

Isotopen methode in de hydrologie

Verslag van de „Informationstagung über Isotopenmethoden in der Hydrologie“ te München, 5 - 7 april 1971.

Het doel van het symposium was om hydrologen, hydrogeologen en waterhuishoudkundigen vertrouwd te maken met recente ontwikkelingen in de isotopenhydrologie.

De organisatie van het symposium was in handen van het „Institut für Radiohydrometrie der Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung m.b.H.“, München (IRM), waarbij medewerking werd verleend door het Secretariaat voor het Internationale Hydrologische Decennium, ondergebracht bij de „Deutsche Forschungsgemeinschaft“, Bad Godesberg. Gedurende de eerste twee dagen werd een aantal voordrachten gehouden betreffende:

- theoretische grondslagen van het isotopenonderzoek in de hydrologie;
- toepassingen;
- hydrodynamische vraagstukken bij het onderzoek met merkstoffen.

De derde dag werd een bezoek gebracht aan het nieuwe waterwingebied van München in het dal van de bovenloop van de rivier de Loisach, nabij Garmisch. Aldaar werden diverse meetmethodieken gedemonstreerd.

a. Theoretische grondslagen van het isotopenonderzoek in de hydrologie

Hydrologisch onderzoek door middel van radio-actieve en stabiele isotopen is in Duitsland in de vijftiger jaren op gang gekomen, hierbij hebben vooral dr. I. Wendt en prof. dr. K. O. Münnich baanbrekend werk verricht.

In München werden de volgende voordrachten gehouden:

E. Somer (Isotopencentralen, Kopenhagen): Dichte-, Feuchte- und Schwebstoffmessungen mit umschlossenen radioactiven Strahlungsquellen;

D. Klotz (IRM): Einbohrlochmessungen;

H. Behrens (IRM): Tracermethoden in Oberflächenwässern;

W. Rauert (IRM): Tritium und Kohlenstoff-14;

H. Moser (IRM): Deuterium und Sauerstoff-18;

I. Wendt (Bundesanstalt für Bodenforschung Hannover): Umschlossene radioactieve Präparate.

Tevens werd in het laboratorium gedemonstreerd hoe tritium (T), deuterium (D), C-14 en O-18 gehalten van het water worden gemeten en hoe in zand- en spleetmodellen de te gebruiken apparatuur voor de meting van grondwaterstroming wordt geijkt.

In dit bestek is het niet mogelijk uitvoerig op de behandelde stof in te gaan. De stof is merendeels gepubliceerd in *Geologica Bavarica* nr. 64, München '71.

Uit de discussies bleek dat de isotopenhydrologie de „klassieke“ hydrologie niet kan en mag vervangen, maar slechts dient ter aanvulling.

De volgende opmerkingen kunnen nog gemaakt worden.

1. Natuurlijke isotopen (environmental isotopes):

D, T, C-14, O-18, Si-32, Ar-39.

De stabiele isotopen D en O-18 komen voor in het watermolecuul als HD^{16}O of als H_2^{18}O . Deze watermoleculen worden door hun afwijkende dampdruk (vergeleken met resp. H_2^{16}O) bij iedere faseovergang in concentratie verhoogd of verlaagd t.o.v. H_2^{16}O , (gefractioneerde destillatie).

Deze concentratiewijzigingen geven aanwijzingen over de hydrologische kringloop, alhoewel de effecten slechts merkbaar zijn in zeer grote gebieden (Canada, Alpen). In een klein land als Nederland kunnen de stabiele isotopen wel een aanwijzing geven over de herkomst van het water naar plaats (afkomstig uit Alpengebied of uit plaatselijke neerslag) of naar tijd (zomerneerslag tegenover winterneerslag, recent tegenover fossiel grondwater, dat onder andere klimatologische factoren ontstond).

De radio-actieve isotopen T, C-14, Si-32, Ar-39 ontstaan in de atmosfeer door kosmische straling en zijn deels ook ontstaan tijdens kernexplosies na 1952. Zij kunnen gebruikt worden voor ouderdomsbepalingen van het grondwater en als tracer indien de bomexplosiepieken van bekende data kunnen worden herkend.

In 1957 gebruikten Begemann en Libby voor het eerst „environmental“ isotopen in de hydrologie en wel T voor waterbalansstudies op grote schaal. T mag wel beschouwd worden als de ideale tracer omdat T in het watermolecuul zelf is ingebouwd als HTO. Bij gebruik van C-14 methoden treden problemen op i.v.m. uitwisseling van koolstof met de omgeving. De C-14 is ingebouwd in $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, dat in het grondwater is opgelost. De C-14 uit de bicarbonaationen kan in uitwisseling treden met C-12 uit fossiele kalk van het watervoerend pakket. Om de leemte tussen de korte halfwaardetijd van T ($12\frac{1}{4}$ jaar) en de langere halfwaardetijd van C-14 (5730 jaar) aan te vullen zijn Si-32 (halfwaardetijd 500 jaar) en A-39 (halfwaardetijd 270 jaar) voorgesteld.

2. Kunstmatig toegevoegde radio-actieve tracers.

Doel van deze merkstoffen is om richting en snelheid van de stroming van zowel grondwater als oppervlaktewater na te gaan. Hiertoe zijn goed oplosbare stoffen nodig die chemisch noch bio-

logisch worden aangetast. Gebruikt worden oplosbare radio-actieve halogenen of complexe verbindingen van radio-actieve zware metalen (bijv. EDTA-complex).

Bij de metingen moeten strenge voorschriften worden aangehouden i.v.m. contaminatie, in de Duitse oppervlaktewateren worden concentraties van 10^{-3} picro Ci/ml (Cr-51-EDTA) tot 10^{-6} picro Ci/ml (J-131) toelaatbaar geacht.

Meting van oppervlaktewaterafvoer met behulp van radio-actieve tracers heeft vooral nut bij sterk turbulente stromingen waarbij metingen met drijvers of molentjes niet voldoende representatief zijn vanwege sterke lokale snelheidsverschillen in het doorstromingsprofiel. Ook bij zeer brede rivieren (Parana) hebben tracermetingen hun nut afgeworpen.

Bij de meting van grondwaterstromingen hebben radio-actieve tracers vooral hun nut bewezen bij de „Einbohrlochmessungen“, metingen waarvoor slechts één boorgat (resp. waarnemingsbuis) vereist is.

3. Gebruik van radio-actieve preparaten: (neutronlog, gammalog).

Achtereenvolgens werden behandeld: oppervlaktmetingen (tot 5 à 10 cm onder m.v.);

„Einstichsonde“ (tot 70 cm diep);

„Tiefensonde“ (De „log“) in boorgaten; metingen in de onverzadigde zône met de gamma-dubbelsonde.

In principe wordt met de uitgezonden gammastraling, welke afhankelijk van de dichtheid (soortelijk gewicht) van de bodem meer of minder wordt geabsorbeerd, de totale dichtheid van de directe omgeving gemeten. De neutronlog, welke snelle neutronen uitzendt, reageert op het waterstofgehalte van de bodem omdat H de snelle neutronen afremt en verandert in langzame neutronen die door de log geteld worden. Uit een combinatie der metingen kan het watergehalte in de bodem worden berekend. Uitvoerig werd ingegaan op meetbereik en meetfouten.

Opn.: Voor nadere uiteenzettingen over de meetmethoden: zie *Guidebook on nuclear techniques in hydrology*, IAEA, 1968 (Wenen).

b. Toepassingen

De volgende voordrachten werden gehouden:

W. Drost (IRM): Die Anwendung von radioactiven Isotopen bei Grundwassermessungen;

B. R. Payne (IAEA Wenen): Isotope Techniques in Hydrological Investigations;

H. Oescher (Universität Bern): Umgebungisotope im Dienste der Hydrologie; M. A. Geyh (Landesamt für Bodenforschung Hannover): Angewandte Isotopenhydrologie;

K. P. Seiler (IRM): Untersuchungen im Murnauer Moos;

H. Batsche (IRM): Isotopenmethoden in der Karsthydrologie.

Door Geyh werd een interessant overzicht van toepassingen van C-14 en T in de Duitse hydrologie gegeven. Vraagstukken betreffende intrekgebied van watervoerende lagen, aantrekken van zeer diep grondwater door winningsputten en oorsprong van mineraal water konden worden opgelost terwijl ook de hydrologie van karstgebieden werd onderzocht. De kosten van een C-14 meting bedragen DM 180, van een T-meting DM 80, men hoopt beide metingen tezamen binnenkort voor DM 150 te kunnen leveren.

Payne gaf een overzicht van de activiteiten van de IAEA (Wenen); vooral van belang is het archief waarin isotopengehalten van neerslag en rivier- en oceaanoeverwater van over de gehele wereld worden verzameld.

De toepassing van isotopen in karstgebieden, welke door Batsche werd behandeld, behelsde o.a. de studie van mengverschijnselen bij ondergrondse rivieren (dus oorsprong van het water) en bepaling poriënvolume door middel van een pompput + injectieput, welke laatste van een tracer werd voorzien.

Oescher heeft onderzocht hoe met behulp van neerslagtritium de relatie input-output (d.w.z. neerslag-afvoer) van een stroomgebied kan worden nagegaan (damping en faseverschuiving in afvoergolven). Verder stelde hij voor bij de bepaling van C-14 ouderdom van grondwater de Si-32 meting als controlemeting te gebruiken om aldus verliezen van C-14 door uitwisseling met fossiele kalk na te gaan.

Bij de grondwatersnelheidsmetingen werd door Drost speciaal aandacht gegeven

aan de bepaling van de verticale component der stroming in waarnemingsbuizen. Iedere boorgatmeting met kunstmatige isotopen liet hij voorafgaan door de bepaling van verticale bewegingen.

Tenslotte werden voorbeelden uit de omgeving van München vermeld. In de eerste plaats metingen in het stroomgebied van de Loisach nabij het waterwingebied van de stad München. Naast „klassieke” methoden (hydrochemie, isohypsenbeeld, pompproeven) werd isotopenonderzoek verricht om hiermede de grondwaterstroming en de intrekgebieden te ontraadse-len.

Deuterium werd gebruikt ter onderscheiding van grondwater uit recente neerslag en diep bronwater; boorgatmetingen met kunstmatige isotopen om stromingsrichtingen te bepalen. De onderzoeksmethoden vulden elkaar goed aan. Ten tweede werden verblijftijden bepaald bij oevergrondwaterwinningen in het Donau-Lech-gebied. Gebruikt werden radio-actief Broom, -Jodium en -Chroom, Tritium en fluorescerende kleurstoffen zoals rhodamine en uranine.

Tenslotte werden in verband met civieltechnische werken grondwaterstromingsmetingen met kunstmatige isotopen toegepast ten behoeve van o.a. de Sylvensteinstuwdam en de ondergrondse van München.

c. Hydrodynamische vraagstukken bij het onderzoek met merkstoffen.

H. Bergmann (IRM, München): Hydro-mechanische Fragen zur Interpretation von Tracermessungen.

W. Bertsch, F. Schwille (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz): Die hydrodynamische Dispersion in porösen Medien.

K. O. Münnich (Universiteit Heidelberg):

Untersuchungen der Grundwasserneubildungen mit Tracern.

Bij de bewerking van hydrologische metingen te velde met behulp van tracers, is het noodzakelijk een goed inzicht te hebben in de mechanica van stromingsverschijnselen. Dit geldt vooral voor metingen in waarnemingsbuizen omdat de buizen door hun aanwezigheid het oorspronkelijke stromingsveld beïnvloeden. Van deze beïnvloeding werden vele voorbeelden gegeven.

Een ander probleem is om uit isochronen, dat zijn lijnen getrokken door kaartlocaties waar bijv. dezelfde C-14 waarde is gevonden, de stromingsrichting en de stroomsnelheid te berekenen. Immers veelal zullen isochronen en potentiaal-lijnen niet samenvallen.

Dispersie en absorptie van tracers kunnen de interpretatie der metingen bemoeilijken. Anderzijds kunnen tracerwolven gebruikt worden voor de bepaling van de dispersie coëfficiënt.

Zeer interessant waren de uiteenzettingen betreffende metingen met behulp van isotopen (bijv. T) in de *onverzadigde zone*. Tracer isochronen kunnen in de onverzadigde zone zeer grillige vormen aannemen, de stroming is hier blijkbaar zeer onregelmatig.

T afkomstig van kernexplosies bleek in lysimeters veel „langzamer” te infiltreren dan berekeningen uit de gemeten nuttige neerslag deed vermoeden, dat wil zeggen dat de tritumpiek zich niet even snel verplaatste als de gemiddelde grondwatersnelheid aangaf. Als oorzaken werden genoemd: de lysimeter wordt hoofdzakelijk met winterneerslag aangevuld die op zichzelf T armer is dan de zomerneerslag; er vindt T uitwisseling plaats met hangwater (waardoor verdunning van T optreedt) en er vindt dispersie plaats waardoor de Bompieken vervagen.