

Bull. Soc. belge Géologie	T. 87	fasc. 4	pp. 253-260	1 fig.5 tab.	Bruxelles	1978
Bull. Belg. Ver. Geologie	T. 87	deel 4	blz.253-260	1 fig.5 taf.	Brussel	1978

PERMEABILITEIT VAN ENKELE FORMATIES IN BELGIE

door Dr. W. LOY en Dr. P. DE SMEDT (1)

Een gedeelte van de hydrologische cyclus verloopt in de ondergrond, waar het grondwater gedraineerd wordt door bronnen, oppervlaktewater of verdamping. Hierdoor komt het grondwater in beweging, tegen een snelheid van 1,5 m. per jaar tot 1,5 m. per dag onder normale natuurlijke omstandigheden. Deze snelheid ligt vanzelfsprekend ver onder de snelheid waarmee het oppervlaktewater zich voortbeweegt. Het traagste gedeelte van de hydrologische cyclus wordt dus door het grondwater afgelegd.

Grondwater wint aan belang naarmate dat de doorlaatcapaciteit (leiding) van de geologische formatie toeneemt. Dit aspect wordt in 't algemeen niet genoeg beklemtoond. Integendeel, gewoonlijk wordt de bergingscapaciteit wel eens te veel benadrukt.

De doorlaatbaarheids- of permeabiliteitscoëfficiënt (k) wordt weergegeven door het debiet (in m³/d of m³/s) dat door een transversale eenheidssectie (m²) stroomt van de betreffende formatie onder een hydraulisch gradiënt van 100% bij 15° C. Het betreft dus de permeabiliteit van de formatie (medium) ten opzichte van water (fluidum) : de doorlaatfactor K van Darcy. Deze voerde zijn experiment uit met een homogeen zand met een porositeit van 38% dat een k-waarde leverde van 3.10⁻² cm/s of 3.10⁻⁴ m/s (=26m/d).

Afgezien van de laboratorium methoden (op modellen en stalen) zijn er ook nog de terreinmethoden, waaronder de proefpomp de meest doelmatige wijze is om de k-waarde te bepalen. De resultaten kunnen echter afwijkingen van 10 tot 30 % vertonen (cfr. Huisman in "Groundwater Recovery"). Ook spreekt men pas dan van een meer of minder doorlatende laag wanneer de permeabiliteit met een macht van 10 verschilt.

Het blijkt dus van belang de proefpompingen op verschillende plaatsen van een waterlaag uit te voeren en zich niet blind te staren op de resultaten van een enkele proefpomping.

Zowel ter informatie als om bestaande k-waarden te vergelijken, en mogelijke discordanties op te sporen, worden hierna enkele waarden vermeld. Deze zijn gedeeltelijk afkomstig uit publicaties en gedeeltelijk uit rapporten van de N. M. W. Deze waarden zijn niet enkel van belang voor de uitbating van grondwater. Andere toepassingen gebeuren bij drainering, bevrozing van gronden, modelbouw, waterbevuiling en -bescherming.

(1) N. M. W. Brussel.

<u>Plaats</u>	<u>Formatie</u>	<u>Methode</u>	<u>T (m²/s)</u>	<u>k (m/s)</u>	<u>k (m/d)</u>	<u>(*)</u>
Heist	Duizand (1)		-	3.10 ⁻⁴		26
Sclessin	Maasgrind (1)		-	1,10.10 ⁻² à 1,16.10 ⁻²	950 tot 1.000	
Liège	Maasgrind (1)		-	3,9 .10 ⁻²		3.370
-	Zanden van Mol (1)		-	10 ⁻⁴ à 3 .10 ⁻⁴	9 tot	26
Eeklo	Alluvium Vlaamse Vallei (1)		-	1,55.10 ⁻⁴		13
Zenst	Alluvium Vlaamse Vallei (2)	Jacob	3,63.10 ⁻³	3,82.10 ⁻⁴		33
Grimbergen	Alluvium Vlaamse Vallei (2)	Jacob	4,26.10 ⁻³	6,76.10 ⁻⁴		58
Nieuwenrode	Alluvium Vlaamse Vallei (2)	Jacob	2,64.10 ⁻³	2,80.10 ⁻⁴		24
Malderen	Alluvium Vlaamse Vallei (2)	Jacob	3,0 .10 ⁻³	2,80.10 ⁻⁴		24
Waarmaarde	Schelde-alluvium (5)		2,85.10 ⁻³	3,55.10 ⁻⁴		30
Avelgem	Schelde-alluvium (5)		2,24.10 ⁻³	2,24.10 ⁻⁴		19
Testelt	Demer-alluvium	Jacob	7 .10 ⁻³	7,7 .10 ⁻⁴		67
Aarschot	Demer-alluvium	Jacob	8,8 .10 ⁻³	6 .10 ⁻⁴		52
Tessenderlo	Zanden van Diest (1)	Jacob		0,7.10 ⁻⁴ à 1,6 .10 ⁻⁴	6 tot	14
Lommel 1	Diestiaan	Jacob	8,6 .10 ⁻³			
11	Diestiaan	Jacob	1,1 .10 ⁻²	1,3 .10 ⁻⁴		11
Westerloo	Miocene zanden (1)			2 .10 ⁻⁴		17

(1) Tison G., 1954 "Les Ressources aquifères de la Belgique", AIHS, Publ. 37 p. 455 - 459.

(2) Gemiddelde waarde van meerdere proefpompingen in P. De Smedt, 1975 : "Grondwaterprospectie in de alluviale gebieden van Noord-Brabant", Hydrographica 2 - 1975.

(5) M. Gulinck, V. Marun en R. Paepe "Hydrogeologische studie van de Scheldevallei tussen Avelgem en Waarmaarde" Aardkundige Dienst van België - P.P. 1970 n° 12.

(*) Grafisch weergegeven.

<u>Plaats</u>	<u>Formatie</u>	<u>Methode</u>	<u>T (m²/s)</u>	<u>k (m/s)</u>	<u>k (m/d)</u>
Eigenbilzen	Rupeliaan zanden (1)			4 · 10 ⁻⁵	3,50
Dijle bekken	Brusseliaan zanden (6)			2 · 10 ⁻⁴	17
Herent	Brusseliaan	Jacob	2,67 · 10 ⁻³	6,87 · 10 ⁻⁵	6
		Residuele afpompings	2,83 · 10 ⁻³	7,3 · 10 ⁻⁵	6,50
Varsenare	Paniseliaan zand (1)			1 · 10 ⁻⁵	0,9
Melle	Yperiaan zand (1)			2,9 · 10 ⁻⁵	2,5
Nerm	Landeniaan (L 1 c)	Jacob	1,44 · 10 ⁻³	4,83 · 10 ⁻⁵	4
Vissenaken	Vermoedelijk L 1 d	Jacob	8 · 10 ⁻⁴	4,4 · 10 ⁻⁵	3,80
Oorbeek	Landeniaan (L 1 c met tufsteen)	Jacob	1,23 · 10 ⁻³	2,47 · 10 ⁻⁵	2
	Heersiaan (mergel)	Residuele afpompings	1,06 · 10 ⁻³	2,10 · 10 ⁻⁵	1,8
Groot-Overlaar	Landeniaan (L 1 c met tufsteen)	Jacob	3,9 · 10 ⁻³	1,13 · 10 ⁻⁴	10
	Heersiaan (mergels)				
Lille (?)	Landeniaan (11)	Permeameter		2 · 10 ⁻⁵	1,7

(1) Tison G., 1954 "Les Ressources aquifères de la Belgique", AIHS, Publ. 37 p. 455 - 459.

(6) M. Gulinck, V. Marun "Reconnaissance Hydrogéologique du Bruxellien du Bassin de la Dyle en amont de Wavre" Service Géologique de Belgique P.P. 1971 n° 6 (Gemiddelde van 7 metingen).

(11) J. Mania 1972 "Hydrogéologie des sables landéniens en Flandres franco-belges" Ann. Soc. Géol. du Nord T.XCII p. 55-66.

<u>Plaats</u>	<u>Formatie</u>	<u>Methode</u>	<u>T (m²/s)</u>	<u>k (m/s)</u>	<u>k (m/d)</u>
Zoutleeuw P1	Heersiaan (mergel) Krijt M + S	Jacob	$4,62 \cdot 10^{-3}$	$4,60 \cdot 10^{-5}$	4
		Residuele afpompings	$5,60 \cdot 10^{-3}$	$5,50 \cdot 10^{-5}$	4,75
Zoutleeuw P2 (96,5m)	Heersiaan-Maastrichtiaan (4)	Jacob	$1,43 \cdot 10^{-3}$	$2,85 \cdot 10^{-5}$	2,50
		Residuele afpompings	$1,07 \cdot 10^{-3}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	1,80
Zepperen (119m)	Maastrichtiaan-Senoon (4)	Jacob	$2,46 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	2,50
		Residuele afpompings	$2,01 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	2,00
Wellen (122,5 m)	Maastrichtiaan (4)	Jacob	$3,43 \cdot 10^{-3}$	$3,92 \cdot 10^{-5}$	3,40
Vliemaal (96 m)	Maastrichtiaan (4)	Jacob	$4,54 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,50
		Residuele afpompings	$3,77 \cdot 10^{-3}$	$4,49 \cdot 10^{-5}$	4,00
Waltwilder P2 (157m)	Maastrichtiaan-Senoon (4)	Residuele afpompings	$5,45 \cdot 10^{-4}$	$6,05 \cdot 10^{-6}$	0,50
Slins	Senoon		$4,98 \cdot 10^{-2}$	$1,70 \cdot 10^{-3}$	147
Overijse (Tombeek)	Senoon	Jacob	$1,06 \cdot 10^{-2}$	$3,10 \cdot 10^{-4}$	27
		Residuele afpompings	$1,41 \cdot 10^{-2}$	$4,10 \cdot 10^{-4}$	35,5
Overijse (Kouterstr)	Senoon	Jacob	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	4
St.Agatha-Rode P1	Krijt Dijle bekken	Jacob	$5,08 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-3}$	125
		Jacob	$3,78 \cdot 10^{-2}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$	93
Genval-Schweppes A3	Krijt (7)	Jacob	$2,05 \cdot 10^{-2}$	$1,043 \cdot 10^{-3}$	90
		Theis	$2,42 \cdot 10^{-2}$	$1,235 \cdot 10^{-3}$	107
Genval-Balamundi C5	Krijt (7)	Jacob	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$4,619 \cdot 10^{-4}$	40
Genval-Balamundi C6	Krijt (7)	Jacob	$1,52 \cdot 10^{-2}$	$5,194 \cdot 10^{-4}$	45
La Hulpe-Intermills G4	Krijt (7)	Jacob	$1,19 \cdot 10^{-2}$	$6,633 \cdot 10^{-4}$	57
		Theis	$1,12 \cdot 10^{-2}$	$6,775 \cdot 10^{-4}$	59

(4) P. De Smedt en W. Loy "Hydrogeologische karakteristieken van het Heersiaan - Maastrichtiaan van Zuid-Limburg tussen Zoutleeuw en Waltwilder" Hydrographica 1-1977.

(7) J. Henry et J. Rouhart 1978 : "Données hydrogéologiques sur l'aquifère Crétacé du bassin de la Lasne" La Technique de l'Eau n° 378 - 379, 1978.

<u>Plaats</u>	<u>Formatie</u>	<u>Methode</u>	<u>T (m²/s)</u>	<u>k (m/s)</u>	<u>k (m/d)</u>
Seneffe (Terre Pelée)	Karboonkalk		$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	12
Florée	Karboonkalk		$6,3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	26
Moustier	Karboonkalk (10)	Jacob	$4,7 \cdot 10^{-3}$	-	-
Brugelette	Karboonkalk		$7 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	613
Villers-Perwin	Karboonkalk (3)		$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	1,5
			$1,45 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	25
Ciney	Karboonkalk (10)	Jacob	$7 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	30
Aywaille	Frasniaan (8)		-	$1,87 \cdot 10^{-2}$	1.615
Han (Grottes de Han) (9)					2.400
Remouchamps (Rubicon) (9)					10.750
On-Jemelle (Deswain) (9)					31.200

(3) J.P. Biron 1975 "Premières données relatives aux puits de Villers-Perwin de la S.N.D.E." Hydrographica 2-1975

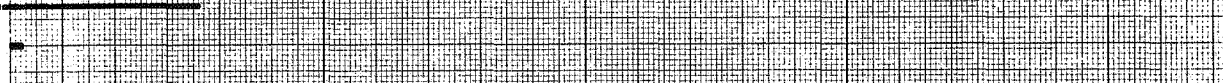
(8) A. Duykaerts 1967 (gemiddelde van 7 metingen) in "Revue de la Société Spéléologique de Wallonie" n° 2, 1967.

(9) E. Van Den Broeck, E. Martel, E. Rahir 1910 "Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique" - Bruxelles.

(10) J.P. Biron et J. Ch. Wathelet : "Recherches pour l'implantation de puits en nappe calcaire". Hydrographica 1-1977 (Gemiddelde van 10 metingen).

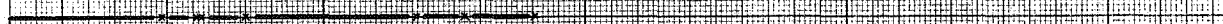


1. Snelheid van normaal afvloeiend grondwater



2. k-waarden (berekend bij onafvloeiingen)

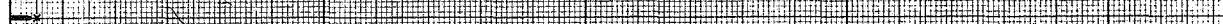
Alluvium



Diestiaan



Rupeliaan



Brusseliaan



Paniseliaan



Yperiaan



Landeniaan



Maastrichtiaan+Senoon



Carboonkalk



3. Snelheid van grondwater in karstgebieden

Aywaille

1615 m/d

Han

2400 m/d

Remouchamps

8750 m/d

On-Jemelle

21200 m/d

	<u>Door/laatbaar</u>			<u>Ondoor/laatbaar</u>										
	<u>Zeer goed</u>	<u>Goed</u>	<u>Slecht</u>											
(m/s)	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	
(m/d)	86.400	8.640	864	86,4	8,64	0,864	0,086	0,008	0,0008					
(cm/s)	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	
						= 1 darcy								
														Bentoniet
														Klei
														Leem
														Krijt van Waltwilder
														Rupeliaan zand - Landeniaan
														Krijt van Haspengouw
														Paniseliaan
														Natuurlijke snelheid grondwater
														Duinzand
														Brusseliaan zand
														Zanden van Diest, -van Mol
														Alluvium Vlaamse Vallei (Zemst en omgeving)
														Krijt Dijle Bekken
														Proef van Darcy : 26 m/d
														Maasgrint
														Carboonkalk

BEMERKINGEN.

1. Deze coëfficiënten hebben geen vaststaande waarde maar kunnen beïnvloed worden zowel door natuurlijke verschijnselen (oplossing, aardbeving) als door kunstmatige (verzuring- ontwikkeling van een filterput).
Ook zien we een geographische variatie : bij het vergelijken van putten met dezelfde constructie zien we dat in de Krijt-formatie van Limburg de doorlatendheid k toeneemt van west naar oost m.a.w. naarmate men de freatische zone van de aquifer in het Heersiaan-Maastrichtiaan nadert (van $2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s in het westen tot $1,7 \cdot 10^{-3}$ m/s in het oosten).
Deze verschijnselen werden in de Dijle-vallei eveneens vastgesteld. De permeabiliteit van de Krijtformatie neemt af van zuid naar noord.
2. Vanaf het ogenblik dat de permeabiliteitscoëfficiënt boven een bepaalde waarde (10^{-2} m/s) komt te liggen kan de vraag gesteld of er nog werkelijk over permeabiliteit kan gesproken worden m. a. w. deze waarden wijzen op de afwezigheid van een permeabiliteit in 't klein en dus op karstverschijnselen, waarbij kans op verontreinigingen ontstaat. Permeabiliteit veronderstelt immers water en een medium. In karstgebieden ontbreekt dit medium en krijgen we i.p.v. permeabiliteit een stroomsnelheid van een ondergrondse waterloop, waarbij daarenboven nog turbulentie optreedt. Dit wordt bevestigd.
 - door rechtstreekse ondergrondse waarnemingen zoals in de grotten van Han en Remouchamps en
 - door onrechtstreekse waarnemingen bij het boren wanneer op een of andere wijze holten worden vastgesteld (door kernen, plotse verzakkingen van de boorkop, flow-meting, camera...).Met voldoende gegevens zou de lijn, die de k -waarde weergeeft in de Karboonkalk (cfr.fig.), aansluiten met de waarden van de snelheden van het grondwater in karstgebieden. In de natuur komen voor kalkgesteenten alle gradaties van permeabiliteit voor.
3. De vermelde snelheden wijzen op de mogelijkheid dat het water zich met deze snelheden in de respectievelijke geologische formaties kan verplaatsen ten gevolge van proefpompingen. In natuurlijke omstandigheden, of bij afwezigheid van kunstmatig afpompen of bemalen, treden zoals reeds gezegd veel lagere snelheden op die enkel geconditioneerd worden door de natuurlijke drainage.
4. Voor wetenschappelijke en praktische doeleinden zou het wenselijk zijn alle gekende k -waarden op kaart te brengen om een meer visuele voorstelling van deze waarden te bekomen.
5. Als grove vergelijkende waardeschatting kunnen volgende snelheden vermeld voor :
 - natuurlijke grondwaterstroom : 10^0 m/d
 - grondwater bij pumping : 10^2 m/d
 - oppervlaktewater : 10^5 m/d

Mededeling voorgesteld tijdens
de zitting van 17 October 1978.