

## Hvordan helautomatisk bakteriemåling brukes i forbedring av vannovervåkingen

Av Henrik Braathen

Henrik Braathen er utdannet sivilingeniør i Bioteknologi og er i dag laboratoriesjef hos Colifast AS.

Innlegg på seminar om *Innovative vannovervåkingsmetoder* i regi av Norsk vannforening m.fl. 13. februar 2017.

### Sammendrag

De siste årene har det vært økende interesse for automatisert bakterieovervåking av vann. Hurtigere resultater kan gi bedre sikkerhet i vann-

forsyningen og på badeplasser. De hurtige resultatene gir operatørene mulighet til å iverksette direkte tiltak som kan begrense helserisikoen for befolkningen. Men kanskje enda viktigere er den høyere analysefrekvensen med online analysatorer. Dette gir bedre oversikt med mer data og resultater i risikoperioder, i helger og helligdager mens bruk av tradisjonelle analyser ofte begrenser

Tradisjonell analysemetode: historiske data, tidkrevende, feilkilder.



6-14 timer

Colifast: Tidlig varsling for raske avgjørelser

Figur 1. Fordelen med online bakterieovervåking, sammenliknet med tradisjonell mikrobiologisk analyse. Den automatiserte analysen gir raskere resultater og minimerer risikoen for feil ved prøvetakning, transport, oppbevaring og manuell analyse.

seg til 1 analyse per uke og normalt med vannprøver tatt på samme tid på samme ukedag. Dermed har man få eller ingen resultater fra risikoperioder og fra helger og helligdager.

Det Norske selskapet Colifast AS har produsert og levert helautomatiske online bakteriemålere i mer enn 17 år og har nå solgt og installert nærmere 40 av disse rundt i verden. Systemene måler de vanlige indikatorbakteriene slik som *E.coli* og koliforme bakterier.

## Summary

Recent years there has been an increasing demand for automated monitoring of bacteria in water. Rapid results can improve the safety in the water supply and for recreational waters. The rapid results enable the operator to execute direct actions which can reduce health risk related to polluted water. Another important benefit is the high analysis frequency provided by online measurements. The high number of results generates a better overview of the water quality and also provides data during periods with higher risk of pollution and in weekends and holydays. With traditional sampling and laboratory analysis the measurements are often limited to one sample a week with sampling at the same time and at the same day of the week. The traditional analysis

might thereby miss important results from periods with higher risk of contamination.

The Norwegian company Colifast AS has produced and delivered fully automated microbial monitors for more than 17 years and have today installed close to 40 of these worldwide. These systems measure the typical indicator bacteria in water, like *E.coli* and Coliforms.

## Bakgrunn

Det hele startet i 1992 med nye ideer om hvordan man raskere og enklere kunne måle bakterier i vann og matvarer. Det ble utviklet analysereagenser som kunne gi rask og selektiv vekst av mål-bakterier og med substrater som kunne gi optisk deteksjon når substratene ble hydrolysert av mål-bakterienes spesifikke enzymer. Colifast var trolig det første selskapet i verden som utviklet automatiske bakteriemålere og det første semi-automatiske instrumentet ble lansert på midten av 90-tallet. Selskapet fikk noen interesserte kunder som hadde god nytte av teknologien men de ønsket etter hvert mer (Tryland et al. 2001). De ønsket et online system som kunne analysere på egenhånd ute på viktige prøvetakningssteder. Dette ble utgangspunktet for utviklingen av Colifast At-Line Monitor (CALM) som er et helautomatisk instrument som installeres på



Figur 2. Colifast sine systemer for vannovervåkning.

prøvetakningssted og som selv suger inn et definert prøvevolum og deretter utfører en kvantitativ analyse (Braathen et al. 2005).

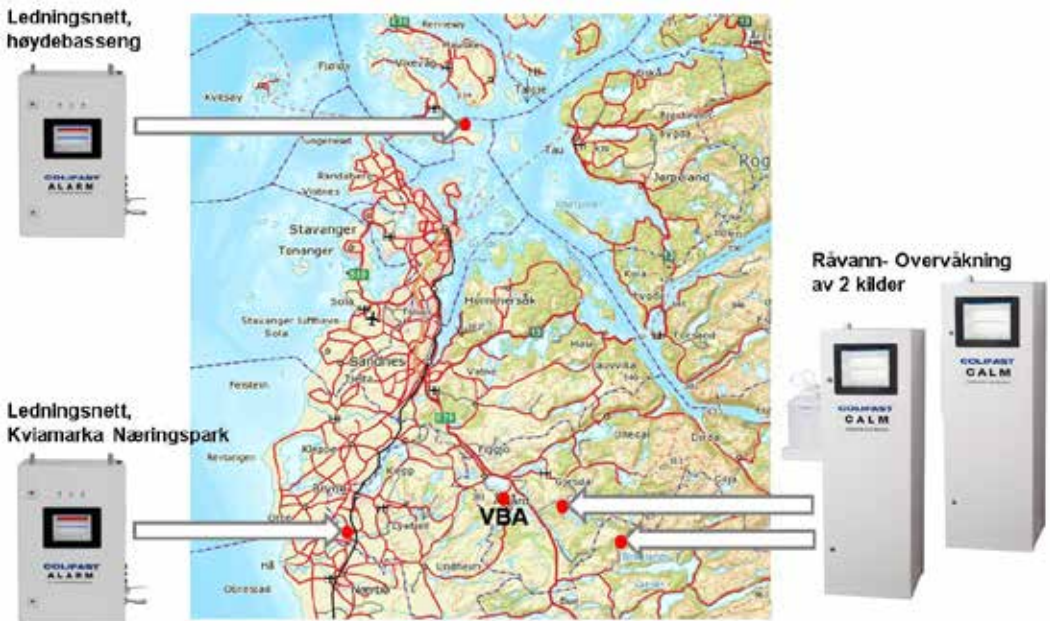
Etter at de første CALM systemene ble satt i drift tidlig på 2000 tallet ble selskapets semi-automatiske laboratorie instrumenter gradvis fasert ut og man utviklet et felt kit for manuell hurtiganalyse av fekal forurensning i sjøer og vassdrag. I 2010 lanserte selskapet enda et hel-automatisk system, Colifast ALARM, som er mindre og noe forenklet i forhold til CALM. Dette systemet er designet for drikkevannsanalyser med deteksjonsgrense ned til 1 målbakterie i 100 ml prøver. De helautomatiske systemene vil sende resultatene fortløpende til kontrollrom via analoge og digitale signaler, via nettverksforbindelse eller som SMS på GSM nettverk.

### Systemer, applikasjoner og resultater

CALM systemet er svært fleksibelt med mulighet for å bruke forskjellige analysemetoder og kan dermed tilpasses de fleste applikasjoner. Det kan

utføre både 2 timers hurtigmatoder og forskjellige dyrkningsmetoder med analysetid på 9-12 timer. Systemet kan kjøre opp til 76 analyser uten tilsyn. Operatørene besøker normalt instrumentet hver andre uke for omstart og etterfylling av reagenser. Det er mange CALM systemer i drift i Norge og disse brukes hovedsakelig til monitoring av råvannskilder og miljøovervåking, ofte tilknyttet rekreasjonsområder (Braathen. 2011). De første CALM instrumentene har nå vært i kontinuerlig drift i mer enn 12 år og det er også rapportert episoder, bl.a fra Sverige i 2008, der overvåking og varsling utført av dette systemet har redusert risikoen for vannbåren smitte og sykdomsutbrudd i befolkningen. CALM resultatene brukes flere steder til å justere vannbehandlingen og til å bytte mellom råvannskilder. Systemet og metodene er testet og verifisert i flere studier og i et større EU prosjekt (Demowatercoli 2003).

Colifast Felt Kit er et enklere system som ikke er automatisert og som krever noe arbeid men er enkelt i bruk og analysene kan utføres ute i felt.

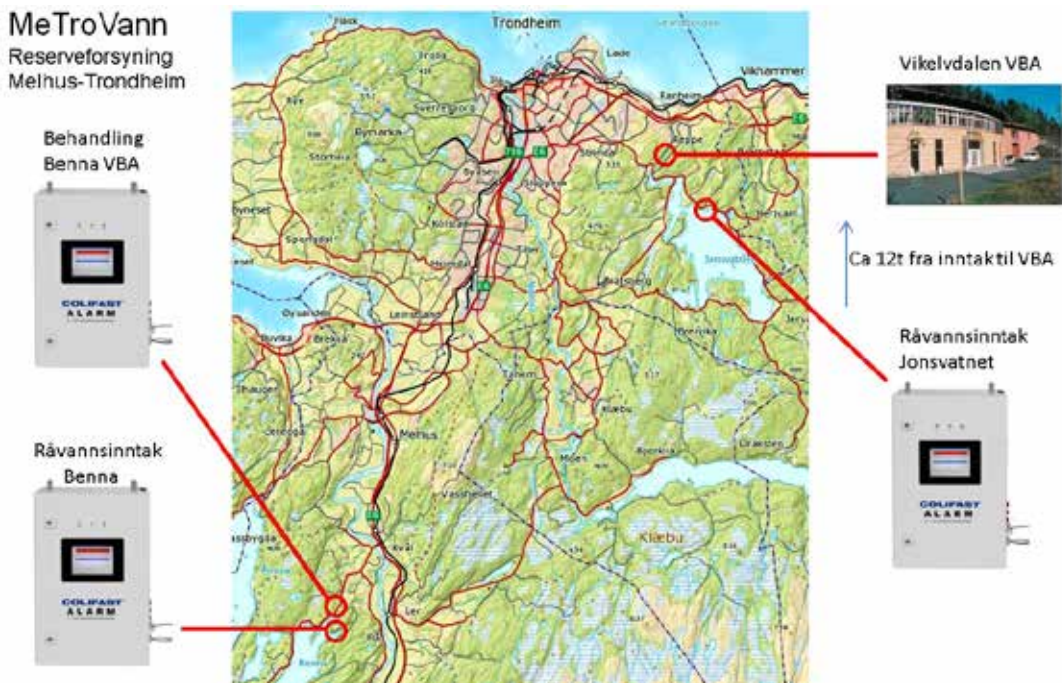


Figur 3. Bruk av automatisk bakterieovervåking i Rogaland. IVAR IKS har overvåking av sine to store råvannskilder og kontroll av behandlet vann to steder ute på ledningsnettet. Systemene sender fortløpende resultater til kontrollrommet på Langevatn vannbehandlingsanlegg og alarmer sendes til operatører på SMS.

Dette brukes ofte av kommuner for å hurtig (ca 1 time) få en indikasjon på bakterienivået i lokale bekker og vassdrag. Dermed kan man raskt spore eventuelle forurensningskilder. Utstyret brukes også til kontroll av badevann, bassenger og drikkevann og selskapet har totalt levert mer enn 60 av disse. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har i prosjektsammenheng brukt dette utstyret på vannprøver fra Osloområdet for å bestemme fekal forurensning. De har også sett på resultater fra tilsvarende automatiserte hurtiganalyser utført av CALM i Akerselva Oslo (Tryland et al. 2016). Resultatene viser bra samsvar med resultater fra laboratoriemetoder og kan være et godt verktøy for å hurtig bestemme mengden fekal forurensning. Dette har vist seg spesielt nyttig der man trenger en bedre oversikt over overvann og kloakktilførsel til elven og kanskje ekstra viktig der målingene

utføres på et sted som brukes til rekreasjon og bading. Men hurtigmetoden har også visse begrensninger og fungerer derfor best ved høyere bakterienivåer slik man ofte vil finne i urbane vassdrag.

Colifast ALARM er utviklet for online drikkevannsanalyse og vil alarmere operatør og kontrollrom hvis den finner en eller flere indikatorbakterier i 100 ml prøve. Dette systemet benytter kun en dyrkningsmetode og analysetiden er 6-15 timer avhengig av type indikatorbakterie og antall bakterier. Resultatet foreligger som nærvær/fravær av målbakterie men deteksjonstiden vil også gi en indikasjon på høyere eller lavere antall. Systemet settes ofte til å ta en analyse per døgn og går normalt 3 uker før det trenger tilsyn. Tilsynet er svært enkelt og tar ca 15 minutter, operatøren vil etterfylle reagenser og starte ny kjøring.

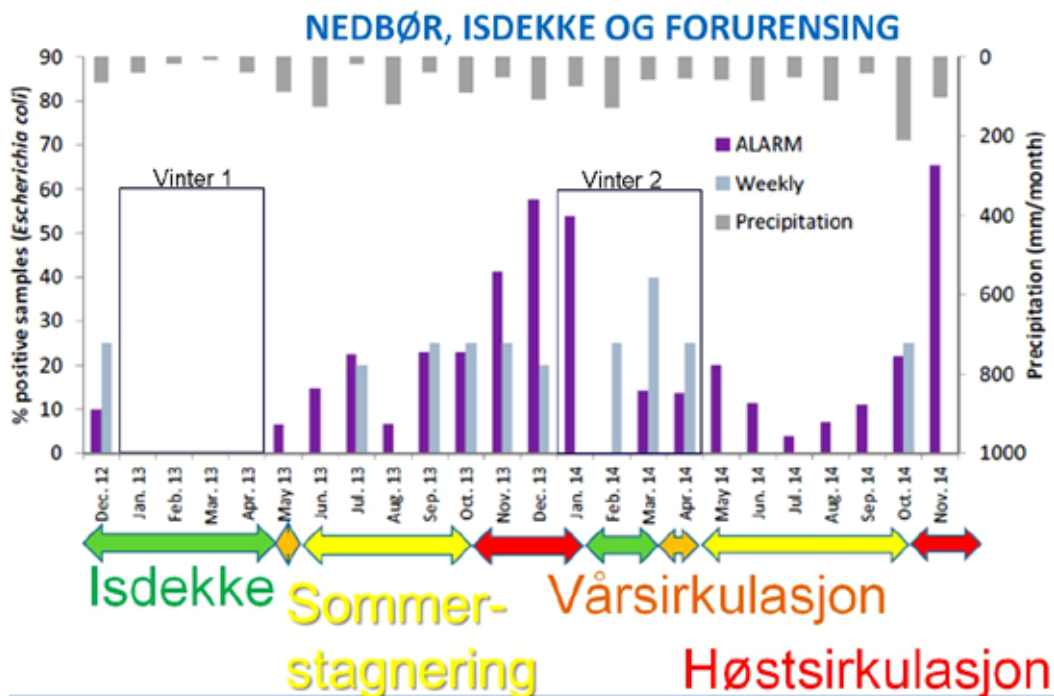


Figur 4. I Trondheim har man installert 3 ALARM systemer for overvåkning av råvann og behandlet drikkevann. Fra inntak av råvann fra Jonsvatnet har de ca 12 timer før vannet kommer til vannbehandlingsanlegget og de kan dermed justere vannbehandlingen etter vannkvaliteten. Den nye råvannskilden Benna med det nye vannbehandlingsanlegget blir også overvåket, både ved inntak råvann og vann ut på ledningsnettet etter behandling. Benna fungerer som reservevannkilde for Trondheim.

Colifast ALARM blir av mange vannverk brukt ute på ledningsnett og ofte på steder der man regner at det er større risiko for forurensning av drikkevannet, for eksempel ved høydebasseng og ved råsprenge rentvannsbasseng. Andre steder ønsker man å ha systemet som et rent sikkerhetstiltak på ledningsnett, slik som sikring av vannforsyningen inn til et område med næringsmiddelindustri. Litt uventet for selskapet har instrumentet også vist seg som et populært hjelpemiddel for overvåking av råvann da mange vannforsyninger i Norge og Norden har råvann med minimal fekal påvirkning.

Resultatene fra en av disse installasjonene har også blitt brukt i et større forskningsprosjekt der man har sett på årstidsvariasjoner over en periode på 2 år og effekt av eventuelle klimændringer. (Tryland et al. 2015). Maridalsvannet i Oslo er en viktig råvannskilde og analysedata fra online *E.coli* måling og en rekke andre online

parametere og værobservasjoner ble analysert. Systemene ble installert på råvannsinntaket til Oset vannbehandlingsanlegg. Det ble også utført utvidet manuell prøvetakning med laboratorieanalyser for sammenlikning med online målingene. *E. coli* resultatene fra instrumentet stemte bra med laboratorieresultatene. Sammenliknet med normal tradisjonell prøvetakning 1 gang per uke ga ALARM systemet en vesentlig bedre oversikt over endringer og episoder. Det ble også tydelig at kun *E.coli* ga en god indikasjon på fekal påvirkning mens de andre parameterne kunne vise endringer i vannkvaliteten men uten at det var noen sammenheng med når *E.coli* ble påvist i vannet. I denne perioden over 2 år var det spesielt 2 observasjoner som var interessante. I juli måned hadde man historisk funnet lite fekal påvirkning og man hadde kun sjeldne prøver med påvisning av *E.coli*. Derfor ble dette ansett som en slenger, en tilfeldig positiv enkeltprøve. Med den høyere analysefrekvensen til



Figur 5. Observasjoner, nedbørsdata og resultater fra automatisk og manuell *E.coli* analyse av råvann fra Maridalsvannet over en periode på 2 år (Tryland et al 2015). Første vinteren var normal med kaldt og tørt klima mens den andre vinteren var varmere og med mer nedbør. Resultatene viser at råvannskilden er vesentlig mer påvirket av fekal forurensning ved varmere og våtere klima.

instrumentet viste at det i juli måned ikke kun var en tilfeldig *E.coli* i råvannet. Instrumentet påviste bakterier i mange prøver over en periode på 10 dager. Årsaken til den fekale påvirkningen i denne varme og nedbørfattige perioden er usikker, men en mulig forklaring kan være avføring fra fugler på vannet over og nær råvannsinntaket. Den andre interessant observasjonen var forskjellige temperatur og klima-forhold de to årene man brukte i studien. Den første vinteren var mer normal i forhold til gjennomsnittlig vinterklima på Østlandet og det var isdekke på vannet i omtrent 5 måneder. Isdekket gir beskyttelse mot fekal forurensning og det ble ikke påvist *E.coli* i denne perioden. Året etter var vinteren mye mildere enn normalt og det var kun isdekke i omtrent 2 måneder. Det var også mer nedbør sammenliknet med vinteren før. Det ble da påvist *E.coli* mange dager denne perioden. Dette viser at mulige klimaendringer med varmere og våtere klima trolig vil føre til mer fekal forurensning av vannkilder som Maridalsvannet.

Colifast ALARM har også blitt testet og verifisert i ETV programmet til Environmental Protection Agency i USA (EPA 2011).

### Oppsummering

Online metoder for bakterieovervåking i vann har vist seg å være et svært nyttig verktøy for mange kommuner og vannverk. Colifast AS har opparbeidet lang erfaring med helautomatiske analyseinstrumenter og tilbyr forskjellige metoder for rask påvisning av indikatorbakterier. Det har vist seg vanskelig å finne den ideelle metoden som kan gi nær sanntidsresultater og som fortsatt kan gi robuste og korrekte data i forhold til referansemeter utført på laboratorium. Hurtigmetodene (15 minutter - 2 timer) fungerer tilfredsstillende så lenge de brukes på egnede vannprøver med høyere bakterienivåer og uten stor variasjon av andre faktorer i vannet som kan påvirke den spesifikke enzymaktiviteten. Det finnes også andre hurtige metoder som ikke benytter enzymaktivitet for deteksjon men disse



Figur 6. Det kommunale vannbehandlingsanlegget i Jevnaker leverer vann til ca 5000 personer. Basert på erfaringer med vannbehandlingen har vannverket valgt å installere en Colifast ALARM på filterriggen for å øke sikkerheten.

har ofte tilsvarende begrensninger når resultatene sammenliknes med standardiserte dyrkningsmetoder. På prøver med lave nivåer av målaktier må det brukes en dyrkningsmetode for å få et godt resultat. Derfor benytter de fleste av selskapets kunder dyrkningsmetoder på sine instrumenter. Dette gir da også en økning i tid fra prøveuttak til resultat, normalt 6-14 timer på ALARM instrumentet og 9-12 timer på CALM instrumentet. Likevel er dette akseptabelt da brukeren ofte har noe tid fra prøvested til vannbehandlingsanlegg og at det er svært viktig at resultatet er riktig. Tiden til resultat er også vesentlig kortere da en 12 timers automatisert analysetid er totaltid fra prøven tas inn til resultatet sendes kontrollrom eller til operatøren mens en laboratorieanalyse med manuell prøvetakning, transport, preparering og lab analyse ofte tar et døgn eller mer.

Basert på den erfaring selskapet har opparbeidet med slike systemer, fra de første ble satt i drift tidlig på 2000 tallet, har man sett at noen faktorer er spesielt viktige for operatører og brukere. Resultantene fra de helautomatiske analysene er verdifulle og spesielt når de integreres i driftskontrollsystemer, slik at man lett kan se trender og få alarmer i kontrollrom og på mobil. Man får også mye mer data sammenliknet med tradisjonelle analyser og kan dermed enklere styre prosesser og bedre sikkerheten basert på resultatene. En annen viktig ting er robusthet og driftssikkerhet. Det hjelper lite med gode resultater hvis systemet ikke er pålitelig og har mye driftsstans. Selskapet jobbet flere år med forbedring av driftssikkerhet og kan nå vise til systemer som har vært i kontinuerlig drift i 14 år med oppetid på over 99%. God driftssikkerhet gir svært fornøyde kunder. En tredje viktig ting er automatiseringen som gir minimalt tilsyn og arbeid for operatøren. For mange brukere av disse systemene er dette begrenset til 15 minutter hver 3 uke.

## Referanser

Braathen, H. and Ranneklev, S and Sagstad, H. and Rydberg, H. 2005. Fully automated monitor reduces intake of *E.coli*-contaminated raw water. Water and wastewater international. April 2005, 47.

Braathen, H. Kan «Early warning»-systemer være til hjelp ved overvåkning av våre badeplasser? Vann nr 4 2011: s 521-528

Demowatercoli Final Report. EC Framework 5. 2003. [(accessed on 15.May. 2016)]. Available online: [http://colifast.no/wp-content/uploads/publications/EU\\_demowatercoli.pdf](http://colifast.no/wp-content/uploads/publications/EU_demowatercoli.pdf)

Environmental Protection Agency (EPA). 2011. Environmental Technology Verification Report, Colifast Alarm at-line automated remote monitor. Available online: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100BSVR.pdf>.

Tryland, I. and Samset, I.D. and Hermansen, L. and Berg, J.D. and Rydberg, H. 2001. Early warning of faecal contamination of water: A dual mode, automated system for high- (< 1 hour) and low-levels (6-11 hours). Water Sci Technol 2001, 43, 217-22

Tryland, I. and Eregno, F.E. and Braathen, H. and Khalaf, G. and Sjolander, I. and Fossum, M. 2015. On-line monitoring of *escherichia coli* in raw water at Oset drinking water treatment plant, Oslo (Norway). Int J Env Res Pub He 2015, 12, 1788-1802.

Tryland, I., Braathen, H., Wennberg, A.C., Eregno, F.E., Beschorner, A.L. Monitoring of  $\beta$ -d-Galactosidase Activity as a Surrogate Parameter for Rapid Detection of Sewage Contamination in Urban Recreational Water. Water 2016, 8(2), 65