

Een schatting van de grootte
van de kwel in het Prunje - gebied

door

G.W. Bloemen

BIBLIOTHEEK DE RAAM
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

1. Inleiding

Kwel is een post op de waterbalans en als zodanig mede bepalend voor de grootte van het waterbezwaar. Positieve kwel vergroot dit, negatieve kwel verkleint het. Men kan de grootte van de kwel in een bepaald gebied daarom leren kennen door in dat gebied de in bepaalde perioden binnenkomende waterhoeveelheden te meten en deze te vergelijken met de verdwijnende hoeveelheden.

In een polder kan dit eenvoudig zijn omdat men de uitgeslagen waterhoeveelheden kan berekenen wanneer de capaciteit van het gemaal en het aantal maaluren voldoende nauwkeurig bekend zijn. Wanneer men de noodzakelijke metingen verricht in de wintermaanden, dan kan het geringe waterverlies door verdamping voor de gehele polder worden berekend met de formule voor de verdamping van het open wateroppervlak. Neerslagcijfers zijn gemakkelijk te verkrijgen en op de polder geloosde waterhoeveelheden kunnen gemeten worden. Tenslotte moet nog rekening gehouden worden met vochtvoorraadveranderingen in de polder. De moeilijke bepalingen hiervan kan men vermijden door de meetperioden te laten beginnen en eindigen op een tijdstip waarop de open waterpeilen gelijk zijn en de afvoer even geheel of bijna tot stilstand komt. Men kan dan aannemen dat tussen het begin en het eind van de perioden geen verandering in de open of gesloten waterberging is opgetreden.

Wanneer men op deze wijze de kwel uit polderbalansen berekent dan betekent dit dat men een gemiddeld kwelcijfer voor de gehele polder heeft gevonden. In voorkomende gevallen zal men hiermee niet te-

186/0960/20

1786755



0000 0672 1340

vreden zijn en cijfers vragen, die voor verschillende delen van de polder de grootte van de kwel aangeven.

Zonder gebruik te maken van maalgegevens kan men naar de grootte van de kwel een schatting doen door bestudering van gegevens over de grondwaterbeweging. Deze is een afspiegeling van de veranderingen in de verhoudingen tussen de grootte van de verschillende posten op de waterbalans van de grond. In grote lijnen gezien immers is de grondwaterstijging, die optreedt wanneer de neerslag de som van afstroming en verdamping overtreft een gevolg van het feit dat het overschot in de grond wordt geborgen. Door deze stijging neemt tevens de drukhoogte toe waardoor de afstroming wordt aangepast aan het toegenomen waterbezwaar. De grootte van deze afstroming moet, over gegeven perioden gemeten gelijk zijn aan de som van neerslag, verdamping, vochtvoorraadverandering en kwel.

Wanneer nu uit het bestaan van een drukhoogte blijkt dat afstroming optreedt in een periode waarin de som van de overige posten op de waterbalans - de kwel uitgezonderd - gelijk nul is, dan wijst dit op het optreden van positieve kwel. De grootte hiervan is evenredig met de drukhoogte in deze periode. Deze evenredigheid wordt weergegeven door de lijn die de samenhang tussen drukhoogte en afstroming aangeeft. Zou er negatieve kwel zijn dan zou er geen drukhoogte meer optreden terwijl er toch nog een neerslagoverschot was. Dit neerslagoverschot verdwijnt dan ondergronds.

Het afleiden van aard en grootte van de kwel uit de grondwaterbeweging heeft bepaalde, niet te onderschatten, voordelen boven de methode waarbij de polderafvoer wordt berekend.

Men verkleint het areaal van onderzoek van de polder tot het perceel of zelfs tot de strook tussen twee drains waarin de grondwaterstandsbuis staat. Hierdoor verkrijgt men een uitkomst waarbij onderscheid gemaakt kan worden naar de plaats in de polder en de eventueel daarmee veranderende voorwaarden, zoals bijvoorbeeld de afstand tot een kanaal.

Omdat op de waterbalans van de grond in plaats van de post "afvoer door het gemaal" de post "afstroming naar drain of sloot" voorkomt, behoeft men de hoeveelheden water, die op het open water in de polder worden geloosd, niet te kennen.

Met de open waterberging behoeft geen rekening te worden gehouden omdat deze post niet op de waterbalans van de grond kan voorkomen.

2. De bewerkte gegevens

In de vorige paragraaf werd het duidelijk dat men, wanneer men voor een bepaald punt in de Prunje-polder de grootte van de kwel wil afleiden uit de hier geregistreeerde grondwaterbeweging, men voor een aantal perioden van gelijke lengte in de winter gegevens moet samenbrengen die betrekking hebben op

1. de drukhoogte
2. de neerslag
3. de verdamping
4. de vochtvoorraadveranderingen

Sub 1. In goed gedraineerde gronden zoals die in de Prunje-polder is de drukhoogte volkomen gecorreleerd met de grondwaterdiepte, zolang het grondwater tussen de drains boven het vlak door de drains staat. Wanneer echter het grondwater beneden dit vlak zou dalen dan is de drukhoogte gelijk aan het verschil tussen het slootpeil en het grondwaterpeil.

In de Prunje-polder werden de grondwaterstanden zo regelmatig mogelijk opgenomen met tussenpozen van 10 dagen. De kortste lengte van de perioden, waarover men de gegevens kan samenvatten, is hiermee bepaald. Van de drukhoogte in deze tiendaagse perioden is niet meer bekend dan het gemiddelde van de waarnemingen aan het begin en aan het eind van de perioden.

Sub. 2. De neerslagtotalen in de perioden waarvan de begin- en eindpunten samenvallen met de grondwaterstandsmetingen kunnen worden berekend uit de dagelijkse waarnemingen van de dichtstbij gelegen neerslagstations van het K.N.M.I. Dit zijn de stations Kerkwerve en Brouwershaven.

Sub. 3. In de maandelijks weeroverzichten van het K.N.M.I. worden voor 5 stations de maandtotalen van de met de methode van Penman

berekende verdamping van het open wateroppervlak opgegeven. Eén van deze stations is Vlissingen. In de wintermaanden zal de verdamping van het oppervlak van de Prunje-polder niet noemenswaardig van de voor Vlissingen berekende open-watervedamping afwijken. Een scherpere benadering is met behulp van beschikbare meteorologische gegevens in ieder geval niet te geven.

Voor de afzonderlijke perioden kan de totale verdamping worden gevonden door interpolatie op een lijn die de gemiddelde dagelijkse hoeveelheden in de achtereenvolgende maanden verbindt. De gevonden waarden moeten met het aantal dagen van de perioden worden vermenigvuldigd.

Sub. 4. De vochtvoorraadveranderingen zijn onbekend maar verraden zich door de grondwaterstandsveranderingen. Deze veroorzaken op een gegeven diepte beneden maaiveld uiteraard vochtspanningsveranderingen en hiermee zullen meestal veranderingen in het vochtgehalte gepaard gaan. Het fysische bodemonderzoek heeft dit aangetoond.

De vochtvoorraadverandering die tussen twee grondwaterstandsmetingen optreedt moet worden afgeleid uit het verschil in de grondwaterstand tussen beide tijdstippen.

In de Prunje-polder worden de grondwaterstanden in 38 buizen vanaf 6-11-1957 geregistreerd. Deze buizen liggen over het gehele gebied verspreid. Van 33 van deze buizen waren in het najaar van 1959 genoeg metingen beschikbaar om de noodzakelijke gegevens voor tiendaagse perioden in de maanden november, december, januari en februari samen te brengen. Hieruit werd getracht de afstromingskrommen te construeren ten einde de grootte van de kwel vast te stellen.

3. De samenhang tussen neerslagoverschot, drukhoogte en grondwaterstandsveranderingen

In figuur 1 is voor één van de grondwaterstandsbuizen in de Prunjepolder, n.l. buis 31, voor een aantal tiendaagse tijdvakken het verschil tussen neerslag en verdamping uitgezet tegen de gemiddelde drukhoogte. Bij de afzonderlijke waarnemingen is aangegeven hoe groot de grondwaterstandsverandering tussen begin en einde van de betreffende

decade is geweest. De drukhoogte geldt voor het midden tussen de drains.

Een samenhang tussen beide grootheden in figuur 1 lijkt in aanleg aanwezig. De spreiding is echter te groot om met enige zekerheid een lijn te kunnen trekken, die de samenhang tussen drukhoogte en afstromende neerslaghoeveelheden aangeeft. Dit is in belangrijke mate een gevolg van het feit dat de grondwaterstand in de meeste 10-daagse perioden niet constant is. Wanneer het grondwater stijgt dan neemt de vochtvoorraad in de grond toe. Hierdoor komt een deel van de in een bepaalde periode gevallen neerslag niet in dezelfde periode tot afstroming. Wanneer het grondwater echter daalt dan vermindert de vochtvoorraad en komt er meer water tot afstroming dan de in een gegeven periode gevallen neerslag. Een gelijke afstroming kan daarom bij zeer verschillende waarden voor de neerslagintensiteit optreden. Deze moeten dan een samenhang vertonen met de grondwaterstandsveranderingen. Het verschil tussen afstroming en neerslagoverschot moet immers worden gecompenseerd door vochtvoorraadveranderingen, die in grondwaterstandsveranderingen tot uiting komen. Wanneer men de samenhang tussen drukhoogte en afstromende neerslaghoeveelheden zoekt dan dient men de vochtvoorraadveranderingen op een of andere wijze in de beschouwing te betrekken.

In figuur 2 is voor tiendaagse perioden, waarin de waarden voor de drukhoogte binnen nauwe grenzen liggen, het neerslagoverschot uitgezet tegen de grondwaterstandsveranderingen. Er bestaat tussen deze grootheden een samenhang. De lijnen die deze samenhang weergeven, vol- doen als ijkingslijnen voor de grondwaterstandsveranderingen wanneer het beloop ervan niet wordt beïnvloed door een correlatieve samenhang tussen de grondwaterstandsveranderingen en de drukhoogten. Deze be- invloeding is mogelijk zolang de onderdelen van figuur 2 niet gelden voor een constante drukhoogte. Hij kan worden opgeheven door de in figuur 1 uitgezette neerslagoverschotten te herleiden op het gemid- delde van de drukhoogte in de perioden die in de afzonderlijke figuren samengebracht zijn.

Hiertoe dient men een enigszins nauwkeurige schatting te maken van het beloop van de lijn die de samenhang tussen drukhoogte en afstromende neerslaghoeveelheden weergeeft. De figuur 2 maakt dit mogelijk. De lijnen in deze figuur geven een benadering van de hoe-

veelheid neerslag die afstroomt bij de voor iedere figuur geldende gemiddelde drukhoogte. Dit is het bedrag dat behoort bij een toestand waarin geen grondwaterstandsverandering optrad. Dan immers moet alle neerslag die in een gegeven periode viel, in dezelfde periode afstromen.

Men kent nu drie punten op de gezochte lijn in figuur 1 en kan de neerslagoverschotten herleiden op constante waarden voor de drukhoogte. De neerslagoverschotten werden herleid op de gemiddelde drukhoogte van de in figuur 2 onderscheiden groepen.

Het effect van deze bewerking wordt duidelijk wanneer men de herleide waarden voor het neerslagoverschot weer uitzet tegen de grondwaterstandsveranderingen. Vergelijking van de onderdelen van figuur 3 met die van figuur 2 maakt duidelijk dat de correlatieve samenhang tussen grondwaterstandsverandering en drukhoogte van betekenis was. Dit is in belangrijke mate een gevolg van het feit dat per periode slechts twee grondwaterstandswaarnemingen beschikbaar zijn.

De lijnen in figuur 3 voldoen als ijkingslijnen voor de grondwaterstandsverandering. Men kan er de tiendaagse neerslagoverschotten mee herleiden tot een toestand waarin in de afzonderlijke perioden geen grondwaterstandsveranderingen optreden. Hierdoor wordt dan een belangrijke oorzaak van de spreiding in figuur 1 opgeheven. In figuur 4 ziet men het resultaat van de bewerking. In dit geval is de spreiding zodanig afgenomen dat het weinig moeilijkheden oplevert om de gemiddelde lijn in deze figuur te trekken.

4. De betekenis van een onregelmatige neerslagverdeling

In figuur 4 is het gemiddelde van de drukhoogte, dat berekend is uit de aan het begin en het einde van tiendaagse perioden gemeten waarden, vergeleken met een neerslaghoeveelheid die in zijn geheel moet worden afgevoerd en dus een afstromingstotaal is. Een afstromingskromme echter geeft de samenhang tussen de drukhoogte en de afstromingsintensiteit aan. Het afstromingstotaal is het product van tijdsduur en afstromingsintensiteit. Daarom zou het vergeleken moeten worden met een gemiddelde drukhoogte bij het berekenen waarvan rekening is gehouden met alle details en de variaties daarin. Het gemiddelde van twee metingen aan begin en einde van de periode is een grove benadering van deze maatgevende drukhoogte en men kan verwachten dat de

samenhang ervan met het afstromingstotaal onduidelijker is naarmate de neerslag onregelmatiger over de periode verdeeld is.

In de samenhang in figuur 4 is hiervan niet zo veel te bespeuren. De spreiding van de afzonderlijke waarnemingen is klein en verbetering hierin wordt niet bereikt door de neerslagverdeling in de beschouwing te betrekken. In sommige gevallen ligt dit anders. Figuur 5 heeft betrekking op een andere grondwaterstandsbuis dan figuur 4, n.l. op buis 29. Op de gegevens van beide buizen is dezelfde bewerking toegepast en in figuur 5 blijft een spreiding bestaan die gedeeltelijk nog verklaard wordt door de verdeling van de neerslag over de perioden in aanmerking te nemen.

Naarmate de neerslag vroeger in de periode valt zullen er minder sporen van achterblijven op de grondwaterdiepte aan het eind van de periode. Laat in de periode gevallen regen zal aan het eind van de periode nog grotendeels afgevoerd moeten worden maar wel geborgen zijn en daardoor de grondwaterstand hebben verhoogd. Eén en ander heeft tot gevolg dat het gemiddelde van de drukhoogte aan begin en eind van de periode kan verschillen bij een gelijk neerslagtotaal. Wanneer de neerslag vroeg in de periode viel dan zal bij een gelijk afstromingstotaal een kleinere drukhoogte behoren dan wanneer de regen later viel.

Het blijkt nu dat het zin heeft om de neerslagverdeling te omschrijven door het percentage van het totaal, dat in de laatste drie dagen van de periode viel, aan te geven. Deze aanduiding is willekeurig maar voldoet. Men ziet in figuur 6 dat bij een constante drukhoogte de verschillen in neerslagtotaal samenhangen met genoemd percentage. Deze samenhang is duidelijker naarmate de drukhoogte groter is. Dit ligt wel voor de hand omdat de correlatie tussen drukhoogte en neerslagtotaal hier in het spel komt. Naarmate dit totaal kleiner is zal de neerslagverdeling van minder betekenis zijn. Overigens blijken deze relaties duidelijker naar voren te komen, naarmate de kwel van minder betekenis is. Dit ligt voor de hand want de kwel is een meer of minder constant gedeelte van het afstromingstotaal.

Uit figuur 7 blijkt dat het herleiden van de neerslagtotaal op een zo gelijkvormig mogelijke regenverdeling - dit is een bepaald percentage in de laatste drie dagen - inderdaad de samenhang in figuur 5 duidelijker naar voren brengt. Om te bereiken dat de herleide neerslagtotaal -althans theoretisch - een zo scherp mogelijke bena-

dering zijn van die, welke behoren bij de gemiddelde drukhoogten, waarover we beschikking, werden ze herleid op een toestand waarin 30% van het totaal in de laatste drie dagen valt. Dit is immers de waarde die de gekozen maatstaf voor de neerslagverdeling zal hebben wanneer de neerslag regelmatig over tien dagen is verdeeld.

Het is duidelijk dat de neerslagverdeling onvoldoende wordt gekenschetst door het percentage van het tien-daagse totaal dat in de laatste drie dagen valt. In decaden die in dit opzicht vergelijkbaar zijn kan immers nog veel verschil te zien zijn. Dit is één van de oorzaken dat de spreiding in figuur 7 nog niet te onderschatten is.

Ondanks deze spreiding echter is het mogelijk om zonder veel moeite door de puntenzwerm een gemiddelde lijn te trekken waarvan de betekenis in de volgende paragraaf zal worden besproken.

5. De grootte van de kwel

De lijnen in de figuren 4 en 7 geven de samenhang weer tussen de drukhoogte en de neerslaghoeveelheden die afstromen. Omdat de invloed van bergingsveranderingen in deze figuren is uitgeschakeld, blijkt dat er geen neerslagwater meer afstroomt, terwijl er toch nog een drukhoogte bestaat en dus afstroming optreedt. Dit kan niet anders betekenen dan dat op het punt van drukhoogte-meting kwel optreedt. De drukhoogte die nog bestaat wanneer er geen neerslagoverschot meer is dient om dit kwelwater tot afstroming naar de drains te brengen.

De grootte van de kwel kan worden geschat wanneer wordt uitgegaan van de opvatting dat de lijnen in figuur 4 en 7 deel uitmaken van afstromingskrommen, die gelden voor een stationaire stroming. Dan immers moeten de lijnen, waarvan de figuren slechts een deel laten zien, beschreven kunnen worden door de formules voor stationaire stroming. De eenvoudigste hiervan is die van Hooghoudt, die als volgt wordt geschreven;

$$s = \frac{8K_0 D h}{l^2} + \frac{4K_b h^2}{l^2}$$

Hierin is S = afstroming

K_o = doorlatendheid onder het vlak door de drains

K_b = " " boven " " " " " "

D = dikte van het doorstroomde pakket

l = drainafstand

h = drukhoogte midden tussen de drains.

Hiervan zijn alleen l en h bekend evenals het deel van S dat wordt gevormd door de afstromende neerslag.

De gegeven vergelijking is er een van een tweede-graads-kromme maar kan worden omgezet in een vergelijking voor een rechte lijn. Dit geschiedt aldus;

$$\frac{8 K_o D}{l^2} = a \quad \frac{4 K_b}{l^2} = b$$

$$S = ah + bh^2$$

$$\text{of} \quad \frac{S}{h} = a + bh$$

Wanneer men nu voor drie punten op de lijnen in de figuren 4 en 7 de waarde van $\frac{S}{h}$ kent en uitzet tegen h dan moet een lijn ontstaan die niet alleen recht is maar ook boven of in de oorsprong de ordinaat snijdt, en een positieve samenhang tussen $\frac{S}{h}$ en h aangeeft. De waarde van de termen $\frac{8K_oD}{l^2}$ en $\frac{4K_b}{l^2}$ kan immers niet negatief zijn.

Nu kent men slechts een deel van S n.l. het afstromend neerslagoverschot, dus S minus de kwel. Wanneer men nu $\frac{\text{neerslagoverschot}}{h}$ uitzet tegen h dan moet, wanneer de kwel een constante waarde heeft, een afwijking ten opzichte van de rechte lijn ontstaan, die toeneemt naarmate de waarde van h kleiner is. Wanneer de kwel constant is dan is immers $\frac{\text{kwel}}{h}$ groter naarmate h kleiner is. Ook wanneer men bij het neerslagoverschot een waarde voor de kwel optelt die te groot of te klein is ontstaat er een afwijking.

In figuur 8 is voor de buis, waarop figuur 4 betrekking heeft, aangegeven welke lijnen ontstaan wanneer men voor de kwel verschillende opklimmende waarden neemt en dan $\frac{S}{h}$ uitzet tegen h . Bij kwel = 0 ontstaat een naar beneden afbuigende lijn die de ordinaat bij negatieve waarden

snijdt. Bij hoge geschatte waarden voor de kwel ontstaat een naar omhoog afbuigende lijn die een negatieve samenhang tussen $\frac{S}{h}$ en h suggereert. De conclusie ligt voor de hand dat de gezochte waarde voor de kwel die is, waarbij in figuur 8 een rechte lijn wordt gevonden die ook op de andere punten aan de theoretische eisen van de afstromingskromme voldoet. Deze lijn wordt gevonden bij een geschatte waarde van 0,9 mm per etmaal.

In figuur 9 blijkt dat in het geval van buis 29 geen kwel optreedt.

6. Het kwelpatroon en een poldergemiddelde

Het bleek mogelijk te zijn om op de in de voorgaande paragrafen beschreven wijze voor 28 verschillende gevallen een schatting te doen van de grootte van de kwel op grond van de relatie tussen de drukhoogte en de neerslagoverschotten in een aantal decaden.

In de tien gevallen waarin deze mogelijkheid niet leek te bestaan waren hiervoor aannemelijke verklaringen te vinden. In enige gevallen waren de waarnemingen te eniger tijd gestaakt waardoor te weinig gegevens beschikbaar waren. In de overige gevallen was de oorzaak dat het niet mogelijk was om de grondwaterdiepte om te zetten in de drukhoogte omdat de draandiepte ter plaatse niet nauwkeurig genoeg bekend was.

Geen van de mislukkingen was te wijten aan beperkingen van de grafisch-statistische mogelijkheden. Wanneer men echter de kwel wil leren kennen dan is behalve een minimum aan waarnemingen een nauwkeurige kennis van de draandiepte onvoorwaardelijk noodzakelijk.

Op Bijlage 1 zijn de gevonden kwelcijfers bij de buizen, waarin de waarnemingen werden gedaan, aangegeven. Blijkens deze cijfers varieert de kwel van bijna 4 tot 0 mm per etmaal. Het is duidelijk dat de grootte van de kwel in sterke mate afhangt van de afstand naar het buitenwater maar dat dit zeker niet de enige factor van belang is. Dit blijkt wanneer door rechtlijnige interpolatie tussen de waarnemingspunten lijnen van gelijke kwel worden getekend. Er wordt dan een belangrijke afwijking van deze regel goed zichtbaar. Het lijkt geen twijfel dat hier een belangrijk verschil in de doorlatendheid van de ondergrond in het spel is.

Het kwelpatroon, dat door de lijnen van gelijke kwel wordt aangegeven, laat toe dat een schatting wordt gemaakt van de gemiddelde dagelijkse kwel in de wintermaanden voor de gebieden die gescheiden zijn door lijnen van gelijke kwel wordt het gemiddelde van de daarin bekend geworden kwelcijfers genomen. Deze gemiddelden dragen naar verhouding tot het oppervlak van de betreffende gebieden bij aan het gemiddelde voor de gehele Prunje-polder.

Hieronder volgt een globale samenvatting van de oppervlakteverhoudingen tussen gebieden met een verschillende kwelintensiteit.

<u>Kwelintensiteit</u>		<u>Oppervlak in ha</u>
<u>variatie</u>	<u>gemiddelde</u>	
0 - 1 mm/etm.	0,48 mm/etm.	785
1 - 2	1,5 ⁵	210
2 - 3	2,5 ⁵	120
> 3	3,5 ⁵	125
0 t/m 3,8	1,17	1240

7. Bodemconstanten

Het omzetten van de afstromingskromme in een rechte lijn is niet alleen een hulpmiddel om de grootte van de kwel te kunnen schatten. Men kan er zich ook van bedienen om er gegevens over de doorlatendheid van boven- en ondergrond uit af te leiden.

In de formule voor de rechte lijn

$$\frac{S}{h} = a + bh$$

is a het door de rechte afgesneden stuk van de verticale as, b wordt aangegeven door de hellingshoek van de rechte.

Omdat $a = \frac{8K_0D}{1^2}$ kan men uit a de K_0D -waarde van de doorstroomde laag onder de drains berekenen. Aangezien $b = \frac{4K_b}{1^2}$ kan men eveneens de doorlatendheid van de bovenste doorstroomde laag berekenen. De drainafstanden zijn immers bekend.

Voor de buis 31, waarop figuur 7 betrekking heeft, vindt men voor a en b respectievelijk 0,0059 en 0,0117 meters. Bij een drainafstand van 16 meter vindt men voor K_0D de waarde van 0,39 m²/etm.

en voor K_b de waarde van 0,74 m/etm.

Voor de buis 29 vindt men voor a en b respectievelijk 0,004 en 0,0052 meters. Bij een drainafstand van 10 meter betekent dit dat $K_oD = 0,05 \text{ m}^2/\text{etm.}$ en $K_b = 0,13 \text{ m/etm.}$ bedraagt.

Op de Bijlagen 2 en 3 zijn de voor 28 punten gevonden waarden voor de dikte en doorlatendheid van de doorstroomde laag onder de drains en voor de doorlatendheid van de bovenste doorstroomde laag aangegeven.

Het blijkt dat de K_oD -waarden zeer laag zijn. Dit is verklaarbaar op grond van de over het algemeen kleine drainafstand. Als gevolg hiervan zullen de stroombanen niet diep onder het vlak door de drains doordringen. De lage K_oD -waarden wijzen in dit geval dus niet op een slechte doorlatendheid van de diepe ondergrond.

De K_b -waarden zijn eveneens zeer laag. De bovengrond is slecht doorlatend, hoewel men plaatselijk hogere cijfers vindt. De K_b -waarde bedraagt gemiddeld 0,35 m/etm.

8. Slotopmerkingen

In het voorgaande is duidelijk gesteld dat bij het bepalen van de grootte van de kwel van twee veronderstellingen werd uitgegaan. De eerste was dat de afstromingskrommen waarvan de lijnen in figuur 4 en 7 deel uitmaken, krommen zijn voor stationaire stroming. De tweede was dat de grootte van de kwel constant is.

Voor wat de eerste veronderstelling betreft kan opgemerkt worden dat werkelijk stationaire stroming alleen zal optreden wanneer gedurende de gehele beschouwde periode de grondwaterstand onveranderd blijft. Dit zal vrijwel niet voorkomen. Ook wanneer tussen de grondwaterdiepte aan begin en eind van de perioden geen verschil is, kan men er vrij zeker van zijn dat de stroming niet stationair was. De dagelijkse variatie in de neerslaghoeveelheden wijst immers uit dat de hoeveelheid water die de grond binnendringt over tiendaagse perioden niet constant kan zijn. Ondanks het bufferend vermogen van de berging in de bovengrond zal dan de hoeveelheid water, die het grondwater bereikt, ook niet constant zijn. Het herleiden van de neerslag-

hoeveelheden op een toestand waarin geen grondwaterstandsverandering optreedt, had het doel om curven te verkrijgen die althans theoretisch de stationaire toestand zo goed mogelijk weergeven.

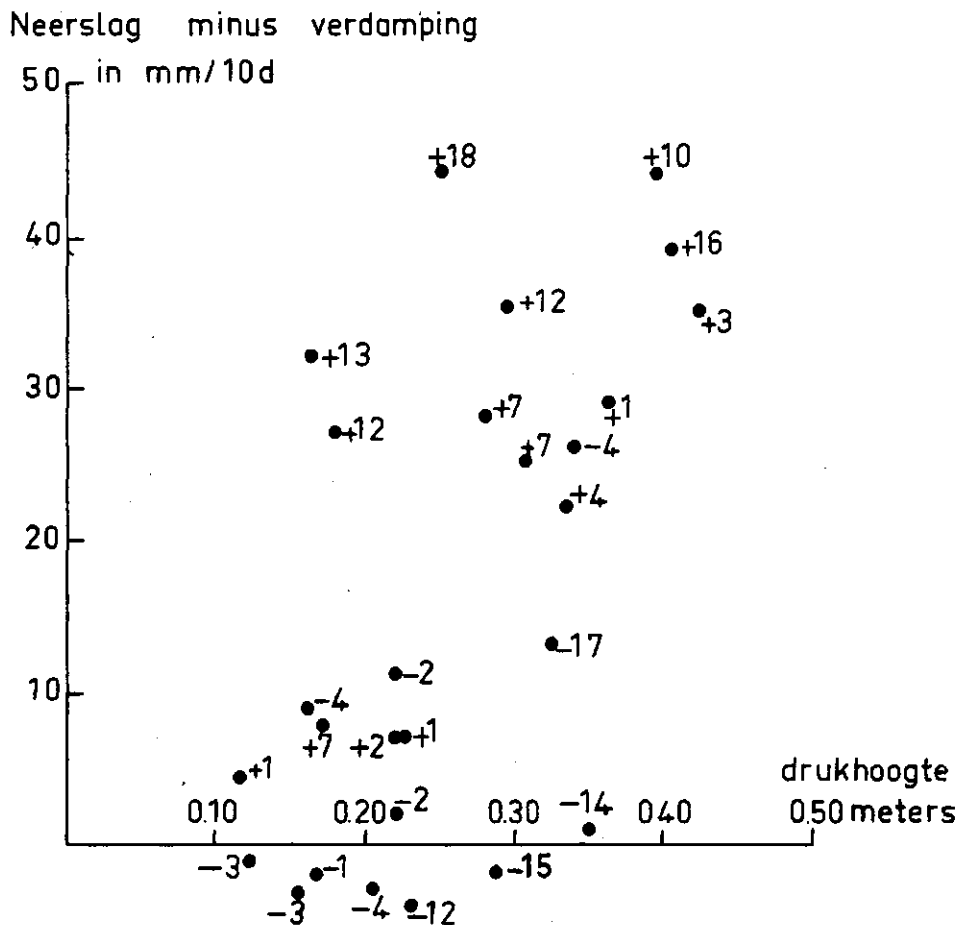
De veronderstelling, dat de grootte van de kwel constant is, heeft vanzelfsprekend betrekking op het daggemiddelde over tien-daagse perioden. Wanneer men ervan uitgaat dat de grootte van de kwel op een bepaald punt in de polder behalve van een aantal constanten afhangt van het verschil tussen het peil van het buitenwater en dat in de polder dan is het duidelijk dat dit tiendaagse gemiddelde niet constant kan zijn. Er is in de meeste gevallen immers een vrij grote variatie in de gemiddelde drukhoogte, die in de afzonderlijke perioden optreedt en dus in het grondwaterpeil tussen de drains. De konsekwentie hiervan is dat bij de berekening van de grootte van de kwel, waarbij deze constant wordt geacht, bij lage waarden van h de factor $\frac{S}{h}$ te laag, bij hoge waarden echter te hoog uitvalt. Dit betekent dat de geschatte waarde van de kwel, waarbij een rechte lijn ontstaat, wanneer $\frac{S}{h}$ wordt uitgezet tegen h , zeer plaatselijk geldt en behoort bij de gemiddelde drukhoogte die in de bestudeerde buis in de vier wintermaanden optreedt.

Het betekent ook dat bedoelde rechte lijn een grotere hellingshoek heeft dan de rechte, die feitelijk de relatie tussen $\frac{S}{h}$ en h bij een met de drukhoogte samenhangende kwel weergeeft, maar hetzelfde zwaartepunt heeft. De K_0D -waarden, die men uit de gevonden afstromingskrommen afleidt, vallen daarom te hoog uit. Voor de doorlatendheid van de bovenste doorstroomde laag vindt men echter te lage waarden.

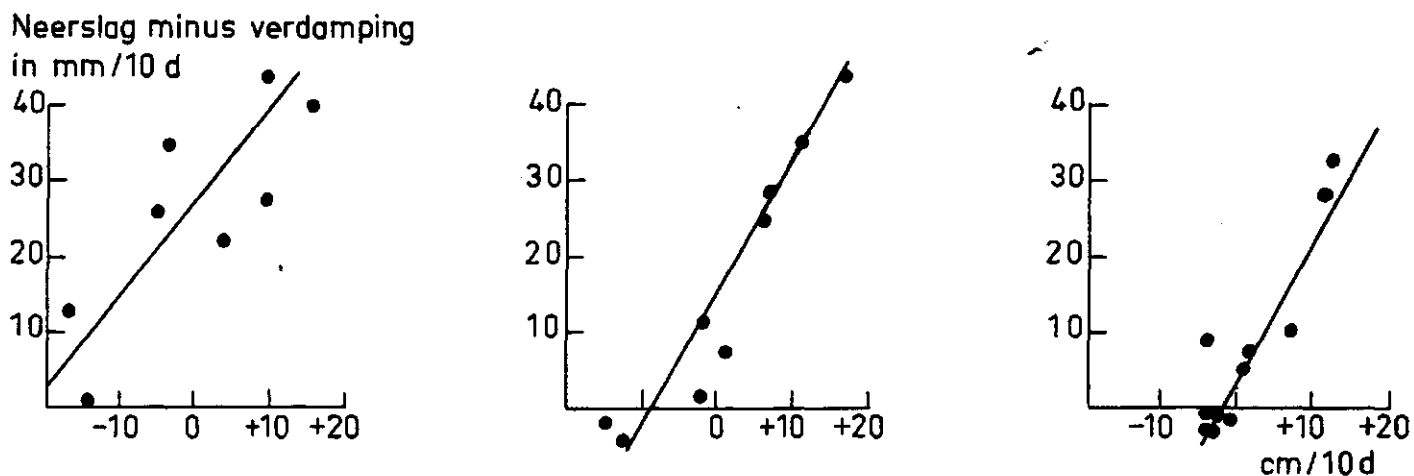
In hoeverre de samenhang van de grootte van de kwel met de drukhoogte van meer dan voornamelijk theoretische betekenis is, hangt ervan af welke rangorde het verschil tussen het peil van het buitenwater en dat in de polder inneemt tussen de factoren, die voor de grootte van de kwel van belang zijn.

Met betrekking tot het berekende kwelgemiddelde van 1.17 mm/etm. kan worden opgemerkt dat dit geen grote nauwkeurigheid kan hebben. Het net van punten, waarvoor de kwel geschat kon worden, is te onregelmatig en plaatselijk niet dicht genoeg. De lijnen van gelijke kwel zijn hierdoor te schematisch. Bovendien geven de grondwaterstandsbuizen in ge-

draineerde gronden geen representatief beeld van de kwel in de naaste omgeving. Tussen de drains zal het grondwater 's winters immers hoger staan dan bij de drains. Deze zullen hierdoor altijd liggen in een strook met een kwelcijfer dat op theoretische gronden hoger ligt. Aan- gezien in het Prunje-gebied de buizen zo goed mogelijk midden tussen de drains zijn geplaatst, zou het gemiddelde voor dit gebied daarom iets te laag kunnen zijn uitgevallen.

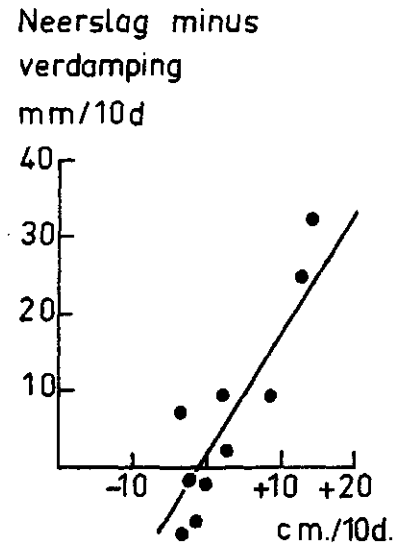
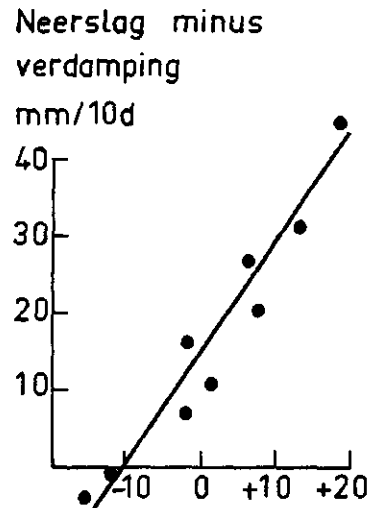
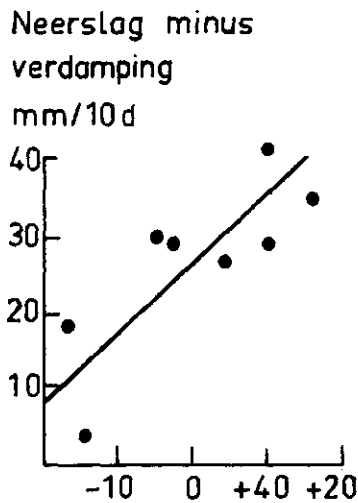


Figuur 1. De gemiddelde drukhoogte midden tussen de drains uitgezet tegen het verschil tussen neerslag en verdamping in een aantal tiendaagse perioden. Bij de afzonderlijke waarnemingen is het aantal centimeters van de grondwaterstandsverandering in de betreffende perioden aangegeven. Een samenhang lijkt in aanleg aanwezig.



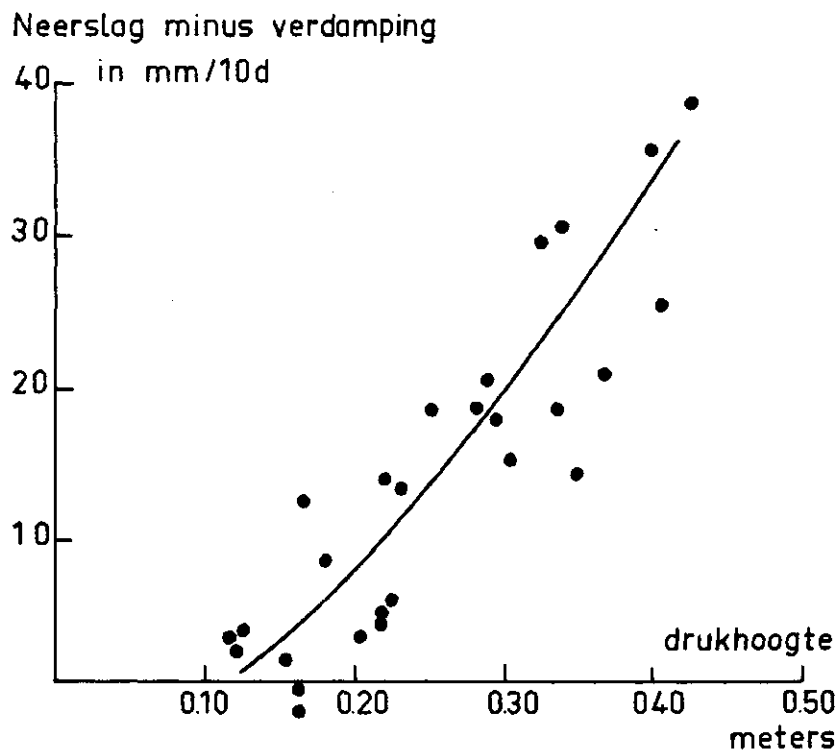
Figuur 2. De samenhang tussen het neerslagoverschot en de grondwaterstandsveranderingen in tiendaagse perioden waarin de waarden voor de drukhoogte binnen nauwe grenzen liggen, n.l.:

links: drukhoogte groter dan 31 cm
 midden: " tussen 22 en 32 cm
 rechts: " kleiner dan 23 cm



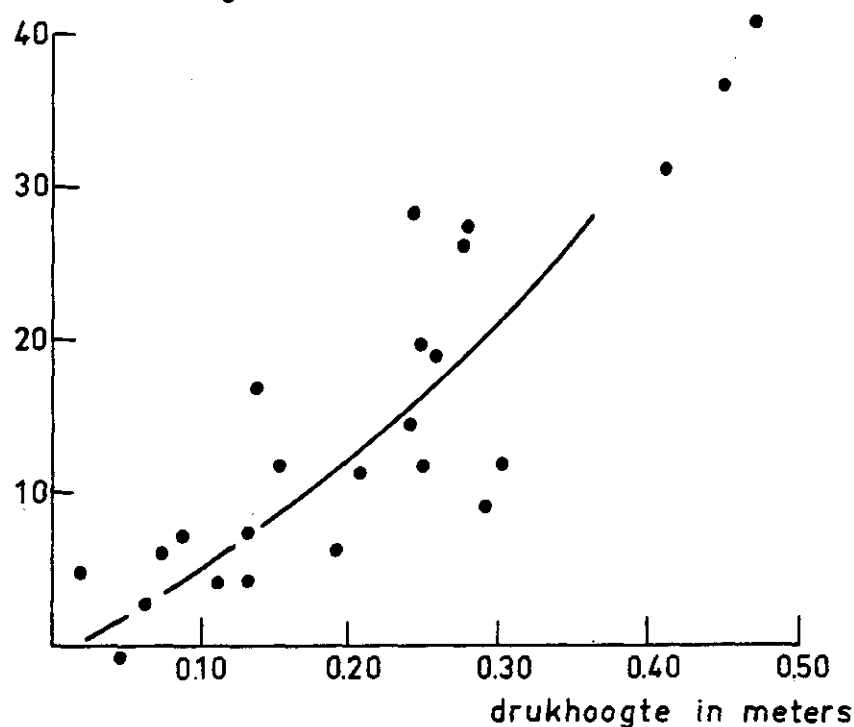
Figuur 3. Dezelfde samenhang als in figuur 2, de waarden voor het neerslagoverschot zijn echter herleid op constante waarden voor de drukhoogte n.l.:

links : drukhoogte = 37 cm
 midden : " = 26 "
 rechts : " = 17 "



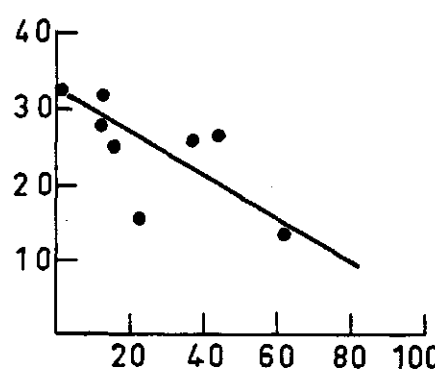
Figuur 4. De waarnemingen, die ook in figuur 1 zijn uitgezet, nadat de tien-daagse neerslagoverschotten zijn herleid tot een toestand waarin geen grondwaterstandsveranderingen voorkomen. Er treedt een duidelijke samenhang op.

Neerslag minus verdamping
in mm/10 dagen

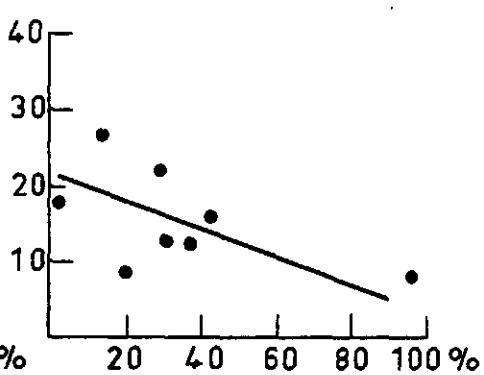


Figuur 5. Dezelfde samenhang als in figuur 4, echter voor een andere grondwaterstandsbus.

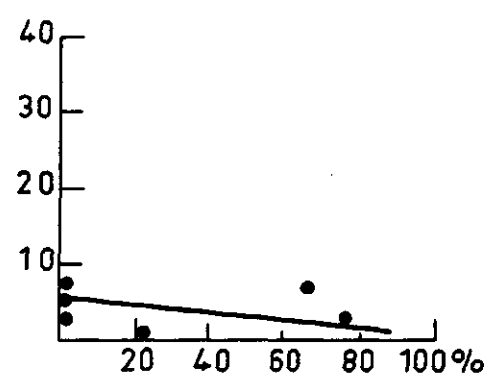
Neerslag minus verdamping
in mm/10 dagen



mm/10 dagen



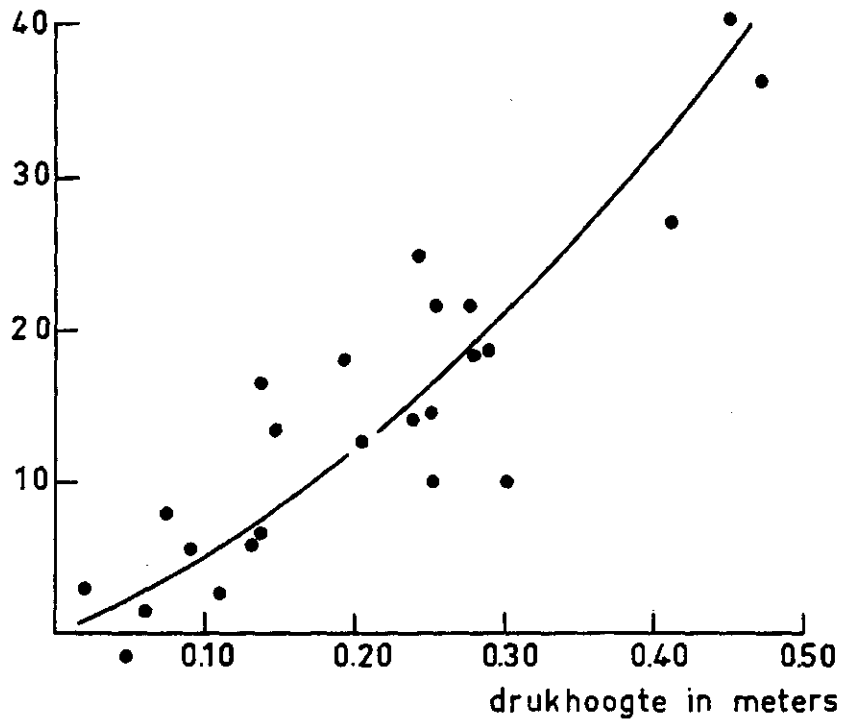
mm/10 dagen



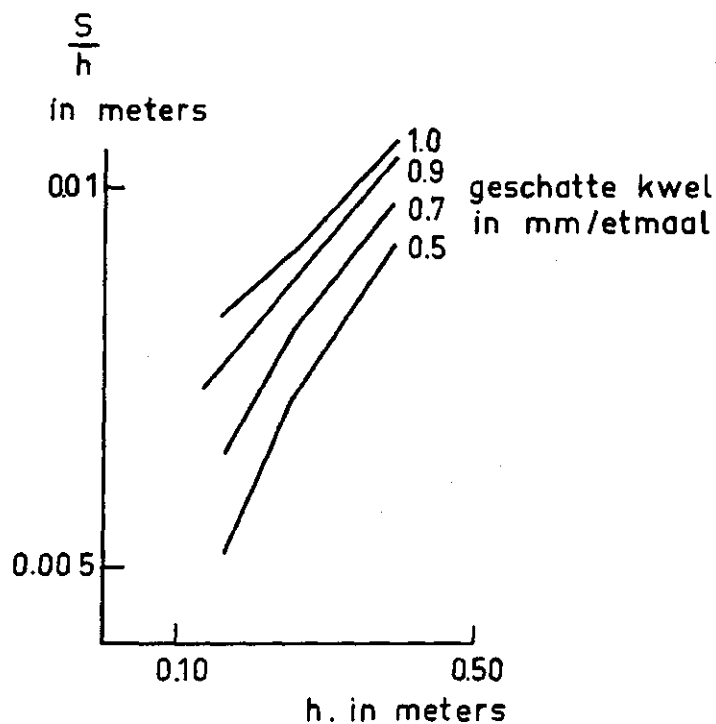
Figuur 6. De samenhang tussen het neerslagoverschot en het percentage van het 10-daagse neerslagtotaal dat in de laatste drie dagen van de periode valt. De neerslagoverschotten zijn herleid op een toestand waarin geen grondwaterstandsveranderingen optreden en op constante waarden voor de drukhoogte, n.l.:

- links : drukhoogte = 30 cm
- midden : " = 20 "
- rechts : " = 6 "

Neerslag minus verdamping
in mm/10 d

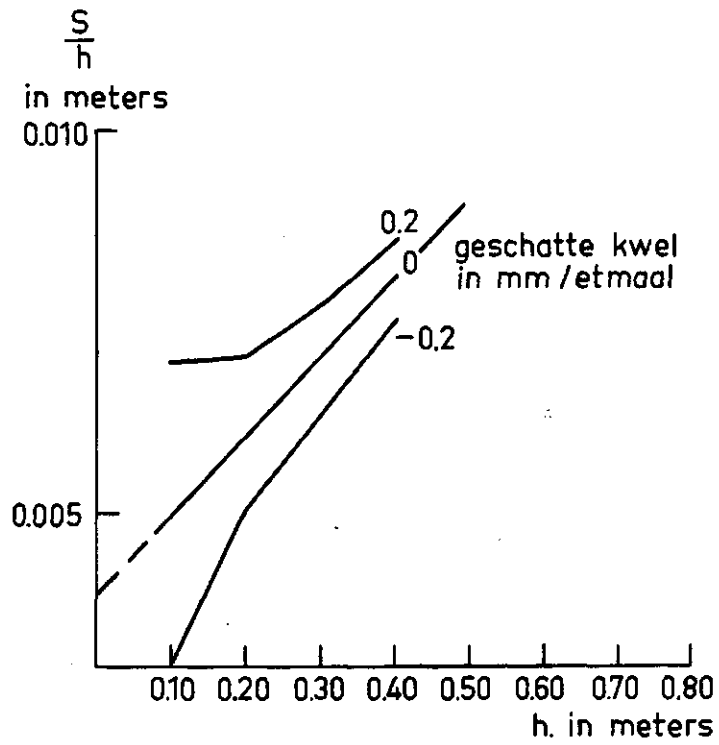


Figuur 7. De samenhang uit figuur 5 nadat de tiendaagse neerslagoverschotten zijn herleid op een toestand waarin 30% van het neerslagtotaal in de laatste drie dagen van de periode valt.

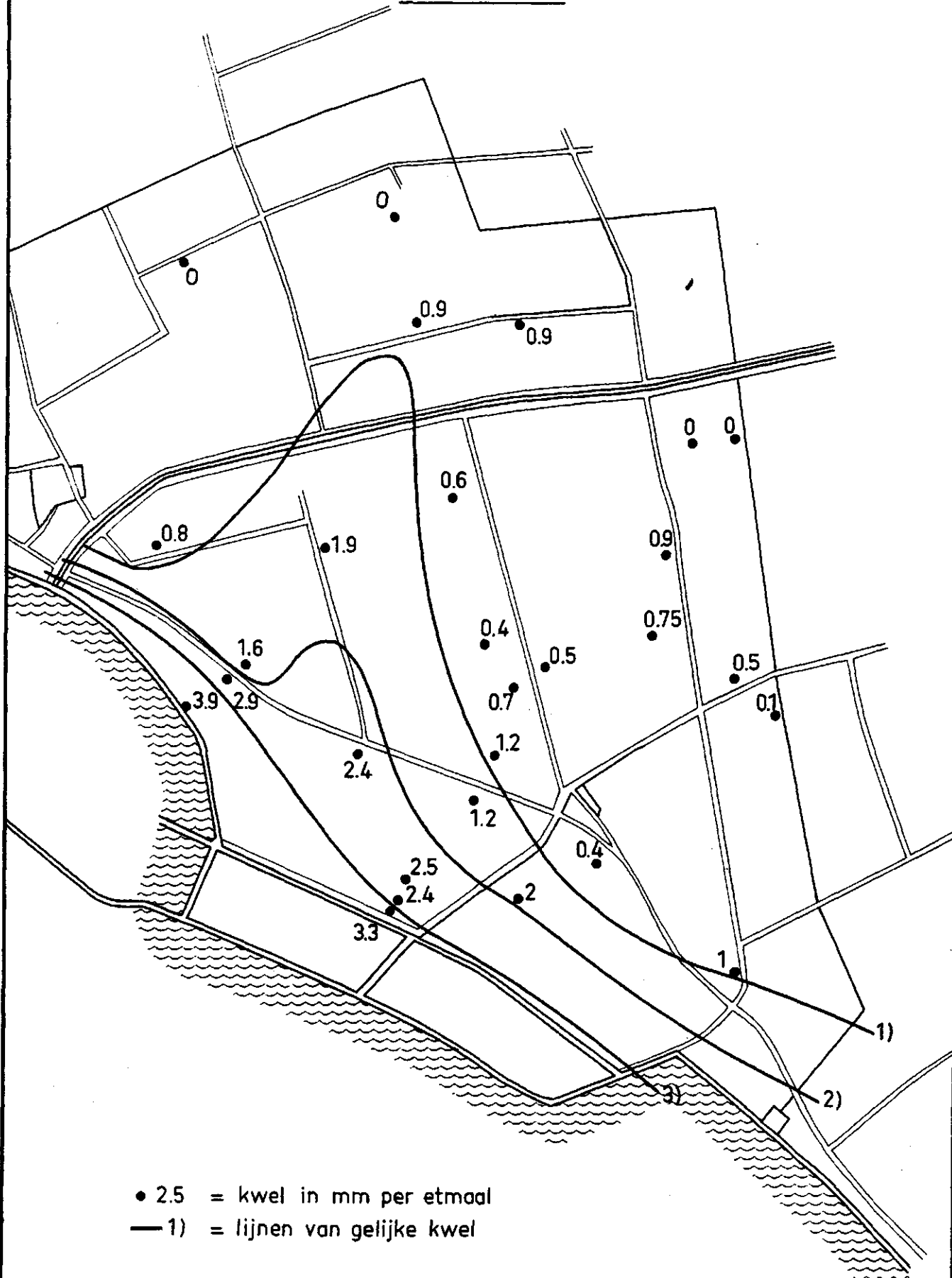


Figuur 8. Schatting van de grootte van de kwel voor het waarnemingspunt waarop figuur 4 betrekking heeft.

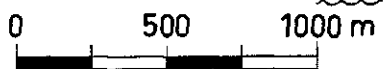
60
582C



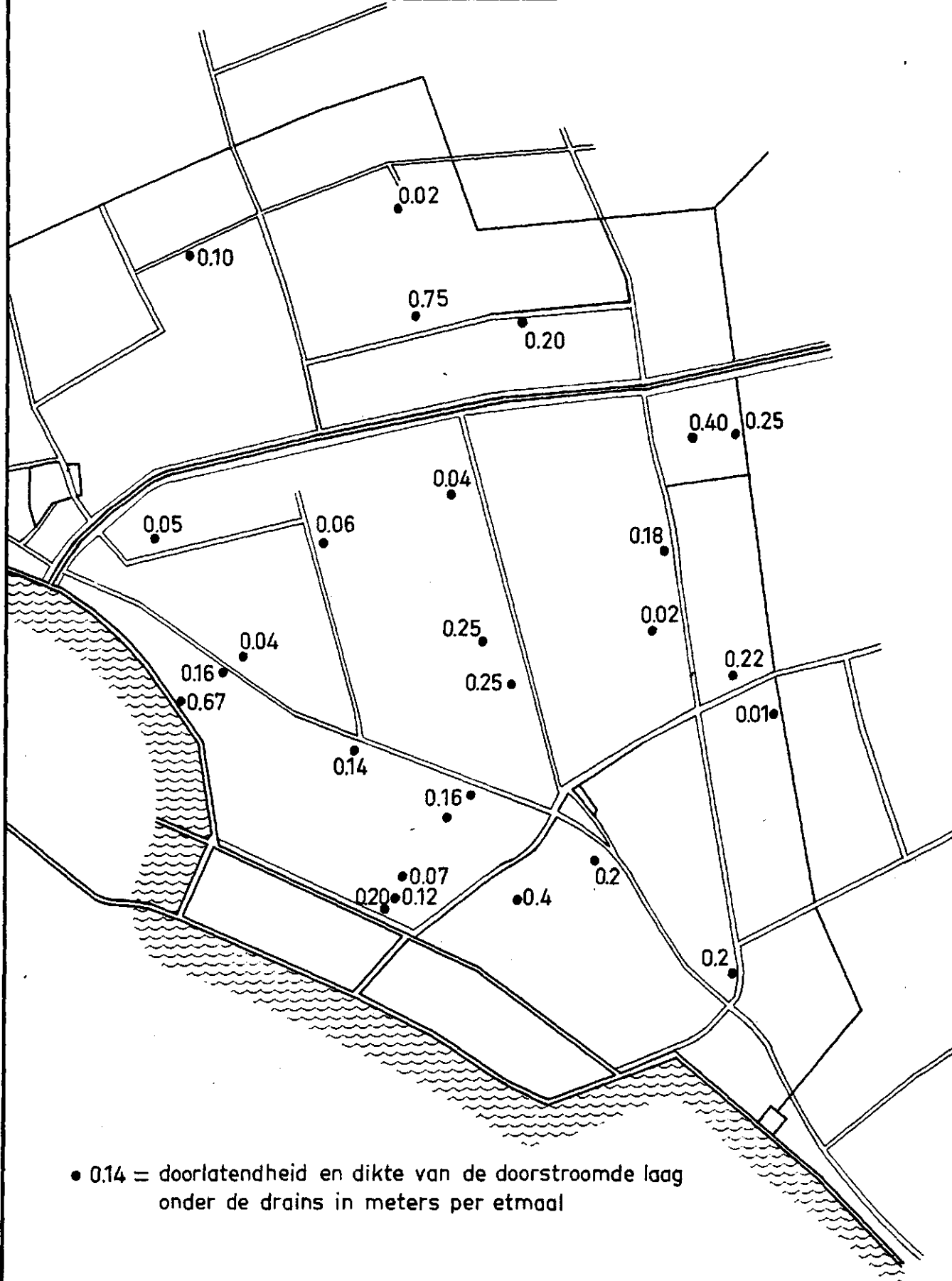
Figuur 9. Schatting van de grootte van de kwel voor het waarnemingspunt waarop figuur 7 betrekking heeft.



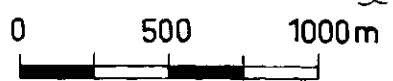
• 2.5 = kwel in mm per etmaal
— 1) = lijnen van gelijke kwel

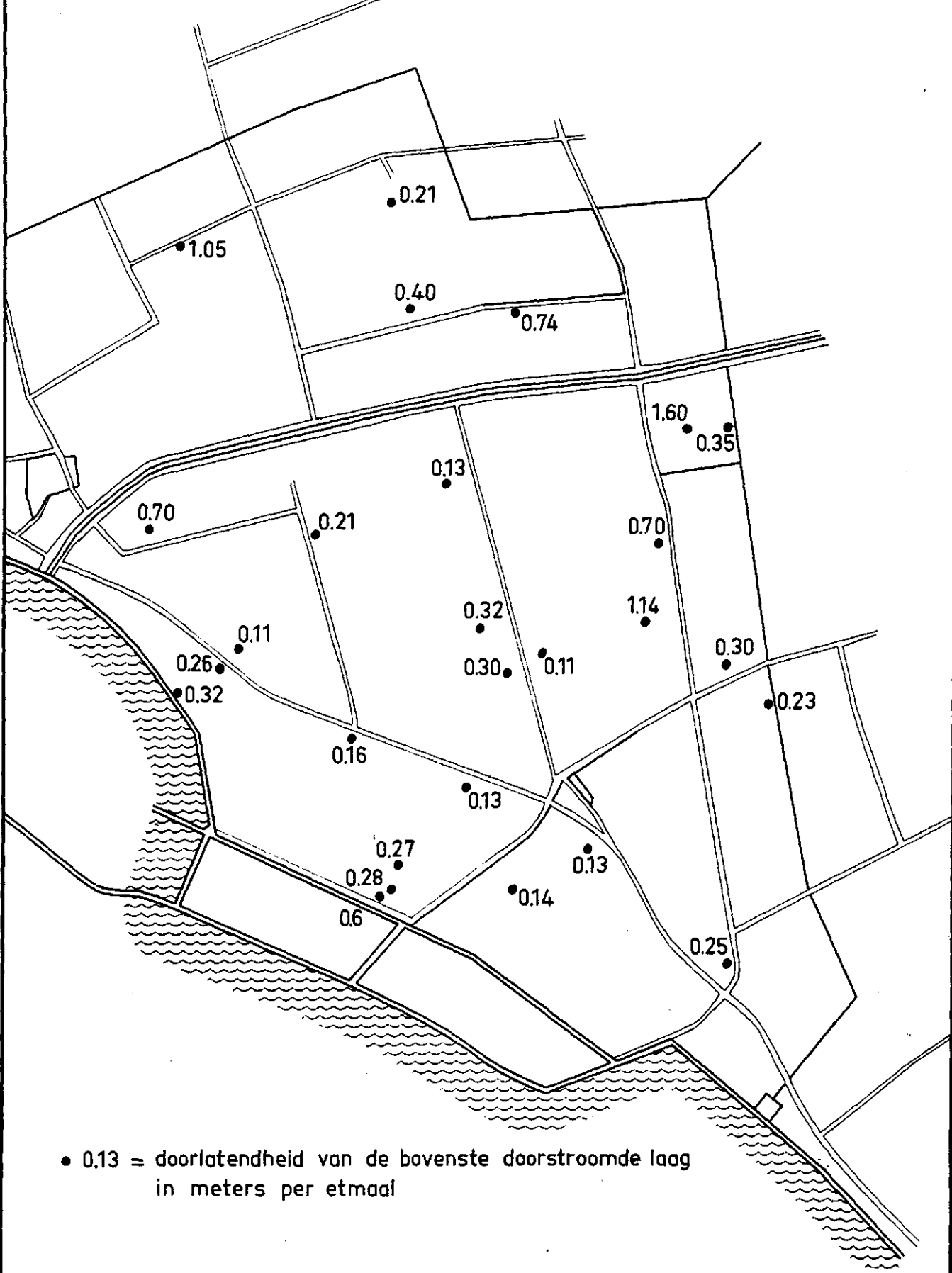


60
580C



• 0.14 = doorlatendheid en dikte van de doorstroomde laag onder de drains in meters per etmaal





• 0.13 = doorlatendheid van de bovenste doorstroomde laag
in meters per etmaal

