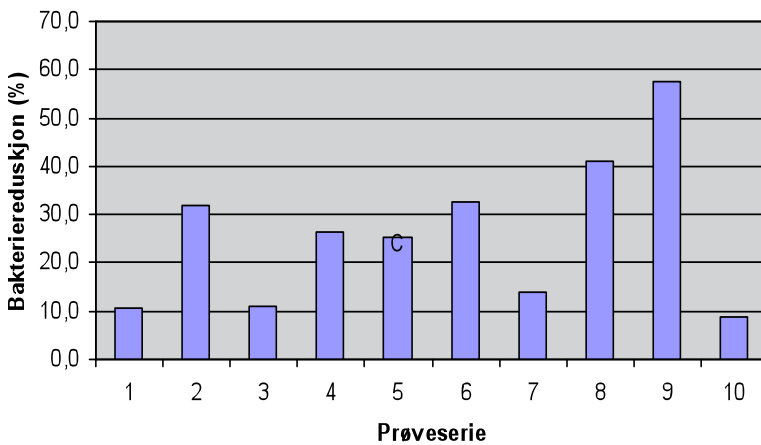
Tabell 1. Råvannskvalitet og bakteriereduksjon (%) gjennom vannbehandlingen (klorering) ved Holsfjordanlegget i 2008

Dato	Råvannskvalitet		Bakteriereduksjon (%)	
	Kimtall pr. ml NS 6222	Aerobe sporedannere pr. 100 ml	Kimtall	Aerobe sporedannere
21.04	110	170	99,50	94,12
12.05	120	75	99,11	97,33
19.05	66	80	96,97	95,00
26.05	120	85	98,88	94,12
02.06	500	270	99,89	96,67
06.06	210	340	99,52	96,76
16.06	100	670	98,98	98,81
23.06	110	180	99,09	98,33
30.06	150	650	99,23	99,23
28.07	39	55	88,59	87,27
<b>Gj.snitt</b>	<b>150</b>	<b>260</b>	<b>97,98</b>	<b>95,76</b>
(Min-Max)	(39 - 500)	(55 - 670)	(88,59 - 99,89)	(87,27 - 99,23)

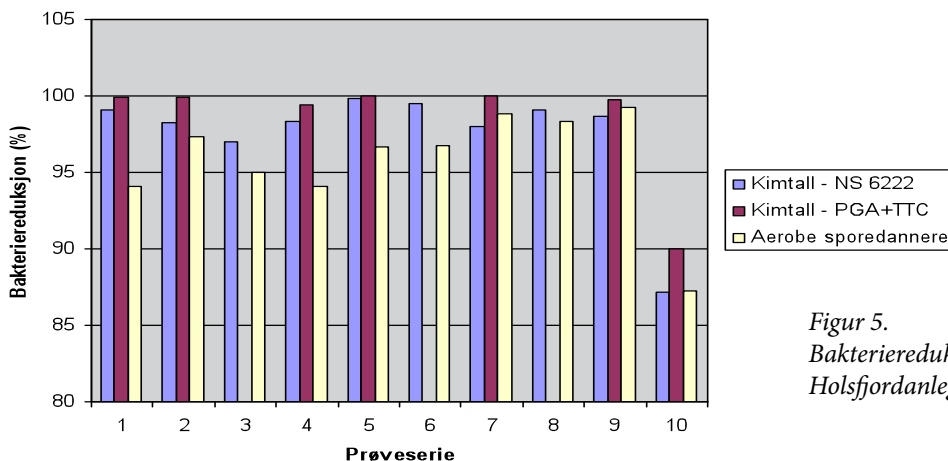
Tabell 2. Råvannskvalitet og bakteriereduksjon (%) gjennom vannbehandlingen (UV + klor) ved Holsfjordanlegget i 2009.



Figur 3. Bakteriereduksjon ved Holsfjordanlegget 2008, kimtall



Figur 4. Bakteriereduksjon ved Holsfjordanlegget 2008, aerobe sporedannere



Figur 5. Bakteriereduksjon ved Holsfjordanlegget 2009

#### Desinfisering med UV og klor (2009)

Prosent bakteriereduksjon for kimtall og aerobe sporedannere gjennom anlegget er vist i tabell 2. Gjennomsnittlig reduksjon av kimtall var 97,98%

basert på resultatene fra NS 6222 Aerobe sporedannere ble redusert med gjennomsnitt 95,76%, en vesentlig forbedring fra forrige gang der det kun var klordesinfeksjon.

Figur 5 viser bakteriereduksjonen gjennom Holsfjordanlegget med to desinfeksjonstrinn i prosessen. Prøvene, som ble tatt for vann kun med UV-behandling, ga så avvikende resultater, spesielt for kimtall at det ikke ga grunnlag for beregning av reduksjon. Det var derfor ikke mulig å beregne bakteriereduksjonen ved UV-behandlingen med rimelig grad av sikkerhet.

**Aurevann vannbehandlingsanlegg**  
*Råvannskvalitet*

Råvannets mikrobiologiske kvalitet, kimtall (NS 6222) og aerobe sporedannere er framstilt i Tabell 3. Resultatene angitt som gjennomsnitt for henholdsvis vinter- og høstprøvene.

Kimtallet i januar og februar var forholdsvis stabilt. Variasjonen i kimtallet var betydelig større i september og oktober. Innholdet av aerobe sporedannere var noe høyere i vinterprøvene enn høstprøvene.

*Bakteriereduksjon ved kjemisk felling*

Bakteriereduksjonen ved kjemisk felling basert på gjennomsnittsverdier av alle prøveresultatene for hver parameter er angitt i tabell 4.

Parameter	Enhet	Periode	Gj.snitt	Variasjon
Kimtall	CFU/ml	jan-febr	140	66 – 230
		sept-okt	470	38 – 1240
Aerobe sporedannere	CFU/100 ml	jan-febr	29	17 – 66
		sept-okt	11	5 - 17

Tabell 3. Kimtall og aerobe sporedannere i Aurevann, 2008

Parameter	Metode	Råvann	Etter kjemisk felling	Reduksjon (%)	Variasjon
Kimtall pr. ml	NS-EN ISO 6222	300	3	99,0	94,7 - 99,6
Kimtall pr. 100 ml	PGA + TTC	8100	130	98,4	92,8 - 99,8
Aerobe sporedannere pr.100 ml	Blod-agar	20	0	>95,0	-

Tabell 4. Gjennomsnittlig bakteriereduksjon ved kjemisk felling.

*Bakteriereduksjon ved kjemisk felling og klor-desinfeksjon*

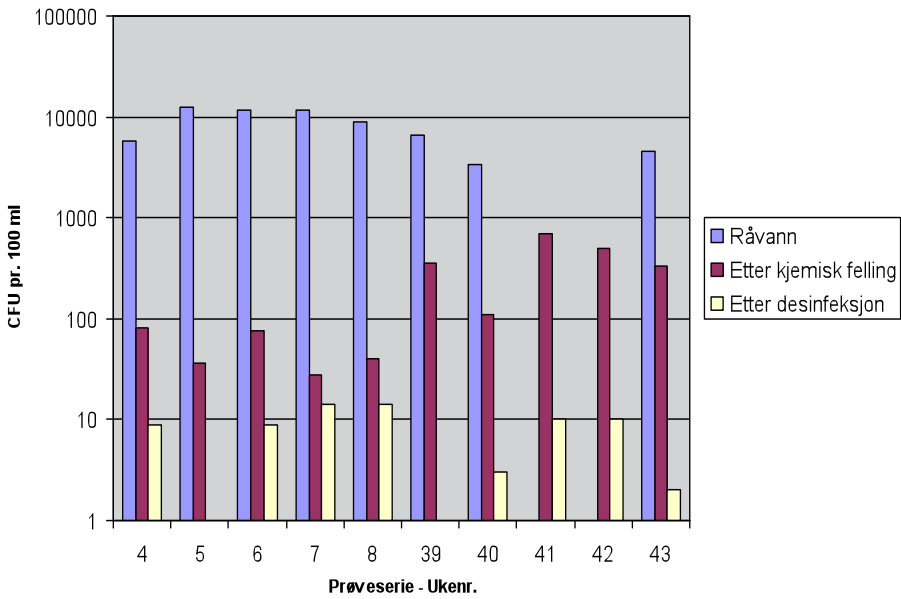
Bakteriereduksjonen, kimtall, viste liten variasjon fra prøveserie til prøveserie, tabell 5. For kimtall er antallet i råvann, etter kjemisk felling og etter desinfeksjon framstilt i figur 6. Ved to prøveserier, uke 41 og 42, var det umulig å angi bakteriereduksjonen som eksakte verdier. Dette skyldtes at antall CFU i råvannet var for høyt til å telles (PGA + TTC). Det ble påvist høyere verdier for kimtall i prøvene tatt etter felling ved høstprøvene sammenlignet med vinterprøvene, figurene 6 og 7. Imidlertid var kimtallet i rentvannet (etter desinfeksjon) i samme størrelsesorden både for vinter- og høstprøvene, figur 6.

Aerobe sporedannere ble kun påvist i en av prøvene etter kjemisk felling. Det kan derfor ikke angis noen sikre tall for reduksjonen av aerobe sporedannere gjennom vannbehandlingen. Hadde vi valgt større filtreringsvolum (1000 ml) fra rentvannet ville anslaget for reduksjon av aerobe sporedannere blitt sikrere.

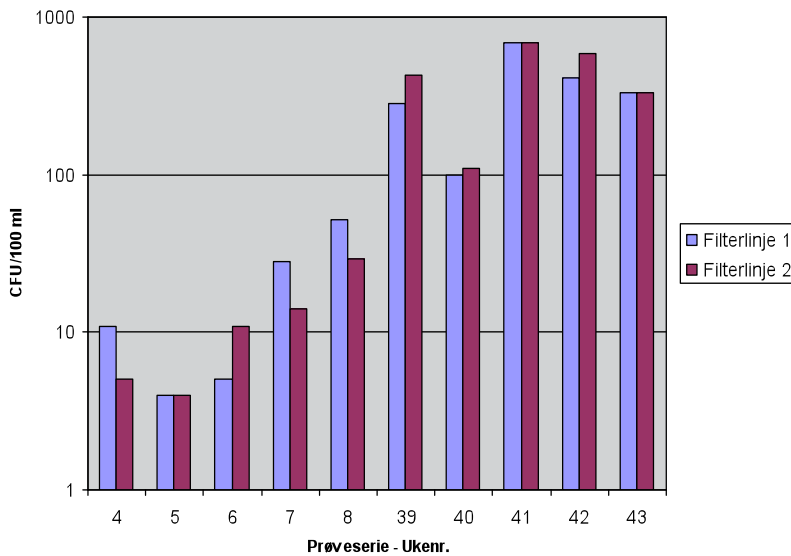
Figur 7 viser kimtall etter kjemisk felling ved hver av de to filterlinjene. Sammenlikningen viste at det ikke ble påvist tydelige forskjeller i bakteriereduksjonen ved de to filterlinjene.

Dato	Råvannskvalitet		Bakteriereduksjon (%)	
	Kimtall pr. ml NS 6222	Aerobe sporedannere pr. 100 ml	Kimtall	Aerobe sporedannere
21.01	66	22	99,84	>95,5
28.01	110	17	99,99	>94,1
04.02	230	20	99,92	>95,0
11.02	180	66	99,64	98,5
18.02	130	19	99,84	>94,7
22.09	66	13	99,88	>92,3
29.09	38	9	99,91	>88,9
06.10	1200	17	99,90	>94,1
13.10	860	5	99,90	>80
20.10	160	9	99,66	>88,9
<b>Gj.snitt</b>	<b>300</b>	<b>20</b>	<b>99,85</b>	-
(Min-Max)	(38-1200)	(5-66)	(99,64-99,99)	

Tabell5. Råvannskvalitet og bakteriereduksjon (%) gjennom vannbehandlingen (kjemisk felling + klor) ved Aurevann vba i 2009.



Figur 6. Aurevann vba: Kimtall pr. 100 ml i råvann, etter kjemisk felling og etter desinfeksjon. Resultatene er beregnet etter metoden der det ble benyttet PGA+TTC.



Figur7. Kimtall i vann etter kjemisk felling. Sammenligning av filterlinje 1 og 2.

## Konklusjoner

### Holsfjordanlegget

Resultatene for de gjennomførte undersøkelsene viser at bakteriereduksjonen målt som kimtall fra enkel desinfeksjon med klor til dobbelt desinfeksjon med klor og UV, kun økte fra 96,4 til 98,0%.

For aerobe sporedannere derimot var endringen betydelig fra 25,9 til 95,8%. Dette dokumenterer effekten av å utvide vannbehandlingen med UV-desinfeksjon. Resultatet er heller ikke overraskende fordi bakteriesporer er mer resistente mot klor.

### **Aurevann vannbehandlingsanlegg**

Kombinasjonen av kjemisk felling og desinfeksjon viste god effekt på bakteriereduksjonen gjennom anlegget målt som kimtall. Reduksjonen målt som kimtall viste at anlegget hadde svært god drift selv under høstsirkulasjonen da råvannskvaliteten hadde til dels høye verdier. For aerobe sporedannere var det vanskelig å gi noen måltall da verdiene i råvannet var lave og det ikke ble funnet aerobe sporedannere etter filterne.

### **Avsluttende kommentarer**

I denne undersøkelsen har vi benyttet kimtall som et mål for bakterier og aerobe sporedannere som et mål for encellede parasitter. Det er knyttet til en viss usikkerhet i resultatene. Veilederen krav om hhv 3 og 2 log reduksjon av bakterier, virus og parasitter er ikke alltid oppnådd for kimtall og aerobe sporedannere. Bruk av kimtall og aerobe sporedannere kan ikke overføres direkte

til egenskapene til patogene organismer. For vannverkseieren kan imidlertid disse resultatene brukes som indikasjoner på renseeffekt og gi dokumentasjon på at prosessene virker som forutsatt.

Kimtall og aerobe sporedannere finnes overalt i naturen og er enkle å identifisere. De kan relativt lett brukes for beregning av hygieniske barrierer, men som indikator på sykdomsfremkallende bakterier kan de neppe brukes. Det er imidlertid rimelig å tro at dersom sykdomsfremkallende bakterier hadde blitt funnet i like stort antall, ville man kunne anta tilsvarende reduksjon for de ulike behandlingstrinnene.

Resultatene i denne undersøkelsen viser at koagulering med et etterfølgende filteranlegg gir en bedre hygienisk barriere enn kun desinfeksjon dersom anlegget driftes optimalt slik som det synes å gjøre på Aurevann.