

Besproeiing, gewasopbrengs en dreinerings op die Vaalhartsbesproeiingskema: 4. Goeie vloedsbesproeiing op 'n sandgrond

A. STREUTKER¹, D.J. DU RAND², B.D.J. VAN RENSBURG³, EN F.G. KOTZÉ³

1. Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing, Departement van Landbou, Pretoria 0001.

2. Afdeling Landbou-ingenieurswese, Departement van Landbou, Glen 9360.

3. OVS-Streek, Departement van Landbou, Jan Kempdorp 8550.

Abstract

Irrigation, Crop yield and Drainage on the Vaalharts Irrigation Scheme: 4. Good flood irrigation on a fine sandy soil

From the preceding publications (Streutker, 1981; Streutker, Molenaar, Hamman, Nel and Mulder, 1981; en Streutker, Van Vliet and Molenaar, 1981) it is already known that a shallow ground water table developed as a result of *over-irrigation* on end diked border-strips and leakage from farm soil dams and feeders. This shallow ground water table sometimes caused waterlogging, salinisation and yield reduction. Because the dams and most of the feeders have recently been lined with concrete or plastic, the irrigation on the borders was investigated in order to improve the efficiency of application and distribution. Furthermore, *under-irrigation* experienced previously on steep slopes on the sunbaked fine sandy soil (70% fine sand and 10% clay and silt) was an indication that good flood irrigation could be achieved.

Irrigation management on about 100 commercial borders on 15 farms was evaluated once or several times during the growing season for the period 1972-1982. Improvements of border layout and management of unit stream and cut off position on about 20 experimental borders on 4 farms and at the Agricultural Research Station were investigated. Finally the experimental results were compared with the calculated border dimensions, unit stream and cut off time using the USDA and the Merriam methods for open-end border and the Badenhorst equation and Badenhorst table for closed-end border.

Commercial flood irrigation with a unit stream smaller than $7 \ell s^{-1} m^{-1}$, a bad levelling of the seasonal border, a cut off at the 90% bedlength position and outflow from the border into the ends of adjacent borders, caused over-irrigation on wheat and peanut borders and sometimes under-irrigation on wide row cotton and maize borders.

On experimental borders with a unit stream larger than $7 \ell s^{-1} m^{-1}$, a well levelled surface, a cut off position of 60-65% and no outflow at the end, a uniform distribution of water (CU 90% and DU 70-80%) was found. It was possible to decrease the slope of the advance curve so that it was about parallel to the unchanging recession curve. However, the field application efficiency was sometimes over 100%, indicating under-irrigation.

With the USDA and the Merriam methods (with 90% cut off position) field application efficiencies of 60-80% were calculated for the open-end border and with the Badenhorst methods 100% for the closed-end border. The application of the Merriam methods to the experimental results of the closed-end border with 60-65% cut off position suggested that the application efficiency could be improved and a high distribution uniformity maintained using different border lengths of 83 m (wheat), 117 m (peanuts) and 136 m (cotton and maize), or by

means of different applications of 50 mm (wheat) and 35 mm (peanuts, cotton and maize) on the existing 90 m borders.

For the practical implementation of this improvement it is necessary to use stronger side dikes, better land levelling after diking, removable irrigation pipe to change bed length due to crop rotation, a larger and controlled unit stream or smaller bed width and sometimes a faster irrigation cycle. The practicability of these improvements has already been shown on the experimental borders which were actually commercial borders on four specific farms.

Inleiding

In vorige publikasies (Streutker, 1981; Streutker, Molenaar, Hamman, Nel en Mulder, 1981; en Streutker, van Vliet en Molenaar, 1981) is die ontstaan van 'n vlak grondwaterstand, as gevolg van oorbesproeiing en lekverliese, asook die nadelige invloed van die vlak grondwaterstand op grond en gewas beskryf. Die vloedsbesproeiing op die bedding word in hierdie artikel behandel.

Die besproeiing van vloedsbeddings van 70-100 m lengte, 5-7 m breedte, 1/100 - 1/300 helling op die Vaalhartsandgrond en teen 'n vloeitempo van 42 ℓ/s , is al dikwels ondersoek omdat in die praktyk sowel oorbesproeiing as onderbesproeiing ondervind is.

Uit die resultate van Van der Merwe, Wessels en Pretorius (1953) kan afgelei word dat van 1946 tot 1952 op proefbeddings van 90 m lengte, 5,4 m breedte en 1/200 helling die kleinste hoeveelhede water toegedien kon word naamlik 150 mm vir lusern, 100 mm vir koring en 90-40 mm (soos die seisoen vorder) vir mielies. Wanneer dit vergelyk word met die totale plant-beskikbare grondvog van ongeveer 78 mm/m wat nie volledig voor die volgende besproeiing verbruik behoort te word nie, dan beteken dit dat daar oorbesproei is. Verder is oor die jare 'n oorbesproeiing van gemiddeld 42% op vloedsbeddings en 'n lekkasie van 10-20% uit gronddamme en grondleivore gemeet (Streutker, 1977 en 1981). 'n Vlak grondwaterstand het op 1,0-1,5 m onder die oppervlak van byna die hele gebied ontstaan, waardeur gewasse versuip en grond verbrak het.

Aan die ander kant is egter gevind dat die lae opbrengste van koring op sogenaamde skuinspersele veroorsaak is deur onvoldoende benattingsdiepte as gevolg van 'n te steil helling (Van Garderen, 1966). Ook is gevind dat op beddings met wye rygewasse, soos mielies en katoen, slegs gemiddeld 28 mm water per besproeiing toegedien kon word (Streutker, 1981). Sedert 1970 is onder die fisiese beplanningsprogram van die voorligtingsdiens die beddinghelling op baie plase verander van 1/100 na 1/200 tot 1/300, en is gronddamme en grondleivore van voeding voorsien.

Hoewel 'n sandgrond gewoonlik nie vloedbesproei kan word nie, is bogenoemde onderbesproeiing 'n bewys van die moontlikheid dat met goeie beplanning en bestuur 'n hoë besproeiingsdoeltreffendheid op vloedbeddings op die Vaalhartssandgrond verkry kan word.

'n Meer noukeurige ondersoek van die besproeiingsbestuur op kommersiële beddings is deur Streutker (1974) en Badenhorst (1974) gedoen, waarby van die tegniek van vorderingsfront- en terugtrekkingsfrontontledings (Criddle, Davis, Pair en Shockley, 1956) gebruik gemaak is. Streutker (1974) vind gedurende 1972 en 1973 op die beddings van ses plase 'n verspreidingsdoeltreffendheid van 80-90% vir koring, lusern en grondbone en 36% vir katoen. Die toedieningsdoeltreffendheid op grond met 'n grondwaterstand van 1,2 m was egter slegs 30% in die begin van die groeiseisoen en later 33-50%. Op grond met 'n grondwaterstand van 2,5 m sou dit moontlik wees om 'n toedieningsdoeltreffendheid van 74% en 66% respektiewelik te behaal. Badenhorst (1974) vind in 1973 op die koringbeddings van sewe ander plase 'n verspreidingsdoeltreffendheid van 66-94% en 'n toedieningsdoeltreffendheid van 16-90%. Verder vind hy 'n vermindering van die infiltrasietempo van 400 mm/h in die begin van die seisoen na 200 mm/h later in die seisoen.

As gevolg van hierdie verminderde infiltrasietempo en deur middel van 'n verbeterde besproeiingsbestuur naamlik beter beddingafwerking, veranderde eenheidstroom en besproeiingsduur (of afsnytyd) kom beide Streutker (1974) en Badenhorst (1974) tot die gevolgtrekking dat doeltreffende vloedbesproeiing op Vaalharts moontlik is.

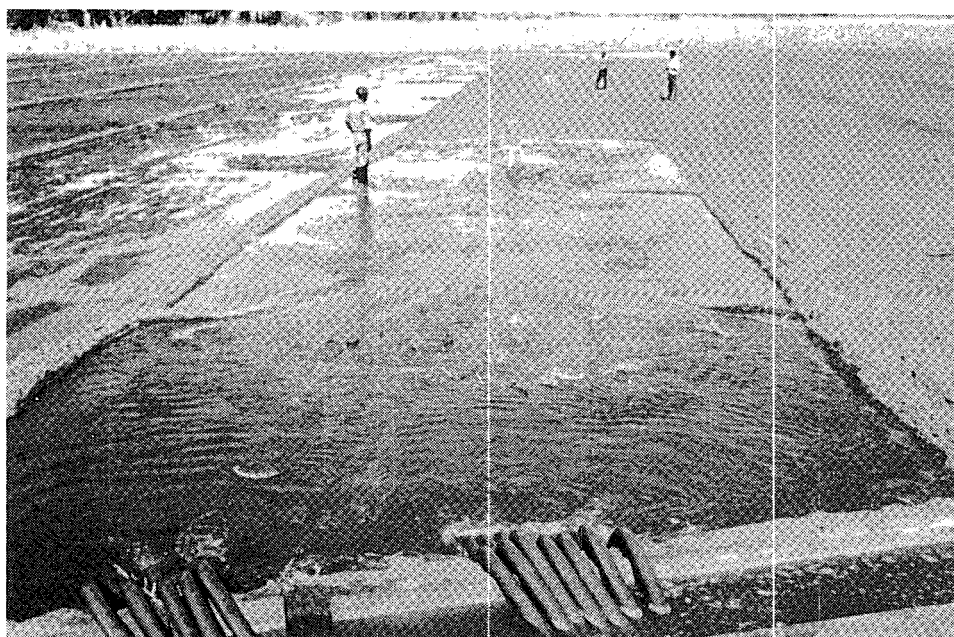
Die USDA-tegniek (1964) en die Badenhorst-vergelyking (Badenhorst, 1973) vir ontwerp en bestuur is in 1978 op die Vaalhartsituasie toegepas (Haise, 1978). Vir 'n toediening van 75 mm water per besproeiing en 'n infiltrasie van 110 mm/h is 'n vloeitempo van 60 ℓ/s en 'n besproeiingsduur van 13 min met die USDA-metode bereken en 40 ℓ/s en 13 min met die Badenhorst-vergelyking. Die verskil tussen beide metodes berus op 'n

aanname van 65% toedieningsdoeltreffendheid op 'n uitvloeibedding en 100% op 'n geslote bedding respektiewelik.

As gevolg van hierdie verskil, die kommersiële vloeitempo van slegs 42 ℓ/s , die swak konstruksie van die vloedbedding vir een seisoen, die onwaarskynlikheid van 100% doeltreffendheid, 'n hoër infiltrasie van 110-150 mm/h en 'n verlangde kleinere toediening van 50 mm per besproeiing as aanvulling op kapillêre water vanaf die grondwater, het Haise (1978) opnuut navorsing op proef-vloedbeddings voorgestel. 'n Doeltreffende vloedbedding op 'n sandgrond is naamlik op die rand van die moontlike. Die hydrae van die kapillêre grondvog is egter al deur Streutker (1971) bepaal.

Die doeltreffendheid van besproeiingsbestuur word aan die een kant bepaal deur die beweging van die waterfront oor die bedding volgens die vorderingskromme op 'n afstand-tydsgrafiek en aan die ander kant deur die afdroging van die bedding na besproeiing volgens die terugtrekkingskromme. 'n Hoë verspreidingsdoeltreffendheid word by nagenoeg parallelle krommes verkry en 'n hoë toedieningsdoeltreffendheid by 'n bepaalde afstand tussen beide krommes. Baie navorsing is op die vorderingskromme vir die invloei-uitvloeitipe bedding gedoen naamlik om die kromme matematies te bereken volgens bekende of geskatte waardes van invloedryke faktore. Komplekse vorderingsvergelykings is afgelei maar omdat die infiltrasie, die worteldiepte en die gewasweerstand gedurende die seisoen verander, behoort die vorderingskromme herhaaldelik opnuut bereken te word. Willardson en Bishop (1967) beveel die eksperimentele bepaling van die vorderingskromme aan, terwyl Singh (1980) van mening is dat die noukeurigheid van die vorderingsvergelyking nie verbeter kan word nie as gevolg van die onnoukeurigheid van die meting van invloedryke faktore.

Daar is egter 'n grafiese metode vir ontwerp en bestuur deur Merriam (1977 en 1978) en 'n grafiese- en rekenaartegniek deur Peri, Norum en Skogerboe (1979) bekend gestel. Met beide metodes wat van die vorm en posisie van die eksperimentele



*Figuur 1
Die vorderingsfront op die vloedbedding.*

vorderingskromme (Fig. 1) en terugtrekkingskromme gebruik maak, kan die beddinglengte of die toelaatbare hoeveelheid vogonttrekking of die vloei tempo en besproeiingsduur gevind word waarby hoë besproeiingsdoeltreffendhede van krag is.

Gedurende die periode 1972-1982 is op verskillende plase in die Vaalhartsgebied die moontlikheid van die verbetering van die doeltreffendheid van besproeiingsbestuur ondersoek, waarby alle bogenoemde faktore ook gemeet is. In hierdie artikel word die doeltreffendste eksperimentele besproeiingsbestuur vir die koring-, grondbone-, katoen- en mielievloedbedding vergelyk met die USDA-, die Badenhurst- en die Merriam metode. Die doel daarvan is om aan te toon hoe oorbesproeiing en onderbesproeiing verminder kan word.

Materiaal en Metode

Vloedbeddings

Op 63 koringbeddings, 34 grondbonebeddings, 20 katoenbeddings, en 4 mieliebeddings is die besproeiing een tot sewe keer gemeet. Die beddings was oor 19 plase en die landbounavorsingsstasie (LNS) versprei. Die grond was orals 'n fynsandgrond met 'n tipiese samestelling van 23% growwe en mediumsand, 67% fynsand, 2% slik en 8% klei.

Die beddings en beddingwalle is elke groeiseisoen opnuut gemaak en gewoonlik het die boere die geule langs die

lengtwalle en die effens dwarshelling nie verwyder nie. Met behulp van klein dwarswalle is 'n gelykmatige vorderingsfront probeer verkry. Op plase 2J7, 5J7, 4J8 en 5J8 is die grond egter binne die 4-5 m breë bedding van wal tot wal bewerk en was die afwerking van die beddings goed. Ander beddingafmetings en die diepte van die grondwaterstand (GWS) word in Tabel 1 vermeld.

Gewasse

Die koring- en grondboneplantrye was op sommige plase in die lengterigting van die bedding en op andere plase dwars daarop. Die katoen- en mielieplantrye was altyd in die lengterigting. Die afstand tussen twee plantrye was 0,17 m (koring); 0,40 m (grondbone); en 1,0 m (katoen en mielies). Op plaas 4J8 is die koringopbrengste van verskillende posisies op die beddings gemeet en op die LNS is die grondbone-opbrengste bepaal. Plantdatum: einde Junie (koring); begin Desember (alle ander gewasse).

Vloei tempo

Die vloei tempo van die water deur die plaassluis van 42 ℓ/s is deur lekkasie verminder of deur damwater aangevul tot 28 ℓ/s en 56 ℓ/s respektiewelik by die bopunt van die bedding. Die vloei tempo is met 'n Parshallmeetgeut, 'n Cipollettimeetkerf of met hewels gemeet. Op sommige plase is beddings naby die

TABEL 1
VLOEDBEDDINGS WAT ONDERSOEK IS OP BESPROEIHINGSBESTUUR

Gewas	Plaas	Bedding			Grondwaterstand (m)	Aantal beddings gemeet	Aantal male gemeet	Datum mnd/jaar
		Lengte (m)	Breedte (m)	Helling ($m\ m^{-1}$)				
Koring	LNS	100	6,3	1/300	>2,0	5	7	7-11/1980
	4J8	88	5,0	1/140	1,2	4	5	7-11/1981
	3K9	106	6,0	1/110	1,6	4	1	7/1979
	3K9	96	6,0	1/110	1,8	8	1	7/1979
	3B4	65	7,0	1/140	1,6	4	1	7/1979
	1E12	81	5,5	1/250	0,9	4	1	7/1979
	9I5	97	6,0	1/90	1,4	4	1	7/1979
	9I5	111	5,5	1/90	1,4	4	1	7/1979
	3J7	90	6,0	1/200	1,5	22	1	10/1979
	3J7	90	6,0	1/200	1,5	1	1	8/1977
	5J9	90	6,0	1/200	1,0	2	3	7-9/1973
	5J9	94	6,0	1/200	1,0	1	1	11/1972
	Grondbone	LNS	100	6,0	1/300	>2,0	4	6
5C3		70	7,0	1/150	1,3	4	4	12/81-2/82
2J7		93	3,9-6,9	1/160	1,1	4	7	12/79-2/80
5J8		93	4,0/5,0	1/170	1,6	4	4	12/79-2/80
2B5		96	5,5	1/130	1,4	8	1	3/80
3K9 ¹		95	6,0	1/120	1,5	2	1	2/79
4K9		86	6,5	1/170	1,4	2	1	3/79
9I5		93	5,0	1/100	1,2	4	1	3/79
3J13		90	6,0	1/280	1,5	2	1	3/79
Katoen		5J7	92	4,0	1/190	1,7	3	2
	5J7	92/184	4,0	1/190	1,7	4	4	12/79-1/80
	4J8	88	4,0	1/140	1,2	3	2	12/80-1/81
	2I5	80	6,5	1/360	1,8	2	1	3/79
	1A6	88	6,2	1/230	1,4	2	1	12/72
	1B8	94	6,0	1/170	1,1	2	1	12/72
	2P4	70	6,0		>2,0	4	1	3/82
Mielies	LNS	100	6,3	1/300	>2,0	4	4	1/81-3/81

sluise besproei met water uit leivore van beton of plastiek en is 42 l/s aanvaar. Op die meeste plase was slegs een vloeitempo en een beddingbreedte beskikbaar en dus een bepaalde eenheidstroom (vloeitempo in l/s per 1 m beddingbreedte). Op die LNS en plaas 5C3 is verskillende vloeitempo's gekies wat met 'n Haiseklep op die dam beheer is en op plaas 2J7 was daar verskillende beddingbreedtes beskikbaar en dus verskillende eenheidstrome.

Besproeiingsbestuur

Die tydstep van besproeiing is deur die plaasroetine en die beurtstelsel van wateraflewering bepaal. Op die LNS is die besproeiingstydstep met behulp van 'n verdampingspan bepaal. Op 'n plaas is gewoonlik vier beddings langs mekaar gekies. Die kommersiële bestuur op die beddings is noukeurig dopgehou. Op grond hiervan is besluit om die vloeistroom op vier verskillende posisies op die vier beddings af te sny sodat die water wel die einde van 'n bedding sou bereik, maar nie die walle op die einde sou oorstroom of breek nie.

Metings

Voor besproeiing van die vier beddings is die infiltrasie gemeet met behulp van 'n dubbelring-infiltrasiemeter of deur middel van 'n enkele ring in 'n voorafgaande vloedbedding. Met behulp van 'n horlosie en merkers op afstande van 10 m langs die beddingwalle is die vorderingsfront, die terugtrekkingsfront (75% van die oppervlakte by 'n merker droog), die besproeiingsduur (of afsnytyd) en die afsnyposisie bepaal. Die grondvog is by elke tweede 10 m-merk op diepte-intervalle van 0,15 m tussen grondoppervlak en 1,2 m in die middel van een bedding vóór en twee dae na besproeiing, gravimetries gemeet. Die volumedigtheid was gemiddeld 1,6 t/m³.

Besproeiingsdoeltreffendheid

Die nodige hoeveelheid besproeiingswater is uit die verskil tussen veldkapasiteit en die grondvog voor besproeiing verkry. Die veldkapasiteit is op die tweede dag na besproeiing gedurende die eerste maand van die groeiseisoen gravimetries bepaal; die evapotranspirasie is dan nog min.

Die onderste grens van die profielbeskikbare vog is uit die literatuur verkry (Streutker, 1971; en Human, De Bruyn en Spamer, 1980).

Die gemiddelde toegediende water (in mm) is die produk van vloeitempo en besproeiingsduur, gedeel deur die beddingoppervlakte. Dit is ook uit die gemiddelde kontaktyk en die infiltrasiekromme bereken.

Die doeltreffendheid van die vloedbesproeiingsbestuur word uitgedruk as:

Veld-toedieningsdoeltreffendheid (VTD), dit is
$$\frac{\text{nodige water (mm)}}{\text{toegediende water (mm)}} \times 100\%$$
 ook "Field Application Efficiency" genoem (Bos, 1979).

Profiel-toedieningsdoeltreffendheid (PTD), dit is
$$\frac{\text{aangevulde grondvog in wortelprofiel (mm)}}{\text{toegediende water (mm)}} \times 100\%$$
 (Wessels, 1967).

Aanvullingsdoeltreffendheid (AD), dit is
$$\frac{\text{aangevulde grondvog in wortelprofiel (mm)}}{\text{nodige hoeveelheid water (mm)}} \times 100\%$$
 (Wessels, 1967).

Bedding-verspreidingsdoeltreffendheid (BVD), ("Distribution Uniformity" maar nie "Distribution Efficiency" nie, laasgenoemde geld vir verliese in die distribusie- of kanalestelsel; Wessels, 1967; en Bos, 1979). Dit is CU en DU:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |\bar{y} - y|}{\bar{y} \times n}\right) \times 100\%$$
, dit is Christiansen se uniformiteitskoeffisiënt, waar
 \bar{y} = gemiddelde toediening (mm);
 y = toediening per posisie (mm); en
 n = aantal posisies per bedding.

$$DU = \frac{\text{toegediende of geïnfiltrerde water (mm) op laaste kwart van bedding}}{\text{gem. toegediende water (mm) op totale bedding}} \times 100\%$$
 (Merriam, 1978)

Die verskillende doeltreffendhede is op twee maniere bereken naamlik met behulp van die kontaktyd en infiltrasiekromme, asook deur middel van die gemete grondvog.

Die PTD en AD druk die doeltreffendheid noukeuriger uit as die VTD, maar die bepaling van eersgenoemdes is afhanklik van die meting van die aangevulde grondvog na besproeiing. Wanneer dit op die tweede dag na besproeiing gemeet word, is moontlike oorbesproeiing uitgedreiner maar het die gewas ook water onttrek. Die gemete waarde is dus effens te klein. PTD en AD kan wel gedurende die eerste maand van die seisoen ongeveer bepaal word.

Metodes vir die bepaling van beddingontwerp en -bestuur

USDA-metode (1964)

Met behulp van beddinglengte, helling, infiltrasie, gewasweerstand en nodige watertoediening word uit Fig. 4.1 en Tabel 4.12 en 4.6 in die USDA—SCS Nat. Eng. Handbook (1964) eers die nodige kontaktyd (t), dit is die nodige gemiddelde infiltrasieduur, gevind en daarna die verwagte veldtoedieningsdoeltreffendheid en die na-ying (verskil tussen afsnytyd en tydstep van 75% afdroging by die bopunt van die bedding) bepaal. Daaruit word die eenheidstroom (Q_e) en besproeiingsduur (T) vir bestuur bereken.

Badenhorst-tabelmetode en -vergelykingsmetode (Badenhorst, 1973)

By die tabelmetode word die gemete beddinglengte, die geakumuleerde infiltrasie gedurende die besproeiing, die beddinghelling en die nodige water in die tabel gebruik om 'n afsnykoeffisiënt (k) te vind waarby die vloediepte van 150 mm nie oorskry word nie. Die k-waardes in hierdie tabel is vir 'n gewasweerstand van n = 0,37 (Haise, 1978).

By die vergelykingsmetode word k uit vergelykings 15 en 18 (Badenhorst, 1973) bereken, terwyl n = 0,1 (katoen, mielies en koring in Julie) en n = 0,15 (koring en grondbone) gebruik is. Die besproeiingsduur (T) is die produk van k en t. Die eenheidstroom is die produk van beddinglengte en besproeiingshoeveelheid, gedeel deur k.t.

Merriam-metode (Merriam, 1978)

Hierdie metode is gebaseer op die waarneming dat die vorm van die terugtrekkingsfront taamlik konstant bly en onafhanklik van die vloeiempo is. Daarom word die vorm van die vorderingsfront by eersgenoemde aangepas. Twee taamlik parallelle krommes beteken 'n hoë CU of DU en 'n bepaalde afstand tussen beide krommes beteken 'n hoë VTD.

Vir die toediening van 'n bepaalde hoeveelheid besproeiingswater en 'n onveranderlike beddinglengte word die kontaktyk t_1 en die tyd t_2 (dit is t_1 minus na-ylingstyd t_a) vanuit die oorsprong op die Y-as geplaas; die vorm van die terugtrekkingskromme word deur t_1 getrek; 'n vorderingskromme word vanuit die oorsprong na die snypunt getrek van die horisontale lyn deur t_2 en die vertikale lyn op 90% van die beddinglengte en dan word die bybehorende doeltreffendhede bereken.

Die hoogste doeltreffendhede word eger verkry deur by 'n bepaalde watertoediening 'n beddinglengte te bepaal. In hierdie geval word die vorderingskromme vanuit die oorsprong getrek na die punt op die horisontale lyn deur t_2 waar die vertikale afstand tussen dié horisontale lyn en die terugtrekkingskromme gelyk is aan die afstand t_1 op die Y-as.

Ten slotte kan hoë doeltreffendhede verkry word deur by 'n vaste beddinglengte die nodige watertoediening te bereken.

Resultate en Bespreking

Die nodige hoeveelheid water per besproeiing

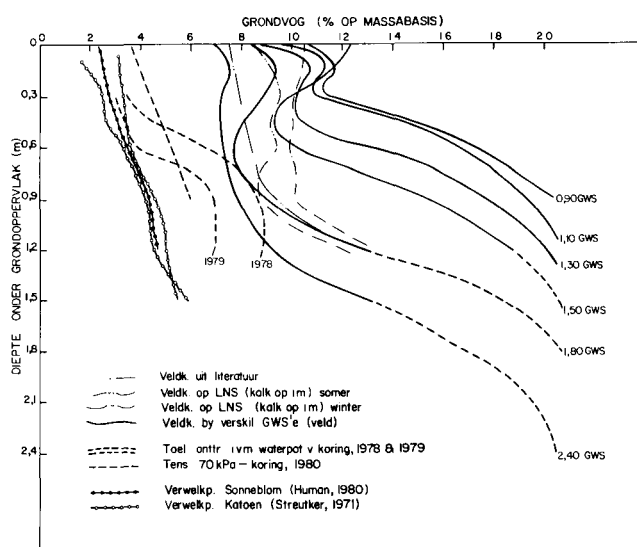
Die hoeveelheid water wat per besproeiing toegedien moet word, hang van die grondvogsituasie voor besproeiing af. In Fig. 2 is die grondvogsituasie vir die Vaalhartssandgrond opgesom. Die totale profielbeskikbare vog, tussen veldkapasiteit en verwelkpunt is gemiddeld 94 mm/1,2 m (De Kock, 1968; Streutker, 1971 en Human *et al.*, 1980). Wanneer 50% of 60% grondvog sonder vogstremming deur die gewas onttrek kan word, dan is die netto besproeiing 47-56 mm. In Fig. 2 verskuif die veldkapasiteitlyn

van die diep droë grond na regs hoe vlakker die grondwaterstand word. Minder besproeiingswater kan uitdreiner en meer kapillêre water is bo die kalklaag en grondwaterstand beskikbaar. 'n Kapillêre vogvoorsiening gedurende die totale groeiseisoen van 100-200 mm is ook gemeet (Streutker, 1980).

Die invloed van die verdigte laag op 'n diepte van 0,2-0,3 m op die veldkapasiteitlyn is duidelik sigbaar.

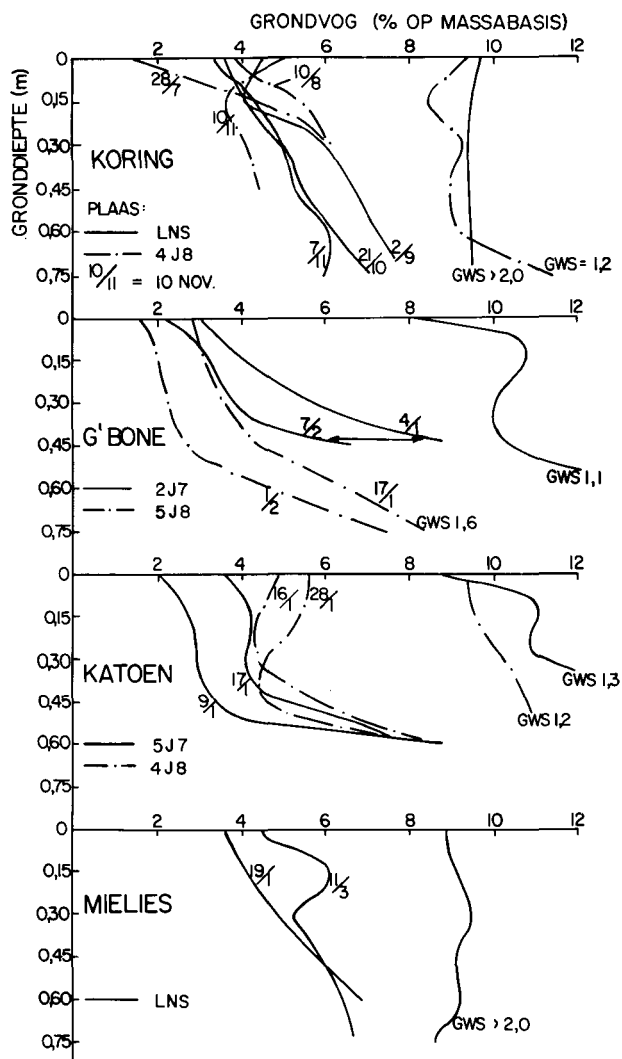
Om oorbeproeing en aanvulling van die grondwaterstand te voorkom, is 'n veilige vogpersentasie vir veldkapasiteit vir verskillende grondwaterstande in Fig. 2 gekies, nl. 11%, 10%, 9% en 8% vir grondwaterstande van 1,0 m, 1,2 m, 1,5 m en 1,8 m respektiewelik. Dwarsdeur die grondprofiel is een veldkapasiteitwaarde gekies.

Vogonttrekking tot verwelkpunt is nie wenslik nie omdat dit vogstremming veroorsaak en opbrengs verminder. Die grenslyn of grensgebied vir vogonttrekking in Fig. 2 is vir koring op 'n droë diep grond bepaal (Human *et al.*, 1980). Die 70 kPa-tensio-meterlyn van 1980-koring van hierdie ondersoek dui daardie grens ook ongeveer aan. Vir ander gewasse bestaan daar geen grenslyne nie, maar uit die grondvogprofile in Fig. 3 wat voor besproeiing van die vier verskillende gewasse bo 'n vlak grond-



Figuur 2

Die totale profielbeskikbare vog en die toelaatbare vogonttrekking in afhanglikheid van die diepte van die kalklaag en van die grondwaterstand (GWS)



Figuur 3

Grondvogprofile (% op massabasis) voor besproeiing (links) en twee dae na besproeiing (regs) vir vier gewasse

TABEL 2
TOELAATBARE GRONDVOGONTTREKKING IN AFHANKLIKHEID VAN WORTELDEPTE EN DIEPTE VAN DIE GRONDWATERSTAND

Gewas en Wortel-diepte (m)	Grondwaterstand (m)					
	0,9 – 1,3		1,5 – 1,8		> 1,8	
	Vogontr. tot %	Vogaanvul. tot %	Vogontr. tot %	Vogaanvul. tot %	Vogontr. tot %	Vogaanvul. tot %
Koring						
0,0-0,3	4,0	10	3,0	9	2,5	8
0,3-0,6	5,5	10	5,5	9	4,5	8
0,6-0,9	—	—	8,0	9	6,0	8
0,9-1,2	—	—	—	—	7,0	8
Nodig vir bespr. mm/m	50/0,6		50/0,75		58/1,2	
Grondbone						
0,00-0,30	3,7	10	2,7	9	2,7	8
0,30-0,45	7,0	10	4,0	9	4,0	8
0,45-0,75	—	—	7,0	9	6,0	8
Nodig vir bespr. mm/m	38/0,45		52/0,45		45/0,75	
Katoen/Mielies						
0,0-0,3	4,0	10	3,0	9	3,0	8
0,3-0,6	5,5	10	4,0	9	4,0	8
0,6-0,75	—	—	7,0	9	6,0	8
0,75-1,0	—	—	—	—	7,0	8
Nodig vir bespr. mm/m	50/0,6		57/0,6		53/0,75	

TABEL 3
DOELTREFFENDHEID VAN BESPROEING OP KORING – VLOEDBEDDINGS

Plaas	Datum	Grondvogte kort op 0,15 m voor vóór bespr. (mm.m ⁻¹)	Grondvog op 0,15 m vóór bespr. (massa) (%)	Eenheid-stroom Q/B (l.s ⁻¹ m ⁻¹)	Bespr. duur (min s)	Lengte bedding (m)	Afsay- posisie (m) & (%)	Gem. bespr. toege- dien (mm) Qxt/LxB	Gem. bespr. geinfil- treer (mm)	Gem. grond- vogaan- vulling (NB-VB) en gem. diepte (mm.m ⁻¹)	Veld toed. doelt- tref. VTD 3/9 (%)	Verspreidings- doeltreffendheid				Prof. Toed. Doelt. PTD		Aanvul- lings- doelt. AD (vog) (%)
												CU (Inf) (%)	(vog) (%)	DU (Inf) (%)	(vog) (%)	(Inf) 10/9 (%)	(vog) 11/9 (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LNS	Julie	25/0,7	6,4	11,5	4 32	100	60	30	30	—	83	89	—	87	—	100	—	—
	Aug.	—	—	9,0	7 15	100	61	40	53	—	—	95	—	106	—	100	—	—
	Sept.	64/0,9	3,7	9,0	9 50	100	66	55	38	—	100	95	—	93	—	70	—	—
	Okt.	66/1,0	3,5	9,0	8 32	100	62	47	64	—	88	96	—	95	—	100	—	—
4J8	Junie	56/0,9	4,2	8,4	7 00	88	72 82	37	48	39/0,7	100	83	85	78	123	100	100	70
	Julie	35/0,7	4,7	8,4	5 20	88	58 66	30	37	34/0,7	100	95	84	100	94	100	100	97
	Aug.	28/0,5	5,4	8,4	6 45	88	53 60	36	47	34/0,7	77	96	74	106	56	100	94	100
	Nov.	52/1,0	4,0	8,4	10 30	88	72 82	56	76	52/0,9	93	93	80	106	127	100	93	100
LNS	Julie	25/0,7	6,4	6,7	7 24	100	60	29	37	20/0,7	87	89	79	103	110	100	70	80
	Aug.	—	—	6,7	>8 15	100	>60	34	51	—	—	87	—	81	—	100	—	—
	Sept.	64/0,9	3,7	6,7	13 20	100	71	55	43	—	100	96	—	91	—	78	—	—
	Okt.	66/1,0	3,5	6,7	13 00	100	64	54	52	42/0,6	100	90	59	82	142	96	77	64
	Nov.	63/1,0	3,7	6,7	13 00	100	59	51	41	22/0,4	100	97	74	95	45	80	43	35
3K9*	Julie	55/0,7	2,9	7,0	{11 40 10 25	106	74 70	46	—	52/0,7	100	94	70	98	46	—	100	94
3K9*	Julie	56/0,9	2,3	7,0	{10 10 10 45	95	67 70	45	—	—	100	91	—	116	—	—	—	—
3B4*	Julie	32/0,7	4,6	6,0	6 25	65	39 60	35	—	—	91	93	—	82	—	—	—	—
3J7*	Aug.	34/0,5	3,4	10,0	6 00	90	56 62	37	—	50/0,3	92	84	86	130	86	—	100	100
3J7*	Okt.	40/0,7	4,2	7,0	8 30	90	52 58	35	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—
3J7*	Okt.	40/0,7	4,2	7,0	6 30	90	40 44	30	—	—	100	96	—	96	—	—	—	—
3J7*	Okt.	40/0,7	4,2	3,5	{13 00 16 30	90	56 62	28	—	—	100	90	94	125	91	—	—	—
5J9	Nov.	64/0,6	1,7	5,7	24 00	94	75 80	87	—	52/1,0	74	92	91	104	83	—	60	81

*Plantrye dwars op bedding

waterstand bepaal is, blyk dat die grond natter was as wat die koringgrenslyn van Fig. 2 aandui. Aangesien die stremmingsgrenslin vir somergewasse waarskynlik ook 'n natter profiel sal aandui, word die grondvogprofiel van Fig. 3 vir die meeste plase as redelike grenslyne aanvaar. Die gebied tussen die gemiddelde stremmingsgrenslin en die veldkapasiteitlyn stel dan die netto nodige hoeveelheid besproeiingswater voor.

Die diepte tot waar die grondvog voor besproeiing onttrek is (of die diepte tot waar besproeiingswater moet beweeg), is met behulp van die volgende kriterium gevind, naamlik 'n vogpersentasie van 8% op enige diepte in die grond met 'n vlak grondwaterstand (GWS < 1,5 m) en 6% in 'n grond met 'n diep grondwaterstand (> 1,8 m) dui op vogonttrekking deur die gewas op daardie diepte. Die volgende dieptes is gevind: koring 0,75 m (1,20 m); grondbone 0,45 m (0,70 m); katoen en mielies 0,60 m (0,75 m) vir 'n vlak en 'n diep GWS respektiewelik.

Voorgaande metings en besprekings is saamgevat in Tabel 2 en daaruit blyk dat vanaf 6-8 weke na planttyd ongeveer 40-60 mm netto water per besproeiing (afhanklik van die gewas en die grondwaterstand) nodig is.

Besproeiingskedulering

Op die LNS is oor die jare op 'n droë diep grond die hoogste opbrengste verkry met 'n besproeiingsbestuur wat op die Klas A verdampingspan gebaseer was. Daar is op dié dag besproei waarop die geakkumuleerde verdamping soos volg gewys het:

Koring: 75 mm (met pan-gewasfaktor 1,0); De Kock (1975).

50 mm (met pan-gewasfaktor 1,0-0,75); Human *et al.* (1980).

Katoen: 150 mm (met pan-gewasfaktor 0,5); Cloete en Human (1980)

100 mm (met pan-gewasfaktor 0,75); Human *et al.* (1980)

Op daardie dag is op proefblokke en proefbeddings 50-75 mm water bruto besproei. Hierdie proefwerk bevestig ook voorgaande netto toelaatbare grondvogonttrekking van 40-60 mm.

Eksperimentele vloedbesproeiingsbestuur

Die resultate van die beste eksperimentele bestuur sal vir elke gewas afsonderlik aangebied en bespreek word.

Koring-vloedbeddings

Waar gedurende die hele seisoen dieselfde vloeiempo (of eenheidstroom) op die goed afgewerkte beddings van 4J8 en LNS gebruik is, het die besproeiingsduur van Julie tot November toegeneem (kolomme 2, 5 en 6 van Tabel 3). Die hoeveelheid toegediende water per besproeiing het daarby vermeerder van ongeveer 30 mm tot 56 mm (kolom 9), terwyl van 28 mm tot 66 mm water nodig was (kolom 3).

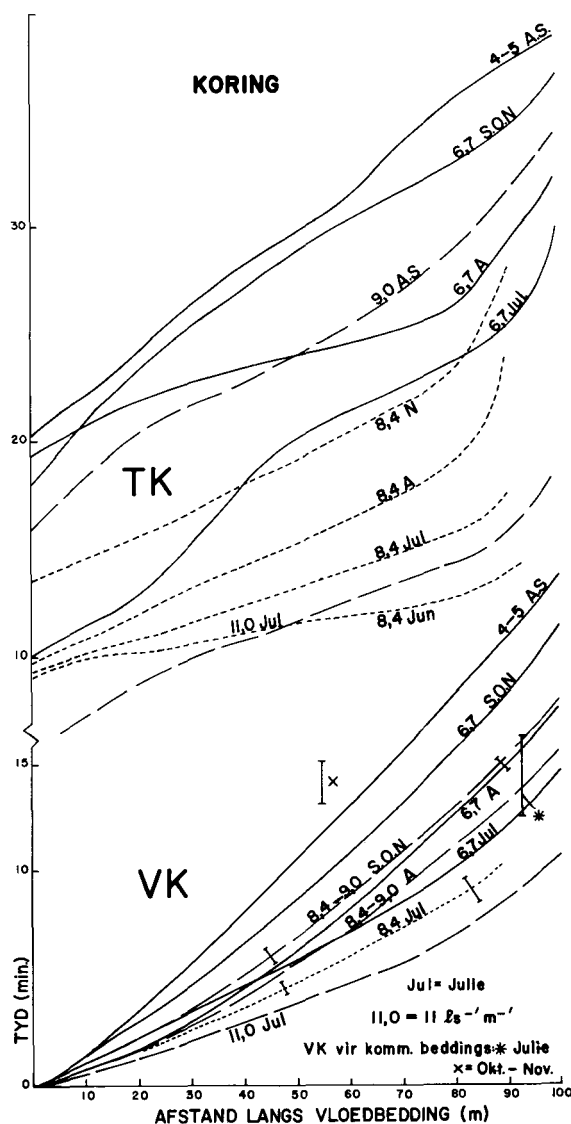
Waar 'n eenheidstroom van $6,7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ in plaas van $9,0 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ gekies is, het die besproeiingsduur ook toegeneem (kolomme 5 en 6). In al hierdie gevalle is dit egter opvallend dat die posisie waarop die vorderingsfront afgesny is gedurende die gehele seisoen taamlik konstant gebly het, naamlik 64-71% van die beddinglengte (kolom 8). Die eerste besproeiing in Junie tot Julie, op droë en los grond, word hier buite bespreking gelaat.

Op die swakker afgewerkte beddings van plase 3K9, 3B4 en 3J7 met dwarsgeplante koringrye was die afsnyposisie vir 'n eenheidstroom van $6,7-10,0 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ gedurende die tweede en latere besproeiings in Julie en Augustus naby 70% en die gemiddelde toediening 35-45 mm. Selfs waar op plase 3J7 met 'n nor-

male leistroom gelyktydig twee beddings besproei is (eenheidstroom $3,5 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$), was die afsnyposisies 62% en 72%.

Die afsnyposisie van die eerste en laaste besproeiing van die seisoen was 71-83%.

Die veldtoedieningsdoeltreffendheid (kolom 12) was 77% en hoër. Vir meer as die helfte van die beddings was dit egter groter as 100%. Dit beteken dat onvoldoende water toegedien is, naamlik slegs 66-87% van die nodige hoeveelheid water. Die verspreidingsdoeltreffendheid (CU-infiltrasie) is in die begin van die seisoen onderkant 90%, maar daarna bokant 90% (kolom 13). Die CU volgens die grondvogmonsters is opvallend laer (kolom 14) wat in teenstelling is met die resultate van Dhruva Narayana, Kalra en Singh (1980). Die verskil kan egter nie verklaar word nie as gevolg van onduidelikhede in hul metode van vogbepaling, berekening van benodigde besproeiingswater, berekening van vogonttrekking direk na besproeiing en die posisie van die infiltrasiekromme. Die DU-waarde is meestal kleiner as 100% en soms groter as 100% wat te min en te veel water respektiewelik

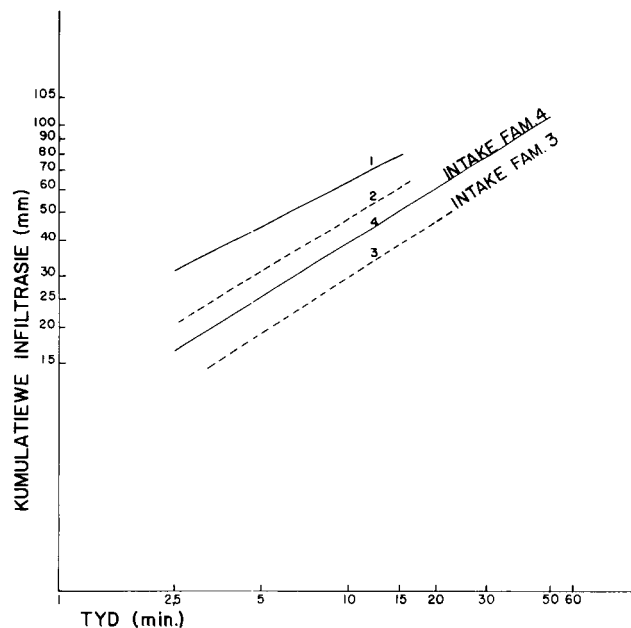


Figuur 4 Die vorm van die vorderingskromme en die vorm en posisie van die terugtrekkingskromme (VK en TK) vir koringbeddings by verskillende eenheidstrome en gedurende verskillende maande.

op die einde van die bedding beteken. Baie van die profieltoedieningsdoeltreffendhede (PTD) is groter as 100% maar omdat dit onmoontlik is, beteken dit dat die toediening met behulp van die infiltrasie oorskat is. Met grondvogmonsters is vir plaas 4J8 met 'n vlak grondwaterstand, meer betroubare PTD-waardes en AD-waardes verkry. Vir die LNS, sonder 'n vlak grondwaterstand, was die PTD-waardes en AD-waardes laer as dié op 4J8.

Die toename van die besproeiingsduur as gevolg van die vordering van die groeiseisoen en as gevolg van die gebruik van 'n kleiner eenheidstroom is in Fig. 4 aangetoon deur die verandering van die helling van die vorderingkromme (VK). Die vorm van die VK vir $6,7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ het meer verander as die vir $9,0 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Die vorm van die terugtrekkingskromme (TK) het na die eerste maand taamlik konstant gebly, terwyl die posisie van die TK hoër is namate die besproeiingsduur toegeneem het.

Hierdie verandering van die vorm en posisie van VK en TK is veroorsaak deur die afname van die infiltrasie en die toename van die gewasweerstand. Die infiltrasie het van lyn 1, gedurende die eerste maand van die seisoen, na lyn 4 verminder (Fig. 5), hoewel skommeling rondom lyn 4 voorgekom het. Die infiltrasie vir plaas 4J8 was tussen lyn 2 en 4 en vir die LNS tussen lyn 2 en 3. Lyn 4 val saam met die USDA-“intake family no. 4” en dit beteken dat die infiltrasie van die Vaalhartsand hoog is en vloedbesproeiing op die grens van oorweging lê. Lyn 3 val saam met die “intake family no. 3” waarvoor wel vloedbesproeiing ontwerp word.



Figuur 5
Lyns vir geakkumuleerde infiltrasie (log-log-skaal); gedurende die eerste maand na plant (lyn 1) en gedurende die res van die seisoen (lyn 4), met skommeling tussen lyn 2 en lyn 3.

TABEL 4
DOELTREFFENDHEID VAN BESPROEIING OP GRONDBONE-VLOEDBEDDINGS

Plaas	Datum	Grondvogtekort voor bespr. (mm.m ⁻¹)	Grondvog op 0,15 m vóór bespr. (massa) (%)	Eenheidstroom Q/B (l s ⁻¹ m ⁻¹)	Bespr. duur (min s)	Lengte bedding (m)	Afsnyposisie (m) & (%)	Gem. bespr. toegeedien Qxt/LxB (mm)	Gem. bespr. geinfiltreer (mm)	Gem. grondvog-aanvulling (NB-VB) en gem. diepte (mm.m ⁻¹)	Veld toed. doeltref. VTD 3/9 (%)	Verspreidingsdoeltreffendheid				Prof. Toed. Doelt. PTD		Aanvullingsdoelt. AD (vog) (%)
												CU		DU		(Inf) 10/9 (%)	(vog) 11/9 (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
(2)7*	Des.	17/0,5	8,1	10,7	4 25	93	55 59	31	45	—	55	87	—	110	—	100	—	—
5)8	4 Jan.	31/0,5	4,6	10,2	4 39	93	54 58	30	25	—	100	95	—	94	—	83	—	—
2B5*)	17 Jan.	52/0,8	3,0	11,3	6 30	93	>50 54	47	33	7/0,5	100	86	7	75	0	70	15	15
	25 Mrt.	41/0,6	2,7	13,0	4 40	96	>46 50	39	31	37/0,5	100	76	89	35	118	80	95	90
	Des.	26/0,5	6,1	8,5	5 30	93	58 62	30	47	27/0,9	87	79	89	71	66	100	90	100
	4 Jan.	39/0,6	3,7	8,1	6 30	93	57 61	34	35	20/0,4	100	98	58	103	30	100	60	51
	18 Jan.	36/0,5	4,4	9,4	5 00	93	54 58	30	20	14/0,5	100	95	61	107	25	67	47	40
	1 Feb.	73/0,8	2,1	9,0	5 25	93	53 57	31	33	34/0,6	100	98	55	97	52	100	100	47
	1 Feb.	44/0,5	3,5	4,3	10 05	93	52 56	28	29	50/0,7	100	95	57	100	26	100	100	100
	Des.	17/0,5	8,1	7,2	7 54	93	64 69	37	56	—	44	85	—	85	—	100	—	—
	4 Jan.	31/0,5	4,6	6,8	7 50	93	58 62	34	33	—	91	90	—	87	—	97	—	—
	18 Jan.	45/0,5	3,4	7,5	7 05	93	52 56	34	27	—	100	92	—	116	—	80	—	—
	1 Feb.	70/0,8	2,2	7,2	6 05	93	54 58	28	32	—	100	94	—	82	—	100	—	—
	25 Feb.	34/0,5	4,4	7,5	5 55	93	>42 56	29	26	—	100	88	—	66	—	90	—	—
LNS	28 Des.	35/1,0	5,2	7,0	9 30	100	63	40	65	27/0,5	88	94	—	89	—	—	—	—
	8 Jan.	50/1,0	4,2	7,0	11 30	100	65	48	60	—	100	85	—	80	—	—	—	—
	18 Jan.	66/1,0	4,0	7,0	12 30	100	69	52	65	25/0,6	100	96	86	89	123	—	—	—
	16 Feb.	87/1,0	2,8	7,0	15 13	100	77	64	56	41/0,7	100	93	59	86	56	—	—	—
5C3*	29 Des.	38/0,5	3,8	5,6	6 22	70	47 67	33	37	35/0,6	100	89	76	86	55	—	—	—
	5 Jan.	42/0,5	3,2	6,0	6 21	70	45 64	32	75	50/1,0	100	87	54	81	34	—	—	—
	19 Jan.	45/0,6	1,9	5,6	5 12	70	42 60	25	70	45/0,8	100	89	77	82	175	—	—	—
3K9	1 Feb.	37/0,7	4,7	5,8	17 00	95	82 86	63	66	38/1,0	59	86	64	66	220	100	60	100
4K9*	12 Mrt.	60/0,7	2,3	5,3	12 40	86	82 86	86	88	63/1,2	70	94	84	91	118	100	73	100
9)5*	21 Mrt.	23/0,5	4,7	—	14 45	93	72 76	107	70	92/0,9	21	91	91	80	107	66	86	100
3)13*	14 Mrt.	39/0,5	3,2	6,3	19 00	90	64 70	80	96	42/0,8	50	93	85	113	84	100	53	100

*Plantrye dwars op bedding

Grondbone-vloedbeddings

Gedurende Januarie is 'n veldtoedieningsdoeltreffendheid groter as 70% verkry en 'n CU- en DU-waarde beide groter as 90%, deur eenheidstrome van ongeveer 11, 9, 7 en $6 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ op ongeveer 58, 60, 62 en 64% van die beddinglengte af te sny (Tabel 4). Op die LNS was dit met $7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ongeveer by 67%. Die besproeiingsduur het met die vordering van die seisoen toegeneem, terwyl dit op die LNS langer was as op ander plase. Die oorsaak is waarskynlik die gebrek aan 'n vlak grondwaterstand, 'n groter uitdroging van die grond voor besproeiing en 'n kleiner helling op die LNS.

Die hoeveelheid toegediende water was 30-40 mm per besproeiing en op die LNS 40-50 mm, terwyl ongeveer 30-45 mm en 50-66 mm respektiewelik nodig was. Later in die seisoen (einde Februarie en Maart) was die afsnyposisie 70-86% vir kommersiële eenheidstrome van $5,3-6,3 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, terwyl 63-107 mm water toegedien is.

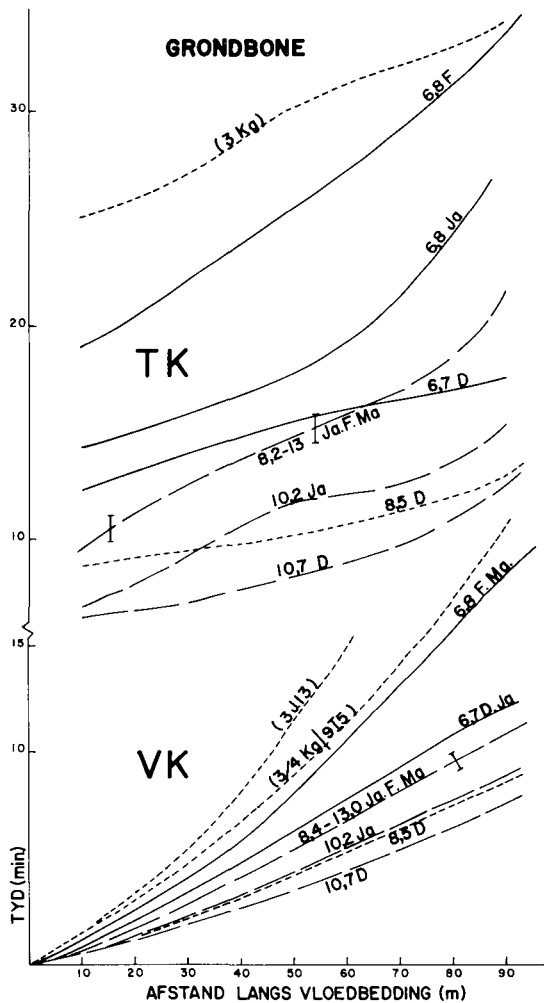
Die helling van die vorderingskromme (VK) het toegeneem namate die eenheidstroom afgeneem of die groeiseisoen gevorder het (Fig. 6). Die steilste helling van die VK's is by die klein kommersiële eenheidstrome van $5,3-6,3 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ gevind. Geen verskil in invloed van plantrygting en grondwaterstand is op die

VK gevind nie. Die vorm van die terugtrekkingskromme (TK) het na Desember ongeveer dieselfde gebly. Die posisie van die TK is hoër namate die eenheidstroom kleiner is of die seisoen gevorder het. Die infiltrasie het vanaf Januarie tussen lyne 2 en 3 gewissel (Fig. 5).

Katoen-vloedbeddings

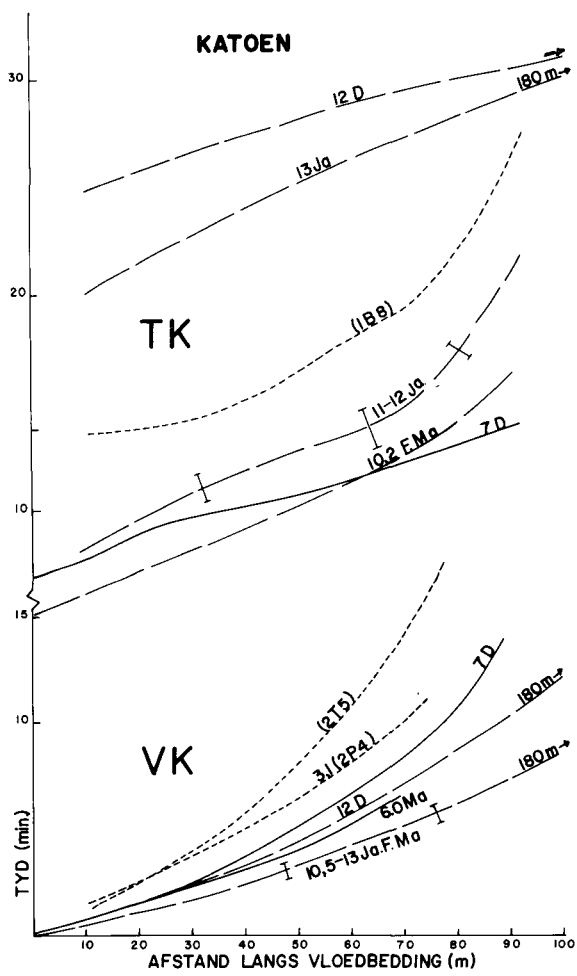
Gedurende Januarie is 'n VTD groter as 80%, 'n CU groter as 90% en 'n DU groter as 100% verkry deur 'n eenheidstroom van $11-13 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ op ongeveer 64% van die lengte van die goed afgewerkte beddings van plase 5J7 en 4J7 en 4J8 af te sny (Tabel 5A). Daarby is ongeveer 27 mm water toegedien terwyl 23-39 mm nodig was. Gedurende die eerste maand na plantdatum was 83% 'n goeie afsnyposisie op die bedding met los grond, sowel vir 'n beddinglengte van 184 m as van 88 m, maar die toegediende water was 57 mm en 27 mm respektiewelik. As gevolg van reën was die bogrond in Maart baie vogtig en die infiltrasie laer as normaal sodat die vloeiroom reeds op 55-61% afgesny is. 'n Taamlike goeie CU en DU is verkry maar die VTD was so laag as 40-92%, omdat daar slegs 17 mm water toegedien kon word (plase 2P4 en 5J7).

Die helling van die VK het gedurende Desember en Januarie *afgeneem* en daarna ongeveer dieselfde gebly (Fig. 7).



Figuur 6

Die vorm van die vorderingskromme en die vorm en posisie van die terugtrekkingskromme (VK en TK) vir grondbonebeddings by verskillende eenheidstrome en gedurende verskillende maande.



Figuur 7

Die vorm van die vorderingskromme en die vorm en posisie van die terugtrekkingskromme (VK en TK) vir katoenbeddings by verskillende eenheidstrome en gedurende verskillende maande.

TABEL 5
DOELTREFFENDHEID VAN BESPROEING OP: A. KATOEN-VLOEDBEDDINGS; B. MIELIE-VLOEDBEDDINGS

Plaas	Datum	Grondvogte kort op 0,15 m voor vóór bespr. bespr. (mm.m ⁻¹)	Grondvog (g/m ²)	Eenheidstroom Q/B (l s ⁻¹ m ⁻¹)	Bespr. duur (min s)	Lengte bedding (m)	Afsnyposisie (m) & (%)	Gem. bespr. toegedien Qxt/LxB (mm)	Gem. bespr. geïnfil-treer (mm)	Gem. grondvog-aanvulling (NB-VB) en gem. diepte (mm.m ⁻¹)	Veld toed. doeltref. VTD 3/9 (%)	Verspreidingsdoeltreffendheid				Prof. Toed. Doelt. PTD		Aanvullingsdoelt. AD 11/3 (%)
												CU		DU		(lnf)	(vog)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A. Katoen																		
5J7	14 Des. '79	38/0,4	3,6	12,0	18 56	180	126 70	76	51	88/1,0	50	78	84	62	107	67	100	100
	9 Jan. '80	46/0,6	2,7	13,0	13 15	184	150 82	57	60	59/0,9	82	90	87	73	105	100	100	100
	9 Jan. '80	45/0,5	3,0	13,0	5 20	92	55 60	46	43	—	100	63	—	250	—	93	—	—
	17 Jan. '80	34/0,5	4,8	12,0	3 30	92	58 63	28	32	21/0,4	100	92	50	100	210	100	90	61
	28 Jan. '80	39/0,7	5,5	12,0	3 35	92	> 53 58	28	25	22/0,6	100	74	60	190	210	90	80	57
	3 Feb. '82	23/0,5	5,6	10,5	4 00	92	60 65	27	52(24)	—	85	91	—	131	—	193	—	—
	16 Mrt. '80	28/0,9	6,4	10,5	2 44	92	50 55	19	35(15)	16/0,3	100	86	51	119	150	184	84	57
4JB	18 Des. '80	29/0,6	5,4	4,2	9 30	88	76 86	27	90	—	100	85	—	130	—	100	—	—
	18 Des. '80	29/0,6	5,4	7,0	6 00	88	70 80	28	62	23/0,6	100	72	48	200	200	100	80	80
1A6	19 Des.	39/0,8	5,7	7,3	12 00	88	88 100	62	75	26/0,7	63	83	45	150	360	100	42	67
1B8	19 Des.	13/0,3	8,1	7,5	10 00	94	89 94	48	55	8/0,2	27	91	37	130	100	100	17	62
2I5	13 Maart	35/0,8	6,0	6,0	9 30	80	55 70	38	80	28/0,8	92	40	73	300	140	100	74	80
2P4	19 Maart	40/0,9	5,7	6,0	3 30	70	43 61	18	32	17/6,5	45	88	65	133	180	180	95	40
2P4	19 Maart	40/0,9	5,7	3,1	6 10	70	46 66	16	34	—	40	96	—	96	—	210	—	—
B. Mielies																		
LNS	19 Jan.	48/1,0	4,3	8,0	8 45	100	62	43	46	36/0,9	100(90)	90	65	80	170	107	84	75
	11 Feb.	26/1,0	7,6	8,4	6 00	100	57	31	30	—	84	90	—	120	—	97	—	—
	13 Maart	50/1,1	6,3	9,0	7 30	100	57	41	40	—	82	98	—	100	—	98	—	—
	6 Jan.	26/0,9	6,8	7,0	11 10	100	70	49	41	—	53	97	—	100	—	84	—	—
	19 Jan.	53/1,1	3,9	6,7	8 30	100	> 61	35	43	60/1,2	100(66)	92	82	90	100	123	171	113
	11 Feb.	12/1,0	8,1	6,7	8 00	100	54	33	30	22/0,4	37	93	40	111	400	91	67	183
	13 Maart	49/1,1	6,3	6,7	10 40	100	63	44	40	29/0,4	100(90)	96	36	104	390	91	66	60

Die oorsaak daarvan is die afname van die infiltrasie met die tyd en die taamlik *konstante* gewasweerstand tussen die 1 m yre plantrye. Die helling van die VK's van die kommersiële beddings van plase 1A6-2I5 was baie groter.

Die vorm van die TK het gedurende Januarie, Februarie en Maart ongeveer dieselfde gebly, terwyl die posisie van die TK vir Maart *onder* dié van Januarie val. Vir die langer beddings met 'n groter besproeiingsduur is die posisie van TK die hoogste. Die infiltrasie op die katoenbeddings is rondom lyn nr. 4 (Fig. 5).

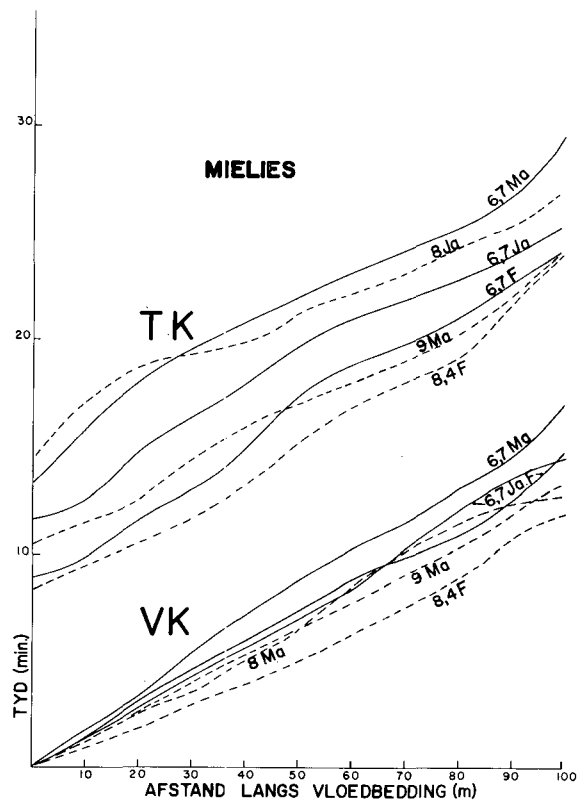
Mielie-vloedbeddings

Hoë waardes vir VTD, CU en DU is verkry deur eenheidstrome van 8,5 en 6,7 l s⁻¹m⁻¹ op 57% en 62% respektiewelik van die beddinglengte af te sny (Tabel 5B) terwyl 35-44 mm water toegedien is. Waar 'n klein hoeveelheid reën die grondoppervlak vogtiger as normaal voor besproeiing gemaak het, was die VTD laag en die toediening minder.

Die helling van die VK het effens afgeneem soos die eenheidstroom van 6,7 l s⁻¹m⁻¹ na 8,5 l s⁻¹m⁻¹ toegeneem het. Vir 'n bepaalde eenheidstroom het die vorm van die VK gedurende die seisoen taamlik konstant gebly ewenas die vorm van die TK (Fig. 8).

Moontlike Verbeterings van die Komersiële Vloedbestuur

Uit bogenoemde resultate van die eksperimentele besproeiingsbestuur is dit duidelik dat gedurende die grootste gedeelte van die groeiseisoen 'n toedieningsdoeltreffendheid (VTD) groter as



Figuur 8
Die vorm van die vorderingskromme en die vorm en posisie van die terugtrekkingskromme (VK en TK) vir mieliebeddings by verskillende eenheidstrome en gedurende verskillende maande.

70% of 80% (met CU groter as 90% en DU groter as 70-80%) gevind is wanneer die leistroom op 64-71% (koring), 58-64% (grondbone), 64% (katoen) en 57-62% (mielies) afgesny is. Aan die begin en einde van die koring- en grondbone-seisoen was die afsnyposisie effens groter naamlik 71-83% (koring) en 77-86% (grondbone). Vir die katoen- en mielieseisoen was die afsnyposisie in die begin ook groter (80%), maar dit het aan die einde nie toegeneem soos by koring en grondbone nie.

Aan die einde van die seisoen was dit op die mielie- en katoenbeddings moeilik om die nodige hoeveelheid water toe te dien met behoud van 'n goeie verspreidingsdoeltreffendheid. Op die mieliebeddings van die LNS kon egter wel meer water toegedien word as gevolg van 'n kleiner beddinghelling en swakker beddingafwerking as op die beddings van plaas 5J7. Dit was nie as gevolg van 'n hoër infiltrasie nie, want vir beide plase was dit dieselfde.

Figuur 9 gee 'n oorsig van die VK's en TK's vir 'n eenheidstroom van $7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (dit is die kommersiële vloeitempo van 42 l/s op 'n kommersiële beddingbreedte van 6 m) op die goed afgewerkte koring-, grondbone-, katoen- en mieliebeddings. Vir die koring- en grondbonebeddings verteenwoordig die onderste kromme die VK een maand na planttyd en die boonste kromme die grens van die VK aan die einde van die seisoen. Die vertikale lyn dui die verandering van die VK aan. Vir die katoen- en mieliebeddings is die betekenis van die krommes presies andersom.

Dit is opvallend dat die vorm van die VK's van die beddings vir al vier die gewasse in die begin van die seisoen ongeveer

dieselfde is. Die afwyking vir die mieliebedding is waarskynlik 'n gevolg van die feit dat beddings slegs op die LNS gemeet is, waar bowendien nie 'n vlak grondwaterstand voorgekom het nie. Tot aan die einde van die seisoen is die vorm van die VK van die koring- en grondbonebedding dieselfde, terwyl die VK van die mieliebedding effens afwyk en dié van die katoenbedding heeltemal afwyk.

Die vorm van die TK's van die beddings van drie gewasse is gedurende die hele seisoen dieselfde, terwyl dié van die katoenbedding effens afwyk. Die posisie van die TK's van die koring- en grondbonebedding skuif omhoog gedurende die seisoen, terwyl dié van die katoen- en mieliebedding min verander.

Die grootste besproeiingsdoeltreffendheid (CU- en DU-waarde) word verkry waar die VK en TK volledig ewewydig aan mekaar is. In Fig. 9 is dit duidelik te sien dat beide krommes vir die koring-, grondbone- en ook vir die mieliebedding taamlik parallel loop. Die tapstoelopenheid van die VK en die TK wat normaal in oop- of uitvloeibeddings gevind word, is hier deur die effense opdamming van water op die einde van die geslote bedding gedeeltelik voorkom. Tog het daar nog 'n "knik" in die TK tussen die 70-80% posisie oorgebly. Die 1981-grondbone-opbrengste van 4,8 t/ha, 4,6 t/ha, 4,5 t/ha en 4,1 t/ha op respektiewelike posisies 10 m, 30 m, 50 m en 75 m as gemiddeldes van vier beddings op die LNS kan 'n gevolg wees van daardie tapstoelopenheid of verminderde watertoediening al langs die beddings.

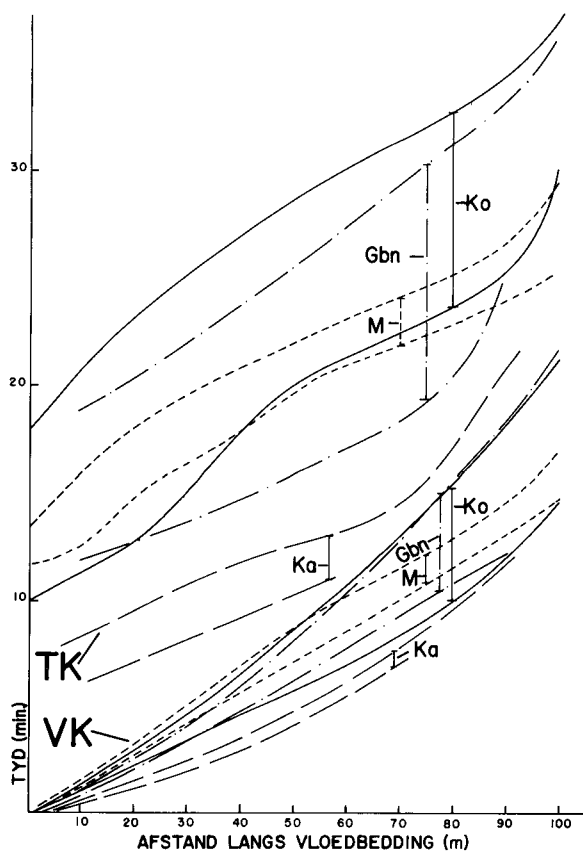
Met behulp van 'n effens groter eenheidstroom as die huidige kommersiële vloeitempo lyk dit aan die einde van die seisoen moontlik om die helling van die VK van die koring- en grondbonebedding te verminder. Omdat die helling van die TK weinig verander, kan op die wyse die CU- en DU-waarde groter gemaak word. 'n Eenheidstroom van $8,4 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ plaas van $7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ kan verkry word deur die beddingbreedte van 6 m na 5 m te verminder of deur 'n groter leistroom uit die dam te gebruik (Plaas 4J8, Tabel 3). Die 1981-koringopbrengste van 4,6 t/ha, 4,6 t/ha, 4,9 t/ha, 5,0 t/ha en 4,7 t/ha op respektiewelike posisies 10 m, 30 m, 50 m, 75 m en 85 m as gemiddeldes van vier beddings op 4J8, waar 'n eenheidstroom van $8,4 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ gedurende die seisoen gebruik is, verskil egter van mekaar. In watter mate 'n effense groter watertoediening en daardeur 'n groter stikstofuitwassing aan die bo- en onderkant teenoor die middelste posisies van die bedding 'n rol gespeel het, is onbekend.

Vloedbesproeiingsbestuur volgens verskillende metodes

Met behulp van die USDA-metode, die Badenhorst-tabelmetode, die Badenhorst-vergelyking en die Merriam-metode is die eenheidstroom en besproeiingsduur ook *bereken*. Daarvoor is gebruik gemaak van die gemete eienskappe van 'n aantal beddings met die beste eksperimentele bestuur waar ongeveer 35 mm en 50 mm toegedien is. Die berekende en eksperimentele resultate is in Tabel 6 opgesom en daaruit blyk dat daar verskille tussen die resultate bestaan.

Die eenheidstroom en die produk van eenheidstroom en besproeiingsduur, soos bereken met die USDA- en Merriam-metode is groter as dié bereken met beide Badenhorst-metodes (kolomme 5 en 6). Die rede is dat by eersgenoemde metodes water uit die oop bedding vloei, terwyl dit in die geslote bedding van die laasgenoemde metodes opdam. In die USDA-metode word dan ook 'n VTD van 60%-70% gebruik en in die Merriam-metode is die afsnyposisie so groot as 90%.

Verder is die eenheidstroom uit die Badenhorst-tabel groter as dié uit die Badenhorst-vergelyking. Die rede hiervoor is dat 'n



Figuur 9

Die vorm van die vorderingskrommes en die vorm en posisie van die terugtrekkingskrommes (VK en TK) vir eenheidstroom $7 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ op koring-, grondbone-, katoen- en mielievloedbeddings in die Vaalbart-besproeiingsgebied.

TABEL 6
'N VERGELYKING TUSSEN DIE DOELTREFFENDHEID VAN EKSPERIMENTELE BESPROEIINGSBETUUR EN DIÉ VAN ANDER
ONTWERP-BESTUURSMETODES VIR 'N AANTAL VLOEDBEDDINGS

Gewas & Plaas	Nodige Besproeiing mm	Bedding- lengte m	Infiltrasie lyn nr.	Eenheid- stroom $l s^{-1} m^{-1}$	Besproeiings- duur min	Toediening mm	Besproeiingsdoeltreffendheid			Metode
							VTD %	CU %	DU %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Koring										
4J8	35	88	4	8,4	5,3	30	117	95	100	Eksp.
				10,5	7,0	50	70	—	—	USDA
				8,5	6,0	35	100	—	—	Bad. Tab.
				6,4	8,0	35	100	—	—	Bad. Vgl.
				13,0	5,5	43	81	85	137	Merriam
4J8	52	88	4	8,4	10,5	56	93	93	106	Eksp.
				8,1	14,0	83	65	—	—	USDA
				5,6	13,6	52	100	—	—	Bad. Tab.
				5,0	15,2	52	100	—	—	Bad. Vgl.
				10,0	12,0	72	70	84	138	Merriam
Grondbone										
2J7	36	93	3	9,4	5,0	30	120	95	107	Eksp.
				6,9	12,8	57	65	—	—	USDA
				7,1	7,8	36	100	—	—	Bad. Tab.
				4,5	12,4	36	100	—	—	Bad. Vgl.
				9,0	10,0	54	67	100	100	Merriam
4K9	60	86	3	5,3	12,7	86	70	94	91	Eksp.
				4,8	26,7	90	67	—	—	USDA
				3,4	26,4	60	100	—	—	Bad. Tab.
				2,9	29,1	60	100	—	—	Bad. Vgl.
				4,5	30,0	80	75	79	55	Merriam
Katoen/Mielies										
5J7	34	92	3	12,0	3,5	28	121	92	100	Eksp.
				6,5	12,0	51	67	—	—	USDA
				6,1	8,6	34	100	—	—	Bad. Tab.
				4,3	12,2	34	100	—	—	Bad. Vgl.
				8,0	12,0	58	60	95	95	Merriam
LNS	50	100	3	9,0	7,5	41	122	98	100	Eksp.
				6,7	10,7	44	114	96	104	Eksp.
				6,6	19,0	75	67	—	—	USDA
				6,0	13,8	50	100	—	—	Bad. Tab.
				4,1	20,4	50	100	—	—	Bad. Vgl.
				6,0	19,0	68	75	80	66	Merriam

groter gewasweerstand in die eerste geval gebruik is, as gevolg waarvan 'n gemiddelde k-waarde van 0,73 in plaas van 0,94 bereken is. Hoe kleiner k, hoe kleiner die besproeiingsduur en hoe groter die eenheidstroom. Die resultate van die tabelmetode is meer in ooreenstemming met dié van die ander metodes. In verband met die k-waardes is 'n eksperimentele na-yingstyd ("time lag") van 3 min (koring, grondbone en mielies) en 1-2 min (katoen) gemeet. Dit stem ooreen met die waardes wat in die USDA-metode gebruik word.

Wat die verskil tussen die berekende en eksperimentele eenheidstroom betref is daar geen voorkeur vir enige van die drie metodes nie, maar die VTD-, CU- en DU-waardes verskil aansienlik (kolomme 8, 9 en 10). Die eksperimentele CU- en DU-waardes is groter as 91%, terwyl die VTD-waarde 70-122% is. (Groter as 100% beteken aan die een kant dat te min water toegedien is, maar aan die ander kant dat daar baie waarskynlik geen water vermors is nie). Geen CU- en DU-waardes word met

die USDA- en Badenhorst-metode bereken nie, maar die VTD is 65 en 70% respektiewelik. Die CU- en DU-waardes van die Merriam-metode is dikwels baie laag, omdat dié metode hier vir 'n bepaalde hoeveelheid water en 'n bepaalde onveranderlike beddinglengte gebruik is. Dié metode kom eers tot sy reg wanneer die beddinglengte verander kan word. Om 'n toelaatbare vogonttrekking met 'n 50 mm besproeiing aan te vul en daarby hoë CU- en DU-waardes te verkry is volgens die Merriam-metode 'n beddinglengte van 83 m (koring), 117 m (grondbone) en 136 m (katoen en mielies) nodig (Tabel 7A). Andersom, met 'n onveranderlike beddinglengte van 90 m word hoë verspreidingsdoeltreffendhede verkry met 'n besproeiing van 50 mm (koring) en 35 mm (grondbone, katoen en mielies) (Tabel 7B). Die VTD-waarde bly in beide gevalle egter naby 50-70% as gevolg van die oop bedding en die afsnyposisie van 90%. Die eksperimentele VTD-waardes is as gevolg van die geslote-bedding dikwels baie beter as dié van die Merriam-metode.

TABEL 7
AANBEVOLE BESPROEIINGSBESTUUR: A) VIR 50 mm
TOEDIENING OP 'N 1/50 HELLING VANAF 1 MAAND NA
PLANTDATUM OP BEDDINGS MET VERSKILLENDE
LENGTES; B) VIR VERSKILLENDE TOEDIENINGS OP 'N
BEDDING VAN 90 m LENGTE

Gewas	Infiltra- sie lyn Nr.	Eenheid- stroom $\ell s^{-1} m^{-1}$	Bespr. duur Min.	Bedding lengte m	Bedding breedte m	Stroom- vloei ℓs^{-1}
1	2	3	4	5	6	7
A.						
Koring	4	8,4	12,0	83	5,0	42
Grondbone	3	10,0	19,0	117	5,6	56
Katoen/ Mielies	3	8,4	19,0	136	5,0	42
B.				Toediening		
Koring		8,4	12,0	90	50	
Grondbone		10,0	9,0	90	35	
Kat./Miel.		8,4	12,0	90	35	

Die enkele praktiese waardes vir 'n eenheidstroom vir 'n vloedbedding op 'n sandgrond met hoë infiltrasie wat in die literatuur gevind is, soos $9,2 \ell s^{-1} m^{-1}$ (Steed, 1966); $5,8-8,1 \ell s^{-1} m^{-1}$ (Stringham, 1977) en $5,3 \ell s^{-1} m^{-1}$ (Merriam, 1978), is van dieselfde grootte as die huidige eksperimentele en berekende waardes.

Gevolgtrekking

Uit die resultate van die ondersoek na besproeiingsbestuur op kommersiële en eksperimentele geslote vloedbeddings en die toepassing van vier berekeningsmetodes vir vloedbestuur is 'n goeie insig in die besproeiingsdoeltreffendheid op die Vaalharts-sandgrond verkry.

Op die kommersiële beddings is vroeër dikwels oorbesproei. Dit was 'n gevolg van swak beddingafwerking en 'n deur grondvare verswakte eenheidstroom van kleiner as $7 \ell s^{-1} m^{-1}$ wat op die 80-90% posisie afgesny en daarna in die onderkant van aanliggende beddings gelei is. In later jare is daar egter onderbesproei, veral op beddings met wye rygewasse, as gevolg van 'n verminderde infiltrasie en grondverdigting. Die toediening per besproeiing het van 90 mm verminder na 30-40 mm water.

Op die beter afgewerkte eksperimentele beddings van hierdie ondersoek is met eenheidstrome groter as $7 \ell s^{-1} m^{-1}$, 'n afsnyposisie van 60-65% en volledige opdamming, 30-50 mm water toegedien. Hoewel die verspreidingsdoeltreffendheid goed was ($CU > 90\%$ en $DU > 70-80\%$) was die veldtoedieningsdoeltreffendheid soms onvoldoende wanneer minder as die nodige aanvulling toegedien is. Op 'n bedding met 'n breedte van 5 m of met 'n stroomvloei van $50 \ell/s$ op die 6 m breë bedding was dit moontlik om die helling van die vorderingskromme te verminder sodat die helling ongeveer parallel aan dié van die onveranderlike terugtrekkingskromme was en goeie verspreidingsdoeltreffendhede verkry is.

Met behulp van die USDA- en Merriam-metode is hoë verspreidingsdoeltreffendhede vir oop beddings bereken, terwyl die Badenhorst-tabelmetode hoë toedieningsdoeltreffendhede lewer vir geslote beddings.

Wanneer die Merriam-metode op geslote 90 m-beddings toegepas word, is die aanduiding dat 'n beter veldtoedieningsdoeltreffendheid verkry kan word met (i) 'n toediening per besproeiing van 50 mm (koring) en 35 mm (grondbone, katoen en mielies), en (ii) 'n veranderlike eenheidstroom, terwyl lengtes van 117 m (grondbone) en 136 m (katoen en mielies) nodig is vir 'n toediening van 50 mm.

Vir die praktiese toepassing van hierdie aanbeveling is sterker beddingwalle nodig, 'n beter beddingafwerking sonder geule langs die walle, verskuifbare aanvoerpype om die beddinglengte as gevolg van gewasrotasie te kan verander, 'n groter en beheerde eenheidstroom (dit wil sê stroomvloei en beddingbreedte) en soms 'n vinniger besproeiingsiklus. Dat dit wel gedoen kan word, is hier op die eksperimentele beddings bewys, terwyl hierdie beddings in werklikheid kommersiële beddings op plase 2J7 5J7, 4J8 en 5J8 was.

Erkenning

Die skrywers bedank graag mnr. J.W. de Bruyn vir die beskikbaarstelling van goed afgewerkte vloedbeddings op verskillende plase en mnre. P. v.d. Berg, H. van de Broek, A. Wubben, T. Verdonschot en L. Stawecki, praktykleerlinge van verskillende Hogere en Middelbare Landbouwscholen in Nederland, vir die meting van die besproeiingsbestuur op 'n groot aantal beddings.

Verwysings

- BADENHORST, J.W. (1973) Die afsnykoeffisiënt vir die ontwerp van vloedbesproeiingsbeddings. *Landbou-ingenieurswese in SA* 7(1) 46-55.
- BADENHORST, J.W. (1974) Finale verslag van 'n ondersoek na huidige toestande van beddingbesproeiing in Suid-Afrika. Projek (A)JL-MI 29/1. Dept. van Landbou en Visserye, Pretoria.
- BOS, M.G. (1979) Standards for irrigation efficiencies of ICID. *J. Irr. Drain. Div. of the ASCE* 105 (IRI) 37-43.
- CLOETE, G.S. en HUMAN, J.J. (1980) Katoenproduksie onder besproeiing en verskillende verbouingspraktyke te Vaalharts en Upington. *Agroplantae* 12(2) 17-22.
- CRIDDLE, W.D., DAVIS, S., PAIR, C.H. en SHOCKLEY, D.G. (1956) Methods for evaluating irrigation systems. Agr. Hbk. no. 82. CSC-USA.
- DE KOCK, J. (1968) Die invloed van verskillende besproeiingspeile en strooideklae op katoenproduksie. M.Sc.-Agric. Verhandeling, UOVS, Bloemfontein.
- DE KOCK, J. (1975) Vorderingsverlase (1971-1975) van projek O.G1 117/2 Dept. Landbou en Visserye, Glen.
- DHRUVA NARAYANA, V.V., KALRA, V.D. en SINGH, O.P. (1980) Design of a farm layout for irrigation with limited discharges. *Agr. Water Management* 3 143-151.
- HAISE, H.R. (1978) On farm water management and research proposals in South Africa. Water Research Commission, Pretoria.
- HUMAN, J.J., DE BRUYN, L.P. en SPAMER, M.J.M. (1980) Die invloed van plantvogstremmings op die groei en produksie van sekere akkerbougewasse. Dept. Agronomie, UOVS, Bloemfontein.
- MERRIAM, J.L. (1977) Efficient Irrigation. Dept. Agr. Eng. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, USA.
- MERRIAM, J.L. (1978) Border-strip irrigation design - Practical approach from a theoretical basis. ASAE Summer meeting, Utah State University, USA.
- PERI, G., NORUM D.I. en SKOGERBOE, G.V. (1979) Evaluation and improvement of border irrigation. Water management technical report no. 49C. Colorado State University, USA.
- SINGH, V.P. (1980) Derivation of shape factors for border irrigation advance. *Agric. Water Management* 2 271-288.
- STEED, G.L. (1966) Irrigation guide for Southern Alberta. Dept. of Agr. W.R.D.
- STREUTKER, A. (1971) Dreinerings en besproeiing van sandgrond op Vaalharts. D.Sc.-Verhandeling, U.P. Pretoria.

- STREUTKER, A. (1974) Vorderingsverslag. Bepaling van norme vir ontwerp en bestuur van besproeiingstelsels. Projek (A) S. Pr. 46/2. Dept. Landbou en Visserye, Pretoria.
- STREUTKER, A. (1977) The dependence of permanent crop production on efficient irrigation and drainage at Vaalharts. *Water SA* 3(2) 90-103.
- STREUTKER, A. (1980) Water-opbrengskrommes van koring vir beter beplanning en bestuur van landbouwater. *Gewasproduksie* 9 99-105.
- STREUTKER, A. (1981) Besproeiing, gewasopbrengs en dreinering op die Vaalhartsbesproeiingskema: 1. Die bydrae van plaaswaterverbruik, besproeiingsbestuur en kanaalwaterverliese tot versuiping. *Water SA* 7(2) 97-106.
- STREUTKER, A., MOLENAAR, H.W., HAMMAN, H., NEL, C.C. en MULDER, J.H. (1981) Besproeiing, gewasopbrengs en dreinering op die Vaalhartsbesproeiingskema: 2. Die voorkoms van verbrakte grond en die invloed van dreinering daarop. *Water SA* 7(3) 175-184.
- STREUTKER, A., NINA VAN VLIET en MOLENAAR, H.W., (1981) Besproeiing, gewasopbrengs en dreinering op die Vaalhartsbesproeiingskema: 3. Die invloed van verbrakking bo 'n vlak grondwaterstand op die opbrengs van koring en ander gewasse. *Water SA* 7(4), 255-264.
- STRINGHAM, G.E. (1977) Surface irrigation systems: A design manual for Honduras. Utah State University, USA.
- USDA-SCS NAT. ENG. HANDBOOK (1964) Flood irrigation manual Sect. 15, Chapt. 4.
- VAN DER MERWE, W., WESSELS, D.G. en PRETORIUS, T. (1953) Akkerbouproewe op Vaalharts (1946-1950). Wet. Pamflet nr. 350 Dept. van Landbou, Pretoria.
- VAN GARDEREN, J. (1966) Verslag van ondersoek na sprinkelbesproeiing op skuinspersele op Vaalharts. Dept. Landbou en Visserye, Pretoria.
- WESSELS, W.P.J. (1967) Uitleg van sprinkel- en vloedstelsels. Nas. Bespr. Simp. Vol. 2, 75-87. Dept. Landbou en Visserye, Pretoria.
- WILLARDSON, L.S. en BISHOP, A.A. (1967) Analysis of surface irrigation application efficiency. *J. Irr. Drain. Div. of the ASCE* 93 (1R2) 21-35.

GUIDE TO AUTHORS

1. AIMS AND SCOPE

This journal aims at publishing original work in all branches of water science, technology and engineering, *viz.* water resources development; industrial and municipal water and effluent management; environmental pollution control; hydrology and geohydrology; agricultural water science; limnology; the hydrological cycle; etc.

2. GENERAL

- 2.1 Papers will be accepted in English or Afrikaans.
- 2.2 Papers should be accompanied by an abstract. In preparing abstracts, authors should be brief but not at the expense of intelligibility. Papers written in Afrikaans should carry an extended English summary to facilitate information retrieval by international abstracting agencies.
- 2.3 Specialist terms which may be unfamiliar to the wider readership should be explained freely in the body of the text and, if essential, in the abstract.
- 2.4 Review articles will normally be prepared by invitation, but authors may submit such papers or suggestions for consideration to the Editor. A review is an authoritative and critical account of recent and current research or technology in a specialized field.
- 2.5 The submission of a paper will be taken to indicate that it has not, and will not, without the consent of the Editor, be submitted for publication elsewhere.
- 2.6 One hundred free reprints of each paper will be provided. Any additional copies of reprints must be ordered from the printer.(address available on request).
- 2.7 Manuscripts should be submitted to: **The Editor, WATER SA, PO Box 824, PRETORIA 0001.**

3. SCRIPT REQUIREMENTS

- 3.1 An original typed script in double spacing and two copies should be submitted. The title should be concise and followed by the authors' names and complete addresses. One set of original line drawings on good quality drawing paper or glossy photoprints should be submitted. Photographs should be on glossy and not matt paper, enlarged sufficiently to permit clear reproduction in half-tone. Three sets of copies should accompany each submission. All illustrations (line-drawings and photographs) must be fully identified on the back and should be provided with descriptive legends typed on a separate sheet. Illustrations should be packed carefully, with cardboard backing, to avoid damage in the post. The appropriate positions of illustrations should be indicated in the text.
- 3.2 Tables are numbered in arabic numbers (Table 1) and should bear a short yet adequate descriptive caption. Their appropriate position in the text should be indicated.
- 3.3 The SI system (International System of units) should be used.
- 3.4 References to published literature should be quoted in the text as follows: Smith (1978) the date of publication, in parentheses, following the author's name. All references should also be listed together at the end of each paper and not given as footnotes. They should be arranged in alphabetical order (first author's surname) with the name of the periodical abbreviated in the style of the *World List of Scientific Periodicals* (4th edn, Butterworths, London, 1963-1965, with supplements) and appear as follows:

MATSON J.V. and CHARACKLIS W.G. (1976) Diffusion into microbial aggregates. *Water Research* 10(10) 877-885.

THRING M.W. (1975) *Air Pollution* p 132 Butterworths, London.
