

Sårbarhetsanalyse av vannverksinntak i Mjøsa ved bruk av matematiske strøm- og vannkvalitetsmodeller

Av Torulv Tjomsland, Ingun Tryland, Svein Bakken, Fredrik Bjørge og Geir Glommen

Torulv Tjomsland og Ingun Tryland er begge forskere ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Svein Bakken er seksjonsleder for Seksjon vann og ledningsnett i Gjøvik kommune.

Fredrik Bjørge er prosjektingeniør i Teknisk drift i Ringsaker kommune. Geir Glommen er driftssjef i Teknisk drift i Østre Toten kommune.

Sammendrag

Matematiske modeller for strøm og vannkvalitet kan være et nyttig verktøy for kommunale myndigheter med ansvar for planlegging og drift av vannverk og renseanlegg. Modellene kan gi informasjon om optimal plassering av nye vannverksinntak eller utslipp fra renseanlegg. Man kan utføre scenarier for hvor sårbar vanninntakene er for forurensende uhell. Hvordan er spredningen av sykdomsfremkallende mikroorganismer som kan overleve lenge i vann (for eksempel noen virus og parasitter), sammenlignet med *E. coli*? Matematiske modeller kan være til hjelp for å gi svar på slike spørsmål.

Artikkelen viser noen eksempler på bruk av matematiske modeller i

Mjøsa. Arbeidet ble utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i samarbeid med ansvarlige i kommunene Ringsaker, Gjøvik og Østre Toten. Strøm og vannkvalitet, med vekt på hygieniske forhold, ble simulert ved modellen GEMSS.

Summary

Sensitivity analyses of water work intakes in Lake Mjøsa by use of mathematical current and water quality models.

Mathematical water quality models may be a useful tool for municipal authorities that are responsible for water works and waste water treatment plants. The models may give information about optimum placement of new water intakes and

waste water discharges. One can make scenarios to find how water intakes will be affected by pollution discharges added by accidents. How may pathogens and E. coli survive? Mathematical models may be of great help to answer such questions.

This article shows some results from mathematical modeling of Lake Mjøsa. The work was done by Norwegian Institute for Water Research in cooperation with responsible persons from the municipalities Ringsaker, Gjøvik and Østre Toten. Hydrodynamics and water quality, with weight on hygienic condition, were simulated by the model GEMSS.

Innledning

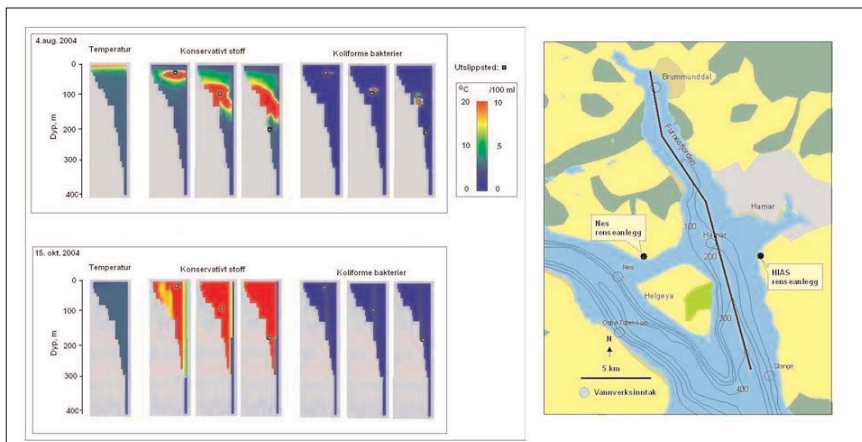
I de senere år er det gjort store fremskritt innen utviklingen av matematiske strøm- og vannkvalitetsmodeller. Bedre datamaskiner har gjort det mulig å gjøre 3-dimensjonale simuleringer av stadig flere fenomener som har med vannkvalitet å gjøre. Ikke minst er formidlingen av resultatene blitt forbedret ved moderne grafisk fremstilling og animasjoner på PC. Vi tror at det foreligger et stort ubenyttet potensial for bruk av slike modelleringer for driftsansvarlige for kommunale vannverk. Det kan være påvirkning av tarmbakterier, mulig sykdomsfremkallende virus og parasitter, miljøgifter, partikler mm.

Vi skal her vise noen eksempler på bruk av matematiske modeller i Mjøsa som ble utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i samarbeid med ansvarlige i kommunene Ringsaker, Gjøvik og Østre Toten.

Brudd på potensiell kloakkledning i Furnesfjorden

Da Ringsaker kommune skulle rehabilitere Nes avløpsrenseanlegg ble det vurdert et alternativ der rensenanlegget ble erstattet av et kloakkoverføringsanlegg med sjøledning til det interkommunale rensenanlegget HIAS. Foruten de tekniske og økonomiske vurderingene var det avgjørende å finne ut hvilke miljø- og forurensningsmessige konsekvenser et ukontrollert utslipp av urensset kloakk fra sjøledningen kunne medføre. Hvilke beredskapsrutiner kunne man etablere, hvordan skulle man reparere brudd på store dyp.

Flere av de større vannverkene har Mjøsa som råvannskilde (Hamar, Stange, Gjøvik, Nes, Moelv m.fl.). Ville et utslipp fra sjøledningen påvirke vannverkene? Kommunen var derfor avhengig av å skaffe seg kunnskap om strømnings- og spredningsforholdene for Mjøsa. NIVA fikk derfor i oppdrag av kommunen å utarbeide en rapport med en sårbarhetsanalyse ved bruk av strøm- og spredningssimulering med lekkasjer på aktuelle dyp og lokaliteter for sjøledningsalternativet. I tillegg ble det utarbeidet en risikoanalyse for sjøledningen og en konsekvensanalyse ved en lekkasje. Kommunen rådførte seg deretter med Mattilsynet, Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen og de lokale helsemyndighetene. På bakgrunn av disse myndigheters vurderinger kunne man konkludere med at et sjøledningsbrudd medførte en kombinasjon av risiko og konsekvens som utelukket sjøledningsalternativet.



Figur 1. Temperatur og spredning av konservative stoffer og tarmbakterier som følge av lekkasjer i ulike dyp.

Figur 1 viser eksempler på temperatur og spredning av konservative (bestandige) stoffer og tarmbakterier (*E. coli*) som følge av lekkasjer i ulike dyp i lengdesnitt utover Furnesfjorden fra Brummundal (til venstre) til møtet med Mjøsas hovedbasseng (profilen er merket på oversiktskartet).

Fjerde august var det utviklet et solid sprangsjikt, dvs. varmere og lettere overflatevann. Dette førte til stabile vannmasser som hindret lekkasjene i å nå overflaten. Tarmbakteriene, med en dødsrate tilsvarende en halvering på ca. en dag, ble spredt over et betydelig mindre område enn konservative stoffer.

Femtende oktober var vanntemperaturen nær 4 °C i hele fjorden. Ustabile vannmasser førte til full sirkulasjon i vannmassene. Lekkasjene ble blandet noenlunde jevnt i hele profilen uansett lekkasjedyp. Stor

fortynning førte til lave konsentrasjoner av tarmbakterier.

Risiko og sårbarhetsanalyse av drikkevannsinntak til Gjøvik og Østre Toten kommune

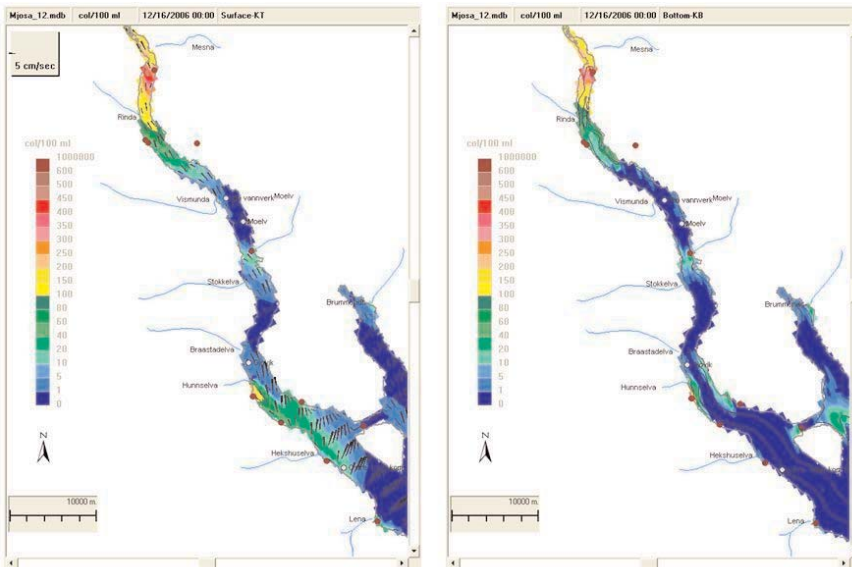
Ringsaker kommune vurderte at NIVAs kompetanse og modelleringsverktøy for slike undersøkelser ville ha en bredere interesse og inviterte Gjøvik kommune, Østre Toten kommune, VAR-selskapet HIAS og Vassdragsforbundet for Mjøsa til et felles presentasjonsmøte med NIVA. Kommunene Gjøvik og Østre Toten fulgte opp med sårbarhetsanalyser av sine drikkevannsinntak i Mjøsa.

Gjøvik- og Østre Toten kommune utførte en risiko og sårbarhetsanalyse for vannverksinntakene deres. Målet var å vurdere i hvilken grad ulike forurensende utslipp, med vekt på

tarmbakterier, påvirket drikkevannet til følgende kommunale vannverk som har inntak i Mjøsa: Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten. Dette ble gjort ved bruk den matematiske strøm- og spredningsmodellen GEMSS. Tilførsler fra alle elver og renseanlegg til Mjøsa ble i modellen transportert rundt omkring i Mjøsa som følge av vannføring, temperatur og vindforhold som i 2006. For hvert vanninntak kunne man finne den samlede påvirkning så vel som påvirkningen fra hver enkelt tilførselskilde. Den mest ugunstige årstiden med hensyn til forurensning av vannverksinntakene var høsten/

vinteren med vertikalt ustabile og sirkulerende vannmasser. Resultatene som er vist i figurene nedenfor er alle fra denne ugunstige perioden.

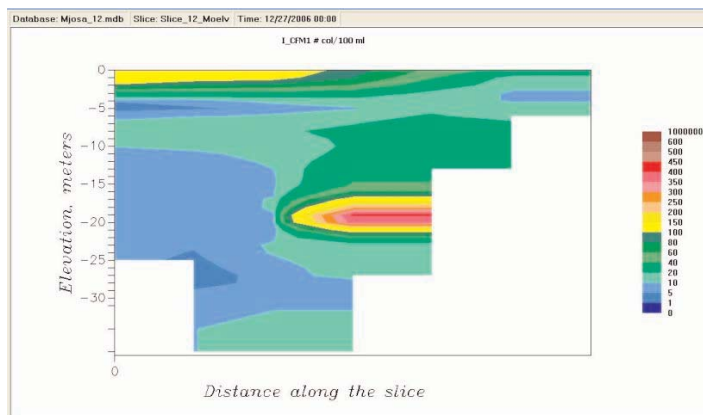
Figur 2 viser simulerte konsentrasjoner av bakterier (*E. coli*) 16. desember 2006. Vanninntak og utslipp fra renseanlegg er merket med henholdsvis hvite og brune punkter. Bakterier fra elver og renseanlegg ble betydelig redusert etter noen kilometers transport i overflaten pga. fortyning og død. Venstre figur viser overflatekonsentrasjoner og høyre figur viser konsentrasjoner langs bunnen hvor vanninntakene var plassert.



Figur 2. Simulerte konsentrasjoner av bakterier (*E. coli*) 16. desember 2006. Vanninntak og utslipp fra renseanlegg er merket med henholdsvis hvite og brune punkter.

Figur 3 viser hvordan bakterier fra Moelv renseanlegg blir innlagret på dypt vann med mulighet for å påvirke

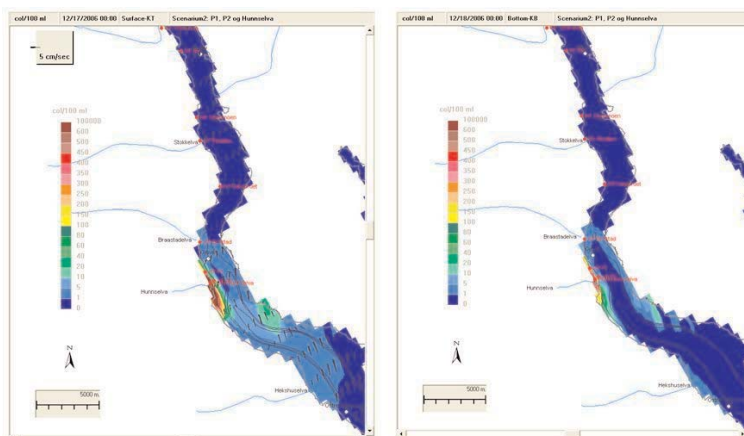
vannverksinntaket på bunnen. Overflaten var påvirket av bakterier fra kilder nordenfor.



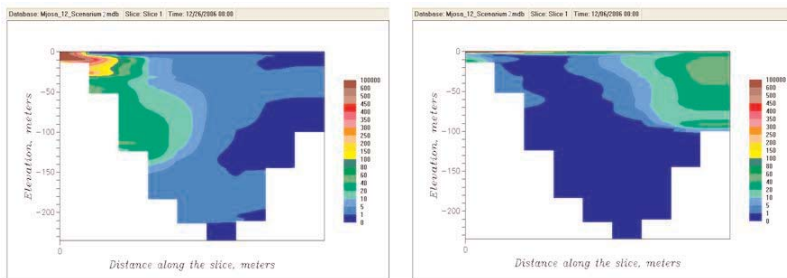
Figur 3. Innlagring av bakterier fra Moelven renseanlegg. Fargeskalaen viser konsentrasjon av bakterier (E.coli) målt som col/100ml.

Det ble laget scenarier ved brudd på kloakkledningene som førte til lekkasjer på ulike steder. Figur 4 viser eksempel på ledningsbrudd som førte til utslipp ved Gjøvik.

Konsentrasjoner i overflaten og langs bunnen er vist i henholdsvis venstre og høyre figur. I følge simuleringene var det kun vanninntaket til Gjøvik vannverk som kunne forventes å bli påvirket, og da i liten grad.



Figur 4. Eksempel på ledningsbrudd som førte til utslipp ved Gjøvik. Konsentrasjoner i overflaten og langs bunnen er vist henholdsvis til venstre og høyre figuren.



Figur 5. Verste fall situasjon: Vinden fører til strøm mot land ved utslippspunktet ved Gjøvik. Bakteriene blir ført langs bunnen mot som vist til venstre. Ved overflatestrøm i motsatt retning blir bakteriene ført utover og trengte nedover på motsatt side av innsjøen som vist til høyre. Fargeskalaen viser konsentrasjoner målt som col/100ml.

En i verste fall situasjon var at vinden førte til strøm mot land ved utslippspunktet ved Gjøvik. Bakteriene ble da ført langs bunnen mot dypt vann med mulighet for påvirkning av vanninntaket som vist til venstre i figur 5. Ved overflatestrøm i motsatt retning ble bakteriene ført utover og trengte nedover på motsatt side av innsjøen som vist til høyre i figur 5.

Matematiske modeller kan være nyttige ved ROS studier

Bruk av matematiske modeller for strøm og vannkvalitet kan være et nyttig verktøy for kommunale myndigheter med ansvar for planlegging og drift av vannverk og renseanlegg. Modellene kan gi informasjon om optimal plassering av nye vannverksinntak eller utslipp fra renseanlegg. Man kan utføre scenarier for hvor sårbar vanninntakene er for forurensende uhell. Det kan være brudd på kloakkledning, forurensende lekkasjer som følge av uhell med

tankbiler, tog eller fly m.m. I hvilken grad er det nødvendig med restriksjoner i nedbørfeltet? Er hyttebygging, bading eller bruk av fritidsbåter, veibygging, dyrehold m.m. betenkelig. Ved et uhell, hvor store konsentrasjoner kan være aktuelle og hvor lang reaksjonstid har man. Hvilke tiltak vil være mest effektive? Et fremtidig varmere klima vil føre til varmere vann, kortere periode med islegging og lengre perioder med sirkulasjon i vannmassene. Vil dette øke sårbarheten for vannverkene? Hvordan er spredningen av sykdomsfremkallende mikroorganismer som kan overleve lenge i vann (for eksempel noen virus og parasitter), sammenlignet med *E. coli*? Kanskje er erosjon, transport og sedimentasjon av partikler interessant, eventuelt påvirkning av oksygen forhold og alger. Matematiske modeller kan være til hjelp for å gi svar på slike spørsmål.

I tillegg er modellene et utmerket pedagogisk redskap. Man kan lage figurer for karakteristiske situasjoner eller videoer som fortløpende viser hvordan forurensningene spres som følge av skiftende vind og temperaturforhold i løpet av året. Dette gir en utmerket anledning til å forstå helheten, få oversikt over hvordan de ulike prosessene påvirker hverandre, skille mellom viktige og mindre viktige fenomen. Man skaffer seg erfaring uten å bli ”våt på benene”.

Matematiske modeller er en forenklet etterligning av naturen, og kvaliteten på resultatene fra modellene er avhengig av kvaliteten på parametrene som brukes som input. Det vil fortsatt så absolutt være nødvendig med undersøkelser i felt og bruk av faglig skjønn. Simuleringer vil imidlertid være et nyttig supplerende verktøy for beslutningstakere, spesielt i forbindelse med vurdering av risiko og sårbarhet.

Referanser

Tjomsland, T. og Tryland, I 2007. Valg av trasé for avløpsledning over Furnesfjorden i Mjøsa. Sårbarhetsanalyse ved bruk av strøm- og spredningsmodeller. 67 s, løpenr. 5466-2007, Norsk institutt for vannforskning, Oslo

Tjomsland, T. og Tryland, I 2008 Sårbarhetsanalyse av vanninntakene til de kommunale vannverkene i Mjøsa: Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten. Simulering av bakteriologiske forhold ved bruk av strøm- og spredningsmodeller, 58 s, løpenr. 5610-2008, Norsk institutt for vannforskning, Oslo

Hjemmesiden til ERM som har utviklet modellen GEMSS:
<http://www.erm-smg.com/>