

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISSHOUDING

— NOTA 390, d. d. 11 april 1967

Handwritten: Nota 390

**De geo-hydrologische gesteldheid van de Achterhoek en de
consequenties van toenemende grondwaterwinning**

J. J. de Vries

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, 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 onder-
zoek nog niet is afgesloten.

Aan gebruikers buiten het Instituut wordt verzocht ze niet in pu-
blikaties te vermelden.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.

INHOUD

	Blz.
Inleiding	1
1. Geologisch overzicht	1
2. De doorlatendheid van het watervoerende pakket	3
3. Waterbalans van de Gelderse Achterhoek (Westelijk deel)	7
4. Een grondwater onttrekkingschema en de daarbij optredende grondwaterstands dalingen	10
5. Schade aan de landbouw en de invloed van de grootte van de onttrekkingseenheden (bij gelijkblijvende totale onttrekking) hierop	12

Inleiding

De waterhuishoudkundige toestand in de Gelderse Achterhoek kenmerkt zich door het optreden van wateroverlast in de winter, en van verdrogingsverschijnselen op vele plaatsen in de zomer. Het eerstgenoemde verschijnsel is voor een belangrijk deel te wijten aan het geringe bergend vermogen van het oostelijk deel van de Achterhoek, terwijl het tweede verschijnsel samenhangt met de vrij goede doorlatendheid van de ondergrond in het westelijk deel en de geringe vochthoudendheid van de, voor een groot deel uit eolisch zand bestaande, bovengrond.

Men tracht deze ongunstige toestand te wijzigen door o. a. het uitvoeren van beekverbeteringen waardoor in de winter de afvoer sneller kan plaats vinden terwijl in de zomer het water door middel van stuwen kan worden vastgehouden.

Bij het opstellen van toekomstplannen ter verbetering van de waterhuishoudkundige toestand van dit gebied, dient men echter enerzijds rekening te houden met het feit dat t. g. v. de steeds toenemende winning van grondwater voor bevolking en industrie, de grondwaterstand zowel in de zomer als in de winter in de toekomst aanzienlijk verlaagd zal worden en anderzijds, indien men een dergelijke grondwaterstandsverlaging ongewenst acht, voorzieningen in deze plannen op te nemen die het mogelijk maken, of het grondwater door middel van infiltratie aan te vullen of de grondwaterwinning in de zomer voor een deel te vervangen door onttrekking uit spaarbekkens.

Daarom zal in het volgende, naast een algemene beschrijving van de geo-hydrologische toestand, getracht worden een indruk te geven van de grondwaterstandsverlagingen die verwacht mogen worden tegen het jaar 2000, en de daarbij optredende landbouwschade, indien men doorgaat met de benodigde hoeveelheid water aan het grondwater te onttrekken.

1. Geologisch overzicht

In het interim rapport van Dr. De Ridder aangaande de geo-hydrologische gesteldheid van de Achterhoek wordt de geologie van dit gebied uitvoerig behandeld. Daarom zullen wij hier slechts een kort overzicht laten volgen.

Geologisch is de Gelderse Achterhoek in twee gebieden te verdelen:
a. Het Tertiaire plateau, dat zich uitstrekt ten oosten van de lijn Aalten-Lichtenvoorde-Groenlo.

In dit oostelijk gebied liggen de slibhoudende fijne zanden en kleien van het Tertiair tot vlak aan het maaiveld. Slechts plaatselijk is het Tertiair bedekt met een dunne laag grondmorene of enig grof zand van Pleistocene ouderdom.

Verder is bijna het gehele plateau afgedekt met een dunne laag dekzand (zand-diluvium).

Een opvallend verschijnsel in dit gebied vormt een glaciale geul die zich tot een diepte van ongeveer 70 m in het Tertiaire materiaal heeft ingesneden en opgevuld is met fluvioglaciaal.

Deze geul kan vervolgd worden van Dinxperlo via Aalten naar Winterswijk, vanwaar één tak naar het oosten en één tak naar het noorden gaat:

b. Het glaciale bekken ten westen van het plateau.

In westelijke richting duiken de tertiaire sedimenten onder jongere, voornamelijk post-glaciale, sedimenten weg tot ongeveer een diepte van 70 m plaatselijk onder het IJsseldal.

Dit gebied maakt deel uit van het sedimentaire bekken dat zich uitstrekt van het Tertiaire plateau tot de stuwheuvelds van de Veluwe, en dat, op enkele uitzonderingen na, in het algemeen gesproken opgevuld is met matig fijne tot matig grove, vaak grindhoudende zanden van fluvioglaciale en fluviatiele oorsprong.

Voor de komst van het landijs strekte zich hier het oerstroombdal van de Rijn uit. Tijdens de vóórlaatste ijstijd drongen gletchertongen dit dal binnen en ruimden de hier gelegen oud-Pleistocene sedimenten voor het grootste deel op.

Op de westelijke plateaurand bleef echter nog oud-Pleistoceen liggen als een erosie-terras. Verder werd op enkele plaatsen (Montferland en Lochemse berg) het oud-Pleistoceen gestuwd waardoor een deel van dit materiaal in de vorm van heuvelds bewaard is gebleven.

Behalve door deze beide stuwheuvelds wordt de topografie van de Achterhoek beheerst door een algemene helling van het terrein van ongeveer 1 : 2000 in westelijke richting.

Langs de Duitse grens ligt het plateau op ongeveer 35 m + N. A. P., terwijl nabij het IJsseldal het maaiveld op ongeveer 10 m + N. A. P. ligt.

Verder komt er in het dekzand nog enig relief voor. Hiervan is de rug die van Ruurlo via Zelhem naar Lichtenvoorde loopt het belangrijkste. De dikte van het pakket dekzand, dat over het algemeen uit fijn zand bestaat, varieert van ongeveer 10 m in het centrum van de Achterhoek tot nihil nabij de IJssel en de Oude IJssel.

Fig. 2 geeft een beeld van het niveau van de bovenkant van de slecht doorlatende basislagen. Dit niveau komt vrijwel overeen met de bovenkant van het Tertiair.

In fig. 1 zijn de nummers en de lokatie van de in de Achterhoek ^{uit} ~~gevoer-~~de exploratie boringen aangegeven.

2. De doorlatendheid van het watervoerende pakket

Het watervoerend pakket wordt in de Achterhoek voor het overgrote deel gevormd door fluvioglaciale- en fluviatische-, jong-Pleistocene sedimenten. Slechts op enkele plaatsen (in de stuwwallen en op de terrasgrond) speelt het oud-pleistoceen een rol.

Zoals uit de profielen van Dr. De Ridder blijkt komen slecht doorlatende lagen in deze sedimenten slechts voor langs de terrasrand en in het dal van de IJssel. In 't algemeen vormen deze pakketten geen werkelijk afsluitende horizonten zodat we met een doorlopend watervoerend pakket kunnen rekenen.

Het fijnzandige pakket dekzand bezit een verticale weerstand die in 't algemeen kleiner is dan 50 dagen.

Fig. 3 toont het verloop van de dikte van het watervoerend pakket.

Bepalingen van de kD-waarde

De doorlatendheid of kD-waarde van het watervoerend pakket werd op de volgende wijzen bepaald:

1e. Uit pompproeven

In totaal zijn in de Achterhoek 24 pompproeven uitgevoerd, waarvan de uitkomsten als volgt waren:

plaats van de proef	laag dikte in m	kD m ² /dag	c-waarde in dagen
1. Eibergen ("Olden Eibergen")	16	445	-
2. Haarlo bovenste laag	5	290	40
onderste laag	20	1940	29 800
3. Groenlo (bierbrouwerij)	15	325	-
4. Winterswijk (textielfabriek)	24	545	26
5. Lichtenvoorde (Vennebulten)	14	1745	20
6. Doetinchem pompstation 1953/'55	-	2500	-
7. Doetinchem pompstation 1957	28	633	-
8. 's Heerenberg	40	1400	-
9. Doesburg (bovenste laag)	7	370	9
10. Drempt	16	1380	11
11. Hengelo ("Kloosterbos")	30	3400	-
12. Baak (gem. Steenderen)	67	3000	-
13. Vorden	37	2540	-
14. Ruurlo	26	3500	-
15. Groenlo plek I	0,65	0,12	-
16. Groenlo plek II	0,35	0,05	-
17. Groenlo plek III	6	180	-
18. Groenlo plek IV	3	12	-
19. Zelhem M 168	34	4500	24
20. Zelhem M 174	32	4500	160
21. Varsseveld M 200	40	5000	18
22. Silvolde M 165	40	7000	-
23. Dinxperlo M 163	80	4500	25
24. Varsseveld M 199	32	7000	-
25. <i>Kuraker M 219</i>		<i>2200</i>	

In fig. 1 is de ligging van deze pompproeven aangegeven.

2e. Uit de korrelgrootte analyses van monsters afkomstig uit puls boringen

Hierbij werd de doorlaatfactor berekend met de volgende formule:

$$k = \frac{54000}{U^2} A. B. C.$$

hierin is U het getaxeerde U-cijfer

A	een correctiefactor	afhankelijk van de	sorteringsgraad
B	"	"	" " het slibgehalte
C	"	"	" " grindgehalte

Op deze manier werd per boring van elke meter of halve meter de kD-waarde berekend. De som van deze kD-waarden per boring leverde de totale kD-waarde van het watervoerend pakket ter plaatse.

3e. Uit laboratorium metingen aan ongeroerde monsters

De beide voorgaande methoden gaven, voor hetzelfde gebied, nogal eens aanzienlijke verschillen in resultaat te zien, vooral in grofzandige grindhoudende sedimenten.

Helaas bleek het niet mogelijk om in dergelijke sedimenten ongeroerde monsters (kern monsters) te steken, waaraan nauwkeurige laboratorium metingen gedaan zouden kunnen worden. Slechts in een 8-tal gevallen gelukte het horizontale doorlaatfactoren te meten in ongeroerde monsters van matig grove zanden.

De gemiddelde horizontale doorlaatfactor bedroeg 38 m/dag met een standaardafwijking van 16. Van deze zelfde monsters werd ook nog eens de doorlaatfactor bepaald in geroerde toestand met behulp van de formule

$$k = \frac{54000}{U^2} A. B. C.$$

De verschillen in uitkomsten tussen beide methoden waren vrij groot. Gemiddeld echter leverde de laatste methode een doorlaatfactor van 33 m/dag, met een standaard afwijking van 24 op, hetgeen goed overeen komt met het resultaat van de laboratorium metingen.

Verder werden doorlaatfactoren bepaald (weer aan de hand van het getaxeerde U-cijfer) van pulsmonsters, genomen op dezelfde plaats en diepte als de kernmonsters.

Ook hier gaven de doorlaatfactoren van overeenkomstige monsters, verschillen te zien met die van de kernmonsters. Maar ook deze monsters gaven een aanvaardbaar gemiddelde, namelijk: 36 m/dag.

Uit deze cijfers blijkt wel dat doorlaatfactoren afgeleid uit het U-cijfer voor matig grove zanden (zonder grind!) gemiddeld over een geheel profiel, betrouwbaar zijn.

(Voor fijn zandige sedimenten, zie N. A. de Ridder en K. E. Wit 1965: A

comparative study on the hydraulic conductivity of unconsolidated sediments. Technical Bull. 42 I. C. W.).

Vergelijking van de op verschillende wijzen verkregen kD-waarden

Voor grindrijke pakketten was het slechts mogelijk de kD-waarden afgeleid uit de geroerde monsters te vergelijken met de uitkomsten van de pompproeven. Om nu de resultaten van eerstgenoemde methode die slechts ter plaatse van de boring geldt te kunnen vergelijken met de uitkomsten van de pompproeven, die een gemiddelde geven voor een groter gebied, is op de volgende wijze te werk gegaan:

Overwegende dat de veranderingen in doorlatendheid in oost-west richting groter zijn dan loodrecht daarop (tengevolge van het relief van de slecht doorlatende basislagen), werd besloten een lokaal bepaalde kD-waarde te beschouwen als een gemiddelde voor een noord-zuid verlopend traject.

Hiertoe werd de Achterhoek verdeeld in oost-west verlopende stroken met een breedte van 4 km. Voor elke strook werd de uit het U-cijfer afgeleide kD-waarde uitgezet tegen de afstand van het betreffende boorpunt tot de IJssel.

Zo leverde elke strook van 4 km breedte, een curve die het verband aangeeft tussen de gemiddelde kD-waarde over de breedte van de strook en de afstand van dit noord-zuid verlopende traject tot de IJssel.

Op deze wijze was het mogelijk de met behulp van pompproef bepaalde kD-waarde te vergelijken met de gemiddelde waarde afgeleid uit het U-cijfer voor hetzelfde gebied.

In fig. 4 zijn de uitkomsten van deze twee methoden tegen elkaar uitgezet. Hieruit blijkt dat voor het gebied dat ligt tussen de lijn Lichtenvoorde-Zelhem-Doetinchem en de Oude IJssel, ongeveer geldt:

$$kD(\text{pompproef}) = 2,5 kD(\text{geroerd monster})$$

Terwijl voor het overige gebied van de Achterhoek het verband als volgt blijkt te zijn:

$$kD(\text{pompproef}) = 1,2 kD(\text{geroerd monster})$$

Lithologisch zijn deze beide gebieden als volgt te onderscheiden:

Zowel in het eerstgenoemde gebied als in het overige deel van de Achterhoek

komen sterk grindhoudende lagen en grindlenzen voor, vaak met meer dan 90% grind. In het eerste gebied bevatten de gepulste monsters uit deze lagen een matrix van matig fijn tot matig grof zand (mogelijk zijn dit bijmengselen die in situ in deze lagen niet voorkomen).

In het tweede gebied bestaat de matrix echter meestal uit middelgrof tot zeer grof zand.

Daar nu de bepaling van de doorlaatfactor uit de korrelgrootte verdeling van geroerde monsters uitgaat van de zandfractie terwijl slechts een correctiefactor voor het grindgehalte wordt toegepast, gaan de verschillen in korrelgrootte tussen de zandfracties, die in dergelijke sedimenten vaak minder dan 10% van het totaal uitmaken, een overheersende rol spelen.

Het gevolg is dat in het eerstgenoemde gebied, waar de zandfractie zich kenmerkt door een kleine korrelgrootte, de uit de korrelgrootte verdeling afgeleide kD-waarde aanzienlijk te laag uitkomt.

Uit dit onderzoek blijkt wel dat bij bepaling van de doorlaatfactor uit de korrelgrootte verdeling, bij grindgehalten van meer dan 50% het onjuist is uit te gaan van de zandfractie, temeer daar in veel gevallen grind en zand, in het sediment in situ, niet gemengd, maar in aparte lagen zullen voorkomen.

Met behulp van de in het voorgaande gevonden betrekkingen, zijn de curven die het verband tussen kD-waarde en afstand tot de IJssel aangeven, gebracht op het niveau van de pompproeven.

Aan de hand van deze gegevens en de kennis van de geologische situatie is een kD-waarden kaart samengesteld, fig. 5.

De gemiddelde kD-waarde voor het westelijk deel van de Achterhoek kan gesteld worden op ruim 3000 m²/dag.

3. Waterbalans van de Gelderse Achterhoek (Westelijk deel)

Voor de neerslag en de open-water verdamping zijn van het station Winterswijk gegevens over de periode 1911-1961 beschikbaar:

gemiddelde jaarneerslag	750 mm
neerslag van mei t/m september	350 mm
neerslag oktober t/m april	400 mm
Gemiddelde E _o	650 mm/jaar
mei t/m september E _o	490 mm
oktober t/m april E _o	160 mm

De gemiddelde afvoer van de Oude IJssel bedraagt 250 mm/jaar. Hiervan komt 50 mm in de 5 zomermaanden, en 200 mm in de overige maanden tot afvoer.

Bij een jaarneerslag van 750 mm betekent dit een werkelijke verdamping van 500 mm/jaar, dat wil zeggen: $E = 0,75 E_0$.

Gesteld E (oktober t/m april) = $0,8 E_0 \rightarrow E = 125 \text{ mm}$

Gesteld E (mei t/m september) = $0,75 E_0 \rightarrow E = 375 \text{ mm}$

Voor het stroomgebied van de Oude IJssel geldt nu:

<u>winter</u> (okt. t/m april)	<u>zomer</u> (mei t/m sept.)
R = 400 mm	R = 350 mm
E = 125 mm	E = 375 mm
A = 200 mm	A = 50 mm

Dus in de winter wordt 75 mm geborgen. Hiervan wordt in de zomer 50 mm afgevoerd en 25 mm verdampt (voornamelijk door de planten ten gevolge van capillaire opstijging uit het grondwater naar de wortelzone).

Theoretisch bedraagt de maximale hoeveelheid winbaar grondwater dus $\frac{75}{5} = 15 \text{ mm/zomermaand}$.

In werkelijkheid echter zal het niet mogelijk zijn alle afvoer naar de beken te ondervangen en door grondwaterstandsverlaging, waardoor de wortelzone niet meer wordt gevoed door capillair opstijgend water, de verdamping vanuit het grondwater tot op nul te reduceren.

Waarschijnlijk is het mogelijk 5 mm per zomermaand te winnen. Dat is $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water. Geraamd wordt dat omstreeks het jaar 2000 ongeveer $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{maand}$ nodig zal zijn. Dat wil zeggen dat in de zomer $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{maand}$ uit oppervlakte water moet komen.

Een deel hiervan echter kan door een aantal pompstations zelf ondergronds aan de IJssel en de Oude IJssel worden onttrokken. Hierbij wordt vooral gedacht aan de Oude IJssel, waarvan de bovenloop tot aan Doetinchem gelegen is in een grof zandig, sterk grindhoudend pakket met een kD-waarde van meer

dan 5000 m²/dag. Verder is de mogelijkheid om water aan de Oude IJssel te onttrekken afhankelijk van de radiale weerstand.

Deze kan met de volgende formule worden benaderd:

$$q_0 = \frac{\Delta hw}{W}$$

hierin is: q_0 de drainage naar de Oude IJssel

Δhw het peilverschil tussen het open water en het peil van het grondwater op enige afstand van de rivier

W de radiale weerstand.

Uit de isohypsen kaart (fig. 6) volgt dat bij een gemiddelde kD -waarde van 4000 m²/dag, de drainage per lengte eenheid 3 m³/dag is.

Uit de C. O. L. N. gegevens blijkt dat $\Delta hw \approx 0,3$ m dus $W \approx 0,1$ dag/m.

De radiale weerstand is dus niet groot.

Met behulp van 7 pompstations langs de Oude IJssel, de IJssel en de Berkel, met elk een debiet van $5 \cdot 10^6$ m³/jaar zal het mogelijk zijn om $17,10^6$ m³/jaar of ongeveer $1,5 \cdot 10^6$ m³ per zomermaand aan het open water te onttrekken.

Er zal dus nog ongeveer $1,5 \cdot 10^6$ m³ per zomermaand of $7,5 \cdot 10^6$ m³ per zomer uit oppervlakte water moeten worden aangevoerd.

Hiervoor bestaan 2 mogelijkheden:

1e. Infiltratie

Aanvoer door pijpleidingen vanuit de rivieren naar infiltratie gebieden.

In de eerste plaats komt hiervoor in aanmerking aanvoer vanuit de IJssel naar hoge rug van Hengelo, dat van nature reeds een infiltratie gebied is, en van waaruit een relatief sterke grondwaterstroming naar de IJssel wordt gevoed. Dit blijkt uit het verloop van de isohypsen van het diepe grondwater en uit het feit dat de totale ionenconcentratie van het diepe grondwater in dit gebied zeer laag is in vergelijking met de rest van de Achterhoek (fig. 7).

Een tweede gebied dat voor infiltratie in aanmerking komt ligt tussen Varasseveld en Silvolde. Dit gebied kenmerkt zich door een grote doorlatendheid van de ondergrond en het praktisch ontbreken van een minder goed doorlatende bovenlaag. Verder vertoont het grondwater hier een relatief sterke helling in de richting van de Oude IJssel.

2e. Spaarbekkens

Dit water zal niet eerst geïnfiltreerd behoeven te worden, maar kan na reïni-

ging direkt worden gebruikt.

Gebieden als het dal van de Schaarsbeek en het dal van de Groenlose Sling nabij Groenlo lenen zich voor dit doel uitstekend, zowel door hun topografie en de aanwezigheid van een ondoorlatende ondergrond, als door de voldoende aanvoer van water door respect. de Slinger beek en de Groenlose Slinge.

Dit wat betreft de maximaal winbare hoeveelheid grondwater en de in aanmerking komende alternatieven indien deze maximale hoeveelheid niet voldoende is of indien met het oog op de landbouw het onttrekken van dergelijke hoeveelheden grondwater als ongewenst zou worden gezien.

In het volgende zal gepoogd worden een uitdrukking te vinden voor de omvang van de landbouwschade die bij een maximale grondwateronttrekking zal optreden.

4. Een grondwater onttrekkingsschema en de daarbij optredende grondwaterstandsdalingen

De totale hoeveelheid gewonnen grondwater werd voor 1965 geschat op $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Hiervan werd $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ door de waterleiding-bedrijven onttrokken en $21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ door de industrie.

De hoeveelheid water die in het jaar 2000 nodig zal zijn voor bevolking en industrie wordt geraamd op het drie-voudige hiervan. Uit de voorgaande beschouwing bleek dat deze hoeveelheid aan het grondwater onttrokken zal kunnen worden, (d. w. z. uit de overtollige neerslag) indien in de zomer ongeveer $7,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ oppervlakte water aan het grondwater zal kunnen worden toegevoerd.

In fig. 8 is een schema weergegeven voor een onttrekking van $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ / jaar voor de gehele Achterhoek inclusief de IJmers.

Teneinde zoveel mogelijk overtollige neerslag op te vangen (die anders naar de beken zou afstromen) en de grondwaterstandsdalingen zo gering mogelijk te houden is bij de situering van de pompstations gedacht aan de volgende gebieden:

1. laaggelegen gebieden met een grote lengte aan open leidingen per oppervlakte eenheid.
2. gebieden ongeveer evenwijdig aan de IJssel, de Oude IJssel, de Berkel en de terrasrand, dus loodrecht op de algemene richting van de grondwaterafvoer.
3. goed vochthoudende gronden. Hiertoe zijn de vochttrappen 2 en 3 van de

C. O. L. N. in aanmerking genomen.

Verdergaande differentiatie in bodemtype, i. c. vochthoudendheid van het bodemprofiel heeft weinig zin, aangezien het toch niet mogelijk is om dat deel van de onttrekkingskegel dat aanzienlijke grondwaterstandsdingen te zien geeft, binnen dergelijke kleine eenheden te houden.

Bij het hier voorgestelde schema is uitgegaan van onttrekkingseenheden met een capaciteit van $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$.

In gebieden waar, bij onttrekking door diepe putten het grondwater van "oneindig" ver moet worden aangevoerd (dat wil voor de Achterhoek zeggen gebieden waar geen watervoerende open leidingen aanwezig zijn) kan voor de berekening van de optredende potentiaaldalingen de formule van Theis worden gebruikt:

$$\Delta h = \frac{Q}{4\pi kD} \int_{\frac{\Delta r^2}{4kDt}}^{\infty} \frac{e^{-w}}{w} dw$$

hierin is $W = \frac{\Delta r^2}{4kDt}$

Dit geldt voor gebieden als het centrum van de Achterhoek en het Montferland. In de lagere delen van de Achterhoek bevinden zich echter primaire leidingen die in de zomer nog water afvoeren. Aangenomen dat water over grote afstand door deze leidingen wordt aangevoerd, en in de omgeving van het onttrekkingspunt zal infiltreren, dan is de potentiaaldaling die bij onttrekking in dergelijke gebieden zal optreden, met de volgende formule te berekenen (Ernst, 1966)

$$\Delta h = - \frac{Q}{2\pi kD} k_0 \frac{r}{kDW}$$

hierin is: Δh de potentiaaldaling in m op een afstand r van de put

Q het debiet in m^3/dag

kD de doorlatendheid in m^2/dag

k_0 een Besselse functie van de 1e soort orde 0

$W = \frac{L^2}{8kD} + L^{\omega}$ in dagen

hierin is L de afstand tussen de open leidingen en ω de radiale weerstand.

Deze formules toegepast op het voorgestelde onttrekkingsschema leveren voor de grondwaterstandsaling in de zomer het in fig. 8 geschetste beeld.

5. Schade aan de landbouw en de invloed van de grootte van de onttrekkingseenheden (bij gelijkblijvende totale onttrekking) hierop.

De schade die bij grondwateronttrekking toegebracht wordt aan het gewas zal ongeveer evenredig zijn met de optredende grondwaterstandsaling, tot aan een niveau waarop de invloed van de capillaire opstijging voor de wortelzone verwaarloosbaar klein wordt. Daalt de grondwaterstand beneden dit niveau, h_m dan zal de schade niet veel meer toenemen.

Van het centrum van het onttrekkingspunt tot een afstand r_m (waarop een grondwaterstandsaling h_m optreedt) is de opbrengst minimaal (0 min.). De opbrengstdaling per oppervlakte eenheid is hier 0 max. - 0 min., waarbij 0 max. de opbrengst aangeeft in het geval er geen grondwaterstandsaling zou hebben plaats gevonden.

De totale opbrengstdaling in dit gebied is:

$$\int_0^{r_m} 2\pi r (0 \text{ max.} - 0 \text{ min.}) dr$$

De opbrengstdaling in het gebied tussen de cirkels met stralen r_m en r_o (dus het gebied waar de grondwaterstandsaling ligt tussen h_m en $h_o = 0$) wordt:

$$\frac{0 \text{ max.} - 0 \text{ min.}}{h_m} \cdot \frac{Q}{2\pi kD} \int_{r_m}^{\infty} 2\pi r k_o \left(\frac{r}{\sqrt{kDW}}\right) dr$$

De totale opbrengstdaling voor n pompstations wordt:

$$n \left[\int_0^{r_m} 2\pi r (0 \text{ max.} - 0 \text{ min.}) dr + \frac{0 \text{ max.} - 0 \text{ min.}}{h_m} \cdot \frac{Q}{2\pi kD \cdot n} \int_{r_m}^{\infty} 2\pi r k_o \left(\frac{r}{\sqrt{kDW}}\right) dr \right]$$

of

$$(0 \text{ max.} - 0 \text{ min.}) \left[n\pi r_m^2 + \frac{QW}{h_m} \cdot \frac{r_m}{\sqrt{kDW}} K_1 \left(\frac{r_m}{\sqrt{kDW}}\right) \right]$$

Met deze formule is het mogelijk de invloed te berekenen die de grootte van het onttrekkingspunt heeft op de opbrengstschade, bij overigens gelijkblijvende totale grondwateronttrekking.

Uitgaande van een gemiddelde kD -waarde voor de Achterhoek (westelijk gedeelte) van $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$ en een totale weerstand W van 1500 dagen (zomer-toestand) en aangenomen dat het punt h_m ongeveer 75 cm grondwaterstands-daling betekent, worden voor verschillende onttrekkingsschema's de volgende opbrengstschaden verkregen voor het gebied tussen Berkel-Oude IJssel en de terrasrand bij een onttrekking van $90 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$:

debiet per pompstation	aantal pompstations	z_m in m	opbrengstdaling van gewas
$10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$	$n = 9$	1500	$4,1 \cdot 10^8$ (0 max. -6 min.)
$7,5 \cdot 10^6$ "	$n = 14$	1125	$4,6 \cdot 10^8$ "
$5 \cdot 10^6$ "	$n = 18$	750	$4,8 \cdot 10^8$ "
$2,5 \cdot 10^6$ "	$n = 32$	250	$4,7 \cdot 10^8$ "
$1 \cdot 10^6$ "	$n = 90$	90	$5 \cdot 10^8$ "

Uit deze gegevens blijkt dat de grootte van de onttrekking per pompstation weinig invloed heeft op de grootte van de schade. Gestreefd moet dan ook worden naar een capaciteit van $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ per onttrekkingseenheid.

Een groot aantal kleinere stations heeft het nadeel dat het gebied waarin grondwaterstands-daling optreedt groter wordt, waardoor het moeilijker wordt de onttrekkingen op de meest gunstige plaatsen te concentreren.

Grotere debieten stuiten op pomp-technische bezwaren als droogpompings en verstopping van filters.

Opbrengstschade

Stel de huidige opbrengst aan landbouwproducten $0(\text{max.}) = 1$ eenheid per ha, dan is de opbrengst voor het westelijk deel van de Achterhoek, ten noorden van de Oude IJssel 70 000 eenheden.

$0(\text{max.}) - 0(\text{min.})$ zal ongeveer $1/3$ bedragen. (isocarpe-diagram C. O. L. N.) De totale opbrengstdaling wordt dus:

$$\frac{1}{3} \cdot 4,8 \cdot 10^8 \approx \underline{15\,000 \text{ eenheden}}$$

Dat wil zeggen er vindt een opbrengstdaling plaats van ongeveer 20%. Waarschijnlijk zal dit bedrag in werkelijkheid iets kleiner zijn aangezien in het voorgaande geen rekening is gehouden met het water dat aan de IJssel en de Oude IJssel wordt onttrokken.

De conclusie luidt dus:

Wanneer bij een grondwaterstands daling van 75 cm in de zomer de oogstdepressie ongeveer maximaal zal zijn (d. w. z. de oogst met ongeveer $1/3$ zal dalen) de totale opbrengstdaling in de westelijke Achterhoek bij een totale grondwateronttrekking van 90.10^6 m^3 /jaar ongeveer 15-20% zal bedragen.

Dit betekent onder de huidige omstandigheden voor een gemiddeld bedrijf in dit gebied een inkomstenderving van f 200,- per ha. Voor de gehele westelijke Achterhoek wordt dit een bedrag van 15 miljoen gulden.

Of per m^3 opgepompt grondwater zal een schadevergoeding van 15 cent betaald moeten worden, dus de prijs per m^3 water die momenteel ongeveer 35 cent bedraagt zal verhoogd moeten worden tot 50 cent, gerekend naar de huidige maatstaven.

De vraag of men ook in de toekomst zal moeten trachten, het benodigde water uit de ondergrond te winnen, of over zal moeten gaan tot de aanleg van spaarbekkens zal ten eerste afhangen van de vraag wat goedkoper is:

- a. de behoefte aan water praktisch geheel voorzien uit het grondwater en schadevergoeding betalen aan de landbouwers
- b. idem, doch schade aan de landbouw ondervangen door infiltratie met oppervlakte water of gezuiverd rioolwater
- c. de waterbehoefte voor een deel voorzien uit het grondwater en voor het overige met behulp van spaarbekkens (dit laatste vooral in de zomer).

Ten tweede zal hierbij de bereidheid van de consument om eventueel een hogere prijs te betalen voor het betere grondwater, een rol spelen.

Literatuur

- BRUYN, J. 1966. Transportkosten van water. N. V. Waterleiding Oostelijk Gelderland.
- _____ 1966. Daling van de grondwaterstand als gevolg van grondwateronttrekking. N. V. Waterleiding Oostelijk Gelderland.
- CSONKA, J. 1965. Een geo-electrisch onderzoek naar een glaciale geul in de omgeving van Aalten. Werkgr. Geo-electr. Onderzoek T. N. O. Voorburg.
- ERNST, L. F. 1966. Wateronttrekking door diepe putten. Nota no 353. I. C. W. Wageningen.
- FABER, F. J. 1960. Geologie van Nederland. Aanvullende hoofdstukken, Gorinchem.
- Gedeputeerde Staten van Gelderland. 1964. Gelders perspectief, Zutphen.
- PANNEKOEK, A. J. 1956. Geologische geschiedenis van Nederland. Den Haag.
- RIDDER, N. A. de. 1966. Analysis of the pumping test "De Vennebulten" near Varsseveld. Nota 335 I. C. W. Wageningen.
- _____ en K. E. WIT. 1965. Onderzoek naar de mogelijkheid tot grondwaterwinning in de omgeving van Winterswijk. Nota 327 I. C. W. Wageningen.
- _____ 1966. De geo-hydrologische gesteldheid van de Achterhoek. (interim rapport) Nota no 344. I. C. W. Wageningen
- _____ 1966. Hydrogeologie van het stroomgebied van de Leerinkbeek. Nota no 337. I. C. W. Wageningen.
- REES VELLINGA, E. van en N. A. de RIDDER. 1965. Een vondst van marien Icenien in de Achterhoek, Geol. en Mijnbouw 44. p. 345.
- REUTER, K. N. en J. J. KOUWE. 1958. De Landbouwwaterhuishouding in de Provincie Gelderland. C. O. L. N. -T. N. O.

Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 1954. Nota inzake de mogelijkheid tot uitbreiding van de waterwinplaats 'Olden Eibergen'.

_____ 1962. Nota inzake de mogelijkheid van grondwaterwinning in het Montferland.

_____ 1963. Rapport inzake de mogelijkheid van grondwaterwinning ten zuiden van Haarlo.

_____ 1965. Rapport inzake een geo-hydrologisch onderzoek i. v. m. de stichting van een nieuwe waterwinplaats in het 'Groote Veld' ten noorden van Vorden.

_____ 1965. Waterwinplaats 'Het Klooster'.

SPAINK, G. 1961. Rapport no 115. Macropal. lab. Geol. Dienst.

_____ 1962. Rapport no 104. Macropal. lab. Geol. Dienst.

VERHAEG, W. B. en N. A. de RIDDER. 1961. De formatieconstanten in het proefgebied van Groenlo bepaald door middel van pompproeven. Nota no 80. I. C. W. Wageningen.

VOORTHUYSEN, J. H. van. 1965. Rapport no 586. Micropal. lab. Geolog. Dienst.

_____ 1964. Rapport no 501. Micropal. lab. Geolog. Dienst.

VRIES J. J. de. 1966. Pompproef M 199 ten N. W. van Varsseveld. Nota no 354. I. C. W. Wageningen.

_____ 1966. Pompproef M 165 ten Z. O. van Silvolde. Nota no 357. I. C. W. Wageningen.

_____ 1966. Pompproef M 163, tussen Dinxperlo en Aalten. Nota no 360. I. C. W. Wageningen.

_____ 1966. Pompproef M 200 tussen Silvolde en Varsseveld. Nota no 361. I. C. W. Wageningen.

_____ 1967. De pompproeven M 168 en M 174, gelegen ten zuid-oosten van Zelhem. Nota no 377. I. C. W. Wageningen.

WALTER, F. 1960. Rapport inzake geo-electrische proefmetingen in het stroomgebied van de Leerinkbeek. Werkgr. Geo-electr. Onderzoek T. N. O. Voorburg.

_____ 1962. Eindrapport inzake een geo-electrisch onderzoek in het stroomgebied van de Leerinkbeek. Werkgr. Geo-electr. Onderzoek. T. N. O. Voorburg.

_____ 1965. Rapport inzake een geo-electrisch onderzoek in de omgeving van Ruurlo, Lichtenvoorde en Aalten in de Gelderse Achterhoek. Werkgr. Geo-electr. Onderzoek T. N. O. Voorburg.

WIT, K. E. en N. A. de RIDDER. 1966. Geo-hydrologisch onderzoek naar de te verwachten grondwaterstandsverlaging in de omgeving van een door de N. V. Waterleiding Oostelijk Gelderland te stichten pompstation in Baak, gem. Steenderen. Nota no 329. I. C. W. Wageningen.

ZAGWIJN, W. H. 1961. Rapport no 296. Paleo-botanisch lab. Geolog. Dienst

_____ 1964. idem no 400

_____ 1965. idem no 428 en 436

ZONNEVELD, J. I. S. 1958. Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse pleistoceen. Med. Geol. Stichting nw. serie no 12.

Bijlagen

- fig. 1 Lokatie van de exploratieboringen en de pompproeven
- fig. 2 Structuurkaart van de "ondoorlatende" basislagen
- fig. 3 Dikte van het watervoerend pakket
- fig. 4 Verband tussen de kD-waarden afgeleid uit pompproeven en kD-waarden afgeleid uit de korrelgrootte verdeling
- fig. 5 kD-waarden kaart
- fig. 6 Isohypsen kaart van het diepe grondwater
- fig. 7 Totaal elektrisch geleidingsvermogen van het diepe grondwater
- fig. 8 Een grondwateronttrekkingsschema en de daarbij optredende grondwaterstandsverlagingen (zomertoestand).

*fig 7 omloopig
nusselaten*