

Er drikkevannet i Norge godt nok?

Sammendrag fra foredrag holdt på symposium arrangert av Det Norske Videnskaps-Akademis Komité for geomedisin – mat, miljø, helse 14. oktober 2020.

Aksel Bernhoft (red.), leder av Komitéen og seniorforsker ved Veterinærinstituttet

Innledning

Norge har god tilgang på drikkevann. Likevel skiller vannforsyningen i landet vårt seg fra andre europeiske land fordi størstedelen av drikkevannet kommer fra overflatevann. Dette gir drikkevann med lav pH og lave konsentrasjoner av metaller som kalsium og magnesium. Men stedegen geologi rundt drikkevannskilden kan gi høye verdier av tungmetaller. Drikkevannet kan også inneholde et mangfold av organiske giftstoffer. Lekkasjer i ledningsnettene kan skape problemer med innsug av mikroorganismer. Gir disse forholdene grunn til bekymring for helsen vår?

Hva er et helsemessig ideelt drikkevann?

av Camilla Svendsen, forsker, Folkehelseinstituttet

Drikkevannet vårt inneholder en rekke kjemiske, fysiske og biologiske komponenter. Eksempler på kjemiske stoffer som kan finnes i drikkevann er ulike metaller, plantevernmidler, radioaktive stoffer, industrikjemikalier og desinfeksjonsbiprodukter. Fysiske komponenter er ulike partikler, som for eksempel humus, mikroplast og asbest. Stoffene kan være naturlig forekommende, stamme fra forurensning fra industri og bebyggelse, stamme fra vannbehandling eller materialer i kontakt med drikkevann. Mange av disse stoffene er uønskede i drikkevann og vil kunne være helseskadelige dersom de forekommer i høye nok nivåer.

Av biologiske komponenter så vil urensset vann i ulik grad inneholde virus, bakterier, alger, protozoer, sopp. Kilder til forurensning av patogener

mikroorganismer er hovedsakelig fekal forurensning fra mennesker og dyr. Vannbehandlingen vil stort sett fjerne mikroorganismene, men patogene mikroorganismer kan forekomme i drikkevannet i tilfeller der vannbehandlingen er mangelfull, svikter eller det skjer en forurensning av drikkevannet på distribusjonsnettet.

I tillegg til uønskede stoffer, så inneholder drikkevannet mineraler og sporstoffer som er viktige for kroppen. I en rapport fra Verdens helseorganisasjon om næringsstoffer i vann (WHO, 2005), ble det konkludert med at næringsstoffene som finnes i vann oftest ikke finnes i høye nok konsentrasjoner for å gi et vesentlig bidrag til det totale inntaket. Unntak er mineraler som magnesium og kalsium i drikkevann, som enkelte steder kan utgjøre opp til 20 % av det totale inntaket. Epidemiologiske undersøkelser fra flere land har vist en invers sammenheng mellom vannets hardhetsgrad og dødeligheten av hjerte-karsykdommer, der særlig magnesium har vist en beskyttende effekt. I enkelte områder i verden inneholder også drikkevannet vesentlige konsentrasjoner av selen, jod, sink og fluor. I Norge er det generelt lave verdier av mineraler og sporstoffer i drikkevann, og de bidrar derfor i liten grad til det totale inntaket.

Et helsemessig ideelt drikkevann er fritt for patogene mikroorganismer, inneholder ikke helseskadelige nivåer av kjemiske eller fysiske stoffer og inneholder passe mengder av gunstige stoffer. Avhengig av blant annet genetikk, helsetilstand, alder, eksponering via andre kilder, som via mat, kan et drikkevann være helsemessig ideelt for en person, mens det for en annen person hadde vært mer ideelt med en noe annen sammensetning/nivåer av stoffer.

Referanse:

World Health Organization, 2005. Nutrients in Drinking Water. WHO, Geneva.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/nutrientsindw.pdf.

Drikkevannskilder – og hvordan behandles og distribueres drikkevann i Norge?

av Ingun Tryland, rådgiver, Norsk vann

Norge er et langstrakt land med svært mange vannforsyningssystemer og enkeltvannforsyninger (forsyner eget hushold). Drikkevannsforskriften pålegger vannverkseierne å registrere vannforsyningssystemene (de som

leverer drikkevann til to eller flere abonnenter) hos Mattilsynet. Pr oktober 2019 var det registrert over 7400 vannforsyningssystemer. 88 % av befolkningen får drikkevann fra vannforsyningssystemer (totalt 1421) som forsyner minst 50 personer. Eiere av disse må årlig rapportere en rekke data til Mattilsynet, og Folkehelseinstituttet samler disse dataene i Vannverksregisteret. Rapport fra Vannverksregisteret (FHI, 2015) viser at blant vannverkene som forsynte minst 50 personer i 2011, så oppgav 57 % at de benytter overflatevann som drikkevannskilde og 42 % benytter grunnvann. Vannverkene som benytter grunnvann er for det meste små, og forsyner kun 10 % av befolkningen, mens «overflatevannverkene» forsyner 90 % av befolkningen. Over 80 % av de som forsynes med grunnvann, får vannet fra løsmassebrønner, som gjerne er godt beskyttet mot forurensning.

Et viktig prinsipp i norsk vannforsyning er å velge råvannskilder som er godt beskyttet mot forurensning og som har tilstrekkelig kapasitet. Eksisterende og planlagte drikkevannskilder skal beskyttes mot forurensning. Dette gir bedre sikkerhet enn å måtte fjerne eller uskadeliggjøre forurensningen når vannet behandles.

Vannbehandlingen skal tilpasses råvannets kvalitet, kildebeskyttelse og mulige forurensningskilder. Norsk overflatevann er fra naturens side ofte surt og kalkfattig og derved korrosivt mot de fleste ledningsmaterialer. Mange vannverk har derfor inkludert korrosjonskontroll (pH-justering, alkalisering, karbonatisering eller vannglassdosering) i vannbehandlingen for å bedre vannets bruksmessige egenskaper og forlenge ledningsnettets levetid. En annen hovedutfordring med overflatevann er innhold av naturlig organisk materiale (NOM)/humus. De siste tiårene har det vært en betydelig økning i NOM/farge i mange norske overflatevannkilder, og mange flere vannverk har måtte innføre rensetrinn for dette. Koaguleringsfiltrering er utbredt, men noen har også valgt membranfiltrering eller ozonering-biofiltrering. Anlegg for partikkelfjerning som driftes og overvåkes godt, bidrar til hygienisk sikkerhet i vannforsyningen. Partikkel-fjerningstrinnet fjerner i seg selv mikroorganismer, og vann med lite partikler og lav farge er godt egnet for sluttdesinfeksjon med UV og klor. De fleste vannforsyningssystemer benytter nå UV-bestråling som desinfeksjonsprosess. Noen benytter både UV og klor, og noen både ozon og UV. I Norsk Vanns benchmarkingsystem bedreVANN oppgir 76 av 77 kommuner at vannproduksjonsanleggene har tilstrekkelige hygieniske barrierer. Bare et mindretall av norske vannverk har i dag rensetrinn for å fjerne kjemisk forurensning.

Drikkevannet transporteres fra kilden til forbrukeren gjennom et system som omfatter inntaksanordning i vannkilden, overføringsledninger eller

tunneler fra kilde via vannbehandlingsanlegg til fordelingsnett og stikkledninger i forbruksområdet. Pumpestasjoner, trykkreduksjonsinnretninger, høydebasseng, kummer og ventiler, er også sentrale komponenter i dette systemet. Utfordringene ligger i å utforme, drive og vedlikeholde systemet slik at vannforsyningen opprettholdes og at vannkvaliteten ikke forringes under transporten. Norsk Vann har gitt ut en rekke rapporter som skal bidra til å hjelpe kommunene med dette, inkludert å få ned lekkasjeprosenten og øke fornyelsestakten.

Helsemessige utfordringer ved det norske distribusjonsnettet for drikkevann

av Marianne Steinberg, seniorrådgiver, Folkehelseinstituttet

Gjennom et omfattende distribusjonsnett transporteres og leveres trygt drikkevann til innbyggere i Norge. Selv om vi har trygt og godt drikkevann, er det utfordringer på distribusjonsnettet som vi må håndtere dersom vi skal sikre et helsemessig trygt drikkevann også i fremtiden.

Smittestoffer kan ved uheldige omstendigheter tilføres i distribusjonsnettet. Årsakene til forurensing er varierte og avhengig av distribusjonsnettets komponenter, utforming og tilstand. Høydebasseng er en viktig komponent i distribusjonsnettet, men disse kan være sårbare for forurensing, for eksempel gjennom innlekking av fekal forurensing fra fugler eller dyr. Stagnerende vann kan også gi grobunn for mikroorganismer.

En utfordring i det norske distribusjonsnettet er det høye lekkasjenivået. Innsug av forurensinger (avløpsvann eller grøftvann) på ledningsnettet kan skje som følge av undertrykk i vannledningen kombinert med utette avløpsledninger og vannledninger, eller ved ledningsbrudd. Lekkasjeandelen er i Norge i gjennomsnitt rundt 30 prosent, men varierer fra 20 til over 50 prosent ved enkelte vannverk. Dette medfører økt fare for forurensning ved trykkløst nett. Det høye lekkasjenivået på ledningsnettet skyldes vedlikeholdsetterslep. Behovet for fornyelse av ledningsnettet er stort og svært kostbart. Med mer kunnskap om ledningsnettet og utvikling av nye metoder for inspeksjon og vurdering av tilstand på vannledninger vil man mer effektivt kunne erstatte de ledningene som har dårligst tilstand, og dermed redusere helserisiko.

Men for å håndtere de helsemessige utfordringene med distribusjonsnettet, må vi ikke bare se på vedlikeholdsetterslepet. Vi må også imøte-

komme utfordringer knyttet til befolkningsvekst og klimaendring. Ekstreme nedbørshendelser som følge av klimaendringer kan føre til at avløpsvann kommer på avveie og forårsake brudd og innsug av forurensninger på drikkevannsledninger. Dette kan øke forekomsten av vannbårne infeksjoner.

Dersom det oppstår situasjoner hvor drikkevannet forurenses, er det viktig å ha rutiner for å hindre, eventuelt redusere, omfanget av smittespredning. Det meste effektive tiltaket ved mistanke om smitteutbrudd som skyldes drikkevann, er å gi innbyggerne råd om å koke vannet.

Hvor ofte blir vi syke av mikroorganismer i drikkevannet i Norge?

av Vidar Lund, seniorforsker, Folkehelseinstituttet

Det enkle svaret er at vi ikke med sikkerhet vet hvor mange som blir syke av drikkevannet, verken i vårt land eller internasjonalt, på tross av at det har vært gjort mye forskning på området. Men vi vet at norsk drikkevannskvalitet levert fra store og mellomstore vannverk har blitt kraftig forbedret de siste årene. Spesielt har vannbehandlingen blitt utvidet, og pr i dag mottar ca. 85 % av befolkningen UV-desinfisert drikkevann, som er en hygienisk barriere mot bakterier, parasitter og de aller fleste virus. På tross av denne utviklingen forekommer det fortsatt smitte via drikkevannet, hvorav 28 vannbårne utbrudd ble rapportert i perioden 2003–2012, med minimum ett utbrudd pr år, med unntak av 2010. De fleste utbruddene var små, ofte i private vannforsyninger, men dersom noe går galt ved store vannverk, blir konsekvensene omfattende (jfr. Giardia-utbruddet i Bergen i 2004 med over 5000 smittede, Campylobacter-utbruddene i Røros i 2007 med ca. 1500 syke og i Askøy i 2019 med minst 2000 syke). Hovedårsaken til de registrerte utbruddene av vannbåren smitte, er forurensning av vannkilden kombinert med utilfredsstillende/manglende desinfeksjon. De store vannbårne utbruddene har vi god statistikk på, og disse meldes inn via Vesuv (vår utbruddsdatabase), mens de små og sporadiske sykdomstilfellene går ofte «under radaren». Meldesystemet for infeksjonssykdommer (MSIS) omfatter stort sett de viktigste bakterie- og parasittsykdommene, men få virussykdommer som smitter via vann, og kun i enkelte tilfeller er sannsynlig smittevei beskrevet. På grunn av at det kun er de som konsulterer lege og som det blir tatt avføringsprøve av med positivt resultat, som blir meldt til MSIS, vil det som meldes inn, kun være «toppen av isfjellet» (ca. 6000 syketilfeller pr år meldt MSIS utav antatt 4–5 millioner tilfeller av akutte mage-tarminfeksjoner).

I tillegg til den informasjonen som fremkommer via offisiell statistikk og utbruddsetterforskning, er det utført flere studier for å få fram sikrere tall for det reelle antall som blir syke av vannbåren smitte. I en retrospektiv kohortundersøkelse støttet av NORVAR (nå Norsk Vann), i perioden 2003-2004, studerte man sammenhengen mellom arbeid på ledningsnettet og mage-/tarminfeksjoner. Ved å intervjuet et utvalg av eksponerte (som mottok vann via de rørene som ble reparert) og ikke-eksponerte personer (som bodde utenfor det berørte området), ble det konkludert at dersom 20 % av den norske befolkningen ble utsatt for en episode med trykkløst vannledningsnett (pga. brudd/arbeid), med en absolutt risikoforskjell mellom eksponerte og ikke-eksponerte på 3,6 %, ville det medført omtrent 33 000 sykdomstilfeller. Det foreligger imidlertid ingen god statistikk over hvor hyppig slike trykkløse episoder forekommer, og hvor det samtidig forekommer innsug av forurenset vann. I en svensk studie gjennomført i 2012–2013, utført i Ale kommune, basert på selvrapportert mage-tarm sykdom, ble det konkludert med at de som rapporterte at de drakk mest vann, hadde størst sannsynlighet for å få alvorlig mage-tarm infeksjon. Dersom tallene for Ale-studien ble lagt til grunn for hele Sverige, tilsvarte det 175 000 sykdomstilfeller av mage-tarminfeksjon pr år som sannsynligvis skyldtes drikkevannet, eller 6 % av totalt antall mage-tarminfeksjoner. De fant en årlig insidens på 0,024, noe som tilsvarer at en svenske i gjennomsnitt skulle bli syk av drikkevannet en gang hvert 40. år!

Læringspunkter vi kan ta med oss, er at større vannbårne sykdomsutbrudd forekommer sjelden og kommer uventet og at det er vanskelig å skaffe gode data for sporadisk vannbåren sykdom. Totalt sett antas risikoen for å bli syk av drikkevannet i Norge som svært lav, men vi trenger bedre epidemiologiske data for å bekrefte dette.

Cyanobakterier og deres giftstoffer på frammarsj?

av Ingunn Samdal, seniorforsker, Veterinærinstituttet

Cyanobakterier, også kalt blågrønnalger regnes å være de eldste organismene på jorda. De bidro til å skape jordas oksygenatmosfære, og er et av de største reservoarene vi har for karbon. De finnes over hele jorda, i isen på Antarktis, i Sahara, i varme kilder, i jordskorpa og i innsjøer og elver rundt omkring over hele verden. Cyanobakterier kan forekomme i kraftige oppblomstringer, særlig i næringsrike innsjøer. Norge bruker tradisjonelt mye overflatevann

til drikkevann. Oppblomstringer av cyanobakterier i drikkevannskilder medfører utfordringer for forvaltning av slike vannkilder.

Cyanobakterier kan produsere en rekke såkalte metabolitter, som bioaktive peptider og alkaloider, hvorav flere ulike giftstoffer (cyanotoksiner), men også organiske forbindelser som kan forårsake dårlig lukt og smak (geosmin). Giftstoffene fra cyanobakterier kan påvirke nervesystemet og leveren hos dyr og mennesker, og kan i verste tilfelle føre til død.

Blant cyanotoksinene finner vi sykliske peptider som microcystiner og nodulariner, og alkaloider som saxitoksiner, anatoxiner, cylindrospermopsiner, aplysiatoksiner og lyngbyatoksiner. I tillegg har aminosyren *beta*-methylamino-L-alanine (BMAA) de senere år fått stort fokus pga. mistanke om en sammenheng med Alzheimer, Parkinson og ALS til tross for at bevisene er svært omdiskuterte. WHO har satt «provisoriske» grenseverdier for enkelte av stoffene, og en ny håndbok med flere grenseverdier ventes i 2020/21.

Oppblomstringer av cyanobakterier i Norge er ikke et nytt fenomen. På 50–60–70–80-tallet opplevde flere norske innsjøer store oppblomstringer av cyanobakterier. Viktige årsaker til det var stor næringstilgang fra kloakk, utslipp fra industri og avrenning fra jordbruk som havnet urensset i elver og innsjøer. Disse oppblomstringene førte til redusert vannkvalitet og risiko for tilstedeværelse av cyanotoksiner.

På 60–70–80-tallet fikk man stort sett på plass rensing av kloakk og begrenset utslipp fra industri, samt at det ble innført en rekke tiltak i landbruket som utsettelse av pløying til våren. Disse grepene har bidratt til å begrense næringstilgangen i vassdrag og innsjøer. Og med begrenset næringstilgang ble de store oppblomstringene noe sjeldnere. Enkelte norske innsjøer har likevel fortsatt jevnlig/årlige oppblomstringer, andre mer sporadiske som oppblomstringen i Mjøsa i 2019.

Det er vanskelig å forutsi hva som vil skje fremover, men det forventes at klimaendringer vil gi mer nedbør, som igjen kan føre til flommer og økt avrenning, som igjen vil gi økt tilførsel av næringssalter til drikkevannskilder. Samtidig er det antatt at klimaendringer medfører høyere temperaturer, som vil øke sannsynligheten for slike oppblomstringer, fordi veksthastigheten øker med vanntemperaturen og fordi periodene med varme forlenges. Sentralisering av bebyggelse i byer gjør også at flere mennesker blir avhengig av få vannkilder og det gjør samfunn mer sårbare for slike oppblomstringer.

Oppgjennom årene har mange undersøkelser av norske vannkilder blitt foretatt, prøver har blitt tatt og analysert, og basert på dette har en rekke

rapporter blitt skrevet. Likevel mangler en samlet kunnskapsoppsummering på cyanobakterier og cyanotoksiner i norsk sammenheng og særlig mangler en oversikt over disse i drikkevann. I starten av 2020 bestilte Mattilsynet en slik kunnskapsoppsummering om cyanobakterier og cyanotoksiner i drikkevann fra Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM). Mattilsynet ba samtidig om en veileder med retningslinjer for praktisk håndtering ved slike oppblomstringer i norske drikkevannskilder i fremtiden. Denne vurderingen forventes ferdigstilt våren 2021.

Biologiske analyser for å oppdage helsøfarlige kemiske stoffer i vann

av Agneta Oskarsson, professor emerita, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige

Kemiske forureninger i miljøen er et økende problem og stiller store krav på reining særskilt då ytvannet anvendes som källa för dricksvannet. Hølsøfarlige kemiske stoffer i dricksvannet kan vara syntetiske og naturligt förekommande stoffer från råvattnet, liksom toksiske desinfektionsbiprodukter, som kan bildas vid klorering i vannreiningen. En viktig fråga er vilke stoffer av alle tiotusentals förekommande, som ska overvakes i dricksvannet. I dricksvannetkontrollen mætes stoffer som har grænsværdene, vilket er metaller, bekæmpningsmedel og en handfull organiske forureninger, men för det store flertallet organiske stoffer som kan forurenne vannet, finns mycket lite kunnskap om förekomst og potensielle skadelige effekter.

För å komme tillrætta med problemet har på senere tid utvecklats effekt-baserede metoder, där man istället för halter, mæter biologiske effekter i odlade (ofta humana) celler av hele den komplekse blandingen av stoffer i koncentrerade vannprøver, den så kallade cocktail-effekten. De biologiske analysene mæter ulike nivåer av cell-påverkan, till eksempel effekter på hormonreceptorer, metaboliserende aktivitet, oxidativ stress, genotoksisk aktivitet og cytotoxicitet. Bioanalyser ger ett mætt på den totale effekten av alle ingående stoffer, inklusive ukjente kemiske stoffer. Det har visats att så mycket som 95–99 % av visse toksiske effekter kommer från ukjente stoffer, som inte identifiserats i de kemiske analysene.

Vi har anvænt effekt-baserede metoder för å kartlægge biologiske/toksiske aktiviteter i råvannet, efter ulike reiningsteg og i utgående vann

från dricksvattenverk. Resultaten har bland annat visat flera biologiska effekter i ingående vatten (metaboliserande och östrogen aktivitet och oxidativ stress). I vissa fall, men inte alltid, minskade de biologiska effekterna efter granulerat aktivt kol (GAK), efter nanofiltrering och ute i distributionsnätet. Vi har även upptäckt en ökad biologisk aktivitet (oxidativ stress och antiandrogen aktivitet) efter artificiell infiltration, som inte påvisades i råvattnet.

EU:s dricksvattendirektiv från 1998 har reviderats och kommer att antas i oktober 2020. En nyhet är införandet av en riskbaserad strategi för att identifiera lokala riskfaktorer och hälsofarliga föroreningar. Metoden ska tillämpas i tre steg: på råvattnet, på distributions- och beredningsanläggningar och på fastighetsinstallationer. De effektbaserade analysmetoderna har lyfts fram i forskningsrapporter som värdefulla verktyg för den riskbaserade strategin.

Sammanfattningsvis: De biologiska analyserna ger viktig information om förekomst av hälsofarliga kemikalier i dricksvatten, liksom effekten av olika reningstekniker, och är värdefulla verktyg för övervakning av dricksvattenkvalitet.

Fluorerte og andre persistente, mobile og toksiske miljøgifter i drikkevannet

av Hans Peter Arp, professor, Norges geotekniske institutt og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Drikkevannet til mine svigerforeldre er forurenset av miljøgifter. Dette vet jeg fordi jeg har tatt prøver av deres springvann til en internasjonal drikkevannsundersøkelse for PFAS-forbindelser (per- og polyfluorerte alkylstoffer). Undersøkelsen viste at drikkevannet til mine svigerforeldre ikke var unikt. Drikkevannet til hele Oslos befolkning inneholder PFAS-forbindelser, og det gjør også drikkevannet fra alle de andre byene som var inkludert i studien, fra Paris til Burkino Faso, Tokyo, Santiago de Chile og Chicago.

Drikkevannskilden til Oslo, Maridalsvannet, er en uberørt innsjø, uten omkringliggende industri. Likevel er den forurenset av PFAS. Drikkevannet til mine svigerforeldre er imidlertid trygt å drikke, selv sammenliknet med den nye og strenge tålegrensen på 4,4 nanogram PFAS (sum PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS) pr kg kroppsvekt pr uke, som er fastsatt av den europeiske myndigheten for mattrygghet (European Food Safety Authority, EFSA). Til

tross for at en 70 kg innbygger fra Oslo må drikke 54 L springvann pr dag for å nå denne grensen, har forhøyede PFAS-nivåer andre steder i verden ført til at mange drikkevannskilder er ubrukelige. Eksempelvis finnes det flere områder i USA hvor konsentrasjonen i drikkevann overskrider den nye grenseverdien på 70 ng/L (for PFOS og PFOA), som er fastsatt av USAs miljøvernbyrå (United States Environmental Protection Agency, USEPA).

PFAS-forbindelser er ofte omtalt som “evigvarende kjemikalier” fordi at de vedvarer i miljøet, enten i sin opprinnelige form eller som stabile omdannelsesprodukter. Dersom utslippene av PFAS til miljøet ikke opphører, fryktes det at det vil være en kontinuerlig akkumulering av PFAS i den globale drikkevannsforsyningen. Videre analyserer vi i dag kun for et fåtall av de mer enn 5000 forskjellige PFAS-forbindelsene som er registrert av industrien. Det er dermed en stor risiko for at drikkevannet vårt inneholder en rekke, til nå, uoppdagede PFAS-forbindelser. Selv om dagens produksjon og bruk av PFAS hadde opphørt i morgen, ville det fremdeles vært en rekke kilder som vil fortsette å slippe ut PFAS til miljøet i opptil århundrer dersom det ikke gjøres noe.

Norske og europeiske myndigheter arbeider i dag mot dristige nye tiltak for å få bukt med PFAS-problematikken, inkludert et forslag om å forby bruken av alle PFAS-forbindelser innen år 2030. Et annet initiativ som nå diskuteres som en del av EUs «Green Deal», er å inkludere persistente, mobile og toksiske (PMT) stoffer som en del av EUs kjemikalierregelverk REACH (Regulering (EC) No 1907/2006). PFAS er bare en av mange underklasser av PMT-stoffer som ofte er funnet i drikkevann. Andre inkluderer klorerte løsemidler, triaziner (eksempelvis atrazin), og galvaniseringsmidler fra bildekk.

Jeg har nylig hjulpet tyske myndigheter med å definere hvilke kriterier som bør gjelde for PMT-forbindelser. Disse kriteriene diskuteres nå i EU for inklusjon i kjemikalierregelverket REACH og i FNs globale harmoniserte system i løpet av de nærmeste årene. PMT-initiativet for å beskytte verdens drikkevannskilder i fremtiden, har fått bred støtte av europeiske myndigheter, drikkevannsprodusenter (som EurEau) og organisasjoner for kjemikalietrygghet (som ChemSec), samt i land som Kina.

Plantevernmidler i drikkevann i jordbruksområder

av Ole Martin Eklo, professor II, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet og Roger Roseth, seniorforsker, Norsk institutt for bioøkonomi

I Norge er det ikke noe systematisk overvåking av plantevernmidler i drikkevann som distribueres til forbrukere. Ifølge vannforskriften er det bare nødvendig å analysere for plantevernmidler som med en viss sannsynlighet kan være til stede i det aktuelle vannforsyningssystemet. I Norge kommer kun 10 % av drikkevannet fra grunnvannskilder. Særlig i Europa benyttes grunnvann i mye større omfang enn i Norge. Drikkevannsforskriftens grenseverdi for plantevernmidler er – enkeltvis 0,10 µg/L, og for summen av plantevernmidler 0,50 µg/L.

Undersøkelse av plantevernmidler i drikkevann startet i 1987 av Statens plantevern og har siden hatt sporadiske prosjekter/undersøkelser av drikkevann fra grunnvanns- og overflatevannkilder. I perioden 1997–2000 ble det tatt prøver fra 50 grunnvanns- og 38 overflatevannkilder – et samarbeid mellom Folkehelseinstituttet og Bioforsk. Av plantevernmidler som ble påvist i disse undersøkelsene, var bentazon, MCPA, diklorprop, mekoprop, atrazin, tiabendazol og glyfosat. To prøver av overflatevann var over grenseverdien, mens *en* grunnvannsprøve var over grenseverdien. Folkehelseinstituttet samlet inn analysedata fra 40 vannverk i perioden 2011–2013. To midler ble påvist bentazon og fludioksinil og ingen hadde overskridelse.

Det har vært mer omfattende undersøkelser fra grunnvann som brukes lokalt til drikkevann/vanningsvann. I periodene 1999–2000 og 2015–2016 ble drikkevannet prøvetatt hos ti husstander i Grue. Prosjektene var et samarbeid mellom Grue kommune, bønder i området og Planteforsk, senere NIBIO. Midler som ble påvist var BAM, bentazon, metribuzin, metalaksyl, MCPA, 2,4-D, propaklor, ETU og nedbrytningsprodukter av lavdosemidler med flere funn over grensen for drikkevann. I regi av NIBIO ble det i løpet 2007–2009 analysert 186 grunnvannsprøver fra 30 brønner i Sør-Norge. Det ble påvist plantevernmidler i 47 % av prøvene. I 8 % av prøvene var det overskridelse av grenseverdien for drikkevann. Til sammen ble det påvist 21 ulike plantevernmidler og metabolitter. Undersøkelsene ble videreført i perioden 2010–2012 hvor ble det analysert 199 grunnvannsprøver fra 28 brønner. Det ble påvist plantevernmidler i 45 % av prøvene. 12 % oversteg grenseverdien for drikkevann. I perioden 2015–2018 var det seks overvåkingfelt av grunnvann i henholdsvis Våler, Larvik, Klepp, Lærdal, Sunndalen og Overhalla. Propikonazol, metalaksyl og nedbrytningsprodukter av met-

ribuzin og sulfonylurea ble påvist over grenseverdien i flere brønner.

Vann fra elver og bekker som analyseres i JOVA-programmet (program for jord- og vannovervåking i landbruket) er ikke en del av vannforsyningen, men det gir en indikasjon på generell miljøbelastning. JOVA-programmet har pågått siden 1992 og gir en oversikt over bruk og avrenning av plantevernmidler i utvalgte jordbruksområder og pågår i områder i Grimstad, Råde, Nes, Ås, Levanger og Jæren. På de tre første områdene har det vært påvist mellom 15 og 20 plantevernmidler i løpet av vekstsesongen. Ugrasmidler har vært dominerende.

Rapporter fra våre naboland viser at Sverige har påvist plantevernmidler over grensen i 20 % av prøvene fra drikkevann. Atrazin, BAM og bentazon er gjengangere. I Finland ble det påvist plantevernmidler i 50 % av prøvene fra grunnvannslokaliteter i perioden 2007-2015. En undersøkelse rapportert av Teknisk Ukeblad i Danmark utført av GEUS viste at 63 % av 549 prøver inneholdt plantevernmidler og 26 % overskred grenseverdien. Dette har resultert i at flere store vannverk har måttet stenge deler av drikkevannsproduksjonen.

Konklusjon: Funnene i Norge er ved flere anledninger vurdert av Folkehelseinstituttet som har uttalt at det ikke er grunn til å forvente at inntak av plantevernmiddelester i de konsentrasjoner som er funnet i grunnvann og drikkevann vil kunne gi helseskade. Imidlertid er funn i overflatevann i JOVA-programmet vurdert til å kunne ha negative effekter i vannmiljø.

For mye eller for lite metaller i drikkevannet?

av Geir Aamodt, professor, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Helseeffekter av metaller i drikkevann har blitt studert i lang tid. Typisk har man undersøkt om konsentrasjoner av magnesium, kalsium og litium er for lave, eller om konsentrasjonen av tungmetaller som arsen, kadmium og bly er for høye.

Det er mange feilkilder i forskningen om drikkevannskvalitet og utvikling av sykdom. Disse feilkildene er knyttet til konsentrasjoner av metaller i drikkevannet og mengden vann deltakerne i studiene konsumerer. Hvilket design man har benyttet, begrenser også hvilke konklusjoner man kan trekke fra studiene. Gode populasjonsbaserte kohort-studier der vi følger opp deltakerne over flere år og kontrollerer for viktige konfundere, er mangelvare. Ofte finner vi områdestudier eller tverrsnittstudier med

redusert mulighet for å skille effekt fra drikkevann fra andre mulige faktorer.

På 1950-tallet viste resultater fra områdestudier at høye konsentrasjoner av magnesium og kalsium i drikkevann beskyttet mot utvikling av hjerte- og karsykdom. En ekspertgruppe fra WHO konkluderte i 2010 med at spesielt magnesium beskyttet mot noen typer av hjerte- og karsykdom, men ekspertgruppen ville ikke påstå at det var en kausal sammenheng mellom magnesiumrikt drikkevann og redusert risiko for hjerte og kar-sykdom. Magnesium har også vært diskutert i tilknytning til andre helseutfall. Enkeltstudier har vist at magnesium kan ha en beskyttende effekt for diabetes type 2 og hoftebrudd. Konsentrasjon av magnesium i norsk drikkevann er lav.

Enkelte land har svært høye konsentrasjoner av arsen i drikkevannet (Chile, Bangladesh, Mexico, Kina). Vi vet at høye konsentrasjoner ($> 150 \mu\text{g/L}$) er skadelig og øker risiko for ulike kreftsykdommer, men det er usikkert hvilken effekt verdier under $150 \mu\text{g/L}$ har på human helse. I en italiensk-amerikansk kunnskapsoppsummering fant forskerne ingen økning i risiko for kreft i lunge og blære for lavere verdier enn $150 \mu\text{g/L}$. Konsentrasjonen av arsen i norsk drikkevann er lav.

Litium i drikkevannet har vist seg å være assosiert med selvmord (beskyttende), noe som svarer til klinisk erfaring. Denne kunnskapen er i hovedsak basert på områdestudier. Vi har resultater fra bare én kohortstudie som ble gjennomført i Danmark, men denne studien viste ingen signifikant sammenheng mellom litium og risiko for selvmord. Konsentrasjonen av litium var lav i denne studien og viste liten variasjon. Lave konsentrasjoner er også typisk for norske drikkevann.

Fluor tilsettes drikkevann for å redusere karies. Det er knyttet bekymring til fluorberiking, fordi barna til kvinner som har fått fluorberiket drikkevann under graviditet, er vist å skåre lavere på kognitive tester enn tilsvarende barn der mor ikke har fått fluorberiket drikkevann. Flere har også undersøkt fluor og sjansen for hoftebrudd, men metastudier har ikke gitt støtte til en slik sammenheng. Det er stor variasjon i konsentrasjon av fluor i norsk drikkevann.

Vi kan konkludere med at det fortsatt er begrenset kunnskap om hva som er optimal konsentrasjon av metaller i drikkevannet. Vi trenger gode populasjons-baserte undersøkelser der vi følger deltakerne over tid.

Radioaktive stoffer i overflatevann og grunnvann – hvilke effekter kan det ha, og hva vet vi om risikoen?

av Anne Liv Rudjord, seksjonsleder, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA)

Radioaktive stoffer finnes overalt i miljøet, også i overflatevann og grunnvann. Overflatevann antas å være mest utsatt ved ulykker med radioaktivt nedfall eller utslipp, mens grunnvann inneholder radionuklider fra nedbrytningsskjedene av naturlig uran og thorium, spesielt radon. Når vi drikker vann, kan de ulike radioaktive stoffene i vannet tas opp og transporteres til forskjellige organer, avhengig av kjemiske og fysiske egenskaper. Når radioaktive stoffer brytes ned, gir de fra seg ioniserende stråling og fører dermed til DNA-skader. Ioniserende stråling er klassifisert av IARC som kreftfremkallende (klasse 1), og risikoen for å få kreft antas å øke proporsjonalt med stråledosen.

I Norge har vi erfaring med radioaktivt nedfall fra både prøvesprengninger på 1950–60-tallet og fra Tsjernobyl-ulykken. Overflatevann ble naturligvis berørt, men sannsynligvis førte ikke dette til vesentlig eksponering ved bruk som drikkevann. De som brukte sisterner-vann ble imidlertid tidlig anbefalt å tømme ut vann som ble samlet i nedfallsperioden på grunn av innholdet av radioaktive stoffer i regnvannet.

Grunnvannets innhold av naturlig forekommende radionuklider varierer svært mye – avhengig av bl.a. konsentrasjonen av radioaktive stoffer i bergartene, kjemiske og fysiske egenskaper i både bergart og vannforekomst, samt hydrologiske forhold.

Norges geologiske undersøkelse og DSA gjennomførte en kartlegging av radon-222 på 1990-tallet, som ga et innblikk i eksponeringen for radon i drikkevann, hovedsakelig for personer med private brønner i fjell. Gjennomsnittsnivået i private borebrønner var 400 Bq/L, men en maksimal måleverdi på 32 000 Bq/L. DSA utfører også radonmålinger i vann på bestilling fra vannverk og privatpersoner. De tilgjengelige dataene viser at private brønner og vannkilder i fjell er mest utsatt for høyt innhold av radon, men nivåer over den nasjonale grenseverdien på 100 Bq/L kan forekomme i alle typer grunnvannskilder.

Radon i husholdningsvann vil tilføres inneluften ved bruk av f.eks. vaskemaskiner og dusj, og slik bidra til eksponering også via inhalasjon av radon datterprodukter. Denne eksponeringsveien gir større stråledose enn fra direkte inntak som drikkevann.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) publiserte i 2017 en risikovurdering av radioaktivitet i næringsmidler. Her ble personer med drikkevann med høyt innhold av radon identifisert som en av to grupper med moderat risiko (10–100 per 100 000) for å utvikle kreft, med en estimert effektiv dose på 2,8 mSv/år. Dette er over IAEAs referansenivå på 1 mSv fra drikkevann, hvor det anses urimelig å planlegge for at eksponering skal fortsette.

Det er ikke gjennomført undersøkelser av andre naturlig radioaktive stoffer enn radon i norsk drikkevann. Kartlegginger fra Sverige og Finland, som har lignende geologi, har vist at andre stoffer også kan bidra til stråledosen fra drikkevann.

Enkelte epidemiologiske undersøkelser er utført i andre land for å se på sammenhengen mellom radioaktive stoffer og ulike typer kreft eller andre tilstander. Funnene er delte. Gjennomgående med mange av studiene har vært problemer med å vurdere den faktiske eksponeringen over tid, hensyn til andre risikofaktorer og begrenset antall deltakere. En av oppgavene i EU-prosjektet RadoNorm som nylig er startet opp, er å gjennomføre en ny, omfattende undersøkelse av naturlig radioaktivitet i drikkevann i Norge. Denne skal, sammen med data fra flere andre land, danne grunnlag for en ny og større epidemiologisk studie.

Hvordan kan vi få i stand bærekraftige systemer for vann i Norge og internasjonalt?

av Petter D. Jenssen, professor, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Arve Heistad, professor, NMBU og Georg Finsrud, CTO, Scandinavian Water Technology AS

Norge har mye nedbør og lav befolkningstetthet og er i en heldig situasjon sammenlignet med vannforsyningssituasjonen internasjonalt. Vannkvaliteten i norske råvannskilder er generelt god og de fleste vannverk har etterhvert fått tilfredsstillende renseanlegg. De største utfordringene for norsk vannforsyning er dårlig distribusjonsnett og trusler som klimaendringer og kriser kan forårsake. Dårlige rørsystemer fører til store lekkasjer og til muligheter for at vannkvaliteten forringes fra renseanlegg til forbruker. Dagens systemer er ikke optimale ut fra økonomisk og helsemessig bærekraft. Det må gjøres et krafttak når det gjelder oppgradering av ledningsnett.

Grunnvannspotensialet i Norge er ikke fullt utnyttet. Grunnvann er spesielt interessant i forbindelse med nød- og reservevann. En grunnvanns-

kilde er ofte godt beskyttet mot forurensning. Horten kommune viser hvordan lokale grunnvannsbrønner kan utnyttes til reservevannforsyning. I tillegg kan bærekraften og sikkerheten i norsk vannforsyning økes ved å satse på vannsparende teknologier og avløpsløsninger som ikke blander toalettavløp inn i vannkretsløpet.

Internasjonalt er vann en svært knapp ressurs. En bærekraftig utvikling er mulig og kan påvirkes av ulike tiltak. Landbruket står for ca. 70 % av ferskvannsforbruket globalt, mens industri og kommunal sektor bruker henholdsvis 20 % og 10 %. Midtvesten i USA er ett eksempel der det brukes mer grunnvann enn det fornyes. Dette truer både landbruk og fremtidig bosetting. Rundt Aralsjøen forbrukes vann fra tilførselselvene til vanning slik at sjøen tørker ut. Dyrking av vekster som krever mye vann, som bomull, bør fases ut i tørkeutsatte områder. Uvettig land- og skogbrukspraksis fører til erosjon og tap av matjord i stor skala. Dette er negativt for klima-utviklingen fordi det skaper mer tørke samtidig som store karbonreserver tapes. Vi har kunnskap nok til å endre utviklingen innen jord- og skogbruk, men det haster.

Det sørlige Afrika opplever ekstrem tørke. Å lete etter nye vannressurser er fåfengt. Løsningen for Sør-Afrika og områder med tilsvarende problemer, er å bruke mindre vann, samt å gjenbruke vann. Her går Durban foran og har klart å gi slumområder vann samtidig som det totale vannforbruket er redusert. Stikkord er gjenbruk og desentrale systemer. EU-prosjektet SiE-UGreen som ledes av NMBU, viser hvordan det er mulig å redusere dagens vannforbruk med 90 % uten å redusere komfort. For byer som Singapore, som har minimal tilgang på vann, kan bruk av ny teknologi gjøre det mulig å klare seg bare med høsting av regnvann.

Vann er viktig i alle de 17 utviklingsmålene FN har, men fortsatt slippes nær 80 % av verdens avløpsvann ut urensset. Fordi vi på denne måten blander våre fekalier inn i vannkretsløpet, dør mer enn 3 millioner mennesker av mage-/tarmsykdommer hvert år. Ved å unngå blande å våre ekskrementer, toalettavløpet, inn i vannkretsløpet, oppnås mindre forurensning av vannkilder og helsemessige gevinster. I SiEUGreen demonstreres teknologi der toalettavløpet separeres fra resten av avløpet. Organisk materiale omdannes til biogass og næringsstoffene resirkuleres til planteproduksjon. Gråvannet renses og resirkuleres. Vannforbruk samt utslipp til vann og luft minimaliseres. Denne typen teknologi, som NMBU lenge har kalt kretsløpsteknologi, er nå blitt sentral i sirkulærøkonomien.