

Forurensningsstudier ved isotopteknikk

Av *cand. real. J. B. Dahl*

J. B. Dahl er ansatt som seksjonsleder ved Institutt for atomenergi, Kjeller. Han er *cand. real.* fra Universitetet i Oslo i 1955, med hovedfag i kjerneskjemi.

*Innlegg på NFVV's seminar
4. april d.å.*

Vi betrakter et avgrenset system, f. eks. en innsjø gjennomstrømmet av elvevann, en del av en elv, et grunnvannsreservoar, et avløpsnett og dets nærmeste omgivelser, en deponeringsplass for kommunalt og industrielt avfall etc.

Felles for disse systemer er at de mer eller mindre konstant blir gjennomstrømmet av vann, og dette vannet fører med seg oppløselige salter, partikler og eventuelt forurensninger som er skadelige for systemet. Disse stoffer kan bli bundet i systemet ved kjemiske utfellinger, sorpsjon, eller komme inn i levende organismer.

Ved studier av materialtransporter og kjemiske omsetninger i slike systemer er det ofte fordelaktig å anvende sporstoffer eller tracere. Med en tracer forstår vi da et stoff som oppfører seg på nøyaktig samme måte i systemet som det stoff vi er interessert i å studere. Traceren bør dessuten lett kunne bli påvist og analysert, enten direkte ved hjelp av radioaktiv stråling som den sender ut, eller indirekte ved analyse av uttatte prøver. Jeg skal i dette foredrag begrense meg til en nærmere definisjon av såkalte

«isotoptracere», dvs. tracere som lett kan bli påvist og analysert ved hjelp av isotoptekniske metoder.

Følgende tracere er aktuelle i denne forbindelse:

- a) *Radioaktive tracere som er kjemisk identiske med forurensningene.* Disse tracere kan betraktes som «ideelle tracere», fordi de følger forurensningene i alle kjemisk-biologiske omsetninger i systemet.
- b) *Radioaktive tracere som ikke er kjemisk identiske med forurensningene.* Disse tracere består vanligvis av et vannløselig salt som inneholder et radioaktivt element, og som følger forurensningene i vannet på en representativ måte.
- c) *Aktiverbare tracere, dvs. stabile stoffer som ikke er kjemisk identiske med forurensningene,* og som inneholder et element som kan bli bestemt ved aktiveringsanalyse med stor følsomhet.

I tillegg til disse tracere blir det i mindre utstrekning benyttet stabile tracere som er kjemisk identiske med forurensningene. Disse tracere er anriket med hensyn til en bestemt isotop, f. eks. kvelstoff med ^{15}N og surstoff med ^{18}O .

I praktiske feltundersøkelser er eksempelvis $1 \text{ Ci } ^{82}\text{Br}$ tilstrekkelig for å «merke» ca. 10^6 m^3 vann. Til sammenligning er 1 g av den aktiverbare tracer indium (In) nok for merking av det samme volum.

Jeg skal i det følgende kort skissere hvordan man ved hjelp av disse tracere og isotoptekniske metoder kan løse en rekke forurensningsproblemer av praktisk betydning.

1. Spredning av forurensninger fra deponeringsplasser for søppel, kloakkslam og industriavfall.

Ved planlegging av nye kommunale og industrielle deponeringsplasser for avfall, som kan bety en fare for vannressursene i nærheten, er det fordelaktig på forhånd å kartlegge de veier slike forurensninger eventuelt kan følge. Likeledes kan det være aktuelt å studere spredningen av forurensninger fra eksisterende anlegg.

I undersøkelser av denne type blir radioaktive eller stabile tracere dosert i det aktuelle deponeringsområdet. I bekker, dreneringsgrøfter, myrer, elver, vann etc. hvor traceren kan tenkes å komme, blir vannprøver tatt ut for analyse eller detektorer plassert for registrering av aktivitet.

Med kjennskap til vannføringen på de forskjellige målesteder kan den prosentvise fordeling av forurensninger i overflatevann og grunnvann bli bestemt.

En undersøkelse av denne type er utført for en kommune i Østfold.

2. Infiltrasjon av forurensninger i grunnvannsreservoarer.

Ved utnyttelse av grunnvannsreservoarer til drikkevannforsyning er det

viktig å beskytte dette mot infiltrasjon av forurensninger fra de nærmeste omgivelser.

I den forbindelse er det nødvendig å kjenne grunnvannets strømningsretninger og hastigheter i og omkring grunnvannsreservoaret.

Grunnvannets retninger blir målt i filterrør som er ført ned i grunnvannet. På bestemte dyp, hvor grunnvannet beveger seg, blir en liten mengde radiaktiv tracer dosert. Traceren vil følge vannet ut av røret, og retningen blir bestemt ved hjelp av en spesiallaget retningsdetektor tilkopleet et registrerende instrument. Detektoren består av et lite GM-rør som er plassert eksentrisk i en blyblokk, slik at røret bare kan motta stråling gjennom en smal, vertikal spalte. Ved å dreie detektoren rundt blir traceren og dermed retningen bestemt.

Grunnvannets hastighet blir bestemt ved å måle hvor lang tid tracerbølgen bruker mellom to filterrør eller tette «observasjonsrør».

Fordelingen av grunnvann som blir suget inn i en pumpebrønn, blir målt kvantitativt ved suksessive doseringer av radioaktiv tracer i filterrør, som er plassert i en bestemt avstand rundt pumpen. Med kjennskap til den såkalte «utbyttfordelingskurve» for innsuget tracer i brønnen får man et godt grunnlag for vurdering av hvilke veier forurensninger kan komme inn i grunnvannsreservoaret.

En større undersøkelse av denne type er utført i Korgen vannverk for Lillehammer kommune i samarbeid med NGU, Oslo.

3. Spredning av forurensninger fra lekkasjer i kommunale og industrielle avløpsnett.

I forbindelse med tetthetskontroll av nye avløpsnett har det vist seg hensiktsmessig å lokalisere eventuelle lekkasjer ved hjelp av isotopteknikk. Likeledes kan lekkasjer i avløpsnett som er i bruk, bli påvist.

Undersøkelser av denne type blir utført ved å dosere en liten mengde radioaktiv tracer i øvre enden av en avløpsledning. På steder hvor det er lekkasjer, vil litt av traceren renne ut og binde seg til grunnmaterialet på utsiden av røret. Ved hjelp av en scintillasjonsdetektor som blir ført over eller igjennom røret, blir lekkasjen(e) bestemt med stor nøyaktighet.

I et nytt boligfelt, som ikke var tatt i bruk, ble eksempelvis 25 store lekkasjer påvist og utbedret i løpet av kort tid.

4. Infiltrasjon av vann i kommunale og industrielle avløpsnett.

En annen type målinger i avløpsnett, som i dag er aktuelle, er de såkalte «infiltrasjonsmålinger», som tar sikte på raskt å kartlegge hvor tett et avløpsnett er med hensyn til innsig av uønsket vann. Denne type målinger er av interesse i forbindelse med planlegging og dimensjonering av renseanlegg og utbedring og fornyelse av avløpsnett.

Infiltrasjonsmålinger blir utført ved samtidig å dosere en svak, radioaktiv tracerløsning i øvre enden av forskjellige grenledninger. I kummer langs ledningene blir aktiviteten målt, og

vannføringen mellom de enkelte kummer blir bestemt.

Målinger blir utført i tørrværsperioder og regnværsperioder. På grunnlag av disse måledata er det mulig å beregne innsig av grunnvann og lekkasjevann fra kommunalt vannledningsnett, innsig av overvann ved snøsmelting og regnvær og hvordan infiltrasjonen fordeler seg langs de forskjellige grenledninger.

En undersøkelse av denne type er utført for Rælingen kommune.

5. Spredning av forurensninger fra planlagte kommunale og industrielle utslipp i resipienter.

I forbindelse med planlegging av nye utslipp i resipienter er det av betydning å studere transport- og fortynningsforhold rundt utslippet (nærsonen) og for øvrig i resipienten (fjernsonen). Resultatet av slike undersøkelser blir brukt i forbindelse med valg av utslippsted og den konstruktive utførelse av selve utslippet. Det er også ofte av interesse å fastslå om et bestemt utslipp av avløpsvann kan virke inn på vanninntak og badestrender i nærheten.

I undersøkelser av denne type er det fordelaktig først å kartlegge strømningsbildet i nær- og fjernsonen. Slike målinger kan bli utført ved dosering av en radioaktiv tracer på utslippstedet på en slik måte at den er mest mulig representativ for det avløpsvannet som skal slippes ut. Spredningen av traceren i resipienten blir målt ved hjelp av en detektor senket ned i vannet fra motorbåter. Ved hjelp av de måledata man får på

denne måten, blir også fortynningen av tracer på forskjellige steder bestemt.

Hvis strømningsforholdene varierer meget under målingene, er det nødvendig å dosere en aktiverbar tracer, f. eks. et salt av indium, og så bestemme fortynningsforholdene ved analyse av vannprøver tatt ut av recipienten.

Flere undersøkelser av denne type er utført, bl. a. for et planlagt hovedutslipp i Trondheim by ved Høvringneset. En større undersøkelse er under planlegging i Oslofjorden i samarbeid med NIVA.

6. *Fortynning av overbordvann sluppet ut fra tankskip i åpen sjø.*

Det stilles i dag strenge krav til tankskip med hensyn til utslipp av overbordvann (tankvaskevann som inneholder kjemikalier og rester av olje) i havet og i kystfarvann. Det er derfor ønskelig å bestemme hvilke mengder som slippes ut, og hvilke fortynninger overbordvannet har i propellvannet umiddelbart bak skipet.

I undersøkelser av denne type blir en radioaktiv tracer dosert kontinuerlig i overbordvannet i løpet av en bestemt tid. Skipet passerer under denne dosering mellom to drivankere, som på forhånd er plassert i skipets kurs. På en linje mellom disse drivankere blir tracerkonsentrasjonen i forskjellige dyp målt som funksjon av tiden. Ved hjelp av disse måledata kan man beregne fortynningen av overbordvannet i propellvannet og ellers få et bilde av hvordan forurens-

ningen sprer seg i vannmassene.

Undersøkelser av denne type utføres i samarbeid med Skipsteknisk Forskningsinstitutt.

7. *Undersøkelser av renseoperasjoner.*

Tracerteknikk har vist seg å være et egnet hjelpemiddel ved nærmere studier av hvordan forskjellige renseanlegg fungerer.

I undersøkelser av denne type blir radioaktiv tracer som er representativ for den forurensningskomponent som skal undersøkes (vannløselige salter, slam, faste partikler etc.), dosert momentant eller kontinuerlig i innløpet av rensenheten. På grunnlag av responskurvens form ved utløpet av enheten kan man ved sammenligning med en matematisk funksjonsmodell for rensenheten komme frem til kvantitative mål for følgende størrelser: midlere oppholdstid, dødvolum, grad av ideell blanding, kortslutningsstrømmer, stempelstrømmer, konsentrasjonsfordeling, kjemisk utbytte m. m.

En undersøkelse av denne type er eksempelvis utført som diplomarbeid ved Bekkelaget renseanlegg av sivilingeniør B. Paulsrud, NIVA.

8. *Kartlegging av sporelementer i vassdrag ved hjelp av aktiveringsanalyse.*

Jeg har ovenfor gitt noen eksempler på hvordan radioaktive og stabile tracere kan bli brukt for å studere enkelte forurensningsoppgaver. I flere tilfeller er det imidlertid aktuelt å

studere og analysere forurensningene direkte.

Ved hjelp av neutronaktiveringsanalyse kan man således bestemme mer enn 50 elementer i vann i konsentrasjoner på 1 mikrogram/liter og mindre. Blant de elementer som kan bli bestemt tilfredsstillende i så lave konsentrasjoner, er Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Hg og U. Vanligvis kan man få data for omtrent 20 elementer ved såkalt «instrumentell aktiveringsanalyse», dvs. bestråling og påfølgende gammaspektrometrisk måling uten kjemisk separasjon av elementene.

Denne teknikk blir f. eks. nå benyttet for bestemmelse av fordelingen av 30 elementer i 11 forskjellige vassdrag til forskjellige årstider. Undersøkelsene er i stor grad utført av to hovedfagskandidater ved Kjemisk institutt ved Universitetet i Oslo. Seksjonsleder E. Steinnes er ansvarlig for prosjektet.

Formålet med undersøkelsen er å kartlegge de naturlige bakgrunnsverdier for disse elementer og studere materialtransporten til havet. Undersøkelsen blir utført i samarbeid med NIVA.