



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding . wageningen —

**DE RELATIE TUSSEN WATERAANVOER, VERDAMPING EN PRODUKTIE, BIJ
HET GEWAS AARDAPPELEN**

Verslag van een veldproef op het proefterrein
Sinderhoeve in 1982

ing. D.A. van der Schans*, ir. M. de Graaf en ir. A.J. Hellings

*Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de
Vollegrond



0000 0082 9461

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

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

I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
1. BODEMPROFIEL EN PROEFOPZET	2
1.1. Het bodemprofiel	2
1.2. Proefopzet	2
1.2.1. Teelt en bemesting	4
1.2.2. Objecten	4
1.3. De waarnemingen	5
1.3.1. Bodemvocht	5
1.3.2. Gewaswaarnemingen	6
2. UITVOERING VAN BEREKENING	7
2.1. Beregeningsinstallatie	7
2.2. Rijsnelheid en regengift	9
2.3. Correctie regengiften	12
3. HET VOCHT IN DE GROND	14
3.1. Uitvoering van de vochtmetingen	14
3.1.1. Inrichting van de meetplekken	14
3.1.2. Tensiometers	16
3.1.3. Gammameting	17
3.1.4. Capacitieve sensoren en hun ijking	18
3.2. Het verloop van de vochtspanning en het vochtgehalte in de grond	21
3.2.1. Vochtgehalteverloop volgens de gamma-methode	21
3.2.2. Vochtspanningsverloop volgens tensiometers	24
3.2.3. Wegzijging naar de ondergrond	25
3.2.4. Berekening van de verandering van de bodemvochtinhoud over de balansperioden	26

	blz.
4. VERDAMPING	28
4.1. Open waterverdamping	28
4.2. Potentiële gewasverdamping	29
4.3. Actuele verdamping	30
4.4. Vergelijking van de resultaten van de verdampingsberekeningen en metingen	31
5. GEWASONTWIKKELING EN PRODUKTIE	33
5.1. Gewasreacties op berekening	33
5.2. Gewasontwikkeling	34
5.2.1. Gewashoogte en bodembedekking	35
5.2.2. Loofhoeveelheid, bodembedekking en bladoppervlakte	37
5.2.3. LAI en bodembedekking	39
5.3. Gewasproductie	41
5.3.1. Sortering	42
5.3.2. Produktieverloop	42
5.3.3. Produktieverdeling	44
6. LITERATUUR	47

INLEIDING

In 1981 werd begonnen met een serie beregeningsproeven op het proefterrein Sinderhoeve te Renkum met het doel de parameters van groei- en verdampingsmodellen te toetsen.

Het eerste jaar werd gewerkt met consumptieaardappelen van het ras Bintje (ICW Nota 1376, 1982), in 1982 met fabrieksaardappelen van het ras Astarte. De werkwijze was in beide jaren in principe gelijk, echter het aantal beregeningsobjecten werd in 1982 teruggebracht van drie naar twee, teneinde een groter verschil tussen deze objecten te kunnen verwachten. Bij de vochtmeting in de grond werd het zwaartepunt gelegd bij de gammamethode en voor de bepaling van de bedekkingsgraad van het gewas bij de meting van de lichtonderschepping. De keuze van het ras Astarte werd gemaakt naar aanleiding van de ervaring dat het een lang groenblijvend loof heeft en omdat het een veel geteeld ras is dat weinig gevoelig is voor fytoftora.

De beregeningsinstallatie werd in verschillende opzichten verbeterd, in het bijzonder door toepassing van kleinere sproeidoppen op de halve afstand. De automatisering liet lang op zich wachten door de levertijd van enkele belangrijke onderdelen. Het gevolg was dat vrijwel alle berekening half-automatisch uitgevoerd moest worden, waardoor geen nachtberekening toegepast kon worden.

Evenals in 1981 werd de proef door ICW en PAGV gezamenlijk uitgevoerd. Het ICW verzorgde de berekening, de meteorologische en de vochtwaarnemingen, het PAGV was verantwoordelijk voor de teelt van het gewas en de meting van de gewasreacties. De BGD zorgde voor de aanleg van het proefveld, de gewasverzorging en de proefoogsten.

1. BODEMPROFIEL EN PROEFOPZET

In 1982 is evenals in 1981 een beregeningsproef met aardappelen op het proefterrein 'Sinderhoeve' te Renkum uitgevoerd. Dit jaar is voor fabrieksaardappelen, ras Astarte, gekozen.

1.1. H e t b o d e m p r o f i e l

Het proefveld ligt op een kamppodzol-grond. De profielopbouw is als volgt:

- A1 0 - 30 cm zwart humeus (6,5%) matig lemig, matig grof zand (M50 210-420)
een geleidelijke overgang naar:
- B2 30 - 45 cm donkerbruin, matig humeus (4%), matig grof zand met een sterk grindhoudende laag van 5-15 cm dikte aan de onderkant, een scherpe overgang naar:
- B3 45 - 65 cm lichtbruin zeer grof zand (M50 420-2000), een geleidelijke overgang naar:
- C 70 -120 cm blond zeer grof zand (M50 420-2000)

De B3 en C horizont kunnen sterk grindhoudend, matig grindhoudend en grindarm zijn. Op enkele plaatsen op het proefveld komt onder de sterk grindhoudende B2 horizont, compact leemhoudend, sterk grindhoudend zand voor. Het grondwater bevindt zich op een diepte van ongeveer 11 meter onder het maaiveld.

De bewortelbare diepte is 60 à 70 cm, de hoeveelheid makkelijk opneembaar vocht (van pF 2,0 - 3,0) bedraagt tot deze diepte ongeveer 70 mm.

Dit proefveld is gekozen omdat het voor het opstellen van een waterbalans wenselijk is dat er geen grondwaterinvloed is. De nadelen van het profiel zijn: het gemakkelijk optreden van percolatie en de moeilijk vast te stellen vochtinhoud van de sterk grindhoudende lagen.

1.2. P r o e f o p z e t

De proef werd uitgevoerd met drie objecten en vier parallellen op een perceel van 36m x 144m. De netto velden hadden een oppervlakte van

4,5 x 32 m., deze afmetingen werden gekozen in verband met de periodieke oogsten en het beregeningssysteem.

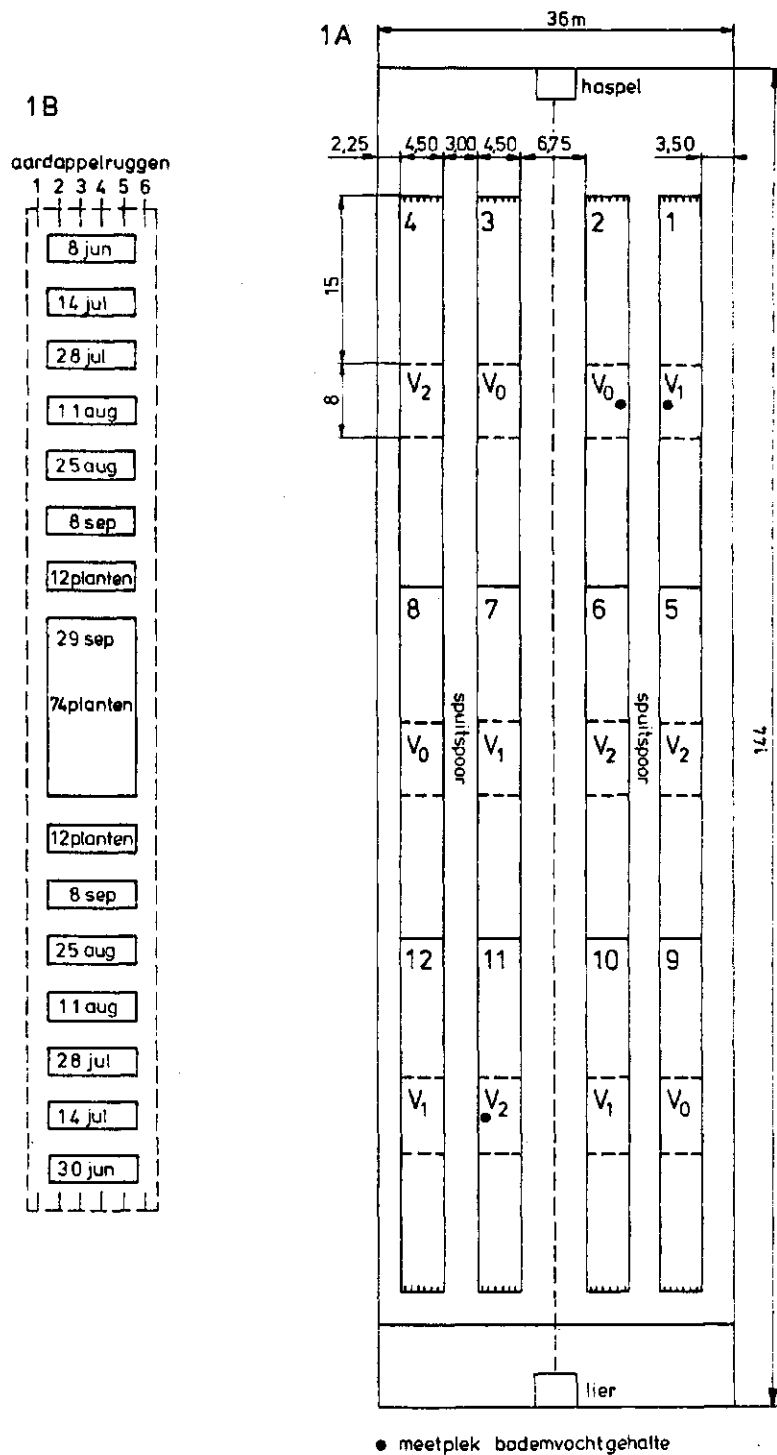


Fig. 1. Overzicht van het proefveld (1A) en de indeling van de velden (1B), waarin aangegeven de tijdstippen waarop geoogst wordt

1.2.1. Teelt en bemesting

Op 26 april werden de fabrieksaardappelen, ras Astarte, in recht-hoeksverband (33 x 75 cm), in handwerk, gepoot. De poters (A 35-50) waren niet voorgekiemd. Meteen na het poten zijn de ruggen opgebouwd tot een hoogte van 25 cm.

Bemesting en onkruidbestrijding

Aan de hand van onderstaande grondmonsteranalyses is de volgende bemesting gegeven.

Tabel 1. Analyseresultaten Oosterbeek 1982

Perc.	Diepte	pH-KC1	org.st.	P-Al ¹	Pw-get.	K-get.	K-geh.	MgO
H2	0-20	5,1	6,2	62	47	15	12	92
	20-40	5,1	5,3	44	24	--	10	79

N-mineraal maart 1982: 0-20 cm 3 mg/kg droge grond
20-40 cm 2 mg/kg droge grond

Bemesting

N	150 kg/ha voor het poten	als KAS
	50 kg/ha op 30 juni	als KAS
P ₂ O ₅	40 kg/ha	als triple super fosfaat
K ₂ O	250 kg/ha	als patent kali
MgO	75 kg/ha	als kieseriet

Door een hoge CaO-bemesting is de pH in de voorgaande jaren van 4,5 naar 5,2 gebracht, omdat het tweede proefgewas spinazie dat ver-eiste. Vlak voor de opkomst werd het onkruid chemisch bestreden door een bespuiting met 3 l paraquat en 0,75 kg sencor/ha.

Gedurende het groeiseizoen zijn er zes bespuitingen met maneb/fentin uitgevoerd tegen fytoftora infestans.

1.2.2. Objecten

Om aan de doelstelling van de proef te voldoen, is het noodzakelijk door verschillende vochtregimes produktieverschillen te doen ontstaan. Er zijn drie vochttrappen gekozen:

V0 -Geen berekening

V1 -Beperkte vochtvoorziening wordt gerealiseerd door een vochtspanning van 650 cm waterkolom (pF 2,8) aan de onderkant van de wortelzone, 15 cm minus maaiveld tot begin knolaanleg, daarna 25 cm minus maaiveld, gedurende enkele dagen te overschrijden. De berekening vindt plaats als de vochtspanning gestegen is tot circa pF 3,2. Dit komt overeen met circa 4,5 vol.% vocht dus 12 mm per 25 cm of 18 mm per 40 cm grondlaag. Bij een gemiddeld verdampingsniveau is dit 3 à 4 dagen na overschreiden van de afleesbare grens bereikt.

De effectieve giften zullen hier voor begin knolaanleg 15 mm, daarna 25 mm bedragen, zodat de wortelzone niet steeds tot veldcapaciteit wordt aangevuld. De tensiometers voor bepaling van het berekeningstijdstip worden op alle velden geplaatst. Bij overschrijding van het criterium op drie van de vier parallellen wordt er berekend. De jet fill tensiometers worden voor dit doel geplaatst op 15 en 25 cm minus maaiveld.

V2 -Optimale vochtvoorziening wordt gerealiseerd door tot drie weken na het begin knolaanleg de grond niet verder uit te laten drogen dan 400 cm waterkolom (pF 2,6) op 15 cm minus maaiveld.

Drie weken na de knolaanleg wordt de vochtspanning van 300 cm waterkolom (pF 2,5) op 25 cm minus maaiveld als uitdrogingsgrens aangehouden. De effectieve berekeningsgiften zullen in de eerste periode 10 mm, later 20 mm per keer bedragen (bruto circa 15 en 25 mm).

1.3. De waarnemingen

1.3.1. Bodemvocht

Om de relatie watergebruik-gewasproductie te kunnen bepalen is het nodig de verplaatsing van het bodemvocht nauwkeurig te vervolgen en de bodemvochtsituatie aan het begin en einde van de balansperioden vast te leggen.

Om de verplaatsing van het bodemvocht en de vochtonttrekking vast te leggen werden tweemaal per week en vlak voor en na een berekening op één meetplek per object tensiometers en capacatieve sensoren

afgelezen om achteraf het vochtspanningsprofiel te kunnen uitzetten. De tensiometers en capacitieve sensoren waren geplaatst op 20, 30, 40, 50, 70, 80 en 100 cm minus de bovenkant van de aardappelruggen. Twee-wekelijks werd, op dezelfde dag als de opname van de tensiometers en capacitieve sensoren, door middel van γ -metingen en bemonstering de vochtsituatie op de meetplekken opgenomen.

De bemonstering vond plaats in lagen van 10 cm in de wortelzone. Alle vochtvoelers: capacitieve sensoren, tensiometers en γ -buizen werden in de zijkant van de rug geplaatst. De referentiehoogte van de metingen was de top van de rug. Deze hoogte werd door middel van piketten vastgelegd.

De neerslaghoeveelheid werd op elke meetplek gemeten in goten van 10 x 75 cm die dwars op de rijrichting van de regenwagen geplaatst waren en in hoogte gelijk gehouden werden met de bovenkant van het gewas.

Bij alle methoden geeft de meting in de sterk grindhoudende B2-horizont in meer of mindere mate problemen. De gamma-methode is in deze laag waarschijnlijk het meest betrouwbaar.

1.3.2. Gewaswaarnemingen

Vanaf het tijdstip van opkomst werd de gewashoogte en de bodembedekking wekelijks opgenomen. Vanaf het tijdstip van opkomst tot de eind oogst werden acht opbrengstbepalingen gedaan. Bij de eerste twee opbrengstbepalingen, op 8 juni en op 30 juni werden op zes veldjes 12 planten geoogst. In die periode vond geen berekening plaats, dus waren er geen verschillen in behandeling tussen de objecten. Bij de volgende bepalingen werden steeds van elk veldje tweemaal 12 planten geoogst (fig. 1B). Het geoogste produkt werd gescheiden in: loof, knollen en ondergrondse stengeldelen en wortels. Hiervan werd het droge stofgehalte bepaald. Bij elke proef oogst werd de bladoppervlakte van 250 gram blad bepaald van de drie velden (1, 2 en 11) waar ook de intensieve bodemvochtmetingen gedaan werden. Hieruit werd de leaf area index (LAI) berekend.

De bodembedekking werd bepaald met behulp van de 'lichtstok' waarmee behalve de lichtintensiteit boven het gewas de hoeveelheid licht die door het loofdek heendringt gemeten wordt. Dit werd per

keer op acht à tien plaatsen per veldje gedaan. De gewashoogte werd per veldje gemeten, door de hoogte op tien plekken te meten en te middelen.

2. UITVOERING VAN DE BEREKENING

2.1. B e r e g e n i n g s i n s t a l l a t i e

De beregeningsinstallatie werd op verschillende punten verbeterd. Zo werden zwaardere electromagnetische koppelingen in de haspelmachines ingebouwd waardoor het optreden van slip werd voorkomen.

De sproeibuizen op de regenwagens werden voorzien van kleinere sproeidoppen op de halve afstand (0,375 m), waardoor de verdeling aanzienlijk beter werd. De automatisering met tijd klokken en beveiligingen kwam pas half augustus gereed, zodat in dit seizoen nog geen nachtberegening toegepast kon worden.

Bij de halfautomatische berekening moesten per veldje spoelen worden geplaatst voor het openen en sluiten van de kleppen. Wanneer de metaaldetector twee spoelen binnen 1 m afstand passeerde, werd de klep van de betreffende sproeibuis geopend. Met een enkele spoel aan het eind van het veld werd deze gesloten. Dit systeem heeft goed gewerkt, hoewel bij temperaturen boven 30°C enkele keren storingen optraden, waarschijnlijk door het niet goed functioneren van de oscillator. Na het plaatsen van afschermkapjes deden zich geen storingen meer voor.

Een andere oorzaak van niet goed functioneren was het somtijds scheef trekken of uit het spoor lopen van de wagen, waardoor spoelen gemist werden. Door goede afstelling van de spankabels en het op diepte houden van het rijspoor is dit te voorkomen. In de loop van juli werden nieuwe elektronische schakelkasten met printers op de wagens aangebracht. Door het omzetten van schakelaars kan de berekening op maximaal 4 rijen met elk 15 veldjes ingesteld worden.

Door instelling van de lengte van de veldjes en het aantal dat per trek bediend moet worden, is het systeem beveiligd tegen het blijven hangen van een klep.

De plaatsbepaling van de wagen in het veld geschiedt met een pulsgever die door een van de spoorwielen wordt aangedreven. Tevens

beveiligt deze het systeem door de hoofdklep te sluiten als de wagen 2,5 sec. stil blijft staan of terug gaat rijden.

Door de printer wordt aangegeven gedurende hoeveel minuten een sproeibuis heeft gewerkt of abusievelijk gesloten is gebleven. Wanneer de hoofdklep gesloten wordt, geeft de printer dit ook aan (zie gebruiksaanwijzing van de TFDL). Wanneer de sproeibuis volgens het ingestelde programma niet hoeft te werken wordt dit eveneens geprint. Bij dit systeem kan met 1 metaaldetector op elke wagen volstaan worden. Verder is het voor de plaatsbepaling voldoende om bij het eerste veldje vanaf de lier twee spoelen en op de grenzen van de volgende veldjes 1 spoel te plaatsen.

Volledige automatisering vond pas in de tweede helft van augustus plaats toen in de caravan een besturingseenheid werd geïnstalleerd. Met behulp van tijd klokken en schakelaars kunnen de starttijd en het aantal trekken ingesteld worden. Tevens zijn beveiligingen tegen te grote windsnelheid (8 m sec^{-1}), te lage werkdruk bij de haspel-machine (2,5 bar) en grote natuurlijke neerslaghoeveelheden (10, 20, 30 of 40 mm) ingebouwd.

De opzet is om zoveel mogelijk met nachtberekening te gaan werken om de volgende redenen:

- minder waterverliezen door geringe interceptie. Door het werken met giften van circa 5 mm per trek en een tijdsduur van circa 2 uur per trek kan bij drogend weer overdag een aanzienlijk waterverlies optreden;
- minder storende invloed van de wind. Dit is vooral van betekenis voor de intensieve vochtmetingen langs de randen van de beregende veldjes;
- minder tijdverlies bij het doen van waarnemingen.

Een schema van de installatie is op fig. 2 aangegeven.

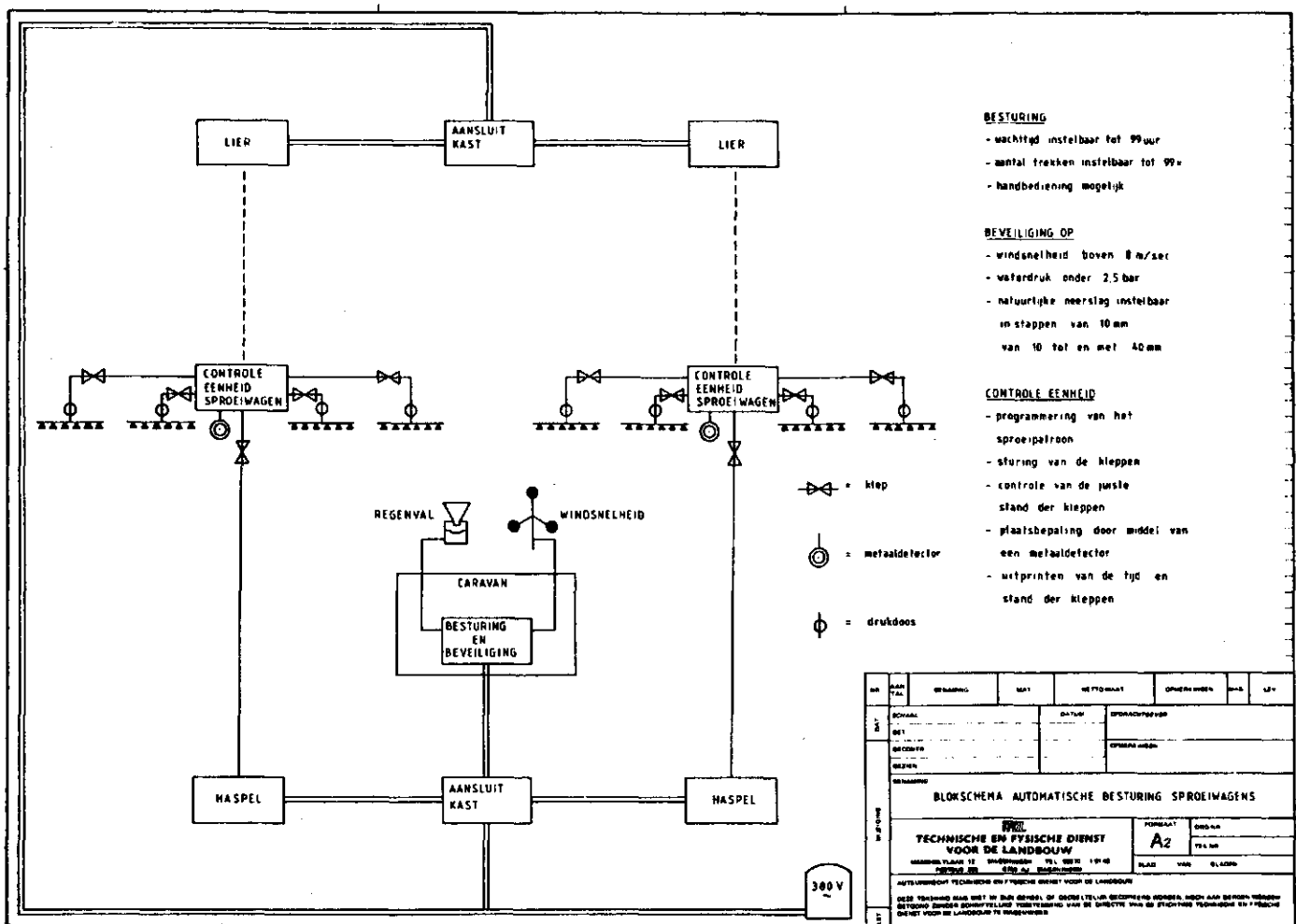


Fig. 2. Blokschema van de automatische besturing en de beveiliging van de beregeningsinstallatie

2.2. Rijsnelheid en regengift

De regengift (h) is afhankelijk van de capaciteit (Q), de breedte (b) van de beregende strook en de snelheid (v). De formule is als volgt:

$$h = \frac{10^3 \cdot Q}{b \cdot v}$$

h in mm
 Q in $m^3 \cdot \text{uur}^{-1}$
 b in m
 v in $m \cdot \text{uur}^{-1}$

Bij een druk van 2,0 bar bedraagt volgens een meting van het IMAG de capaciteit van de doppen $1,76 \text{ l.min}^{-1}$. Elke sproeibuis heeft 15 doppen en een lengte van 5,25 m. Om de randwerking te elimineren is een effectieve breedte van 4,5 m aangehouden met 12 sproeidoppen. De capaciteit bedraagt dan $1,27 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ bij 2,0 bar en $1,50 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ bij 3,0 bar.

De berekende bruto giften bij snelheden tussen 35 en 52 m uur^{-1} en een druk van 2,0 en 3,0 bar zijn in tabel 1 aangegeven.

Tabel 1. De bruto regengift bij variërende snelheid en druk
(Toegepaste sproeidop: Delavan RA5)

Rijtijd per veldje van 38 m lengte in min.	Rijsnelheid m.uur^{-1}	Bruto gift in mm	
		2,0 bar	3,0 bar
65	35,1	8,0	9,5
57	40,0	7,0	8,3
50	45,6	6,2	7,3
45	50,7	5,6	6,6
40	57,0	4,9	5,8
35	65,1	4,3	5,1
30	76,0	3,7	4,4

De rijsnelheid van sproeiwagens, die door haspelmachines worden aangedreven, wordt beïnvloed door het aantal slanglagen op de haspel. Bij de in gebruik zijnde haspelmachines wordt de snelheidstoename als gevolg van de toename van het aantal slanglagen automatisch gecompenseerd. Tot nu toe was er zelfs sprake van enige overcompensatie. Gemiddeld over alle regengiften bedroegen de neerslagverschillen tussen de veldjes op verschillende afstanden van de haspelmachine echter niet meer dan 2,5%.

Een andere factor die de rijsnelheid beïnvloedt is de rek in de slang. Op enige afstand van de haspelmachine wordt de sproeiwagen enigszins schoksgewijs voortbewogen. In tabel 2 is een overzicht gegeven.

Tabel 2. De gelijkmatigheid van voortbeweging van een sproeiwagen op verschillende afstanden van de haspelmachine over verschillende intervallen gemeten

Interval (m)	Afstand sproeiwagen tot haspelmachine (m)				
	10	45	65	105	
0,20	\bar{V}	49,0	50,7	50,0	49,1
	n	10	15	15	15
	m	14,7	14,2	14,4	14,7
	S	0,67	1,01	2,35	3,53
	VC	4,6	7,1	16,3	25,2
0,40	\bar{V}	49,0	50,9	49,7	48,2
	n	5	7	7	7
	m	29,4	28,3	29,0	29,9
	S	0,89	1,11	2,08	4,85
	VC	3,0	3,9	7,2	16,2

\bar{V} = gemiddelde rijsnelheid in m.uur⁻¹

n = aantal waarnemingen

m = gemiddelde rijtijd per interval in sec.

S = standaardafwijking

VC = variatiecoëfficiënt in %

Hieruit blijkt, dat de variatie coëfficiënt duidelijk afneemt naarmate de afstand van de regenwagen tot de haspelmachine kleiner wordt. Ook is dit het geval indien het interval, dat wil zeggen de afstand waarover de rijtijd wordt gemeten, groter wordt.

Om na te gaan wat de invloed op de regenverdeling in de lengterichting van het perceel zou zijn, werden metingen uitgevoerd met regenmeters op onderlinge afstanden van 0,50 m. Behalve de regengift werd tevens de rijtijd over dit interval opgenomen (tabel 3).

Hieruit volgt, dat de variatie in watergift slechts weinig wordt beïnvloed door de afstand tot de haspelmachine en duidelijk groter is dan de variatie in voortbewegingssnelheid. Voor de proefveldberekening is de wat ongelijkmatige verplaatsing van de sproeiwagens bij enige afstand van de haspelmachine van ondergeschikte betekenis. Wel kan het de meting van de regengift met een enkele rij regenmeters of met regengoten bemoeilijken.

Tabel 3. De gelijkmatigheid van voortbeweging en van de regenverdeling op verschillende afstanden van de haspelmachine bij een interval van 0,50 m en 12 waarnemingen per keer

	Afstand sproeiwagen tot haspelmachine (m)					
	12		80		120	
	h	V	h	V	h	V
\bar{h} , \bar{V}	4,9	52,0	5,1	50,5	5,4	49,7
S	0,61	1,45	0,64	3,75	0,73	3,90
VC	12,5	2,8	12,6	7,4	13,1	7,8

\bar{h} = gemiddelde regengift in mm
 \bar{V} = gemiddelde rijsnelheid in m.uur⁻¹
 S = standaardafwijking
 VC = variatiecoëfficiënt in %

2.3. Correctie regengiften

Omdat de watergiften van sproeiers kunnen afwijken van de specificaties en er verliezen optreden door verdamping en transport van fijne druppels door de wind is het noodzakelijk de brutogiften te corrigeren. Hiertoe zijn ijkingen uitgevoerd met behulp van plastic regenmeters die op onderlinge afstand van 0,5 m in metalen frames van 6 m lengte werden opgesteld. Bij deze waarnemingen werd de druk zo goed mogelijk op 2,0 bar gehouden en de rijsnelheid tijdens het passeren van de regenmeters genoteerd.

Uit de opgave van het IMAG betreffende de capaciteit van de gebruikte sproeidoppen volgde op de hiervoor beschreven wijze het verband tussen rijsnelheid en watergift (fig. 3). De in hoofdzaak in het voorjaar en de zomer van 1981 gemeten regengiften lagen duidelijk op een lager niveau. Met behulp van de hyperbolenbundel werd zo goed mogelijk een passende curve getekend.

De netto gift werd nu afgeleid uit de per trek gemeten tijd nodig voor het passeren van een veldje. Na berekening van de gemiddelde tijd per veldje werd uit de gemeten veldlengte de gemiddelde rijsnelheid afgeleid. Hieruit werd met behulp van genoemde

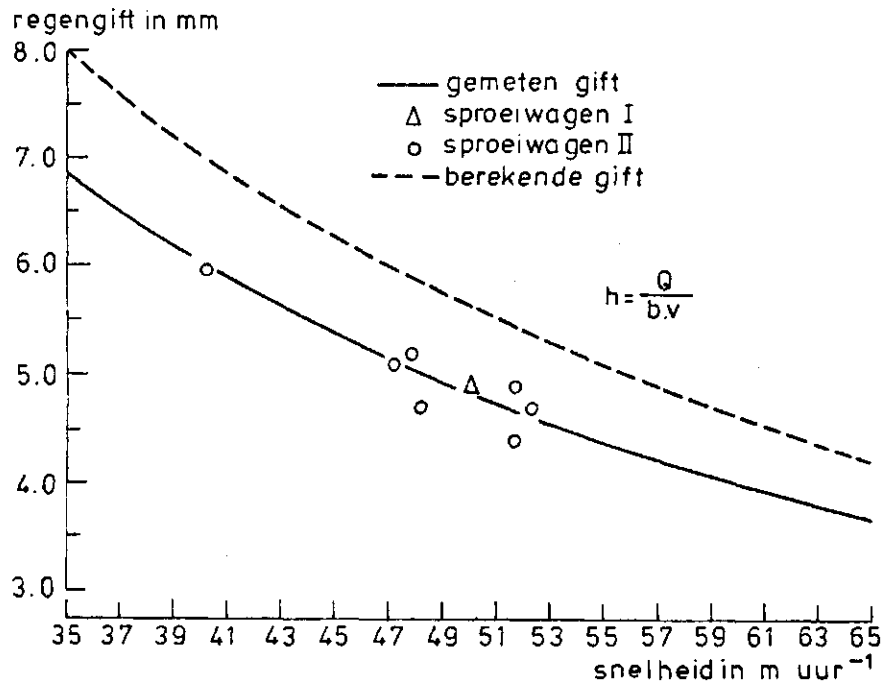


Fig. 3. Het verband tussen de regengift en de snelheid waarmee de beregeningsinstallatie wordt voortbewogen

curve de gemiddelde regengift per trek bepaald en vervolgens, door vermenigvuldiging met het aantal trekken, de netto gift.

De gemeten gift was gemiddeld 14% lager dan de berekende. De spreiding van de gemeten punten om de curve is waarschijnlijk in hoofdzaak een gevolg van windinvloed en luchtturbulentie tijdens de metingen. Door de grote spuithoek en de scheefstelling van de doppen is een deel van de sproeikegel horizontaal gericht. De afstand waarover dit water zich verplaatst is sterk afhankelijk van lucht-bewegingen. Ook de hoogte van de doppen boven de regenmeters is van invloed. Naarmate deze afstand groter is zullen de druppels zich meer in verticale richting verplaatsen.

Directe metingen van de capaciteit van de sproeidoppen en de invloed van de hoogte boven de regenmeters werden nog niet uitgevoerd.

Een overzicht van de uitvoering van de berekening is in tabel 4 gegeven.

Tabel 4. De geplande (P_1) en de gecorrigeerde (P_2) regengift in mm, de gemiddelde gift per keer (\bar{p}) en het aantal giften (n) op de behandelingen

Behandeling	P_1	P_2	n	\bar{p}
V1	135	121	7	17,3
V2	195	175	13	13,5

De regengift per trek wordt ingesteld met behulp van een toerenregelaar op de haspelmachine. Als regel wordt per trek ongeveer 4,5 mm water gegeven met het oog op plasvorming door de hoge regenintensiteit. De netto gift lag ongeveer 10% lager dan de geplande.

De tijd die per trek met een lengte van 112 m nodig is, bij rij-snelheden van 53 m uur⁻¹, bedraagt ruim 2 uur. Daar komt voor het terugrijden naar de lier en de wachttijd voor het maken van een nieuwe trek circa 15 min. bij. Voor een netto gift van 18 mm is dus ongeveer 9 uur nodig. Het systeem geeft bij overdag-berekening, bij sterk drogend weer, aanleiding tot aanzienlijke interceptie-verliezen. Door het pas na half augustus gereed komen van de automatisering en de beveiliging kon nog niet met nachtberekening gewerkt worden. Een overzicht van de regengiften is in fig. 8 op blz. 24 gegeven.

3. HET VOCHT IN DE GROND

3.1. U i t v o e r i n g v a n d e v o c h t m e t i n g e n

Omdat tot dusver geen methode bekend is die eenvoudig en betrouwbaar is, zijn verschillende methoden naast elkaar gebruikt.

3.1.1. Inrichting van meetplekken

Op een plek in alle behandelingen (fig. 1A) werd een meetplek ingericht om de schommeling in vochtinhoud aan het begin en einde van de balansperioden vast te stellen. In de tweede rij van de rand van het betreffende veld af werden de sensoren geplaatst op ongeveer eenderde van de hoogte van de rug, hetgeen met de gemiddelde maaiveld-

hoogte zou corresponderen (fig. 4).

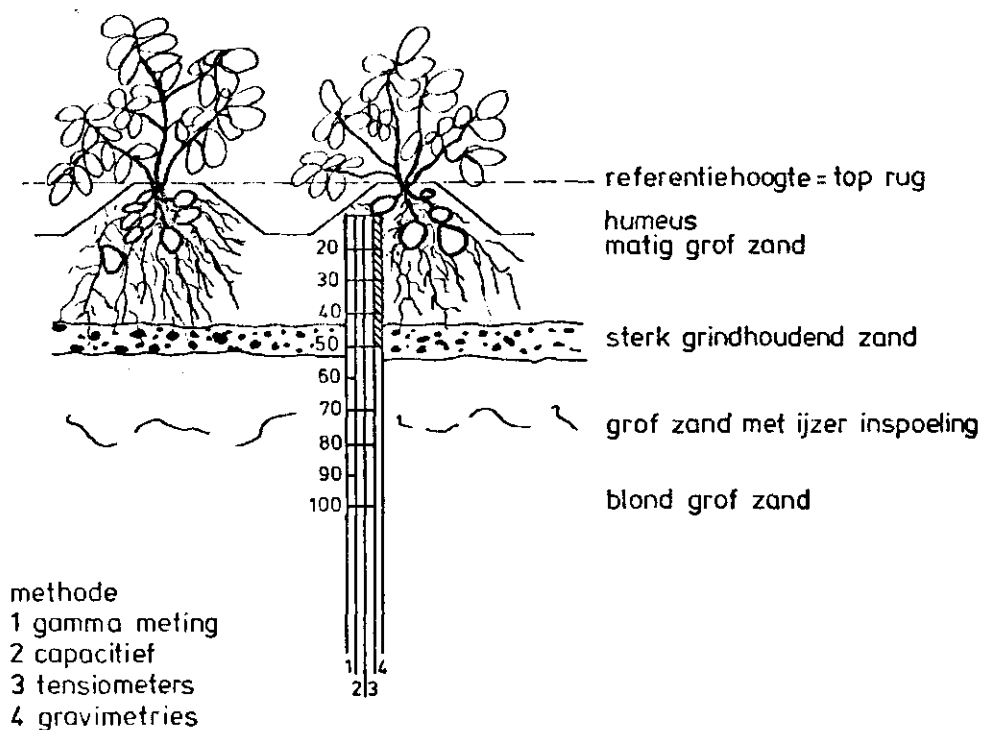
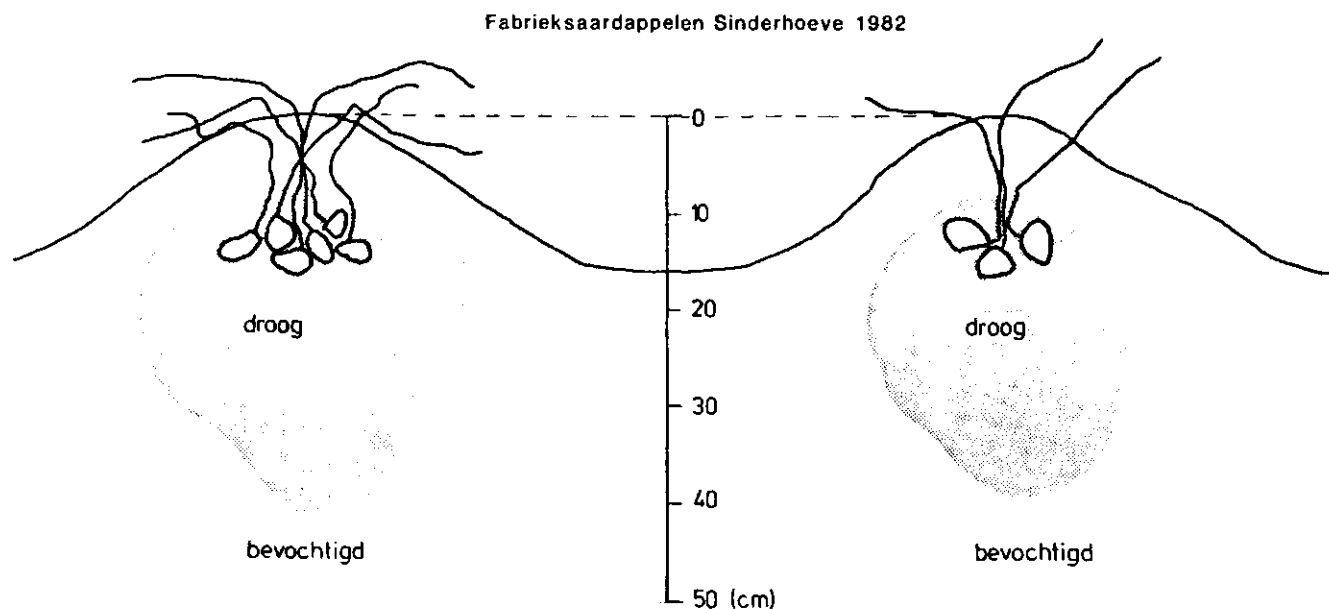


Fig. 4. De inrichting van een meetplek voor bepaling van de vochttoestand in het profiel

Achtereenvolgens werden 2 buizen voor de gammameting, 7 sensoren voor capacitieve vochtmeting en 7 tensiometers met kwikmanometers geplaatst. Alle metingen vonden plaats op 20, 30, 40, 50, 70, 80 en 100 cm diepte onder de top van de rug. Bij de gammametingen werd ook nog op 60 en 90 cm diepte gemeten. De tensiometerpotjes van circa 5 cm lengte werden verticaal in boorgaten geplaatst en omgeven door een mengsel van zand en zwavelpoeder tegen wortelgroei. De capacitieve sensoren van het platte driepens-type werden met behulp van een mal horizontaal in een vlak afgewerkte verticale profielwand gestoken. De kabels werden met een ruime bocht naar boven aangebracht, teneinde watertoevoer naar de sensoren te vermijden. De gammabuizen werden op 0,4 m afstand van elkaar in boorgaten geplaatst en aan beide zijden met rubber stoppen afgesloten.

De meting van de vochtinhoud van een aardappelperceel is moeilijk door de aanwezigheid van ruggen waarin een groot deel van de wortels

is geconcentreerd en waarlangs een deel van de neerslag kan afstromen. Een beeld van de ongelijkmatige vochtverdeling in de bovenste 40 cm van het profiel is in fig. 5 gegeven.



herbevochtiging na zeer droge toestand door natuurlijke neerslag (± 44 mm) in 10 dagen op 24 augustus 1982

Fig. 5. Vochtverdeling in de aardappelbedden na herbevochtiging van de grond

Hieruit volgt dat het gemeten vochtgehalte in droge perioden in sterke mate afhangt van de afstand tot de plant. Van de meting op 10 cm diepte werd afgezien vanwege het risico voor radio-actieve straling van de gammabron.

Voor de bepaling van het beregeningstijdstip werden op elk veld 2 Jet-fill tensiometers met Bourdon manometers geplaatst met de potjes op 20-25 en 30-35 cm onder de top van de rug. Tenslotte werden gravimetrische vochtbepalingen uitgevoerd naast de meetplekken met behulp van een gutsboor. In vijfvoud werden monsters gestoken in lagen van 10 cm dikte tot 40 cm diepte.

3.1.2. Tensiometers

Op de meetplekken werden waarnemingen uitgevoerd over de periode 13 mei tot en met 27 september. Door de te late levering van de meetkast

met transducer werd dit seizoen nog met kwikmanometers gewerkt. Het optreden van luchtlekkage waarschijnlijk door het gebruik van verkeerde siliconenkit op de afsluitstoppen van de potjes veroorzaakte veel storingen. Bovendien was de vochtspanning op de onberegende veldjes in de periode van 16 juli tot 24 augustus te hoog om deze met tensiometers te kunnen bepalen.

De Jetfill-tensiometers hebben goed gewerkt. In totaal werden 23 stuks geplaatst, op alle veldjes 2 behalve op veldje 9 waar slechts een ondiepe beschikbaar was. In de periode 18 mei tot en met 27 september werden 57 waarnemingen gedaan. Sterke stijging van de vochtspanning trad begin juli op en duurde op de onberegende veldjes tot eind augustus. Dit is de periode waarin vrijwel alle beregeningsgiften werden gegeven. Van 2 tot 27 augustus waren vrijwel alle tensiometers op de onberegende veldjes doorgeslagen. Bij de meeste lag het doorslagpunt bij 800 cm (pF 2,9), bij sommigen op 900 cm (pF 2,95). Het grote voordeel van deze tensiometers is het opgebouwde luchtpompje waarmee de meter op eenvoudige wijze ontlucht kan worden. Wel is het gewenst de manometers eenmaal per jaar te ijken en de meters vorstvrij te houden.

Voor het bepalen van het beregeningstijdstip zijn deze meters zeer geschikt. Voor nauwkeurige metingen die gebruikt worden voor bepaling van vochtspanningsgradiënten moet met kwikmanometers of pressure transducers gewerkt worden.

3.1.3. Gamma-meting

Deze meting werd uitgevoerd met een 20 mCi ^{137}Cs -bron en een telbuis. Met behulp van een metalen frame en twee rood koperen buizen was het mogelijk bron en telbuis op dezelfde diepte in de grond te laten zakken. Tussen 20 en 100 cm diepte werden op afstanden van 10 cm driemaal gedurende 1 minuut het aantal impulsen geteld. Bij verschillen van betekenis ($> 2\sqrt{i}$) werden nog 1 of 2 tellingen uitgevoerd.

Als referentie werd voor het begin en na het einde van de veldmetingen een meting in een lysimeterbak gedaan op 90 cm diepte bij een grondwaterstand van 50 cm onder maaiveld.

De verschillen tussen de eerste en de tweede meting waren klein. In de meeste gevallen (7) was de tweede wat lager, mogelijk als gevolg van een daling van de batterijspanning, in enkele gevallen (2) was de

tweede wat hoger in de overige (4) vrijwel gelijk. In geen van de gevallen was het verschil groter dan de gestelde grens van $2\sqrt{i}$, hetgeen bij een gemiddelde van 5960 impulsen overeenkomt met 154. Over het gehele seizoen was de tweede meting gemiddeld 31 impulsen lager dan de eerste. Met de oude meetkast (scaler) werden problemen onderzocht met de afleesbaarheid van de tellers en het synchroon laten starten van tijdsklok en tellers. Dit laatste kon opgelost worden door het apparaat in te schakelen tijdens het laden van de accu. In verband hiermee werd een nieuwe scaler vervaardigd bij de Fa. Projecto in Amsterdam. Deze werd pas na het seizoen afgeleverd. Het enige dat er mee gedaan kon worden was een ijking op de lysimeterbak, teneinde het traject te vinden waarbinnen de variaties in werkspanning van weinig invloed zijn op de gevoeligheid van het apparaat. Dit bleek in het gebied van 600-650 V te liggen. Het apparaat kan zowel op een tijdsinterval als op een aantal impulsen ingesteld worden. Op de display kan ook de batterij- en de werkspanning afgelezen worden. Met deze methode van vochtmeting konden ook in de grindlaag bruikbare gegevens geproduceerd worden. Nadelen zijn de tijdsduur van circa 1,5 uur per plek tot 100 cm diepte en de beschadiging die aan het gewas rondom de buizen wordt aangebracht.

Bij de omrekening van het aantal impulsen in vol.% vocht is gecorrigeerd met behulp van de referentiewaarde en de gemeten scheefstelling van de meetbuizen. Er is niet op organische stof in de grond gecorrigeerd omdat een gehalte van 6% van weinig invloed is.

3.1.4. Capacitieve sensoren en hun ijking

Op de meetplekken werden in totaal 21 platte sensoren voorzien van 3 pennen geplaatst en van 6 mei tot 21 september waargenomen. In totaal werden 35 waarnemingen per laag uitgevoerd. Tijdens het seizoen traden bij 4 sensoren storingen op door het losraken van de kabel in de connectoren. Dit kon ter plaatse door de TFDL gerepareerd worden. Begin augustus traden storingen op door dalende afleeswaarden. Door verhoging van de werkspanning kon dit verschijnsel opgeheven worden. Het gevolg was dat hierna de waarden op een hoger niveau terechtkwamen. Met behulp van de vrijwel constante afleeswaarden in de lagen 70, 80 en 100 cm onder maaiveld was het mogelijk, de waarden na 17 augustus te corrigeren en terug te brengen op het oude niveau. Verder bleek

dat er verschillen in afleeswaarde optraden wanneer van aansluitplug gewisseld werd. Van de 5 pluggen werd daarom alleen no. 3 gebruikt. Om de afleesnauwkeurigheid te vergroten werd het apparaat op een onderwaarde van 000 en een bovenwaarde van 999 ingesteld. Het doel van deze instelmogelijkheid is om een directe aflezing van de vol.% vocht te verkrijgen. Wanneer de onderwaarde zodanig ingesteld wordt dat het display 000 aangeeft wanneer de sensor in luchtdroge grond geplaatst wordt en de bovenwaarde zodanig dat 100 aangegeven wordt met de sensor in water dan zou het vol.% vocht in de daartussen gelegen trajecten direct afgelezen kunnen worden. Dit blijkt in het algemeen niet op te gaan, zodat ijkingen per sensor en per bodemlaag nodig zijn.

Er werden twee ijkingen met veldgegevens uitgevoerd. Bij de eerste werden de aflezingen na de genoemde correctie uitgezet tegen de gravimetrische vochtbepalingen (fig. 6A).

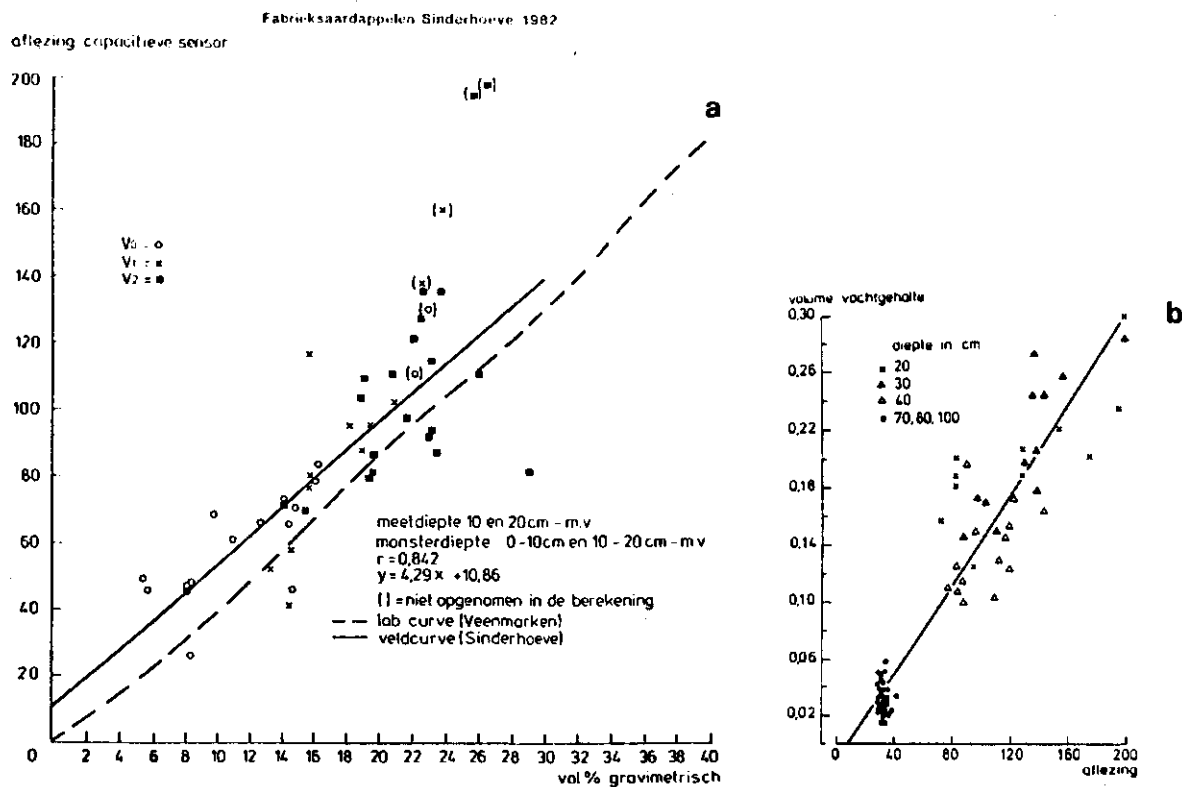


Fig. 6. Afleeswaarden van capacitieve sensoren uitgezet tegen het gravimetrisch (A) en tegen het met de gammamethode bepaalde vochtgehalte (B)

Hieruit volgt een matige correlatie voor de diepte 10 en 20 cm van de sensoren en 0-10 en 10-20 cm voor de bemonstering. Een aantal duidelijk afwijkende punten werden niet in de berekening opgenomen omdat op de dag van waarneming een flinke regenbui viel (5,7 mm op 20 juni). De onderbroken lijn is een laboratoriumijking met geroerde grond uit de Veenmarken. De helling van beide ijklijnen is vrijwel gelijk, het verschil in vochtgehalte bedraagt bij dezelfde aflezing 2 à 3 vol.%.

Bij de tweede ijking werden de aflezingen uitgezet tegen vochtgehalten die met de gammamethode bepaald waren (fig. 6B). Uit de lineaire regressie blijkt dat de helling van de lijn niet voor alle lagen dezelfde is. In tabel 5 zijn voor de beregende meetplekken resultaten van regressie- en correlatieberekeningen gegeven.

Tabel 5. Resultaten van ijkingen van capacitieve sensoren op de meetplekken met behulp van vochtbepalingen op korte afstand in dezelfde lagen met de gamma-methode verricht

Behan- deling	Lagen	r	α	I	n
V ₀	20, 30	0,837	0,0021	0,0004	24
V ₀	40, 50, 70, 80, 100	0,939	0,0014	0,0163	56
V ₀	20, 30, 40, 50, 70, 80, 100	0,880	0,0016	0,0120	80
V ₁	20, 30, 70, 80, 100	0,865	0,0018	-0,0220	57
V ₂	20, 30, 40, 70, 80, 100	0,934	0,0015	-0,0119	77

r = correlatiecoëfficiënt
 α = hoek van de regressielijn
 I = intercept
 n = aantal waarnemingen

Bij het onberegende project (V_0) werd in de ondergrond een goede correlatie gevonden. Hierbij kan de eerder genoemde ongelijkmatige vochtverdeling in de rug een rol gespeeld hebben. Bij het ruim beregende (V_2) object werd gemiddeld over alle lagen, met uitzondering van die van 50 cm, wel een goede correlatie gevonden. Dit kan een gevolg zijn van een goede vochtverdeling doordat de bovenlaag steeds vochtig werd gehouden. Bij het matig beregende object (V_1) is periodiek een vrij sterke uitdroging in de lagen 20 en 30 cm opgetreden. Eind juli tot begin augustus waren de laagst gemeten vochtgehalten in deze lagen bij V_0 : 8,3 vol.%, bij V_1 : 10,5 vol.% en bij V_2 14,7 vol.%.

De voorlopige conclusie uit deze veldmetingen is dat er bij een goede vochtverdeling in het profiel een vrij goed rechtlijnig verband tussen de afleeswaarden van de capacitieve sensoren en de met de gammamethode gevonden vochtgehalten verwacht mag worden. De helling van de lijn en het intercept is niet gelijk voor alle lagen en voor de verschillende meetplekken. Dit heeft als consequentie dat per laag en per plek ijkingen uitgevoerd moeten worden totdat de relaties tussen bodemeigenschappen en de output van capacitieve sensoren voldoende bekend zullen zijn.

3.2. Het verloop van de vochtspanning en het vochtgehalte in de grond

3.2.1. Vochtgehalteverloop volgens de gamma-methode

Op de meetplekken zijn de met de gamma-methode bepaalde vochtgehalten uitgezet tegen de tijd (fig. 7). Hieruit blijkt, dat het vochthoudend vermogen in de ondergrond veel lager is dan in de humeuze lagen. In het algemeen neemt het voorjaarsvochtgehalte af met de diepte. De lagen 40 en 100 cm diepte vormen een uitzondering. Bij de voorjaarsvochtbemonstering op 28 april waren de vochtgehalten in de drie bovenste lagen 21,0, 23,7 en 26,8 vol.%, dus ook hier een duidelijk hoger vochtgehalte in de diepere laag. Bij de laag op 100 cm diepte werd geen hoger vochtgehalte aangetroffen bij de volumetrische methode. Het is mogelijk dat leem- of grindlagen van wisselende dikte en diepte een storende invloed gehad hebben.

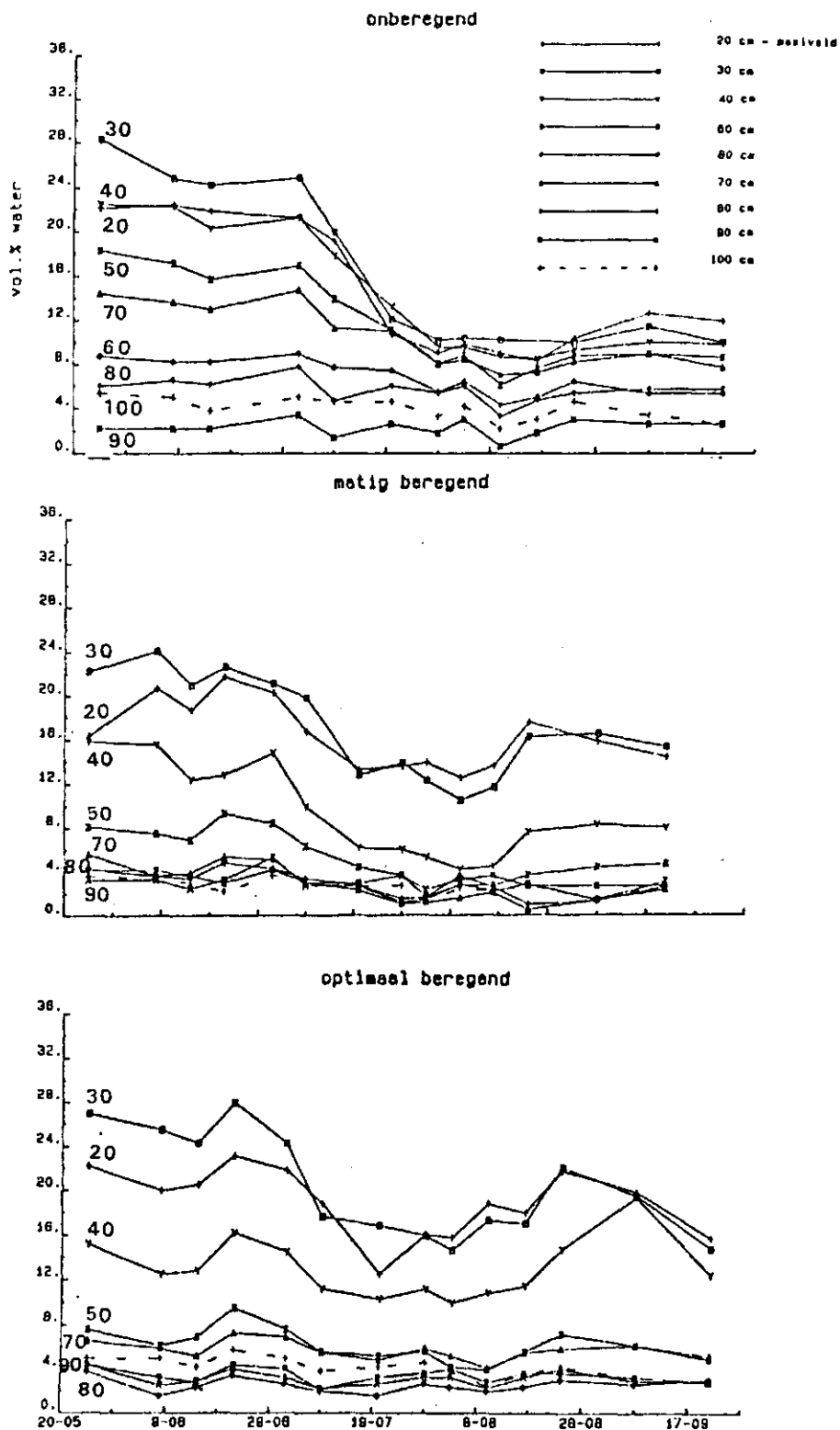


Fig. 7. Het vochtgehalte in het bodemprofiel op de meetplekken in lagen van 10 cm dikte gemeten tot 100 cm diepte met behulp van de gamma-methode

Vergelijking van de bepalingen met de gamma-methode en die met de gravimetrische in de lagen 0-40 cm diepte leveren weinig op omdat de grondmonsters in lagen van 10 cm dikte zijn gestoken dus niet op dezelfde diepte als de metingen met de gamma-methode. Opvallend was dat na berekening of na regenval aanmerkelijk hogere vochtgehalten met de gravimetrische methode werden gevonden, vooral in de laag van 0-10 cm diepte. Blijkbaar was met regengiften van circa 15 mm het vochtfront niet diep genoeg in de grond doorgedrongen om het bovenste meetpunt te bereiken.

Van begin mei tot eind juni traden slechts kleine verschillen in vochtgehalte op. Nadat het gewas de grond volledig bedekte en de luchttemperatuur op 8 juni 25°C bereikte, trad er op het onberegende object (V_0) een snelle uitdroging op. In de bovengrond was vrijwel alle opneembare water verbruikt. De vochtspanning liep op tot circa pF 4,0. Na half augustus trad een duidelijk neerslagoverschot op. Het vochtgehalte in de bovengrond steeg enkele volumeprocenten.

Op het V_1 -object (fig. 7B) werd in het voorjaar het hoogste vochtgehalte eveneens in de laag op 30 cm diepte gevonden. De sterke daling in vochtgehalten trad ook hier na 8 juli op. In de twee bovenste lagen werd de daling beperkt door de matige berekening. Het gemiddelde vochniveau bedroeg circa 13 vol.% hetgeen ongeveer met pF 3,0 overeenkomt. Opvallend was de sterke uitdroging in de laag op 40 cm diepte, als gevolg van de kleine berekeningsgiften die per keer gegeven werden. Na half augustus steeg het vochtgehalte vrij sterk. Het voorjaarsvochtgehalte werd echter niet bereikt. Opvallend waren de bijzonder lage vochtgehalten in de lagen van 50 cm en dieper. Tot 21 september heeft daar nog geen aanvulling van betekenis plaatsgehad.

Op het V_2 -object (fig. 7C) werd weer op 30 cm diepte het hoogste voorjaarsvochtgehalte gevonden. Het vochtgehalte in de diepste laag was groter dan in de drie erboven gelegen lagen. Ondanks de ruime berekening trad ook hier na 9 juli een duidelijke uitdroging van de bovengrond op. Vooral in de periode 20 juli tot 10 augustus is blijkbaar te weinig water gegeven om een voldoende hoog vochniveau in stand te houden.

Op 2 en 4 augustus werd in totaal 40 mm water gegeven, waarna het vochtgehalte is gaan toenemen tot circa 18 vol.%. De gestelde vochtgrens lag bij V_2 op pF 2,5 of circa 20 vol.% op een diepte van 30 cm beneden de top van de rug. Dit verschil is ten dele een gevolg

van de tijd die tussen het toedienen van een beregeningsgift en het meten van het vochtgehalte verloopt. Ook in gevallen waarin slechts 1 dag verliep tussen beregening en meting, zoals op 3 augustus het geval was, werd het voorjaarsvochtgehalte van circa 24 vol.% niet gehaald. Na 17 augustus trad onder invloed van de regenval een stijging op tot ongeveer 22 vol.%, een duidelijk hoger niveau dan met het tweemaal per week toedienen van beregeningsgiften werd bereikt.

3.2.2. Vochtspanningsverloop volgens tensiometers

Daar de tensiometers met kwikmanometers niet goed gefunctioneerd hebben, is alleen van de aflezingen van de Jetfill-tensiometers op de meetplekken een overzicht gegeven (fig. 8).

vochtspanning (cm H₂O) op 20-25 cm - mv

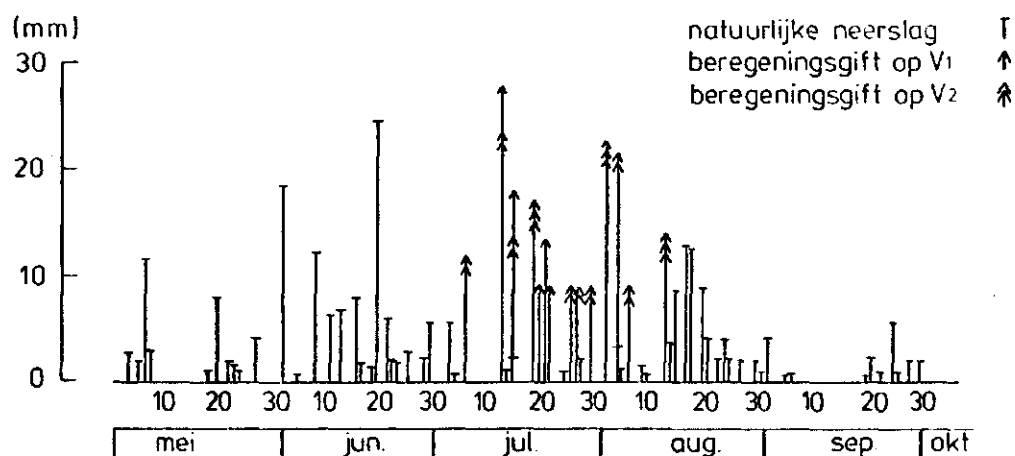
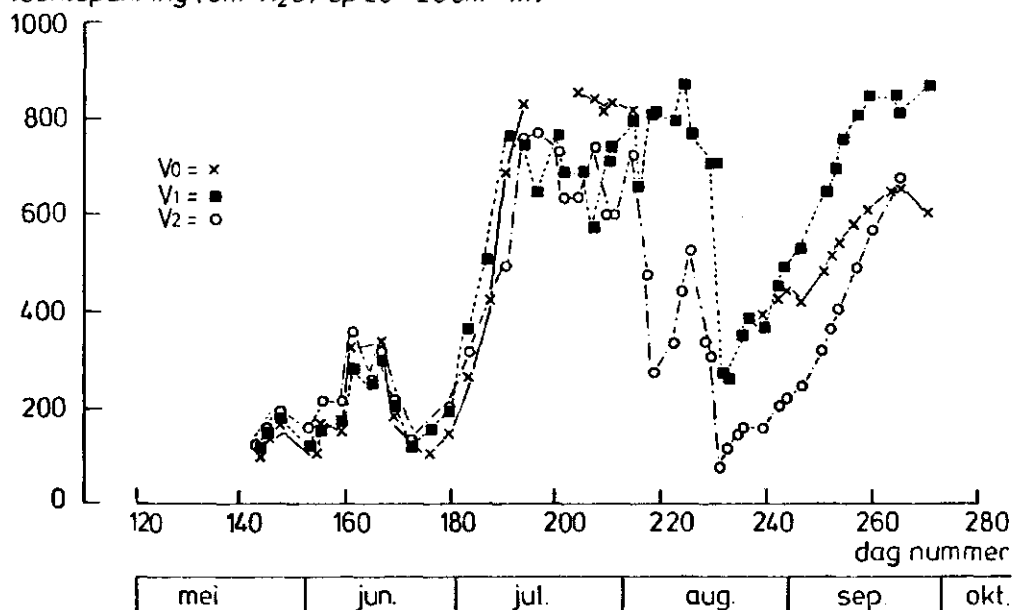


Fig. 8. Het verloop van de vochtspanning op de meetplekken, de natuurlijke en kunstmatige neerslag in het groeiseizoen

Uit fig. 8 blijkt dat de vochtspanning in de bovengrond in het voorjaar ongeveer 100 cm bedroeg (pF 2,0), vervolgens na 9 juli snel steeg tot een niveau van 600 à 800 cm Wk (pF 2,8 à 2,9). Na toediening van flinke regengiften op 2 en 4 augustus daalde op het betreffende object (V_2) de vochtspanning tot ongeveer 300 cm. Ook uit deze figuur blijkt dat in de periode van 9 juli tot 3 augustus de vochtspanning in de bovengrond op de 'optimaal' beregende velden aanzienlijk boven de gestelde vochtgrens van 300 cm is uitgerezen. Het is niet bij voorbaat mogelijk om te concluderen dat de groei in deze periode niet optimaal geweest is. Van zichtbare verdroging is geen sprake geweest. Anderzijds is het niet uitgesloten dat een ruimere water- en stikstofvoorziening de loofafsterving nog wat had kunnen vertragen.

In de tweede helft van augustus daalde de vochtspanning vooral op het V_2 -object sterk. Van 3 tot 10 augustus daalde de vochtspanning in de laag van 10-15 cm onder maaiveld tot beneden 100 cm; in de laag van 20-25 cm onder maaiveld in 1 geval tot 110 cm. Daarna trad een regelmatige stijging op tot boven de vochtgrens van V_2 . In verband met het gevorderde stadium van gewasontwikkeling werd niet meer beregend.

3.2.3. Weg z i j g i n g n a a r d e o n d e r g r o n d

Zoals in 1981 reeds werd ondervonden en in de betreffende nota (1376, 1982) werd beschreven zijn er voor de berekening van de wegzijging in de ondergrond uitermate nauwkeurige vochtspanningsmetingen noodzakelijk, omdat in de grofzandige, grindhoudende ondergrond een kleine gradiënt reeds een aanzienlijk vochttransport kan veroorzaken. Door het falen van de tensiometeropnamen in de ondergrond is het maken van een schatting over de perioden met een omlaaggerichte vochtgradiënt niet mogelijk. Wel kan globaal gesteld worden dat een aanrijking van vocht in de ondergrond (60-100 cm) alleen heeft plaatsgevonden in de perioden 15 tot 22 juni en van 17 tot 24 augustus. Mede door de kleine beregeningsgiften is het niet waarschijnlijk dat buiten deze perioden enige percolatie heeft plaatsgevonden.

3.2.4. Berekening van de verandering van de bodemvochtinhoud over de balansperioden

Om een waterbalans te kunnen opzetten is het noodzakelijk de verandering van de vochtinhoud van het bewortelbare profiel over de balansperioden te kennen. Hiertoe is het groeiseizoen in 12 perioden ingedeeld variërende van 5 tot 17 dagen.

De vochtinhoud is met behulp van de gammamethode berekend over een laagdikte van 60 respectievelijk 100 cm. In tabel 6 is een overzicht van de uitkomsten gegeven.

Tabel 6. De berekening van het verschil in vochtinhoud in mm over een laagdikte van 60 cm (ΔV_{60}) en 100 cm (ΔV_{100}) tussen het begin (A) en einde (F) van de balansperioden voor de drie behandelingen

Periode	0-60 cm			0-100 cm		
	A	F	ΔV_{60}	A	F	ΔV_{100}
25/5- 8/6	105,6	100,1	5,5	127,9	122,0	5,9
9/6-15/6	100,1	95,0	5,1	122,0	115,4	6,6
16/6- 2/7	95,0	98,8	- 3,8	115,4	123,8	- 8,4
3/7- 9/7	98,8	82,0	16,8	123,8	100,4	23,4
10/7-20/7	82,0	58,1	23,9	100,4	78,7	21,7
21/7-29/7	58,1	44,8	13,3	78,7	60,8	17,9
30/7- 3/8	44,8	46,9	- 2,1	60,8	66,5	- 5,7
4/8-10/8	46,9	40,9	6,0	66,5	51,3	15,2
11/8-17/8	40,9	41,3	- 0,4	51,3	55,0	- 3,7
18/8-24/8	41,3	46,7	- 5,4	55,0	66,1	-11,1
25/8- 7/9	46,7	51,8	- 5,1	66,1	68,8	- 2,7
8/9-21/9	51,8	48,0	3,8	68,8	64,2	4,6
			$\Sigma \Delta V_{60} = 57,6$			$\Sigma \Delta V_{100} = 63,7$

V ₁	0-60 cm			0-100 cm			
	Periode	A	F	ΔV_{60}	A	F	V ₁₀₀
25/5- 8/6	68,3	71,6	- 3,3	83,8	86,1	- 2,3	
9/6-15/6	71,6	62,9	8,7	86,1	73,4	12,7	
16/6-22/6	62,9	71,8	- 8,9	73,4	85,1	-11,7	
23/6- 2/7	71,8	69,7	2,1	85,1	87,2	- 2,1	
3/7- 9/7	69,7	55,7	14,0	87,2	68,2	19,0	
10/7-20/7	55,7	39,0	16,7	68,2	50,2	18,0	
21/7-29/7	39,0	38,2	0,8	50,2	47,2	3,0	
30/7- 3/8	38,2	34,4	3,8	47,2	41,1	6,1	
4/8-10/8	34,4	31,6	2,8	41,1	43,9	- 2,8	
11/8-17/8	31,6	34,7	- 3,1	43,9	45,3	- 1,4	
18/8-24/8	34,7	45,5	-10,8	45,3	54,8	- 9,5	
25/8- 7/9	45,5	46,4	- 0,9	54,8	53,3	1,5	
		$\Sigma \Delta V_{60} = 21,9$			$\Sigma \Delta V_{100} = 30,5$		

V ₂	0-60 cm			0-100 cm			
	Periode	A	F	ΔV_{60}	A	F	ΔV_{100}
25/5- 8/6	78,6	70,1	8,5	96,2	82,3	13,9	
9/6-15/6	70,1	69,8	0,3	82,3	82,0	0,3	
16/6-22/6	69,8	84,2	-14,4	82,0	101,8	-19,8	
23/6- 2/7	84,2	75,2	9,0	101,8	90,0	11,8	
3/7- 9/7	75,2	58,9	16,3	90,0	68,9	21,1	
10/7-20/7	58,9	49,8	9,1	68,9	61,3	7,6	
21/7-29/7	49,8	54,8	- 5,0	61,3	68,8	- 7,5	
30/7- 3/8	54,8	49,9	4,9	68,8	63,2	5,6	
4/8-10/8	49,9	55,2	- 5,3	63,2	64,5	- 1,3	
11/8-17/8	55,2	57,8	- 2,6	64,5	70,4	- 5,9	
18/8-24/8	57,8	72,0	-14,2	70,4	86,8	-16,4	
25/8- 7/9	72,0	71,6	0,4	86,8	83,5	3,3	
		$\Sigma \Delta V_{60} = 7,0$			$\Sigma \Delta V_{100} = 12,7$		

Hieruit volgt dat de onttrekking aan de bodemvoorraad afneemt naarmate meer water gegeven wordt. De verschillen in onttrekking tussen de laag 0-60 cm en 0-100 cm zijn klein ten opzichte van het totale waterverbruik. Voor de waterbalansberekening is de laag 0-60 cm gebruikt, omdat vrijwel alle wortels zich hierin bevinden. Op het onberegende object is vrijwel alle opneembaar vocht verbruikt.

4. VERDAMPING

4.1. Open waterverdamping

De open waterverdamping werd op het proefterrein gemeten met twee blokevaporimeters met de verdampende oppervlakte op 1,5 m hoogte. Aflezingen vonden plaats op de werkdagen in de periode 17 mei tot 1 oktober. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de meter die de meest volledige serie waarnemingen opgeleverd heeft en over het algemeen de hoogste verdamping aangaf. De verschillen tussen beide meters waren echter slechts gering; in juli was de verdamping van no. 1: 151,4 en van no. 2: 148,4 mm.

Naast de meting vond een berekening van de open waterverdamping met de methode van Penman plaats. Hierbij werd gebruik gemaakt van temperatuur, relatieve vochtigheid en windsnelheid op het proefterrein gemeten en van globale straling en zonschijnduur afkomstig van het weerstation van de Landbouwhogeschool te Wageningen. Vergelijking van de maximum temperaturen (T_{\max} in °C) en de windsnelheden (U in $\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$) op beide plaatsen leverde het volgende op:

	Renkum		Wageningen	
	\bar{T}_{\max}	\bar{U}	\bar{T}_{\max}	\bar{U}
juli	25,0	2,2	23,4	2,3
augustus	22,8	2,5	21,9	2,6

De maximum temperatuur lag in het hoge zandgebied van Renkum wat hoger dan in Wageningen, de windsnelheid was iets lager. Dit laatste is waarschijnlijk een gevolg van de meting op 1,5 m hoogte in Renkum tegen 2,0 m in Wageningen. Wat straling en zonschijnduur

betreft zijn over deze kleine afstand geen verschillen van betekenis te verwachten.

Bij de berekening werd met de gemiddelde etmaal-temperatuur gewerkt en een reflectiecoëfficiënt van water van 0,06. Over bijna de gehele balansperiode is de berekende open waterverdamping voor Renkum (E_oR) en die voor Wageningen (E_oW) als volgt:

Periode	E_oR (mm)	E_oW (mm)
1 mei - 20 september	397	381

Hieruit blijkt, dat de berekende waarde voor Renkum iets hoger was dan die voor Wageningen.

4.2. P o t e n t i ë l e g e w a s v e r d a m p i n g

Evenals in 1981 is de potentiële gewasverdamping uitgerekend met formules van Priestley-Taylor, Makkink en Monteith-Rijtema (HELLINGS, et al., 1982).

De methode Priestley-Taylor gaat uit van de netto straling en de luchttemperatuur. Aangezien deze straling niet over het gehele seizoen beschikbaar was, is gebruik gemaakt van de te Wageningen gemeten globale straling. Deze is herleid met de door NIEUWENHUIS en PALLAND (1982) gevonden relatie:

$$R_N = 0,54 R_s - 4,0 (W.m^{-2})$$

De methode Makkink gaat uit van de globale straling, de luchttemperatuur en enkele empirische constanten. Evenals bij de vorige methode is gebruik gemaakt van de globale straling van Wageningen.

De methode Monteith-Rijtema maakt gebruik van gewasweerstand, aerodynamische diffusieweerstand, netto straling en luchttemperatuur. Aangezien de gewasweerstand afhankelijk is van 'stress' als gevolg van een neerslagtekort, zou met deze formule ook de actuele verdamping te berekenen zijn als de relatie tussen gewasweerstand (r_c) en de vochtspanning in de wortelzone bekend zou zijn.

Het is de enige methode waarbij rekening wordt gehouden met de interceptie van water door het gewas (E_i). Bij de berekening van de E_i wordt uitgegaan van de neerslag per dag. Bij de gebruikte berekeningsmethode zal de werkelijke interceptie, door het om de 2 à 3 uur overdag bevochtigen van het gewas, waarschijnlijk hoger geweest zijn.

4.3. Actuele verdamping

Deze is berekend met behulp van vochtmetingen in de grond, de neerslagmeting op maaiveldhoogte en de gecorrigeerde berekeningsgiften. De resultaten van de berekening van de vochtonttrekking aan het profiel zijn in tabel 6 weergegeven. Deze gegevens zijn niet op wegzijging gecorrigeerd. Wel werd uit de vochtmeting in de ondergrond afgeleid dat alleen in de periode 15 tot 22 juni en 17 tot 24 augustus mogelijk enig vochtverlies naar de ondergrond heeft plaatsgevonden. Voor de kwantificering zal het nodig zijn door middel van ingegraven goten de hoeveelheid vocht te meten (DUKE en HAISE, 1973). De neerslagmeting vond plaats in oude 400 cm² KNMI-regenmeters. De verdeling van de neerslag over weekeinden en vrije dagen werd verricht met behulp van een registrerende regenmeter. De correctie van de regengiften vond plaats als in hoofdstuk 2 werd behandeld. Het betrof hier alleen de directe verliezen door verdamping en verwaaiing dus niet de interceptie of oppervlakkige afspoelingsverliezen. De actuele verdamping in mm van de drie objecten is uitgerekend met de formule:

$$E_a = P + I_e - \Delta V + D$$

waarin:

E_a = actuele verdamping

P = neerslag

I_e = effectieve berekeningsgift

ΔV = verandering vochtinhoud van het profiel (0-60 cm)

D = wegzijging

De vochtonttrekking aan de lagen van 70 tot 100 cm diepte is erg klein geweest. De ondergrens van de beworteling reikte tot 45 à 60 cm diepte.

4.4. Vergelijking van de resultaten van de verdampingsberekeningen en metingen

Een overzicht van de resultaten is gegeven in tabel 7 en fig. 9. In deze tabel is de potentiële evapotranspiratie van het gewas, berekend met verschillende verdampingsformules en de actuele evapotranspiratie met behulp van de waterbalans, weergegeven. De formules zijn achtereenvolgens die van Priestley-Taylor (P-T), Makkink (M) en Monteith-Rijtema (M-R). Verder is de gemeten evaporatie van water (E_{evap}) vermeld en de verhouding (f_1 en f_2) tussen de actuele evapotranspiratie (EV_1 en EV_2) van de beregende objecten en de gemeten evaporatie (E_{evap}). De totale evapotranspiratie en de gemiddelde reductiefactoren werden over de periode 8/6 - 16/8 en 25/5 - 20/9 berekend.

Tabel 7. De berekende potentiële verdamping, de gemeten gewasverdamping en de met evaporimeters gemeten open waterverdamping met de daarbij behorende reductiefactoren

Periode	EV_0	EV_1	EV_2	P-T	M	M-R	E_{evap}	f_1	f_2
25/5- 7/6	40,8	32,0	43,8	55,2	65,2	55,9	70,6	0,45	0,62
8/6-14/6	23,1	25,7	17,3	27,5	31,9	32,9	26,7	0,96	0,65
15/6- 1/7	48,3	45,3	46,7	48,7	56,0	59,1	49,3	0,92	0,95
2/7- 8/7	23,1	20,3	36,1	25,3	29,4	34,0	27,9	0,73	1,29
9/7-19/7	27,4	82,7	65,2	50,9	60,2	74,9	64,7	1,28	1,01
20/7-28/7	16,7	27,4	34,0	32,9	38,1	48,2	31,7	0,86	1,07
29/7- 9/8	10,7	36,2	63,7	39,4	45,9	63,3	64,1	0,56	0,99
10/8-16/8	19,2	30,3	31,1	23,2	26,9	27,1	32,0	0,95	0,97
8/6-16/8	168,5	267,9	294,1	247,9	288,4	339,5	296,4	0,90	0,99
17/8-23/8	21,2	15,8	12,4	16,1	18,2	29,6	25,2	0,63	0,49
24/8- 6/9	9,8	14,0	15,3	34,5	39,1	45,9	42,4	0,33	0,36
7/9-20/9	6,8	4,7	21,3	32,0	36,0	40,6	43,5	0,11	0,49
25/5-20/9	247,1	334,4	386,9	385,7	446,9	511,5	478,1	0,70	0,81

Uit de tabel volgt dat het waterverbruik op de beregende velden aanzienlijk hoger was dan op de onberegende. Van de gecorrigeerde watergiften is bij het matig beregende object slechts 82% en bij het optimaal beregende 71% in de waterbalans terug te vinden. Dit verschil is waarschijnlijk grotendeels door interceptie te verklaren. Er zijn enkele perioden met een uitzonderlijk hoog waterverbruik. Bij het object V_1 is dit 9-19/7. In die periode werd 62,5 mm water gegeven, een bijzonder grote hoeveelheid in een korte periode. Het was een zonnige en warme periode met temperaturen van 25 tot 30°C en een hoog verdampingsniveau. Het V_2 -object werd met 52,6 mm beregend en had een waterverbruik dat vrijwel overeenkwam met de gemeten open waterverdamping. In de periode 2-8/7 lag de actuele verdamping aanmerkelijk hoger dan de E_{evap} . Bij een matig verdampingsniveau is een gift van 13,5 mm toegediend.

Wat de berekening van de potentiële verdamping betreft zijn, evenals in 1981, de uitkomsten met de formule van Priestley-Taylor wat te laag en Monteith-Rijtema te hoog. De beste aansluiting met het V_2 -object is verkregen met de eenvoudige formule van Makkink en de evaporimeter. Het verdampingsniveau lag in 1982 aanzienlijk hoger. Over het belangrijkste deel van de groeiperiode was de potentiële verdamping van het optimaal beregende gewas (E_{pot}) en de open waterverdamping met de evaporimeter gemeten (E_{evap}) als volgt

	E_{pot}	E_{evap}
1981 (8/6 - 9/8)	176 (V_3)	177
1982 (8/6 - 9/8)	238 (V_2)	224

Hieruit blijkt dat in 1982 de gewasverdamping 62 mm (35%) en de open waterverdamping 47 mm (27%) hoger was dan in het voorgaande jaar. Van het verloop van de verdamping in de tijd is in fig. 9 een overzicht gegeven.

Uit fig. 9 valt af te lezen, dat tot half juli alle berekende verdampingsgegevens op een te hoog niveau liggen omdat geen rekening is gehouden met de onvolledige grondbedekking van het gewas. Aan het eind van het seizoen loopt de werkelijke verdamping uit de waterbalans afgeleid, sterker terug dan de berekende. De berekende (E_{Penman}) en de gemeten (E_{evap}) evaporatie lopen tot 10 augustus goed gelijk, daarna blijft de berekende wat achter.

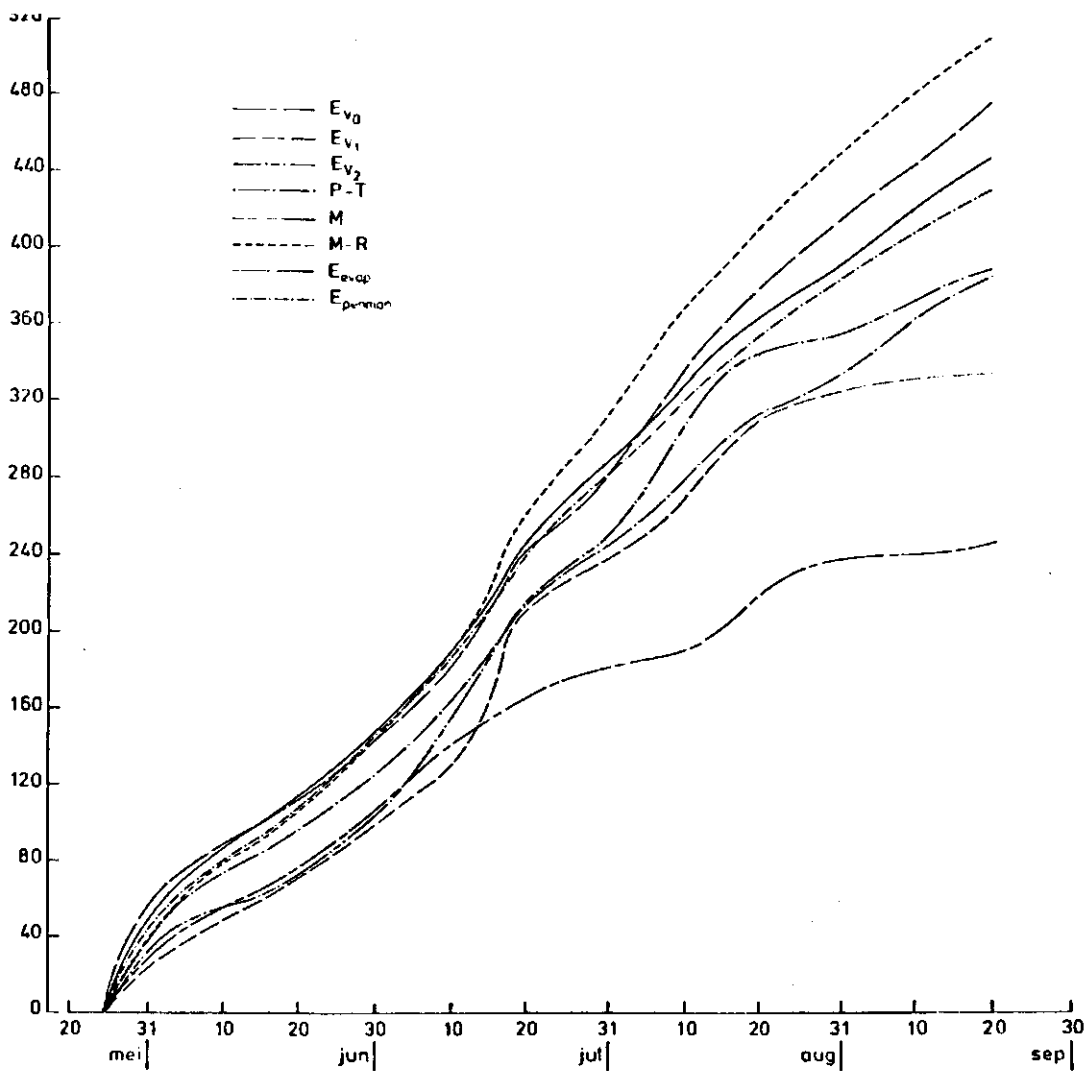


Fig. 9. Het verloop van de uit de waterbalans berekende (EV_0 , EV_1 en EV_2), met verdampingsformules bepaalde (Priestley-Taylor, Makkink en Monteith-Rijtema) en met evaporimeters gemeten (E_{evap}) verdamping cumulatief uitgezet. Bovendien is de berekende open waterverdamping volgens Penman uitgezet (E_{penman}).

De snelle stijging in het verdampingsniveau bij de V_1 , in de periode 10 tot 20 juli, lijkt niet reëel. Waarschijnlijk is door de opgetreden interceptie een kleiner deel van de berekeningsgiften effectief geweest dan in de waterbalans is aangehouden.

5. GEWASONTWIKKELING EN PRODUCTIE

5.1. Gewasreacties op berekening

Het gewas aardappelen is een relatief droogtegevoelig gewas. Vochttekort leidt niet alleen tot lagere opbrengsten, maar kan ook de kwaliteit ongunstig beïnvloeden door kleinere knollen, meer knol-

misvormingen en kans op doorwas. De gewasreactie is verschillend voor klei en voor zandgronden. Op klei blijkt dat een gewas dat door droogte vroeg in het seizoen een groeiremming heeft, dit later kan compenseren. Dit hangt dan veelal samen met het optreden van doorwas, hierbij wordt opnieuw loof gevormd, waardoor het produktieapparaat langer actief blijft. Op zandgronden kan droogte vroeg in het seizoen zoveel schade veroorzaken dat later geen herstel van de produktie meer optreedt. Negatieve aspecten van beregenen op aardappels kunnen voorts zijn:

- grotere kans op het optreden van phyophthora
- kans op meer knolmisvorming door een ongelijkmatige vochtshuishouding in het seizoen bij een te lange periode tussen twee regengiften
- het 'lui maken' van het gewas waardoor het gewas een beperkt wortelstelsel en een te uitbundige loofgroei krijgt. Het gevolg hiervan kan een latere start van de knolgroei zijn. Er moet pas met beregenen gestart worden wanneer de knolaanleg heeft plaatsgevonden (VAN LOON, 1979; HELLINGS, 1980).

5.2. Gewasontwikkeling

Om de gewasontwikkeling bruikbaar te maken voor toetsing van de simulatiemodellen is het nodig een aantal gewasparameters ten opzichte van elkaar en in de tijd weer te geven. Hiervoor zijn de gewashoogte en de lichtinterceptie wekelijks gemeten. De lichtinterceptie is gemeten van het zichtbare licht. Hierbij is ervan uitgegaan dat deze gelijk is aan de bodembedekking. Aan het begin van het groeiseizoen zijn de bodembedekking en de lichtinterceptie enkele malen beide bepaald. Aan de hand van deze waarnemingen bleek dat lichtonderschepping en bodembedekking onderling weinig verschillen.

Ten behoeve van het vaststellen van het produktieverloop zijn vanaf 8 juni elke twee weken opbrengstbepalingen gedaan. De opbrengst van twee maal twaalf planten per veld werd gewogen. Van elk object zijn de opbrengsten gemiddeld om de produktiecurven vast te stellen. De opbrengsten van loof, knollen en overige ondergrondse wortel en stengeldelen werden vastgesteld en de drogestof gehalten werden bepaald evenals de blad-stengel verhouding en de specifieke bladoppervlakte. Dit is de oppervlakte per gram blad.

In het voorjaar is er ongeveer 70 mm gemakkelijk opneembaar water voor het gewas (tussen een vochtspanning van 100 en 1000 cm waterkolom) beschikbaar in het profiel. Vanaf de pootdatum (20 april) tot opkomst (15 mei) wordt er nagenoeg geen water door het gewas aan de grond onttrokken. Na opkomst begint de waterconsumptie van het gewas. Bij volledige bodembedekking en een leaf area index van >3,5 is de gewasverdamming maximaal. Onder invloed van verschillende uitdrogingsgrenzen zal het gewas meer of minder verdampen en produceren.

5.2.1. Gewashoogte en bodembedekking

De hoogteontwikkeling van het gewas is afhankelijk van de groeisnelheid en de stevigheid van het loof. Op zandgronden vindt over het algemeen een snelle en weelderige loofontwikkeling plaats.

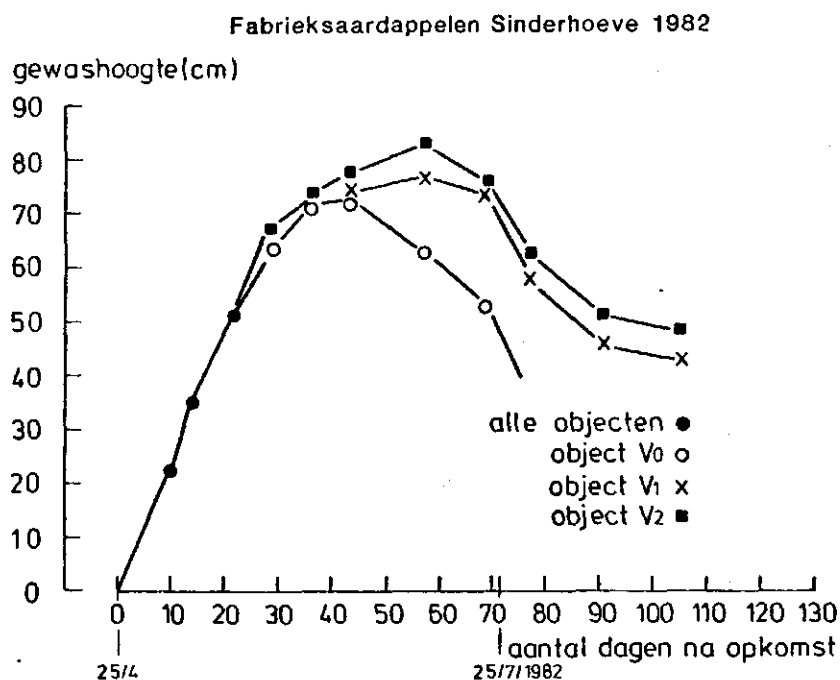


Fig. 10. De gewashoogteontwikkeling van de drie objecten vanaf het tijdstip van opkomst

Het loof bereikt een hoogte van ruim 80 cm en zakt dan in elkaar. Afhankelijk van wind en neerslag vallen er dan open plekken waardoor de bodembedekking niet meer maximaal is. Op 25 juli legerde als gevolg van wind en zware regenval het loofdek (zie fig. 10). Ook uit andere proeven blijkt dat 80 cm de maximale hoogte is die aardappelboom kan bereiken.

De vochtvoorziening op de drie objecten is tot de eerste beregning op 2 juli gelijk geweest. Tot die datum is er dan ook geen verschil in gewasontwikkeling opgetreden. Alle objecten hebben een bodembedekking van >95% en een totale verse loofmassa van 35 ton/ha en meer bereikt. Daarna is de loofhoeveelheid en de bodembedekking op de onberegende velden gedaald. De beregende velden vormden meer loof, 47 ton vers loof per ha op 28 juli. Na dit loofmaximum nam de hoeveelheid loof af.

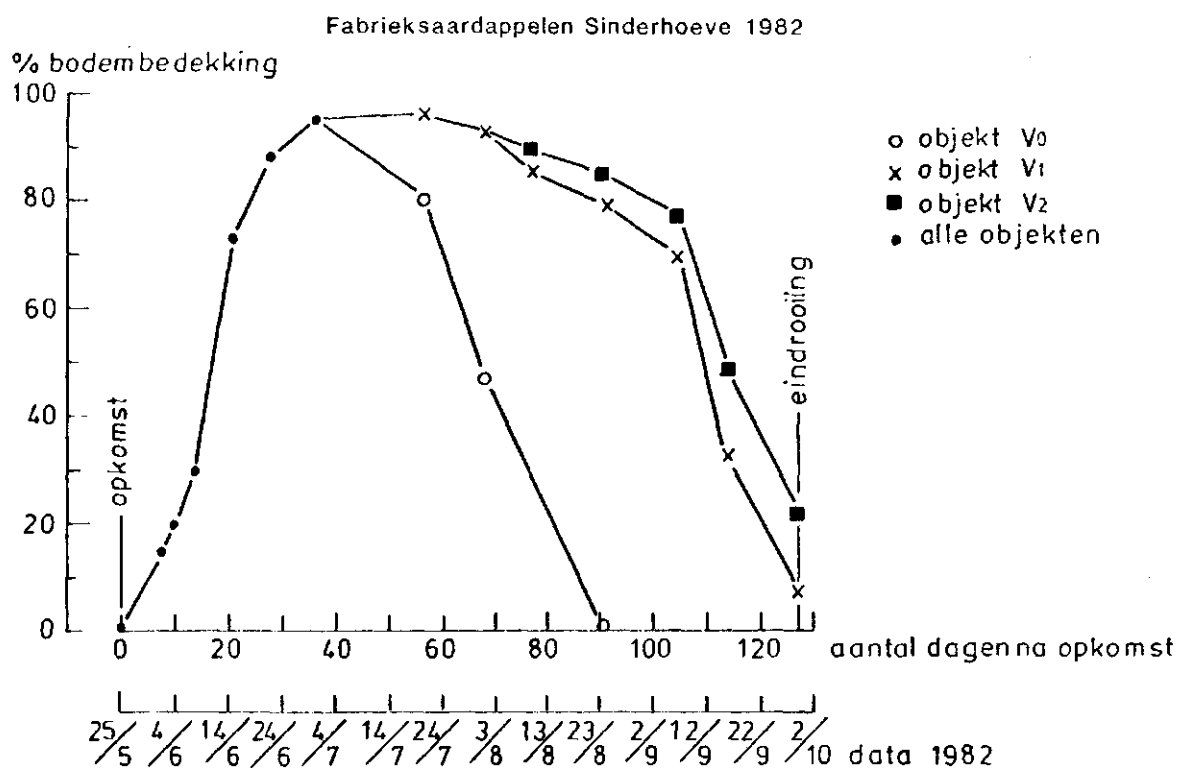


Fig. 11. De gemiddelde bodembedekking van de drie objecten afgeleid van de gemeten lichtinterceptie van het zichtbare licht

Na dit moment wordt nog wel wat nieuw loof gevormd, maar er sterft ook steeds wat af en er vindt bovendien redistributie van assimilaten van het afstervende blad naar de rest van de plant plaats. Als na het bereiken van het loofmaximum, door droogtestress, bladverwelking en afsterving optreedt, is het gewas niet meer in staat deze bladafsterving te compenseren door hernieuwde loofgroei. De produktie is dan op de knol gericht en wordt bij het gewas aardappelen

op zandgrond in dit geval niet meer omgebogen naar een versterkte loofgroei. Bij het onberegende object was het gewas op 15 augustus volledig afgestorven en er vond na natuurlijke neerslag in de tweede helft van augustus geen enkele hergroei meer plaats (zie fig. 11).

Ook op de beregende objecten trad een achteruitgang van de bodembedekking en de loofmassa op, die zich niet meer herstelde. Op de matig beregende velden vond de afsterving van loof sneller plaats dan op de optimaal beregende velden.

Uit het verslag van de werkgroep 'Optimalisering van de aardappelteelt' uit 1982 bleek dat, op Veenkoloniale gronden met een grondwaterstand ondieper dan 1,50 meter beneden maaiveld en 250 kgN/ha, het mogelijk is om een hoeveelheid vers loof te krijgen van >50 ton per ha, die bovendien nog actief blijft tot half september. Bij deze zogenaamde '100 ton proeven', die in de jaren van 1978 tot 1982 werden gedaan, werd daarbij een produktie bereikt van ruim 90 ton knollen ofwel 16 tot 18 ton droge stof per ha.

5.2.2. Loofhoeveelheid, bodembedekking en bladoppervlakte

In de onderstaande tabel staan alle gemeten loofparameters van de drie objecten vanaf het tijdstip dat er verschillen waargenomen werden. Uit de tabel blijkt duidelijk dat het onberegende object een veel lagere loofhoeveelheid heeft gehad dan de beregende objecten die elkaar onderling niet veel ontlopen. De maximale hoeveelheid van 47 ton loof per ha is hoog vergeleken met hoeveelheden die op kleigronden voorkomen.

Als het loof afsterft, begint dit eerst bij het blad, de stengels volgen pas als de laatste blaadjes van een stengel zijn afgestorven. Uit tabel 8 kunnen we aflezen dat het bladpercentage van het totale loof als het totale loofgewicht maximaal is, 34% bedraagt en bij de afsterving snel minder wordt. Bij de eerste oogst op 8 juni bestond het loof zelfs voor 53% uit blad. Uit tabel 8 zijn de figuren 12 en 13 afgeleid. In fig. 12 is het verloop van de LAI van de 3 objecten gedurende het groeiseizoen uitgezet. In fig. 13 is de hoeveelheid vers blad als fractie van de totale loofhoeveelheid uitgezet tegen de tijd.

Tabel 8. Loofhoeveelheid en bodembedekking op de verschillende objecten

Datum	Object	Loof vers t/ha	Loof dr.st. t/ha	% blad van tot. loof	LAI	Licht interceptie %
28-7	V0	29,0	4,1	34,0	1,2	78
	V1	47,2	5,2	34,0	4,7	95
	V2	46,9	4,9	34,0	4,7	95
11-8	V0	16,8	2,8	19,5	0,6	41
	V1	35,5	4,1	30,5	3,1	86
	V2	38,1	4,2	28,1	4,1	93
25-8	V0	--	--	--	--	--
	V1	36,5	3,9	21,0	2,0	80
	V2	40,4	4,5	23,0	2,5	86
8-9	V0	6,2	2,3	0	0	0
	V1	29,1	3,4	13,0	1,1	68
	V2	30,9	3,5	15,0	0,7	76
29-9	V0	--	--	--	--	--
	V1	15,2	2,2	0	0,1	0
	V2	20,0	2,6	0	0,5	20

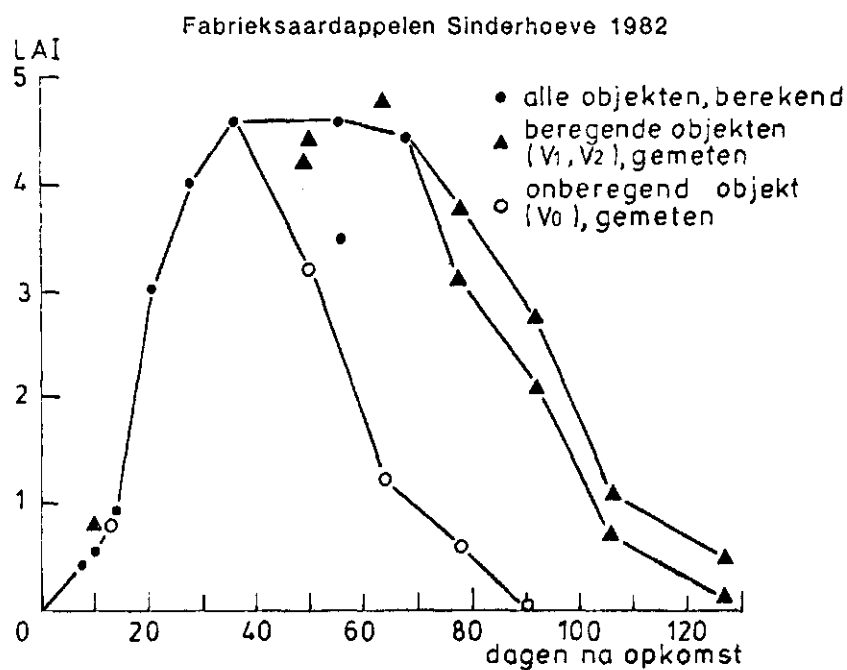


Fig. 12. Leaf area index van de drie objecten in het groeiseizoen

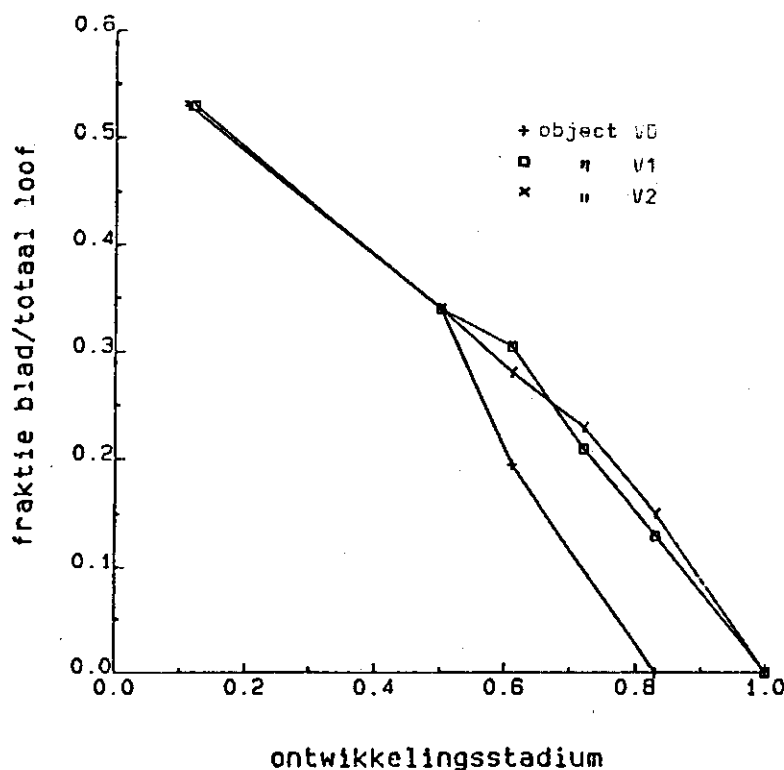


Fig. 13. Verse bladmassa als fractie van de totale verse loofmassa

5.2.3. LAI en bodembedekking

De toename in bodembedekking van 0 naar 55%, vindt in 30 dagen plaats. De LAI stijgt in dezelfde periode van 0-4,5. Na het loofmaximum sterft het loof af (tabel 8). Dit afsterven gaat aanvankelijk niet gepaard met een evenredige afname van de bedekkingsgraad. Volgens metingen loopt de LAI tot ongeveer 1,0 terug terwijl de bodembedekking >80% blijft. Sterft er daarna nog meer blad af dan loopt de lichtinterceptie zeer snel terug.

De in het SWACRO model (zie FEDDES et al., 1984) gebruikte relatie tussen bodembedekking en development stage (DVS) voldoet ook voor dit gewas op deze grondsoort vrij goed. Vanaf begin augustus, wanneer de loofmassa duidelijk terug gaat lopen, houdt het proefgewas in tegenstelling tot het 'model'gewas de 95% bedekking niet en loopt tot begin september (DVS=0,75) terug naar 80%, waarna het de steile afstervingscurve van het model weer volgt.

In de praktijk echter vindt op kleigronden de totale afsterving meestal niet plaats, het loof wordt in de eerste weken van september doodgespoten, terwijl het nog enigszins groen is. Het onberegende gewas bereikt net 95% bodembedekking (lichtinterceptie) en sterft daarna snel af als gevolg van vochttekort, waarbij de bodembedekking even snel afneemt als bij de afsterving van het model-gewas, maar dan op een eerder tijdstip. In fig. 14 is de relatie tussen bodembedekking en DVS voor de 3 objecten uitgezet.

Fabrieksaardappelen Sinderhoeve 1982

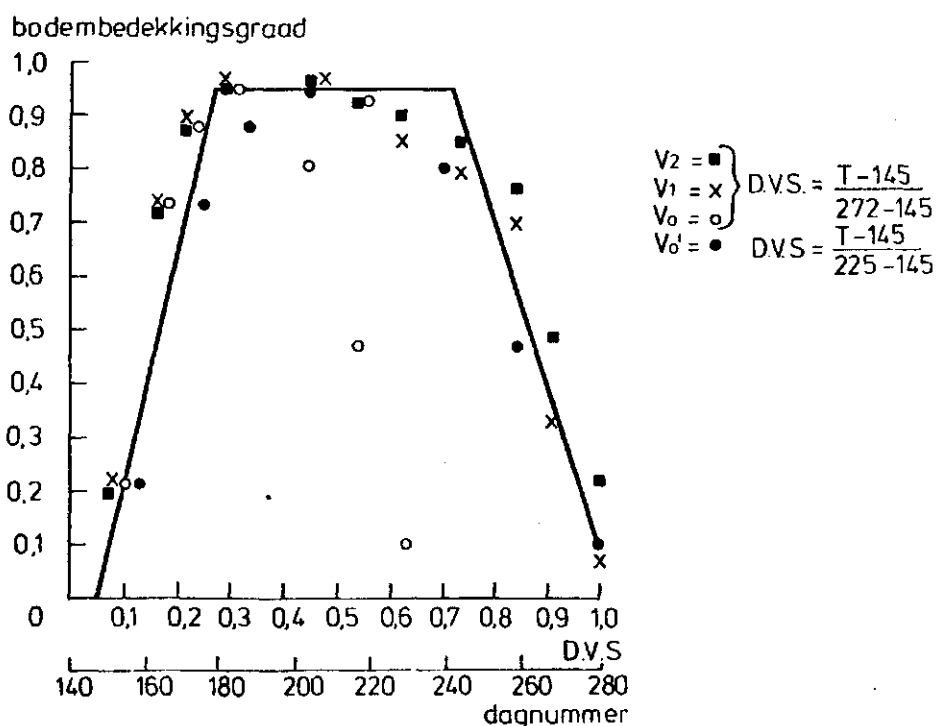


Fig. 14. Bodembedekking als functie van het ontwikkelingsstadium. Het verloop op de drie objecten en het 'modelverloop'

Voor de bepaling van de LAI wordt er veelal vanuitgegaan dat er een relatie tussen LAI en bodembedekking bestaat. Uit waarnemingen bleek dat deze relatie:

$$LAI = 2,6 Sc + 1,5 Sc^2 + 0,9 Sc^3$$

opgaat voor de periode van opkomst tot maximale loofstoestand. Gaat het gewas afstervan dan blijft de bedekkingsgraad aanvankelijk >80%, terwijl de LAI daalt tot bij 1,0. Als de LAI verder daalt dan neemt de bodembedekking snel af (zie fig. 15).

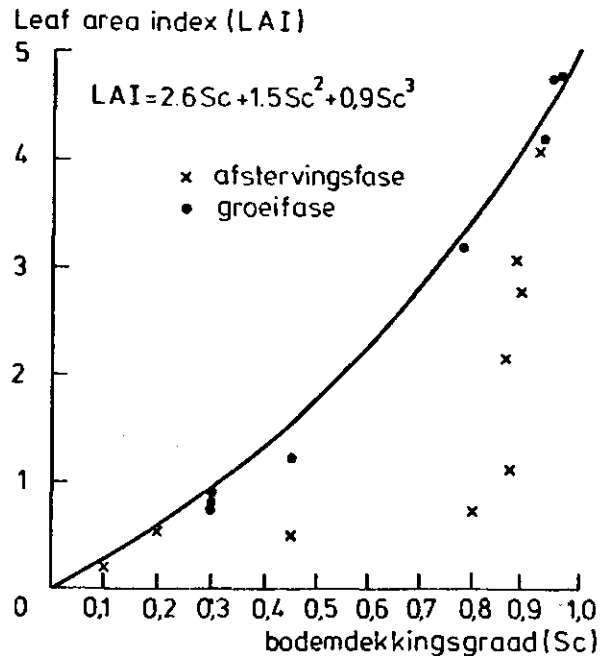


Fig. 15. De relatie tussen de LAI en de bodembedekkingsgraad in het groeiseizoen gemeten op de verschillende vochtobjecten

5.3. Gewasproductie

Door de drie verschillende vochtregimes zijn op de verschillende objecten drie produktieniveau's ontstaan. Het groeiseizoen van het onberegende gewas bedroeg slechts 80 dagen en leverde een droge stof produktie op van 10,8 ton per ha, waarvan 6 ton knollen. De verschillen tussen optimaal en matig beregende velden bleven beperkt, ondanks een verschil van 54 mm in de totale beregeningsgift.

Het aantal knollen per plant was, op het object dat optimaal van vocht voorzien was, hoger dan op de objecten die in meer of mindere mate van droogte te lijden hebben gehad.

Uit de literatuur blijkt, dat een goede vochtvoorziening tijdens en in de eerste weken na de knolaanleg van belang is voor het aantal knollen dat aangelegd wordt en uitgroeit. Treedt er in deze kritieke periode vochttekort op dan zal er een verschil tussen wel en niet beregende velden ontstaan (VAN LOON, 1982). Op 11 en 25 augustus zijn de volgende aantallen per plant geteld:

Tabel 9. Aantal knollen per plant gemiddeld per object op twee data in 1982, geteld aan 24 planten per veld op vier parallellen

	11/8	25/8
V0	14,2	--
V1	14,9	14,1
V2	16,2	15,1

5.3.1. Sortering

Een lagere opbrengst gaat gepaard met kleinere knollen. Hoe fijner de sortering hoe meer uitval door kriel. Als ondergrens is een zeef van 35 mm gebruikt. De sorteringen op 11 augustus en op 8 en 25 september, in gewichtsprocenten van de totale verse knolproductie, waren als volgt:

Tabel 10. Sortering in de maten <35, 35-55, >55 mm in gewichtsprocenten van de totale verse knolopbrengst op drie oogsttijdstippen

		<35 mm	35-55 mm	>55 mm
11 augustus	V0	19,3	80,7	0
	V1	5,8	83,4	10,8
	V2	5,7	82,2	12,1
8 september	V0	19,6	80,4	0
	V1	4,4	69,6	26,0
	V2	3,2	65,8	31,0
29 september	V0	15,0	82,7	2,3
	V1	3,5	62,0	34,5
	V2	2,8	56,0	41,2

5.3.2. Produktieverloop

In onderstaande tabel staan de gemiddelde productiecijfers per object en per gewasonderdeel.

Tabel 11. Produktieverloop aardappelen (Astarte), gemiddeld per object.
 Produktie in kg/are

DVS	0,11	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	1,00
dag na opkomst	14	36	50	64	78	92	106	127
datum	8/6	30/6	14/7	28/7	11/8	25/8	8/9	29/9
V0								
knolprod.								
vers	-	73,0	206,5	212,8	210,8	-	219,9	237,2
ds	-	9,9	39,8	55,1	58,8	-	58,9	59,1
loofprod.								
vers	81,4	390,1	360,2	360,2	-	-	-	-
ds	9,1	36,1	40,6	41,4	41,4	-	41,4	41,4
rest ds	1,2	4,1	4,1	4,1	4,1	-	4,1	4,1
totaal ds	10,3	50,1	84,4	100,6	101,7	-	100,6	96,3
V1								
knolprod.								
vers	-	64,6	207,0	312,2	351,8	433,7	472,0	476,1
ds	-	9,9	37,1	63,0	82,7	101,4	111,5	119,7
loofprod.								
vers	81,4	351,3	418,0	472,2	-	-	-	-
ds	9,1	36,6	43,2	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
rest ds	1,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
totaal ds	10,3	50,5	84,3	117,0	136,3	154,0	164,1	169,7
V2								
knolprod.								
vers	-	92,3	224,3	311,4	380,3	473,2	519,6	536,5
ds	-	12,8	39,5	63,1	84,5	114,0	123,5	133,3
loofprod.								
vers	82,3	348,1	430,3	469,0	-	-	-	-
ds	8,2	36,4	44,3	49,0	49,0	49,0	49,0	49,0
rest ds	1,3	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
totaal ds	9,5	53,4	87,8	116,2	136,1	166,4	173,7	181,8

239
290

Voor het berekenen van de totale drogestofproduktie is, na het bereiken van het loofmaximum, de toename van de knolproduktie steeds verminderd met 20% van de hoeveelheid droge stof die in de voorafgaande periode is afgestorven. Hierdoor wordt enige correctie toegepast voor het aandeel dat de redistributie van assimilaten van het afstervende blad naar de knol heeft op de toename van de knolproduktie. Voor

de produktiecijfers van de knol wordt deze correctie niet toegepast. Uit bovenstaande gegevens is de groeicurve voor de verschillende objecten in fig. 16 geconstrueerd.

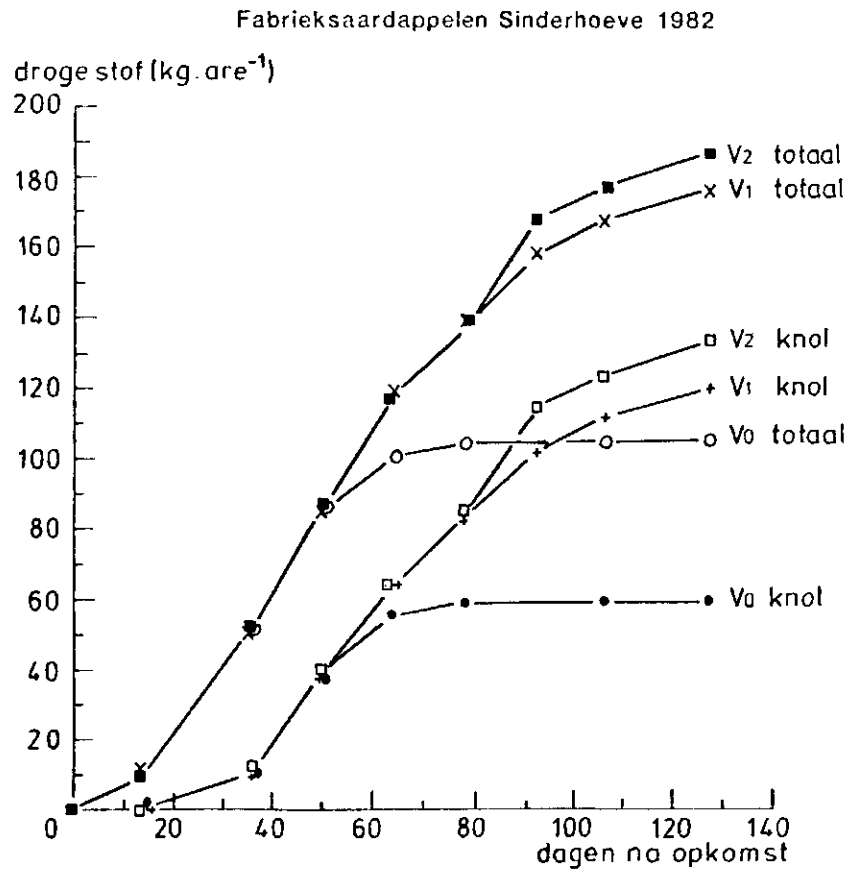


Fig. 16. Het verloop van de knol en de totale produktie bij de drie objecten

5.3.3. Produktieverdeling

Er is tevens nagegaan welk deel van de produktie ten goede kwam aan de knollen. Tot ontwikkelingsstadium (DVS) 0,1 vindt slechts loofgroei plaats. Daarna, in de volgende 50 dagen, richt de produktie zich vooral op de knollen. In fig. 17 is de verdeling van de produktietoename over de knol enerzijds en het loof en de rest anderzijds, op de drie beregeningsobjecten uitgezet tegen de DVS.

Bij andere proeven bleek soms dat na het loofmaximum aanvankelijk nog 10% van de produktie gebruikt wordt om het loofapparaat op peil te houden en nieuwe loofetages te vormen. Dit kan doorgaan tot ontwikkelingsstadium 0,85. Pas als er geen loof meer gevormd wordt, kan uiteraard de totale produktie naar de knol gaan. Proeven waarbij de loofontwikkeling tot laat in het groeiseizoen doorging zijn veelal gedaan op kleigronden en op Veenkoloniale gronden waar door een andere stikstofhuishouding het loof langer door kan groeien, terwijl in dit geval de stikstofvoorraad praktisch uitgeput moet zijn geweest. Deze andere stikstofhuishouding zal veel effect hebben op de hele loofhabitus en ontwikkeling van het gewas. De duur van de periode van maximale loofhoeveelheid en het verloop van de bladafsterving zijn verschillend per grondsoort, afhankelijk van het beschikbaar komen van voedingsstoffen. Op de meeste kleigronden is in 1982 het loof langer groen gebleven dan in deze proef. De hoeveelheid loof die gevormd werd is erg hoog (47 ton/ha), maar het loof is vroeg afgestorven. Dit heeft te maken met de stikstofvoorziening van het gewas. Op de grond van het proefveld, een schrale zandgrond komt de stikstof niet gelijkmatig verdeeld over het seizoen vrij. De gestrooide stikstof is abrupt uitgeput. De tweede N-gift is vrij vroeg gegeven zodat ook deze eind juli was verdwenen.

Uit veldproeven van het CABO blijkt, dat op dezelfde grondsoort, een overbemesting later in het groeiseizoen tot hogere opbrengsten kan leiden doordat het loof langer groen blijft (BODLEANDER, 1982).

Uit onderzoek op proefboerderij 'Vredepeel' in 1983 blijkt ook dat er meer loof gevormd wordt bij een deling van de stikstofgift, maar dit leidt niet altijd tot hogere opbrengsten. Een hoge stikstofgift later in het seizoen heeft toen duidelijk negatief gewerkt (TITULAER, 1983).

Op het PAGV is in 1981 ook onderzoek gedaan naar het effect van deling van de stikstofgift. Hier leidde, op een jonge zavelgrond, een lagere voorjaarsbemesting en later een overbemesting in combinatie met beregening tot minder loof, dat langer groen bleef en een hogere knolopbrengst (VAN LOON, HOUWING, 1981).

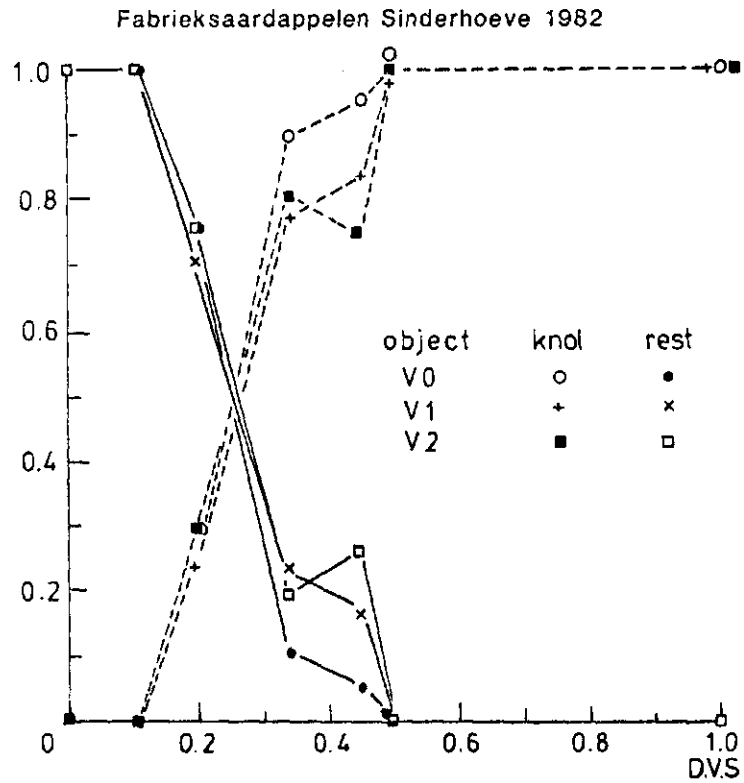


Fig. 17. Verdeling van de produktietoename over de knol enerzijds en het loof en de rest anderzijds, op de drie beregeningsobjecten

6. LITERATUUR

- BODLAENDER, K.B.A., 1982. Het effect van stikstofbemesting in verschillende ontwikkelingsstadia op groei en opbrengst van aardappelen op zand- en dalgrond. Stikstof no. 101
- DUKE, H.R. and H.R. HAISE, 1973. Vacuum extractors to assess deep percolation losses and chemical constituents of soil water. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 37
- FEDDES, R.A. and J.G. WESSELING, 1984. Simulation of water use and dry matter yield of potatoes and summer wheat by the SWACRO-model (in preparation)
- HELLINGS, A.J., 1980. Berekeningseffecten bij enkele akkerbouwgewassen. Bedrijfsontwikkeling 11, 11
- ____ M. DE GRAAF en D.A. VAN DER SCHANS, 1982. De relatie tussen wateraanvoer, verdamping en produktie bij het gewas aardappelen. Verslag van een veldproef op het proefterrein Sinderhoeve in 1981. ICW nota no. 1376, Wageningen
- LOON, C.D. VAN, 1979. Berekening van aardappelen. Bedrijfsontwikkeling 10, 2
- ____ en J.F. HOUWING, 1981. Invloed van vochtvoorziening op de opbrengst en kwaliteit van aardappelen. Projectverslag. Niet gepubliceerd
- ____ en E.G. WASSINK, 1982. Bij de pootgoedteelt streven naar veel knollen. Bedrijfsontwikkeling 13, 6
- NIEUWENHUIS, G.J.A. en C.L. PALLAND, 1982. Verdamping van een aardappelgewas en de meting daarvan via remote sensing. ICW rapport 2, Wageningen
- TITULAER, H.H.H., 1983. N hoeveelheid en toepassingstijdstippen bij aardappelen. Verslagen proefboerderij Vredepeel
- WERKGROEP 'OPTIMALISERING VAN DE FABRIEKSAARDAPPELTEELT'. 100 ton fabrieksaardappelen? Uitgave S.I.O.