

Sikkerhet i vannforsyningen – en selvfølge?

”Be prepared to water safety plans”

Av Jon Røstum, Bjørnar Eikebrokk og Lars J. Hem

Jon Røstum og Lars J. Hem er seniorforskere og Bjørnar Eikebrokk sjefsforskere tilknyttet SINTEF Byggforsk i Trondheim.

Innlegg på juleseminar i Norsk vannforening 10. desember 2009.

Sammendrag

EU har klart tilkjennegitt at man i neste revisjon av Drikkevannsdirektivet vil innføre krav om helhetlig risikoanalyse, inspirert av WHO's Water Safety Plans (WSP) konsept. Som en følge av et revidert drikkevannsdirektiv vil også den norske Drikkevannsforskriften bli oppdatert i henhold til dette. I denne artikkelen vil vi prøve å forklare hva som menes med begrepene Water Safety Plans (WSP) og HACCP og hvordan dette kan være nyttige verktøy også for norske vannverk.

Bakgrunn – motivasjon

Til forskjell fra mange andre bransjer er drikkevannsforsyningen av en slik karakter at det ikke er nok med sluttprodukt testing for å kunne levere sikkert vann til forbruker. Prøvetaking som foretas er i form av stikkprøver på mer eller mindre representative steder i nettet med frekvenser gitt av vannverkets størrelse og analyseparametere som reguleres av

drikkevannsforskriften. Vannet som leveres vil være forbrukt innen resultatene fra vannanalysene foreligger og vannbårne sykdomsutbrudd oppdages først når vannet er konsumert og folk er blitt syke. Det er derfor viktig med et kontrollsystem som sikrer at vannet er rent hele tiden, også utenom de tidspunkter hvor det foreligger vannanalyser. Det er behov for en proaktiv fremgangsmåte hvor en prøver å forebygge eventuelle uønskede hendelser og ikke bare håndtere krisen når den oppstår. Det er videre viktig at en ser hele vannforsyningssystemet fra kilde til tappekran under ett. Forhold i nedbørfeltet påvirker forhold i kilden, forhold i kilden påvirker vannbehandlingen og vannbehandlingen påvirker forhold på nettet. Løsningen på eventuelle problemer kan følgelig ligge andre steder enn der hvor de oppleves og hvor symptomene oppstår.

Litteraturen inneholder en rekke analyser av årsaker til vannbårne sykdomsutbrudd og hvor de oppstår. En slik undersøkelse ble foretatt i regi av American Water Works Association (AWWA) med data for perioden 1971-1998 (Craun

og Calderon, 2001). Totalt 619 utbrudd var med i analysen, som viste følgende fordeling med hensyn til hvor i vannforsyningssystemet årsaken til utbruddet/forurensingen var å finne:

- 30 % skyldtes forurensing av kilde/nedbørfelt
- 44 % skyldtes svikt vannbehandling
- 18 % skyldtes forurensing på nettet
- 8 % skyldtes andre årsaker/ukjent

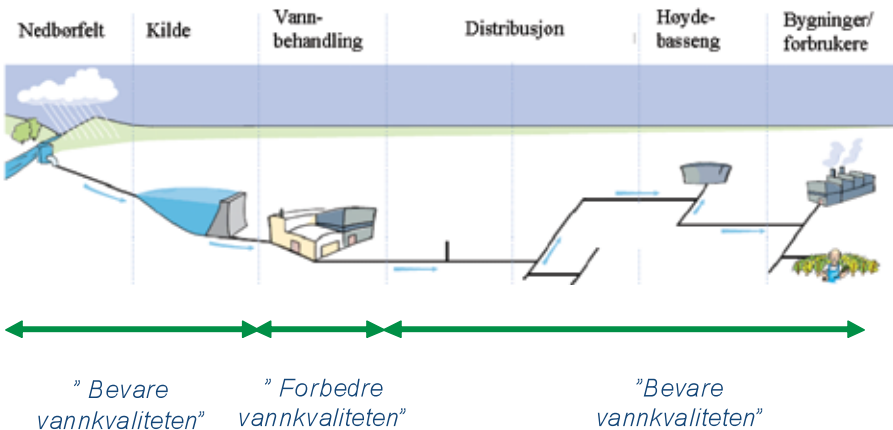
Der hvor årsaken til et sykdomsutbrudd ligger i vannbehandlingsanlegget, er det normalt også en samtidig tilstedeværelse av vannbåren smitte i vannkilden.

I EU-prosjektet Microrisk (2006) ble det gjort analyser av vannbårne sykdomsutbrudd fra ulike europeiske vannverk. Utbruddene dekket perioden 1990 – 2004 og omfattet 86 hendelser. Analysene viste at 33 % av hendelsene skyldtes

forurensing på vannledningsnettet. Analysene viste videre at bare ca. 5 % av forurensingstilfellene på nettet ble oppdaget. Dette skyldes blant annet svakheter ved prøvetakingsmetodene som benyttes og manglende omfang av disse.

Ved hendelser/svikt ute på nettet finnes ingen gjenværende hygieniske barrierer mellom hendelses-/ulykkespunkt og forbruker. Man har derved normalt mindre tid tilgjengelig og færre muligheter til å redusere konsekvensene av svikt på nettet sammenlignet med svikt i kilde/nedbørfelt og vannbehandling.

Figur 1 viser skjematisk de ulike elementene i et vannforsyningssystem fra kilde til tappekran. For å foreta en helhetlig risiko og sårbarhetsanalyse som dekker hele vannforsyningen og ulike aspekter av risiko er det viktig å gå systematisk gjennom de enkelte elementene og spillet mellom dem.



Figur 1. Vannforsyning fra nedbørfelt til forbruker.

Den norske drikkevannsforskriften krever at det skal finnes minst to såkalte hy-

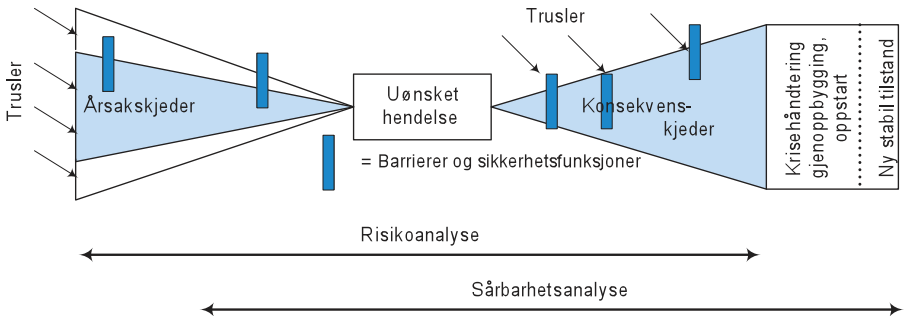
gieniske barrierer. Mange norske vannverkseiere/kommuner har imidlertid ennå

ikke etablert de påkrevde to barrierer og oppfyller dermed ikke drikkevannsfor-skriftens krav. Videre kan de som har etablert barrierer oppleve at disse kan svikte til tider. Dette gjelder særlig tidlige godkjente kildebarrierer, som ikke lenger kan vurderes som barrierer bl.a. som følge av et varmere, villere og våtere klima.

ROS-analyser i forhold til Water Safety Plans (WSP) og HACCP

Tradisjonelle risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser), slik de utføres i Norge, utgjør en viktig del av en Water Safety

Plan. Innholdet i en ROS-analyse er forsøkt illustrert i figur 2. Man har ulike trusler som kan forårsake en uønsket hendelse. En slik uønsket hendelse kan igjen ha uønskede konsekvenser. Ulike former for barrierer og sikkerhetsfunksjoner kan anvendes for å redusere sannsynligheten for at truslene forårsaker uønskede hendelser eller for å redusere konsekvensene av slike hendelser. Følgelig kan sikkerhetsbarrierene enten redusere sannsynligheten (S) for den uønskede hendelsen (venstre siden av figuren) og/ eller konsekvensene (K) av hendelsen (høyre siden av figuren).



Figur 2. Illustrasjon av risiko- og sårbarhetsanalyse av årsaks- og konsekvenskjeder, (kilde: M. Rausand, 2006).

ROS-analyser identifiserer hva som kan gå galt innenfor vannforsyningen, hvilke barrierer/tiltak som kan redusere sannsynligheten for at noe går galt og hvilke barrierer/tiltak som kan redusere konsekvensene hvis noe går galt

Eksempler på tiltak (angitt som sikkerhetsbarrierer i figur 2) som kan iverksettes for å redusere sannsynligheten for

- og konsekvensen av - uønskede hendelser kan være følgende:

- Nye og sikrere driftsrutiner
- Fysiske tiltak/planer
- Kursing/trening
- Fastsettelse av styringspunkter for sikker vannforsyning (CP), slik at en kan styre unna faren

For noen farer/uønskede hendelser vil etablering av kritiske styringspunkter (CCP) og oppfølging av disse kunne representere en sikkerhetsbarriere. Dette leder oss hen på begrepene WSP og HACCP.

Water Safety Plans og HACCP

Water Safety Plans konseptet er basert på systemer for risikohåndtering utviklet i New Zealand og Australia. WSP er inspirert av, og inneholder elementer fra andre risiko styringssystemer slik som Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) og er fundert på konseptet om tilstedeværelsen av multiple barrierer. HACCP ble opprinnelig utviklet av NASA i forbindelse med de første romfergene og metodikken er senere blitt mye anvendt innen næringsmiddelindustrien.

HACCP kan oversettes med "fareanalyse og kritiske kontrollpunkter". "HA" står for Hazard Analysis, dvs. analyse av uønskede hendelser eller farer. Dette går i korthet ut på at man systematisk vurderer alle elementer i vannforsyningssystemet og kartlegger mulige uønskede hendelser og hvordan en kan fjerne eller kontrollere disse. Gjennom dette arbeidet skapes grunnlaget for å identifisere kritiske kontrollpunkter (CCP), dvs. punkter hvor en kan kontrollere og eventuelt justere leveringssikkerhet og kvalitet i vannforsyningen.

Etablering av en Water Safety Plan (WSP) vil i store trekk innebære følgende hovedoppgaver:

1. Etablere et tverrfaglig WSP team med forankring i ledelsen

2. Beskrive og forstå vannforsynings-systemet/produktet
3. Identifisere farer og uønskede hendelser som kan opptre (fare analyse)
4. Identifisere og validere kontrollpunkter/styringspunkter (CCP) og hvordan disse kan styres (måles), herunder fastsette kritiske grenseverdier for hvert kontrollpunkt
5. Overvåke de kritiske kontrollpunktene for å kunne iverksette korrigerende tiltak i tilfelle avvik
6. Verifisere måleprogrammet jevnlig og oppdatere planer om nødvendig

Mattilsynets veileder "Veiledning i økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen" (Mattilsynet 2006) vil kunne være godt hjelpemiddel for punktene 1-3. WHO i sin dokumentasjon av WSP (WHO 2004) angir også verdier for klassifisering av henholdsvis sannsynlighet og konsekvens (sannsynlighets kategorier S1- S4 og konsekvenskategorier K1- K4) for fareanalysen, men vi vil anbefale at en i Norge baserer seg på de verdier som en angitt i den norske veiledningen for Beredskap i vannforsyningen (Mattilsynet 2006). WHO har også nylig utarbeidet en veileder i hvordan lage Water Safety Plans (WHO 2009).

Kritisk styringspunkt (CCP)

De kritiske kontroll-/styringspunktene er knyttet til de farer som kan oppstå. Noen av disse farene kan kontrolleres/styres ved å etablere overvåking av en kritisk del av prosessen. Kritiske styringspunkter kjennetegnes ved at de:

- Må kunne måles
- Må kunne fange opp avviket hurtig
- Må kunne styres, dvs. sette i gang korrigerende tiltak

Et eksempel på et klassisk kritisk styringspunkt (CCP) innen næringsmiddelindustrien er pasteurisering av melk. Ved vanlig pasteurisering skal melken varmes opp til 72-75°C og denne temperaturen skal opprettholdes i 15 sek for å inaktivere eventuelle sykdomsfremkallende (patogene) mikroorganismer. En måler henholdsvis temperatur og tid for å sikre at pasteuriseringen er tilfredsstillende utført. Dersom ikke grenseverdiene for temperatur og tid oppfylles stenges produksjonen/melken tappes ikke og en må pasteurisere melken på nytt før den kan tappes.

For å identifisere mulige kritiske styringspunkter i drikkevannsforsyningen kan flytskjemaet i Figur 3 benyttes. Med utgangspunkt i fareanalysen og de mulige farer som er identifisert vil en for noen av de uønskede hendelsene kunne identifisere kritiske styringspunkter. Det vil i tillegg være en del målinger ved et vannverk som er viktige, men som en likevel ikke kan styre prosessen ut i fra. Slike punkter har vi valgt å kalle kontrollpunkter (angitt som "CP" i figur 3) for å skille dem fra de kritiske kontroll-/styringspunkter definert ovenfor".

Eksempler på mulige kritiske styringspunkter i vannforsyningen kan være:

- Nedbørmålinger for å varsle flom
- Vannstandsmålinger i magasin/vannkilde

- Måling av råvannskvalitet (turbiditet, temperatur som indikator på f. eks sirkulasjonsperioder og vipping av sprangsjiktet). Eksempelvis kan man legge inn en alarm dersom vanntemperaturen øker 1 grad i løpet av en time.
- Turbiditet ut fra hvert filter som et mål på om koagulering/filtrering er en virksom hygienisk barriere (<0.2 NTU)
- Måling av UV-dose i UV-anlegg (måling av vannføring og intensitet eventuelt UV-transmisjon og doseberegning ut i fra dette, > 40 mJ/cm²)
- Måle rest Me ut fra koagulering/filtreringsanlegg for at anlegget skal representere en hygienisk barriere (< 0.15 mg/L)
- Måle rest klor for kontroll av desinfeksjon (>0.05mg/l etter 30 min kontakttid)
- Integritetstest for membranfilter. Måling av trykktap og unormale endringer.
- Utføre trykkmålinger på nettet under store planlagte vannuttak. I forbindelse med spyling på nettet har man som regel kontrollert på forhånd vha nettmodeller hvor mye som kan tas ut uten at det oppstår lavt trykk/undertrykk.
- Måling vha ulike typer sensorer på nettet (avhengig av fare)
- Måling av vannkvalitet i forbindelse med reparasjon/arbeid på trykkløst nett (E-coli, flowcytometri etc.)
- Måle BDOC (evt. NOM-fraksjoner) som mål på biostabilitet av vannet.

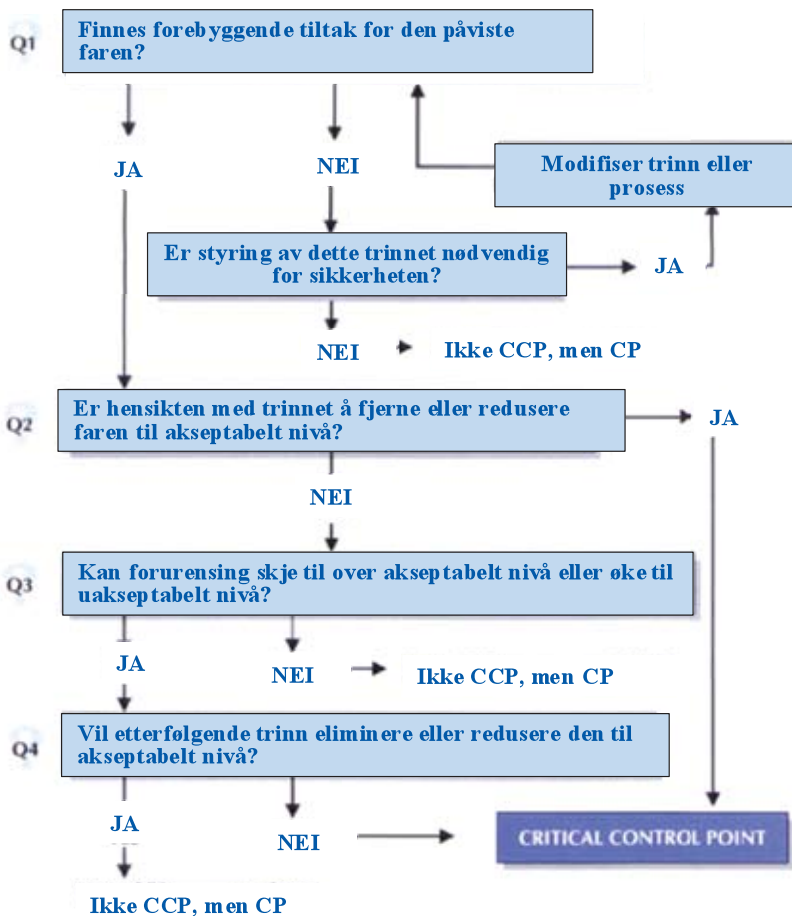
Ingen akutt fare, men effekt over tid (biofilm- og slamdannelse).

- Måle (hindre) tilbakestrømning fra forbruker (strømningsvakt etc.)

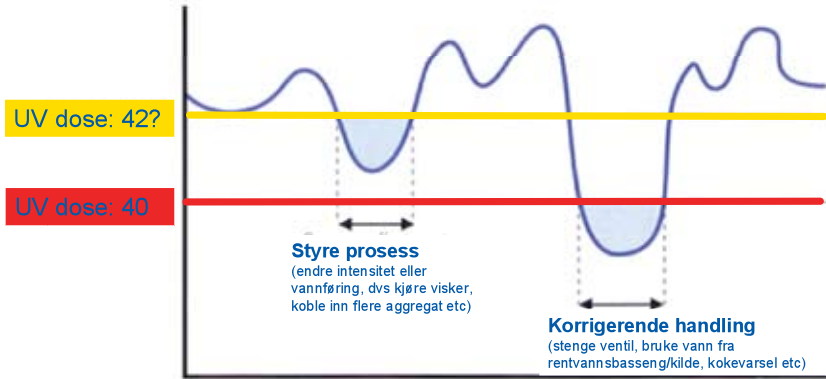
Det er liten vits i å foreta målinger dersom en ikke vet hvordan en skal bruke informasjonen en samler. For de kritiske styringspunktene måler en for å kunne sette i verk tiltak dersom måleverdiene

nærmer seg de kritiske grenseverdier. For hvert kritisk styringspunkt angis to grenser:

- en grense hvor en fortsatt kan styre prosessen og justere denne på rett kjøll igjen (gul) og
- en kritisk grense (rød) hvor en må iverksette korrigerende tiltak/handlinger.



Figur 3. Karakterisering av kontrollpunkter (CP) og kritiske kontrollpunkter (CCP).



Figur 4. Illustrasjon alarmgrenser for kritisk styringspunkt (CCP) for UV-desinfeksjon for uønsket hendelse: ”for lav UV-dose”.

Figur 4 illustrerer som et eksempel mulige alarmgrenser for et kritisk styringspunkt (CCP) for UV-desinfeksjon med en uønsket hendelse: ”for lav UV-dose”. Drikkevannsforskriften setter krav til at UV-dosen skal være høyere enn 40 mJ/cm² for at desinfeksjonen skal være tilfredsstillende. I figuren har en satt en gul alarmgrense på 42 mJ/cm². Når dosen kommer under dette nivået vil en forsøke å styre/justere prosessen inn på rett kjøll igjen. Dette kan gjøres ved å øke UV-intensiteten eller redusere vannføringen gjennom UV-aggregatene. I praksis vil man normalt kjøre viskere/vaske-system for å fjerne eventuelt belegg på utsiden av UV-rørene, koble inn flere ag-

gregater, øke strømpådraget/effekten, produsere mindre vann gjennom anlegget, etc. Dersom UV-dosen blir enda lavere og den kommer under kritisk grense på 40 mJ/cm², må en iverksette korrigerende handlinger, eksempelvis stenge av vannproduksjon og levere vann fra rentvannsbasseng, koble inn reservekilde, sende ut kokevarsel, etc. De enkelte kritiske styringspunkt må også følges opp med dokumentasjon og system for hvordan punktet skal styres.

De enkelte kritiske styringspunkt må også følges opp med dokumentasjon og system for hvordan punktet skal styres. Tabell 1 viser hvordan dette kan gjøres for eksempelet med UV.

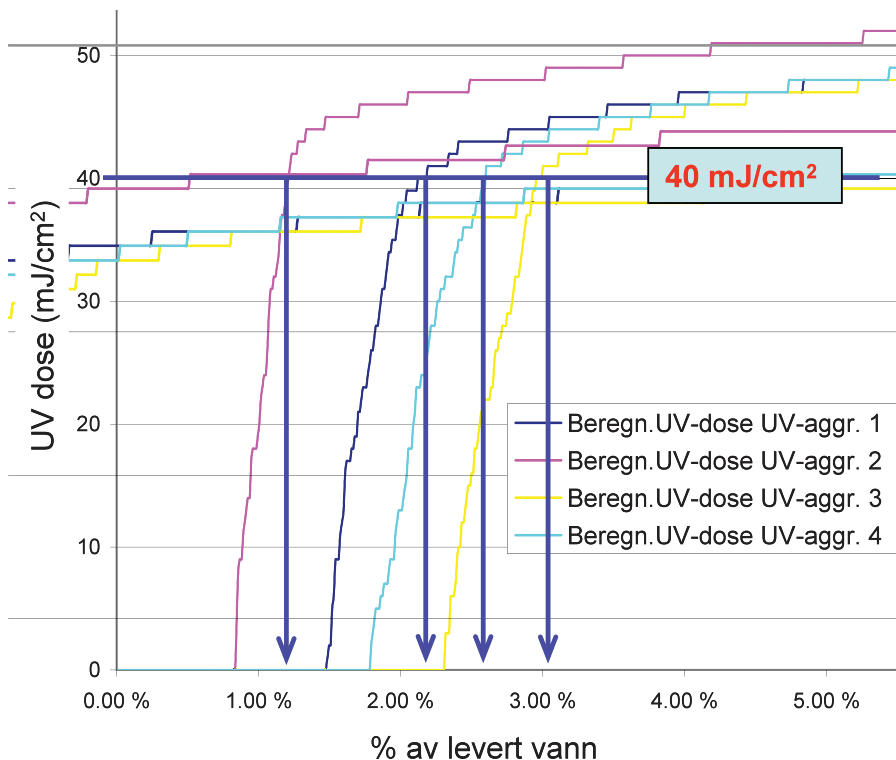
| Oppfølging av kritiske styringspunkter CCP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----|---|----|----------|--|----------------|----------|----------------|------------------------------|----------------|---|------------------------------------|----|----|--|------------------|
| usikre | Tilrettel | CCP | X | Op | Løst/av? | Følg oppgjøring av trussel/risikofaktorer uttrent? | | | | Verifisering | | | | | | | |
| | | | | | | usikre | risikofaktorer | usikre | risikofaktorer | usikre | risikofaktorer | usikre | risikofaktorer | | | | |
| 1 | UV | UV | X | Op | Løst/av? | 42 | 40 | Målt i G | PLS (NNE) | FORBEREIDINGS sensor mot PLS | DATA, alarmer | • Koble visker av UV røret • redusere vannføring • øke strømlast • stenge ventil • bruke vann fra rentvannsbasseng/br. kild • kokevarsel | Kalibrering sensor, prosesser data | PH | PH | Dose dokumentasjon (varighetskurver) inngår i revisjon, kalibreringsdata | UV røtter endres |

Tabell 1. Oppfølging av kritiske styringspunkter (CCP).

Målingene fra det kritiske styringspunktet for UV vil også kunne brukes som dokumentasjon for hvordan UV-anlegget har virket som en hygienisk barriere (sikkerhetsbarriere) over tid. Summasjons-/varighetskurver for levert UV-dose vil også være et "bevis" for at det kritiske styringspunktet virker, se tabell 1.

Ved å sammenstille data fra drifts- overvåkingen inn i slike varighetskurver får en derved også dokumentert hvor mye vann som er blitt levert som tilfredsstillende/ikke tilfredsstillende drikkevannsforskriften. Varighetskurver vil i forbindelse med WSP (og ROS-analyser) også

kunne brukes til å kvantifisere sannsynligheter for svikt i UV-desinfeksjonstrinnet. Figur 5 viser et eksempel på varighetskurver for 4 ulike UV-aggregat ved et vannverk i Norge. Vi ser av figuren at de enkelte aggregater har levert i størrelsesorden 1-3 % av total vannmengde ut på nettet med UV-doser lavere enn forskriftens krav på 40 mJ/cm². Hvorvidt dette er godt nok eller ikke, vil det være opp til vannverket i samarbeid med det lokale Mattilsyn å vurdere, siden den norske Drikkevannsforskriften ikke angir krav til driftsstabilitet. Til sammenligning kan det nevnes at USEPAs krav



Figur 5. Eksempler på dose-varighetskurver for 4 UV-aggregater på et norsk vannverk.

til minimum oppetid for UV-anlegg er 99,9 %. Denne verdien kan grovt sammenlignes med 0,1% verdien i figur 5. Etablering av slike varighetskurver er også en god dokumentasjon på om det kritiske styringspunktet (CCP) og styringen av det har virket etter hensikten eller ei, og vil slik sett også være nyttig for Mattilsynets kontrollfunksjon.

Oppsummering

EU har klart tilkjennegitt at man i neste revisjon av Drikkevansdirektivet vil innføre krav om en helhetlig risikoanalyse inspirert og delvis basert på WHO's Water Safety Plans (WSP) konsept. Som en følge av en slik revisjon vil også den norske Drikkevansforskriften bli revidert.

Med innføring av WSP i drikkevansforskriften vil det også komme krav om en periodisk revisjon av planene. Revisjonsfrekvensen vil være avhengig av størrelsen på vannverket. For det EU-kommisjonen kaller "store" VA verk, dvs vannverk som leverer mer enn 1000 m³/dag eller har flere enn 5000 personer tilknyttet, vil det være krav om revisjon hvert år. For mindre vannverk legges det opp til revisjon av planene hvert 2. år. Planene må revideres internt av vannverket, men det legges også opp til en 3. parts uavhengig gjennomgang/kontroll av WSP.

Arbeidet med det reviderte drikkevansdirektivet er forsinket i forhold til de opprinnelige planer. For tiden arbeides det med konsekvensanalyse av revisjonskravene og den skal foreligge i mars 2010. EU kommisjonen vil etter planen få fremlagt et utkast til nytt drikkevans-

direktiv i juni 2010. Etter det vil EU-parlamentet diskutere saken frem mot desember 2010. Implementering av nytt direktiv i de enkelte medlemsland (inkludert Norge) er anslått til å skje først ved årsskiftet 2013/2014, men det vil være klokt å starte arbeidet med WSP i god tid før dette.

Referanser

Craun G.F. and Calderon R.L (2001). Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. Journal of AWWA. s. 64-70.

Mattilsynet (2006). Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen- veiledning.

Microrisk (2006). Microbiological risk assessment: a scientific basis for managing drinking water safety from source to tap. EU project under 5FP. (http://217.77.141.80/clueadeau/microrisk/publish/cat_index_6.shtml) (besøkt 05.12.07)

Rausand M. (2006). System reliability theory. Models and statistical methods.

WHO (2004). World Health Organization. Guidelines for Drinking Water Quality.

WHO (2009). Water Safety Plan Manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. (http://www.who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/en/index.html) (besøkt 26.01.2010).