

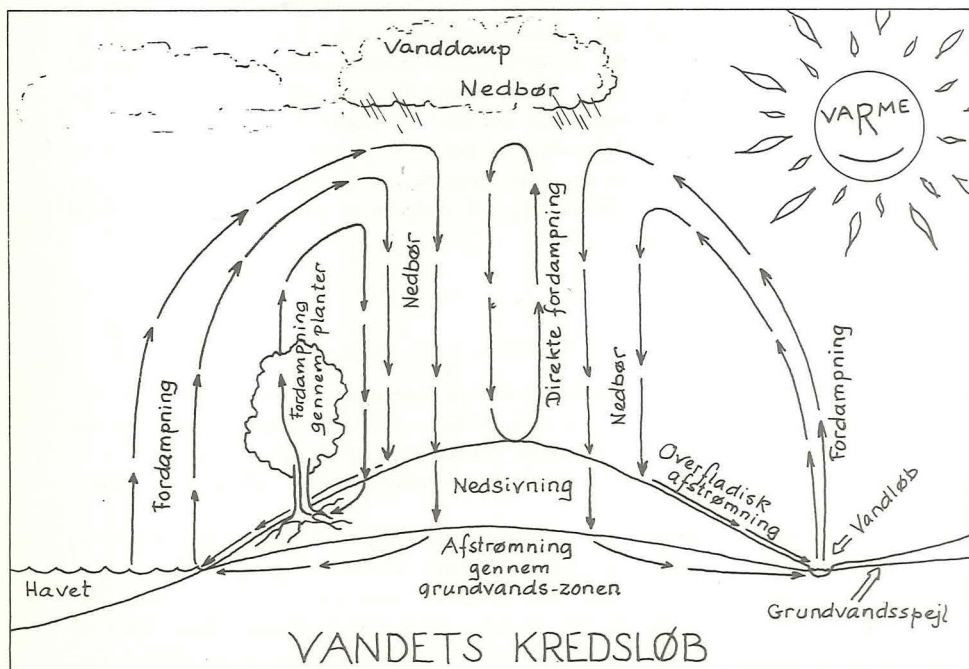
Gammelt Vand i Hanen

af LARS JØRGEN ANDERSEN

Den kemiske forbindelse H_2O - vand - kan have tre forskellige tilstandsformer eller faser. Den kan optræde som damp (vanddamp), som vædske (vand) og som fast stof (is, sne eller hagl).

I atmosfæren er dampfasen den mest stabile og derfor hyppigste form for vand. Den flydende og den faste form vil efter kort tids forløb falde ned som nedbør.

Vandmolekylets vej fra dampfasen over vædskefasen eller den faste fase tilbage til dampfasen kalder man vandets kredsløb.



VAND HAR EN ALDER

Den tid det tager for et bestemt vandmolekyle at passere vejen gennem kredsløbet, bliver det pågældende vands højeste alder.

Da vejen er af meget forskellig længde og gennemløbes med forskellige hastigheder, vil alderen af vandet i forskellige kredsløb blive meget forskellig.

Vandet tilføres jorden som nedbør. En del af nedbøren fordamper straks fra jordoverfladen. Vandet i dette kredsløb har kun eksisteret i kort tid, minutter eller timer.

En del af den nedbør, der når jordoverfladen, vil løbe overfladisk af gennem vandløbene til søer eller til havet. Den del af kredsløbet, der foregår på jordoverfladen, vil formentlig kun strække sig over dage eller uger.

Den resterende del af nedbøren siver ned i jorden, hvor en væsentlig del påny opfanges af planternes rødder og gennem planterne føres tilbage til atmosfæren. Hos os andrager denne del af vandets kredsløb 350 - 400 mm vand om året eller fra 30 - 50 % af nedbøren. Dette kredsløb kan tage fra måneder til omkring 1 år.

Resten af nedsivningsvandet passerer forbi planternes rødder og bliver før eller senere til grundvand. Nedsivningen over grundvandszonen foregår væsentligst i lodret retning, men så snart vandet når grundvandszonen vil bevægelsen blive sideværts, med bevægelsesretningen bestemt af grundvandsspejlets hældning. Bevægelseshastigheden i grundvandszonen er først og fremmest afhængig af jordlagenes kornstørrelse samt størrelsen af grundvandsspejlets hældning. Under naturlige forhold varierer disse hastigheder mellem nogle centimeter om året til nogle meter i døgnet.

Det er derfor indlysende, at det er i grundvandszonen, man skal finde det ældste vand. Da man må formode, at grundvandsbevægelsen vil være størst i den øvre del af zonen, vil alderen af grundvandet uden tvivl stige med voksende dybde.

MODERNE METODER TIL BESTEMMELSE AF GRUNDVANDS ALDER

I tilfælde, hvor vandets kredsløb foregår over jordoverfladen, vil det være ret let at bestemme dets alder. Når der derimod er tale om grundvand, bliver aldersbestemmelse vanskelig, og det er nødvendigt at ty til forskellige hjælpemidler for at følge vandet på dets vej gennem jordlagene.

I vore dage bruger man i stigende omfang radioaktive sporstoffer til bestemmelse af grundvandets strømhastighed, strømrretning og -alder.

De radioaktive stoffer, der benyttes, kan være kunstigt fremstillede og sat til vandet på et eller andet sted i dets kredsløb. Men flere af

de radioaktive stoffer dannes ved kosmisk stråling i stratosfæren eller i forbindelse med brintbombeeksplosioner og kommer hertil med nedbøren, eller på anden måde, via atmosfæren.

Sådanne radioaktive sporstoffer er blandt andet isotoperne kulstof-14 (C-14), silicium-32 (Si-32) og tritium (en brintisotop, H-3).

ALDERSBESTEMMELSE MED C-14

Kulstof-14 (C-14), som i udstrakt grad benyttes til arkæologisk og geologisk aldersbestemmelse, er blandt andet i Tyskland også blevet benyttet til datering af grundvand. Da atmosfærens C-14 indhold har været konstant gennem tiden, og da man kender tempoet for C-14's radioaktive nedbrydning (mængden af C-14 halveres på ca. 5.700 år), kan man ved måling af C-14 indholdet beregne alderen af den undersøgte vandprøve. I grundvandet er det C-14 indholdet i grundvandets indhold af HCO_3^- (bikarbonatjonen), man bestemmer. Metoden er dog ikke helt sikker, idet grundvandet såvel under nedslivningsprocessen som i selve grundvandszonen kan optage kulstof fra calciumkarbonat, CaCO_3 , der på grund af høj alder er C-14-fri. Denne optagelse må dog forventes hovedsagelig at være begrænset til den øverste del af jordlagene, og det har været muligt til en vis grad at korrigere for denne fejl.

På grund af den lange halveringstid for C-14 kan C-14-metoden benyttes til aldersbestemmelser op til omkring 25.000 år. I ældre prøver forøges usikkerheden betydeligt selv ved en ubetydelig forurening med yngre C-14. Grundvand fra 100 meters dybde ved Köln er ved C-14 bestemmelser beregnet at være 10.500 år gammelt, og grundvand fra 800 meters dybde ved Salzgitter er dateret til at være ca. 10.000 år gammelt.

ALDERSBESTEMMELSE MED Si-32

Den radioaktive silicium-isotop Si-32, med halveringstiden ca. 500 år har også været benyttet til datering af grundvand, men sikre dateringer foreligger endnu ikke. Denne isotops anvendelsesområde ligger op til en alder af ca. 1000 år.

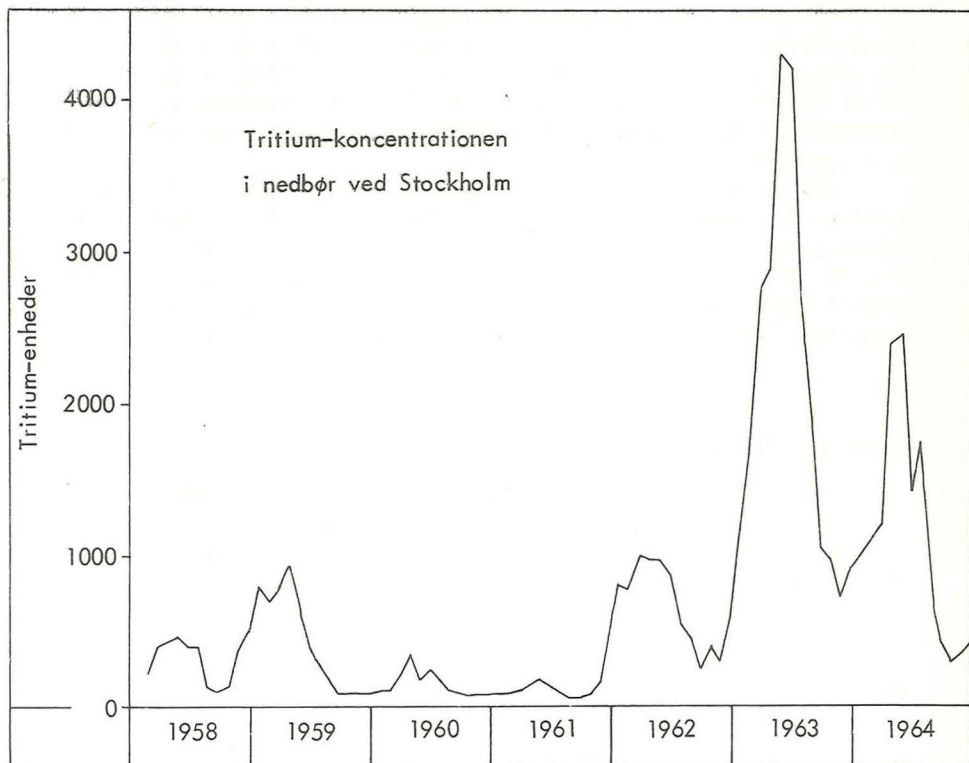
ALDERSBESTEMMELSE MED TRITIUM

Det unge grundvand, med en alder af op til 30-40 år, vil under visse omstændigheder kunne dateres ved hjælp af tritium, der er en radioaktiv isotop af brint. Den dannes i naturen ligesom de øvrige omtalte ra-

dioaktive isotoper ved kosmisk stråling i stratosfæren, men i den sidste halv snes år er der desuden dannet store mængder tritium ved brintbombsprængninger.

Mens nedbørens naturlige indhold af tritium før brintbombeforsøgene lå på 4 - 8 tritiumenheder (T.U.), (U = Unit = enhed), steg nedbørens tritiumindhold, som det fremgår af kurven over tritiumindholdet i nedbør fra Stockholm, i årene 1958 - 1964 til flere tusinde T.U. (Stigningen begyndte allerede i 1954, men regelmæssige måleresultater fra Skandinavien foreligger ikke før 1958).

Denne voldsomme stigning i nedbørens tritiumindhold kan også spores i de øvrige led af vandets kredsløb: vandløbene, planternes fordampning og i grundvandet. Da nedsivningens hastighed og grundvandets bevæ-

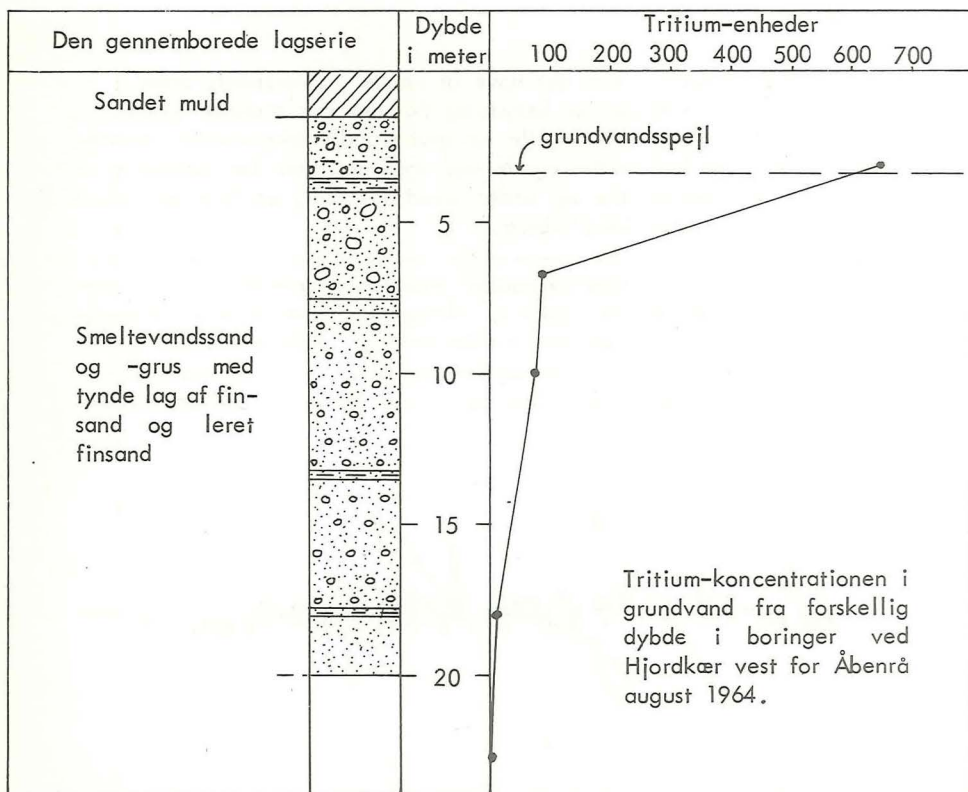


gelseshastighed er lille, vil det forøgede tritiumindhold kun være nået ned til en vis dybde i grundvandet. Som følge heraf er det muligt at få oplysninger dels om nedsivningshastighed og nedsivningsmængde, men under visse omstændigheder også om grundvandets strømhastighed og dets alder.

DANSKE TRITIUM-MÅLINGER

Der er herhjemme endnu kun udført ganske få analyser af tritiumindholdet i grundvand.

En serie grundvandsprøver fra Sønderjylland, Hjordkær vandværk vest for Åbenrå, viser, at tritiumindholdet aftager med dybden fra ca. 685 T.U. i overfladen af grundvandszonen til 4,8 T.U. i ca. 25 m dybde.



Mens det dybeste grundvand fra ca. 25 meters dybde ved Hjørdkær må anses for at være ældre end 1954, må det overliggende grundvand være dannet af regn og sne efter 1954. Da der imidlertid er mulighed for en vis opblanding dels under borearbejdet og dels som følge af oppumpning fra en nærliggende vandværksboring, må disse aldersbestemmelser tages med et vist forbehold.

Fra Nordøstsjælland, Langstrup kildeplads, hvor Gentofte kommune oppumper en stor del af sit grundvand, foreligger enkelte analyser, der viser, at grundvandet fra kalklagene i 42,5 - 77,5 m's dybde indeholder under 1 T.U., hvilket medfører, at alderen af dette grundvand må være større end 25 år.

Analysen af grundvand fra brønde og boringer i sandlag til dybder fra 6,5 - 32 m i samme område viser tritiumkoncentrationer 80 - 7 T.U., hvilket er tegn på tilskud af nedbør efter 1954.

STOR BETYDNING

Hvilken betydning kan det have at kende grundvandets alder? - Ud over den rent videnskabelige betydning har det stor praktisk betydning, idet grundvandets alder kan fortælle om grundvandsforekomsternes størrelse og deres indbyrdes forbindelse og dermed også om faren for forurening af grundvandet med spildevand og andet overfladevand, en fare der vokser med det stadig voksende vandforbrug.

I forbindelse med undersøgelserne under den "Internationale Hydrologiske Dekade" er det hensigten at udbygge og anvende dateringsmetoderne ved klarlæggelsen af en lang række forhold i forbindelse med grundvandsundersøgelserne. Den "Hydrologiske Dekade" er 10 års internationalt videnskabeligt samarbejde om vand og vandproblemer. Det begyndte i 1965.

Lars Jørgen Andersen