

Evaluering av krav til vannbehandling som hygienisk barriere i utkast til ny drikkevannsforskrift

Av Tor Håkonsen

Tor Håkonsen er siv. ing. og har eget firma

Innlegg på seminar 7. november 2000

Innledning

Utkastet til ny drikkevannsforskrift [1] som skal erstatte dagens gjeldende forskrift [2] er nå ute til høring. Den nye forskriften innebærer en del endringer i forhold til dagens forskrift, og en av de mer merkbare endringen er de spesifiserte kravene til vannbehandlingen som skal godkjennes som hygienisk barriere. Denne artikkelen tar for seg hovedprinsippene i disse nye kravene og hvilke endringer dette er i forhold til dagens forskrift. Deretter evalueres dette opp mot norske og internasjonale erfaringer og forskningsresultater. Denne evalueringen resulterer i konkrete forslag til forenkling og mulig forbedring av enkelte deler av den nye forskriften, samt tolkningen av den.

Hygienisk barriere i dagens forskrift

I dagens forskrift er begrepet hygienisk barriere kun nevnt i merknaden til §15. Begrepet er ikke nærmere definert og det er ikke nærmere spesifisert

hvilke metoder eller driftsformer som vil tilfredstille krav til en slik barriere. Det er derimot satt en lang rekke spesifikke krav til vannkvaliteten generelt i forskriftens tabeller 1-6. I praksis har barriere begrepet bare blitt benyttet for mikrobiologisk helsefare, og det har blitt etablert praksis at det er bruk av en av prosessene kjemisk felling, membranfiltrering, klorering eller UV bestråling som har blitt godkjent som hygienisk barriere. Det har derimot ikke eksistert spesifikke krav til driften av den kjemiske fellingen eller membranfiltreringen så lenge kvalitetskravene i tabellene har blitt nådd. Det har vært nok å få registrert at vannverket er utstyrt med en slik prosess for å få prosessen godkjent som barriere.

Ny struktur for vurdering av hygienisk barriere

I utkastet til ny forskrift er det fremdeles satt grenseverdier på en lang rekke vannkvalitetsparametere (flere endringer i forhold til dagens forskrift). Dette skal sikre alle forbrukere de samme høye kvalitetskrav, enten det er snakk om klorerings-

biprodukter, tungmetaller eller vanlige fysiske/kjemiske parametere som turbiditet, fargetall og pH.

I tillegg til disse generelle kravene er det spesifikt nevnt et utvalg av prosesser som kan bli godkjent som hygienisk barriere. Hver av disse prosessene følges av spesielle krav til rentvannskvalitet, dersom de skal gi uttelling som hygienisk barriere. Disse kravene kan være høyere enn det som ellers er nødvendig for å oppnå godkjent vannkvalitet, men er fastsatt for å sikre at driften av anlegget er slik at man er rimelig sikker på at prosessen faktisk er effektiv som hygienisk barriere. Det er både for tidskrevende og ressurskrevende for det enkelte vannverk å analysere på mikrobiologiske trusler som virus, bakterier og parasitter, slik at de utvalgte spesielle kravene til prosessen er tenkt brukt som operasjonelle parametere på dette. Dette kan eksemplifiseres med at det i utkastet til ny forskrift er satt krav til fargetall 5 mg Pt/l eller bedre i rentvannet fra et fellingsanlegg, dersom prosessen skal godkjennes som hygienisk barriere, siden man regner med at en prosess som klarer dette kravet er drevet så godt at også virus etc. fjernes. Dersom vannforsyningen har to barrierer utenom den kjemiske fellingen (for eksempel beskyttet kilde og desinfeksjon) vil det være tilstrekkelig å drifte fellingsanlegget etter en generell grenseverdi på 20 mg Pt/l.

Fargetall brukes ofte som et mål på vannets innhold av naturlig organisk materiale (NOM, humus). Rensekravene til organisk stoff kan

derimot bli begrenset av andre parametere enn fargetall, for eksempel grenseverdi for desinfeksjonsprodukter. (Dermed kan det enkelte ganger allikevel bli nødvendig å rense vannet slik at man også får et fargetall lavere enn 20 mg Pt/l for å tilfredstille et annet krav).

I tillegg til kravene til operasjonelle parametere for hygienisk barriere er det også satt krav til restprodukter som det er grunn til å være på vakt på ved den enkelte prosess. Disse vil ikke bli diskutert nærmere i denne artikkelen.

Det antas at årsaken til denne innstramningen på hva som kan bli godkjent som hygienisk barriere grunner i resultater fra nyere undersøkelser som viser at selv prosesser som utmerket godt kan fungere som hygienisk barriere vil kunne ha svært redusert effekt dersom driften av prosessene ikke er optimal.

I det følgende vil de særskilte kravene til kjemisk felling og membranfiltrering bli diskutert opp mot norske og internasjonale erfaringer og nyere forskning. Prosessparametere for disse hygieniske barrierene er presentert i tabell 1 og tabell 2.

De øvrige prosessene (desinfeksjon med klor, UV og Ozon) nevnes bare meget kort, da det etter forfatterens mening er mindre å diskutere ved disse. For klorering har vi riktignok nasjonale krav som gir en del lavere sikkerhetsnivå enn både de andre prosessene for hygienisk barriere og i forhold til mange andre vestlige land. Dette har sin bakgrunn i det norske publikums ganske så enstemte ønske om et drikkevann fritt for lukt og

smak av klor. Det er derimot ikke noe nytt i dette, og utkastet til ny forskrift innebærer ingen endring av betydning i forhold til dagens forskrift.

Når det gjelder desinfeksjon med UV er det innført et nytt klassifiseringsystem for UV dose ved hjelp av såkalt biosimeter. For bruk av ozon

som desinfeksjon har vi i Norge et meget begrenset erfaringsmateriale, men etter internasjonale undersøkelser å dømme [4] vil de foreslåtte krav innebære en balansert god sikkerhet omlag på linje med den foreslåtte bruk av UV.

Tabell 1 Vannbehandlingsanlegg med kjemisk felling

Parameter	Enhet	Grenseverdi	Merknad
Turbiditet	FNU	0,3	
Jern	mg Fe/l	0,1	Ved utløp fra renseanlegg når jern benyttes som fellingsmiddel
Oksiderbarhet (KMnO ₄)	mg O/l	3	<i>Operasjonell parameter.</i> Skal måles dersom ikke TOC måles
Totalt organisk karbon (TOC)	mg C/l	3	<i>Operasjonell parameter.</i> Behøver ikke måles når levert vannmengde er mindre enn 10.000 m ³ /døgn
Farge	mg Pt/l	5	<i>Operasjonell parameter</i>
Aluminium	mg Al/l	0,1	Ved utløp fra renseanlegg når aluminium benyttes som fellingsmiddel
Epiklorhydrin	µg/l	0,1	Beregnet konsentrasjon av restkonsentrasjon av monomerer fra polymerløsninger
Akrylamid	µg/l	0,1	

Tabell 2 Vannbehandlingsanlegg med membranfiltrering

Parameter	Enhet	Grenseverdi	Merknad
Porestørrelse	Nanometer	< 10	Porestørrelse sammen med kontrollparametre og kontrollprosedyre oppgis av leverandør

Kjemisk felling

Som det går frem av tabell 1 fra utkastet til ny forskrift er det satt krav til en rekke parametere. Noen av disse er operasjonelle parametere som skal gi driftoperatører en rimelig sikkerhet for at det enkelte anlegg også vil fjerne virus, parasitter og bakterier, nemlig turbiditet, farge og TOC.

Kravene til jern, aluminium og monomerer er satt for å begrense innhold av rest-kjemikalier i drikkevannet. Faktisk vil det også være slik at det under norske forhold ofte vil

være rest-jern og rest-aluminium som er mest begrensende for driften av prosessen [5], slik at når aluminiums eller jernbaserte fellingsmidler brukes, så vil disse grenseverdiene i praksis også være operasjonelle parametere.

På internasjonal basis finnes det mange referanser på at kjemisk felling er en god hygienisk barriere [6,7,8]. Dette inkluderer et bredt utvalg av både separasjonsprosesser (sedimentering, filtrering, direktefiltrering og flotasjon) og fellingsmidler (met-

allbaserte og polymerer). I den senere tid har det derimot blitt en kraftig økning i fokus på betydning av driftsrutiner for at denne gode hygieniske effekten skal nås [9,10]. Dette gjelder spesielt forhold knyttet til vann produsert under modning av filter og i forbindelse med midlertidige filtergjennombrudd forårsaket av endringer i hydraulisk belastning eller råvannskvalitet.

Slike studier av fellingsens effekt på mikrobiologiske parametere peker generelt på at turbiditet er den beste parameter å styre etter for å optimalisere den hygieniske renseseffekten. Faktisk har det i et studie blitt vist at samtlige rensforsøk som har inkludert patogener og turbiditet frem til 1995 har vist en sammenheng mellom turbiditet og fjerning av patogener [11]. Resultatene fra disse undersøkelsene viser også at selv om svært lav turbiditet på rentvannet ikke er noen absolutt garanti for at det ikke finnes partikler i vannet, så er turbiditet et glimrende mål på prosessoptimalisering for mikrobiologiske parametere.

Bruk av turbiditet som operasjonell parameter er da også meget utbredt i Norge, hvor det knapt finnes et fellingsanlegg som ikke inkluderer bruk av et on-line turbidimeter for at vannverkspersonell skal kunne holde øye med fellingsprosessen. I Norge er fellingsprosessens effektivitet ovenfor mikroorganismer bevist gjennom årelange driftserfaringer. Dette stemmer dermed godt overens med internasjonale erfaringer og forskningsresultater.

I utkastet til ny drikkevannsforskrift foreslås det da også at det settes stren-

gere krav til turbiditet fra fellingsanlegg for å oppnå dette. Det settes derimot også strenge krav til fjerning av naturlig organisk materiale målt som fargetall og TOC.

Til forfatterens kjennskap finnes det lite eller ingen dokumentasjon på at vannets innhold av NOM er et bedre eller like godt mål på hygienisk sikkerhet enn turbiditet. Det kan derfor virke noe unødvendig å sette spesifikke strenge krav til analyse av farge og TOC. Tvert i mot viser en rekke undersøkelser at de driftsbetingelser som er optimale for å fjerne farge og TOC ikke er de samme som driftsbetingelsene for optimal fjerning av turbiditet [5]. Dette betyr at det er vanskelig å oppnå maksimal fjerning av turbiditet dersom man også må tilstrebe maksimal fjerning av farge/TOC. Dette samtidige kravet til fargetall og TOC vil dermed innebære en kursendring i forhold til dagens mest utbredte måte å drifte fellingsanlegg på. Vel og merke er kursendringen så liten at den kanskje ikke vil ha noen praktisk betydning siden forskjellen ofte er liten, men kravene til analyse av fargetall og TOC kan derfor vurderes til å være et unødvendig krav som ikke nødvendigvis vil føre til noen økt hygienisk sikring. Det foreslås derfor å forenkle bort disse spesifikke og mer strenge kravene til farge og TOC for fellingsanlegg.

Hva med fjerning av naturlig organisk materiale?

Fjerning av naturlig organisk materiale (NOM-gjerne målt som farge og TOC) er selvsagt viktig, men i utkastet til ny

forskrift er fjerning av NOM ment å skulle tas hensyn til andre steder i forskriften, siden alle forbrukere har krav på samme rentvannskvalitet uavhengig av hvor i landet man bor og hva slags renseprosess det lokale vannverk måtte ha. Vannets innhold av NOM vil i henhold til utkastet først og fremst bli regulert gjennom enten grenseverdi for vannets innhold av desinfeksjonsbiprodukter, eller gjennom grenseverdien for fargetall på 20 mg Pt/l (eller TOC). I den nye europeiske drikkevannsforskriften som det norske utkastet er basert på er kravet til fargetall fjernet helt. Farge er i seg selv ikke helsefarlig eller problematisk utover egenfargen i vannet, men det er de komponenter i NOM som bidrar til dannelse av desinfeksjonsprodukter eller dannelse av biofilm på ledningsnett som er bekymringsverdig. Videreføring av en grenseverdi for fargetall på 20 mg Pt/l opprettholdes derfor i utkastet til ny forskrift bare for å unngå eventuell spekulering i de nye kravene, med mulig redusert vannkvalitet som følge.

Ikke noe bedre?

Meget nye forskningsprosjekter med mål å søke frem enda bedre operasjonelle parameter for hygienisk barrierer enn turbiditet, peker riktignok på begrensinger i nytten av turbiditet under bestemte forhold [12,13]. Det er i slike studier vist at bruk av partikkeltellere vil kunne gi et enda bedre bilde av prosessens effektivitet. Partikkel telling er derimot i praksis bare enda en metode for analyse av partikler i vann slik som turbiditet er, bare enda mer fint-

følende. Det kan være vanskelig å sette krav til partikkel telling i Norge nå, siden vi foreløpig har få erfaringer med slike instrumenter. Under søkelsene bekrefter derimot at det er riktig å vurdere fellingsanleggs hygieniske renseeffekt opp mot partikkelfjerning (enten dette er turbiditet eller partikkel tellere), og ikke NOM (enten det måles som farge eller TOC) Dersom man ønsker å øke den hygieniske sikkerheten på fellingsanlegg utover strenge krav til turbiditet kan det med hell heller fokuseres på sikrere drift, slik det for eksempel er gjort i amerikansk regelverk. Dette kan være krav til individuell turbiditet- eller partikkel overvåkning av hvert filter i et anlegg og ikke bare på samlet vannmengde fra alle filtre. Dette vil være et verdifullt verktøy for å avdekke driftsrutiner som gir filtergjennombrudd som ikke er så lett synlige når vann fra alle filtrene er samlet, slik at det kan settes inn tiltak for å begrense dette.

Membranfiltrering

I dagens forskrift er det ikke noen spesifikke referanser eller krav til anlegg med membranfiltrering. I utkastet til ny forskrift er det satt krav til maksimal porestørrelse på 10 nm (nanometer), og at kontrollparametre og kontrollprosedyrer for dette skal leveres av leverandøren av anlegget, dersom prosessen skal godkjennes som en hygienisk barriere.

Det er altså fullt lovlig å bruke membranlegg med høyere porestørrelse, men anlegget vil ikke lenger kunne bli godkjent som noen selvstendig hygienisk barriere.

Internasjonale studier [14] av ulike membraners renseeffekt på patogener viser stor variasjon i renseeffekt i forhold til hva man kunne forventet ved bare å se på membranens porestørrelse/MWCO¹. Dette viser at andre effekter en bare porestørrelse har stor innvirkning på renseeffekt, som for eksempel ladning og overflatestruktur. Både ladning og overflatestruktur vil variere fra membrantype til membrantype, og den hygieniske renseeffekten kan ikke bestemmes uten spesialundersøkelser på hver enkelt type. Dette gir en vanskelig situasjon for tilsynsmyndigheter så vel som for membranleverandører, da det ikke finnes noen standardisert metode for å bestemme hygienisk renseeffekt på. Hvilke parametre skal inkluderes i en slik test? Skal man for hver membrantype som skal godkjennes måtte gjøre ressurskrevende tester med virus og bakterier? Ettersom råvannskvalitet som for eksempel pH, NOM og mine-

ralinnhold vil påvirke renseeffekten kan man fort komme i en situasjon hvor meget omfattende undersøkelser må gjennomføres for å se på den faktiske renseeffekt. Kravene i utkastet til forskrift virker derfor fornuftig, da de minste kjente virus har en størrelse på ned mot 20 nm mens kravene for porestørrelse ligger på 10 nm, noe som innebærer en god sikkerhetsmargin basert på en fysisk begrensning.

Denne sikkerhetsmarginen er også hensiktsmessig både fordi betegnelsen porestørrelse absolutt ikke er noen eksakt overføring av begrepet MWCO, og dernest fordi det under produksjonen av membranene kan opptre delvis sammenfallende porer, slik at enkelte åpninger vil få økt total størrelse. Det er vanskelig å fremskaffe eksakte data på omfanget av dette fra de ulike produsenter, men sikkerhetsmarginen som ligger i utkastet til forskriften vurderes allikevel å innebære en betryggende sikring².

¹ MWCO (molecular weight cut off, defineres som molvekten til de molekyler der membranen har en reaksjon på 90%. Membranprodusenter oppgir dette som et nøkkeltall for en membrans separasjonsegenskaper.

² Det vil under produksjonen også kunne dannes et mindre antall makropoler med betydelig større størrelse enn normalporene [15]. Under driftsstart vil derimot disse porene oppleve en vesentlig økt vanngjennomstrømning da vannet vil søke minste motstands vei gjennom membranen. Dette vil på kort tid føre til gjentetting av disse porene inntil porene har en praktisk åpning tilsvarende øvrige porer. Hvor hurtig en slik gjentetting skjer er ikke undersøkt, men vil trolig dreie seg om få minutter. Ettersom det er vanlig å føre det første vannet etter en vaskeprosess til avløp for å skylle ut rester av vaskemiddel kan dette også sees på som en modningsprosess tilsvarende som på et sandfilter etter spyling, som vil innebære en sikring mot dette fenomenet i den grad det måtte ha praktisk betydning)

Driftsform for membranlegg

En membrans renseseffekt vil også avhenge av hvilken driftsform anlegget har. En membran med en gitt poreåpning i drift med dead-end filtrering (slik som i rørmembraner), vil ha en dårligere renseseffekt enn det den samme membranen vil ha i tverrstrømsfiltrering (slik som i en spiralmodul). Det er tverrstrømsfiltrering som foreløpig er enerådende på det norske drikkevannsmarkedet, men ettersom nye membrankonfigurasjoner eventuelt finner veien til det norske drikkevannsmarkedet vil de forskjellige membranleggene i praksis ikke få de samme renseskrav dersom man oppgir krav til poreåpning uten samtidig å binde dette opp mot membrankonfigurasjon.

Ettersom vi vet lite om hvor betydningsfull denne forskjellen er ved alle mulige betingelser vil det derimot være vanskelig å sette en grense på slike krav. Siden kravene til membranfiltrering fra før av virker å innebære en betydelig sikkerhetsmargin kan man kanskje heller ikke forvente at dette vil få noen praktisk betydning for den hygieniske sikkerheten. Det som derimot kan bli problematisk er at denne forskjellen foretningmessig vil kunne oppleves urettferdig, da leverandører av tverrstrømsfiltreringsanlegg gjennom like krav til porestørrelse faktisk vil ha noe strengere krav til renseseffekt enn leverandører av dead-end filtreringsanlegg. Denne forskjellen kan potensielt hentes ut ved å bruke mer åpne membraner med potensielt høyere fluks (kapasitet) og dermed konkurranseevne ved salg.

Operasjonell parameter for membranfiltrering

Til forskjell fra samtlige av de andre prosessene som godkjennes som hygienisk barriere har ikke membranfiltrering noen krav til driften av anleggene for å sikre en slik renseseffekt. Så lenge membranleverandøren dokumenterer at membranene er produsert med tilstrekkelig lav poreåpning, er anlegget godkjent som hygienisk barriere uten krav til operasjonelle parametere for driftsoperatører å kontrollere driften etter. Hva med produktjonsfeil? Hva om en av de mange pakningene i et anlegg er delvis defekt? Hva om en pakning forskyver seg litt under innskyvningen av membranelementene i membranhuset? En stor defekt vil kunne avdekkes gjennom trykkavlesninger, men mindre lekkasjer kan ødelegge den hygieniske barrieren uten så lett å kunne avdekkes på denne måten. Dette kan føre til at det går urimelig lang tid før uregelmessigheter evt. avdekkes gjennom de periodevise bakteriologiske analyser. Det bør derfor vurderes å innføre bruk av en operasjonell parameter også for membranlegg, som gir et mål på den hygieniske renseseffekten for anlegget. Dette kan for eksempel være nøyaktige trykkmålinger, partikkeltelling eller ledningsevne.

Serie-barrierer?

I den senere tid har vannbårne parasitter som for eksempel *Cryptosporidium* fått en del oppmerksomhet på grunn av sin resistens mot klorering. Det er mangelfull kart-

legging av utbredelse og mengde *Cryptosporidium* i Norge, men det er klart at det er gjort funn i mange kilder. VA bransjen i Norge har i liten grad tatt hensyn til dette så langt. Dersom trusselen om *Cryptosporidium* skulle bli tatt alvorlig må det erkjennes at norske rutiner for klordosering ikke vil være en tilstrekkelig hygienisk barriere. Klor er derimot meget effektivt ovenfor virus og bakterier og man kan argumentere for at det er uheldig å måtte innføre en fullverdig barriere som f.eks membranfiltrering med poreåpning mindre enn 10 nm for å bygge ut sikringen til også å gjelde *Cryptosporidium* når en langt mer åpen membran fremdeles vil være meget effektiv mot disse. Virus og til dels bakterier vil passere en slik mer åpen membran (for eksempel mikrofiltrering) men vil effektivt bli desinfisert med etterfølgende klorering.

En slik mer åpen membran vil ha en betydelig større kapasitet enn de membrananeleggene vi i dag har, noe som vil medføre både et betydelig lavere investeringsbehov og lavere driftsutgifter, mens den samlede hygieniske sikkerheten av mikrofiltrering og klor i serie vil tilsvare en fullverdig hygienisk barriere.

(Dette vil i dag ikke være økonomisk hensiktsmessig så lenge klorering alene vurderes som en hygienisk barriere, med mindre man har andre grunner til å inkludere et mikrofiltreringsanlegg.)

Det er til forfatterens kjennskap ingen anlegg i Norge som er basert på en slik serie-barriere, og det er uklart hvordan en slik løsning vil bli vurdert av myndighetene.

Hygienisk barriere mot ikke-mikrobiologiske trusler

Prinsippet om hygienisk barriere inkluderer i utkastet til ny forskrift også ikke-mikrobiologiske helsefarlige komponenter. Dette kan for eksempel være pesticider, tungmetaller, fluor etc. Det er ikke ofte norske drikkevannskilder (kanskje med unntak av fluor [16]) har et problem med dette. Dersom man har en vannkilde med for høyt innhold av helsefarlige forurensinger vil det være naturlig å først og fremst arbeide for å hindre tilførselen av tungmetaller. Så lenge denne trusselen er tilstede, skal man etter utkastet til ny forskrift å dømme også etablere to uavhengige hygieniske barrierer mot dette. Man støter da lett bort i et praktisk problem siden det kanskje først og fremst er meget små vannforsyninger som har slike problemer, kombinert med at rensetiltakene for enkelte slike ikke-mikrobiologiske trusler kan være meget kostbart. Det vil etter forfatterens mening være hensiktsmessig å bruke skjønn i slike saker, og ikke kategorisk kreve to barrierer, da dette vil kunne innebære helt urimelig høye kostnader.

Store vannverk er som regel basert på råvannskilder hvor slike problemer ikke er tilstede, i hvert fall ikke permanent. Det som derimot kan være aktuelt er en risikovurdering av faren for at råvannskilden blir forurenset av uhell med kjemikalietransport, utilsiktede utslipp fra industri, overforsvømmelse av avfallsdeponi etc. Vannverk med store vassdrag som strømmer gjennom byer, langs veier og med

mange utslippspunkter er selvsagt de mest aktuelle for en slik vurdering. Dersom sannsynligheten for slike forurensinger er stor nok og vannverket av en viss størrelse bør prinsippet om to hygieniske barrierer få effekt også her. De to barrierene kan da for eksempel være kjemisk felling og bruk av aktivt kull.

Uansett virker det naturlig å bruke skjønn i forhold til barrierer mot ikke-mikrobiologiske forurensninger.

Konklusjon

Norge er på vei til å få en ny drikkevannforskrift. Forskriften går lenger enn dagens forskrift når det gjelder spesifisering av hva som godkjennes for å tilfredstille kravene som settes, og det fokuseres i betydelig sterkere grad på prinsippet om to hygieniske barrierer. Utkastet tar også et skritt mot erkjennelsen av at vannets innhold av naturlig organisk materiale målt som fargetall ikke er så kritisk for den helsemessige betydningen av drikkevannskvaliteten, men at det er det organiske stoffets medvirkning i dannelse av desinfeksjonsprodukter det bør fokuseres på.

Når det gjelder de spesifikke krav til prosesser som skal fungere som hygienisk barriere foreslås det en endring på følgende punkter:

1. Kjemisk felling som hygienisk barriere

- Operasjonelle krav til fargetall og TOC kan forenkles bort til fordel for turbiditet og evt. restmetall.
- Det kan med fordel også settes krav til individuell overvåking av hvert filter i et anlegg, for å kunne

dokumentere eventuelle gjennombrudd på filtre med for høy turbiditet som følge, uten at dette oppdages når vann fra alle filtrene samles.

2. Membranfiltrering som hygienisk barriere

- Det bør settes krav til operasjonell parameter for bedre å ha kontroll med den hygieniske effekten også under drift, slik som for alle de andre prosessalternativene for hygienisk barriere.
- Det bør avklares hvorvidt seriebarrierer skal godkjennes eller ikke

3. Ikke-mikrobiologiske barrierer

Det bør være åpning i forskriften for å unngå kravet om to hygieniske barrierer dersom dette vil innebære urimelige kostnader. (Det bør også i større grad enn før gjennomføres vurderinger av risiko for ikke-mikrobiologiske forurensninger)

Referanser

1. Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.
2. utgave , 1996
Sosial- og helsedepartementet
2. Utkast til forskrift om vannforsyning og drikkevann
Høringsutkast, sist endret
29.10.00.
3. Personlig meddelelse med Vidar Lund i Statens Institutt for Folkehelse Oktober 2000
4. EPA Guidance manual
Kapittel 3.3.8
April 1999

5. Coagulation-Direct filtration of soft, low alkalinity humic waters
Bjørnar Eikebrokk, 1999
Conference proceedings
International IAWQ-IWSA Joint specialist conference on removal of humic substances from water, 1999.
6. Giardia and Cryptosporidium – where do the cysts go.
Nieminski, E. C., 1992
Conference proceedings, AWWA water quality technology conference.
7. Evaluation of treatment for removing giardia Cysts
Ongerth, J. E., 1990
AWWA. 82(6):85-96
8. Integrated design of water treatment facilities
Kawamura, S., 1991
John Wiley & Sons, New york
9. EPA Guidance manual
Kapittel 2.4.2
April 1999
10. Vannbehandling
Bjørnar Eikebrokk, 1999
Foredrag under Vannforsyningskonferansen 1999.
11. Turbidity as it relates to Waterborne Disease Outbreaks
Fox, K. R., 1995
Presentasjon under M/DBP informasjonsutveksling, Cincinnati, Ohio
12. Use of particle counting for water treatment plant optimization
Hunt, J., 1999
13. Flow Cytometry as an operational tool to improve particle removal in drinking water treatment
Bergstedt et al., 2000
Proceedings, 9th Gothenburg Symposium 2000
14. Virus Removal from water and wastewater using membranes
Maedaeni et al., 1995
Journal of Membrane Science 102 (1995) 65-75
15. Personlig meddelelse med Thor Thorsen i SINTEF
Oktober 2000
16. Grunnvann – ikke bare vann.
Gråstein nr. 6, 2001
NGU