

NOTA 1298

Rondbureau Landgroep

bl. 50
G. v. Balch

januari 1980
(bijgesteld augustus 1981)

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

TOENAME VAN DE PRODUKTIE VAN GRASLAND BIJ VERBETERING
VAN DE WATERVOORZIENING

ir. P.J.M. van Boheemen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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.

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Doel van de studie	1
1.2. Indeling van de nota	3
2. GEANALYSEERDE ONDERZOEKSRÉSULTATEN	3
3. BEREKENINGSONDERZOEK VAN BAARS	4
3.1. Algemeen	4
3.2. Verloop van het proefveldonderzoek naar de juiste berekeningsmethode	6
3.3. Conclusies uit het proefveldonderzoek naar de juiste berekeningsmethode	8
3.4. Verloop van het proefveldonderzoek naar het opbrengstverhogend effect van de berekening	9
3.4.1. Bodemgesteldheid	9
3.4.2. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem	10
3.4.3. Indeling van de proefvelden	12
3.4.4. Toediening van het beregeningswater	12
3.4.5. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting	12
3.4.6. Botanische samenstelling van het gras	14
3.4.7. Snedeverloop	17
4. BEREKENINGSONDERZOEK VAN VAN GENEIJGEN	17
4.1. Algemeen	17
4.2. Verloop van het proefveldonderzoek naar het opbrengstverhogend effect van de berekening	18

	blz.
4.2.1. Bodemgesteldheid	18
4.2.2. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem	19
4.2.3. Indeling van de proefvelden	19
4.2.4. Toediening van het beregeningswater	19
4.2.5. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting	20
4.2.6. Botanische samenstelling van het gras	21
4.2.7. Snedeverloop	24
5. BEREGENINGSONDERZOEK VAN HELLINGS	24
5.1. Algemeen	24
5.2. Verloop van het onderzoek in bedrijfsverband	25
5.3. Verloop van het proefveldonderzoek in de periode 1950-1953	25
5.4. Verloop van het proefveldonderzoek in de periode 1954-1963	27
5.4.1. Algemeen	27
5.4.2. Bodemgesteldheid	28
5.4.3. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem	28
5.4.4. Indeling van de proefvelden	30
5.4.5. Toediening van het beregeningswater	31
5.4.6. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting	33
5.4.7. Botanische samenstelling van het gras	35
5.4.8. Snedeverloop	38
6. VERDAMPINGSONDERZOEK VAN MAKKINK EN RIJTEMA	38
6.1. Algemeen	38
6.2. Verloop van het proefveldonderzoek	39
6.2.1. Indeling van het proefveld	39
6.2.2. Bodemgesteldheid	39
6.2.3. Grondwaterstandsregime	40
6.2.4. Vochthoudend vermogen van de bodem	41
6.2.5. Toediening van het gietwater	41
6.2.6. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting	41
6.2.7. Botanische samenstelling van het gras	44
6.2.8. Snedeverloop	44

	blz.
7. BASIS VOOR DE VERGELIJKING VAN DE DIVERSE PROEFRESULTATEN	44
8. BEPALING VAN DE ACTUELE EN POTENTIËLE EVAPOTRANSPIRATIE	47
8.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Hellings	47
8.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema	51
9. BEPALING VAN DE POTENTIËLE PRODUCTIE	52
9.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Hellings	52
9.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema	53
10. VERBAND TUSSEN DE VERSCHILLEN IN PRODUCTIE EN EVAPOTRANSPIRATIE	54
10.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Hellings	55
10.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema	60
10.3. Discussie	64
11. SAMENVATTING	66
LITERATUUR	67

1. INLEIDING

1.1. Doel van de studie

In de loop van de zeventiger jaren heeft zich binnen de land- en tuinbouw een sterke toename voorgedaan in het gebruik van beregenings- en bevoeiingsinstallaties. Ter illustratie van deze ontwikkeling zijn onderstaand enkele uitkomsten opgenomen van de enquête naar de toepassing van beregening en bevoeiing in 1976 (VAN BOHEEMEN en DE WILDE, 1979).

Gedurende de zeer droge zomer van 1976 zijn in totaal 26 146 beregenings- en bevoeiingsinstallaties ingezet. Het aantal dat eigendom was van de gebruiker, bedroeg 20 343. Een nader onderzoek naar de aanschafperiode van deze groep installaties leverde het in tabel 1 vermelde resultaat op. Uit de tabel komt duidelijk naar voren, dat in de zeventiger jaren en met name in 1976 een sterke stijging in de aankoop van installaties heeft plaatsgevonden.

Tabel 1. Indeling naar aanschafperiode van de beregenings- en bevoeiingsinstallaties die in 1976 in eigendom zijn gebruikt

Aanschafperiode	Beregening	Bevoeiing	Totaal
vóór 1974	9 352	667	10 019
1974 of 1975	2 359	142	2 501
1976	6 808	1015	7 823
Totaal	18 519	1824	20 343

Circa 61% van de in 1976 ingezette installaties is gebruikt voor de behandeling van grasland. De behandelde oppervlakte grasland be-

droeg 184 047 ha (beregend 151 444 ha, bevoeid 32 603 ha). Deze oppervlakte vormt ongeveer 14% van de totale oppervlakte grasland die in 1976 binnen Nederland voorkwam.

In de vijftiger en zestiger jaren vond het toepassen van beregening en bevoeiing vrijwel alleen plaats op sterk droogtegevoelige gronden. De watertoediening heeft daar een aanzienlijk opbrengstverhogend effect. Momenteel wordt echter ook beregening en bevoeiing toegepast op minder droogtegevoelige grond. Deze ontwikkeling heeft geleid tot vragen naar de condities waaronder het toepassen van beregening en bevoeiing rendabel is. Het betreft hier zowel vragen vanuit de praktijk waar wordt overwogen om tot beregening en bevoeiing over te gaan, als vragen vanuit het beleid dat behoefte heeft aan een goed onderbouwde prognose inzake het toekomstig gebruik van beregenings- en bevoeiingsinstallaties.

Deze gang van zaken heeft geleid tot de instelling van de werkgroep 'Beregening van grasland'. Deze werkgroep heeft zich voorgenomen berekeningen uit te voeren van de rentabiliteit van beregening op melkveebedrijven en is geformeerd uit medewerkers van het Proefstation voor de Rundveehouderij (PR), het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Landbouw-Economisch Instituut (LEI), het Consulentschap voor Landbouwwerktuigen en Arbeid en het Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw.

In dit verband wordt opgemerkt dat de genoemde werkgroep een bredere taak op zich heeft genomen dan de werkgroep 'Zuidelijk Zand' die in 1977 een rapport heeft uitgebracht over de rentabiliteit van beregening op melkveebedrijven, gelegen op matig droogtegevoelige grond in het zuidelijk zandgebied (DOORNBOS, VAN DER STRATEN en WIELING, 1977). De werkgroep 'Beregening van Grasland' heeft zich namelijk ten doel gesteld rentabiliteitsberekeningen te maken voor gronden met uiteenlopend vochtleverend vermogen en voor gebieden met verschillende klimatologische omstandigheden.

Bij het opzetten van de berekeningen kwam binnen de werkgroep 'Beregening van grasland' een discussie op gang over de relatie die aanwezig is tussen de bij beregening optredende toename van de evapotranspiratie en de parallel hieraan verlopende verhoging van de gras-

produktie. Tijdens die discussie ontstond een sterke behoefte aan een overzicht van de kennis die over de ter discussie gestelde relatie kan worden afgeleid uit de resultaten van eerder verrichte onderzoeken. Deze nota dient te worden gezien als een antwoord op de zojuist aangegeven behoefte.

1.2. I n d e l i n g v a n d e n o t a

In hoofdstuk 2 wordt aangegeven welke onderzoeksresultaten in deze nota zijn verwerkt. In de hoofdstukken 3, 4, 5 en 6 wordt de uitvoering van de geselecteerde onderzoeken nader uiteengezet. In hoofdstuk 7 wordt in algemene zin ingegaan op de samenhang die aanwezig is tussen de vochtvoorziening en de groei van een gewas. Daarbij wordt aangegeven op welke wijze de uitkomsten van de verrichte analyses zullen worden gepresenteerd in het laatste hoofdstuk van deze nota.

Bij het uitvoeren van bovenbedoelde analyses waren gegevens nodig over de actuele en potentiële evapotranspiratie die bij de in studie genomen proeven zijn voorgekomen op de diverse objecten. In hoofdstuk 8 komt aan de orde hoe deze gegevens zijn verkregen.

Bij genoemde analyses is ook gebruik gemaakt van gegevens over de actuele en potentiële grasproduktie. Ten aanzien van de actuele produktie kon worden teruggevallen op uitkomsten van metingen. Voor de potentiële produktie was dit niet mogelijk. In hoofdstuk 9 wordt toegelicht op welke wijze in een oplossing is voorzien.

Hoofdstuk 10 handelt over de uiteindelijk verkregen studieresultaten. Daarbij wordt een antwoord gegeven op de vraag welke samenhang bij gras aanwezig is tussen een verhoging van de evapotranspiratie en de daarbij optredende verbetering van de produktie.

2. GEANALYSEERDE ONDERZOEKSRESULTATEN

Voor een nadere analyse kwamen alleen onderzoeken in aanmerking, waarbij voldoende gegevens zijn verzameld om een reconstructie te maken van het verloop in de evapotranspiratie en de grasproduktie.

Aan het gestelde criterium werd voldaan door de beregeningsonderzoeken die in de vijftiger en zestiger jaren zijn verricht in Noord-

Brabant, Limburg en het Kromme Rijngebied. De gegevens die in deze nota zijn verwerkt over de proeven in Noord-Brabant, zijn overgenomen uit een verslag dat door Baars over die proeven is geschreven. Met betrekking tot het onderzoek in Limburg is teruggevallen op een reeks proefveldverslagen van Hellings. Gegevens over het onderzoek in het Kromme Rijngebied zijn ontleend aan een rapport, dat door Van Geneygen is opgesteld (VAN GENEYGEN, 1968).

De uitkomsten van de recent uitgevoerde beregeningsproeven waren (nog) niet in die vorm beschikbaar, dat ze voor het beoogde doel konden worden gebruikt. Het betreft hier proeven op enkele regionale onderzoekscentra voor de rundveehouderij (Zegveld 1976, Heino 1977 tot en met 1979 en De Vlierd 1976 tot en met 1979), alsmede proeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (Vlagtwedde 1978, Noordoostpolder 1979).

Wel kon gebruik worden gemaakt van de uitkomsten van het onderzoek dat gedurende de vijftiger jaren door Makkink en Rijtema is verricht naar de evapotranspiratie en de produktie op een aantal graslandlysimeters in Wageningen. Gegevens over de inrichting van het lysimeterproefveld konden worden overgenomen uit een rapport van Makkink (MAKKINK, 1962). Aan dit rapport zijn ook gegevens ontleend over de evapotranspiratie en de produktie die tijdens de onderzoeksperiode van Makkink optraden. Voor de onderzoeksperiode van Rijtema konden dergelijke gegevens worden ontleend aan mappen met onderzoeksresultaten die door Rijtema beschikbaar zijn gesteld.

3. BEREGENINGSONDERZOEK VAN BAARS

3.1. A l g e m e e n

In de jaren 1950 en 1951 werden volgens Baars op een vrij groot aantal gemengde zandbedrijven in Limburg, Noord-Brabant en het Rijk van Nijmegen beregeningsinstallaties aangeschaft. Dit verschijnsel vormde een reactie op het voorkomen van betrekkelijk droge zomers in de jaren 1947 en 1949. Parallel aan de genoemde ontwikkeling rezen vragen naar de juiste toepassing van de berekening en naar de rentabiliteit hiervan. Met name op de vragen die betrekking hadden op akkerbouwgewassen,

kon geen bevredigend antwoord worden gegeven. Omstreeks 1950 was namelijk alleen voor grasland kennis beschikbaar over de opbrengstverhoging die met beregening bereikbaar was. Deze kennis was gebaseerd op de uitkomsten van beregeningsproeven die in de jaren 1940 - 1949 door het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (CILO) en enige Rijkslandbouwconsulentschappen waren uitgevoerd. Verder was men op de hoogte van de ervaringen die Makkink had opgedaan bij zijn onderzoek naar de optimale vochttoestand van de grond. Naar het effect van beregening bij akkerbouwgewassen was toen binnen Nederland nog geen onderzoek gedaan.

De constatering dat in het buitenland het beregeningsonderzoek had geresulteerd in een reeks van zeer verschillende beregeningsmethoden, leidde tot de beslissing om speciaal voor het zuidoostelijke deel van Nederland over te gaan tot beregeningsonderzoek op proefvelden. In dit onderzoek werd naast de belangrijkste akkerbouwgewassen ook grasland betrokken. Het onderzoek waartoe werd besloten, stond onder leiding van de Beregeningscommissie Zuidoostelijk Nederland. De feitelijke uitvoering van het onderzoek was in handen van Baars die werkzaam was bij het CILO. Nadat het CILO was opgeheven, werd dit werk door Baars voortgezet bij het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw (PAW).

Het doel van het beregeningsonderzoek was tweeledig. Er diende voor diverse gewassen een beregeningsmethode te worden ontwikkeld, waarmee bereikt kan worden dat in de verschillende groeifasen bij benadering een optimale vochttoestand in de wortelzone aanwezig is. Daarnaast werd gestreefd naar het vaststellen van het opbrengstverhogend effect en de rentabiliteit van de toepassing van beregening in bedrijfsverband. In deze nota zal alleen aandacht worden besteed aan het onderzoek dat was gericht op het bepalen van een goede beregeningsmethode voor grasland, en het onderzoek dat op grasland is gedaan naar het opbrengstverhogend effect van beregening. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt het verloop van deze onderzoeken nader uiteengezet.

3.2. Verloop van het proefveld onderzoek naar de juiste beregeningsmethode

Het onderzoek naar de juiste beregeningsmethode voor grasland is in 1954 verricht op een oude bouwlandzandgrond (enkeerdgrond) te Maarheeze. Aan het maaiveld lag een humeuze bouwvoor en daar beneden bevond zich een humushoudende ondergrond (20-90 cm -mv.). Kenmerkend was dat op een diepte van 90-110 cm -mv. een harde laag voorkwam. Onder deze harde laag bevond zich geelwit zand. Voor gegevens over de granulaire samenstelling wordt verwezen naar tabel 2.

Tabel 2. Granulaire samenstelling van de grond op het proefveld van Baars te Maarheeze

Horizont (cm -mv.)	Grof zand (fractie van droge grond in gewichtsprocenten)	Fijn zand	Afslibbaar	Humus
0-20	76	15	5	4,5
20-90	76	17	4	2,7

In het voorjaar bevond de grondwaterstand zich normaliter op circa 2,5 m -mv. en in de loop van de zomer zakte deze in de regel weg tot circa 3 m -mv.

Voor gegevens over het vochthoudend vermogen van de grond wordt verwezen naar tabel 3.

Tabel 3. Vochthoudend vermogen van de grond op het proefveld van Baars te Maarheeze

Horizont (cm -mv.)	Vochtgehalte in volumeprocenten bij een vochtspanning:					
	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2
0-20	38	24	19	15	-	7
20-90	-	16	13	10	-	7

De veldjes waarop de proeven plaatsvonden, hadden een grootte van 1 m². De randen waren afgeschermd met asfaltpapier dat was ingegraven

tot in de harde laag. Het vochtgehalte in de grond werd gemeten met behulp van nylonelementen. Het toedienen van water gebeurde met een gieter. Hierbij werd er naar gestreefd om de gehele doorwortelde laag (0-60 cm -mv.) weer op veldcapaciteit te brengen.

Het tijdstip van watertoediening hing samen met de behandelingswijze. Er werd onderscheid gemaakt tussen:

- behandelingswijze A: watertoediening vond plaats wanneer uit de wortelzone een hoeveelheid vocht was verdwenen, gelijk aan 20% van de hoeveelheid die beschikbaar kon komen bij uitdroging van veldcapaciteit (pF 2,2) naar verwelkingspunt (pF 4,2);
- behandelingswijze B: idem 40%
- behandelingswijze C: idem 60%

Teneinde de genoemde uitdrogingsgrenzen te bereiken werden bepaalde veldjes tijdens regenperioden met plastic of glas afgeschermd.

In tabel 4 zijn enkele gegevens opgenomen over de bodemvruchtbaarheidstoestand op het proefveld. Zoals uit de tabel is af te lezen, trad op het proefveld een betrekkelijk lage pH op.

Tabel 4. Bodemvruchtbaarheidstoestand op het proefveld van Baars te Maarheeze

Horizont (cm -mv.)	Humus (gew.%)	pH KCL	P- citroen	K- getal
0-20	4,5	4,4	32	19
20-90	2,7	4,2	14	-

De bemesting was als volgt: 276 kg N.ha⁻¹ in de vorm van kalkammonsalpeter, 90 kg P₂O₅.ha⁻¹ in de vorm van Thomasslakkenmeel en 120 kg K.ha⁻¹ in de vorm van kalizout -40%.

Het proefveld was in de nazomer van 1953 ingezaaid met een MK₂-mengsel. In 1954, toen het onderzoek naar de juiste beregeningsmethode werd verricht, bestond de kunstweide in het voorjaar voor circa 70% uit Engels raaigras en circa 20% uit Timothee. In de nazomer van 1954 bedroeg het aandeel Engels raaigras circa 90% en het aandeel Timothee

circa 5%. Klaver kwam niet voor.

Op de veldjes die aan behandelingswijze A waren onderworpen, bedroeg de gemiddelde (bruto-)productie aan droge stof $13,0 \text{ ton.ha}^{-1}$; op de veldjes met behandelingswijze B $11,6 \text{ ton.ha}^{-1}$ en op die met behandelingswijze C $10,8 \text{ ton.ha}^{-1}$.

3.3. C o n c l u s i e s u i t h e t p r o e f v e l d o n d e r z o e k n a a r d e j u i s t e b e r e g e n i n g s m e t h o d e

Uit de proefveldresultaten is door Baars afgeleid, dat op een lichte zandgrond de hoogste grasopbrengst wordt verkregen, wanneer het vochtgehalte in de grond zo dicht mogelijk bij veldcapaciteit wordt gehouden. Een uitdroging van de bouwvoor tot 60% van de voorraad, die in deze zone kan worden vastgehouden tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt, zou geen sterke opbrengstreductie tot gevolg hebben, zelfs niet tijdens perioden met een hoge potentiële verdamping. Voor perioden met een geringe potentiële verdamping zou een uitdroging van de bouwvoor tot 30% van de beschikbare hoeveelheid vocht toelaatbaar zijn. Ervaringen van anderen (Makkink, Scholte Ubing) wezen er volgens Baars op, dat bij grasland de doorwortelde laag tot een vochtspanning van maximaal pF 2,5-2,7 zou mogen uitdrogen.

Op basis van de genoemde onderzoeksresultaten is door Baars een advies opgesteld van praktijkbedrijven. Hierbij is hij er vanuit gegaan dat op deze bedrijven een zeer frequente berekening niet uitvoerbaar zou zijn. In de minst genuanceerde vorm luidde het advies: tot berekening moet worden overgegaan, wanneer van de hoeveelheid vocht die in de laag 0-25 cm -mv. tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt kan worden vastgehouden, ongeveer 20 mm is verdwenen. Voor een lichte zandgrond en een oude bouwlandzandgrond is ook nog een meer specifiek advies opgesteld. Op een lichte zandgrond zou tot berekening moeten worden overgegaan op het moment, dat in de laag 0-25 cm -mv. de voorraad opneembaar vocht is teruggelopen tot 50% van de hoeveelheid die tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt kan worden vastgehouden. Dit betekent dat de bovengrond zou mogen uitdrogen tot een vochtspanning van pF 2,8 à pF 3,0. Bij een oude bouwlandzandgrond zou een verminde-

ring tot 60 à 70% toelaatbaar zijn, omdat het gras hier ook vocht kan onttrekken aan lagen beneden 25 cm -mv. Deze uitdrogingsgraad correspondeert met een vochtspanning van pF 3,0 - pF 3,2. Bij navolging van de bovenstaande adviezen zouden volgens Baars de groei-omstandigheden voor het gras niet altijd optimaal zijn en de grasproduktie niet altijd gelijk zijn aan de maximaal haalbare. Er zouden dan wel economisch verantwoorde opbrengstverhogingen worden gerealiseerd.

3.4. Verloop van het proefveldonderzoek naar het opbrengstverhogend effect van de beregening

Het proefveldonderzoek naar het opbrengstverhogend effect van beregening bij grasland vond plaats in de jaren 1953 tot en met 1959. Bij dit onderzoek waren vijf verschillende bedrijven betrokken. Die bedrijven waren alle gelegen in Noord-Brabant en wel in Asten, Alphen, Bakel, Berkel-Enschot en Liessel.

3.4.1. Bodemgesteldheid

Het proefveld in Alphen lag op een bosontginningsgrond die nu als vorstvaaggrond wordt geklassificeerd. In Bakel en Liessel werden heide-ontginningsgronden gebruikt. Deze werden nu tot de veldpodzolgronden gerekend. Het onderzoek in Asten en Berkel-Enschot vond plaats op oude bouwlandzandgronden die tegenwoordig als enkeerdgronden worden ingedeeld.

In tabel 5 zijn gegevens opgenomen over de granulaire samenstelling van deze gronden. In 1978 is door Houben, medewerker bij de Stiboka, een aantal aanvullende gegevens verzameld over onder meer de bodemopbouw en de grondwaterstandsfluctuatie die indertijd voorkwamen. Bij dat veldbezoek werd geconstateerd, dat op de voormalige proefbedrijven de situatie vaak is gewijzigd. In Asten en Bakel waren namelijk egalisatiewerkzaamheden uitgevoerd en in Liessel had een ontgrinding plaats gevonden. Desondanks was het mogelijk om op basis van profiel- en omgevingskenmerken een goede indruk te krijgen van de oude situatie.

3.4.2. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem

Door Baars zijn gegevens verzameld over het vochthoudend vermogen van de proefveldgronden. Hiervoor wordt eveneens verwezen naar tabel 5.

In 1978 is door Houben op grond van ervaringen een schatting gemaakt van het vochtleverend vermogen van de vroegere proefveldgronden, aannemende dat deze in gebruik zouden zijn als grasland. Het vochtleverend vermogen is daarbij gesteld op de hoeveelheid vocht die door het gras aan de bodem zal zijn onttrokken op het moment, dat de groei praktisch gezien tot stand is gekomen. Als referentie is de vochttoestand genomen, die onder gemiddelde omstandigheden in het voorjaar aanwezig zal zijn geweest.

Door Houben werd geconstateerd dat de proefvelden van elkaar verschilden in de mate van capillaire opstijging van grondwater naar de wortelzone en op het punt van de 'werkzame worteldiepte'; dit is de diepte waar beneden de hoeveelheid wortels tot bijna nul is gereduceerd (HOUBEN, 1979).

In Alphen, Bakel en Liessel, waar de proeven werden gedaan op ontginningsgronden, bedroeg de werkzame worteldiepte 40 à 50 cm. Capillaire opstijging is er niet opgetreden. Het vochtleverend vermogen van de proefveldgronden in Alphen en Bakel is geschat op circa 50 mm. Voor het proefveld in Liessel kwam deze schatting uit op circa 45 mm.

Het proefveld in Asten, dat gelegen was op een oude bouwlandzandgrond, werd gekenmerkt door een werkzame worteldiepte van 50 à 60 cm. Van capillaire opstijging van grondwater naar de wortelzone was geen sprake. De schatting van het vochtleverend vermogen kwam uit op circa 65 mm.

In Berkel-Enschot waar het proefveld was gelegen op een oude bouwlandzandgrond, varieerde de werkzame worteldiepte tussen 60 en 80 cm. Vastgesteld is dat op dit proefveld in het voorjaar enige capillaire opstijging van grondwater naar de wortelzone zal zijn opgetreden. Het vochtleverend vermogen is geschat op circa 120 mm, waarvan 15 mm in de vorm van capillaire toevoer vanuit de ondergrond in het voorjaar.

Ook door Baars zijn schattingen gemaakt van het vochtleverend vermogen van de proefveldgronden. Hij is er daarbij van uitgegaan dat 80% van de hoeveelheid vocht die vrijkomt bij uitdroging van de werkzame wortelzone vanaf veldcapaciteit tot verwelkingspunt, van betekenis

Tabel 5. Bodemtype, grondwaterstandsfluctuatie en granulaire samenstelling respectievelijk vochthoudend vermogen van de gronden zoals aanwezig op de proefvelden van Baars in Alphen, Bakel, Liessel, Asten en Berkel-Enschot

Bodem- type	Grond- water- trap	Gem. voor- jaars grw. stand (cm -mv.)	Gem. laagste grw.st. (cm -mv.)	Hori- zont (cm - mv.)	Fractie van droge grond (in gewichtsprocenten)				Vochtgehalte bij vochtspanning (in volumepercenten)					
					grof zand	fijn zand	af- slib- baar	hu- mus	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2
Bosontginningsgrond (vorstvaaggrond) te Alphen														
Zb23	Gt VII	175	350	0-20	42	45	10	3,5	37	25	11	8	6	4
				>20	42	48	9	1,0	35	25	8	5	4	3
Heideontginningsgrond (veldpodzolgrond) te Bakel														
Hn21	Gt VII	110	250	0-25	76	17	4	3,0	34	18	-	11	-	4
				>25	76	18	4	1,8	24	18	-	6	-	2
Heideontginningsgrond (veldpodzolgrond) te Liessel														
Hn30	Gt VII	200	300	0-20	68	20	7	5,2	30	19	-	15	-	6
				>20	93	2	5	0,4	-	-	-	-	-	-
Oude bouwlandzandgrond (enkeerdgrond) te Asten														
zEZ21	Gt VIIA	225	450	0-20	66	24	6	3,9	30	20	-	13	-	5
				>20	68	25	5	1,8	-	14	-	-	-	4
Oude bouwlandzandgrond (enkeerdgrond) te Berkel-Enschot														
zEZ23	Gt VIA	130	300	0-20	51	36	9	4,0	42	34	-	22	-	8
				>20	50	37	10	3,3	41	29	-	20	-	7

is in het kader van de grasproduktie. De overige 20% zou wel opgenomen kunnen worden, maar de grasproduktie die daarbij optreedt, zou niet meer van belang zijn. Baars heeft daarom het vochtleverend vermogen gelijk gesteld aan 80% van de hoeveelheid vocht die uit de werksame wortelzone opgenomen zou kunnen worden.

De schattingen van het vochtleverend vermogen die door Baars zijn gedaan, liggen in dezelfde orde van grootte als die van Houben, uitgezonderd de schatting voor het proefveld in Berkel-Enschot. Houben houdt namelijk rekening met het optreden van capillaire opstijging. Zijn schattingsuitkomst is circa 20 mm hoger dan die van Baars.

3.4.3. Indeling van de proefvelden

Op de bedrijven waar de proeven plaatsvonden, werden 6 veldjes van $7 \times 7 \text{ m}^2$ aangelegd. Het verloop van de grasgroei werd bijgehouden op gedeelten hiervan met een grootte van $5 \times 5 \text{ m}^2$. Op die stukken werd het gras regelmatig gemaaid, gewogen en bemonsterd. Van de 6 veldjes werden er 3 berekend.

3.4.4. Toediening van het beregeningswater

Bij de bepaling van het beregeningstijdstip werd steeds het advies gevolgd, dat door Baars voor praktijkbedrijven was opgesteld (par. 3.3). De vochtgehaltebepalingen die ten behoeve hiervan werden uitgevoerd, vonden in de regel op het oog en op het gevoel plaats. Deze werkwijze werd wel regelmatig getoetst aan uitkomsten van gravimetrische vochtgehaltebepalingen.

Op vier van de vijf bedrijven die bij het onderzoek waren betrokken, bestond de beregeningsinstallatie uit een zwenkbuis met sproei-nippels. De regenintensiteit die hiermee werd bereikt, bedroeg circa 10 mm.uur^{-1} . Op het beregeningsbedrijf te Liessel werd een ander type beregeningsinstallatie gebruikt en wel een roterende sproeier met een intensiteit van ruim 13 mm.uur^{-1} . De veldjes die onberegend bleven, werden tijdens de beregeningsperioden afgedekt met plastic zeil. Op alle proefvelden werd beregend met grondwater.

3.4.5. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting

In tabel 6 zijn een aantal gegevens opgenomen over de bodemvrucht-

Tabel 6. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting op de proefvelden van Baars in Alphen, Bakel, Liessel, Asten en Berkel-Enschot

Plaats	Bodem- type	Vruchtbaarheidstoestand						Bemesting							
		humus- gehalte (gew.%)	pH- KCl	P-		K-		jaar	anorganische			organische			
				citr.	al.	getal	gehalte		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	in de vorm van
							(%)		(kg.ha ⁻¹)			(kg.ha ⁻¹)			
Alphen	Zb23	3,5	5,5	33	-	35	-	1958	322	95	180				
								1959							
Bakel	Hn21	3,0	4,9	30	-	-	0,007	1955	322	114	160	58	236	150	compost en stalm.
								1956	202	112	160				
								1957	246	114	240	22	76	70	stalmest
Liessel	Hn30	5,2	4,6	61	-	20	-	1953	138	108	160				
								1954	230	90	160				
Asten	zEZ21	3,9	4,8	56	-	29	-	1953	138	114	240	12	3	120	gier
Berkel- Enschot	zEZ23	4,0	4,8	69	-	50	-	1955	190	90	100				
								1956	253	72	120				
								1957	276	36	120				

baarheidstoestand op de proefvelden. Opgemerkt wordt dat op het proefveld te Liessel de pH-KCl relatief laag (4,6) was.

De gegevens die beschikbaar zijn over de bemesting van de proefvelden, staan eveneens in tabel 6 vermeld. De stikstof werd meestal in de vorm van kalkammonsalpeter of kalksalpeter gegeven. Soms werd fosfaatammonsalpeter gegeven. Als fosforzuurmeststoffen werden superfosfaat en Thomasslakkenmeel gebruikt. Kalium werd altijd in de vorm van kalizout-40% toegediend. Bij de bepaling van de bemestingswaarde van de verspreide gier, stalmest en compost is uitgegaan van de in tabel 7 genoemde kengetallen.

Tabel 7. Effectieve bemestingswaarde van stalmest, gier en compost (gewichtspromillages)

Meststof	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Stalmest	1,1	3,8	3,5
Gier	0,8	0,2	8,0
Compost	0,9	4,0	2,0

Voor zover bekend werden de proefvelden niet beweid. Toevoer van meststoffen door grazend vee is dus niet opgetreden.

3.4.6. Botanische samenstelling van het gras

In tabel 8 zijn op een schematische wijze gegevens samengebracht over de botanische samenstelling van het grasland waarop de proeven werden uitgevoerd. Als aanvulling daarop volgen onderstaand nog enkele aantekeningen. Het grasland in Alphen waarop in 1958 en 1959 proeven werden uitgevoerd, was in 1957 met een MK₃-mengsel ingezaaid. Belangrijke verschuivingen in de botanische samenstelling deden zich tijdens de proeven niet voor. Het grasland in Bakel dat in 1955 en 1956 werd gebruikt, was een kunstweide die in 1954 was ingezaaid (mengsel onbekend). In de loop van 1955 trad er een verdringing op van italiaans raaigras en klaver door kropbaar. In 1957 werden de proeven uitgevoerd op een perceel dat in de nazomer van 1956 was ingezaaid met een MK₃-mengsel. Met betrekking tot de botanische samenstelling van het gras-

Tabel 8. Schematische weergave van de botanische samenstelling van het gras op de proefvelden van Baars in Alphen, Bakel, Liessel, Asten en Berkel-Enschot

Plaats	Alphen		Bakel			Liessel		Asten	Berkel-Enschot		
Perceel	A		A	B	A	B	A	A	B		
Jaar	'58	'59	'55	'56	'57	'53	'54	'53	'55	'56	'57
Plant(engroep)	Aandeel in drooggewichtsprocenten										
Goede grassen											
Engels raaigras	70	70	-	-	80	x		55	35	75	65
Italiaans raai- gras	-	-	50	-	-			-	30	-	-
Timothee	-	-	-	-	5			20	-	20	25
Overige	5	5	-	-	5			5	5	-	10
Som	75	75	50	-	90	x		80	70	95	100
Matige grassen											
Kropaar	-	-	35	95	-	x		-	-	-	-
Fiorien	5	-	-	-	-			-	-	-	-
Witbol	-	-	-	-	-			-	-	-	-
Overige	-	-	-	-	-			-	-	-	-
Som	5	-	35	95	-	x		-	-	-	-
Slechte grassen											
Klavers	15	20	10	-	-			15	-	-	-
Onkruiden	-	-	-	-	5			-	5	-	-
Diversen*	5	5	5	5	5			5	5	5	-
Totaal	100	100	100	100	100			100	100	100	100

- plant(engroep) waarvan het aandeel niet van betekenis was

x plant(engroep) die vermoedelijk overheerste

* combinatie van planten uit eerdergenoemde groepen

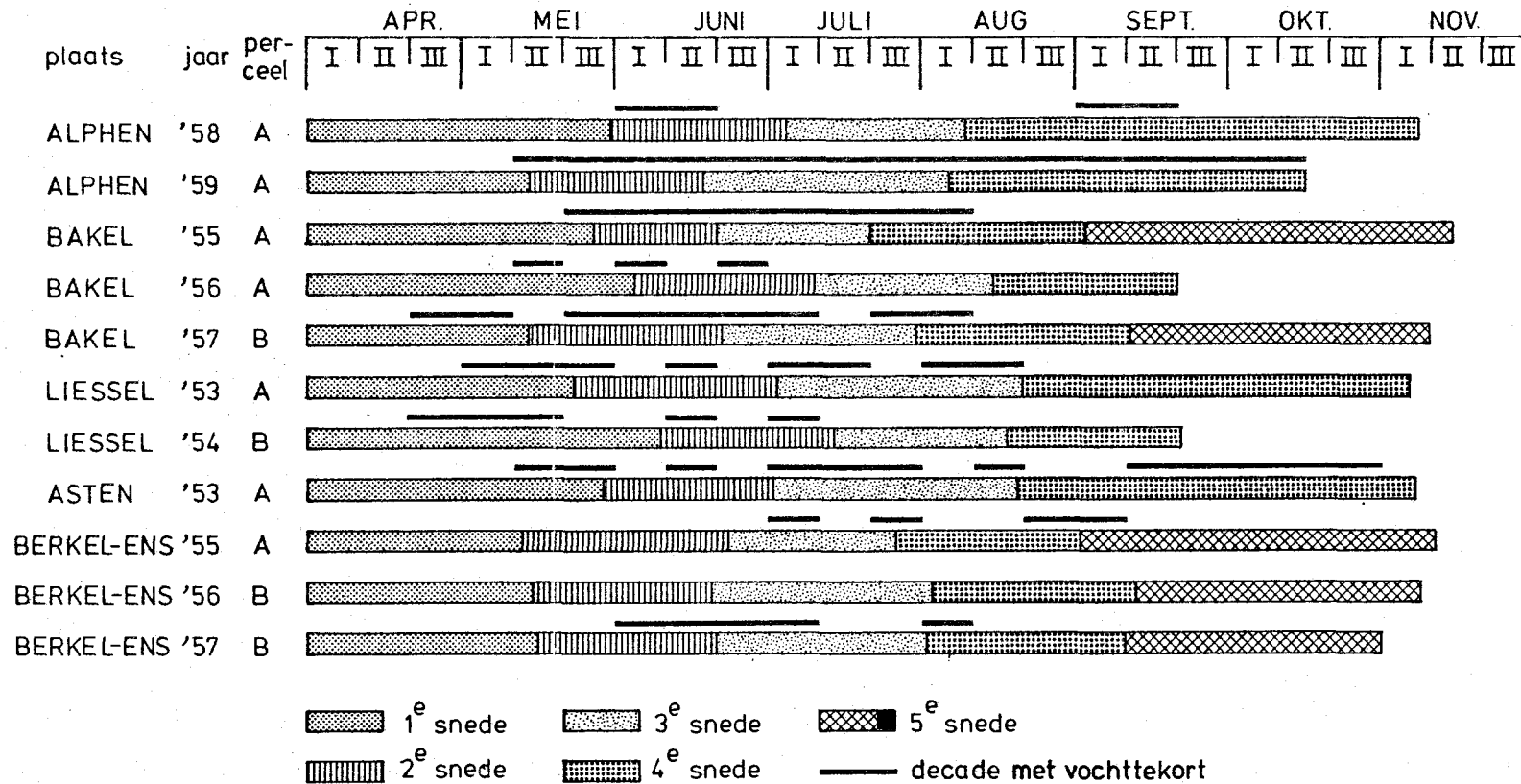


Fig. 1. Groeiperioden van de sneden bij de proeven van Baars in Asten, Alphen, Bakel, Berkel-Enschot en Liessel alsmede de decaden waarin een bodemvochttekort optrad bij de onberegende objecten

land in Liessel zijn in het onderzoeksverslag van Baars betrekkelijk weinig gegevens opgenomen. Vermeld is alleen dat in 1953 een krooparkunstweide werd gebruikt en in 1954 een meerjarige kunstweide die met een MK₃-mengsel was ingezaaid. Het grasland in Asten waarop in 1953 proeven werden verricht, was ingezaaid met een MK₃-mengsel (ouderdom onbekend). In Berkel-Enschot vond in 1955 het onderzoek plaats op een bestaande kunstweide (ouderdom onbekend), waar betrekkelijk veel minderwaardige grassen voorkwamen. In verband hiermede werd het onderzoek verplaatst. In 1956 en 1957 werd een perceel gebruikt, dat in het voorjaar van 1955 met een MK₃-mengsel was ingezaaid.

3.4.7. Snedeverloop

De groeiperioden van de sneden die bij de verschillende proeven werden geoogst, zijn aangegeven in fig. 1. Bij de samenstelling van deze figuur is er vanuit gegaan, dat de groei van het gras in alle proefjaren op 1 april startte. Zoals uit de genoemde figuur is af te lezen, was het aantal sneden betrekkelijk laag, namelijk 4 à 5 per groeiseizoen.

4. BEREGENINGSONDERZOEK VAN VAN GENEIJGEN

4.1. A l g e m e e n

Indertijd werd voor het rivierkleigebied langs de Kromme Rijn een ruilverkavelingsplan voorbereid. Daarbij werd onder meer gedacht aan een verbetering van de watervoorziening van de gewassen. Omtrent de meest geschikte methode van kunstmatige watervoorziening bestond echter onzekerheid. Voor infiltratie werden de omstandigheden niet gunstig geacht vanwege het golvende karakter van het terrein en door de verspreide ligging van de droogtegevoelige gronden.

De vraag deed zich voor in hoeverre het toepassen van berekening uitkomst zou bieden. Om deze vraag te kunnen beantwoorden achtte de Commissie Hydrologisch Onderzoek Kromme Rijngebied nader onderzoek gewenst. Dit leidde tot het tot stand komen van twee beregeningsproefbedrijven, waar een studie werd gemaakt van de toepassing van beregening in bedrijfsverband. Op een van deze proefbedrijven werden door het

Proefstation voor de Akker- en Weidebouw te Wageningen, in samenwerking met de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst, beregeningsproeven gedaan met enkele akkerbouwgewassen en grasland. Dit proefveldonderzoek dat uitmondde in een berekening van de rentabiliteit van de beregening, werd uitgevoerd door VAN GENEIJGEN (1968).

In deze nota wordt alleen nader ingegaan op het onderzoek dat door Van Geneijgen is verricht naar het opbrengstverhogend effect van beregening bij grasland. Onderstaand wordt het verloop van dit onderzoek nader beschreven.

4.2. Verloop van het proefveldonderzoek naar het opbrengstverhogend effect van de beregening

De proeven werden genomen op een bedrijf te Cothen in de periode 1959 tot en met 1963. Voor een deel werden deze proeven gedaan op blijvend grasland en voor een deel op kunstweide.

4.2.1. Bodemgesteldheid

De proefvelden waren gelegen op een lichte rivierkleigrond die werd gekenmerkt door het voorkomen van een dek van circa 70 cm lichte zavel op een zandondergrond. Deze stroomruggrond wordt nu geklassificeerd als een ooivaaggrond. Gegevens over de granulaire samenstelling zijn vermeld in tabel 9. Bij een bezoek in 1978 aan het voormalige proefveld werd door Houben een aantal aanvullende gegevens opgenomen over de opbouw van de bodem en de grondwaterstandsfluctuatie. Deze gegevens zijn eveneens in tabel 9 vermeld.

Tabel 9. Bodemtype, grondwaterstandsfluctuatie en granulaire samenstelling van de grond zoals aanwezig op het proefveld van Van Geneijgen in Cothen

Bodemtype	Grondwatertrap	Gem. voorjaars grw. stand	Gem. laagste grw.st.	Horizont	Fractie van droge grond (in gewichtsprocenten)			
					grof zand	fijn zand	afslibaar	humus
Rd 10C	VII	150	250	0-25	40	29	23	7,6
				25-70	40		23	

4.2.2. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem

Uit tabel 10 is het vochthoudend vermogen af te lezen van de grond waarop de proefvelden waren gelegen.

Tabel 10. Vochthoudend vermogen van de grond op het proefveld van Van Geneijgen in Cothen

Horizont (cm -mv.)	Vochtgehalte in volumeprocenten bij vochtspanning					
	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2
0-25	40	36	33	29	22	12
25-70	38	34	32	28	23	16

Op dezelfde manier als voor de proefvelden van Baars heeft plaatsgevonden, is door Houben ook het vochtleverend vermogen van de proefveldgrond in Cothen geschat. Deze schatting kwam uit op een waarde van 90 mm. De werkzame worteldiepte werd bepaald op 50 cm.

Van Geneijgen heeft het vochtleverend vermogen op 72 mm gesteld. Bij het bepalen van deze waarde heeft hij dezelfde benaderingswijze gevolgd als Baars.

4.2.3. Indeling van de proefvelden

Op de percelen waar de proeven plaats vonden, werd een gedeelte van $60 \times 20 \text{ m}^2$ afgegrensd. Dit werd onderverdeeld in zes stroken van $10 \times 20 \text{ m}^2$. Drie van deze zes stroken bleven onberegend. De beregende en onberegende stroken wisselden elkaar af. Binnen elke strook van $10 \times 20 \text{ m}^2$ werden twee veldjes onderscheiden, elk met een oppervlakte van $10 \times 10 \text{ m}^2$. Binnen deze veldjes werd in vakken van $7 \times 7 \text{ m}^2$ de grasopbrengst bepaald door middel van uitmaaien, wegen en bemonsteren.

4.2.4. Toediening van het beregeningswater

Regelmatig werd het vochtgehalte van de bouwvoor bepaald. Dit werd op het oog en op het gevoel uitgevoerd en getoetst aan de uitkomsten van enkele gravimetrische vochtgehaltebepalingen. Het streven was om tot beregenen over te gaan zodra 50% van de hoeveelheid vocht, die

in de bovengrond (0-25 cm -mv.) tussen veldcapaciteit (pF 2,2) en verwelkingspunt kon worden vastgehouden, verdwenen was. Volgens de pF-curve correspondeert dit tijdstip met het moment, waarop in de bovengrond de vochtspanning pF 3,2 wordt bereikt.

Er werd in de regel een hoeveelheid water toegediend, die juist voldoende was om de bovengrond op veldcapaciteit te brengen. Wanneer echter de weersomstandigheden ongunstig waren (winderig weer) werd de berekening uitgesteld teneinde een nauwkeurige dosering te bereiken. Voorts werd rekening gehouden met de weersverwachting. Deze werkwijze leidde tot een betrekkelijk grote variatie in de giftgrootte (20-50 mm). Veelal werden giften van 30 à 40 mm toegediend.

De berekening werd uitgevoerd met een zwenkbuisinstallatie. De sproeibuizen werd door het midden van de zes onderscheiden stroken gelegd. Ter hoogte van de veldjes die onberekend moesten blijven, waren de sproeinippels dichtgemaakt. De regenintensiteit bedroeg circa 10 mm, uur^{-1} .

4.2.5. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting

In tabel 11 is het resultaat van het grondonderzoek opgenomen. Uit deze tabel blijkt dat op de proefvelden een betrekkelijk hoog humusgehalte (7,6%) en een relatief hoge pH (6,4) voorkwamen. Ook is in deze tabel aangegeven welke bemestingsgiften in de diverse proefjaren zijn toegediend. Ten aanzien van de bemestingswaarde van de verspreide gier is aangenomen dat deze overeenkomt met de in tabel 7 vermelde kengetallen. Beweiding van de proefvelden kwam niet voor.

Tabel 11. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting op het proefveld van Van Geneijgen in Cothen

Plaats	Bodem- type	Vruchtbaarheidstoestand						Bemesting							
		humus- gehalte	pH- KCl	P-		K-		jaar	anorganische			organische			in de vorm van
				cit.	al.	getal	gehal- te		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
(%)	(%)					(kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)								
Blijvend grasland	Rd 15C	7,6	6,4	34	-	28	0,024	1959	160	72	120	0	0	0	-
								1960	200	54	120	0	0	0	-
								1961	196	54	120	0	0	0	-
Kunst- weide	Rd 15C	7,6	6,4	34	-	28	0,024	1961	219	54	120	0	0	0	-
								1962	233	60	0	16	4	160	gier
								1963	198	60	160	0	0	0	-

4.2.6. Botanische samenstelling van het gras

Het perceel blijvend grasland waarop in de jaren 1959 tot en met 1961 het onderzoek werd verricht, was omstreeks 1925 ingezaaid. De botanische samenstelling van dit grasland is op een schematische wijze weergegeven in tabel 12.

In 1960 was een duidelijk verschil in botanische samenstelling aanwezig tussen de beregende en onberegende objecten. Op de beregende objecten was namelijk het aandeel goede grassen circa 10% lager dan op de onberegende; vooral het aandeel engels raaigras was lager (circa 20% verschil). Hier staat tegenover, dat op de beregende objecten het aandeel matige grassen hoger was, met name het aandeel witbol.

In het voorjaar van 1961 was op beide objecten het aandeel engels raaigras bijzonder laag (circa 10%). In de loop van 1961 nam ook bij het onberegende object het aandeel witbol sterk toe, hetgeen ten koste ging van het aandeel goede grassen.

De proeven op kunstweide vonden plaats in de periode 1961 tot en met 1963. Het perceel waar in 1961 de proeven werden verricht, was in het voorjaar van 1960 ingezaaid met een BG-5-mengsel. De botanische samenstelling van dit grasland is eveneens weergegeven in tabel 12.

Tabel 12. Schematische weergave van de botanische samenstelling van het gras op het proefveld van Van Geneijgen in Cothen

Plaats	Cothen					
	A			B	C	
Perceel	1959	1960	1961	1961	1962	1963
Plant(engroep)	Aandeel in drooggewichtsprocenten					
Goede grassen						
Engels raaigras	35	30	10	45	65	25
Italiaans raai- gras	-	-	-	-	-	-
Timothee	10	25	20	20	20	55
Overige	15	5	10	30	5	10
Som	60	60	40	95	90	95
Matige grassen						
Kropaar	-	-	-	-	-	-
Fiorien	10	5	-	-	-	-
Witbol	15	15	35	-	-	-
Overige	5	15	15	-	-	-
Som	30	35	50	-	-	-
Slechte grassen						
Slechte grassen	5	-	5	-	-	-
Klavers	-	-	-	-	5	-
Onkruiden	5	-	-	-	-	-
Diversen*	-	5	5	5	5	5
Totaal	100	100	100	100	100	100

- = plant(engroep) waarvan het aandeel niet van betekenis was

* = combinatie van planten uit eerdergenoemde groepen

Doordat zich in 1961 op het proefveld geen gesloten zode ontwikkelde, werd het onderzoek in de jaren 1962 en 1963 op een andere kunstweide voortgezet. Deze weide was ook in 1960 ingezaaid met een BG-5-mengsel en had in 1962 een bijzonder goede botanische samenstelling. In 1963 deed zich een verschuiving voor van engels raaigras naar timothee.

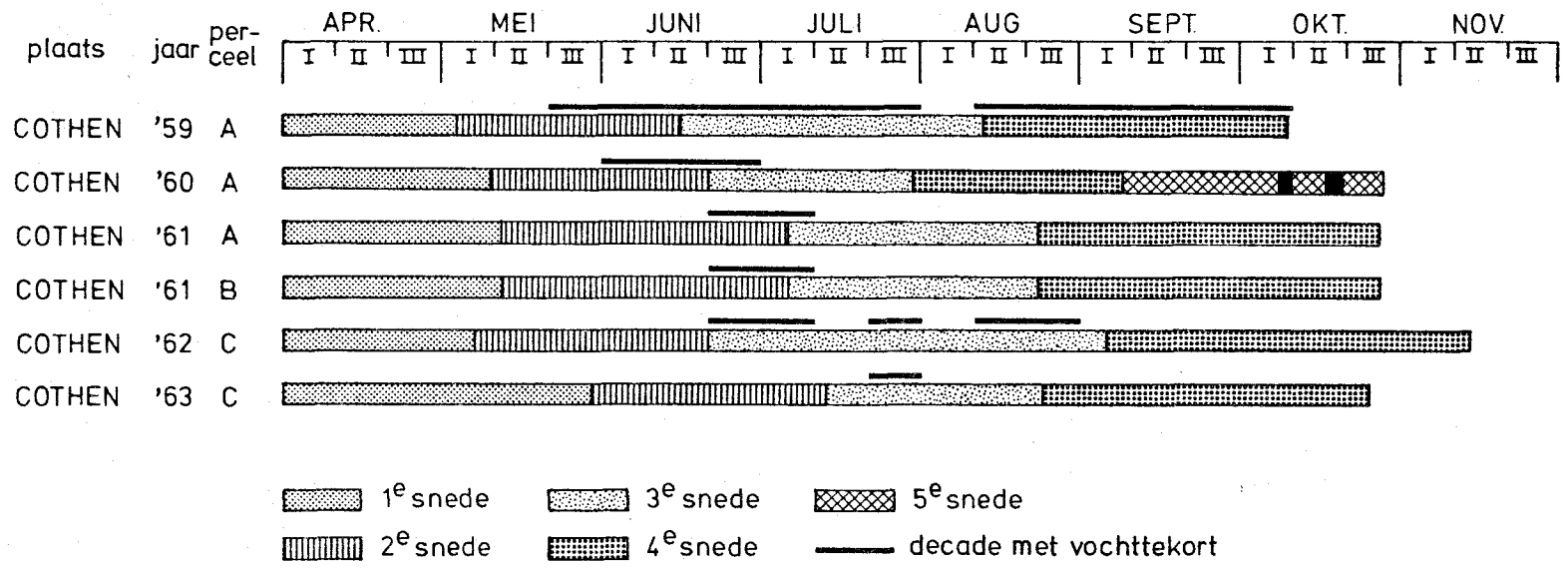


Fig. 2. Groeiperioden van de sneden bij de proeven van Van Geneijgen in Cothen alsmede de decaden waarin een bodemvochttekort optrad bij de onberegende objecten

4.2.7. Snedeverloop

Fig. 2 toont in welke perioden de verschillende sneden zijn gegroeid. Verondersteld is dat de groei steeds op 1 april startte. Het aantal geoogste sneden was betrekkelijk laag, namelijk vier per groei-seizoen, met uitzondering van de proef Cothen '60 A.

5. BEREGENINGSONDERZOEK VAN HELLINGS

5.1. A l g e m e e n

Ongeveer in dezelfde periode als waarin door Baars in Noord-Brabant beregeningsonderzoek werd verricht, werden ook in Limburg beregeningsproeven gedaan. De aanleiding en het doel van deze proeven zullen vermoedelijk in grote lijnen overeenkomen met hetgeen dienaangaande in par. 3.1 is vermeld over het onderzoek in Noord-Brabant.

In Limburg behoorde het beregeningsonderzoek tot de taak van de Subcommissie voor het Onderzoek van de Verdroging en Verstuiving in Midden- en Noord-Limburg (SVV). Deze Subcommissie werd in 1951 ingesteld door de Commissie voor de Agrarische Belangen in Limburg. De feitelijke uitvoering van het beregeningsonderzoek was in handen van Hellings die hiertoe in Limburg werd gedetacheerd. Aanvankelijk gebeurde dit door het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut TNO te Groningen en na de stichting van het ICW door laatstgenoemd instituut.

In deze nota wordt alleen aandacht geschonken aan het gedeelte van het onderzoek dat gericht was op de bepaling van het opbrengstverhogend effect van beregening bij grasland.

Bij de geanalyseerde proeven was weliswaar een variatie aangebracht in het beregeningstijdstip en in de grootte van de beregeningsgift, maar aan de hieruit getrokken conclusie is in de proefveldverslagen vrijwel geen aandacht besteed. Vermeldenswaardig is de constatering, dat bij jonge kunstweiden geen beregening behoeft plaats te vinden alvorens 50% van het opneembare water in de laag 0-20 cm -mv. is verdwenen.

Het onderzoek naar het opbrengstverhogend effect van beregening

vond voor een deel plaats in bedrijfsverband en voor een deel op proefvelden. Het verloop van het onderzoek dat in bedrijfsverband werd verricht, komt aan de orde in par. 5.2 en het verloop van het overige onderzoek in de paragrafen 5.3 en 5.4. De bespreking van het proefveldonderzoek is verdeeld over twee paragrafen, omdat in de loop van de onderzoeksperiode voor een andere beregeningsmethode werd gekozen.

5.2. Verloop van het onderzoek in bedrijfsverband

Om een globale indruk te verkrijgen van de wijze, het effect en de rentabiliteit van beregening onder bedrijfsomstandigheden werden in de jaren 1953 tot en met 1955 een aantal gegevens verzameld op drie bedrijven in Noord-Limburg. Het betrof hier gemengde bedrijven met een oppervlakte van 10-14 ha, gelegen op jonge heide-ontginningsgronden in IJsselsteyn, Meldersloo en Oirlo.

Zoals vermeld ging het bij dit onderzoek om het vaststellen van een globale indruk. Het inwinnen van de gegevens was - zowel wat betreft de hoeveelheid als wat betreft de nauwkeurigheid - op dit doel afgestemd. Er is daarom afgezien van het opnieuw in bewerking nemen van de resultaten van dit oriënterende onderzoek.

5.3. Verloop van het proefveldonderzoek in de periode 1950 - 1953

Bij het proefveldonderzoek dat in het begin van de vijftiger jaren plaats vond, werd een andere beregeningsmethode toegepast dan bij het proefveldonderzoek dat later werd verricht.

Aanvankelijk gingen de gedachten uit naar een beregeningsmethode, waarbij als volgt te werk wordt gegaan:

- zolang de vochtspanning in de bovengrond (0-20 cm -mv.) hoger is dan een zekere waarde (bijvoorbeeld 400 cm waterkolom) wordt elke week een zekere hoeveelheid water (bijvoorbeeld 20 mm) toegediend, tenzij het in de voorafgaande week heeft geregend;
- in het laatstgenoemde geval wordt niet de gehele voorgeschreven gift toegediend, maar een hoeveelheid minder, gelijk aan het aantal mm neerslag in de voorafgaande week.

Volgens het bovenstaande uitgangspunt werden proeven verricht op de in tabel 13 genoemde plaatsen.

Tabel 13. Proefveldproeven van Hellings volgens 'oude' beregeningsmethode

Plaats	Periode
Heythuysen (uitgezonderd de proef op kunstweide in 1953)	1950-1953
Beesel	1952-1953

Aan de hand van de resultaten van deze proeven zou onder meer het effect van beregening op de produktie van grasland worden vastgesteld, alsmede de rentabiliteit van beregening. Voorts zouden adviezen voor praktijkbedrijven worden opgesteld betreffende:

- de grootte van de gift, die wekelijks dient te worden gegeven. Het betrof hier de vraag: 10, 20, 30 of 40 mm per week?
- het aantal keren dat binnen een week dient te worden beregend. In dit verband ging het om de vraag: moet een gift van bijvoorbeeld 30 mm per week in één keer of in twee of drie keer worden gegeven?

De bovenstaande reeks aan mogelijkheden werd in de proeven meegenomen. Eveneens werd aandacht besteed aan de interactie tussen het niveau van de bemesting ($100-250 \text{ kg N.ha}^{-1}$) en de toepassing van beregening.

In de periode 1950 tot en met 1953 werden ook proeven genomen, waarbij alleen aan het einde van een beweidingsperiode een beregeningsgift werd toegediend. Bij deze proeven werd om de 3 à 4 weken beregend, waarbij vermoedelijk vlak voor het beregenen kunstmest werd verspreid.

De resultaten van de proefveldproeven die in de periode 1950 tot en met 1953 werden verricht, zijn in het kader van deze studie niet opnieuw geanalyseerd. Dit houdt voornamelijk verband met het feit, dat de werkwijze die destijds werd gevolgd, niet aansluit bij de beregeningsmethode die momenteel op weidebedrijven wordt toegepast. Een andere reden is, dat de opbrengsten van het grasland veelal niet nauw-

keurig werden bepaald. Deze opbrengsten werden namelijk in veel gevallen berekend aan de hand van gegevens over het aantal dagen dat vee op de proefvelden was ingeschaard, en van gegevens over de omvang, de melkproduktie, de gewichtstoename en de bijvoeding van de ingeschaarde veestapel. Ook speelt in dit verband mee, dat de berekende opbrengsten zijn uitgedrukt in eenheden zetmeelwaarde en niet in kilo's droge stof.

5.4. Verloop van het proefveldonderzoek in de periode 1954-1963

5.4.1. Algemeen

Bij de proefveldproeven die in de periode 1954-1963 plaatsvonden, werd aangesloten bij de werkwijze die tegenwoordig op weidebedrijven wordt toegepast. De plaatsen waar deze proeven werden genomen, staan vermeld in tabel 14.

Tabel 14. Proeven van Hellings volgens 'nieuwe' beregeningsmethode

Variatie in giftgrootte	Variatie in vochtspanningscriterium	Plaats	Periode
-	-	Heythuysen	1953-1954
-	-	IJsselsteyn	1954-1955
-	-	Montfort	1959
-	+	Beesel	1954-1958
-	+	Roggel	1955-1958
+	+	Montfort	1960-1963

Bij het onderzoek in Heythuysen, IJsselsteyn, Beesel en Roggel werd op de veldjes die voor beregening in aanmerking kwamen, een gift van circa 20 mm gegeven wanneer de bovengrond (0-20 cm -mv.) een zekere uitdrogingsgrens had bereikt. Toen het onderzoek te Montfort nog in de aanloopperiode verkeerde (in 1959), werd daar ook op deze manier beregening toegepast.

In Beesel en Roggel werd niet op alle objecten die voor berekening in aanmerking kwamen, bij dezelfde uitdrogingsgrens tot berekening overgegaan. Er werd namelijk een variatie in het vochtspanningscriterium aangehouden. Bij de proeven die in de periode 1960 tot en met 1963 in Montfort plaatsvonden, werden ook verschillende vochtspanningscriteria gehanteerd. Voorts werd daar de grootte van de berekeningsgift afhankelijk gesteld van het vochtspanningscriterium. De gehanteerde vochtspanningscriteria en de verschillen in giftgrootte zullen later (par. 5.4.5) worden toegelicht.

5.4.2. Bodemgesteldheid

In IJsselsteyn werden de proeven gedaan op heide-ontginningsgronden, in Heythuysen en Roggel op oude bouwlandzandgronden en in Beesel en Montfort op rivierzandgronden. De proefveldgrond in IJsselsteyn wordt tegenwoordig geklassificeerd als een veldpodzolgrond. De proefveldgronden in Heythuysen, Roggel en Beesel behoren tot de enkelegronden, terwijl die in Montfort als een vorstvaaggrond wordt ingedeeld.

In tabel 15 zijn gegevens vermeld over de granulaire samenstelling van de proefveldgronden. In deze tabel zijn ook gegevens opgenomen over de profielopbouw en de grondwaterstandsfluctuatie. Laatstgenoemde gegevens zijn in 1978 door Houben verzameld tijdens een bezoek aan de voormalige proefvelden. Het proefveld Heythuysen is niet opnieuw bezocht, omdat aanvankelijk werd verondersteld, dat de op dit proefveld bereikte resultaten niet beschikbaar zouden zijn. Met betrekking tot het proefveld IJsselsteyn wordt opgemerkt, dat het oorspronkelijke profiel niet beoordeeld kon worden als gevolg van de uitvoering van egalisatiewerkzaamheden.

5.4.3. Vochthoudend en -leverend vermogen van de bodem

Door Hellings zijn gegevens verzameld over het vochthoudend vermogen van de gronden waarop de proeven werden verricht. Een deel hiervan is weergegeven in tabel 15. Op dezelfde wijze als voor de proefvelden van Baars en Van Geneijgen heeft plaatsgevonden, zijn door Houben ook voor de proefvelden van Hellings beoordelingen gemaakt van het vochtleverend vermogen van de bodem. Het proefveld in Heythuysen

Tabel 15. Bodemtype, grondwaterstandsfluctuatie en granulaire samenstelling respectievelijk vochthoudend vermogen van de gronden zoals aanwezig op de proefvelden van Hellings in IJsselsteyn, Heythuysen, Roggel, Beesel en Montfort

Bodemtype	Grondwatertrap	Gem.voorjaarsgrw. st.	Gem.laagste grw. stand	Horizont	U-cijfer zandfractie	Slibgehalte	Humusgehalte	Vochtgehalte					
								pF 1,5	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2
				cm minus maaiveld	volumeproc.		volumepercenten						
Heide-ontginningsgrond (veldpodzolgrond) te IJsselsteyn													
Hn 21	Gt VI	110	200	0-20	85	6	5,2	42	23	18	17	10	6
				20-80	85	3	1,3	28	14	8	8	5	3
Oude bouwlandzandgrond (enkeerdgrond) te Heythuysen													
-	-	-	-	0-20	150	8	4,3	36	28	20	19	10	6
				20-80	170	8	3,0	39	25	17	16	10	5
Oude bouwlandzandgrond (enkeerdgrond) te Roggel													
zEz 23	Gt VIA	150	>250	0-20	120	7	3,8	40	26	16	15	8	6
				20-80	130	7	2,2	35	22	15	13	8	6
Rivierzandgrond (enkeerdgrond) te Beesel													
bEZ 23	Gt VII	>200	>200	0-20	90	10	1,4	27	21	-	17	11	6
				20-80	90	11	0,7	28	17	-	14	12	6
Rivierzandgrond (vorstvaaggrond) te Montfort													
Zb 21	Gt VII	>400	>400	0-20	80	8	2,5	32	17	-	13	9	4
				20-80	85	7	1,2	30	15	-	9	8	4

is hierbij buiten beschouwing gebleven om de reeds eerder vermelde reden.

Op de rivierzandgrond in Montfort trad geen capillaire aanvoer van grondwater naar de wortelzone op. De werkzame worteldiepte bedroeg circa 40 cm. De schatting van het vochtleverend vermogen leverde een waarde op van circa 40 mm.

Op het proefveld in IJsselsteyn dat op een heide-ontginningsgrond was gelegen, bedroeg de werkzame worteldiepte ook circa 40 cm. Op dit proefveld trad echter in het voorjaar capillaire opstijging van grondwater naar de wortelzone op. Het vochtleverend vermogen is geschat op circa 90 mm. waarvan circa 30 mm verband houdt met de capillaire toevoer vanuit de ondergrond in het voorjaar.

Zowel voor het proefveld in Roggel als voor het proefveld in Beesel is een werkzame worteldiepte vastgesteld van circa 65 cm. Op beide proefvelden trad geen capillaire toevoer van grondwater naar de wortelzone op. Het vochtleverend vermogen van de proefveldgrond in Roggel is geschat op circa 110 mm, terwijl die van de proefveldgrond in Beesel geschat is op circa 70 mm.

Hellings ging er bij zijn schattingen van het vochtleverend vermogen vanuit, dat het gras over al het vocht kan beschikken dat binnen de werkzame wortelzone bij een uitdroging van pF 2,0 tot pF 4,2 vrijkomt. Tussen de schattingsuitkomsten van Hellings en die van Houben komen verschillen voor van ten hoogste 20 mm. Hierbij wordt aangetekend, dat Houben in tegenstelling tot Hellings voor het proefveld in IJsselsteyn rekening heeft gehouden met het optreden van capillaire toevoer van grondwater naar de wortelzone.

5.4.4. Indeling van de proefvelden

In Heythuysen en Roggel werd onderzoek verricht op betrekkelijk grote proefvelden. Daarentegen werd bij de proeven in IJsselsteyn, Beesel en Montfort met kleine velden gewerkt.

In Heythuysen werd een perceel van 50 x 100 m² verdeeld in twee stroken van 20 x 100 m², die voor beregening in aanmerking kwamen, en één strook van 10 x 100 m² die onberegend moest blijven. Bij de opbrengstbepaling werden in elke strook 3 à 4 vakken van 15 à 50 m² uitgemaaid.

In Roggel was een perceel van $160 \times 100 \text{ m}^2$ verdeeld in vier stroken van $40 \times 100 \text{ m}^2$. Eén strook bleef onberegend. De overige drie werden volgens verschillende criteria van water voorzien. Binnen een strook werd in 6 vakken van 4 m^2 de opbrengst bepaald.

In IJsselsteyn waar twee objecten (onberegende en beregende) werden onderscheiden, hadden de veldjes een oppervlakte van $12 \times 12 \text{ m}^2$. Elk object kwam in 1954 in tweevoud en in 1955 in viervoud voor. In 1954 werd binnen elk veldje in een vak van $50 \text{ à } 100 \text{ m}^2$ de opbrengst bepaald. In 1955 waren deze vakken 10 m^2 groot.

In Beesel, waar vrijwel elk proefjaar drie objecten werden onderscheiden, hadden de veldjes ook een grootte van $12 \times 12 \text{ m}^2$. In 1955, 1956 en 1957 werd elk object in viervoud aangelegd, in 1958 in tweevoud en in 1954 gedeeltelijk in tweevoud en gedeeltelijk in viervoud. De vakken waarvan de opbrengsten werden bepaald, hadden veelal een grootte van 4 m^2 .

In Montfort werden in de proefjaren 1960 tot en met 1963 veldjes van $5 \times 4 \text{ m}^2$ aangelegd. Elk van de vier onderscheiden objecten kwam in viervoud voor. Binnen elk veldje werd in een vak voor 4 m^2 de opbrengst bepaald. In het proefjaar 1959 werden slechts twee objecten onderscheiden; elk object kwam in viervoud voor. De veldjes hadden een grootte van $10 \times 10 \text{ m}^2$ en de vakken voor de opbrengstbepaling hadden een oppervlakte van 4 m^2 .

Bij het voorgaande wordt aangetekend dat de proefvelden in Heythuysen, IJsselsteyn, Roggel en Beesel werden beweid. Hierdoor werd bij het oogsten niet de totale produktie van het grasland bepaald.

5.4.5. Toediening van het beregeningswater

Twee keer per week werd het vochtgehalte van de grond geschat. Dit gebeurde op het oog en op het gevoel. Daarbij werden grondmonsters met een bekend vochtgehalte als vergelijkingsmateriaal gebruikt. Af en toe werden de vochtgehalten op gravimetrische wijze vastgesteld. Vervolgens werden met behulp van pF-curven de vochtspanningen bepaald, die correspondeerden met de vastgestelde vochtgehalten.

In Heythuysen en IJsselsteyn werd er naar gestreefd om een gift van circa 20 mm te geven, wanneer de vochtspanning in de bovengrond (0-20 cm -mv.) hoger werd dan 400 cm waterkolom (pF 2,6). Bij de proef

die in 1959 in Montfort werd gedaan, was het de bedoeling om een gift van 20 mm toe te dienen op het moment, dat de vochtspanning in de bovengrond hoger werd dan 200 cm waterkolom (pF 2,3). Dit bracht met zich mee dat tijdens die proef vanwege het bijzonder droge weer vaak beregend diende te worden. Hierop werd echter onvoldoende ingespeeld, waardoor een sterkere uitdroging optrad dan gewenst was.

Bij het onderzoek in Beesel en Roggel werd onderscheid gemaakt tussen meer dan twee objecten. De veldjes die voor berekening in aanmerking kwamen, werden namelijk niet alle op dezelfde manier van water voorzien. Naast een object, waar een uitdroging tot een vochtspanning van maximaal 400 cm waterkolom werd toegestaan, waren ook objecten aanwezig met vochtspanningscriteria van 200, 600 en 800 cm waterkolom (respectievelijk pF 2,3; pF 2,8 en pF 2,9). De grootte van de watergiften was voor alle objecten gelijk en wel 20 mm. Opgemerkt wordt dat het in Beesel veelal niet gelukte om op tijd berekening toe te passen. Op de proefvelden aldaar traden in de bovengrond regelmatig vochtspanningen op, die 200-600 cm waterkolom hoger waren dan de waarden, waarbij tot berekening moest worden overgegaan.

Bij het onderzoek dat in de periode 1960-1963 te Montfort plaats vond, werd naast een variatie in het vochtspanningscriterium ook een variatie in de giftgrootte aangebracht. Bij een van de objecten diende te worden beregend wanneer in de bovengrond de vochtspanning hoger werd dan 300 cm waterkolom (pF 2,5). Door omstandigheden werd veelal pas beregend bij een vochtspanning van 300 à 1000 cm. Er werd dan een gift van circa 20 mm toegediend. Bij twee andere objecten moest worden beregend, zodra de vochtspanning in de bovengrond hoger werd dan 600 cm waterkolom (pF 2,8). In werkelijkheid werd pas water gegeven bij een vochtspanning van 800 à 1600 cm (pF 2,9 à pF 3,2). Een van de twee laatstgenoemde objecten kreeg giften van circa 20 mm. Deze zouden voldoende groot zijn om telkens de bovengrond op veldcapaciteit te brengen. Op het andere object werden giften van circa 25 mm toegediend. Deze werden voldoende groot geacht om de gehele bewortelde zone (40 à 50 cm) op veldcapaciteit te krijgen. Uit het voorgaande blijkt dat de variatie in giftgrootte eigenlijk gering was.

In Heythuysen en Roggel waar het onderzoek op grote proefvelden

plaatsvond, werd de berekening uitgevoerd met een cirkelsproeier (diameter circa 20 m). Met deze sproeier werd in vierkantsverband gewerkt. De regenintensiteit bedroeg 15 à 20 mm.uur⁻¹. De proefveldjes in IJsselsteijn en Beesel werden beregend met vier vierkantsproeiers waarmee een regenintensiteit van circa 8 mm.uur⁻¹ werd bereikt. In Montfort werden de proefveldjes aanvankelijk (1959) beregend met een zwenkbuisinstallatie (intensiteit 8 mm.uur⁻¹). Vanaf 1960 werd echter gewerkt met een sproeiwagen, bestaande uit een verrijdbaar frame van 5 x 4 m² en voorzien van sproeidoppen. Met deze sproeiwagen werd een regenintensiteit van 40 à 50 mm.uur⁻¹ verkregen.

Met betrekking tot de herkomst van het gebruikte water wordt vermeld, dat in Heythuysen, IJsselsteyn en Montfort grondwater werd toegediend. In Roggel en Beesel werd beekwater gebruikt.

5.4.6. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting

Op elk proefveld zijn veelal meerdere malen monsters gestoken ten behoeve van het grondonderzoek. De uitkomsten van dit onderzoek, voor zover deze konden worden teruggevonden in de proefveldverslagen, zijn gegroepeerd en vervolgens gemiddeld. Het resultaat hiervan is opgenomen in het linker deel van tabel 16. Hierbij wordt opgemerkt dat in Heythuysen een betrekkelijk lage pH (4,4) voorkwam en in Roggel een betrekkelijk hoge pH (6,4).

In het rechter deel van tabel 16 zijn gegevens opgenomen over de toegepaste bemesting. De stikstof werd altijd in de vorm van kalkammonsalpeter toegediend en de kalium in de vorm van kalizout - 40%. Het fosfaat werd vrijwel altijd als Thomasslakkemeel gegeven, uitgezonderd in Montfort. In Montfort werd namelijk met superfosfaat gewerkt. Met betrekking tot de bemestingswaarde van de toegediende stalmest en gier is verondersteld dat deze overeenkwam met de in tabel 7 vermelde kengetallen.

Op de proefvelden in IJsselsteyn, Heythuysen, Roggel en Beesel vond beweiding plaats. De toevoer van meststoffen, die hieruit voortvloeide, is niet verwerkt in de eerder genoemde bemestingsgegevens.

Tabel 16. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting op de proefvelden van Hellings in IJsselsteyn, Heythuysen, Roggel, Beesel en Montfort

Plaats	Vruchtbaarheidstoestand						Bemesting							
							anorganische			organische				
	Humus- gehalte	pH- KCL	P-		K-		Jaar	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	in de vorm van
			citr.	al.	getal	gehalte								
vol. %	-	-	-	-	%									
IJsselsteyn	5,2						1954	153	67	83				
							1955				8	2	80	gier
Heythuysen	4,3	4,4	46	-	31	-	1953	126	63	80				
							1954	162	90	100				
Roggel	3,8	6,4	65	-	29	-	1955	155	45	100	50	100	290	stalmest, gier
							1956	172	45	100	50	100	290	stalmest, gier
							1957	172	0	24				
							1958	172	28	24				
Beesel	2,3	4,7	34	-	18	-	1954	100	80	80				
							1955	115	90	80				
							1956							
							1957	184	144	120				
							1958	200	144	120				
Montfort	2,5	5,2	-	30	-	0,016	1959	78	95	240				
							1960	207	114	300				
							1961	218	114	300	0	0	0	
							1962	253	180	480	0	0	0	
							1963	218	180	460	0	0	0	

5.4.7. Botanische samenstelling van het gras

In tabel 17 zijn op een schematische wijze gegevens bijeengebracht over de botanische samenstelling van het gras op de proefvelden.

Bij het onderzoek te IJsselsteyn werd in 1955 een ander perceel gekozen dan in 1954. Ten aanzien van de botanische samenstelling kan alleen worden vermeld dat in 1955 een 1ste jaars kunstweide werd gebruikt met voornamelijk engels raaigras en witte klaver.

De proeven in Heythuysen werden verricht op een kunstweide die in het voorjaar van 1953 was ingezaaid met een mengsel van engels raaigras en witte klaver.

In Roggel werd gedurende vier jaren onderzoek gedaan op een perceel blijvend grasland. Zoals uit tabel 17 is af te lezen, heeft zich gedurende de vier proefjaren een verschuiving voorgedaan in de botanische samenstelling. Het aandeel engels raaigras liep met 10% terug (absoluut gezien), het aandeel slechte grassen met 5% en het aandeel onkruiden met 10%, terwijl het aandeel matige grassen toenam van 40% naar 65%. Tussen de verschillende objecten kwamen duidelijke verschillen voor in botanische samenstelling. Onderstaande tabel illustreert dit. De twee objecten waar berekend werd op het moment dat de vochtspanning de waarden van respectievelijk 400 en 600 cm waterkolom overschreed, namen qua botanische samenstelling een overgangspositie in tussen de twee andere objecten.

Tabel 18. Botanische samenstelling van het gras op twee proefveldobjecten in Roggel

Jaar	Object							
	berekening bij vochtspanning van 200 cm waterkolom in bovengrond				geen berekening			
	1955	1956	1957	1958	1955	1956	1957	1958
Plantengroep	percentage van het plantenassortiment							
Goede grassen	55	50	45	35	25	20	15	10
Matige grassen	25	30	40	55	50	60	70	80
Overige	20	20	15	10	25	20	15	10
Totaal	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabel 17. Schematische weergave van de botanische samenstelling van het gras op de proefvelden van Hellings in IJsselsteyn, Heythuysen, Roggel, Beesel en Montfort

Plaats	IJsselsteyn		Heythuysen		Roggel				Beesel					Montfort							
	A	B	A		A				A		B		C	D	E	A		B			
Perceel	'54	'55	'53	'54	'55	'56	'57	'58	'54	'55	'56	'55	'56	'57	'58	'58	'59	'60	'61	'62	'63
Plant(engroep)	Percentage van het plantenassortiment																				
GOEDE GRASSEN																					
Engels raaigras		x	x	45	25	20	15	15	-			x	x	x	45	55	x	x	x	70	x
Italiaans raaigras				-	-	-	-	-	-						-	-				-	
Timothee				-	-	5	-	-	-						10	5				5	
Overige				-	10	15	15	10	-						15	5				5	
Som		x	x	45	35	40	30	25	-			x	x	x	70	65	x	70	x	80	x
MATIGE GRASSEN																					
Kropaar				-	10	15	15	15	85	x	x				-	-			10	15	
Fiorien				-	20	20	30	35	-						-	-			-	-	
Witbol				-	5	5	5	10	-						-	-			-	-	
Overige				-	5	5	5	5	-						-	-			-	-	
Som				-	40	45	55	65	85	x	x				-	-			10	15	
SLECHTE GRASSEN																					
				-	5	5	5	-	-						-	-			-	-	
KLAVERS																					
				45	-	-	-	-	15						30	35			15	-	
ONKRUIDEN																					
				5	15	10	10	5	-						-	-			-	-	
DIVERSEN[☆]																					
				5	5	-	-	5	-						-	-			5	5	
TOTAAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

- Plant(engroep), waarvan het aandeel niet van betekenis was

x Plant(engroep), die vermoedelijk overheerste

☆ Combinatie van planten uit eerder genoemde groepen

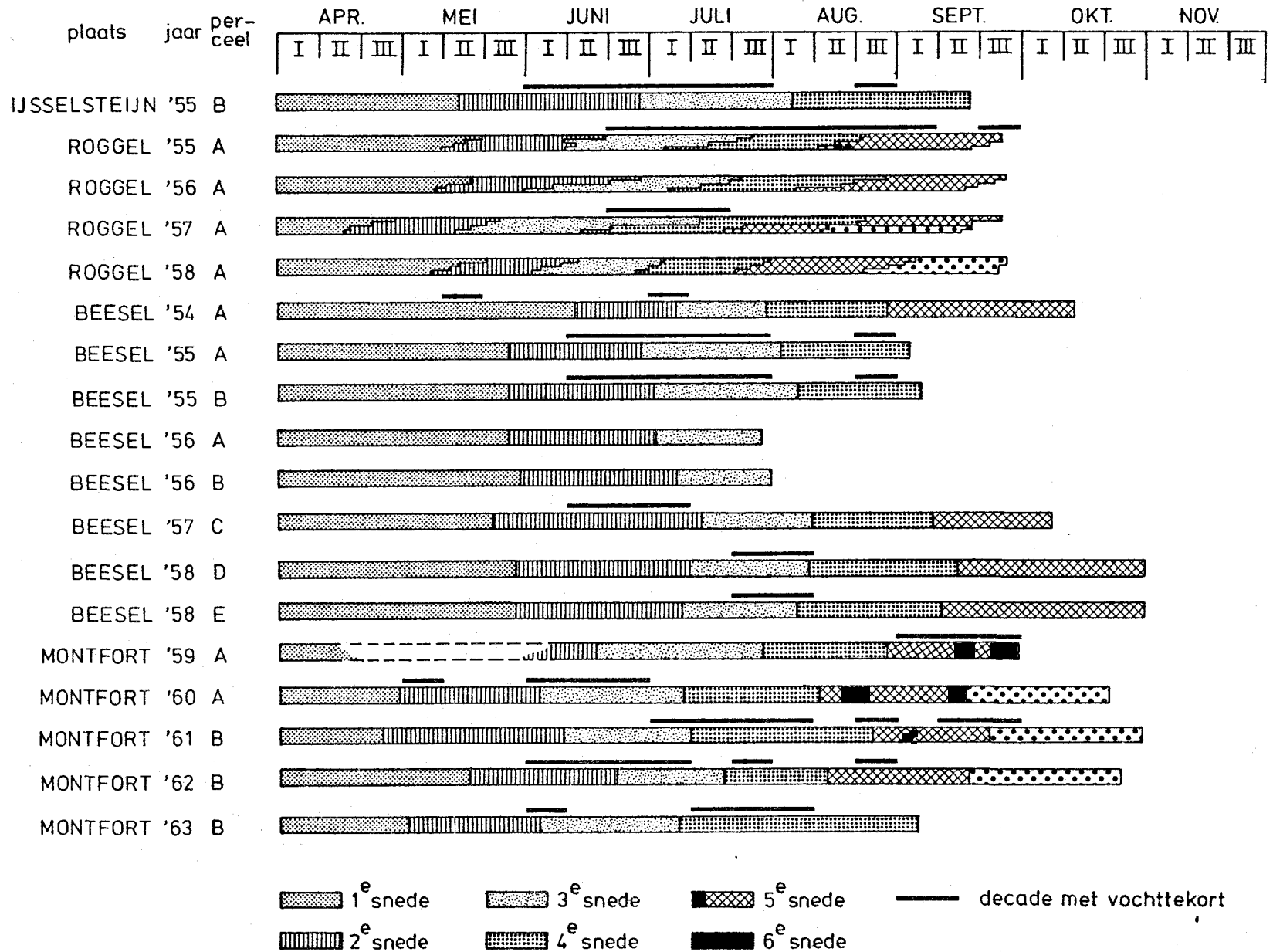


Fig. 3. Groeiperioden van de sneden bij de proeven van Hellings in IJsselsteyn, Roggel, Beesel en Montfort, alsmede de decaden waarin een bodemvochttekort optrad bij de onberegende objecten

In Beesel werden in de jaren 1954, 1955 en 1956 proeven gedaan op een perceel dat in de herfst van 1953 met een mengsel van kropaar en klaver was ingezaaid. Parallel aan die proeven werd in de jaren 1955 en 1956 ook onderzoek verricht op een perceel dat in het voorjaar van 1954 met in hoofdzaak engels raaigras was ingezaaid. In 1957 werd het onderzoek voortgezet op een kunstweide waarvan alleen kon worden nagegaan, dat het voornamelijk uit engels raaigras bestond. In 1958 werden proeven gedaan op twee percelen. Eén van deze percelen was in het voorjaar van 1957 ingezaaid met een MK₃-mengsel. Het andere perceel was eveneens in het voorjaar van 1957 ingezaaid, maar met een 'deens' mengsel (mengsel van engels raaigras, beemdlangbloem, timothee en klaver).

In Montfort werd in de jaren 1959 en 1960 onderzoek gedaan op een perceel dat in het voorjaar van 1959 was ingezaaid met een mengsel van voornamelijk engels raaigras, kopaar en klaver. Op een perceel dat in het najaar van 1960 ook met laatstgenoemd mengsel was ingezaaid, werden de proeven later voortgezet.

5.4.8. Snedeverloop

Fig. 3 geeft voor elke proef de groeiperioden van de verschillende sneden. Als startdatum voor de groei is steeds 1 april aangehouden.

Op het proefveld in Roggel werden niet alle objecten op hetzelfde moment gemaaid. Naarmate de produktie op het object hoger was, werd er frequenter geoogst. Dit heeft er toe geleid dat op de onberegende objecten (A1) minder vaak is geoogst dan op de meest beregende objecten (A4).

Het aantal sneden, dat per proefjaar werd geoogst, was betrekkelijk hoog (5 à 6 in de periode 1 april - 1 november).

6. VERDAMPINGSONDERZOEK VAN MAKKINK EN RIJTEMA

6.1. A l g e m e e n

Onder leiding van Makkink, die werkzaam was bij het CIL0, werd in de periode 1946-1951 een lysimeterproefveld geïnstalleerd in de Gelderse Vallei nabij Wageningen. Op dit proefveld is door hem in de

periode 1952-1956 onderzoek verricht naar de verdamping, de produktie en de botanische en chemische samenstelling van gras. Toen Makkink zijn proefnemingen stopte, is het proefveld overgegaan naar het ICW. Rijtema heeft toen nog gedurende vier jaren (1957-1960) gebruik gemaakt van het proefveld.

In deze nota wordt alleen een beschrijving gegeven van de inrichting van het lysimeterproefveld, alsmede een overzicht van de resultaten die zijn behaald bij het onderzoek naar de relatie tussen het waterverbruik en de grasproduktie. De beschrijving van de proefveldinrichting vindt plaats in dit hoofdstuk.

6.2. Verloop van het proefveld onderzoek

6.2.1. Indeling van het proefveld

Op het proefveld waren in totaal 32 lysimeters geïnstalleerd. Het betrof hier cilinders (\emptyset 1,128 m) met een oppervlakte van 1,00 m². Een deel van de cilinders had een hoogte van 1,50 m. De overige lysimeters hadden een hoogte van 1,00 m.

De lysimeters waren gelegen in twee rijen. Deze twee rijen waren van elkaar gescheiden door een meetkelder. In de meetkelder was voor elke lysimeter een aparte inrichting aanwezig om de grondwaterstand te regelen en om de watertoevoer en -afvoer te meten. Boven de lysimeters kon een weegwagen worden gereden. Met deze weegwagen werden de lysimeters opgehesen en gewogen teneinde het verloop van de vochtinhoud van de lysimeters te kunnen volgen. Het gras op de lysimeters werd regelmatig gemaaid, gewogen en bemonsterd.

De lysimeters verschilden van elkaar ten aanzien van de bodemgesteldheid en het grondwaterstandsregime. Voorts werden gedurende enkele proefjaren variaties aangebracht in het begieten en bemesten.

6.2.2. Bodemgesteldheid

Van de 32 lysimeters waren er 12 gevuld met een knipkleigrond uit de omgeving van Sneek (met een zo gering mogelijke graad van knippigheid). Het profiel te Sneek was ruwweg gezegd als volgt opgebouwd: 0-15 cm -mv. bouwlaag, 20-135 cm -mv. zware klei (tot 50 cm -mv. weinig roestvlekjes). Op 2 m -mv. bevond zich iets venige grond.

In 12 lysimeters bevond zich veengrond uit de omgeving van Kamerik. Het betrof een bosveengrond met de volgende opbouw: 0-20 cm -mv. bruinzwarte tot bruine laag, 20-30 cm -mv. geoxydeerd bruin tot zwart veen, 70-150 cm havannakleurig veen met bladresten, wortels en takken.

De overige 8 lysimeters bevatten een dekzandgrond uit de omgeving van Wageningen. Het profiel zag er als volgt uit: 0-50 cm -mv. donkerbruin zand, overgaand in lichtbruin zand, 50-100 cm -mv. grijs zand met leem.

Tabel 19 bevat gegevens over de granulaire samenstelling van de gestoken grondkolommen.

Tabel 19. Granulaire samenstelling van de grond in de lysimeters van Makkink en Rijtema in Wageningen

Grondsoort	Horizont	U-cijfer	>50 μ	16-50 μ	<16 μ	humus	CaCO ₃
			fractie van droge grond in gewichtsprocenten				
klei	0- 10	-	20	3	60	17	0
	10-100	-		64	22	2	12
veen	0- 10	-	30	14	21	35	0
	10-100	-	-	-	-	-	-
zand	0- 10	103	67	14	9	10	0
	10-100	110		90	8	2	0

6.2.3. Grondwaterstandsregime

Het lag in de bedoeling om de grondwaterstand op een natuurlijke wijze te laten fluctueren, maar hier werd later van afgestapt. Na 1952 werd namelijk een schema aangehouden, waarbij de grondwaterstand op 1 of 2 tijdstippen in het voorjaar (circa 12 april en circa 18 mei) in sprongen omlaag werd gebracht en op 1 of 2 tijdstippen in het najaar (circa 6 oktober en circa 17 november) weer omhoog. Tussen de genoemde data werden de grondwaterstanden op een constant niveau gehouden.

De zomergrondwaterstanden die werden nagestreefd, liepen bij de lysimeters met veen en zand uiteen van 50 tot 125 cm -mv. en bij die met klei van 50 tot 145 cm -mv.

6.2.4. Vochthoudend vermogen van de bodem

In tabel 20 zijn gegevens samengebracht over het vochthoudend vermogen van de gronden in de lysimeters, zoals opgegeven door Rijtema.

Tabel 20. Vochthoudend vermogen van de gronden in de lysimeters van Makkink en Rijtema in Wageningen

Grond- soort	Horizont cm -mv.	Vochtgehalte in volumeprocenten bij vochtspanning					
		pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2
klei	0 - 10	64	57	52	50	38	30
	10 - 50	55	54	53	51	39	34
veen	0 - 20	62	57	52	48	32	28
	20 - 60	83	78	71	66	35	28
zand	0 - 50	46	41	37	32	17	12
	> 50	28	22	18	14	6	3

6.2.5. Toediening van het gietwater

Makkink heeft geprobeerd om door toediening van meer of minder gietwater verschillen in vochthuishouding tussen de lysimeters te creëren. Aanvankelijk werd tot begieten overgegaan wanneer volgens de geplaatste tensiometers de vochtspanning in de bovengrond een zekere waarde (100, 200 of 500 cm waterkolom, respectievelijk pF 2,0, pF 2,3 en pF 2,7) had overschreden. Vanaf 1954 werd begoten zodra het gewicht van de lysimeter beneden een zekere waarde daalde.

Tijdens de onderzoeksperiode van Rijtema zijn de lysimeters hoogstwaarschijnlijk ook begoten.

6.2.6. Bodemvruchtbaarheidstoestand en bemesting

De resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek zijn vermeld in tabel 21. Dit onderzoek vond plaats omstreeks 1950.

In tabel 22 zijn gegevens samengebracht over de bemestingsgiften die in de onderzoeksperiode van Makkink op minstens 28 van de 32 lysimeters werden toegediend. De organische mest werd steeds verspreid in het voorafgaande najaar of in de voorafgaande winter. Ten aanzien van de

Tabel 21. Bodemvruchtbaarheidstoestand in de lysimeters van Makkink en Rijtema in Wageningen

Grond- soort	Horizont cm -mv.	pH	Humus- gehalte (%)	P- citr.	K-	
					getal	gehalte(%)
klei	0 - 5	6,4	20	86	-	0,132
	5 - 10	6,1	15	43	-	0,075
veen	0 - 5	5,7	38	55	-	0,029
	5 - 10	5,5	32	34	-	0,020
zand	0 - 5	6,2	11	109	18	-
	5 - 10	5,9	8	78	9	-

Tabel 22. Bemestingsgiften op de lysimeters van Makkink en Rijtema in Wageningen

Jaar	Anorganische mest			Organische mest			in de vorm van
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	kg.ha ⁻¹			kg.ha ⁻¹			
1952	108	40	135	7	60	30	compost
1953	192	100	310	12	70	50	stalment
1954	210	100	310	9	70	70	stalment
1955	202	80	320	7	54	30	stalment
1956	192	80	320	15	70	70	stalment
1957				7	75	40	stalment
1958							
1959							
1960							

effectiviteit van deze giften is verondersteld dat deze als volgt was: 10-15% voor het N-aandeel, afhankelijk van het tijdstip van toediening en 100% voor het P₂O₅- en het K₂O-aandeel. Als anorganische meststoffen werden steeds gebruikt: kalkammonsalpeter, super- of dubbelfosfaat en kalizout-40%.

Tijdens de onderzoeksperiode van Rijtema (1957-1960) werden vermoedelijk dezelfde kunstmestgiften toegediend als in 1956.

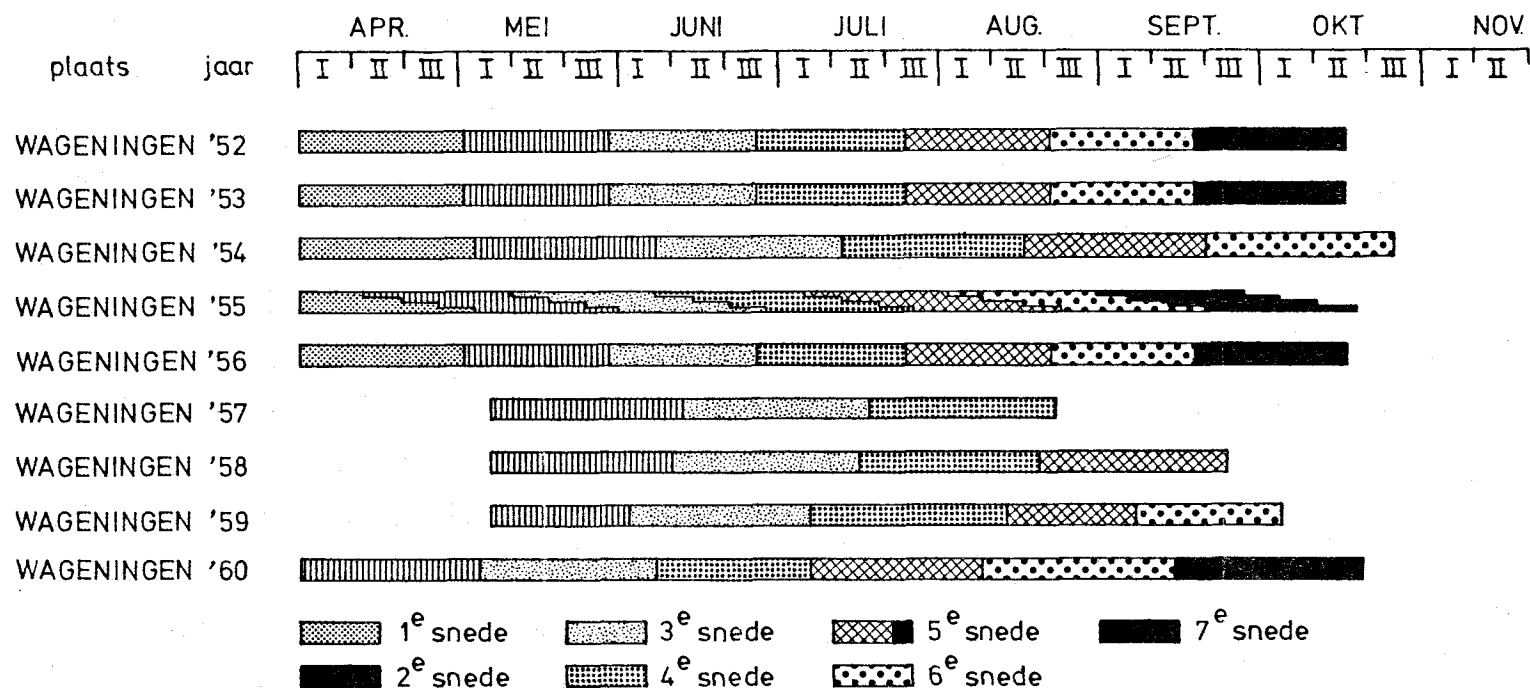


Fig. 4. Groeiperioden van de sneden bij de lysimeterproeven van Makkink en Rijtema in Wageningen

6.2.7. Botanische samenstelling van het gras

De percelen, waar de grondkolommen werden gestoken, waren reeds zeer lang als blijvend grasland in gebruik.

Door Makkink werd onderzocht in hoeverre zich veranderingen in de botanische potentie van de grasmat voordeden. Hiertoe werden regelmatig het aanwezigheidspercentage, het dominantiepercentage en het belangrijkheidspercentage vastgesteld. Makkink bespreekt in zijn verslag alleen de aanwezigheidspercentages. Deze geven echter geen volledig beeld van de mate van voorkomen van de verschillende plantensoorten.

6.2.8. Snedeverloop

De lysimeters werden zeer frequent gemaaid (fig. 4). Zo werd tijdens de onderzoeksperiode van Makkink (1952-1956) om de vier of vijf weken geoogst, ongeacht de stand van het gras en ongeacht het jaargetijde. Bij de proef in 1954 werden vier groepen lysimeters onderscheiden, die onderling verschilden in het tijdstip van maaien. In 1960 werd reeds vóór 1 april een keer gemaaid, en wel op 31 maart.

7. BASIS VOOR DE VERGELIJKING VAN DE DIVERSE PROEFRESULTATEN

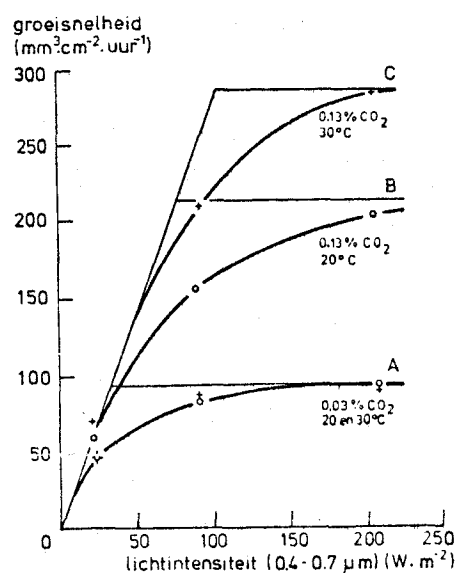
Het verschil dat aanwezig is tussen de fotosynthese en de ademhaling, geeft aan in welke mate een gewas groeit. Bij de fotosynthese wordt koolzuur uit de atmosfeer - met water dat is onttrokken aan de bodem - omgezet in koolhydraten en zuurstof. Dit vindt plaats in het bladweefsel onder invloed van zonnestraling. Ten behoeve van de energievoorziening van het gewas zelf wordt bij de ademhaling een deel van de eerder gevormde koolhydraten weer geoxideerd.

De koolzuur die bij de fotosynthese nodig is, moet eerst uit de atmosfeer via de huidmondjes naar het bladweefsel diffunderen. Parallel aan dit transport vindt transpiratie plaats. Dit is een proces waarbij water uit de huidmondjes naar de atmosfeer diffundeert. Voortbouwend op de analogie die aanwezig is tussen de diffusie van koolzuur en die van water, zijn verschillende theorieën ontwikkeld over het verband tussen de groei en het watergebruik van een gewas (FEDDES, 1979).

De snelheid waarmee de fotosynthese en dus ook de groei verloopt,

is afhankelijk van een groot aantal factoren. Van belang is onder andere in welke mate licht, warmte, water, voedingsstoffen en koolzuur beschikbaar zijn. Wanneer een bepaalde groeifactor slechts in beperkte mate aanwezig is, zal de groei worden belemmerd. Fig. 5 illustreert dit. In deze figuur is de groeisnelheid van een komkommerblad uitgezet tegen de lichtintensiteit. Bij de metingen waarop curve A is gebaseerd, werkte de beperkte koolzuurconcentratie (0,03%) limiterend. Het maakte geen verschil of de temperatuur 20°C of 30°C was. Bij de metingen die werden verricht na een verhoging van de koolzuurconcentratie tot verzadiging (0,13%) lag dit anders. De metingen die bij 20°C werden gedaan, leverden curve B en die bij 30°C curve C.

Fig. 5. Relatie tussen de groeisnelheid van een komkommerblad en de lichtintensiteit, vastgesteld voor twee verschillende koolzuurconcentraties en twee verschillende temperaturen (FEDDES, 1979; gebaseerd op gegevens van Gaastra)



De studie waarover in deze nota verslag wordt gedaan, diende een antwoord te geven op de vraag welke samenhang bij gras aanwezig is tussen de verhogingen van de evapotranspiratie en de produktie die bij een verbetering van de vochtvoorziening tot stand komen. Getracht is om de bovengenoemde vraag op te lossen met behulp van de uitkomsten van een aantal proeven. Die proeven werden echter onder verschillende omstandigheden uitgevoerd. Dit is onder andere het gevolg van het feit dat die proeven verspreid over een reeks van jaren (1953-1963) werden genomen. Tussen die jaren deden zich verschillen voor in de temperatuur en de hoeveelheid zonnestraling tijdens het groeiseizoen. Voorts wordt

er op gewezen dat tussen de proefvelden verschillen aanwezig waren met betrekking tot de bodemvruchtbaarheidstoestand en de botanische samenstelling van het gras. De bemesting en het maaieregime waren ook niet overal hetzelfde.

Door verschillen in groei-omstandigheden zal een verbetering van de vochtvoorziening niet bij alle geanalyseerde proeven hetzelfde effect hebben gehad. De groei van gras is namelijk niet alleen afhankelijk van de beschikbaarheid van vocht, maar ook van diverse andere factoren.

Fig. 6 geeft voor een drietal situaties het verband tussen de grasproduktie en de beschikbaarheid van water. Tussen de drie onderscheiden situaties komen verschillen voor in de beschikbaarheid van andere groei-factoren dan water. In de situatie die behoort bij curve 1, heersen gunstige groei-omstandigheden; in de situatie waarop curve 2 betrekking heeft, matige en in de situatie die correspondeert met curve 3, ongunstige groei-omstandigheden.

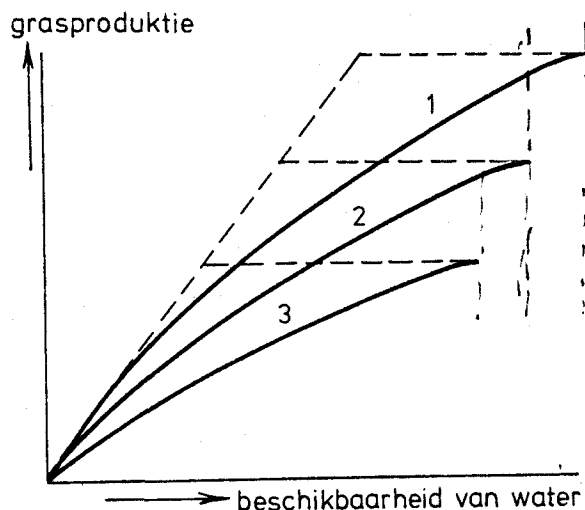


Fig. 6. Verband tussen de grasproduktie en de beschikbaarheid van water voor situaties waarin de beschikbaarheid van andere groei-factoren dan water op een hoog (1), matig (2) en laag (3) niveau ligt

De laatstgenoemde figuur is gebaseerd op een aantal veronderstellingen. Er is onder meer aangenomen dat de grasproduktie die maximaal kan optreden (voortaan aangeduid met potentiële produktie) hoger is naarmate de verschillende groeifactoren beter beschikbaar zijn. Volgens een ander uitgangspunt zouden de groei-omstandigheden ook van invloed zijn op de potentiële evapotranspiratie (dit is de evapotranspiratie die optreedt bij het bereiken van de potentiële produktie). Immers, in een warm, stralingsrijk groeiseizoen is niet alleen de potentiële produktie, maar ook de potentiële evapotranspiratie hoger dan in een koel, stralingsarm groeiseizoen.

Uit de in fig. 6 verwerkte aannamen volgt, dat het effect van een verbetering van de vochtvoorziening groter is naarmate de groei-omstandigheden beter zijn en de potentiële produktie op een hoger niveau ligt. Deze gevolgtrekking heeft doen besluiten om de uitkomsten van de geanalyseerde proeven te relateren aan de produkties die bij deze proeven op de objecten met een potentiële evapotranspiratie voorkwamen (of zouden zijn voorgekomen wanneer dergelijke objecten aanwezig waren geweest). Een nadere uitwerking hiervan vindt plaats in hoofdstuk 10, waar de resultaten van de verrichte analyses worden gepresenteerd.

8. BEPALING VAN DE ACTUELE EN POTENTIËLE EVAPOTRANSPIRATIE

Zoals later nader wordt toegelicht, zijn de verschillen in grasproduktie die tussen de diverse objecten van de in bewerking genomen proeven voorkwamen, in verband gebracht met verschillen in actuele evapotranspiratie tussen die objecten. De daaruit voortgevloeide verbanden zijn vervolgens gerelateerd aan de produkties die optraden op de objecten met een actuele evapotranspiratie gelijk aan de potentiële. In dit hoofdstuk wordt aangegeven op welke wijze waarden zijn vastgesteld voor de actuele en potentiële evapotranspiratie die voorkwamen op de diverse proefobjecten.

8.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Hellings

Door Baars, Van Geneijgen en Hellings zijn betrekkelijk weinig gegevens verzameld over de vochthuishouding van de bodem. Het is niet uitvoerbaar geacht om uit de beschikbare bodemvochtgegevens de opgetreden evapotranspiratie af te leiden. In plaats daarvan is gekozen voor berekeningen, waarbij op een betrekkelijk eenvoudige wijze de vochthuishouding van de bodem en de evapotranspiratie worden gesimuleerd.

Bij het uitvoeren van die berekeningen is gewerkt met tijdstappen van een decade (10 of 11 dagen). Bij de bespreking van de groeiperioden van de diverse sneden is er steeds van uitgegaan dat in de proefjaren de groei van het gras op 1 april startte. Deze datum is daarom ook als

beginpunt gekozen voor de bovenbedoelde berekeningen. Als eindpunt is 30 oktober genomen, het moment waarop de groei van het gras tot stilstand zou zijn gekomen.

De verschillende uitgangspunten die bij het berekenen van de opgetreden evapotranspiratie zijn aangehouden, worden onderstaand toegelicht.

- Aangenomen is dat bij het begin van de doorgerekende groeiseizoenen de bodemvochtvoorraden op veldcapaciteit waren.
- Voorts is verondersteld dat het vochtleverend vermogen van de diverse proefveldgronden gelijk was aan de door Houben geschatte waarden.
- Door Houben is vastgesteld dat op enkele proefvelden capillaire opstijging kan zijn opgetreden. Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat het hieraan toegeschreven deel van het vochtleverend vermogen alleen in de maanden april en mei opneembaar kan zijn geweest. Deze beperking houdt verband met de daling van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen.
- Met betrekking tot de potentiële evapotranspiratie is verondersteld dat deze gelijk was aan 0,8 maal de open waterverdamping E_o die door het KNMI is berekend voor een nabij gelegen station. Dit betekent dat bij de bepaling van de potentiële evapotranspiratie alleen rekening is gehouden met de meteorologische omstandigheden die tijdens de verschillende proefjaren optraden en dus niet met de invloed van de overige groei-omstandigheden.

Voor de proeven in Limburg en Noord-Brabant is uitgegaan van de E_o -waarden die voor de stations Gemert en Oudenbosch beschikbaar zijn, en voor de proeven in het Kromme Rijngebied van de E_o -waarden voor het station De Bilt.

- De neerslag werd niet altijd gedurende het gehele groeiseizoen gemeten. Voor de perioden waarin op de proefvelden geen neerslagmetingen werden verricht, is uitgegaan van de gemiddelde neerslag in de KNMI-districten waarvan de betreffende proefvelden deel uitmaakten.
- De verliezen die tijdens de berekening van de proefvelden optraden, zijn bepaald op 15% van de verspreide hoeveelheden water. Het in rekening brengen van een reductie op de berekeningsgiften houdt verband met het optreden van verdampingsverliezen en onregelmatigheden in de watertoediening door onder meer winddrift.

- De actuele evapotranspiratie is berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$E_a = \begin{cases} E_p & \text{indien } B_s + NN + NK \geq E_p \\ B_s + NN + NK & \text{indien } B_s + NN + NK < E_p \end{cases}$$

waarbij: E_p = potentiële evapotranspiratie tijdens de tijdstap (mm)

E_a = actuele evapotranspiratie tijdens de tijdstap (mm)

B_s = hoeveelheid opneembaar bodemvocht aan het begin van de tijdstap (mm)

NN = natuurlijke neerslag tijdens de tijdstap (mm)

NK = kunstmatige neerslag tijdens de tijdstap (mm)

- Bij de berekening van de hoeveelheid vocht die aan het einde van een tijdstap nog beschikbaar zou zijn, is uitgegaan van de vergelijking:

$$B_f = \begin{cases} B_s + NN + NK - E_a & \text{indien } B_s + NN + NK - E_a < B_m \\ B_m & \text{indien } B_s + NN + NK - E_a \geq B_m \end{cases}$$

waarbij: B_f = hoeveelheid opneembaar bodemvocht aan het einde van de tijdstap (mm)

B_m = vochtleverend vermogen van de bodem (mm)

- Tijdens de tijdstappen waarin de hoeveelheid opneembaar bodemvocht groter dreigde te worden dan de waarde die voor het vochtleverend vermogen was vastgesteld, heeft zich naar wordt aangenomen een afvoer van vocht naar de diepere ondergrond voorgedaan. Verondersteld is dat het afgestroomde vocht later niet meer voor opname beschikbaar is gekomen, behalve op de proefvelden met capillaire opstijging.

Ter illustratie van de bovenomschreven rekenprocedure is in tabel 23 een uitgewerkte berekening opgenomen. Het betreft hier een proefobject zonder beregning, gelegen op een grond met een vochtleverend vermogen van 90 mm, waarvan 30 mm als capillair opstijgend grondwater. De potentiële evapotranspiratie die in het doorgerekende groeiseizoen optrad, is berekend op 497 mm. De actuele evapotranspiratie is vastgesteld op 348 mm, het bodemvochttekort op 148 mm en het tot afvoer gekomen overschot aan bodemvocht op 42 mm.

Tabel 23. Resultaat van een berekening van de actuele evapotranspiratie, uitgevoerd op decadebasis voor een grond met een vochtleverend vermogen van 90 mm waarvan 30 mm als capillair opstijgend grondwater. Alle grootheden zijn uitgedrukt in mm

Decade	Opneembaar bodemvocht aan begin decade		Potentiële evapo- transp.	Neerslag		Actuele evapo- transp.	Bodem- vocht- tekort	Opneembaar bodemvocht aan einde decade		Afvoer bodem- vocht	
	onver- zadigde zone	verza- digde zone		natuur- lijk	kunst- matig			onver- zadig- de zone	verza- digde zone		
	BO_s	BV_s	E_p	NN	NK	E_a	BT	BO_f	BV_f	A	
April	1	60	30	15	21	0	15	0	60	30	6
	2	60	30	24	0	0	24	0	36	30	0
	3	36	30	27	3	0	27	0	12	30	0
Mei	1	12	30	28	5	0	28	0	0	19	0
	2	0	19	25	1	0	20	5	0	0	0
	3	0	0	29	39	0	29	0	10	0	0
Juni	1	10	-	38	21	0	31	7	0	-	0
	2	0	-	30	15	0	15	15	0	-	0
	3	0	-	33	6	0	6	27	0	-	0
Juli	1	0	-	31	6	0	6	25	0	-	0
	2	0	-	33	12	0	12	21	0	-	0
	3	0	-	35	0	0	0	35	0	-	0
Aug.	1	0	-	25	31	0	25	0	6	-	0
	2	6	-	26	34	0	26	0	14	-	0
	3	14	-	30	2	0	16	14	0	-	0
Sept.	1	0	-	18	43	0	18	0	25	-	0
	2	25	-	15	44	0	15	0	54	-	0
	3	54	-	13	9	0	13	0	50	-	0
Okt.	1	50	-	10	29	0	10	0	60	-	9
	2	60	-	7	10	0	7	0	60	-	3
	3	60	-	5	29	0	5	0	60	-	24
Totaal	60	30	497	360	0	348	149	60	0	42	

Volgens de beschreven methode was het mogelijk om voor elke berekeningsproef die in het kader van deze studie is geanalyseerd, aan te geven in welke decaden op de onberegende objecten de bodemvochtvoorraad was uitgeput. Het resultaat van deze bewerking is verwerkt in de figuren 1, 2 en 3 waarin ook het snedeverloop staat weergegeven.

Opgemerkt wordt dat de gekozen berekeningsmethode voorbij gaat aan het achterblijven van de actuele evapotranspiratie bij de potentiële als gevolg van het minder gemakkelijk opneembaar worden van bodemvocht bij het verder uitdrogen van de bodem. Naarmate de bodem verder uitdroogt, stijgt namelijk de bodemvochtspanning en wordt het voor het gras moeilijker om de nog resterende hoeveelheid opneembaar vocht te onttrekken.

Een ander aspect waaraan geen aandacht is geschonken, betreft de invloed van de graslengte op de potentiële evapotranspiratie. Als uitgangspunt is genomen dat de potentiële evapotranspiratie gelijk is aan 0,8 maal de open waterverdamping. Het gebruik van een omrekeningsprocedure, waarin de invloed van de graslengte tot uitdrukking is gebracht, was beter geweest. Er zijn echter geen gegevens over de lengtegroei van het gras beschikbaar.

De beperkingen die aan de toegepaste rekenmethode kleven, zijn in het kader van deze studie niet bezwaarlijk geacht, omdat uiteindelijk in hoofdzaak gebruik wordt gemaakt van de verschillen tussen de seizoenwaarden van de actuele evapotranspiratie die op de diverse objecten van de geanalyseerde proeven zijn voorgekomen.

8.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema

Bij het verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema werden alle termen van de waterbalans, uitgezonderd de actuele evapotranspiratie, gemeten. Met behulp van de waterbalansvergelijking was het mogelijk om uit de verkregen meetgegevens de actuele evapotranspiratie af te leiden.

9. BEPALING VAN DE POTENTIËLE PRODUKTIE

Zoals in hoofdstuk 7 staat aangegeven, is het effect van een verbetering van de vochtvoorziening dat uit het resultaat van een proef kon worden afgeleid, gerelateerd aan de produktie die bij de betreffende proef op de objecten met een potentiële evapotranspiratie voorkwam (of zou zijn voorgekomen, indien deze objecten waren aangelegd). Het gaat hier om de produktie die gedurende de periode 1 april - 1 november optrad (of zou zijn opgetreden).

Bij enkele proeven waren geen objecten met potentiële evapotranspiratie aanwezig. Ook was niet altijd gedurende het gehele groeiseizoen de grasproduktie gemeten. Dit betekende, dat voor diverse proeven de potentiële produktie moest worden geschat. Op de hierbij gevolgde methode wordt in dit hoofdstuk nader ingegaan.

9.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Helling

Om de bovengenoemde redenen was het voor een aantal beregeningsproeven niet mogelijk om de potentiële produktie direct af te leiden uit de beschikbare opbrengstgegevens. Voor die proeven is een schatting uitgevoerd met behulp van de onderstaande formule:

$$P_p = P_{ber} + (E_p - E_{ber}) \frac{P_{ber} - P_{onb}}{E_{ber} - E_{onb}} + \sum_{i=1}^n P_i$$

waarbij: P_p = potentiële produktie (kg ds. ha^{-1})

P_{ber} = produktie die is gemeten op de meest beregende objecten (kg ds. ha^{-1})

P_{onb} = produktie die is gemeten op de onberegende objecten (kg ds. ha^{-1})

E_p = potentiële evapotranspiratie gedurende de periode, waarin de produktie is gemeten (mm)

E_{ber} = actuele evapotranspiratie op de meest beregende objecten gedurende de periode waarin de produktie is gemeten (mm)

- E_{onb} = actuele evapotranspiratie op de onberegende objecten gedurende de periode waarin de produktie is gemeten (mm)
- P_i = produktie bij potentiële evapotranspiratie op dag i van de periode waarin de produktie niet is gemeten (kg ds. ha^{-1})
- n = lengte van de periode waarin de produktie niet is gemeten (dag)

In de bovenstaande formule is de aanname verwerkt, dat - binnen een beperkt traject - de relatie tussen de grasproduktie en de evapotranspiratie benaderd mag worden door een lineair verband.

Bij een aantal beregeningsproeven is de opbrengstbepaling in september of oktober gestopt. De laatste term van de beschreven formule biedt de mogelijkheid om dit te verrekenen. De produktie die maximaal haalbaar is in september en oktober, is ongeacht de proefomstandigheden gesteld op (naar WIELING e.a., 1977):

- eerste helft van september: gemiddeld $40 \text{ kg ds. ha}^{-1}$
- tweede helft van september: gemiddeld $25 \text{ kg ds. ha}^{-1}$
- eerste helft van oktober : gemiddeld $15 \text{ kg ds. ha}^{-1}$
- tweede helft van oktober : gemiddeld $10 \text{ kg ds. ha}^{-1}$

Op een aantal proefvelden van Hellings die gelegen waren te Heythuyzen, IJsselsteyn, Beesel en Roggel, is beweiding opgetreden. Hierdoor is bij de opbrengstbepaling een klein deel van de produktie niet gemeten. Voorts is een enkele keer een snede op het proefveld geoogst en dientengevolge de grasgroei belemmerd. Voor beide zaken zijn geen correcties uitgevoerd.

9.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema

Makkink heeft in zijn rapport te weinig gegevens opgenomen over de produktie en de evapotranspiratie op de verschillende lysimeters ten einde berekeningen te kunnen maken van de potentiële produktie.

Voor drie van de vier jaren waarin door Rijtema onderzoek werd verricht, zijn ook geen berekeningen van de potentiële produktie gemaakt. De proefresultaten die in deze drie jaren werden behaald, bleken niet bruikbaar te zijn in het kader van deze studie. Later zal dit

worden toegelicht. De proefresultaten die betrekking hebben op de periode 6 mei - 4 oktober 1959, waren wel bruikbaar. De actuele evapotranspiratie die voorkwam op de lysimeter met het hoogste waterverbruik was ongeveer drie procent lager dan de potentiële (RIJTEMA, 1971). Hiervan uitgaande is berekend, dat de potentiële produktie circa 14,8 ton ds.ha⁻¹ heeft bedragen. Daarbij is in rekening gebracht dat vóór 6 mei een produktie van circa 1500 kg ds.ha⁻¹ heeft kunnen plaatsvinden en na 4 oktober een produktie van circa 325 kg ds.ha⁻¹ (naar WIELING e.a., 1977).

10. VERBAND TUSSEN DE VERSCHILLEN IN PRODUKTIE EN EVAPOTRANSPIRATIE

In de voorgaande hoofdstukken is behandeld op welke wijze voor de diverse objecten van de in bewerking genomen proeven waarden zijn verkregen voor de actuele en potentiële evapotranspiratie, respectievelijk de actuele en potentiële grasproduktie. De verschillen in grasproduktie die tussen de objecten van een proef voorkwamen, zijn in verband gebracht met verschillen in actuele evapotranspiratie. De relaties die daarbij zijn vastgesteld, worden in dit hoofdstuk onderling vergeleken en wel op de manier welke aan het slot van hoofdstuk 7 is besproken.

Enkele van de voor deze studie geselecteerde proeven bleken bij nader inzien minder bruikbaar te zijn. Het betreft hier onder meer de proeven die in Heythuysen werden verricht. De gegevens die beschikbaar zijn over het vochtleverend vermogen van de aldaar gelegen proefvelden zijn niet recent in het veld gecontroleerd. Er is daarom besloten om geen gebruik te maken van de resultaten die op deze proefvelden werden verkregen.

De proeven die in 1954 te IJsselsteyn, in 1956 te Beesel en in 1959 te Montfort werden genomen, zijn eveneens buiten beschouwing gelaten. Bij deze proeven werd de grasproduktie slechts over een korte periode binnen het groeiseizoen gevolgd. In verband hiermede is een nauwkeurige berekening van de potentiële produktie niet mogelijk geacht.

10.1. Beregeningsonderzoek van Baars, Van Geneijgen en Hellings

De proeven van Baars, Van Geneijgen en Hellings die in het kader van deze studie bruikbaar waren, staan vermeld aan de linker kant van tabel 24. In deze tabel zijn ook waarden opgenomen voor de actuele en potentiële evapotranspiratie die bij deze proeven op de beregende en onberegende objecten voorkwamen. De waarden die zijn vastgesteld voor de actuele en potentiële produktie, zijn eveneens vermeld.

Alle waarden die in tabel 24 voorkomen, hebben betrekking op het seizoen 1 april - 31 oktober. Bij een aantal proeven liep de meetperiode niet door tot 31 oktober. Bij die proeven zijn de waarden die waren berekend voor de actuele evapotranspiratie tijdens de meetperiode verhoogd met de waarde van de potentiële evapotranspiratie gedurende de gemiste periode. Deze bijstelling is voor zowel de onberegende als de beregende objecten uitgevoerd. Op analoge wijze zijn de waarden die waren vastgesteld voor de actuele produktie in de meetperiode, verhoogd met de waarde van de produktie die gedurende de gemiste periode bij potentiële evapotranspiratie zou zijn opgetreden.

In tabel 24 is ook aangegeven welke verschillen in actuele evapotranspiratie (ΔE) en actuele produktie (ΔP) tussen de onberegende en beregende objecten voorkwamen. De quotienten van deze verschillen zijn vermeld aan de rechter kant van de tabel. Wanneer de resultaten van de diverse proeven worden gemiddeld, dan blijkt dat een verhoging van de actuele evapotranspiratie met 1 mm samen is gegaan met een extra grasproduktie van $24 \text{ kg ds. ha}^{-1}$.

De volgorde van de verschillende proeven in tabel 24 is gebaseerd op een rangschikking van die proeven naar de grootte van de potentiële produktie. De proeven met de laagste potentiële produktie staan aan de kop van de tabel en die met de hoogste aan de onderkant. De proeven met een overeenkomende potentiële produktie zijn gegroepeerd. De daarbij gekozen indeling is af te lezen uit tabel 25. In deze tabel zijn ook waarden opgenomen voor de gemiddelde potentiële produktie binnen de onderscheiden groepen. Bij het bepalen van die gemiddelden zijn de waarden die waren vastgesteld voor de potentiële produktie bij de afzonderlijke proeven, gewogen naar het verschil in actuele evapotranspiratie tussen de onberegende en beregende objecten.

Tabel 24. Productie en evapotranspiratie op de onberegende en beregende objecten van de geanalyseerde beregingsproeven

Proef			Potent. evapotransp.	Actuele evapotranspiratie			Prod. niveau	Productie			$\Delta P/\Delta E$			
plaats	jaar	perceel	E_p	beregend	onberegend	verschil	P_p	beregend	onberegend	verschil	$\frac{kg \cdot ds.}{ha \cdot l.}$ mm^{-1}			
				mm				kg ds.ha ⁻¹						
				E_{ber}	E_{onber}	ΔE		P_{ber}	P_{onber}	ΔP				
Bakel	1956	A	427	427	403	24	8 400	8 385	7 265	1 120	47			
Beesel	1955	B	497	464 497 445 496	481	350	131	9 300	8 816 9 433 9 240 9 120 9 460	9 124	7 712	1 412	11	
Nontfort	1963	B	449	448	446	378	68	9 300	9 274	8 540	734	11		
Alphen	1958	A	493	493	428	65	9 800	9 850	9 230	620	10			
Beesel	1958	D	479	479	467	12	10 100	10 002 10 123	10 063	9 517	546	46		
Beesel	1958	E	479	479	471	8	10 100	9 601 10 508	10 055	9 033	1 022	128		
Alphen	1959	A	634	598	233	365	10 100	9 450	3 280	6 170	17			
Beesel	1955	A	497	435 497	466	347	119	10 700	10 085 10 520	10 304	8 617	1 687	14	
Liessel	1954	B	482	466	383	83	10 800	10 470	8 730	1 740	21			
Cothen	1959	A	597	597	302	295	10 800	10 820	6 665	4 135	14			
Asten	1953	A	498	498	382	116	10 900	10 940	8 660	2 280	20			
Cothen	1961	B	430	430	413	17	11 700	11 714	11 158	556	33			
Cothen	1961	A	430	430	413	17	11 800	11 770	11 649	121	7			
Cothen	1960	A	468	466	411	55	11 800	11 837	11 838	-1	0			
Roggel	1956	A	427	427 427	427 427	0	11 900	11 054 11 897	11 476	12 412 12 191	12 302	-826	-	
Roggel	1957	A	507	507 507	446 466	456	51	12 100	13 044 11 231	12 138	10 147 9 615	9 881	2 257	44
IJsselsteyn	1955	B	497	494	344	150	12 300	12 240	7 755	4 485	30			
Berkel-Ens.	1955	A	508	508	451	57	12 400	12 430	11 170	1 260	22			
Cothen	1963	C	462	462	434	28	12 400	12 413	11 770	643	23			
Beesel	1954	A	482	482	437	45	12 600	12 574	11 655	919	20			
Bakel	1955	A	497	464	344	120	12 700	11 790	8 520	3 270	27			
Roggel	1958	A	479	479 479	479	0	12 700	11 842 14 054 12 346	12 747	12 622	125	-		
Liessel	1953	A	498	496	390	106	12 900	12 860	9 600	3 260	31			
Cothen	1962	C	436	430	381	49	13 500	13 363	12 346	1 017	21			
Montfort	1962	B	433	401 430 409	413	338	75	13 600	12 160 13 445 12 255	12 620	8 915	3 705	49	
Roggel	1955	A	497	418 446 487	450	332	118	13 800	11 271 14 755	12 193	8 070	4 123	35	
Berkel-Ens.	1956	B	444	444	444	0	13 800	13 820	12 710	1 110	-			
Berkel-Ens.	1957	B	509	459	376	83	14 400	13 380	11 700	1 680	20			
Montfort	1960	A	467	410 429 445	428	356	72	14 600	12 810 12 750 13 250	12 936	9 860	3 076	43	
Beesel	1957	C	507	500 507	503	449	54	14 700	14 272 14 870	14 571	13 256	1 315	24	
Bakel	1957	B	507	479	349	130	15 500	14 640	10 750	3 890	30			
Montfort	1961	B	455	455 455	455	388	67	17 400	17 570 18 370 16 270	17 403	13 980	3 423	51	
Totaal resp. gemiddelde			-	-	-	2580	12 400	-	-	60 874	24			

Tabel 25. Verschillen in actuele produktie en actuele evapotranspiratie tussen de onberegende en beregende objecten van beregeningsproeven met een overeenkomende potentiële produktie

Grenzen van de klassen voor de potentiële produktie (kg ds.ha ⁻¹)	Aantal proeven per klasse	Gemiddelde potentiële produktie (kg ds.ha ⁻¹)	Som van verschillen		Verhouding tussen de sommen $\Sigma\Delta P/\Sigma\Delta E$ (kg ds.ha ⁻¹ .mm ⁻¹)
			actuele produktie $\Sigma\Delta P$ (kg ds.ha ⁻¹)	actuele evapotr. $\Sigma\Delta E$ mm	
8 000-10 000	4	9 300	3 886	288	13
10 000-12 000	11	10 600	17 430	1087	16
12 000-14 000	12	12 900	26 174	799	33
14 000-16 000	4	14 900	9 961	339	29
16 000-18 000	1	17 400	3 423	67	51
Totaal resp. gemiddelde	32	12 400	60 874	2480	25

De verschillen in actuele produktie die tussen de onberegende en beregende objecten van een groep proeven optraden, zijn gesommeerd. Hetzelfde is gedaan met de verschillen in actuele evapotranspiratie tussen die objecten. De uitkomsten van de eerstgenoemde sommatieprocedure ($\Sigma\Delta P$) zijn vervolgens gedeeld door die van de laatstgenoemde ($\Sigma\Delta E$). Uit het hierbij verkregen resultaat (tabel 25) komt naar voren, dat de verhoging van de grasproduktie die optreedt bij een toename van de actuele evapotranspiratie, groter is naarmate de potentiële produktie op een hoger niveau ligt.

Het in tabel 25 opgenomen berekeningsresultaat is grafisch weergegeven in fig. 7. Opgemerkt wordt, dat het bovenste deel van de kromme slechts gebaseerd is op de uitkomst van één proef.

In fig. 8 is voor elke proef aangegeven in hoeverre door de toepassing van berekening de produktie en de evapotranspiratie zijn veranderd. Elk lijnstuk heeft betrekking op één proef. Uit de figuur kan een indruk worden verkregen van de verschillen in beregeningseffect die zich tussen de proeven met een overeenkomende potentiële produktie hebben voorgedaan.

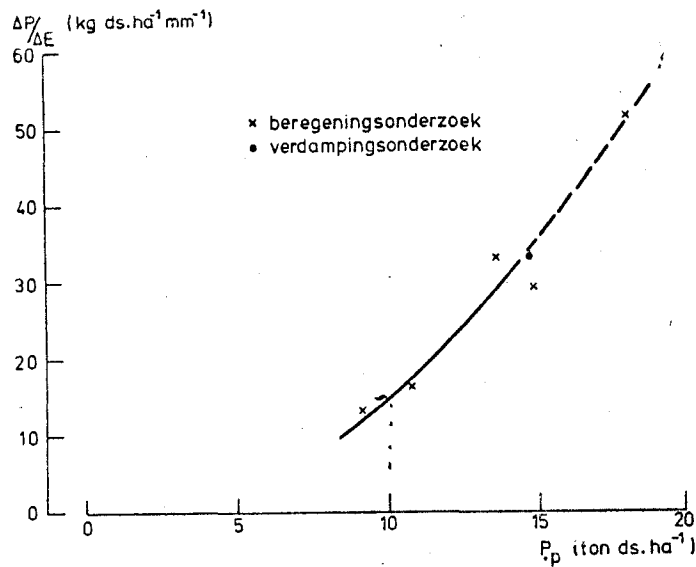


Fig. 7. Verhouding tussen de veranderingen van de produktie en evapotranspiratie ($\Delta P/\Delta E$) in relatie tot de potentiële produktie (P_p)

Het voorgaande handelt over de uitkomsten van bewerkingen die op seizoenbasis zijn uitgevoerd. Er zijn echter ook analyses opgezet voor zowel de eerste als de tweede helft van het groeiseizoen afzonderlijk. Het midden van de maand juli is daarbij als overgang tussen de onderscheiden seizoenhelften aangehouden. De resultaten van de analyses geven aan, dat tussen de eerste en tweede helft van het groeiseizoen geen significant verschil aanwezig is met betrekking tot de effectiviteit van de berekening (Tabel 28).

Opgemerkt wordt dat bij het opstellen van tabel 28 geen gebruik is gemaakt van de proefresultaten die in Roggel werden behaald. Dit houdt verband met het feit dat daar de diverse objecten op verschillende dagen werden gemaaid.

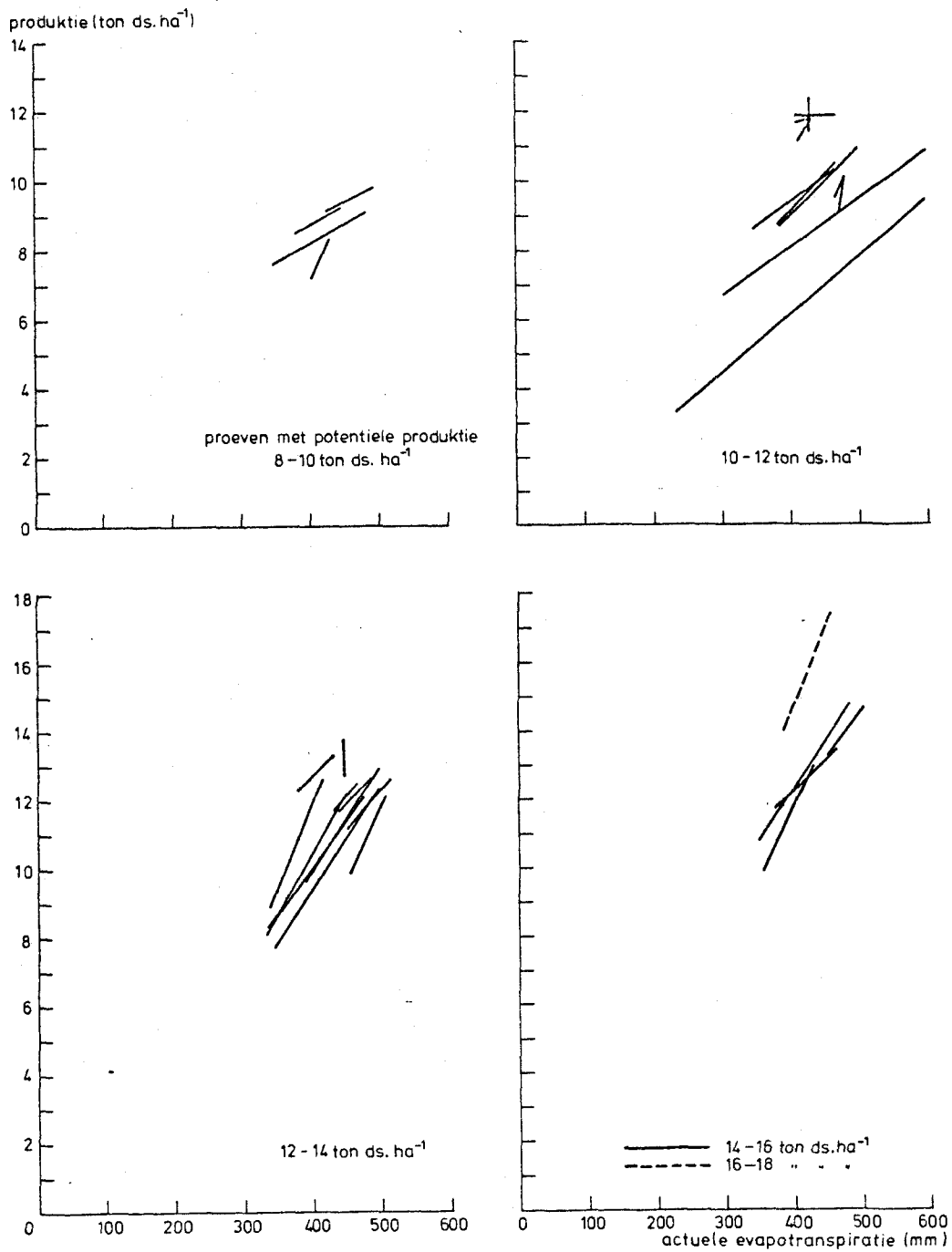


Fig. 8. Effect van beregening op de evapotranspiratie en produktie bij de geanalyseerde beregeningsproeven

Tabel 28. Verschillen in actuele produktie en actuele evapotranspiratie tussen de onberegende en beregende objecten van beregeningsproeven met een overeenkomende potentiële produktie, opgesplitst naar de eerste en tweede helft van het groeiseizoen

Grenzen van de klassen voor de potentiële produktie	Aantal proeven per klasse	Eerste helft groeiseizoen			Tweede helft groeiseizoen		
		Som verschillen		Verhouding tussen de sommen	Som verschillen		Verhouding tussen de sommen
		actuele produkt.	actuele evapotr.		actuele produkt.	actuele evapotr.	
(kg ds. ha ⁻¹)		ΣΔP (kg ds. ha ⁻¹)	ΣΔE (mm)	ΣΔP/ΣΔE (kg ds. ha ⁻¹ . mm ⁻¹)	ΣΔP (kg ds. ha ⁻¹)	ΣΔE (mm)	ΣΔP/ΣΔE (kg ds. ha ⁻¹ . mm ⁻¹)
8 000-10 000	4	1 144	121	9	2 742	167	16
10 000-12 000	10	10 770	658	16	7 486	429	17
12 000-14 000	9	11 515	391	29	8 154	239	34
14 000-16 000	4	10 709	327	33	-748	12	(-62)
16 000-18 000	1	1 753	13	(135)	1 670	54	31
Totaal resp. gemiddeld	28	35 891	1510	24	19 304	901	21

10.2. Verdampingsonderzoek van Makkink en Rijtema

In de vijf jaren dat Makkink lysimeteronderzoek verrichtte, is 1076 keer een snede geogst. Makkink heeft er vanaf gezien om alle 1076 oogsten uit te zetten tegen de waarden die voor de bijbehorende evapotranspiratie zijn vastgesteld. In plaats daarvan geeft hij een figuur met de gemiddelde produktie en de gemiddelde evapotranspiratie die in de diverse groeiperioden op de 32 lysimeters voorkwamen (fig. 9). Deze figuur levert echter geen duidelijk verband op.

Door Makkink is ook gekeken naar de verschillen in grasproduktie en evapotranspiratie die binnen de diverse groeiperioden tussen de lysimeters optraden. Dit leverde geen bruikbare conclusie op. De verschillen in produktie en evapotranspiratie die zich over het gehele zomerseizoen gerekend tussen de verschillende lysimeters hebben voorgedaan, vormden geen onderdeel van de beschouwingen van Makkink.

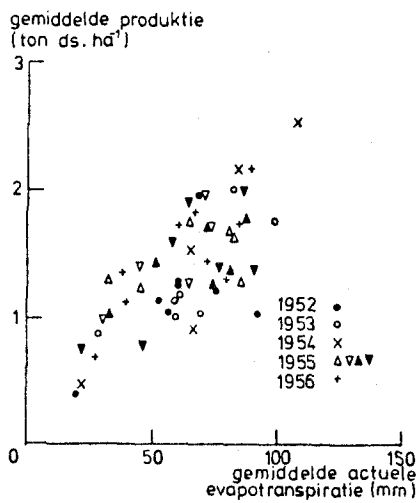


Fig. 9. Gemiddelde produktie bij sneden met groeiperioden van 4 weken, uitgezet tegen de corresponderende gemiddelde actuele evapotranspiratie (MAKKINK, 1962)

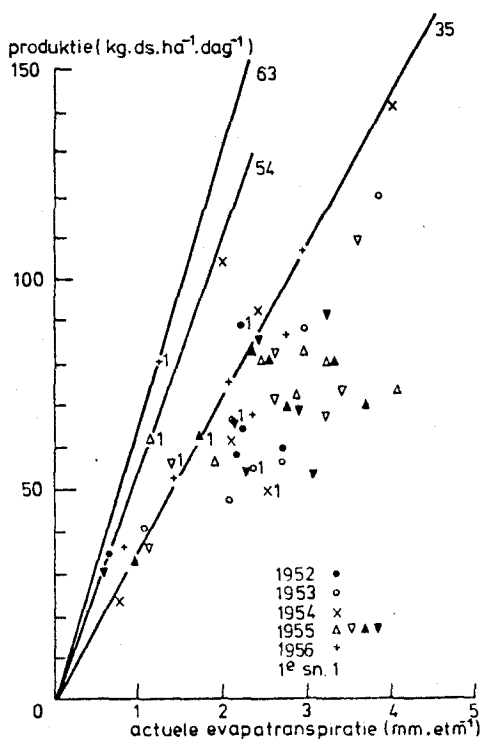


Fig. 10. Produktie op de lysimeter met de hoogste produktie per verbruikte mm water in perioden van 4 weken, uitgezet tegen de corresponderende actuele evapotranspiratie (MAKKINK, 1962)

De resultaten die zijn verkregen op de lysimeter met de hoogste produktie per mm verbruikt water, zijn wel aan een speciale analyse onderworpen. In fig. 10 zijn de produktie en de evapotranspiratie weergegeven, die gedurende de onderscheiden groeiperioden op de genoemde lysimeter voorkwamen. De punten die betrekking hebben op het jaar 1952, liggen betrekkelijk laag. Volgens Makkink houdt dit verband met het lage bemestingsniveau (1952: 12 kg N.ha⁻¹ per 4 weken; 1953 tot en met 1955: 24 kg N.ha⁻¹ per 4 weken). Op grond van de proefresultaten die in fig. 10 zijn weergegeven - en de uitkomsten van een proef van Mulder - komt Makkink tot de suggestie, dat bij een niet-beperkende water- en stikstofvoorziening de produktie van grasland in het begin van het groeiseizoen circa 54 kg ds.ha⁻¹.mm⁻¹ zou bedragen en later in het groeiseizoen 35 kg ds.ha⁻¹.mm⁻¹. Ondanks een passende water- en mineralenvoorziening zou de waterverbruikscoefficiënt dus niet constant zijn gedurende het groeiseizoen. Makkink merkt hierbij op, dat dit niet in overeenstemming is met onderzoeksresultaten van De Wit. Mogelijk zou dit verband houden met het feit dat gras meerdere malen per seizoen wordt geoogst en tot groei wordt gedwongen in perioden waarin het van nature in een ander stadium verkeert. Bij de eenjarige gewassen die in het onderzoek van De Wit waren betrokken, gebeurt dit niet.

De seizoenwaarden van de produktie en de evapotranspiratie die tijdens de onderzoeksperiode van Rijtema optraden, zijn uitgezet in fig. 11. De figuuronderdelen die betrekking hebben op de proefjaren 1957, 1958 en 1960, tonen een betrekkelijk grote spreiding. Alleen het proefjaar 1959 levert een duidelijk verband. De hellingstangent van de lijn die dit verband benadert, bedraagt 33 kg ds.ha⁻¹.mm⁻¹.

De produktie die in 1959 bij een niet-beperkende watervoorziening op de lysimeters haalbaar was, is geschat op 14,8 ton ds.ha⁻¹ (par. 9.3).

De waarden die bovenstaand zijn genoemd voor de waterverbruikscoefficiënt en de potentiële produktie, zijn verwerkt in fig. 7. Daarbij is geconstateerd dat de resultaten van het verdampingsonderzoek van Rijtema in het proefjaar 1959 goed aansluiten bij de resultaten van de beregeningsproeven.

Het was mogelijk om ook voor gedeelten van het proefjaar 1959 het

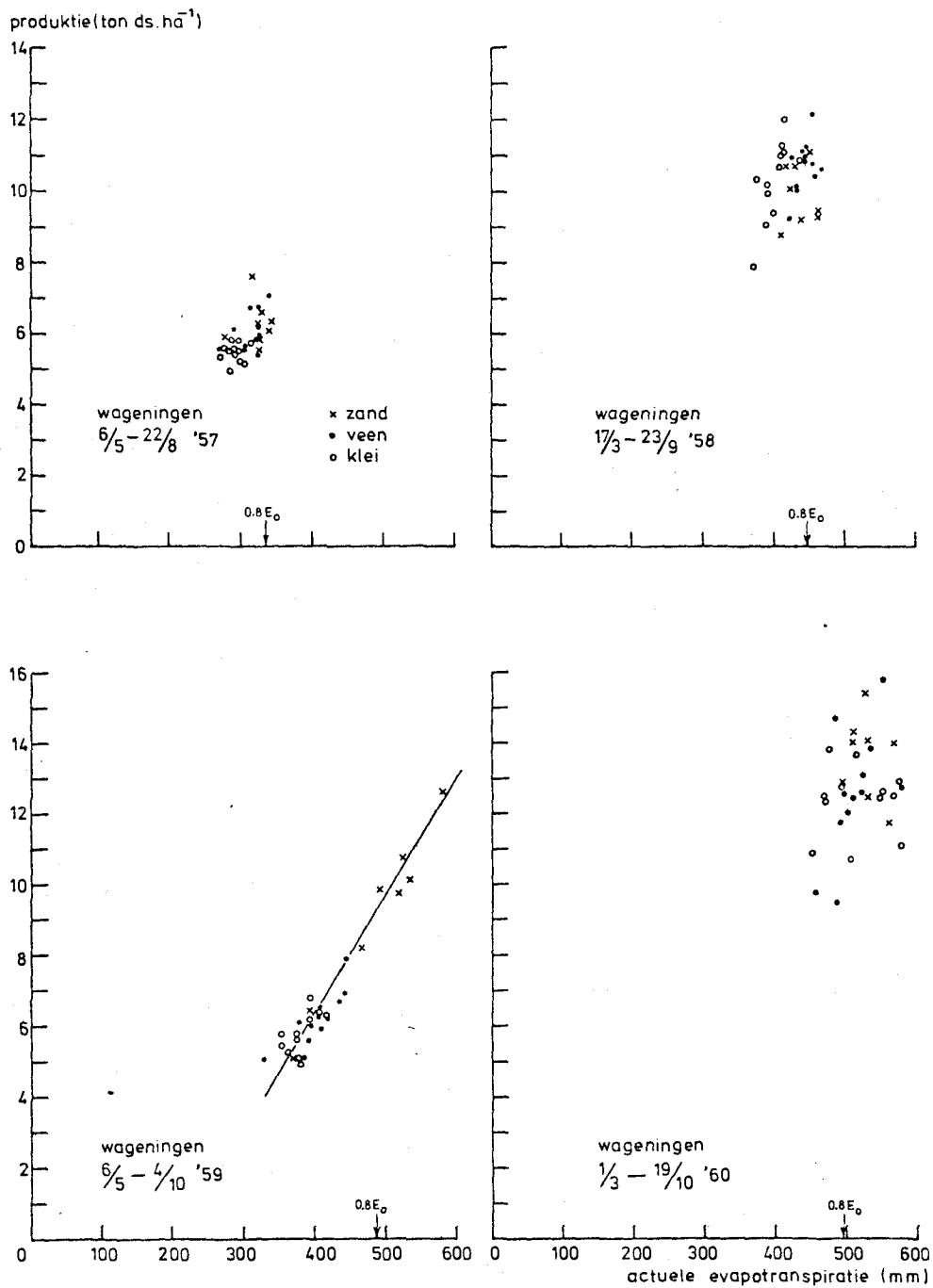


Fig. 11. Relatie tussen de actuele evapotranspiratie en de produktie, gebaseerd op metingen van Rijtema in de jaren 1957 t/m 1960

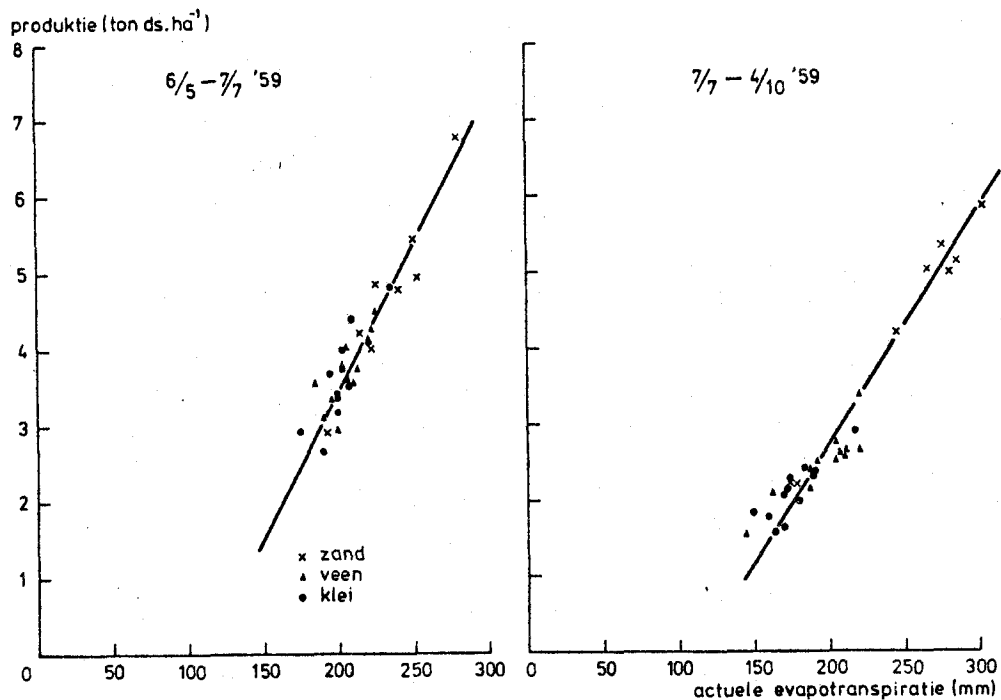


Fig. 12. Relatie tussen de actuele evapotranspiratie en de produktie, gebaseerd op metingen van Rijtema in de eerste en de tweede helft van het proefjaar 1959

verband tussen de produktie en de evapotranspiratie te bepalen. De hellingstangent van de lijn die voor de eerste helft van het groeiseizoen werd verkregen, bedraagt $39 \text{ kg ds. ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ en die voor de tweede helft $31 \text{ kg ds. ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ (fig. 12).

10.3. D i s c u s s i e

Uit de resultaten van de geanalyseerde beregeningsproeven volgde dat een toename van de actuele evapotranspiratie met 1 mm, gemiddeld gezien, vergezeld is gegaan door een verhoging van de grasproduktie met $24 \text{ kg ds. ha}^{-1}$. Deze constatering is in overeenstemming met hetgeen door Baars en Van Geneijgen werd vastgesteld. Baars stelde namelijk dat buiten extreem droge jaren 1 mm effectief sproeiwater een opbrengstverhoging geeft van $23 \text{ kg ds. ha}^{-1}$. Voor extreem droge jaren noemde Baars, afgaande op het resultaat van de proef Alphen 1959 A, een effect van $17 \text{ kg ds. ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ (1 mm effectief sproeiwater is vergelijkbaar met 1 mm extra evapotranspiratie). Van Geneijgen die niet alleen de

resultaten van zijn proeven in Cothen maar ook de proefveldresultaten van Baars in beschouwing nam, kwam tot dezelfde conclusies als Baars.

Hellings heeft ook een studie gemaakt naar de relatie tussen de effectieve watergift en de meeropbrengst. Daarbij ging hij uit van de resultaten die waren verkregen op de eerste- en tweede-jaars kunstweiden in Montfort, Beesel en IJsselsteyn. Het gelukte Hellings niet om een duidelijk verband vast te stellen. Hij slaagde daarin wel bij het uitzetten van de totale produktie tegen de totale evapotranspiratie. Geconstateerd werd, dat 1 mm evapotranspiratie samengaat met een produktie van ongeveer $25 \text{ kg ds. ha}^{-1}$.

Uit de bewerking van de uitkomsten van het beregeningsonderzoek is naar voren gekomen, dat het opbrengstverhogend effect van de beregening groter zou zijn naarmate de potentiële produktie op een hoger niveau ligt. Door Baars, Van Geneijgen en Hellings werd dit niet aangegeven. Het verdampingsonderzoek dat door Makkink en Rijtema werd verricht, heeft te weinig aanknopingspunten opgeleverd om dit te kunnen bevestigen. In dit kader wordt er op gewezen dat volgens de Werkgroep Zuidelijk Zand (DOORNBOS e.a., 1977) een interactie aanwezig is tussen de stikstofbemesting en het beregeningseffect. De werkgroep baseert deze uitspraak op de uitkomsten van onderzoek dat door het Proefstation voor de Rundveehouderij is gedaan. Ook wordt gerefereerd aan de resultaten van Engels en Oostduits onderzoek. De werkgroep stelt dat per mm effectief sproeiwater bij een bemesting van $400 \text{ kg N. ha}^{-1}$ ongeveer 7 kg ds. ha^{-1} meer wordt verkregen dan bij een bemesting van $200 \text{ kg N. ha}^{-1}$. Ook VAN DEN BURG (1970) wijst op een dergelijke interactie.

De waterverbruikscoefficiënt die uit de resultaten van het verdampingsonderzoek in het jaar 1959 kon worden afgeleid, blijkt goed aan te sluiten bij de conclusies die uit de resultaten van het beregeningsonderzoek zijn getrokken. De zomer van 1959 was echter bijzonder droog. Door diverse onderzoekers wordt aangegeven dat bijzondere meteorologische omstandigheden zoals een laag dampspanningsdeficit en een hoge straling tot gevolg hebben dat het opbrengstverhogend effect van een verbetering van de vochtvoorziening anders is dan normaal (FEDDES, 1979). Bij de bewerking van de diverse proefresultaten is dit echter niet duidelijk aan het licht gekomen. Dit zou kunnen samenhangen met de uitgangspunten die bij de berekeningen van de evapotranspiratie

(hoofdstuk 8) en de potentiële produktie (hoofdstuk 9) zijn aangehouden. In dit kader wordt er ook op gewezen dat in 1959 bij diverse lysimeters de actuele evapotranspiratie aanzienlijk hoger was dan de waarde van $0,8 E_0$ die door het KNMI voor het station De Bilt is berekend. Ter oriëntatie is in fig. 11 aangegeven welke waarde het KNMI heeft berekend. De gesignaleerde overschrijdingen worden toegeschreven aan advectie. In 1959 deed zich namelijk de situatie voor dat in de omgeving van de lysimeters de actuele evapotranspiratie sterk achterbleef bij de potentiële (RIJTEMA, 1967). Voorts valt op, dat de rechte lijnen die in de figuren 10 en 11 zijn getrokken, de horizontale as op een relatief grote afstand snijden.

Uit de resultaten van de beregeningsproeven kon niet worden afgeleid dat het opbrengstverhogend effect van een verbetering van de vochtvoorziening afhankelijk is van het tijdstip binnen het groeiseizoen. Volgens Makkink zou in de eerste helft van het groeiseizoen de waterverbruikscoefficiënt aanmerkelijk hoger zijn dan in de tweede helft. De uitkomst van de proef die door Rijtema in 1959 werd verricht, toont dit niet duidelijk aan, maar wijst wel in die richting.

11. SAMENVATTING

In de nota wordt besproken welke samenhang aanwezig is tussen de veranderingen die de actuele evapotranspiratie en de actuele produktie van gras ondergaan bij een wijziging van de watervoorziening van het gras.

Bij de uitvoering van de studie is gebruik gemaakt van de resultaten van de beregeningsonderzoeken die in de vijftiger en zestiger jaren door Baars, Van Geneijgen en Hellings werden verricht op proefvelden in respectievelijk Noord-Brabant, het Kromme Rijngebied en Limburg. Ook is voortgebouwd op de resultaten van het verdampingsonderzoek dat in de vijftiger jaren door Makkink en Rijtema werd uitgevoerd op een lysimeterproefveld te Wageningen.

De in bewerking genomen beregeningsproeven zijn onder verschillende omstandigheden uitgevoerd. Dit is onder meer af te leiden uit de grote variatie in de waarden die zijn vastgesteld voor de potentiële

produktie (dit is de seizoenproduktie aan droge stof in de bladmassa op het proefobject met een potentiële evapotranspiratie). Bij een van de proeven bedroeg de potentiële produktie slechts 8,4 ton ds.ha⁻¹. Bij een andere proef werd een waarde van 17,4 ton ds.ha⁻¹ bereikt. Het gemiddelde was 12,4 ton ds.ha⁻¹.

Vastgesteld is dat de verandering van de actuele produktie die zich voordoet bij een wijziging van de actuele evapotranspiratie, afhankelijk is van het niveau van de potentiële produktie. Wanneer de resultaten van alle geanalyseerde beregeningsproeven worden gemiddeld dan blijkt, dat een toename van de actuele evapotranspiratie met 1 mm vergezeld is gegaan door een meeropbrengst van 24 kg ds.ha⁻¹. Bij de proeven met een potentiële produktie vallend in de klasse 8-10 ton ds.ha⁻¹ bedroeg de meeropbrengst slechts 13 kg ds.ha⁻¹.mm⁻¹; bij de enige proef vallend in de klasse 16-18 ton ds.ha⁻¹ was de meeropbrengst 51 kg ds.ha⁻¹.mm⁻¹.

Door Rijtema werden in de zomer van 1959 tussen de diverse lysimeters aanzienlijke verschillen in actuele evapotranspiratie en actuele produktie gemeten. Een analyse van deze verschillen leverde op, dat een verhoging van de actuele evapotranspiratie met 1 mm samen is gegaan met een meeropbrengst van 33 kg ds.ha⁻¹. Deze uitkomst sluit goed aan bij de resultaten van de geanalyseerde beregeningsproeven, omdat de potentiële produktie circa 14,8 ton ds.ha⁻¹ bedroeg.

LITERATUUR

- BOHEEMEN, P.J.M. VAN en J.G.S. DE WILDE, 1979. De watervoorziening van land- en tuinbouw in het droge jaar 1976. Regionale Studies ICW 15.
- BURG, P.F.J. VAN, 1970. The seasonal response of grassland herbage to nitrogen. Netherlands Nitrogen Technical Bulletin no. 8.
- DOORNBOS, J., H. VAN DER STRATEN en H. WIELING, 1977. Berekening op melkveebedrijven. Rentabiliteitsbegrotingen voor gezinsbedrijven op matig droogtegevoelige grond in het zuidelijk zandgebied. Rapport Proefstation voor de Rundveehouderij nr. 53.
- FEDDES, R.A., 1979. Gewasproduktie en watergebruik. Nota ICW 1118.

- GENEIJGEN, J. VAN, 1968. Het effect van de beregening op lichte rivierklei. Resultaten van het onderzoek in het Kromme Rijngebied in 1958 tot en met 1963 en een berekening van de rentabiliteit van de beregening. Mededeling Proefstation voor de Akker- en Weidebouw nr. 157.
- HOUBEN, J.M.M.Th., 1979. Bodemgesteldheid en -diepte van beworteling. Rapport Stiboka nr. 1459.
- MAKKINK, G.F., 1962. Vijf jaren lysimeteronderzoek. Versl. Landb. Onderz. 68.1. Pudoc, Wageningen.
- RIJTEMA, P.E., 1967. An analysis of actual evapotranspiration. Agricultural Research Reports 659, Pudoc, Wageningen.
- RIJTEMA, P.E., 1971. Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. Nota ICW 587.
- WIELING, H., A.H. KNOOPS, L.E.M. ROMPELBERG en S. DE JONG, 1977. Normen voor de voederverzorging. Rapport Proefstation voor de Rundveehouderij nr. 57.