

L. F. Ernst

Op verzoek van
ir H. A. J. Heijmans

1973

mei 1970

NOTA 740

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research cen.
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Water

STROOMGEBIEDEN, WEGZIJGINGS- EN KWELGEBIEDEN
IN HET WATERSCHAP NOORD-LIMBURG EN DE
AANGRENZENDE GRONDEN LANGS DE MAAS

dr L.F. Ernst

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

1. DE DIRECTE GRONDWATERSTROMING NAAR DE MAAS

Voor de bepaling van de grenzen van een grondwaterstroomgebied is de beste en eenvoudigste methode het gebruik maken van een kaart van de stijghoogte van het diepe grondwater in het grove goed doorlatende pakket. Dit is slechts juist voor zover in het horizontale vlak er een isotrope doorlatendheid mag worden aangenomen. Er zijn geen belangrijke afwijkingen bekend van deze veronderstelling. Een algemeen geldige eigenschap van isotroop doorlatende grond is dat de stroomlijnen loodrecht staan op de lijnen van constante stijghoogte. Op grond hiervan zou er dus geen enkele moeilijkheid moeten zijn om dergelijke lijnen te trekken uitgaande van het punt waar de betrokken open leiding zijn einde vindt door uitstroming in een grotere leiding.

Bij nadere beschouwing vindt men toch zekere complicaties, zowel door de aanwezigheid van tertiaire open leidingen, die vrijwel elke zomer tijdelijk droog staan en waarvan de invloed maar slechts bekend is (niet aangegeven op bijgaande kaarten), als door het onregelmatige tracé van de beken (secundaire leidingen), wat tot gevolg heeft dat er onsamenvangende stroomgebieden ontstaan. Immers waar een open leiding dwars op een redelijk van belang zijnde helling loopt, zal een deel van de grondwaterstroming niet door deze leiding worden afgevoerd, maar er onder doorgaan en verder in een lager punt van de helling, bijvoorbeeld door de Maas, worden afgevoerd (zie fig. 1).

Slecht doorlatende tectonische breukzones kunnen weliswaar veel invloed hebben op de potentiaalverdeling (fig. 2), maar zullen weinig invloed op de vorm van de stroomlijnen zelf uitoefenen. Deze verwachting steunt niet alleen op theoretische gronden, maar blijkt bovendien uit de isohypsenkaarten van het grondwater in het betreffende gebied.

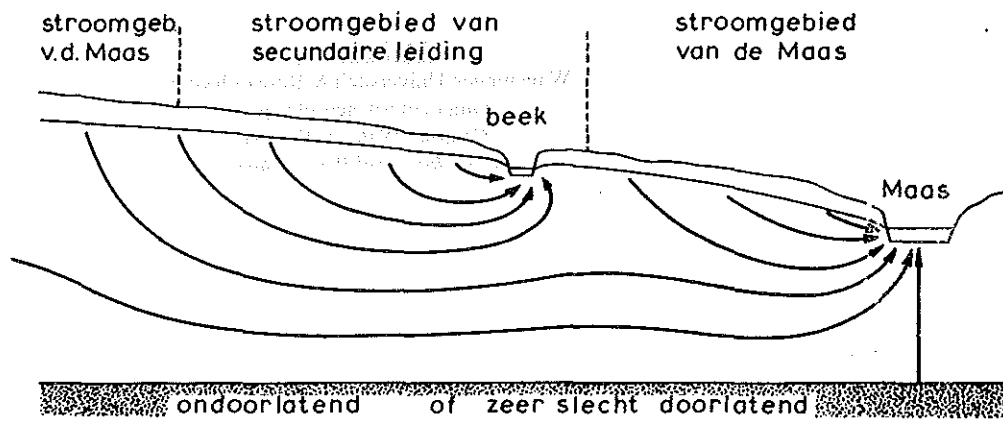


Fig. 1. Stroming van grondwater vanuit hogere gebieden onder kleinere waterlopen doorgaande naar de hoofdrievier, die het laagst is gelegen

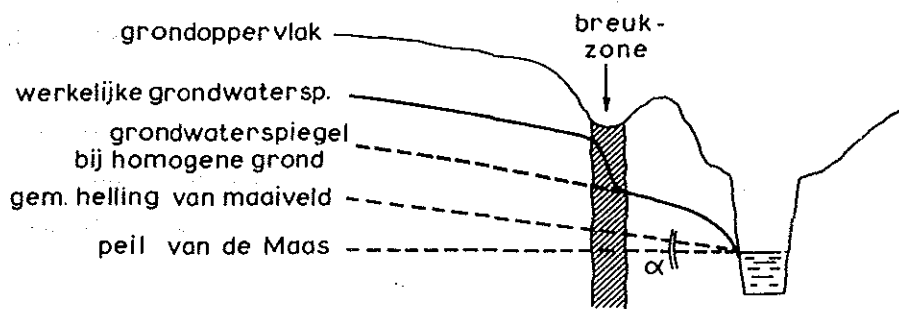


Fig. 2. De grondwaterspiegel heeft ver van de Maas een vrij constante helling in de richting van de Maas. Dicht bij de Maas een toenemende helling, omdat daar het neerslagoverschot naar de Maas wordt afgevoerd en niet meer naar de secundaire leidingen gaat (zie fig. 8).

In de breukzones dicht langs de Maas worden vrijwel overal extreem grote hellingen in de grondwaterspiegel gevonden.

Een eenvoudige formule voor de stroomgebiedsgrenzen kan worden afgeleid voor het geval, dat de secundaire leidingen evenwijdig zijn en met gelijke helling afstromen naar de primaire leiding en daar met loodrechte snijding op uitkomen (fig. 3). De isohypsen hebben dan bij benadering een gelijke parabolische vorm en eenzelfde as, zodat ze door evenwijdige verschuiving in elkaar overgaan. Direct bij de primaire leidingen en halverwege op de waterscheiding moeten enige afwijkingen van de parabolische vorm worden toegestaan.

Voor zover de parabolische vorm geldig is kunnen de volgende formules worden afgeleid (fig. 3), respectievelijk voor de vorm van de stroomlijnen en voor de grootte van het gebied, dat tussen twee naast elkaar gelegen secundaire leidingen een afstroming van grondwater naar de primaire leiding geeft:

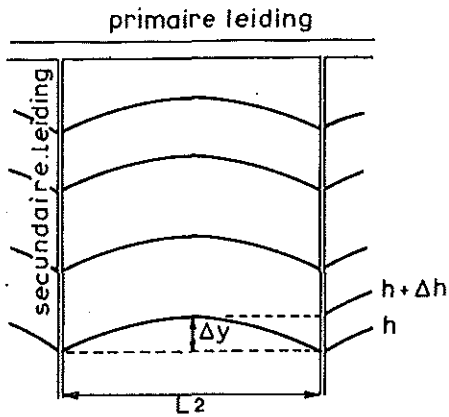
$$y_2 = \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{N} \ln \frac{x}{x(0)}$$

$$A = L_2 \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{N}$$

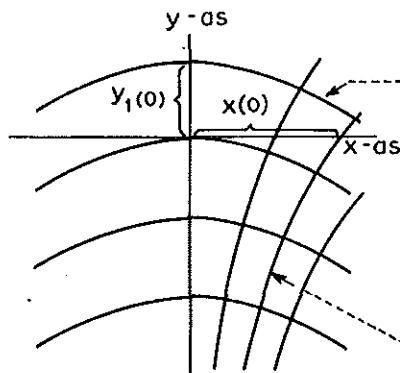
Het werkelijke tracé van primaire en secundaire leidingen in het waterschap Noord-Limburg wijkt nogal af van wat er in fig. 3 ~~werd~~ ^{is} verondersteld. Er is zowel met dit ^{werkelijke} tracé als met bovenstaande formules zo goed mogelijk rekening gehouden bij het trekken van de stroomgebiedsgrenzen in fig. 4. Het direct op de Maas afstromende gebied is volgens deze kaart 25 % van het gehele gebied (50 000 ha). Dit komt vrij goed overeen met wat uit de formule voor de gebiedsgrootte A volgt door de volgende waarden te substitueren: $N = R - E = 750 - 550 = 200$ mm/jaar; $\operatorname{tg} \alpha = 0,001$; $kD = 1500$ m²/dag ofwel $kD = 500$ m²/dag.

De waarde van L_2 is hierbij van minder belang, daar voor het gehele waterschap kan worden gesteld dat er een vrij constante gebiedsbreedte is (gemiddelde waarde $\frac{1}{2} L_1 = 18$ km). De gezochte verhouding kan immers worden gelijkgesteld aan: $2kD(NL_1)^{-1} \operatorname{tg} \alpha$

Hiermee wordt voor de tevoren opgegeven kD -waarden respectievelijk als uitkomsten gevonden: 30 % en 10 %.



$N =$ neerslag overschot
 $\alpha =$ maaveldshelling
 $\Delta h = \Delta y \operatorname{tg} \alpha = \frac{NL_2^2}{8kD}$
 $\Delta y = \frac{NL_2^2}{8kD \operatorname{tg} \alpha}$



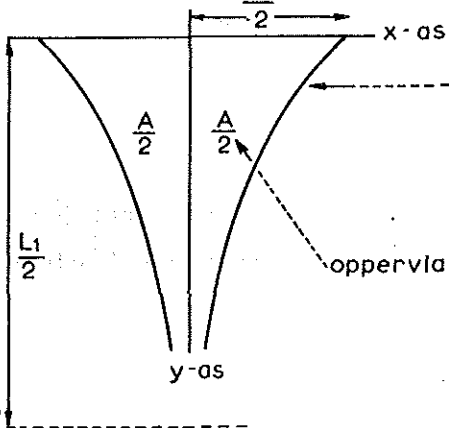
voor elke isohypse $y_1(x)$ geldt:

$$y_1(x) - y_1(0) = -\frac{Nx^2}{2kD \operatorname{tg} \alpha}$$

voor een orthogonale trajectorie $y_2(x)$ geldt:

$$\frac{dy_2}{dx} = -\frac{1}{\frac{dy_1}{dx}} = \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{Nx}$$

$$y_2 = \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{N} \ln \frac{x}{x(0)}$$



$$y = \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{N} \ln \frac{2x}{L_2}$$

$$x = \frac{L_2}{2} \exp\left(\frac{Ny}{kD \operatorname{tg} \alpha}\right)$$

oppervlakte $\frac{A}{2} = \int_{-\infty}^0 x \, dy = \frac{L_2}{2} \int_{-\infty}^0 \exp\left(\frac{Ny}{kD \operatorname{tg} \alpha}\right) dy =$
 $= \frac{1}{2} L_2 \frac{kD \operatorname{tg} \alpha}{N}$

Fig. 3

Primaire en secundaire stromingsveld
 gecombineerd, Aan het constante feit
 langs de primaire leiding wordt hiermee
 niet voldaan (zie aantskening links in de marge)

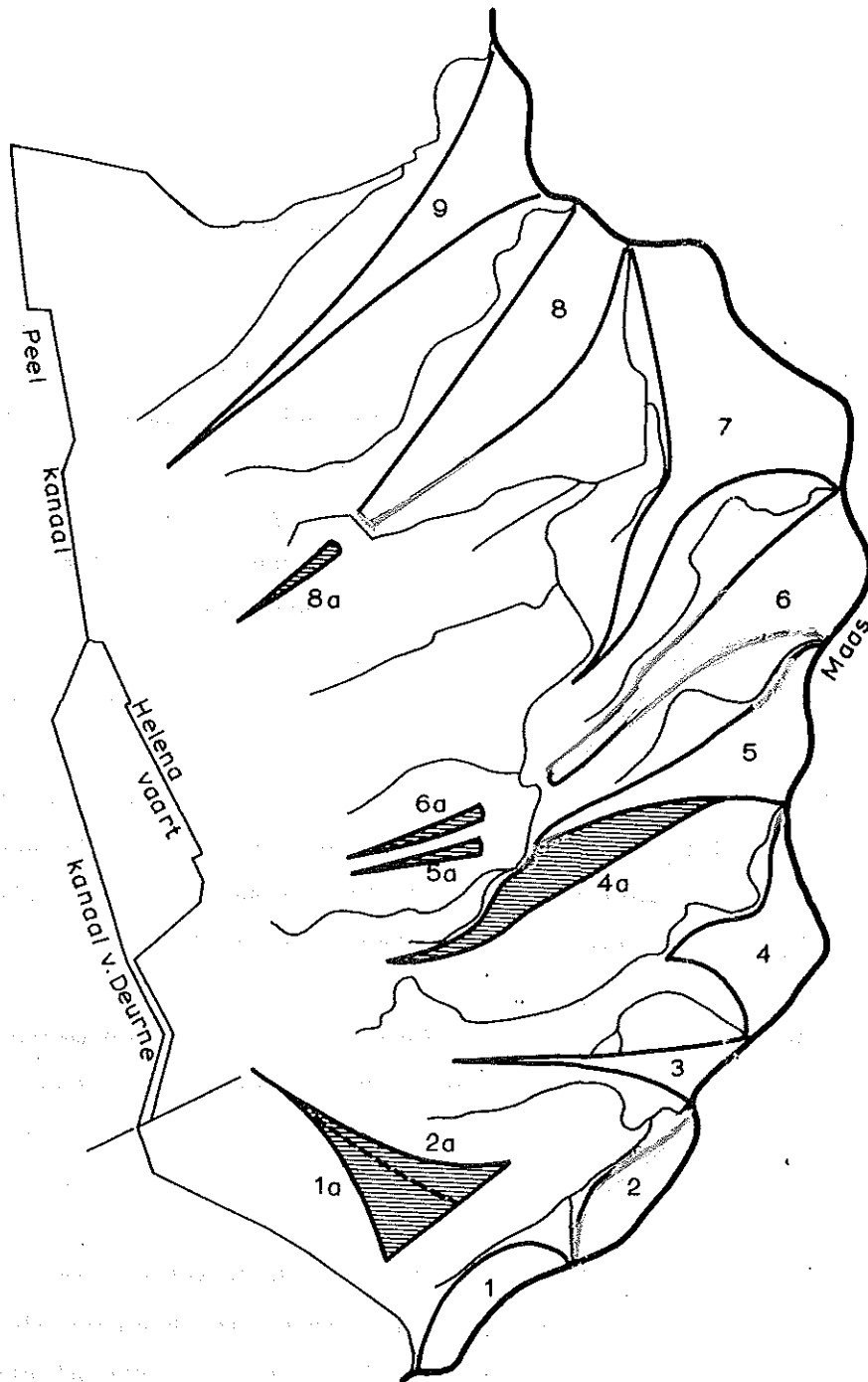


Fig. 4. Gebieden, waarin de grondwaterstroming voornamelijk een directe afvoer naar de Maas geeft. Gearceerde gebieden (1a-8a) geven ~~door~~ een ondergrondse afstroming onder een van de beken door

2. WEGZIJGINGS- EN KWELGEBIEDEN

Volgens een gebruikelijke definitie kan men wegzijging of kwel gelijkstellen aan de gesommeerde hoeveelheid water, die per tijds-eenheid uittreedt of intreedt door onderkant en zijkant(en) van een gegeven grondpakket. Een directe bepaling is in het algemeen niet mogelijk. De meest geschikte methode is de ondoorlatende basis van het geo-hydrologische pakket ook te beschouwen als onderkant van het beschouwde gebied en daarmee de sommatie te beperken tot de horizontale stroming over een rand, die in een normale topografische kaart kan worden aangegeven. Worden deze grenzen niet van tevoren vastgelegd, dan is het nodig om voor het gehele gebied een isohypsenkaart en een kD-waardenkaart en eventueel een breukweerstandkaart te hebben. Bij een geringe dichtheid van de waarnemingspunten kan niet worden uitgesloten dat de interpolatie te wensen overlaat ten aanzien van de nauwkeurigheid. Daarbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan de invloed die de grondwaterstroming ondervindt door zekere onregelmatigheden in het peil van beken en sloten, aan de vrij grote variaties die mogelijk zijn in de grofheid van de fluviatiele sedimenten en aan de abrupte verschillen in de kD-waarden aan weerszijden van breuken, die in hun ligging soms slechts matig bekend zijn of mogelijk zelfs geheel onbekend.

Voor het Waterschap Noord-Limburg is zowel een kD-waardenkaart als een isohypsenkaart beschikbaar. De isohypsenkaart toont ter plaatse van de Tegelen-breuk geen bijzondere kenmerken, maar dicht langs de Maas zeer sterke gradiënten hoewel daar geen tectonische breuken bekend zijn.

Indien het voldoende is, slechts tot de bepaling van een zeer globale wegzijgings- en kwelkaart te komen, dan behoeven deze moeilijkheden niet direct storend te werken. In de eerste plaats is het immers nodig van de belangrijkste topografische en hydro-geologische eigenschappen gebruik te maken.

In grote lijnen kan men het gebied als volgt beschrijven. De waterscheiding ligt op de Peelhorst dicht bij de grens tussen de provincies Noord-Brabant en Limburg. Het Peelgebied is vrij vlak met een breedte variërend van 6 km bij de Vredepeel tot 8 km bij

Griendtsveen en Helenaveen. Vanaf de Peel naar de Maas is er een vrij gelijkmatige maaiveldshelling van ongeveer 1:1000. In westelijke richting is het aflopende gebied wat minder regelmatig in zijn eigenschappen, onder andere door de invloed van de Peelrandbreuk zowel bovengronds als ondergronds. In hoofdzaak kan men het Peelgebied dus zien als een gebied met wegzijging. Deze ondergrondse afstroming geeft door de minder regelmatige hydrologische toestand in Noord-Brabant mogelijk aldaar op vrij korte afstand een versterkte afvoer in de westwaarts stromende open leidingen. Voor het Limburgse gebied lijkt dit niet waarschijnlijk en mag als vrijwel vaststaande worden aangenomen, dat er een regelmatige doorgaande grondwaterstroming is in de richting van de Maas.

De volgende grootheden zijn van belang voor de bepaling van het wegzijgingspercentage.

Gemiddeld neerslagoverschot: $N = R - E = 750 - 550 = 200 \text{ mm/jaar} = 0,55 \text{ mm/dag}$.

Geleidend vermogen van het relatief dunne, goed doorlatende pakket (10 tot 20 m dikte op de Peelhorst): $kD = 500 \text{ m}^2/\text{dag}$.

De ondergrondse afstroming in oostelijke richting kan per strekkende meter worden berekend in een west-oost doorsnede (fig. 5)

$$q_1 = kDi = 500 \times \frac{1}{1000} = 0,5 \text{ m}^2/\text{dag}.$$

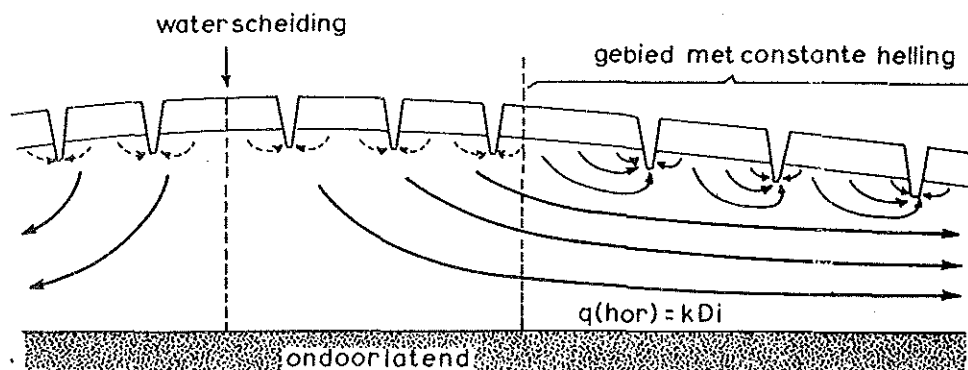


Fig. 5. Ter weerszijden van de waterscheiding bevindt zich een gebied waar het neerslagoverschot niet volledig door de open leidingen (sloten en bovenlopen van de beken) behoeft te worden afgevoerd

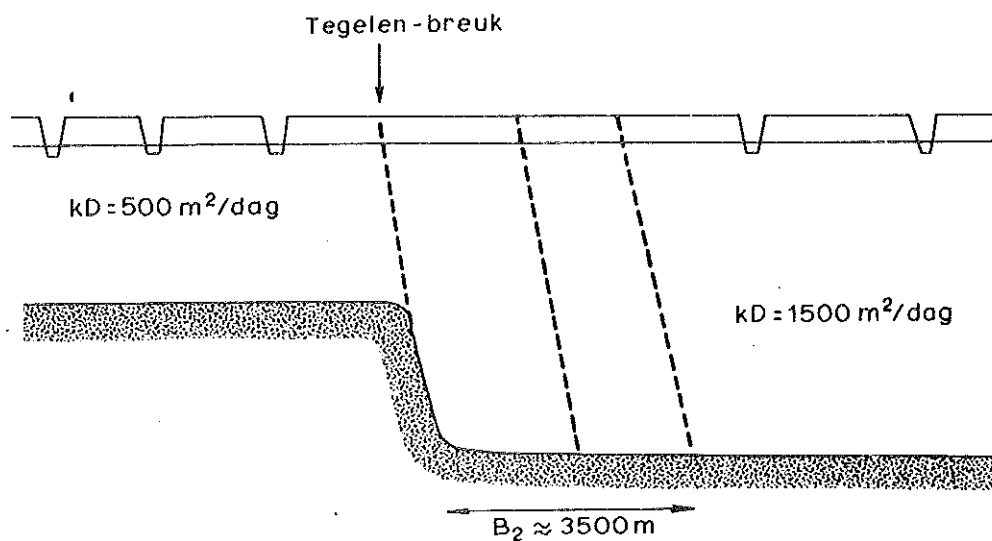


Fig. 7. Schematische weergave van het geo-hydrologische profiel loodrecht op de Tegelen-breuk. Op grond van de beschikbare gegevens omtrent vorm van grondwaterspiegel en dichtheid van waterlopen wordt vermoed dat er een zone is met geleidelijke overgang van het horizontaal geleidend vermogen (breedte ca. 3500 m?)

Voor de uitvoer aan de oostelijke rand van deze strook :

$$q_3 = kDi = 1500 \times \frac{1}{1000} = 1,5 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Voor het gemiddelde neerslagoverschot kan dezelfde waarde als tevoren worden gebruikt. Grote verschillen in grondwaterstandsdiepte geven geen overwegende verschillen in het jaargemiddelde van N. Zo volgt voor de voeding: $NB_2 = 0,00055 \times 3500 = 1,93 \text{ m}^2/\text{dag}$.

Hieruit kan tenslotte het volgende wegzijgingspercentage worden afgeleid:

$$\frac{q_3 - q_2}{NB_2} = \frac{1,5 - 0,5}{1,93} = 52 \%$$

Voor het natte gebied oostelijk van Horst en Sevenum lijkt deze uitkomst ruimschoots aan de hoge kant.

3. HET SECUNDAIRE STROMINGSVELD BIJ HORIZONTALE LIGGING VAN ALLE DRAINERENDE LEIDINGEN

Er zijn voor de afstroming naar de Maas uit de formules in de hoofdstukken 1 en 2 gelijke uitkomsten gevonden, namelijk een afstroming gelijk aan $kD \operatorname{tg} \alpha$.

Fig. 2 laat echter reeds zien, dat dit niet geheel juist is. Dichtbij de Maas moet de gradiënt van de grondwaterspiegel toenemen tot belangrijk meer dan $\operatorname{tg} \alpha$. Wordt aangenomen, dat in fig. 4 een goed stelsel van orthogonale trajectoriën op de lijnen van constante stijghoogte wordt gegeven, dan is hiermee haast ongemerkt toch rekening gehouden.

Het is duidelijk, dat de oorzaak hiervan ligt in de vereenvoudigde afleiding in hoofdstuk 1 (zie fig. 3, waarin geen vrij rechte isohypsen direct bij de primaire leiding voorkomen) en in de uitsluitende aandacht die in hoofdstuk 2 werd gegeven aan de primaire maai-veldshelling.

Wordt in gedachten verondersteld, dat het gehele gebied horizontaal ligt, dan komt men bij homogeen doorlatende grond tot een secundair stromingsveld met stroomgebiedsgrenzen als afgebeeld in fig. 8. Tussen twee opeenvolgende secundaire leidingen krijgt de primaire leiding dus een gebied groot $\frac{1}{4} L_2^2$ erbij.

In hoeverre dit verschil tussen theorie en werkelijkheid van praktisch belang is, is echter nog de vraag. Immers ook het secundaire stromingsveld in fig. 8 is bepaald op grond van vereenvoudigde omstandigheden. Er is namelijk een homogeen doorlatende grond verondersteld, terwijl de isohypsenkaarten een vrij duidelijke aanwijzing geven dat er dicht langs de Maas een veel grotere stromingsweerstand aanwezig is, dan overeenkomt met een kD -waarde van rond $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$.

Als samenvatting kan tenslotte worden gesteld, dat de vereenvoudigende behandeling een iets te kleine invloed van de Maas geeft. Het gebruik maken van een goede isohypsenkaart tezamen met een goede kD -waardenkaart geeft als voordeel dat bovengenoemde fout zonder meer wordt vermeden.

warm of genomen van waterlopen kant?

Method 1

- a. Benzeningsformules (fig. 5 en 8)*
- b. Orthog. traject. op isohypsenkaart (fig. 4)*

Method 2

- a. Gekwetste kaart diepte profiel (fig. 5 en 7) event. benzeningsformule 11*
- b. Kruis- en meegrijpsgebieden (fig. 6 en 8)*

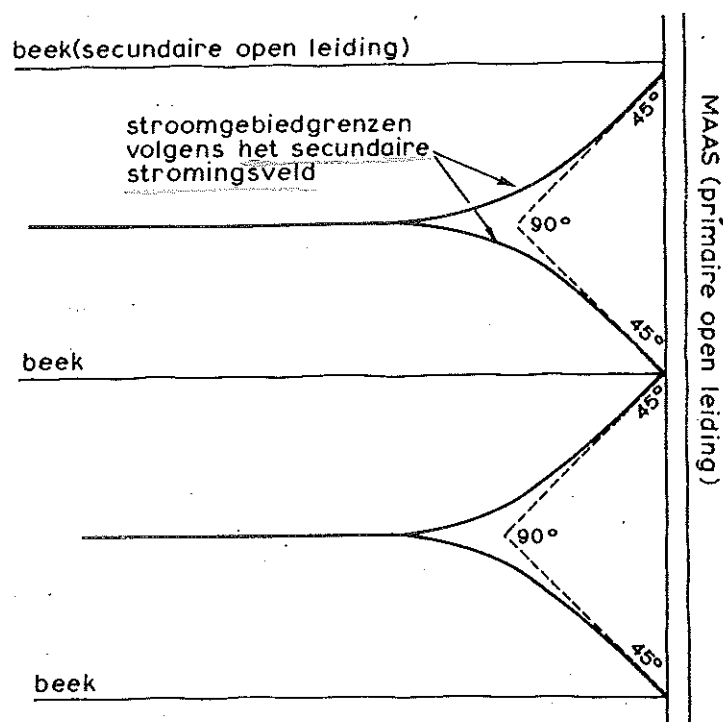


Fig. 8. Grenzen tussen de gebieden met een ondergrondse afvoer respectievelijk naar de Maas en naar de zijbeken. De hoeken van 45° en 90° ontstaan omdat in deze geschematiseerde figuur is verondersteld dat alle beken evenwijdig zijn en loodrecht op een rechtlijnige hoofdrivier afstromen

LITERATUUR

- ERNST, L.F. en N.A. DE RIDDER. High resistance to horizontal groundwater flow in coarse sediments due to faulting. *Geologie en Mijnbouw*, 22, 1960, 66-85.
- HELLINGS, A.J. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Limburg. Rapport 12. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland, T.N.O. 's-Gravenhage, 1958.
- RIDDER, N.A. DE, P. HONDIUS en A.J. HELLINGS. Hydrogeological investigations of the Peel region and its environs. *Techn. Bull.* 48, I.C.W., Wageningen, 1967.