

Underjordisk filtrasjonshastighet for vann.
- bestemt ved hjelp av J-131

Reykjavík, 10. júlí 1964
Per Wendelbo

Underjordisk filtrasjonshastighet for vann.

Forkortet oversettelse av artikkel i IASH Bulletin IX-no 2:
Détermination de la vitesse de filtration d'eau souterraine
au moyen de traceurs radio-actifs.

av

A.Filip , Beograd

V.Vukmirovic , Beograd

Artikkelen beskriver bruken av fortynningsmetoden til bestemmelse av vannets underjordiske filtrasjonshastighet ved hjelp av jod-131 som radioaktivt "merke". Man har kommet frem til formelen for beregningen av filtrasjonshastigheten og fremhevet vanskelighetene ved benyttelsen av denne, man her beskrevet fremgangsmåten for målinger i terrenget og gitt de oppnådde måleresultat i forhold til terrengets beskaffenhet, og til slutt sammenlignet resultatet av disse med de oppnådd under pompeprøver.

Til å bestemme ved hjelp av radioaktive "merkere" den underjordiske filtrasjons-hastighet for vann er det flere metoder. En av disse er ved fortynningsmetoden. Man antar at det i et poröst miljø eksisterer en potensiell strøm underkastet Darcy's lov. I følge fortynningsmetoden tilfører man vannet i en brønn en radioaktiv "merker" og måler så avtagningen med tiden av den tilførte "merker"'s konsentrasjon, en avtagning forårsaket av strømmingen av vann gjennom brønnen.

Går vi ut fra det kjente uttrykk at hastigheten med hvilket konsentrasjonen (av radioaktiviteten) avtar er proporsjonal med konsentrasjonen av isotoper og med utstrømmingen:

$$\frac{dA}{dt} = - \frac{A}{V_0} v_f F$$

kommer vi frem til uttrykket

$$\log \frac{A_0}{A} = \frac{V_f F}{2,3V_0} \cdot t \quad (1)$$

hvor A og A_0 er henholdsvis radioaktiviteten av "merkeren" i brønnen for tiden t og for $t = 0$; v_f filtrasjons-hastigheten; $V_0 = (\pi d^2/4) \cdot h$ = brønnens kapasitet;

$F = b \cdot h$ = tverrsnittet av de deler av strømmingene som kommer til brønnen; d = brønnens diameter; h = brønnens dybde.

Fig 1. viser strömretninger rundt brønnen. Sirkulasjonen Y av vannet er gitt ved $Y = V_0 \cdot X + V_0 \cdot r^2 \cdot \frac{x}{x^2 + y^2}$ (2)

hvor V_0 = hastigheten i uendelig; r = brønnens radius. Den totale strömning gjennom brønnen belöper seg til

$$bV_0 = 2(Y_a - Y_0)$$

Fordi for punktet $a(r, 0)$ er strömmen $Y_a = 2V_0 r$ og for punktet 0 er strömmen $Y_0 = 0$ det resulterer i at bredden på sonen b hvor vannet strömmer til brønnen når to brönndiametre d

$$b = 4r = 2d$$

Setter en dette inn i likning (1)

og ordner får vi:

$$\log \frac{A_0}{A} = \frac{1,106}{D} V_f \cdot t \quad (3)$$

Ved grafisk representasjon av avhengigheten $\log A_0/A$ i forhold til tiden oppnår vi en rett linje med hvis stigningstall man kan beregne filtrasjonshastigheten.

Under eksperimentene gjort i laboratoriet såvel som i terrenget merket man at uttrykket (3) fjernet seg fra den lineære form når målingen av aktiviteten ble gjort i "in situ" (i naturlige omgivelser). Denne divergens ble forklart ved adsorpsjonen av det radioaktive isotop på brønnveggen og i den omliggende grunn, den er kalt "underjordisk effekt." Da det var forutsett at målingene av radioaktiviteten skulle gjøres i brønnen "in situ"

tenkte forfatterne redusere effekten av adsorpsjonen av det radio-aktive isotop på tendensen til likning (3)

å divergere fra sin lineære form ved bruken av en relativ kraftig aktivitet slik at adsorpsjonen av det radioaktive isotop i tidsintervallet nødvendig for å gjøre 6 til 10 målinger ikke skulle ble en merkerbar størrelse.

Da den radioaktive "merker" ble tilført vannet prøvet man å distribuere vannet nedover i brønnen på en så uniform måte som mulig for å redusere til et minimum innflytelsen av vertikale strømminger som følge av lag med forskjellig porøsitet såvel som dannelsen av væsker med andre konsentrasjoner. Ved analysen av måleresultatene ble det tatt hensyn til de totale aktiviteter tilstede i brønnen ved de forskjellige tidsintervall og i kraft av dem ble så utregnet en midlere filtrasjonshastighet for det vertikale snitt i hvilket brønnen befant seg.

Den eksperimentelle del.

Man brukte som "merker" den radioaktive isotop jod-131 i form av en oppløsning NaI tilført uaktivt NaI som "bærer." Mengden av NaI ble utregnet slik at det i brønnen i begynnelsen av forsøket var 100 ppm i forhold til vannet. Før man begynte målingene i terregnet undersøkte man i laboratoriet innflytelsen av mengden av "bærer" på jod-131 oppløsningens oppførsel ved passering gjennom en søyle sandholdig grunn.

Det ble konstatert at tilstedeværelsen av "bæreren" ikke hadde en vesentlig innflytelse på reduksjonen av adsorpsjonen av jod-131 fordi for en mengde av "bærer" fra 0 til 400 ppm, nådde den igjennom søylen passerte aktivitet 96 - 97 %.

Fig 2. viser tre eksperimentelle kurver for relasjonen mellom aktivitets-forholdet a/a_0 og volum-forholdet V/V_0 for tilfellene: uten bærer, med 200 ppm NaI, med 400 ppm NaI, Her er a_0 = aktiviteten av oppløsningen etter utstrømning av volumet V av søylen og V_0 = det frie volum av søylen. Av fig 2. ser man at økningen av "bærer" - mengden kun har ubetydelig innflytelse på en hurtigere fremkommelse av maksimum for bølgen.

av "merkeren". For å tilføre det radioaktive jod-131 vannet til en brønn benyttet man seg av en spesiell injektor. Innsprøytingen ble utført i den valgte dybde ved å manipulere fra overflaten en knuser som knuste en penicillin flaske fylt med oppløsningen av isotoper. Oppløsningen av isotoper med en total aktivitet på 0,6 mC ble insprøytet i en brønn på tre punkter; 4,6 og 8 m fra overflaten av vannet. Blanding av "merkeren" ble gjort ved hjelp av en perforert plate festet til injektoren.

Til å måle aktiviteten brukte man en transistor måler (scalar transistoriel) med en scintillasjonssonde tilsluttet et batteri. Dette instrument ble laget i landet.

Resultat av målingene.

Ved fortynningsmetoden og ved pomperprøver ble eksperimenter gjort i flere brønner og i stenet grunn. Under bruken av fortynningsmetoden ble aktiviteten målt for hver 0,5 m nedover i brønnen med tidsintervall på 1 time.

Resultatene av målingene i brønn B 1 er representert ved fig 4. Man ser her fordelingen av aktiviteten nedover i brønnen målt for 9 timer.

Flaten mellom kurver og ordinaten tilsvarer den totale aktivitet tilstede i brønnen.

Forholdet mellom den totale aktivitet til å begynne med i forsøket og den totale aktivitet i måleøyeblikket avhengi av tiden, er representert ved fig 5.

Øyeblikket da den første måling ble tatt er betraktet som tid 0 og det er ved denne tid den totale aktivitet tilsvarer A_0 . Overføring til aktivitet ble oppnådd ved hjelp av et planimeter ved integrativ bruk på kurvene 1-9 på fig 4.

Relasjonen mellom logaritmen til aktivitetsforholdet og tiden (representert grafisk ved fig 5.) kan uttrykkes ved følgende lineære likning:

$$\log \frac{A_0}{A} = 0,105 t \quad (4)$$

Stigningstallet for denne linje har dimensjon h^{-1} og er bestemt ved de minste kvadraters metode.

Ved å sammenligne likningene (3) og (4) og ved å sette $d = 15$ cm får en verdien for den midlere filtrasjonshastighet i grunnen der brønn B 1 befant seg

$$v_f = \frac{0,105d}{1,106} = \frac{0,105 \cdot 15}{1,106} = 1,43 \text{ cm/t}$$

For å kunne sammenligne resultatene oppnådd ved fortynningsmetoden med resultatene nådd ved pompeprøver har man omgjort filtrasjonshastighetene i filtrasjonskoeffisienter ved bruk av Darcy's lov. Stigningen på den piezometriske linje i = 0,00105 ble funnet ved målinger i terrenget.

Tavle 1 gir oss filtrasjonskoeffisientene for brønnene B 1 og B 2 oppnådd ved fortynningsmetoden og ved pompeprøver. Man ser at verdien av koeffisientene oppnådd ved disse to metoder passer meget godt sammen.

Tavle. 1.

Filtrasjons koeffisienter (cm/s)

Brønn	Fortynningsmetoden	Pompe prøver
B 1	0,38	0,37
B 2	0,35	0,37

Konklusjon:

Ved en eksperimentell kontroll i terrenget ble det konstatert at fortynningsmetoden ga tilfredstillende resultater, hvis man gjør bruk av likning (3).

Innflytelsen på måleresultatene utøvet av adsorpsjonen av "merkeren" av terrenget ble redusert ved bruken av relativ kraftig aktivitet (helt opp i lmC).

For andre jordsmonn (f.eks. for alluvial grunn med en høy prosent av karbonater) kan en reduksjon av adsorpsjonen oppnås ved å tilføre en uaktiv "merker" i brønnen en stund før forsøket eller ved å tilføre den radioaktive "merker" en uaktiv "bærer". Sammenligningen mellom filtrasjonskoeffisienter for en grunn ved metoden med radio-aktive "merkere" og ved pompe prøver, viste at metoden med "merker" godt kan brukes til bestemmelsen av den underjordiske filtrasjonshastighet for vann, det vil si av filtrasjonskoeffisienten. Metoden med "merker" har den fordel å kunne bli tilpasset en naturlig sirkulasjon av det underjordiske vann uten å senke vannstanden ved. Dessuten er metoden betydelig mer økonomisk fordi målingene kan utføres på et ti tall timer (i stenet grunn) eller på en to, tre dager (i sand grunn).

P. Wendelbo.

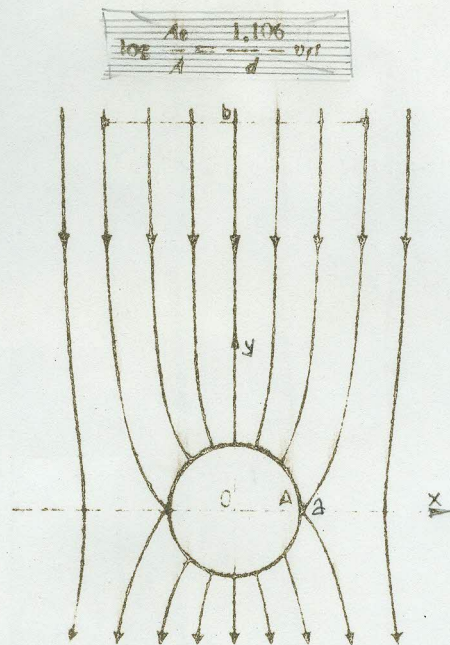


Fig 1. Vannets underjordiske strømminger rundt en brønn.

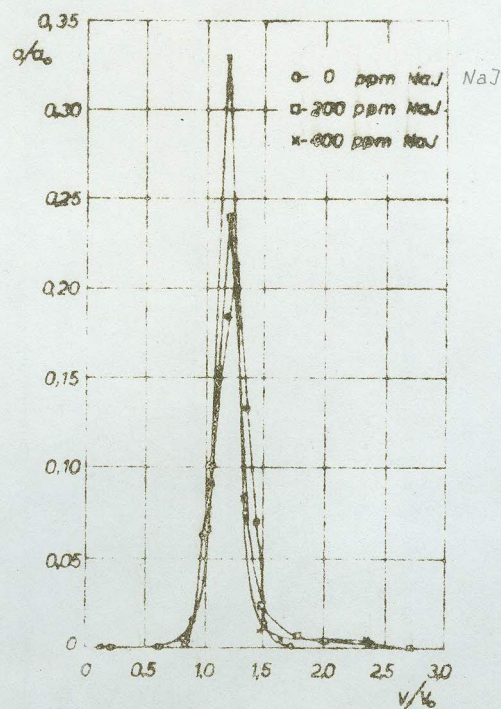


Fig 2. Eksperimentelle kurver over relasjonen mellom aktivitets forholdet og volumforholdet.

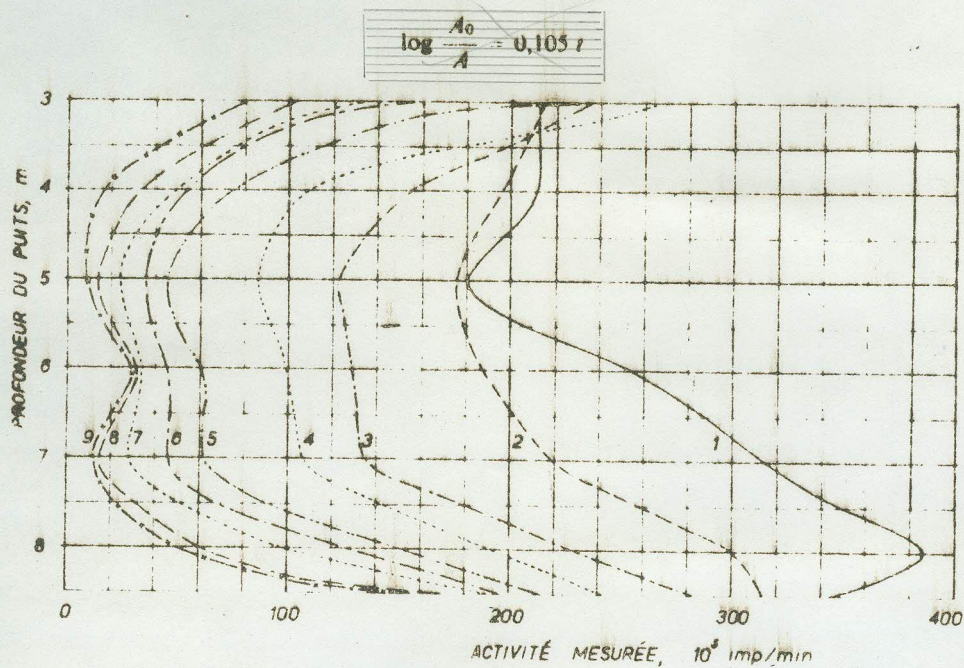


Fig. 4. Resultat av mätningar i brönn B 1.

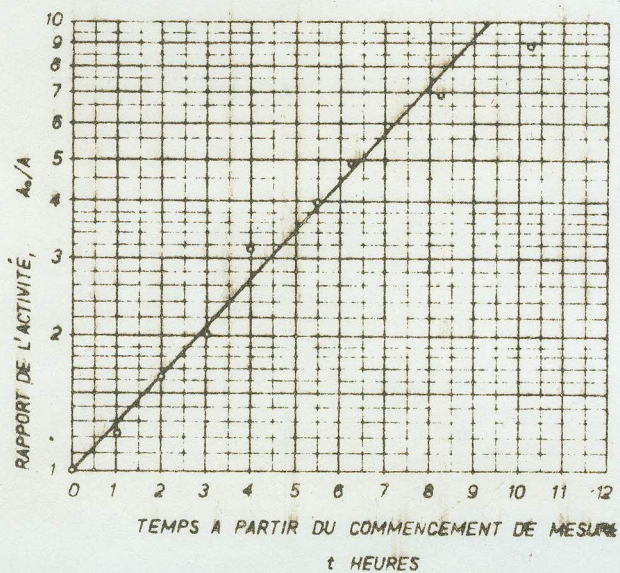


Fig 5. Avhengigheten mellom logaritmen til aktivitetsforholdet og tiden.