

Fekale indikatorbakterier for overvåking av drikkevann: Er dagens prinsipp godt nok, eller må vi tenke nytt?

Av Erik Wahl

Erik Wahl er veterinær ansatt ved Mattilsynet, Distriktskontor for Trondheim

Innlegg på fagtreff i 28. august 2006

(Artikkelen er noe omarbeidet på bakgrunn av tilbakemeldinger etter innlegget)

Innledning

Så lenge det har vært drevet systematisk overvåking av drikkevann, har dette i stor grad vært basert på regelmessig stikkprøvetaking og analyse med hensyn på fekale indikatororganismer – først og fremst *E. coli*. De siste 20 år har frambrakt vesentlig ny kunnskap om smittestoff i vann, blant annet som følge av at genmolekylære analysemetoder er tatt i bruk. Stadig nye vannbårne smittestoff blir oppdaget, og vi har fått ny kunnskap om deres smittereservoar, smiteveier og mekanismer for å framkalle sykdom. Nye epidemiologiske arbeidsmetoder og bedre overvåkings- og rapporteringssystem har frambrakt ny kunnskap om forekomst av vannbåren sykdom. Selv om analysemetodene for de fekale indikatororganismene har forandret seg noe, har de overordnede prinsippene for anvendelse og fortolkning av disse

analysene vært uforandret i snart 100 år. Det foretas årlig et enormt antall vannprøver ved norske vannverk. Det kan derfor være på sin plass kaste et kritisk bikk på prinsippene og metodene som anvendes for fekale indikatorbakterier, både ut fra regelverk, internasjonal forskningsbasert dokumentasjon, og praktisk erfaring fra overvåking og tilsyn.

Overordnet formål

Innenfor drikkevannsovervåkingen er det overordnede formål med fekale indikatororganismer å påvise (eventuelt også å kvantifisere) fekal forurensing; enten til råvannskilde eller distribusjonsnett, alternativt å dokumentere fravær av fekal forurensing. I noen sammenhenger kan fekale indikatororganismer også anvendes til å overvåke funksjon av vannbehandling.

Historikk

Fekale indikatororganismer har vært kjent og anvendt i over 100 år. John Snow påviste i sin epidemiologiske undersøkelse i 1855, for første gang at fekalt forurenset drikkevann var årsak til koleraepidemi (1). Begrepet "fekal indikatorbakterie" ble første gang anvendt av Frisch i 1880 på bakgrunn av at han oppdaget *Klebsiella*-bakterier både i avføring fra mennesker og i vann (2). Bakterien *Escherichia coli* ble oppdaget og beskrevet i 1885 av den tyske barnelegen Escherich i 1885, som gav den navnet *Bacterium coli* (3). Bakterien ble senere omdøpt til *Escherichia coli*. Tidlig på 1900 erkjente man at *E. coli* kunne anvendes som fekal indikatorbakterie i drikkevann. Fram til de senere år har de aktuelle metodene for isolering og endelig påvisning av *E. coli* vært arbeidskrevende og uegnet for rutinemessig overvåking. Parameteren koliforme bakterier ble derfor anvendt som fekal indikatorbakterie, fordi denne analysen var enklere å utføre og kunne fungere som en screening analyse for *E. coli* (4). I de største norske byene kom en i løpet av 1950 og -60 årene i gang med regelmessige bakteriologiske analyser av drikkevann med hensyn på fekale indikatorbakterier (5).

I norsk drikkevannforvaltning ble normer for koliforme bakterier og termostabile (senere termotolerante) koliforme bakterier først inntatt i "Retningsgivende kvalitetskrav til drikkevann" (6), på bakgrunn av krav fra WHO. I løpet av 1980 og -90 årene ble det fastsatt norsk standard for analysemetodikk av koliforme (7) og

termotolerante koliforme bakterier (8). I løpet av 1990-talet ble det etablert også andre metodeprinsipp for analyse av fekale indikatorbakterier blant annet innføring av enzymatiske metoder og bruk av virus/bakteriofag (9). I løpet av dette tiåret ble også genmolekylære metoder som PCR tilgjengelig i forskningssammenheng, men er fortsatt ikke i bruk i rutineovervåking i Norge (10). I 1995 trådte ny norsk drikkevannsforskrift i kraft (11). Denne var basert på EU-lovgivning. Her ble det i tillegg til koliforme og termotolerante koliforme bakterier også krevd analyse av indikatorbakteriene sulfittreducerende clostridier og fekale streptokokker, og det ble fastsatt som krav at disse ikke skulle kunne påvises i vann levert til abonnent. I 2001 kom igjen ny norsk drikkevannsforskrift (12). Her ble tidligere parameter termotolerante koliforme bakterier erstattet av *E. coli*, og tidligere parameter fekale streptokokker erstattet av parameteren intestinale enterokokker.

Fra 1990-tallet har internasjonal forskning frambrakt ny og vesentlig kunnskap om smittekilder, smitteveier og overlevelsessevne i vann og miljø for mange av de mest aktuelle vannbårne patogene (sykdomsframkallende) smittestoff (Campylobacter, EHEC, Norovirus, Giardia, Cryptosporidium). Dette har blitt mulig som følge av at de moderne genmolekylære metodene (PCR) har langt lavere deteksjonsgrense enn konvensjonelle dyrkningsmetoder. Disse teknikkene har også gjort det mulig å identifisere underarter av blant annet Giardia, Cryptosporidium, og EHEC med

særskilte vertsforhold. Denne nye kunnskapen om de patogene smittestoffene har ikke i samme grad blitt fulgt opp med kunnskap for de aktuelle fekale indikatorbakteriene.

Flere ulike utviklingstendenser har opp gjennom historien påvirket anvendelse og fortolkning av fekale indikatorbakterier:

- Utvikling av ny analysemetodikk
- Oppdagelse av nye vannbårne patogene smittestoff, økt forståelse for deres smitekilder/vertsforhold og overlevelsessevne i vann og miljø
- Nye vannbehandlingsprinsipper
- Revisjoner av lovgivning og harmonisering med internasjonalt regelverk

Generelle krav til fekale indikatororganismer

Den overordnede målsettingen er at fekale indikatororganismer med størst mulig sikkerhet skal indikere tilstedeværelse/fravær i vannet av aktuelle patogener. Ut fra dette har mange forfattere, bl.a. Hurst (13) og Østensvik (14) formulert krav til fekale indikatororganismer. De mest sentrale krav er:

- Må alltid være til stede i tarm/avføring fra mennesker/aktuelle dyr i tilstrekkelig mengde
- Formerer seg ikke utom tarm
- Tilsvarende overlevelsetid i vann/miljø som aktuelle patogene organismer
- Sammenlignbar sensitivitet overfor aktuelle desinfiserende vannbehandlingsprinsipper (bare aktuelt dersom indikatororganismen skal brukes til overvåking av vannbehandling)

I tillegg kan det angis følgende krav knyttet til praktiske/økonomiske forhold ved prøvetaking og analyse:

- Hensiktsmessig prøvevolum
- Praktisk, enkel og billig analyse
- Raskt svar

Anvendelse på ulike deler av vannforsyningssystemet

Prinsipper for prøvetaking av vannforsyningssystem er godt beskrevet i Norvar-rapport 148/2006 "Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann" (15).

Overvåking av råvann

For råvannskilder (inkludert tilførselsbekker/elver) vil regelmessig analyse av fekale indikatorbakterier over lengre tidsrom gi en karakteristikk av vannkildens hygieniske kvalitet. Hyppigheten bør være minst månedlig og med varighet på minst ett år, dette for å fange opp årstidsvariasjoner. Ved prøvetaking over flere år vil en kunne identifisere trender og typiske tidspunkt for vår- og høstomrøring. Et stikkprøvebasert prøvetakingsprogram er imidlertid egnet til å fange opp bare permanente eller langvarige forurensingsepisoder. Systemet har liten evne til å avdekke mer kortvarige forurensingsepisoder, men sannsynligheten for dette vil øke med hyppigere prøvetakingsintervall.

Overvåking av vannbehandling

Analyse av fekale indikatororganismer benyttes i en viss grad til funksjonskontroll av desinfiserende vannbehandlings. Dette forutsetter imidlertid at indikatororganismen er til stede i inngående vann til desinfek-

sjonstrinnet (evt. råvann). Dette er i utgangspunktet en uønsket situasjon, og er ofte ikke tilfelle. For mange typer desinfeksjonsprinsipp er det alternative fysikalsk/kjemiske metoder for mer direkte funksjonsover- overvåking, blant annet angitt i Mattilsynets veileder til drikkevannsforskriften (16).

Overvåking av distribusjonsnett

Analyse av fekale indikatororganismer kan benyttes til overvåking av forurensing til distribusjonsnett (innsug til ledningsnett, forurensing til høydebasseng). Men, som for råvannskilder, vil et stikkprøvebasert overvåkingsprogram ha begrenset mulighet til å fange opp kortvarige forurensingsepisoder. Målrettet prøvetaking etter lekkasjer, reparasjonsarbeid og lignende vil ofte være nyttig.

Hvorfor ikke analysere direkte på patogene organismer?

I rutinemessig vannovervåking er det oftest lite hensiktsmessig å analysere direkte på aktuelle patogene organismer. Den viktigste årsaken til dette er at mange av disse organismene har svært lav infeksjonsdose (eksempel Giardia: ned til 10 cyster). Selv med et lavt innhold av patogener i vannet, kan dette gi sykdom, og det kan være vanskelig eller umulig å detektere så lavt innhold i vannprøver (alternativt må det analyseres svært store volum). Negativt analyseresultat av patogener er ikke noe sikkert bevis for fravær i vannet, men slike kan lett bli feiltolket eller misbrukt.

For noen av disse mikroorganis- mene (EHEC, Giardia, Cryptospori- dium) er det en rekke ulike stammer der noen er patogene og mange er apatogene, og konvensjonell analyse vil ikke kunne skille mellom patogene og apatogene stammer. Det må oftest utføres PCR-analyse for å kunne skille mellom disse. Positive prelimi- nære analyseresultat uten slik arts- typing er derfor av begrenset verdi.

Analyse av patogener i vann er ofte tid- og ressurskrevende. Få labora- torier i Norge har denne kompetansen. Så langt kjent utfører de kommunale hovedvannverkene i Oslo og Bergen regelmessige analyser av Giardia i råvann. Forfatterens vurdering er at disse analysene bare fungerer som et kartleggingsprogram over generell forekomst i disse vannkildene, og at de er lite egnet til å identifisere episoder med økt helserisiko.

I spesielle situasjoner som for eksempel ved mistanke om vannbåren sykdom eller ved kjent forurensing av drikkevann, kan det være hensikts- messig å utføre analyser av patogener.

De viktigste indikator- organismene

Oversikter over indikatororganismer for norske forhold er gitt av Østensvik (14), Fiksdal (9) og i Vannforsyning- ens ABC (17), og internasjonalt av blant annet Leclerc (18) og Savichtcheva (19).

E. coli

Denne bakterien er i en særstilling som fekal indikatororganisme fordi den alltid er til stede i tarm hos alle mennesker og varmblodige dyr og

(med ytterst få unntak) aldri formerer seg utom tarm. Ingen av de andre fekale indikatororganismene oppfyller disse to nøkkelkravene fullt ut. Tidligere var sikker identifisering av arten *E. coli* komplisert og uaktuell i rutinemessig drikkevannovervåking. I 1990-årene ble det introdusert nye metoder for enkel og sikker analyse av arten *E. coli*, blant annet enzymatiske metoder. Disse er nå inntatt i norsk drikkevannsforskrift (12). Overlevelsestid i vann og miljø antas generell å være kort (få dager), men det foreligger ikke systematiske studier av dette relevant for norske forhold. For *E. coli* er det utviklet en kommersiell metode for semikvantitativ enzymatisk analyse, der prøvetaking, analyse og resultatrapportering kan automatiseres (Colifast) (20). Dette systemet har vært anvendt i Gøteborg vannverk i 3 år og er nå under etablering ved IVAR vannverk i Rogaland.

Koliforme bakterier

Dette er en gruppe bakterier innen familien Enterobacteriaceae, men for øvrig med uklar taksonomisk avgrensning (Leclerc angir i alt 32 genera). I Norge er koliforme bakterier tradisjonelt gitt en rent metodisk definisjon i henhold til NS 4788 (7): I tillegg til *E. coli* omfatter gruppen en rekke slekter og arter med tarm som mulig reservoar, men også bakterier med jord og vann som reservoar. Fordi gruppen er heterogen, er overlevelsestid i vann og miljø svært uklar, noen arter har trolig evne til å overleve lengre enn *E. coli*.

Drikkevannsforskriften angir tre alternative metoder for analyse av koliforme bakterier:

1. NS 4788, basert på konvensjonell dyrkning, laktoseforgjæring og aldehydproduksjon
2. TTC-metoden, basert på konvensjonell dyrkning, laktoseforgjæring og negativ oxidase-test (21)
3. Colilert-Quantitray 18- metoden basert på produksjon av enzymet β D-galaktosidase

Erfaringer fra flere vannverk i Norge med analyse av parallelle prøver med de alternative metodene viser delvis dårlig samsvar mellom metodene. Det er en klar tendens til at Colilert-metoden gjenfinner flere koliforme bakterier enn metodene basert på konvensjonell dyrkning. (Personlige meddelelser 2006, Arne Seim, Bergen Vannverk KF og Brit Åse Bærum vannverk). Dette kan forklares med at Colilert-metoden forutsetter bare ett enzym til stede, mens de to andre metodene basert på forgjæring av laktose forutsetter tilstedeværelse av alle enzymer i denne metabolismeruten. Det synes svært uheldig at norsk regelverk opprettholder alternative metoder med klart ulik gjenfinningsevne. Det er dokumentert fra utlandet at enkelte arter innen gruppen koliforme bakterier kan vokse i biofilm på vannledningsnett (22). Det er antatt, men ikke klart dokumentert, at dette også kan skje under norske forhold med kaldere vann, og omfanget av dette er uklart. Erfaringer fra drift av membranfilteranlegg i Norge indikerer at koliforme bakterier kan etablere seg på rentvannsidene av

membranfilter (23). Disse forholdene gjør at fortolkning av denne parameteren blir usikker.

I tiden før de enkle og sikre metodene for påvisning av *E. coli* ble etablert, hadde parameteren koliforme bakterier sin store berettigelse ved at den fungerte som screening for *E. coli*. Nå er dette ikke lenger noe hensyn.

Ved påvisning av koliforme bakterier kan det være nyttig å identifisere disse videre til art, og eventuelt undersøke evne til å vokse ved aktuell vanntemperatur. Dette kan i noen tilfeller gi nyttig informasjon. Det vil være ønskelig at aktuelle laboratorier kan utføre dette, og at vannverk/laboratorier har kompetanse til å fortolke resultatene.

Clostridium perfringens

Denne bakterien forekommer i tarm hos mennesker og dyr. Bakterien har evnen til å danne sporer – et hvilestadium med stor resistens mot ulike påvirkninger fra miljøet. Bakterien har imidlertid også reservoar utom tarm; den kan finnes blant annet i jord og slam uten at dette er fekal påvirket. Bakterien har lang overlevelsestid i vann og miljø, trolig uker til måneder, avhengig av miljøfaktorene, men systematiske studier av dette foreligger ikke. *Clostridium perfringens* er delvis regnet å være spesielt relevant indikator overfor de vannbårne patogene parasittene *Cryptosporidium* og *Giardia*, delvis også *Norovirus*. Begrunnelsen for dette har vært antakelse om sammenliknbar overlevelsestid i miljøet, og sammenliknbar resistens overfor

aktuelle vannbehandlingsmetoder (begge disse forholdene knyttet til bakteriens evne til å danne sporer). Drikkevannsforskriften angir at ved påvisning av *Clostridium perfringens*, skal det vurderes om det foreligger potensiell helserisiko for forekomst av *Norovirus* eller parasitter. Det er ikke kjent studier som klart dokumenterer slik korrelasjon. Hörmann fant at *Clostridium perfringens* var en pålitelig indikator for aktuelle parasitter (24).

Intestinale enterokokker

Dette er, i likhet med koliforme bakterier, en metodisk definert gruppe (25) som inneholder en rekke arter innen de to slektene *Enterococcus* og *Streptococcus*. Noen arter har hovedsaklig ulike dyr som reservoar, og andre arter hovedsaklig menneske som reservoar (14). Gruppen inkluderer også arter som kan formere seg utom tarm, og den er dermed ikke strikt fekal (13). Intestinale enterokokker er antatt å kunne ha noe lenger overlevelsestid i vann enn *E. coli*, og dermed samsvare noe bedre med overlevelsestid for patogene organismer, men det foreligger lite systematiske studier av dette relevant for norske forhold.

Det synes å være en erfaring at forholdstallet mellom *E. coli* og intestinale enterokokker i fersk human avføring har verdi > 1 og tilsvarende forhold hos aktuelle dyr har verdi < 1 . Studier av tilsvarende forhold for noen av de enkelte artene som inngår i gruppen viser svært varierende resultat mht dette forholdstallet. Basert på forutsetningene om ulikt forholdstall

av *E. coli*/intestinale enterokokker hos mennesker vs dyr, har det delvis vært antatt at dette forholdstallet i en vannprøve kan indikere om kilden til fekal forurensing er human eller animal. Dette prinsippet forutsetter at tid fra forurensing til prøveuttak er kjent, og at desimeringshastigheten for *E. coli* og intestinale enterokokker er kjent. Dette er normalt ikke tilfelle. Det er ikke kjent systematiske studier som dokumenterer det postulerte prinsippet om at dette forholdstallet kan indikere forurensingskilden (19). Ut fra dette bør parameteren intestinale enterokokker normalt ikke anvendes til å indikere skille mellom human og animal fekal forurensing. Det mest relevante anvendelsesområdet for intestinale enterokokker i rutinemessig drikkevannsovervåking er trolig å supplere *E. coli* ved at den kan fange opp noe eldre fekal forurensing.

Oppsummering, ”støtteparametrene”

For parameterne koliforme bakterier, *Clostridium perfringens* og intestinale enterokokker gjelder at de ikke er strikt fekale. Noen arter/underarter har delvis andre reservoar utom tarm, og kan trolig formere seg i vann/miljø. For disse parametrene/bakteriegruppene er overlevelsestid delvis uklar, men noen arter kan trolig overleve lenger i vann enn *E. coli*. På grunn av dette er fortolkningen av disse parametrene usikker. Forfatteren vil hevde at disse parametrene i rutinemessig drikkevannsovervåking bare bør anvendes som støtteparametre i forhold til hovedparameteren *E. coli*. Det er også grunn til å stille

spørsmål ved at disse angis som selvstendige parametre i drikkevannsforskriften med obligatoriske tiltak ved påvisning.

Andre fekale indikatororganismer

I tillegg til de nevnte parametrene som inngår i drikkevannsforskriften, er det foreslått noen andre. De strikt anaerobe, bakteriegenera: *Bacterioides* og *Bifidobacterium* inneholder noen arter som er strikt fekale, og som synes å være knyttet til vertsspesifikke reservoar, og som dermed åpner mulighet for å skille sikkert mellom humane og animale kilder (19). Disse har imidlertid svært kort overlevelse i vann, på grunn av at de er strikt anaerobe. Ulike typer virus er også foreslått som fekale indikatororganismer, og er til en viss grad bruk internasjonalt; de mest aktuelle er bakteriofager. Dette er virus som infiserer bakterier (her: tarmbakterier). Analyse av både de strikt anaerobe bakteriene og virus forutsetter genetiske metoder, og det vil foreløpig sette begrensning for bruk i rutineovervåking av drikkevann i Norge. Potensialet for anvendelse er uklart.

Overlevelsestid for patogene organismer, korrelasjon mellom indikatorer og patogener

Overlevelsestid for de aktuelle vannbårne patogenene i vann og miljø versus overlevelsestid for de fekale indikatororganismene er en viktig faktor for å vurdere i hvilken grad påvisning av aktuelle fekale indikatorbakteriene kan predikere forekomst av patogenene.

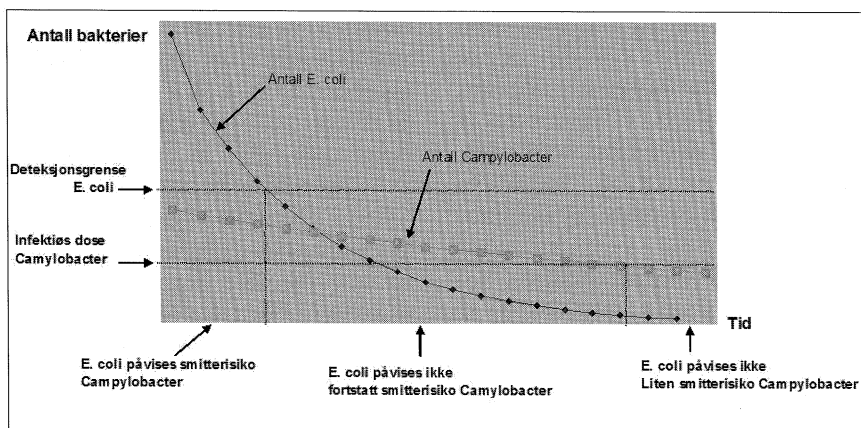
Overlevelsestid for patogener

PCR-metoder har gjort det mulig å studere faktisk overlevelsestid i vannmiljø for mange av de aktuelle patogenene. Denne vil variere avhengig av miljøbetingelsene. Rollins fant at *Campylobacter* overlever i elvevann i 4 måneder (26). Nicholls fant at 35 % av *Cryptosporidium*-oocyster overlevet i grunnvann i 3 måneder (27). Borchardt fant at Norovirus og andre enterittvirus overlevet i 3 måneder i

grunnvann (28). Selv om betingelsene for disse studiene har variert, og trolig er ulike norske forhold, er det klart at de aktuelle patogenene har potensiale for vesentlig lenger overlevelsestid i vann og miljø enn *E. coli*, trolig også for intestinale enterokokker.

Korrelasjon mellom indikatorer og patogener

De prinsipielle forholdene for dette er illustrert i figur 1.



Figur 1. Et tenkt eksempel; utvikling over tid av antall *E. coli* og *Campylobacter*

Figuren illustrerer en tenkt situasjon der en vannkilde tilføres en punktforurensning av fekal forurensning som inneholder både *E. coli* og *Campylobacter*, og der antallet *Campylobacter* er lavere enn *E. coli*, og *Campylobacter* desimeres langsommere enn *E. coli*. I første fase påvises *E. coli*, dette indikerer tilstedeværelse av *Campylobacter*. Senere ut i forløpet vil det være en fase der *E. coli* ikke kan påvises, men *Campylobacter* fortsatt vil være til stede i mengder som kan gi sykdom.

Det foreligger en rekke studier av korrelasjon mellom indikatorer og patogener med ulike metoder. Hänninen har studert påvisning av ulike indikatororganismer i vannprøver knyttet til 3 ulike vannbårne *Campylobacter*-utbrudd i Finland (29). Hörmann har studert samtidig innhold av patogenene *Campylobacter*, *Cryptosporidium* og Norovirus, og indikatorene *E. coli*, *Clostridium perfringens* og F-RNA-bakteriofag i vannprøver fra elver i Finland (24).

En oversikt over vannbårne utbrudd i USA viser at i en tredel av disse ble *E. coli* ikke påvist i relevante vannprøver (30). Payment har i en epidemiologisk studie fra Canada påvist at det å drikke vann fra vannverk der alle prøver fra ledningsnett viser fravær av *E. coli*, likevel gir økt risiko for mage-tarmsykdom som trolig skyldes patogener i vannet (31). Konklusjonene fra disse studiene kan oppsummeres med at påvisning av *E. coli* i vannprøver kan gi nyttig indikasjon om tilstedeværelse av patogener, men at fravær av *E. coli* ikke er noe sikkert bevis for fravær av patogener. Hörmann konkluderte også med at bakteriofager hadde lav korrelasjon med Norovirus, og at *Clostridium perfringens* var en upålitelig indikator for tilstedeværelse av *Cryptosporidium*. De to nevnte studiene fra Finland bør tillegges vekt fordi de er utført under nordiske forhold.

Norske erfaringer fra utbrudd og overvåking

Utbrudd

Det foreligger rapporter fra en rekke vannbårne utbrudd i Norge, men svært få av disse omtaler eventuelle påvisninger av fekale indikatorbakterier i vannprøver knyttet til utbruddet. I rapporten fra *Giardia*-utbruddet i Bergen 2004 (32) framkommer det at det ble påvist høye verdier *E. coli* (ca 60/100 ml) i prøver av råvann på tidspunkt som senere er knyttet til utbruddet. Det ble ikke iverksatt tiltak som følge av denne påvisningen. To utbrudd av vannbåren campylobacteriose i Stjørdal 1994 og Verdal 1995 ble begge knyttet til nedslag

av kortnebbgås på råvanskildene, og ingen av vannverkene hadde desinfeksjon (33). Begge utbruddene ble oppdaget som følge av rutinemessig vannprøvetaking; termotolerante koliforme bakterier ble påvist mengder på henholdsvis 17/100 ml (Stjørdal 1994) og 75/100 ml (Verdal 1995). Det ble umiddelbart gitt kokepåbud som følge av disse påvisningene, og det er grunn til å tro at dette begrenset epidemiene i vesentlig grad. I *Salmonella*-utbruddet i Herøy kommune i 1998 (50 syke) ble det påvist små mengder *E. coli* i vann levert til abonnent, men det ble ikke iverksatt tiltak før selve epidemien ble oppdaget (personlig meddelelse Anne Stine Foldal). I Norovirus-utbruddet i Klæbu i 1994 (2400 syke) var det ikke tatt vannprøver av den aktuelle kilden før utbruddet ble oppdaget av kommunelegen (34). I en vannprøve tatt etter at epidemien var kjent ble det påvist 1 termotolerant koliform bakterie/100 ml og 5 koliforme bakterier/100 ml.

Erfaringene fra disse norske utbruddene kan oppsummeres som følger:

- I noen tilfeller har rutinemessig vannovervåking med påvisning av fekale indikatorbakterier ledet direkte til intervenserende tiltak som trolig har begrenset utbruddet
- I noen tilfeller er det påvist indikatorbakterier (evt høyere verdier enn normalt) som i ettertid kan knyttes til utbrudd, men det ble ikke iverksatt tiltak som følge av prøvene.
- I noen tilfeller viste rutinemessig analyser så lave innhold av *E. coli*

at dette ikke ble ansett å indikere helsemessig risiko

- I noen tilfeller er det ikke tatt prøver som er relevante for det aktuelle ubruddet

Overvåking

Ved Trondheim vannverk har det forkommet flere tilfeller der rutinemessige vannprøver fra råvann eller behandlet vann har vist innhold av fekale indikatorbakterier, trolig forårsaket av forurensing til råvannskilde, høydebasseng eller ledningsnett, men oftest uten at det er observert sykdomstilfeller knyttet til disse episodene. Ved påvisning i råvann har aktuelle tiltak vært økt klordosering og intensivert overvåking av vannbehandling og rentvannskvalitet. Ved påvisning i høydebasseng har aktuelle tiltak vært rengjøring og inspeksjon av bassenget, og i flere tilfeller er det påvist innlekkasje som har blitt reparert. Disse tiltakene har ført til at abonnentenes eksponering for vannbårne patogener er redusert. Liknende tilfeller forekommer trolig ved de fleste vannverk.

De nevnte eksemplene viser at rutinemessig analyse av fekale indikatorbakterier fortsatt er et viktig og nødvendig tiltak for å sikre helsemessig trygt drikkevann, men at selv når indikatorbakterier ikke påvises, kan vannbårne utbrudd likevel forekomme.

Fysiske analyser

Ved overvåking av overflate-råvannskilder kan de fysiske parametrene turbiditet, farge og temperatur gi svært nyttig informasjon om endrin-

ger i de hydrologiske forholdene, som igjen påvirker råvannskildens funksjon som hygienisk barriere. Spesielt ved online overvåking, og eventuelt koplet til automatisk varslingsystem kan dette gi nyttig supplement til den bakteriologiske overvåkingen. Ved Trondheim vannverk har en dradd nytte av dette de senere år.

Oppsummering

Etter å ha vært anvendt i over 100 år, er *E. coli* fortsatt den sentrale fekale indikatororganismen for drikkevannsovervåking. De øvrige fekale indikatorbakteriene som har vært i tradisjonell bruk: koliforme bakterier, *Clostridium perfringens* og Intestinale enterokokker, kan ha en viss nytteverdi, men for alle disse er det knyttet stor usikkerhet til fortolkning. Det kan derfor stilles spørsmål om disse bør inngå i rutinemessig overvåking, og om det er hensiktsmessig å pålegge vannverkene å iverksette bestemte tiltak ved påvisning av disse. Alternative indikatororganismer er foreslått, blant annet anaerobe, gramnegative bakterier og virus (fag), men begrensinger i laboratoriekapasitet og -kompetanse vil på kort sikt trolig sette klar begrensning i rutinemessig bruk av disse. Online overvåking av noen fysiske parametere, kan gi nyttig supplement til mikrobiologiske analyser. Automatisert overvåking av *E. coli* er under utprøving og kan vise seg å være nyttig. Rutinemessig analyse av patogene organismer er i svært begrenset bruk og gir trolig lite nytteverdi utover å gi en generell karteristikk av vannkilden.

For mange av de aktuelle vann-

bårne patogenene er det dokumentert at disse kan overleve i vann i over 3 måneder. For de aktuelle fekale indikatorbakteriene foreligger lite dokumentasjon om overlevelse i vann, men det synes klart at mange av patogene har betydelig lenger overlevelse enn både *E. coli* og intestinale enterokokker. Studier av korrelasjon mellom indikatororganismer og patogener gir varierende resultat, men viser at fravær av indikatororganismer aldri er noen garanti mot fravær av patogener i vannet.

Erfaring viser at rutinemessig overvåking av fekale indikatorbakterier har bidradd til å beskytte abonnentene mot vannbåren smitte, og har redusert omfang av noen utbrudd. Men det har også forekommet mange andre vannbårne utbrudd der det ikke ble iverksatt intervensjoner, enten fordi det ikke var foretatt analyser av vann med hensyn på fekale indikatorbakterier, eller fordi man ikke hadde reagert på de resultatene som forelå.

Forfatteren konkluderer med at rutinemessig overvåking av fekale indikatorbakterier fortsatt har sin naturlige plass i drikkevannovervåking, men at dette bør suppleres med annen type driftsovervåking. Personell som skal utføre planlegging og resultatvurdering av analyser av fekale indikatorbakterier bør ha kunnskap om metodenes begrensninger.

Referanser

1. Snow, J. (1855) On the Mode of Communication of Cholera. John Churchill, New Burlington Street, London, England.
2. Hendricks, C.W. (1978) Exceptions to the coliform and the faecal coliform tests. I: Berg, G. Ed. Indicators of viruses in water and food. p. 99. Ann. Arbor. Science, Michigan.
3. Kundratiz, K (1961) The life and works of Professor Dr. Theodor ESCHERICH, Wien Klin Wochenschr. 1961 Nov 3;73:722-5
4. Lewis C. (1917). The coliform organisms of water-cress. Birmingham Med rev. 81: 1-10
5. Johansen TA. (2004). Det viktige vannet. Norsk vann- og avløps-historie. Interconsult AS
6. Sosialdepartementet/SIFF 1976. Kvalitetskrav til vann
7. Norsk standardiseringsforbund NS 4788 (1990) Vannundersøkelse, koliforme bakterier membranfiltermetode
8. Norsk standardiseringsforbund NS 4792 (1990) Vannundersøkelse, termotolerante koliforme bakterier og presumptive *E. coli* membranfiltermetode
9. Fiksdal L 1998. Alternative indikatorprinsipper for fekal vannforurensing. Nor Vet Tidsskr; 110: 615 – 23

10. Bej AK,(1990) Detection of coliform bacteria and *Escherichia coli* by multiple polymerase chain reaction and gene probes. *Appl. Environ. Microbiol.* 57, 2429-32
11. Sosial- og helsedepartementet (1995) Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.
12. Sosial- og helsedepartementet (2001) Forskrift om vannforsyning og drikkevann
13. Hurst (2002) *Manual of environmental Microbiology*, second ed. ASM press Washington DC, USA
14. Østensvik (1998) Fekale indikatorbakterier I drikkevann. *Nor Vet Tidsskr*; 110: 606 – 14
15. Hem J. Storhaug R. (2006) Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann. *Norvar-rapport 148/2006*
16. Mattilsynet 2005. Veileder til drikkevannsforskriften, utgave 2. (tilgjengelig bare på nett: www.mattilsynet.no)
17. Nasjonalt Folkehelseinstitutt: *Vannforsyningens ABC* (tilgjengelig på nett: www.fhi.no)
18. Leclerc (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. *Annu. Rev. Microbiol* 2001 55: 201 – 34
19. Savichtcheva. (2006). Alternative indicators of fecal pollution: Relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen application and future perspectives. *Water reserch* 40. 2463 –76
20. Braathen (2005) Fully automated monitor reduces intake of *E. coli*-contaminated raw water. *Waterworld* april 2005
21. Norsk standardiseringsforbund (2000) NS-EN ISO 9308-1: Vannundersøkelse Påvisning og telling av *Escherichia coli* og koliforme bakterier
22. Camper AK. (1996) Effect of growth conditions on the presence of coliforms in mixed-populations biofilms. *Appl. Environ. Microbiol.* 62, 4103-08
23. Wahl (2004). Svikt i membranfiltrering av drikkevann assosiert med oppkast- og diaré sykdom hos abonnenter, en kohortstudie ved Mostadmark vannverk, Sør-Trøndelag. *Nor Vet.Tidsskr* 116: 521-30
24. Hörmann (2004): *Campylobacter* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in southwestern Finland, 2000-2001. *Appl Environ Microbiol.* 2004 70 :87-95

25. Norsk standardiseringsforbund (2000) NS-EN ISO 7899-2: Vannundersøkelse Påvisning og telling av intestinale enterokokker
26. Rollins DM (1986): Viable but nonculturable stage of *Campylobacter jejuni* and its role in survival in the natural aquatic environment *Appl. Environ. Microbiol.* 52, 531-8
27. Nicholls RA (2004) Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts after prolonged exposure to still natural mineral waters. *J Food Prot* 67. 517 – 23
28. Borchardt MA.(2004) Vulnerability of drinking-water wells in La Crosse, Wisconsin, to enteric-virus contamination from surface water contributions *Appl. Environ. Microbiol.*70:5937-46
29. Hänninen (2003): Detection and typing of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* and analysis of indicator organisms in three waterborne outbreaks in Finland 2003 *Appl Environ Microbiol.* 69:1391-6
30. Craun (1997) Coliform bacteria and waterborne disease outbreaks. *Journal of the American Water Works Association* 89: 96 – 104
31. Payment (1991) A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to consumption of drinking water meeting current microbiological standards. *Am J of Publ Health* 1991 81,703–8
32. Bergen kommune (2005): Giardia-utbruddet høsten 2004. Rapport fra Bergen kommune og Mattilsynet. (Tilgjengelig på nett: www.bergen.kommune.no)
33. Varslot (1996). Vannbåren campylobacterinfeksjon. *Tidsskr Nor Lægeforen* 116:366 – 9
34. Torske (1996). Epidemi av vannbåren gastroenteritt i Klæbu. *Tidsskr Nor Lægeforen* 116:360 – 5