ULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 482, d.d. 2 oktober 1968

Grondwaterstand, infiltratie en bodemvochtvoorraad in graslandgebieden in verband met de vaststelling van de waterbehoefte voor peilbeheersing

P. E. Rijtema

1. Inleiding

In verband met de beschouwingen van het Werkcomité Watervoorziening Midden-West Nederland (1967) betreffende de vaststelling van de waterbehoefte voor peilbeheersing, is het noodzakelijk ten aanzien van deze zaak enkele kanttekeningen te plaatsen. Aangezien de graslandgebieden in dit rapport ruim 50% van de waterbehoefte opeisen, zal speciaal aan deze gebieden de aandacht worden geschonken, zowel wat betreft de gewenste zomergrondwaterstand, de realiseerbare grondwaterstand, de infiltratie en de grootte van de bodemvochtvoorraad.

2. De gewenste grondwaterstand

Voor de bepaling van de gewenste zomergrondwaterstanden voor grasland in veengebieden en in gebieden met een kleidek tot 25 cm op veen, is uitgegaan van de berekeningen van het maximale beschikbare water zoals dit reeds eerder is gegeven (RIJTEMA, 1965). Op deze gegevens is een modificatie aangebracht die de daling van de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen in rekening brengt. Hierbij is uitgegaan van een grondwaterstand van 30 cm - m.v. op 1 mei, terwijl de zomergrondwaterstand tot verschillende waarden daalt. Om rekentechnische redenen is een periode lengte van 120 dagen gebruikt. Uit elders gepubliceerde opbrengstgegevens (RIJTEMA, 1968) blijkt, dat in de droge zomer van 1959 bij optimale watervoorziening in een periode van 120 dagen vanaf 1 mei bij optimale watervoorziening een drogestof produktie van gras van 10 900 kg/ha wordt bereikt. In een jaar met minder straling dan 1959, bedraagt de drogestof produktie over 120 dagen 9 400 kg/ha. Stellen we deze produktie van 9 400 kg drogestof in 120 dagen ook voor droge stralingsrijke jaren normatief, dan is een maximale beschikbare hoeveelheid bodemvocht + infiltratie van bijna 700 mm nodig (RIJTEMA, 1968, tabel 9) met een frequentie van voorkomen van een keer per 10 jaar.

Voor een periode van 120 dagen bedragen de maximale hoeveelheden bodemvocht + infiltratie bij zomergrondwaterstanden van 55, 60, 75 en 100 cm - m.v. respectievelijk 701, 551, 351, en 283 mm. Bij een zomergrondwaterstand van 55 cm - m.v. zou dus aan de gestelde produktie eis in 90% van de jaren kunnen worden voldaan. SCHLOTE UBING (1967) komt in deelrapport II tot de conclusie, dat voor graslanden met modern intensief gebruik en onderhoud, zomergrondwaterstanden van hoogstens 50 à 60 cm - m.v. gewenst zijn. In hoeverre deze grondwaterstandseis voor de droge jaren ook in de praktijk moet worden gerealiseerd is sterk afhankelijk van de moeilijkheden, die ontstaan onder natte omstandigheden in verband met draagkracht en vertrapping.

3. Zomergrondwaterstand en infiltratie

De relatie tussen de grondwaterstand en de infiltratie wordt enerzijds bepaald door de benodigde drukhoogte voor zijdelingse infiltratie uit de sloten, anderzijds door de fysische eigenschappen van het profiel, met name de mogelijkheden voor capillaire opstijging. De berekeningen ten aanzien van de zomerwaterstand en de infiltratie zullen worden beperkt tot de veengebieden en de klei op veengebieden. Het verband tussen de benodigde totale drukhoogte en de infiltratie wordt weergegeven door de volgende vergelijking:

$$\Delta h_{tot} = i \left(w \cdot l + \frac{l^2}{8\,KD}\right)$$

waarin

Δh_{tot} = drukhoogte in m
i = infiltratiesnelheid in m/etm
w = radiale slootweerstand in etm/m
l = perceelsbreedte in m
K = doorlatendheid in m/etm
D = dikte van de watervoerende laag in m

Volgens gegevens van SCHOLTE UBING (1963) en metingen uitgevoerd door de C. D. (1959) op een in de polder Giessen-Nieuwkerk aangelegd proefveldje is de grootte van de radiale slootweerstand w te stellen op 2,9 tot 4,2 etm/m. Bij de gemaakte berekeningen is de waarde van w gesteld op 3 etm/m. De KD-waarde is op grond van gegevens van Scholte Ubing gesteld op 7 m^2/etm. In tabel 1 zijn de waarden van Δh_{tot} vermeld voor verschillende waarden van de infiltratie i en voor verschillende perceelsbreedten.

Tabel 1. De waarden van Δh_{tot} in m voor verschillende waarden van de infiltratie i en voor verschillende waarden van de perceelsbreedte l

l \ i	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8 mm/etm
m						
30	0,106	0,148	0,190	0,212	0,255	0,297
40	0,149	0,208	0,267	0,297	0,357	0,416
50	0,195	0,273	0,350	0,389	0,467	0,545
60	0,244	0,342	0,440	0,489	0,586	0,684
70	0,297	0,417	0,536	0,595	0,714	0,833
80	0,354	0,496	0,638	0,709	0,850	0,992
90	0,414	0,580	0,746	0,819	0,995	1,161
100	0,479	0,670	0,861	0,957	1,149	1,340

Tabel 1 geeft de drukhoogte aan die nodig is om een bepaalde hoeveelheid water te laten infiltreren. Bij gegeven slootwaterstand is uit deze tabel het verband tussen grondwaterstand en infiltratiesnelheid eenvoudig af te leiden.

De capillaire eigenschappen van het profiel beperken de mogelijkheid voor zijdelingse infiltratie, omdat de geïnfiltreerde hoeveelheid door capillaire opstijging moet worden afgevoerd. In tabel 2 zijn de stijgsnelheden in veengrond vermeld in afhankelijkheid van de grondwaterstand. Hierbij zijn twee zuigspanningswaarden aan de onderzijde van de effectieve wortelzone gegeven. De eerste waarde (P_F = 4,2) moet worden beschouwd als het absolute maximum, dat niet kan worden overschreden. De tweede waarde (P_F = 3,0) geeft het infiltratieniveau aan, waarbij reducties in de verdamping beginnen op te treden.

Tabel 2. De infiltratie (mm/etm) in verband met de zomergrondwaterstand (cm - m. v.) voor de waarden P_F = 4,2 en P_F = 3,0 aan de onderkant van de effectieve wortelzone (veengrasland)

Grondwaterstand	55	65	75	85	95	105	125
P_F 4,2	5,53	3,35	2,22	1,62	1,22	0,98	0,67
P_F 3,0	4,89	2,74	1,78	1,22	0,93	0,71	0,48

Combinatie van de tabellen 1 en 2 geeft de diepst mogelijke zomergrondwaterstanden en de daarbij behorende maximale infiltraties. Voor wat betreft een P_F gelijk aan 4,2 aan de onderkant van de wortelzone zijn deze gegevens vermeld in tabel 3.

Tabel 3. Diepste zomergrondwaterstanden (cm - m. v.) en maximum infiltratiesnelheden (mm/etm) in afhankelijkheid van slootpeil en perceelsbreedte (zie bijgevoegde figuren)

Slootpeil cm-mv	0		10		20		30	
Perceelsbreedte m	gwst	inf	gwst	inf	gwst	inf	gwst	inf
30	56,0	5,25	58,5	4,55	62,0	3,92	65,5	3,30
40	61,0	4,10	63,5	3,60	66,5	3,13	70,0	2,70
50	65,0	3,35	68,0	2,98	71,0	2,60	74,5	2,28
60	69,0	2,80	71,5	2,50	74,5	2,23	78,0	1,98
70	72,5	2,42	75,5	2,20	78,5	1,98	82,5	1,75
80	76,0	2,15	79,5	1,95	82,5	1,75	86,0	1,62
90	80,0	1,90	82,5	1,75	85,5	1,67	89,0	1,42
100	82,5	1,75	85,5	1,67	89,0	1,42	92,5	1,30

In tabel 4 zijn de grondwaterstanden en infiltratiesnelheden weergegeven, die kunnen voorkomen bij een P_F = 3,0 aan de onderzijde van de wortelzone, wanneer onder droge omstandigheden reducties in de verdamping beginnen op te treden.

Tabel 4. Zomergrondwaterstanden (cm - m.v.) en infiltratiesnelheden (mm/etm) bij een zuigspanning P_F 3,0 aan de onderkant van de wortelzone in afhankelijkheid van slootpeil en perceelsbreedte

Slootpeil cm-mv / Perceelsbreedte m	0		10		20		30	
	gwst	inf	gwst	inf	gwst	inf	gwst	inf
30	54,5	5,10	56,5	4,35	59,5	3,70	62,5	3,06
40	58,0	3,90	60,5	3,40	63,5	2,95	67,0	2,50
50	62,0	3,18	64,5	2,80	67,5	2,43	71,0	2,10
60	65,5	2,68	68,0	2,40	71,0	2,10	74,5	1,83
70	69,0	2,30	71,5	2,05	74,5	1,83	78,0	1,60
80	72,0	2,03	74,5	1,83	77,5	1,61	80,5	1,43
90	75,0	1,78	77,0	1,63	80,0	1,45	83,5	1,28
100	77,5	1,61	80,0	1,45	83,0	1,32	86,5	1,17

Aangezien de infiltratiesnelheden die in tabel 3 zijn vermeld, alleen optreden als het profiel volledig is uitgeput, heeft het geen zin om deze waarden in berekeningen in beschouwing te nemen. Om deze reden is de gemiddelde infiltratiesnelheid van de tabellen 3 en 4 als technisch te realiseren infiltratiesnelheid opgenomen. Deze gemiddelde waarden zijn vermeld in tabel 5.

Tabel 5. Technisch te realiseren infiltratiesnelheden (mm/etm) in afhankelijkheid van slootpeil en perceelsbreedte

Slootpeil cm-mv / Perceelsbreedte m	0	10	20	30
30	5,2	4,4	3,8	3,2
40	4,0	3,5	3,0	2,6
50	3,3	2,9	2,5	2,2
60	2,7	2,4	2,2	1,9
70	2,4	2,1	1,9	1,7
80	2,1	1,9	1,7	1,5
90	1,8	1,7	1,6	1,4
100	1,7	1,6	1,4	1,2

Uit de in het rapport 'De Watervoorziening van Midden-West Nederland' gestelde dubbele eis van een zomergrondwaterstand van 50 - 60 cm en een infiltratiesnelheid van 2,8 mm/etm volgt dat deze eis alleen kan worden gerealiseerd bij perceelsbreedten $\leqslant$50 m, gecombineerd met een slootpeil van 10 cm - m.v.; perceelsbreedten $\leqslant$40 m bij een slootpeil van 20 cm - m.v. en een perceelsbreedte van $\leqslant$30 m bij een slootpeil van 30 cm - m.v. Bij een gemiddelde perceelsbreedte van 80 m, zoals momenteel bij de graslandgebieden in Delfland voorkomt, zijn de beide eisen zeer zeker niet te realiseren. Tevens moet hierbij worden opgemerkt, dat bij de uitgevoerde berekeningen de vrijwel laagste bekende waarde van de slootweerstand w is gebruikt. Ten aanzien van de gebruikte KD-waarde is op dit punt geen uitspraak te doen. Aangezien de slootweerstand w bij de uitgevoerde berekeningen een dominerende invloed had op de grootte van de benodigde drukhoogte, kan worden gesteld dat de in de praktijk te verwachten infiltratiesnelheden kleiner zullen zijn dan de hier berekende waarden. Uit tabel 5 blijkt dat de infiltratiesnelheid in sterke mate afhankelijk is van de gemiddelde perceelsbreedte in het gebied. Indien wordt aangenomen, dat de gemiddelde perceelsbreedte voor het grasland in Midden-West Nederland gelijk is aan de gemiddelde perceelsbreedte in Delfland, dan moet bij een slootpeil van 20 cm - m.v. de maximaal te realiseren infiltratiesnelheid worden gesteld op 1,7 mm/etm.

4. Grondwaterstand, infiltratie en bodemvoorraad

Voor het samenspel van grondwaterstand, infiltratie en uitputting van de bodemvoorraad is uitgegaan van de basisgegevens en het berekeningsschema, die reeds eerder zijn gepubliceerd (RIJTEMA en RYHINER, 1968). Hierbij is aangenomen, dat het slootwaterpeil zich op 40 cm - m.v. bevindt. De zijdelingse infiltratie is gesteld op 0,04 mm dag $^{-1}$ cm^{-1}. Bij de aangenomen waarde van de slootweerstand w van 3 etm/m en een KD-waarde van 7 m^2/etm, komt dit neer op een perceelsbreedte van 61 m. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de klimatologische omstandigheden in 1959, waarbij is gesteld, dat een evenwichtssituatie bestond aan het begin van de derde decade van april. De berekeningen zijn voortgezet tot het moment dat er reducties in de verdamping optraden. De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat in tabel 6.

Tabel 6. De berekende waarden voor de grondwaterstandsdaling, de zijdelingse infiltratie uit de sloten, de vochtonttrekking aan het profiel en het verdampingsoverschot in de voorzomer van 1959

	Periode						
	A III	M I	M II	M III	J I	J II	J III
h_i (cm-m.v.)	40,0	48,2	56,4	64,1	69,3	72,4	75,55
h_f (cm-m.v.)	48,2	56,4	64,1	69,3	72,4	75,55	78,26
Δh (cm)	8,2	8,2	7,7	5,2	3,1	3,15	2,71
Slootinfiltratie (mm)	1,64	4,92	8,10	11,75	12,55	13,60	14,76
$\Delta M_{o.g.}$ (mm)	4,46	5,98	8,70	12,55	11,75	15,10	13,94
ΔM_{wz} (mm)	4,80	6,50	12,30	13,10	8,40	14,80	7,00
ΔM_t (mm)	9,26	12,48	21,00	25,65	20,15	29,90	20,94
$\sum \Delta M_t$ (mm)	9,3	21,7	42,7	68,4	88,5	118,4	139,4
$(E_{pot}-P)$ (mm)	10,9	17,4	29,1	37,4	32,7	43,5	37,2
$(E_{re}-P)$ (mm)	10,9	17,4	29,1	37,4	32,7	43,5	35,7
$\sum(E_{re}-P)$ (mm)	10,9	28,3	57,4	94,8	127,5	171,4	206,7

Symbolen tabel 6

h_i = grondwaterstand in cm - m.v. aan begin periode
h_f = grondwaterstand in cm - m.v. aan eind periode
Δh = grondwaterstandsfluctuatie over de periode
$\Delta M_{o.g.}$ = vochtonttrekking aan de ondergrond
ΔM_{wz} = vochtonttrekking aan de wortelzone
ΔM_t = totale vochtonttrekking
E_{pot} = potentiële verdamping
E_{re} = werkelijke verdamping
P = neerslag

Tabel 6 geeft een duidelijk beeld van het samenspel tussen de verschillende faktoren. Het is duidelijk dat de maximum infiltratiesnelheden in droge jaren pas eind juni en in juli worden gerealiseerd. Uit de berekeningen blijkt ook dat op veengrasland ongeveer 140 mm water kan worden onttrokken voordat een belangrijke reductie in de verdamping optreedt. Voor klei op veen profielen zal dit bedrag enigszins lager zijn, maar nog altijd tussen de 100 à 120 mm liggen, afhankelijk van de dikte van het kleidek. Deze getallen zijn aanzienlijk hoger dan in het rapport: 'De Watervoorziening van Midden-West Nederland'

is aangenomen voor de graslandgebieden.

Uit de berekeningen blijkt ook dat de reductie in verdamping pas optreedt bij een verdampingsoverschot van ruim 200 mm in 70 dagen. Naarmate het potentiële verdamping soverschot de kritische waarde van 200 mm op een later tijdstip nadert, mag deze waarde na 1 juli met ongeveer 10 à 15 mm per tien dagen worden verhoogd, tengevolge van de aanvullende watertoevoer door infiltratie uit de sloten. Als bij de berekeningen van een hoger slootpeil wordt uitgegaan, zal de infiltratie uit de leidingen wat sneller toenemen en zal het tijdstip van de kritieke vochtonttrekking uit het profiel naar een later tijdstip verschuiven.

5. Conclusies

Op grond van de gegeven beschouwingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

a. Op grond van de produktie eis moet voor de graslandgebieden in het Midden-Westen een zomergrondwaterstand van 55 cm - m.v. in droge jaren gewenst worden geacht. Hierbij is geen uitspraak gedaan over optredende schade onder natte omstandigheden;

b. Aan de gestelde eisen van een grondwaterstand van 60 cm-m.v. bij een infiltratie van 2,8 mm/etm, kan bij het huidige slootonderhoud onder gunstige omstandigheden alleen worden voldaan indien de perceelsbreedte kleiner is dan 40 m;

c. De infiltratie uit de sloten in deze graslandgebieden is maximaal te stellen op 1,7 mm/etm, waarbij zomergrondwaterstanden optreden van 70 - 80 cm - m.v. Dit betekent dat het op bladzijde 1 genoemde produktie niveau niet bereikt zal worden;

d. De bodemvochtvoorraad voor de graslandgebieden voordat reducties in verdamping optreden, is te stellen op 140 mm voor veengrasland en op 120 - 100 mm voor klei op veen profielen, afhankelijk van de dikte van het kleidek;

e. De te stellen maximum infiltratiesnelheid zal in droge jaren niet voor eind juni worden bereikt.

De consequenties van de gegeven beschouwingen voor de bepaling van de te realiseren maximum wateraanvoer in Midden-West Nederland zijn voor de tweede decade van juli nagegaan. Tevens is hierbij de open waterverdamping met 15% gereduceerd op grond van reeds eerder gepubliceerde gegevens

(RIJTEMA en RYHINER, 1968). Ter vergelijking zijn tevens de in het Rapport Watervoorziening Midden-West Nederland gegeven waarden vermeld in tabel 7.

Tabel 7. De maximum te realiseren wateraanvoer voor peilbeheersing in de tweede decade van juli in m^3/sec

Grondgebruik	Rapport M. W. N.	Huidige berekening
Open wateren	15,9	13,5
Graslanden	42,8	27,8
Bouwlanden	2,2	2,2
Tuinbouw vollegrond	4,4	4,4
Tuinbouw onder glas	6,8	6,8
Fruitteelt etc.	2,3	2,3
Bloembollencultuur	4,2	4,2
Totaal Midden-West Nederland	78,6	61,2

Uit deze gegevens blijkt, dat de in het rapport 'De Watervoorziening van Midden-West Nederland' vermelde maxima voor wateraanvoer voor peilbeheersing rond 20-25% hoger zijn dan uit de hier gegeven beschouwingen blijkt. Wat concret betekent. Huidig tot-water nog 50% tegen 41,3 ≈ 45% meer

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

Literatuur

RIJTEMA, P. E. 1965. An analysis of actual evapotranspiration. Agric. Res. Rep. 659: 1-107. Pudoc Wageningen.

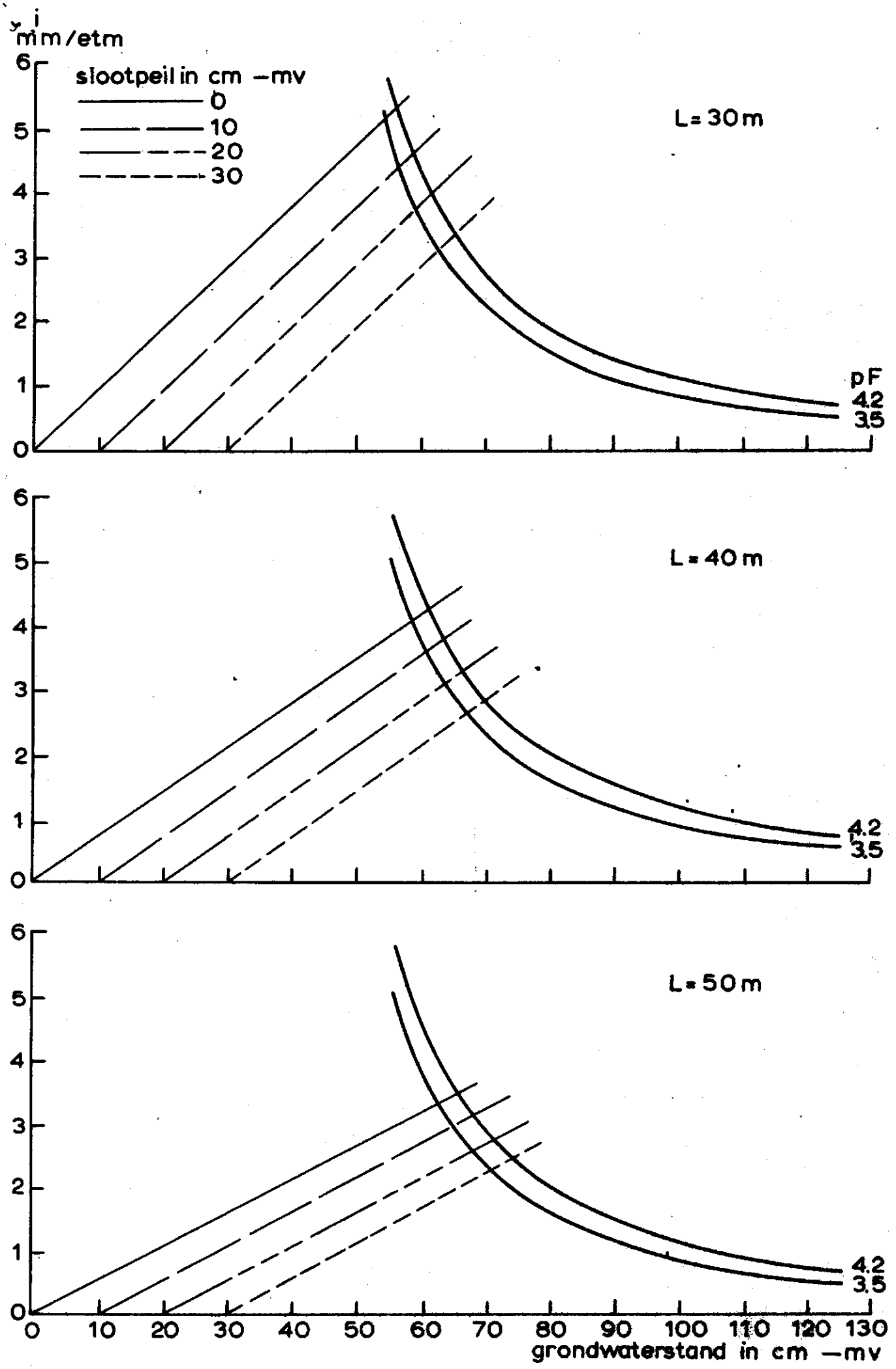
——————— 1968. On the relation between transpiration, soil physical properties and crop production as a basis for water supply plans. I. C. W. nota 434, 28 p.

RIJTEMA, P. E. en A. H. RYHINER. 1968. De lysimeters in Nederland III. Versl. Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T. N. O. 14: 86-149.

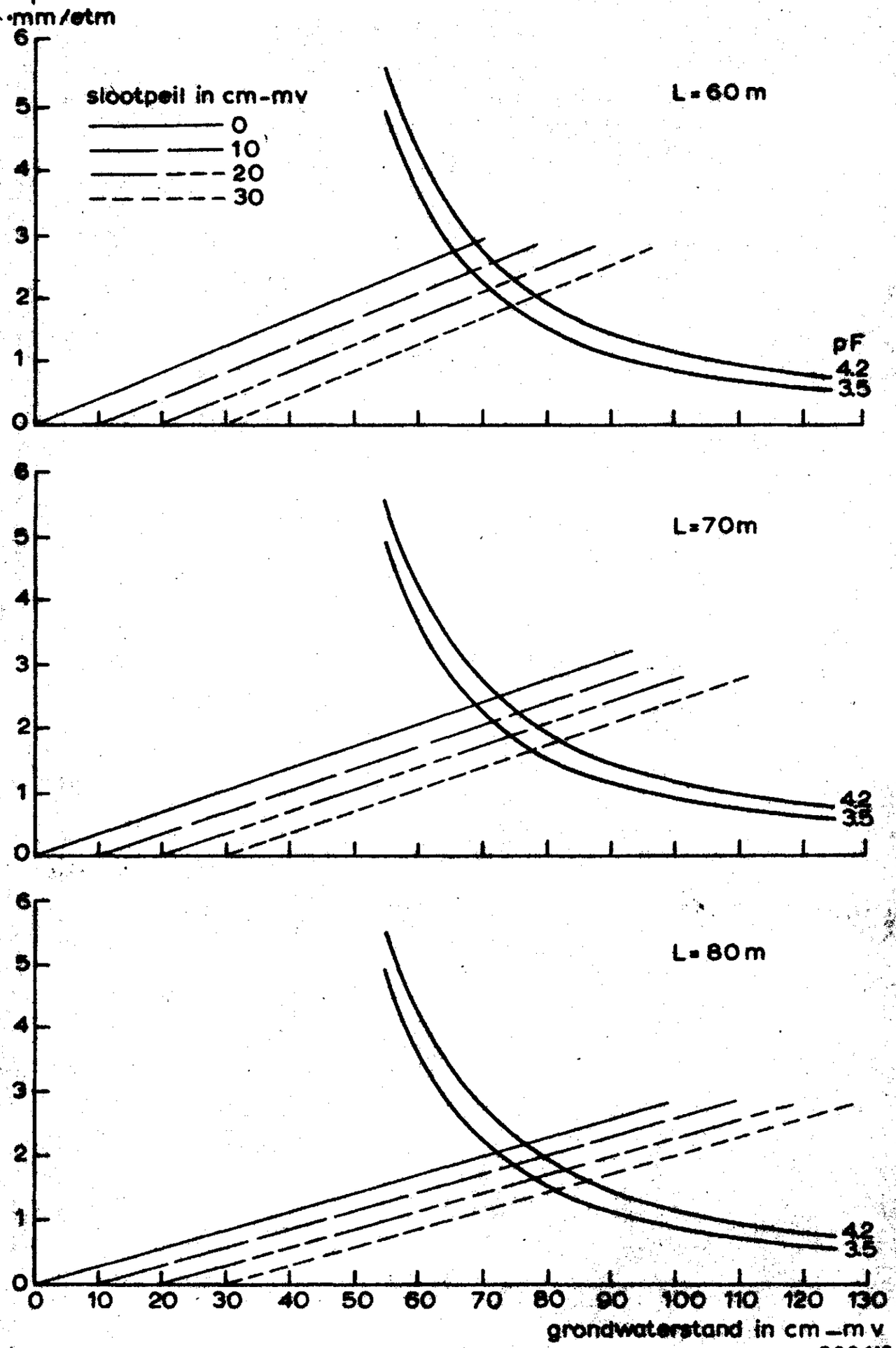
SCHOLTE UBING, D. W. 1963. Relaties tussen grond- en slootwaterstanden in laaggelegen graslandgebieden van de Lopikerwaard (Z. W. Utrecht) met bodemprofielen van klei op veen. Landbouwk. Tijdschr. 75: 992-1004.

——————— 1967. De aanvullende waterbehoefte in droge perioden voor peilbeheersing. Deelrapport II: 15 p. Werkcomité Watervoorziening Midden-West Nederland

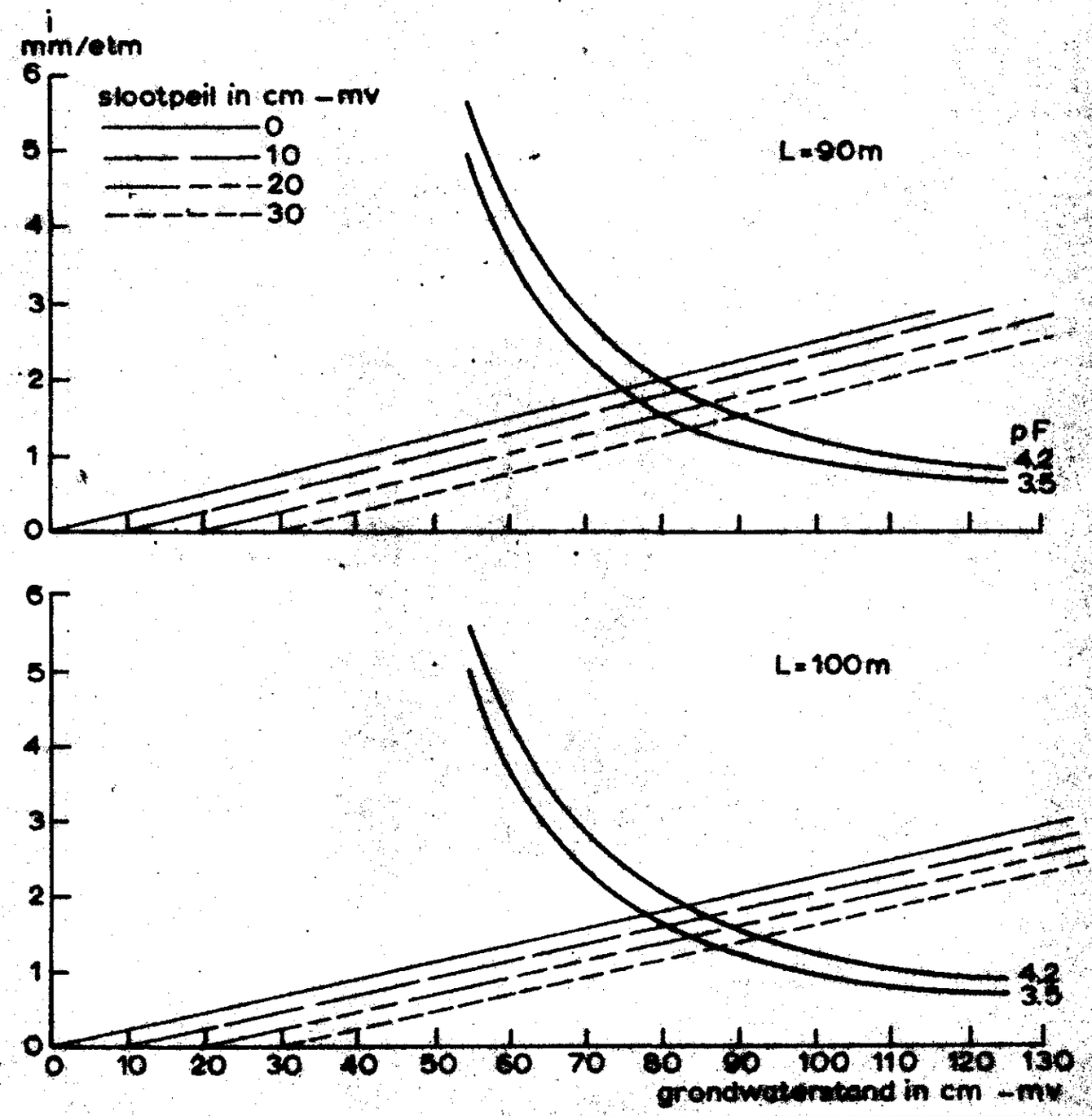
WERKCOMITE Watervoorziening Midden-West Nederland, 1967. De watervoorziening van Midden-West Nederland. Hoofdrapport: 110 p.


mm/etm
slootpeil in cm –mv
0
10
20
30
L=30m
pF
4.2
3.5
L=40m
4.2
3.5
L=50m
4.2
3.5
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
grondwaterstand in cm –mv

68C 112 1/2.9


i
mm/etm
slootpeil in cm-mv
0
10
20
30
L=60 m
pF
4.2
3.5
L=70m
4.2
3.5
L=80m
4.2
3.5
0
1
2
3
4
5
6
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
grondwaterstand in cm-mv

68C 1122/2.9



Het verband tussen emp. opstijging en grondwaterstand bij een zuigspanning pF 4,2 en 3,5. De rechte lijnen geven het verband tussen de mijdelingse infiltratie en de grondwaterstand. Het snijpunt van de rechten met de curve voor emp. opstijging bij pF 4,2 geeft de maximaal te realiseren infiltratie en de diepst mogelijke grondwaterstand.