

**WATERVERBRUIK EN WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID VAN
GEMATIGDE AANGEPLANTE WEIDINGS ONDER BESPROEING**

deur

R.E. Steynberg, P.C. Nel & N.F.G. Rethman

**Departement Plantproduksie
Universiteit van Pretoria
PRETORIA**

**Verslag aan die
Watervorsingskommissie**

Pretoria

Desember 1993

**WNK Verslag No 257/1/94
ISBN NO 1 86845 055 4**

INHOUDSOPGAWE

HOOFSTUK

BLADSY

DANKBETUIGING	i
--------------------------------	----------

HOOFSTUK 1

OPSOMMING	ii
----------------------------	-----------

HOOFSTUK 2

INLEIDING	1
----------------------------	----------

HOOFSTUK 3

ALGEMENE PROSEDURE	6
-------------------------------------	----------

3.1 OUTOMATIESE REËNSKERM	6
--	----------

Beskrywing van proefgrond	6
--	----------

Besproeiingsmetode	7
-------------------------------------	----------

Bepaling van blaarwaterpotensiaal	7
--	----------

3.2 SPESIES EN CULTIVARS	7
---	----------

3.3 BESPROEIINGSPEILE	8
--	----------

3.4 BEMESTING	10
--------------------------------	-----------

3.5 PLANTTYD EN SAAIDIGTHEID	11
---	-----------

3.6 SNYBEHANDELINGS	12
--------------------------------------	-----------

3.7 ENKELLYNSPRINKELPROEF	13
--	-----------

Bemestingspeile	14
----------------------------------	-----------

Planttyd en subperseelgrootte	14
--	-----------

Waterverbruik	14
--------------------------------	-----------

Snyfrekwensie	15
--------------------------------	-----------

3.8 PARAMETERS GEMONITOR	15
Grondwaterinhoud en evapotranspirasie	15
Potensiële evapotranspirasie en gewasfaktore	16
Opbrengs en droëmateriaalinhoud	17
Chemiese blaarontledings	17

HOOFSTUK 4

RESULTATE VAN EENJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM

4.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS	19
4.2 PLANTESTAND	19
4.3 DROËMATERIAALOPBRENGS	22
4.4 WATERVERBRUIK	30
4.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON	37
Diepte van wateronttrekking en <i>in situ</i> bepaalde plantbeskikbare water	37
Gewasfaktore	43
4.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID	45
4.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES	51
4.8 KWALITEITSPARAMETERS	55
Droëmateriaalinhoud	55
Chemiese samestelling van droëmateriaal	60
Verteerbaarheid	65

HOOFSTUK 5	
WATER X STIKSTOF WISSELWERKING ONDER 'N	
ENKELLYNSPRINKELSPRINKELPROEF	68
5.1 INLEIDING	68
5.2 RESULTATE	68
Watersverspreidingspatroon	68
Droëmateriaalopbrengs	70
Proteïenopbrengs	77
Waterverbruik	77
Droëmateriaalinhoud	85
Waterverbruiksdoeltreffendheid	85
Wateropbrengsfunksies	91
Ru-proteïeninhoud	93
Verteerbaarheid	95

HOOFSTUK6	
RESULTATE VAN MEERJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM	101
6.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS	101
6.2 DROËMATERIAALOPBRENGS	101
6.3 PROTEÏENOPBRENGS	107
6.4 WATERVERBRUIK	107
6.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON	112
Diepte van wateronttrekking en <i>in situ</i> bepaalde plantbeskikbare water	112
Gewasfaktore	115

6.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID	115
Droëmassa waterverbruiksdooeltreffendheid	115
Proteien waterverbruiksdooeltreffendheid (PWVD)	119
6.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES	123
6.8 KWALITEITSPARAMETERS	123
Droëmateriaalinhoud	123
Proteïeninhoud	124
Verteerbaarheid	127
 HOOFSTUK 7	
ALGEMENE BESPREKING EN GEVOLGTREKKINGS	129
 DATABERGING	138
 VERWYSINGS	139
BYLAE A	148
BYLAE B	183

DANKBETUIGING

Hierdie ondersoek sou nie moontlik gewees het sonder die finansiële bystand van die Waternavorsingskommissie (WNK) nie. Die Kommissie word opreg bedank daarvoor, veral ook vir die infrastruktuur wat op die Hatfield Proefplaas van die Universiteit van Pretoria tot stand gebring is, wat ook vir studente-opleiding gebruik word. Al die lede van die loodskomitee wat verantwoordelikheid vir die projek gedra het, word bedank vir hul positiewe gesindheid, entoesiasme vir die projek en goeie advies gedurende die navorsingstydperk. Die loodskomitee het uit die volgende lede bestaan:

Voorsitter	Dr. P.C.M Reid	Waternavorsingskommissie
Ondervoorsitter	Dr. G.C.Green	Waternavorsingskommissie
Sekretaris	Mnr. D. Huyser	Waternavorsingskommissie
	en Mnr. P.W. Weideman	Waternavorsingskommissie
Lede	Mnr. H.H. Bosman	Dept. Waterwese en Bosbou
	Prof. P.S. Hammes	Universiteit van Pretoria
	Mnr. A.J. Kruger	Weidingsinstituut, Roodeplaat, Pretoria
	Dr. A. Moore	Dept. Landbou, Transvaalstreek
	Prof. P.C. Nel	Universiteit van Pretoria
	Prof. N.F.G. Rethman	Universiteit van Pretoria
	Dr. R.E. Steynberg	Universiteit van Pretoria
	Prof. H.vH. van der Watt	Universiteit van Pretoria
	Mnr. P.S. van Heerden	Dept. Landbou, Vrystaatstreek
	Prof. W.L.J. van Rensburg	Universiteit van OVS

Dank word ook uitgespreek teenoor Dr. J.G. Annandale wat die eerste voorlegging vir die projek gemaak het. Mnre. J. J. de Beer, C. Du Preez, J. Lindeque en J. Conradie vir tegniese bystand. Mnr. Tom Sibanda vir die besonder goeie versorging van die proef en tegniese bystand ook deur hom verleen.

OPSOMMING

Min kennis was voor 1988 in Suid-Afrika beskikbaar oor die waterbehoefte van aangeplante besproeide weidings. Sinvolle voorligting kon nie gedoen word oor die besproeiingsnorme vir besproeiingskedulering nie. Die leemte kon daartoe lei dat besproeiingswater vermors word en dit kon nie langer geduld word nie omdat weidings op relatief groot skaal in belangrike opvanggebiede en strategiese areas te opsigte van watervoorsiening geplant word. Dit is areas waar doeltreffende watergebruik noodsaaklik is. Die Waternavorsingskommissie het in 1988 finansiële bystand bewillig sodat die probleem aangespreek kon word.

Die hoofogmerke van die projek was; om verskillende weidings te vergelyk en te bepaal of 'n enkel stel veralgemeende stel besproeiingsriglyne vir alle weidings gebruik kan word, soos wat dit in die verlede gedoen is; om waterverbruiksdoeltreffendhede van verskillende weidings te bepaal by verskillende besproeiingspeile en die mees effektiewe weidings te identifiseer; om besproeiingsriglyne vas te stel vir gebruik by spesifieke weidings indien nie veralgemeen kan word nie; om te bepaal wat die verwantskap is tussen waterverbruik en opbrengs sodat dit gebruik kan word vir beplanningsdoeleindes op die plaas. Die doelwitte is almal met sukses bereik. Dept. Waterwese het in die projektydperk reeds van die inligting gebruik vir beplanningsdoeleindes langs die Vaalrivier. Inligting het ook reeds voorligters en ander vakkundiges bereik wat deur hulle op boeredae gebruik is.

'n Veldproef is onder 'n reënskerm uitgevoer om waterverbruik akkuraat vir 10 weidingsgewasse te bepaal. Eenjarige gematigde spesies was hawer, assegaaiklawer, koring, korog, en raaigras. Hulle is vir twee jaar bestudeer waartydens ook die wisselwerking tussen waterverbruik en stikstofbemesting in 'n enkelsprinkellynproef bepaal is. Die meerjarige spesies was kropaargras, witklawer, lusern, raaigras en langswenkgras.

Daar is tot die slotsom gekom dat 'n enkele stel besproeiingskriteria vir weidings ontoereikend is vir doeltreffende bespoeiingsbestuur en waterbenutting. Daar is gevind dat die weidings heelwat dieper wortelstelsels het as wat algemeen aanvaar word. Die worteldiepte van 300 mm wat in die verlede gebruik is, kan verhoog word vir al die weidings. Daar was besliste verskille in worteldiepte tussen die weidings. Raaigras en kropaargras het die vlakste wortelstelsels gehad. Hulle kon nogtans onder effens- sowel as ernstig gestremde toestande water onttrek tot 'n diepte van effens meer as 'n meter. 'n Effektiewe wortelstelsel van 800 mm sou vir hierdie gewasse aanbeveel kon word. Korog kon water effens dieper benut as genoemde gewasse. Hawer en langswenkgras het verbaas met hul besondere vermoë om grondwater te onttrek. Die volle diepte van 1,8 m wat gemonitor is, is benut. Dit was dan om dié rede te verstaan dat die twee weidings baie droogteverdraagsaam voorgekom het. 'n Effektiewe worteldiepte van minstens 1,0 m sou vir hierdie twee gewasse aanbeveel kon word. Die drie peulplantweidings het water ook baie diep onttrek. Lusern is bekend vir 'n diep wortelstelsel en het ook die diepste wortelstelsel van al die weidings gehad. Dit het geskyn asof witklawer in die eerste jaar van aanplanting water dieper kon benut as die volgende jaar. 'n Effektiewe wortelstelsel van 1,0 m sou vir beide klawerspesies aanbeveel kon word.

Waterverbruikstempo's het baie deur die seisoen gevarieer as gevolg van sporadiese oes van die weidings, variasie in verdampingsaanvraag en daar was skynbaar ook spesieverskille. Waterverbruikstempo's was vir sekere tye van die jaar minder as 25 mm week⁻¹ (wat dikwels as norm gebruik word vir gematigde weidings). Die tempo's het baie kort na die winter toegeneem en waardes heelwat hoër as 25 mm week⁻¹ bereik.

Gewasfaktore is bepaal met gebruikmaking van die Penman-Monteith formule om potensiële evapotranspirasie te bepaal. Die benadering verduur kritiek omdat dit so situasiespesifiek is. Dit was nogtans handig om aan die hand daarvan die weidings wat onder dieselfde toestande in 'n spesifieke jaar verbou is, te vergelyk. Die situasiespesifiteit is bevestig deurdat gewasfaktore van die eenjarige spesies in die tweede jaar laer was toe daar net een keer per week besproei is in plaas van twee keer, soos in die vorige seisoen. Die gewasfaktore was ook duidelik telkens laer nadat daar geoes is.

'n Vergelyking van gewasfaktore tussen die eenjarige en meerjarige spesies mag daarop dui dat die meerjarige spesies hoër gewasfaktore gehad het omdat hulle met mikro-sproeiers besproei is in teenstelling met vloedbesproeiing wat by die eenjariges toegepas is. Dit beklemtoon hoe belangrik bestuur is by die gewasfaktor wat verwag kan word. Gewasfaktorverskille tussen spesies het daarop gedui dat verskille moontlik ook toegeskryf kan word aan morfologiese verskille. Assegaaiklawer het byvoorbeeld 'n platliggende groeiwyse en het laer gewasfaktore as die ander eenjarige weidings gehad.

Van die eenjarige weidings kon hawer en korog die hoogste droëmateriaalopbrengste realiseer van meer as 17 000 kg ha⁻¹ in 1989. Hawer het 'n hoër produksietempo as die ander eenjarige weidings in die herfs gehad en ook in die lente baie hoë produksietempo's bereik. Meerjarige en eenjarige raaigras kon onder gunstige toestande ongeveer 14 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal lewer. Lusern en langswenkgras kon onder kontroletoestande ongeveer 25 000 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ lewer. Die weidings wat laer opbrengste gelewer het, kon tot 'n mate daarvoor vergoed met baie goeie kwaliteit voer. Assegaaiklawer se produktiwiteit in die herfs en winter was besonder laag. Dit was wel hoog in die lente maar relatief tot die ander weidings kon dit nie vergoed vir vroeëre lae produktiwiteit nie. Dit was ook baie droogtesensitief, soos witklawer, en dié spesifieke cultivar sou minstens, in die lig van ander geskikte alternatiewe, nie vir aanplanting aanbeveel word nie.

Hoër stikstofbemesting het daartoe gelei dat besproeiingswater doeltrefferder benut is. Die waarneming, saam met die feit dat hawer en korog hoër opbrengste in die eerste jaar gerealiseer het toe daar minder dikwels geoes is, demonstreer hoe belangrik bestuur is by die opbrengs of WVD is wat verwag kan word. Uitermate hoë stikstofpeile onder straf gestremde toestande het nie 'n verswarende stremmingseffek veroorsaak, soos wat verwag is nie. Daar was, in teendeel, die tendens dat opbrengs by die strafte gestremde toestande positief gereageer het op die uitermate hoë stikstofpeile.

Die WVD-waardes was by al die eenjarige weidings se kontrole behandelings in die orde van 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Stremming het 'n toename in WVD by hawer veroorsaak

en 'n afname by assegaaiklawer. Die ander gewasse het die potensiaal gehad om 'n redelike konstante WVD oor stremmingspeile te behou, mits stremming nie standverliese veroorsaak het nie. Hoë stikstofbemesting was noodsaaklik vir goeie WVD. By raaigras het die hoogste stikstofpeil WVD met bykans $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ laat toeneem. Die meerjarige weidings het oor die algemeen laer WVD-syfers gehad. Dit kan verstaan word, want hulle het ook tydens tye van die jaar met hoë verdampingsaanvraag, wanneer die gewasse redelik dormant geraak het, gegroei. Witklawer het oor die algemeen die laagste WVD gehad en kan beskou word as 'n luukse waterverbruiker.

Waterverbruik en opbrengs was by al die gewasse reglynig gekorreleer. Die verwantskappe wat daar bestaan het, het egter verskil tussen gewasse. Die kleinste helling het by hawer en lusern se wateropbrengskrommes voorgekom. Min reaksie is op addisionele water verkry omdat 'n klein hoeveelheid water genoeg was om redelik hoë opbrengsvlakke te verseker. Die lae helling is vir hawer verwag omdat dit so 'n droogteverdraagsame gewas was. Die lae helling by lusern was nie betekenisvol nie. Die ander weidings behalwe assegaaiklawer se hellings was in die orde van $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Die grootste helling is by assegaaiklawer gevind. Dit was in die orde van $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Dit kon verwag word omdat daar gevind is dat WVD by assegaaiklawer gedaal het met toenemende stremming. Daar is dus heelwat meer reaksie op addisionele water hoe hoër die besproeiingspeil is. Behalwe vir hawer, het die ander eenjarige weidings se wateropbrengsfunksies groter hellings gehad met toenemende stikstofbemesting. Daar kon dus beter op addisionele water gereageer word as bemestingsvlakke hoër was.

Sommige voerkwaliteitsparameters, soos droëmateriaalinhoud, het verbeter met toename in waterstremming. Die droëmateriaalinhoud was ongeveer 15 tot 20% vir die kontrole behandelings. Hierdie waarde kon soms met tot 17% toeneem onder straf gestremde toestande. Dit beteken dat diere meer droëmateriaal kan inneem op meer gestremde weidings en in terme van diereproduksie behoort te vergoed vir die afname in droëmateriaalopbrengs wat verwag kan word onder stremmingstoestande. Die ander kwaliteitseienskappe was oor die algemeen hoër as wat vereis word vir goeie produksie

van diere, daarom behoort die tendense wat waargeneem is nie van wesenlike belang te wees nie.

Ru-proteïeninhoud was oor die algemeen in die orde van 20% gewees vir die grasspesies en die peulplantgewasse se ontledings was, soos verwag, beter. 'n Beduidende besproeiingseffek is nie op proteïeninhoud waargeneem nie, behalwe vir eenjarige raaigras onder die reënskerm waarvan die proteïeninhoud later in die seisoen laer was by die kontrole behandeling. Dit kon moontlik toegeskryf word aan hoër onttrekking van stikstof in die hoog produserende behandeling as wat toegedien is. In die sprinkelproef was daar 'n tendens dat proteïeninhoud toeneem het met effense stremming onder toestande waar stikstof nie toegedien is nie. Daar was egter weer 'n afname as stremming te drasties geraak het. By hoë stikstofpeile was daar oor die algemeen afnemende proteïeninhoud met toenemende stremming by die grasgewasse. Daar was met klawer se eerste snysel 'n toenemende tendens en met die ander snysels was daar nie 'n stremmingseffek nie. Dit skyn asof proteïenproduksie meer afhanklik was van totale droëmateriaalopbrengs as proteïeninhoud.

Fosforinhoud het in ooreenstemming met beskikbare literatuur gedaal met toenemende stremming. Die stremmingseffek op kaliuminhoud was nie groot nie, maar dit het tog geskyn asof stremming 'n afname in kaliuminhoud veroorsaak het. Daar was 'n effense afnemende tendens vir stremming in terme van kalsiuminhoud vir klawer, koring en korog. Die effens tendens wat by raaigras waargeneem is, was andersom. Magnesiuminhoud het by al die gewasse, behalwe raaigras, gedaal met toenemende stremming. Die nie-gestremde behandelings van hawer, assegaaiklawer en raaigras se magnesiuminhoud was in die orde van 0,35% teenoor ongeveer 0,25% vir koring en korog.

Slegs gepoelde monsters is gebruik om verteerbaarhede te bepaal. Daar was wisselvalligheid sonder dat 'n baie duidelike tendens waargeneem is. Verteerbaarhede van die eenjarige weidings was oor die algemeen meer as 70 tot 80%. Dit was effens laer by die meerjarige weidings behalwe vir witklawer wat verteerbaarhede van meer as 80% gehad het.

Die projek het reeds daartoe gelei dat verskeie ander projekte by die Universiteit van Pretoria geloods is om verwante aspekte te ondersoek. Daar word byvoorbeeld in samewerking met die Departement Veekunde ondersoek ingestel na die effek wat droëmaterieaalinhoud van weiding op die prestasie van diere kan hê. Dit is inligting wat handig gebruik kan word om die resultate van snyproewe op weidings in verband te bring met diereprestasie. Modellerings moet dus sterk oorweeg word om al die veranderlikes in ag te neem (veral invloed op die diere) ten einde sinvolle aanbevelings te kan maak oor die besproeiingsbestuurstrategie wat gevolg moet word.

Nog 'n projek is deur die Departement Plantproduksie van stapel gestuur om ander eenjarige gematigde weidings wat nie in hierdie projek ingesluit kon word nie, te evalueer ten opsigte van waterverbruiksdoeltreffendheid en groeikragtigheid deur die seisoen. Daar is ook programme geloods om droogteverdraagsaamheid van verskillende grasspesies, lyne en cultivars te ondersoek. 'n Behoefte wat nog bestaan is om ekonomiese modelle daar te stel omdat daar vanuit 'n ekonomiese oogpunt beplan behoort te word en nie slegs vanuit 'n maksimum waterverbruiksdoeltreffendheid oogpunt nie.

Die resultate oor besproeiingsnorme soos worteldieptes en gewasfaktore behoort gesien te word as slegs 'n basis wat geskep is omdat hierdie tipe inligting in effek nie voorheen vir Suid-Afrikaanse toestande beskikbaar was nie. Dit kan dien as vertrekpunt vir toekomstige navorsing. 'n Leemte wat nog bestaan en aandag behoort te geniet is om die invloed van grondtipe en ontblaringstrategie te bestudeer. Grondtipe kan wortelontwikkeling baie beïnvloed en as sulks sal dit 'n invloed uitoefen oor waterverbruikstempo, opbrengs en droogteverdraagsaamheid. Net so sal die ontblaringsfrekwensie en -intensiteit ook waterverbruikstempo en opbrengs beïnvloed. 'n Modelleringsbenadering behoort gebruik te word om waterverbruik en groei te voorspel. Empiriese navorsingsresultate kan dan gebruik word om die modelle te verfyn en te verifieer. Slegs modelle kan korttermynvariasie in waterverbruikstempo as gevolg van ontblaring en ander faktore bevredigend in ag neem vir suksesvolle besproeiingskedulering van aangeplante weidings.

HOOFSTUK 2

INLEIDING

Droëmateriaalopbrengste van voer- en weigewasse onder droëland wissel geweldig tussen jare as gevolg van wisselvallige reënval. Dit is 'n probleem wat voervloeibeplanning bemoeilik. Davies & Morgan (1982) wat verskillende koelseisoengewasse onder droëland in Wallis bestudeer het, het gevind dat daar meer as 20% variasie in die produksievermoë van weidingsgewasse tussen seisoene voorgekom het en daar was ook groot verskille tussen die spesies wat gebruik is. In Suid Afrika met besonder swak reënvalverspreiding kan heelwat meer wisselvalligheid voorkom. Volgens Le Roux, Daines, Ingpen, Oosthuysen & Swart (1991) het opbrengste van assegaaklawer (gematigde gewas) onder droëland gewissel tussen 16 800 en 3 700 kg ha⁻¹ in die Oostelike Kaapprovinsie. Die probleem met somergroeiende weidings is dat produksietempo's in die somer hoog is, maar die lignifikasietempo is ook hoog sodat ernstige kwaliteitsprobleme sekere tye van die jaar ondervind word (Omaliko & Obioha, 1981). Besproeiing kan die probleem van wisselvallige voervloeitempo en voerkwaliteit die hoof bied.

Regoor Suid Afrika word na raming reeds sowat 200 000 ha weidings besproei. Die belangrikste areas waar aangeplante weidings oor die algemeen, en spesifiek weidings onder besproeiing, 'n al belangriker komponent van voerproduksie in die toekoms sal uitmaak, is onder andere die oostelike hoë reënvalgebiede van Suid-Afrika wat as die Drakensbergweigebied bekend staan. Ongeveer 60% van Suid Afrika se suiwelproduksie vind hier plaas. Van die belangrikste wolproduserende distrikte kom ook hier voor. Hierdie gebied se natuurlike weiveld is suurveld wat baie swak kwaliteit en produksie tydens die herfs, winter en lente het. Dit is voor die hand liggend dat voer in hierdie streek aangeplant moet word om voervloeiprobleme tydens sekere tye van die jaar te voorkom. Die gebied is 'n belangrike opvanggebied vir die Vaalrivierstelsel wat water aan die PWV-kompleks lewer en as sulks is kompetisie tussen die landbousektor en nywerhede om beskikbare oppervlaktwater baie sterk, en sal dit in die toekoms net groter word met toenemende uitbreiding van stede en industrieë. Daar is reeds

beperkings op boere in die opvanggebied, in terme van die hoeveelheid afloopwater wat teruggehou mag word met die bou van plaasdamme.

Die buitestedelike gebiede van die PWV-kompleks word gekarakteriseer deur kleinboerderystelsels waar daar dikwels met vee geboer word of waar voer intensief geproduseer word. Die grootte van hierdie klein boerdery-eenhede noodsaak intensiewe verbouing en daarom word besproeiing op groot skaal toegepas. Besproeiingswater is tot 'n groot mate afkomstig uit ondergrondse bronne, en wetgewing sal in die toekoms al meer daarop gemik wees om gebruik van ondergrondse water verder te beheer, omdat stedelike gebiede al meer aanspraak daarop maak.

Die grondomskakelingskema waardeur marginale grond aan mielieproduksie onttrek is, en met behulp van staatsubsidies onder aangeplante weidings gevestig is, het aan die einde van 1991 reeds tot gevolg gehad dat ongeveer 500 000 ha nuwe weidings gevestig was en ongeveer nog 500 000 ha in die proses was om gevestig te raak. Met die Nasionale Weidingstrategie is boere ook aangemoedig om aangeplante weidings te vestig sodat druk op die natuurlike veld, wat geweldig agteruit gegaan het, verlig kan word. Hierdie skemas kan moontlik daartoe lei dat meer besproeiingswater op aangeplante weidings gebruik word.

Daar kan verwag word om met gematigde voergewasse onder besproeiing ongeveer 10 000 tot 14 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal per seisoen te produseer (Garwood, Tyson & Roberts, 1982; Lowe & Bowdler, 1988; Sharma, 1987). Die opbrengsvermoë van subtropiese voergewasse is hoër en volgens Muldoon (1986) en Bittman & Simpson (1987) kan droëmateriaalopbrengste van 13 000 tot 20 000 kg ha⁻¹ behaal word onder besproeiing. Opbrengste vir mielies en voersorghum onderskeidelik, kan tot 21 000 en 27 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal toeneem as daar slegs een keer aan die einde van die seisoen geoes word (Pritchard, 1987). Opbrengste wat behaal kan word, is egter afhanklik van hoe effektief besproei en bestuur word.

Boere beseft dat besproeiingsdoeltreffendheid op hul weidings so hoog as moontlik moet wees en dat dit in die toekoms steeds sal moet toeneem. Hulle ervaar egter 'n gebrek

aan inligting omdat min bekend is oor die waterbehoefte van aangeplante weidings in Suid-Afrika. Waterbehoefte is wel in die verlede vir lusern (Beukes & Barnard, 1985; Beukes & Weber, 1981), en ook vir enkele weidings in die Stellenbosch-omgewing bepaal (Van Heerden & Beukes, 1984). Mottram, de Jager & Minaar (1977) het die waterverbruik van Italiaanse Raaigras in lisimeters bestudeer om die gebruik van verskillende verdampingsformules te toets. Dit is gedoen om besproeiingskeduleringstegnieke in die algemeen vir Cedara, Pietermaritzburg te verfyn. Volgens Smith, Bransby & Tainton (1986) is daar min bekend oor hoe Italiaanse raaigras op verskillende bestuurspraktyke reageer, en as daar in ag geneem word dat dit die mees algemeen besproeide weiding op Natalse veeplase is (Heard *et al.*, 1984), beklemtoon dit die gebrek aan voldoende kennis om aangeplante weidings effektief te bestuur en te besproei. Green (1985) bevestig die probleem in terme van gebrek aan kennis oor waterverhoudings by weidings wanneer hy besproeiingsriglyne vir aangeplante weidings neerlê en sê: "by gebrek aan spesifieke proefresultate is 'n enkele stel kriteria oor die algemeen in alle produksiegebiede van die Republiek van Suid-Afrika voorgeskryf".

Uit die literatuur is dit nie duidelik wat die presiese waterbehoefte van aangeplante weigewasse is, of watter kriteria vir die besproeiing daarvan moet geld nie. Dis ook onduidelik hoe waterverbruik en opbrengs met mekaar verband hou. Waterverbruik word selde gemonitor. Besproeiing word gewoonlik slegs toegedien om te voorkom dat water beperkend raak en sodoende sekere behandelingseffekte vertroebel. Besproeiingskedges wat toegepas word, word soms gebaseer op vaste besproeiingskedges en -hoeveelhede (Lowe & Bowdler, 1988). Pritchard (1987) en Sharma (1987) het 'n verdampingspan en Bittman & Simpson (1987) het tensiometers gebruik om die aanvang van 'n besproeiingsbehoefte aan te dui. Soms word slegs gemeld dat die proef onder besproeide toestande uitgevoer is sonder om enigsins te meld hoe besproeiing geskeduleer is (Raguse, Hull & Delmas, 1980; Garwood *et al.*, 1982).

Lowe & Bowdler (1988) het meerjarige raaigras en hawer besproei teen "aanbevole peile van 50 mm elke twee tot drie weke". Sharma (1987) se besproeiingsbehandeling is toegepas deur 50 mm te laat onttrek voordat water weer toegedien is en 'n gewasfaktor van 0,9 het gegeld met die gebruik van 'n verdampingspan om te beraam

wanneer besproei moes word. Bittman & Simpson (1987) het teen peile van 26 mm in die een seisoen en 50 mm die volgende besproei wanneer tensiometers op 20 en 40 cm diepte 'n gemiddelde lesing van $-0,07$ MPa gegee het. Pritchard (1987) het besproei sodra 65 tot 75 mm uit die pan verdamp het en dan is daar vir ses ure lank vloedsproeiing toegepas, "net om seker te maak dat die grondprofiel weer ten volle benat is". Van Heerden (1986) wat gematigde weidings onder besproeiing in Suid Afrika aangeplant het, het besproei teen peile van "25 mm per keer, elke week of twee-weekliks, afhangende van die heersende omstandighede" en Goodenough, Macdonald & Morrison (1984) het weidings besproei teen 25 mm week¹ "in die afwesigheid van voldoende reën".

Voorafgaande metodes van besproeiingskedulering is onder wyd uiteenlopende toestande gedoen en die metodes is vaag beskryf, maar die besproeiingshoeveelhede van 25 en 50 mm wat dikwels gebruik word, laat die indruk ontstaan dat dit die onttrekkingshoeveelhede is wat onderskeidelik vir gematigde en subtropiese weidingsgewasse gebruik moet word. In Suid-Afrika het hierdie hoeveelhede byna die norm geword by weidings onder besproeiing. Daar sou egter verwag word dat die gematigde gewasse wat tydens die koel seisoen van die jaar verbou word, wanneer die verdampingsaanvraag nie so hoog is nie, 'n groter onttrekkingshoeveelheid as 25 mm sou kon toelaat voordat stremming intree. Worteldieptes speel 'n belangrike rol wanneer onttrekkingshoeveelhede bereken word en gematigde weigewasse is in die verlede in die niewetenskaplike pers voorgehou as gewasse met uiters vlak wortelstelsels. Green (1985) het 'n konstante worteldiepte van 300 mm en grondwateronttrekkingshoeveelheid van 60% by die opstel van kriteria vir besproeiingskedulering van aangeplante weidings gebruik. Mottram & Minnaar (1975) het 250 mm worteldieptes vir grasspesies in die algemeen voorgestel met die verduideliking van 'n tegniek wat vir besproeiingsskedulering gebruik kan word. Dit is nie bekend of hierdie gekose waardes korrek is, hoeveel oor- of onderbesproeiing moontlik voorkom en of verskillende weidingsgewasse van mekaar verskil ten opsigte van besproeiingskriteria nie.

Dit is interessant dat daar in Suid-Afrika in die verlede navorsing gedoen is oor evapotranspirasie en waterverbruiksdoeltreffendheid van natuurlike weidings (Moore,

Van Eck, Van Niekerk & Robertson, 1988; Snyman, 1989; Opperman & Roberts, 1975; Opperman, Human & Viljoen, 1977; Snyman, Opperman & Van der Berg, 1980), maar dieselfde tipe inligting is byna nie verkrygbaar vir aangeplante weidings nie. Navorsing is wel dikwels op besproeide aangeplante weidings gedoen sonder dat waterverbruik gemonitor is. Le Roux, Howe & Du Toit (1990), Le Roux, Howe, Du Toit & Iveson (1991) en Van Heerden & Tainton (1988) het verskillende omgewingsveranderlikes met opbrengs in verband gebring sodat produksiemodelle ontwikkel kon word. Produksiemodelle sal beslis verfyn word en meer toepassingswaarde hê, as goeie inligting oor grond-plantwaterverhoudings en die effek daarvan op produksie en opbrengs, geïnkorporeer kan word.

Die leemte betreffende grond-plantwaterverhoudings in die algemeen en spesifiek oor besproeiingsnorme is in 1989 geïdentifiseer en die hipotese is gemaak dat verskillende wei- en voerspesie verskil ten opsigte van besproeiingskriteria en ten opsigte van hul reaksie op verskillende hoeveelhede toegediende water. Kleinperseelproewe met verskeie van die belangrikste gematigde weigewasse is in 1989 begin en het teen 1993 ten einde geloop, waaroor hier verslag gedoen word. Die hoof doelwitte van hierdie projek kan soos volg opgesom word:

- Om besproeiingskriteria vir verskillende gematigde weigewasse te ontwikkel en te bepaal of daar verskille tussen spesies is.
- Om verskillende gematigde weigewasse te evalueer ten opsigte van waterverbruiksdoeltreffendheid by optimale en sub-optimale besproeiingspeile.
- Om water-opbrengsfunksies vir die gekose weidings daar te stel vir gebruik by ekonomiese beplanning van optimum besproeiings- en opbrengspeile.

Die navorsing is in twee fases uitgevoer met eenjarige spesies wat in die eerste twee jaar bestudeer is en meerjarige spesies wat in die volgende twee jaar bestudeer is.

HOOFSTUK 3

ALGEMENE PROSEDURE

Veldproewe is op die Hatfield Proefplaas van die Universiteit van Pretoria uitgevoer. 'n Kleinperseelproef onder 'n outomatiese reënskerm is uitgevoer om waterbehoefte te bepaal. 'n Linieêre sprinkelproef is gedurende die tweede jaar uitgevoer om die wisselwerking tussen besproeiingspeil en stikstofbemesting by die eenjarige spesies te kwantifiseer.

3.1 AUTOMATIESE REËNSKERM

'n Reënskerm wat tydens reënbuie outomaties oor die proefpersele skuif, is gebou om te keer dat waterstremmingsbehandelings ontydig opgehef word. Klein perseeltjies van 2,0 x 2,5 m was nodig om die bepaalde aantal persele onder die reënskerm te kon inpas. Netto persele van 1 x 1 m is gebruik vir opbrengsbepalings. Wortelafskortings is 1,2 m diep in die grond gebou deur van asbessementplate gebruik te maak. Die natuurlike grondprofiel is minimaal versteur deurdat die plate in slootjies wat net 150 mm wyd was, geïnstalleer is.

Beskrywing van proefgrond

Volgens die binomiale grondklassifikasiesstelsel (Macvicar, De Villiers, Loxton, Verster, Lamprecht, Merryweather, Le Roux, Van Rooyen & Harmse, 1977) was die proefgrond 'n Shorrockserie van die Huttonvorm met ongeveer 30 % klei in die bogrond. Oulandsgras vir hooiproduksie is vir etlike jare voordat die proef uitgelê is, op die grond verbou. Die chemiese samestelling van die grond word in Tabel A1 (Bylae A) aangedui. Die grond was tot op 'n diepte van 1,2 m baie homogeen waarna dit gruiserig begin word het. Die matriksdigtheid het met toenemende diepte gevarieer soos aangetoon in Tabel A2. Die boorgatwater wat vir besproeiing gebruik is, het 'n pH van 8,3 en die elektriese geleidingsvermoe is 14 mS m⁻¹. Die grond is na die eerste jaar goed deurweek om verdere vassakking van die grond, waar die slote vir installering van die wortelafskortings gegrawe is, te bevorder. Net voor vestiging

van die meerjarige spesies is die grond weer goed oorbesproei om moontlike opbou van soute teen te werk.

Besproeiingsmetode

Besproeiing is vir die eerste twee jaar met behulp van 'n vloedsisteem toegepas. 'n Netwerk dun plastiekpyp met 'n aantal uitlate het verseker dat staande water oor die hele oppervlakte in 'n kort rukkie verkry is sodat waterverspreiding egalig was. Klein hoeveelhede water kon nie die grondoppervlak heeltemal bedek nie, daarom is van 'n skuifbare raam waarop mikrospuite gemonteer is, gebruik gemaak vir beter verspreiding wanneer klein hoeveelhede toegedien moes word. Die meerjarige spesies is met permanent geïnstalleerde mikrosputtjies besproei. 'n Kraansisteem met Kent watermeters (nr. 3) is gebruik om besproeiingshoeveelhede mee te kontroleer.

Bepaling van blaarwaterpotensiaal

Middel van die dag bepaalde blaarwaterpotensiale is in die eerste jaar gebruik om tussen besproeiingsbehandelings te differensieer. Dit is met 'n Scholander drukkamer bepaal (Scholander, Hammel, Bradstreet & Hemmingsen, 1965). Geselekteerde monsterblare (jongste volwasse blaar) is vooraf in 'n klam kaasdoekie toegevou om uitdroging na die afsny daarvan te verhoed. Hierna is dit in 'n plastiek sakkie geplaas, afgesny en net so in die drukkamer geplaas vir bepaling van die druklesing sodra water op die blaarsnyvlak verskyn het.

3.2 SPESIES EN CULTIVARS

Eenjarige spesies

Hawer (*Avena sativa* L. cv. Overberg), assegaaiklawer (*Trifolium vesiculosum* Savi. cv. Yuchi), Korog (*Triticum aestivum* L. x *Secale cereale* L. cv. R1), eenjarige raaigras (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Midmar) en koring (*Triticum aestivum* L.) is met mekaar vergelyk. Koring is as kontrole gewas ingesluit en die cultivar Inia is slegs in die eerste jaar gebruik. Hierna is Scheepers 69 as koringcultivar gebruik omdat dit 'n groter koue behoefte het as Inia en dus beter vir beweidingsdoeleindes sou wees.

Meerjarige spesies

Langswenkgras (*Festuca arundinacea* cv. Festal), kropaargras (*Dactylis glomerata* cv. Hera) en meerjarige raaigras (*Lolium perenne* cv. Ellet) is as grasspesies gekies. Witklawer (*Trifolium repens* cv. Ladino) is as peulgewas gekies met lusern (*Medicago sativa* cv. Pierce) die kontrole gewas.

3.3 BESPROIINGSPEILE

Die gewasse is aan vier waterstremmingspeile onderwerp. Daar is besluit om, as gevolg van die moontlikheid van differensiële wortelgroeioptrone en produksietempo's, die stremmingsbehandelings relatief tot elke gewas se kontrole behandeling toe te pas.

Eenjarige spesies

Blaarwaterpotensiale (Ψ_t), wat tussen 12:00 en 15:00 met 'n Scholanderdrukkamer bepaal is, is in 1989 as kriterium gebruik om tussen stremmingsbehandelings te differensieer. Na aanleiding van Joubert (1987) en Oosterhuis & Walker (1982) is besluit om, nadat vestiging op 'n nat grondprofiel gedoen is, die volgende behandelings toe te pas:

W1 - kontrole, besproei weekliks (twee keer per week in lente en somer)

W2 - besproei wanneer Ψ_t 0,7 MPa laer was as dié van kontrole

W3 - besproei wanneer Ψ_t 1,3 MPa laer was as dié van kontrole

W4 - besproei wanneer Ψ_t 1,8 MPa laer was as dié van kontrole

Besproeiingshoeveelhede is bepaal nadat daar met die neutronwatermeter gemeet is hoeveel water nodig was om die grond weer tot by die boonste grens van plantbeskikbare water te bring. Verskille in terme van die gewasse se worteldieptes was nie bekend nie, daarom is die diepte van wateronttrekking vir besproeiingsdoeleindes in die eerste seisoen so gekies dat daar nog 'n 200 mm grondlaag onder die gekose besproeiingsdiepte oorgebly het, wat besig was om droër te raak. Sodoende is sorg gedra dat daar 'n laag met wortels in die profiel was waarin dreineringswater kon plaasvind, waarvan die waterinhoud met die watermeter gemeet kon word. Dreineringswater verby die

moniteringsdiepte (1,8 m) is dus in die grondwaterbalansvergelyking waarmee waterverbruik weekliks bepaal is, as nul aanvaar. In die tweede seisoen is 'n maksimum van 1,2 m as onttrekkingsdiepte aanvaar, na aanleiding van resultate wat die vorige seisoen behaal is.

In 1990 is die stremmingsbehandelings verander sodat wyer speling tussen waterverbruikshoeveelhede verkry kon word as wat in die vorige seisoen verkry is. Die behandelings wat toegepas is, was soos volg:

W1 - kontrole, besproei weekliks tot by die boonste grens van plantbeskikbare water

W2 - besproei weekliks teen 75% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

W3 - besproei weekliks teen 50% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

W4 - besproei weekliks teen 25% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

Meerjarige spesies

Die volgende behandelings is in die eerste jaar toegepas:

W1 - kontrole, weekliks besproei tot veldkapasiteit

W2 - Besproei weekliks teen 75% van wat aan kontrole toegedien is

W3 - besproei elke tweede week teen 50% wat in die voorafgaande tydperk aan die kontrole toegedien is

W4 - besproei elke derde week teen 25% wat in die voorafgaande tydperk aan die kontrole toegedien is

Die kontrole behandeling se besproeiingshoeveelheid was net genoeg om die eerste meter grond diepte tot by veldkapasiteit te bring. Die hoeveelheid besproeiing wat aan die W4-behandeling toegedien is, is einde Augustus opwaarts aangepas tot 35% van die kontrole se besproeiingshoeveelheid. Hierdie behandeling is toe ook elke twee weke besproei om te keer dat die behandeling gedurende die warm maande uitsterf. Raaigras se W3- en W4-behandelings het later steeds sigbaar swaar gekry en hul besproeiingshoeveelhede is einde Oktober weer aangepas tot onderskeidelik 65% en 50%.

Vanaf middel Desember is al die raai- en kropaarbehandelings weekliks besproei tot veldkapasiteit omdat standverliese begin voorkom het. Die weidings het nogtans in Januarie gevrek (kontroles ingesluit) sodat daar oor gevestig moes word vir die tweede jaar.

Die besproeiingsbehandelings soos beskryf vir die aanvang van die proef met die meerjarige weidings, is in die tweede jaar vanaf die herfsmaande toegepas. Die W4-behandelings se besproeiingspeile is in die lente verhoog tot 35% en hulle is saam met die W3-behandeling elke tweede week besproei. Behandelings wat 'n grondwatertekort van ongeveer 90 mm in die boonste meter grond ontwikkel het, is weer tot by veldkapasiteit besproei. Die besproeiingsbehandelings vir langswenkgras is gedurende Januarie 1993 opgeskort omdat die erg gestremde behandelings ernstig swaar gekry het. Geen een van die grasweidings is na einde November van die tweede jaar gedurende die warm somermaande gesny nie, in 'n verdere poging om die weidings beter te laat oorleef.

3.4 BEMESTING

Eenjarige spesies

Bemestingshoeveelhede is na aanleiding van grondontledings (Tabel A1) en riglyne neergelê deur Buys (1985) bepaal. Met die aanvang van die proef in 1989 is dolomitiese kalk teen 2 000 kg ha⁻¹, en fosfor en kalium teen 40 en 247 kg ha⁻¹ P en K onderskeidelik toegedien. Dit is voor vestiging met spitvurke tot op 'n diepte van ongeveer 200 mm ingewerk. Nadat raagrass vir die derde keer gesny is, was die hergroei nie na verwagting nie en is kalium teen 50 kg ha⁻¹ K na elke verdere snytel toegedien. Stikstof is met vestiging toegedien teen 100 kg ha⁻¹ N, behalwe vir assegaaiklawer wat daarsonder gevestig is. Die klawer is met *Rhizobium*-bakterieë geënt maar na baie stadige vestiging het hierdie gewas ook, soos al die ander gewasse, 50 kg ha⁻¹ N na elke snytel ontvang.

Fosfor en kalium is in 1990 toegedien teen peile van onderskeidelik 25 en 300 kg ha⁻¹ P en K. 'n Bykomstige bobemesting van 100 kg ha⁻¹ K is toegedien nadat die vierde

snysel geneem is. Die N-bemestingsbehandelings was dieselfde vir al die gewasse. Met vestiging is 100 kg ha^{-1} N toegedien. Bobemestingshoeveelhede was aanvanklik 50 kg ha^{-1} N na elke snysel, maar na die vierde snysel is slegs stikstof wat deur die betrokke behandelingskombinasie onttrek is, aangevul. 'n Onttrekkingsyfer van 3,4% is gebruik na aanleiding van blaarontledings wat die vorige jaar gedoen is. Alle bobemestings is met minstens 20 mm water in die grond ingewas.

Meerjarige spesies

Fosfor en kalium is voor vestiging ingewerk teen peile van onderskeidelik 30 kg ha^{-1} P en 50 kg ha^{-1} K. Stikstof is, behalwe vir die peulgewasse wat geënt is, met vestiging toegedien teen 50 kg ha^{-1} N. Die grasweidings is na elke snysel wat geneem is, bemes met stikstofpeile wat ooreengekom het met die onttrekkingshoeveelheid van die vorige snysel. Daar is van die veronderstelling uitgegaan dat 5% N op 'n droëmassabasis onttrek kon word. Die bemesting is ingewas tydens die normale besproeiings wat toegedien is. Kalium is na elke snysel aan die twee peulgewasse toegedien teen 50 kg ha^{-1} K.

3.5 PLANTTYD EN SAAIDIGTHEID

Eenjarige spesies

Daar is in beide seisoene van vestiging, op 14 Maart gesaai. Koring, hawer en korog is gesaai teen $100 \text{ kg saad ha}^{-1}$, terwyl raaigras en assegaaiklawer gevestig is teen onderskeidelik 25 en $15 \text{ kg saad ha}^{-1}$, om 'n goeie stand te verseker. Die weidings is in 20 cm wye rytjies gevestig.

Meerjarige spesies

Al die weidings is op 5 Maart 1991 geplant. Lusern het binne vier dae opgekom gevolg deur witklawer. Kropaar- en langswenkgras het na sewe dae begin opkom en die opkoms het oor etlike dae gestrek. Die vestiging en bedekking van die grondoppervlakte het redelik stadig verloop. Nadat die kropaar- en raaigras in die somer vanweë hoë temperature gevrek het, is daar weer in 1992 gevestig. Daar is middel Februarie geplant om tyd te probeer wen, maar dit was skynbaar nog te warm, want opbrengs-

resultate wat aangebied sal word, was swak.

Raaigras en lusern is teen digthede van 20 kg ha⁻¹ saad geplant. Langswenk-, kropaargras en witklawer is teen peile van onderskeidelik 12, 25 en 5 kg ha⁻¹ saad geplant. Die weidings is almal ook in 20 cm wye rytjies geplant.

3.6 SNYBEHANDELINGS

Eenjarige spesies

Koring, korog en hawer is gesny wanneer die kontrole behandeling 'n hoogte van ongeveer 250 mm bereik het. Hierdie gewasse is op 'n hoogte van 75 mm afgesny. Daar is vooraf besluit dat die kleingrane net vir voer gesny sou word totdat die halms begin verleng het, maar die koringcultivar (Inia) wat in die eerste seisoen gebruik is, het so vinnig ontwikkel dat groeipunte reeds met die eerste snysel wat geneem is, verwyder is. Daar is nogtans vir 'n tweede keer ook gesny voordat die koring gelaat is om finaal uit te groei en graan te produseer. Korog en hawer is 'n derde keer gesny voordat halmverlenging plaasgevind het, en hulle gelaat is om graan te produseer. In 1990 is al die kleingrane vyf keer gedurende die seisoen gesny, ongeag of daar groeipuntskade was of nie, voordat hulle gelaat is om uit te groei. Die laaste snysel is geneem toe die graan al ryp was. Dit is gedoen om meer droëmateriaal as groenvoer te kon produseer.

Klawer en raaigras is in die eerste seisoen op 'n hoogte van 30 mm gesny sodra plante van die kontrole behandelings ongeveer 150 mm hoog was. Behalwe vir klawer, het die ander gewasse telkens prakties ewe gou die snyhoogte bereik. In die tweede seisoen is besluit om dieselfde snyhoogtes te gebruik, maar sodra een van die gewasse reg was om gesny te word, is al die ander gewasse ook gesny sodat dit statisties makliker was om vergelykings tussen die groeitempo's van die verskillende gewasse te tref.

Meerjarige spesies

Raaigras en witklawer is gesny wanneer die kontrole behandeling 'n gemiddelde blaardakhoogte van 250 mm bereik het. Die ander weidings is gesny wanneer hul

kontrole behandelings 'n gemiddelde blaardakhoogte van 300 mm bereik het. Lusern is in die tweede seisoen gesny op grond van die uitgroei van krone wat begin plaasvind het. Dit was nogtans moeilik om beskadiging van groeipunte te voorkom omdat die krone geleidelik begin uitgroei het wanneer die vorige groei nog nie ver gevorderd was nie. Langswenk-, raaigras en klaver is op hoogtes van 30 mm vanaf grondvlak gesny terwyl lusern en kroeaargras op 'n hoogte van 50 mm afgesny is.

3.7 ENKELLYNSPRINKELPROEF

Die enkellynsprinkelbesproeiingsproef is uitgevoer met die gebruik van VYR25 sprinkelaars wat 3,0 mm spuitstukke gehad het. Daar is vooraf bepaal dat die spesifieke sprinkelaars 'n redelik reglynige afname in watertoedieningshoeveelheid weg van die sprinkelaar het. 'n Afnemende besproeiingsgradiënt met toenemende afstand weg van die sprinkellyn is dus bewerkstellig. 'n Drukreëlaar aan die begin van die sprinkellyn het 'n konstante waterdruk van 2,5 MPa gereël. Die sprinkelaars is teen vyf meter afstande in die sprinkellyn gespasieer. Een sprinkelaar kon ongeveer 10 m ver spuit en goeie oorvleueling het dus voorgekom.

Watertoediening is met behulp van reën timers wat weerskante van die sprinkellyn geplaas is, gemonitor. Grondwaterinhoud is, soos in die proef onder die reën timer, met behulp van 'n neutronwatermeter gemonitor.

Daar was 'n spasie van slegs 10 m tussen die gewasse van die proef onder die sprinkellyn en dié onder die reën timer. Soos blyk uit Tabel A1 was daar min verskil tussen die chemiese eienskappe van die twee gronde. Daar is ook oulandsgrashooi vir etlike jare geproduseer voordat die proef gedoen is.

Bemestingspeile

Die volgende stikstofpeile is ingesluit:

N1 - geen stikstofbemesting

N2 - 50 kg ha⁻¹ N met vestiging en na elke snysel

N3 - 100 kg ha⁻¹ N met vestiging en na elke snysel

Vyf snysels is gemonster, wat daarop neerkom dat die N2-behandeling 250 kg ha⁻¹ N en die N3-behandeling 500 kg ha⁻¹ N vir die seisoen ontvang het. Dit is volgens Buys (1985) se aanbevelings onderskeidelik ongeveer die normale aanbevole peil en dubbel die aanbevole peil. Na elke snysel is kalium toegedien teen 100 kg ha⁻¹.

Planttyd en subperseelgrootte

Die gewasse is op 21 Maart 1990 geplant teen dieselfde saaidigthed as wat in die reënskermproef gebruik is. Daar is ook in 200 mm rytjies gesaai. Subperseeltjies van 0,25 m² is op afstande van 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 en 9,0 m vanaf die sprinkellyn geoes, wat ooreengekom het met besproeiingsbehandelings W1, W2, W3, W4 en W5 respektiewelik. Dit was op dieselfde posisies as waar watertoediening en grondwaterinhoud gemonitor is.

Waterverbruik

Neutronwatermetertoegangsbuise is om logistieke redes slegs in die 150 subpersele van die twee herhalings aan die noorde kant van die sprinkellyn aangebring. Reënmeters vir besproeiingsmonitering, is weerskante aangebring. Die grondwaterinhoud is weekliks gemonitor, waarna besproei is teen die hoeveelheid wat vereis is om die droogste kontrole perseel weer tot by die boonste grens van plantbeskikbare water te kry. Reënval is met behulp van die reënmeters in die persele gemeet sodat totale waterverbruik aan die einde van die seisoen bereken kon word volgens die grondwaterbalansvergelyking. Die aanname moes gemaak word dat die grondwaterinhoud teen die einde van die seisoen, weerskante van die sprinkellyn, dieselfde was vir 'n spesifieke behandelingskombinasie. Die fout wat met so 'n aanname gemaak kon word, sou volgens skatting 'n fout van hoogstens 20 tot 30 mm by die berekening van 'n perseel

se totale waterverbruik kon veroorsaak.

Snyfrekwensie

Al die behandelings is op dieselfde datum met 'n meganiese snyer gesny nadat met 'n handsnymasjien gemonster is. Daar is gesny sodra die eerste behandeling se blaardak ongeveer 250 tot 300 mm hoog was. Die snyhoogte van 'n behandeling het reglynig afgeneem hoe verder daar van die lyn af beweeg is. Die mees gestremde persele is dus gesny wanneer 'n hoogte van slegs 50 tot 100 mm bereik is. Die verskil in fenologiese ontwikkeling tussen spesies en behandelings kon die resultate moontlik vertroebel het. Die meganiese snyer se snyhoogte kon nie verstel word nie, derhalwe is al die gewasse ewe hoog afgesny. Die snyhoogte was laer as wat in die reënskermproef gebruik is. Effense grondongelykhede het soms veroorsaak dat daar selfs reg op grondvlak gesny is.

3.8 PARAMETERS GEMONITOR

Grondwaterinhoud en evapotranspirasie

Grondwaterinhoud is met behulp van 'n Campbell neutronwatermeter (503 DR) tot op 'n diepte van 1,8 m gemonitor. Die meter is vooraf afsonderlik vir 200 mm diepte intervalle gekalibreer. Neutronwatermetertoegangsbuise is geïnstalleer deur gate met 'n grondboor te maak. Daarna is watermeterlesings geneem en vier monsters grond reg rondom die toegangsbuis op die verskillende dieptes geneem vir gravimetriese grondwaterbepaling. Die gemiddelde waarde van die vier grondmonsters is gebruik en met behulp van matriksdigthede van die verskillende dieptes omgerekend na die volumetriese grondwaterinhoud. Regressievergelykings wat die verband tussen volumetriese grondwaterinhoud en die verhouding watermeterlesing:standaardlesing aandui, is verkry vir die verskillende 200 mm dieptelae. Die standaardlesing is geneem met die watermeter wat op 'n toegangsbuis 1 m bokant die grond geplaas is, met die peiler steeds in die beskermingsomhulsel. Die kalibrasievergelykings van die watermeter vir die verskillende dieptelae word in Tabel A3 van die Bylae aangegee.

Elke perseel se veldkapasiteitswaarde is bepaal na oorvloedige besproeiing toegedien is en dreineringspatroon klaar plaasgevind het. Verdamping is tydens die dreineringsperiode verhoed deur plastiekbedekking. Veldkapasiteitswaardes is in 1989 na drie dae bepaal. Nadat die dreineringspatroon van die grond aan die begin van 1990 noukeurig bepaal is (Figuur A1), is veldkapasiteitswaardes na vier dae van dreineringspatroon bepaal. Die grondwatertekort van die verskillende dieptelae van 'n perseel is bereken deur die verskil tussen 'n waargenome neutronwatermeterlesing en die lesing vir veldkapasiteit deur middel van die helling van die kalibrasiekurwe om te reken na die tekort in millimeter.

Die dreineringspatroon wat in Figuur A1 voorgestel word, is gebruik om hidrouliese konduktiwiteit volgens die Lax θ metode te bepaal. Die metode word volledig bespreek deur Fuller & Moolman (1989). Hiervolgens is bereken dat dreineringspatroon by veldkapasiteit minder as 'n millimeter per dag is. Behalwe dat 'n gunstige toestand vir dreineringspatroon verby die grondwatermoniteringsdiepte selde voorgekom het, vanweë die besproeiingshoeveelhede wat toegedien is, was selfs die potensiële dreineringspatroon by veldkapasiteit weglaatbaar klein in terme van die weeklikse evapotranspirasiepatroon. Daar is besluit dat dit onnodig was om dreineringsverliese te probeer bereken. Dit is waarskynlik dat 'n groter berekeningsfout vir waterverbruik kon voorkom by sommige van die behandelings deurdat grondwater moontlik benut is uit lae dieper as wat gemonitor kon word.

Potensiële evapotranspirasie en gewasfaktore

'n Outomatiese weerstasie van "Environmental Science Services" (MNR Gebou, Soutpansbergweg, Pretoria) is tussen die persele aangebring om relatiewe humiditeit, windspoed, straling en temperatuur op 'n hoogte van ongeveer 1 m bokant die blaardak te monitor. 'n LI-COR piranometer, atmometer, temperatuur- en humiditeitsensor is gebruik, en omgewingsveranderlikes is elke minuut gemonitor, waarna gemiddeldes op 'n MC Systems (model 120) datalogger gestoor is. Hierdie data is gebruik om potensiële evapotranspirasie (E_p) mee te bereken. Die Penman-Monteith formule soos beskryf deur Campbell Scientific (1993) is gebruik om potensiële evapotranspirasie E_p te bereken. Dieselfde aannames en konstantes soos deur Smith (1991) aanbeveel, is

gebruik om die weerstasiegegevens om te werk na die nodige parameters wat in die Penman-Monteith formule gebruik word. Smith (1991) se konstantes en aannames is gebruik omdat dit as standaard vir wêreldwye gebruik voorgestel is deur die FAO van die Verenigde Volke. 'n Turbo-Pascal program (Bylae B) wat deur J G Annandale¹ geskryf is, is gebruik om E_p te bereken.

Die Penman-Monteith formule is redelik sensitief vir die blaardakweerstand wat gebruik word. Die betrokke model gebruik 'n weerstand van 69 s m^{-1} . De Jager, van Zyl, Kelbe & Singels (1987) het 'n blaardakweerstand van 30 s m^{-1} gebruik vir die Penman-Monteith formule. 'n Vergelykende toets het getoon dat die laer weerstand, met die spesifieke model wat gebruik is, sou E_p -waardes van gemiddeld 20% hoër gegee het. Die variasie was tussen 5% en 50%. E_p -waardes wat verkry is, was ook ongeveer 72% van dié wat met die klas A pan verkry word (Van der Westhuizen, 1993). Dit beteken dat weekliks berekende gewasfaktore ongeveer 1,34 keer hoër was as wat met behulp van die verdampingspan bereken sou word.

Gewasfaktore (f-waardes) is met behulp van die algemeen bekende formule bereken as die verhouding werklike evapotranspirasie tot potensiële evapotranspirasie. Hoewel kritiek bestaan teen die gewasfaktorbenadering, is dit 'n benadering wat algemeen deur voorligters verstaan word en is daar tydens die projekperiode heelwat navrae verkry oor gewasfaktore van weidings. Daar is ook op kongresse versoeke gerig dat gewasfaktore gepubliseer word.

Opbrengs en droëmateriaalinhoud

Varsmassas van die gesnyde monsters is bepaal waarna die monster by 60° C gedroog is tot konstante massa vir droëmassabepaling. Die droëmateriaalinhoud is ook bereken.

Chemiese blaarontledings

Die oonddroë materiaal is gemaal met 'n standaard Wiley meule (model 3), wat voorsien was van 'n 1,0 mm sif. Al die herhalings van die vierde snysel van die proef

¹ Departement Plantproduksie, Universiteit van Pretoria

onder die reënskerm, is vir chemiese analise gebruik, sodat behoorlike statistiese analises gedoen kon word. Ten einde koste te bespaar, is die ander snysels asook die herhalings van die enkellynsprinkelproef gepoel vir chemiese analises. Die plant-monsters van die eerste twee jaar is deur die Outspan Laboratoriums van die Suid-Afrikaanse Koöperatiewe Sitrusbeurs te Verwoerdburg ontleed vir stikstof (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg) en kalsium (Ca). Latere monsters is deur die Departement Grondkunde, Universiteit van Pretoria se ontledingslaboratorium ontleed. Ru-proteïeninhoud is bereken deur die stikstofpersentasie met 6,25 te vermenigvuldig (Armstrong, 1982). Die term proteïeninhoud wat vervolgens gebruik word, verwys na ru-proteïen.

HOOFSTUK 4

RESULTATE VAN EENJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM

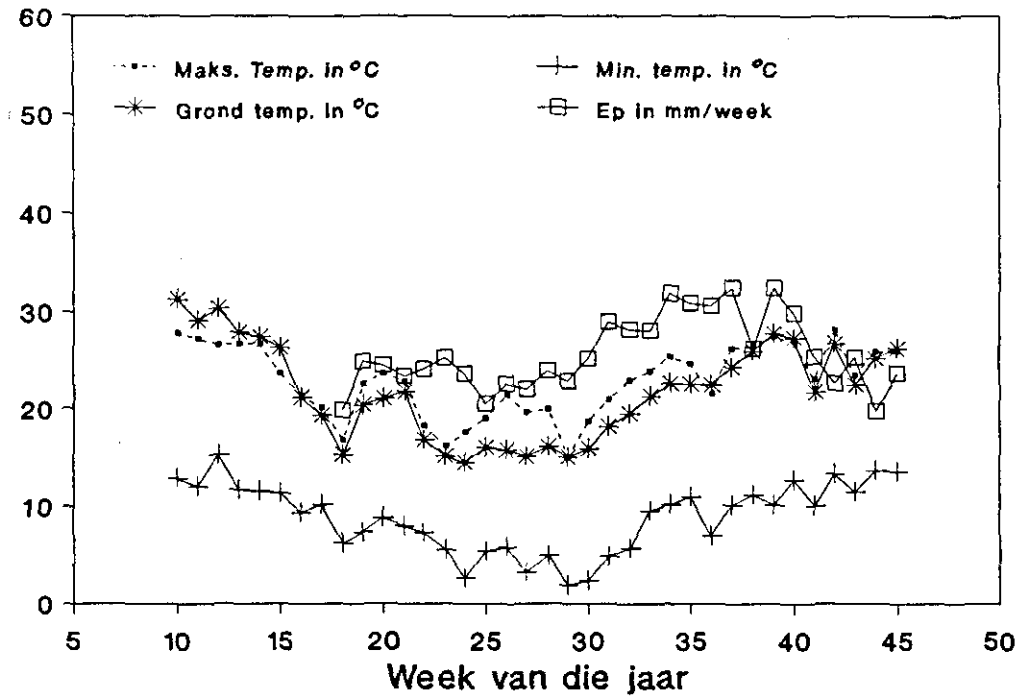
4.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS

Maksimum- en minimum temperatuur asook grondtemperatuur op 15 cm diepte en potensiële evapotranspirasie

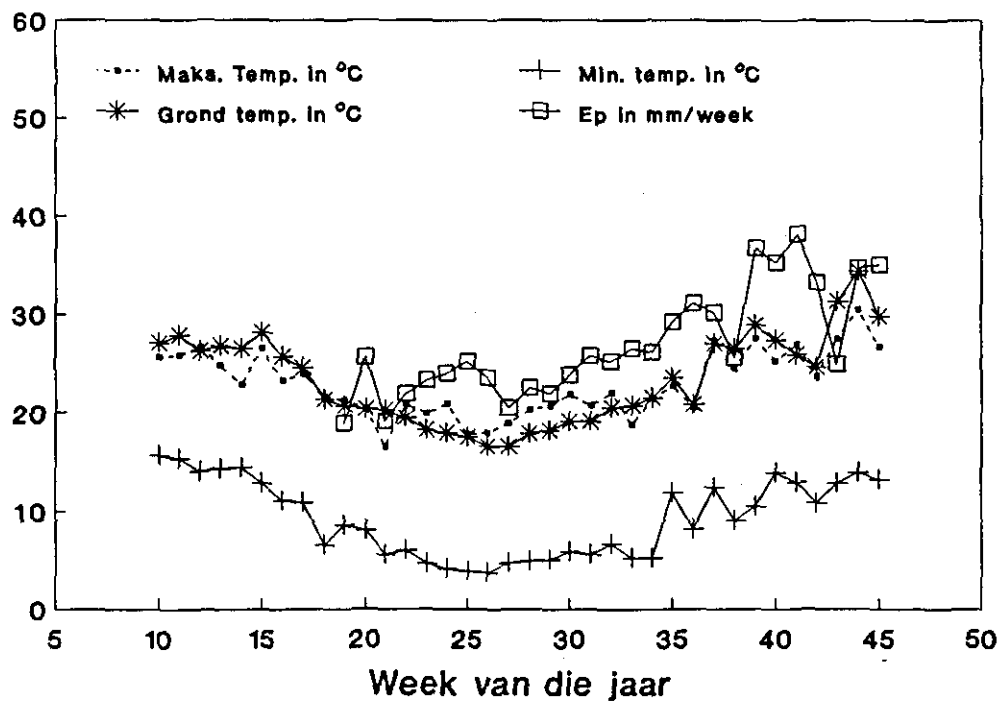
Die klimaatsgewens met betrekking tot die gemiddelde weeklikse maksimum-, minimum-, grondtemperatuur op 10 cm diepte en E_p volgens Penman-Monteith word in Tabel A4 aangegee. Die gegewens word in Figuur 4.1 geïllustreer. Die grondtemperatuurwaarde is dié wat om 14:00 geneem is. Waterverbruik was sedert die 17^e week gemonitor wat in Maart was en dit is duidelik dat die potensiële evapotranspirasie nie noemenswaardig verminder het soos wat die winterseisoen gevorder het nie. Na die winter was daar 'n duidelike toename in E_p .

4.2 PLANTESTAND

Die gewasse het in albei seisoene goed gevestig. In Tabel 4.1 word die plantestand vir die 1990-seisoen aangegee. Korog het die laagste stand gehad omdat die grootste saad vir hierdie gewas gebruik is en die massa saad wat geplant is, is nie relatief tot koring en hawer se massa saad aangepas nie. Halmproduksie is nadelig geraak deur stremmingsbehandelings. In Tabel 4.2 kan gesien word dat veral koring se halmaanleg in die 1989-seisoen nadelig beïnvloed is deur stremming.



1990



Figuur 4.1 Weeklikse gemiddelde minimum-, maksimum-, grondtemperatuur op 10 cm diepte en potentiële evapotranspiratie gedurende 1989 en 1990.

Tabel 4.1 Gemiddelde plantestand vir vyf voergewasse soos op drie weke na opkoms in 1990.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	plante m ⁻²				
Hawer	238	210	175	240	215
Klawer	278	260	291	243	268
Koring	311	378	280	321	322
Korog	140	198	133	175	161
Raaigras	360	333	390	371	363
Gemiddeld	265	276	254	270	
KBV _{T(0.05)} G = 102; W en WxG = NB					

Tabel 4.2 Invloed van besproeiingspeil op halmpopulasie van hawer, koring en korog aan die einde van die 1989-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	halms m ⁻²				
Hawer	415	203	198	203	255
Koring	205	64	21	28	80
Korog	338	240	154	128	215
Gemiddeld	319	169	124	120	
KBV _{T(0.05)} WxG = 76					

Die grootste aantal halms wat in 1990 by koring voorgekom het, naamlik bykans 800 m^{-2} , het teen 11 weke na opkoms voorgekom (Tabel 4.3). Dit is besonder hoë halmdigthede, maar met in agneming van die aantal plante, dui dit op gemiddeld slegs twee tot drie halms per plant. Roy & Gallagher (1985) het halmdigthede van meer as 1 000 halms m^{-2} gerapporteer by koringplante wat ongeveer agt halms plant⁻¹ ontwikkel het.

Die besproeiingseffek was in 1990 slegs teen 15 weke na opkoms betekenisvol, toe die aantal halms afgeneem het met toenemende droogtestremming (Tabel 4.3). Afnemende halmdigtheid onder waterstremmingstoestande was 'n tipiese stremmingseffek wat ook deur Davidson & Chevalier (1987) waargeneem is. Van Jaarsveld & Human (1974) het gevind dat die sny van koringplante die halmdigtheid nie betekenisvol verminder het nie, maar hulle het onder droëlandtoestande gewerk met relatief lae halmdigthede (160 halms m^{-2}).

Tabel 4.2 toon 'n duideliker stremmingseffek vir 1989, toe die kontrole behandelings se halmtelling met die finale oes in 1989 hoër was. Die sny van hierdie gewasse is in 1989 gedurende die wintermaande gestaak omdat hulle begin oorgaan het na die reprodutiewe fase. Hulle is toe gelaat om uit te groei en graan te produseer. In 1990 is daar na die winter nog twee keer gesny, toe halms reeds begin verleng het. Die sny-effek op groeipunte was skynbaar so drasties, selfs vir die kontrole, dat betekenisvolle besproeiingseffekte nie later as 15 weke na opkoms gemanifesteer het nie.

4.3 DROËMATERIAALOPBRENGS

In Tabel 4.4 kan gesien word dat hawer, korog en raaigras gemiddeld oor besproeiingspeile, die hoogste opbrengste in 1989 gelewer het. Die gemiddelde opbrengs het afgeneem met toenemende stremming. Daar was egter nie groot verskille tussen die W2-, W3- en W4-behandelings nie, en dit is duidelik dat die speling tussen behandelings te klein was. Dieselfde tendens is waarneembaar in Figuur 4.2a waar wisselwerkingseffekte geïllustreer word.

Tabel 4.3 Invloed van besproeiingspeil op halmpopulasie van hawer, koring en korog in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)	Weke na opkoms			
		11	15	19	laaste snysel
		halms m ²			
Hawer	W1	1 326	986	864	314
Hawer	W2	1 493	1 250	942	422
Hawer	W3	1 326	966	891	390
Hawer	W4	1 396	980	911	258
Gemiddeld vir hawer		1 385	1 045	902	346
Koring	W1	690	766	497	433
Koring	W2	780	536	520	535
Koring	W3	786	530	486	508
Koring	W4	590	440	446	470
Gemiddeld vir koring		711	568	487	486
Korog	W1	513	470	424	91
Korog	W2	613	503	324	96
Korog	W3	530	400	288	114
Korog	W4	450	373	322	81
Gemiddeld vir korog		526	436	339	95
Gemiddeld vir W	W1	843	740	595	279
	W2	962	763	595	351
	W3	881	632	555	337
	W4	812	597	560	269
KBV _{T(0,05)} W		NB	-	NB	NB
KBV _{T(0,05)} G		146	-	165	130
KBV _{T(0,05)} WxG		NB	600	NB	NB

In 1990, toe die speling tussen behandelings groter was, was hawer se gemiddelde opbrengs oor besproeiingspeile weer meer as vir al die ander gewasse (Tabel 4.5). Hierna het raaigras, korog, koring en klawer gevolg. Dit blyk dus dat die opbrengspotensiaal van hawer die hoogste was onder 'n verskeidenheid van stremmingstoestande. In Figuur 4.2 word geïllustreer dat hawer en korog se kontrole behandelings die hoogste opbrengste in 1989 gelewer het, terwyl die kontrole behandelings van hawer en raaigras die hoogste opbrengste in 1990 gelewer het. In Figuur 4.2b kan ook gesien word dat hawer in 1990 by al die ander besproeiingspeile die hoogste opbrengs gelewer het, wat beteken dat hawer baie aanpasbaar is, en onder uiteenlopende stremmingstoestande die hoogste produksie kan lewer.

*Tabel 4.4 Invloed van besproeiingspeil op totale droëmateriaalopbrengs van vyf voer-
gewasse in die 1989-seisoen.*

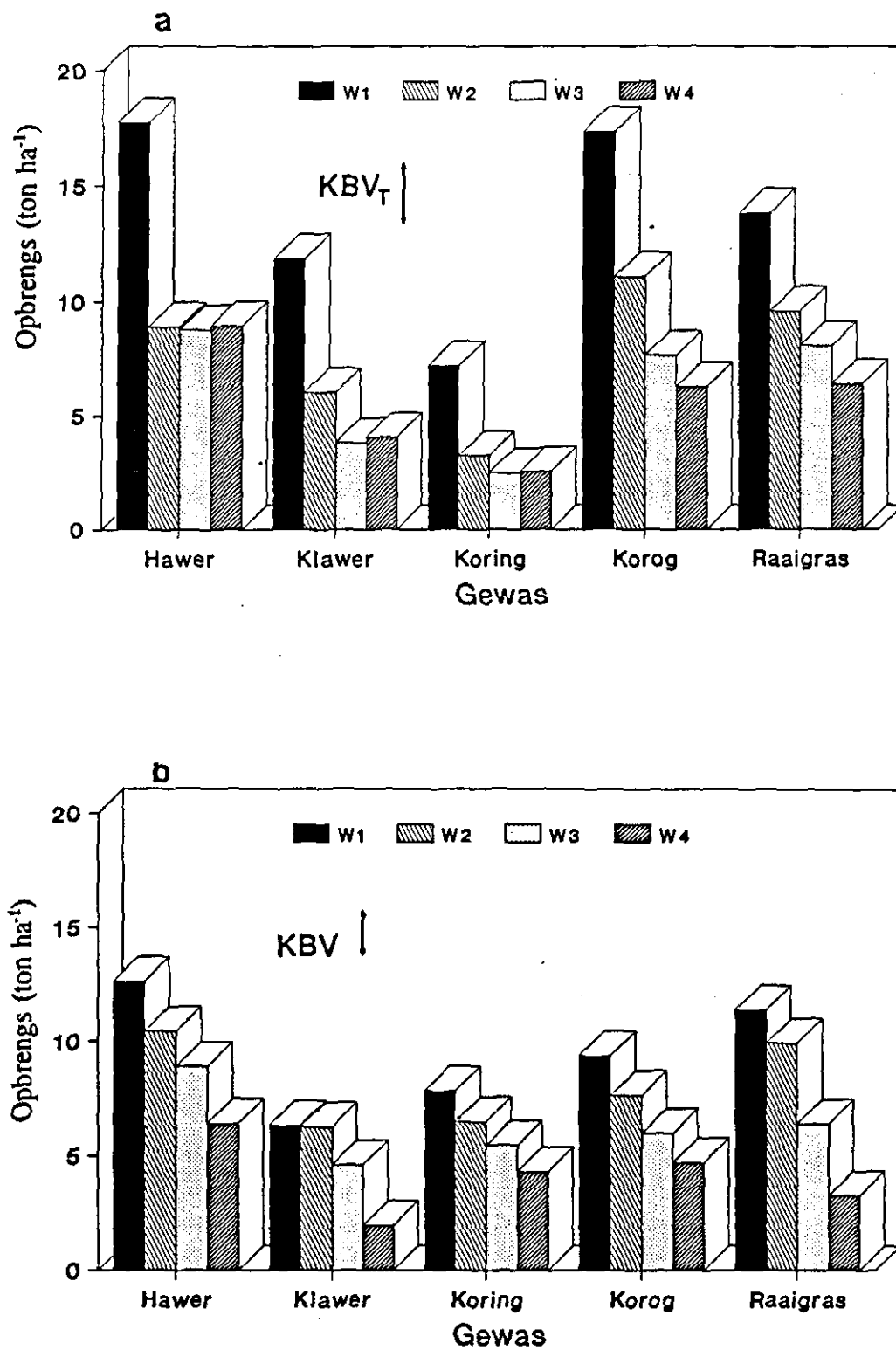
Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Kg ha ⁻¹				
Hawer	17 731	8 899	8 768	8 963	11 090
Klawer	11 866	6 033	3 800	4 066	6 441
Koring	7 195	3 242	2 492	2 566	3 874
Korog	17 342	11 047	7 646	6 262	10 574
Raaigras	13 833	9 566	8 066	6 400	9 466
Gemiddeld	13 593	7 757	6 145	5 651	
KBV _{T(0.05)} WxG = 2 525					

Tabel 4.5 Invloed van besproeiingspeil op totale droëmateriaalopbrengs van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Kg ha ⁻¹				
Hawer	12 637	10 451	8 911	6 423	9 763
Klawer	6 333	6 260	4 615	1 964	4 793
Koring	7 845	6 496	5 471	4 335	5 966
Korog	9 396	7 642	5 996	4 712	6 958
Raaigras	11 416	9 964	6 430	3 289	7 774
Gemiddeld	9 571	8 197	6 277	4 159	
KBV _{T(0.05)} WxG = 2 080					

Assegaaiklawer het 'n baie lae opbrengspotensiaal onder straf gestremde toestande gehad (Tabel 4.4. & 4.5). Die tendens dat opbrengs meer by die klawer as by die grasgewasse benadeel kon word deur stremming, is ook deur Johns & Lazenby (1973b), wat witklawer met 'n aantal gematigde grasgewasse vergelyk het, waargeneem. Hulle het gevind dat witklawer 'n opbrengs van ongeveer 10 000 kg ha⁻¹ kon realiseer, wat met die helfte afgeneem het onder stremmingstoestande. Opbrengste van die grasgewasse is nie so drasties verlaag deur dieselfde stremming nie. Die opbrengsafname van witklawer het egter nie gepaard gegaan met 'n ooreenstemmende verlaging in waterverbruik nie, wat beteken dat hierdie gewas se waterverbruiksdoeltreffendheid verminder het onder stremmingstoestande.

Die opbrengste wat vir raaigras verkry is, vergelyk goed met dié wat in die literatuur vir raaigras aangehaal word. Le Roux *et al.* (1991) het opbrengste van 9 000 en 13 000 kg ha⁻¹ onderskeidelik gekry, van raaigras wat in Oktober- en Februarie gevestig is. Die opbrengste van 11 400 en 13 800 kg ha⁻¹ wat vir die kontrole raaigrasbehandeling



*Figuur 4.2 Invloed van besproeiingspeil op totale droëmateriaalopbrengs van vyf voer-
gewasse in a) die 1989-seisoen en b) die 1990-seisoen.*

in hierdie studie verkry kon word, is minder as die 15 000 kg ha⁻¹ wat Eckard (1989) en die 17 000 wat Smith *et al.* (1986) gekry het. Eckard (1989) het egter aangedui dat lokaliteite en tipe grond die opbrengspotensiaal van raaigras met tot 5 000 kg ha⁻¹ kan laat wissel.

Die hoeveelheid droëmateriaal wat met hawer se laaste oes geproduseer is, word in Tabel 4.6 en 4.7 vir 1989 en 1990, onderskeidelik, aangetoon. Dit is duidelik dat 'n groter deel van die totale opbrengs as groenvoer geproduseer is in 1990, toe daar meer snysels geneem is. Hawer se kontrole het in 1989 bykans 5 000 kg ha⁻¹ as groenvoer geproduseer teenoor bykans 9 000 kg ha⁻¹ in 1990. Dit is heelwat hoër opbrengste as die 3 000 kg ha⁻¹ wat Gardner & Wiggans (1960) vir hawer onder besproeiing gerapporteer het. Die resultate wat in hierdie studie verkry is, beklemtoon egter dat met gereelde benutting, kan meer droëmateriaal as groenvoer geproduseer word. Die meer gereelde sny het egter veral korog se totale opbrengs in 1990 laat afneem. Dit was omdat veral die laaste snysel, waarby graan ook was, minder was as die vorige jaar (Tabel 4.6 & 4.7).

Tabel 4.6 Invloed van besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs van die laaste snysel wat in die 1989-seisoen, toe graan ook geproduseer is, verkry is.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	kg ha ⁻¹				
Hawer	12 765	5 333	4 935	5 163	7 050
Koring	4 995	1 010	425	499	1 732
Korog	13 775	8 180	4 646	3 562	7 541
Gemiddeld	10 512	4 841	3 335	3 075	
KBV _{T(0.05)} WxG = 1816					

Tabel 4.7 Invloed van besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs van die laaste snysel wat in die 1990-seisoen, toe graan ook geproduseer is, verkry is

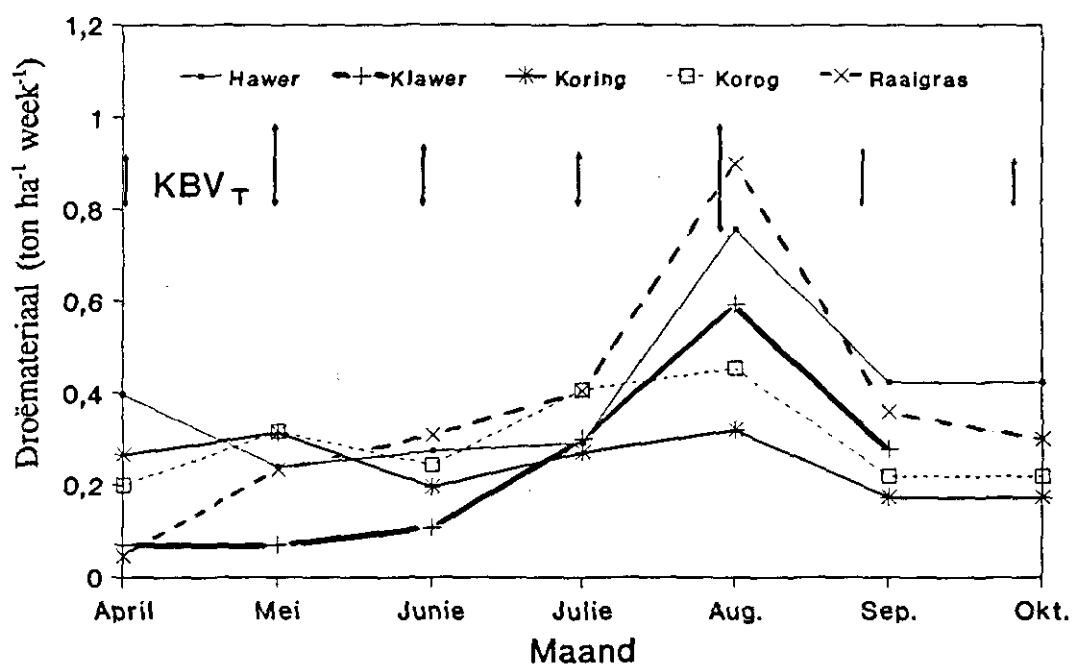
Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Kg ha ⁻¹				
Hawer	3 867	3 110	2 917	1 845	2 934
Koring	1 496	1 149	845	657	1 037
Korog	1 882	1 436	1 416	643	1 344
Gemiddeld	1 449	1 139	1 035	629	
KBV _{T(0.05)} W = 340; G = 350; WxG = NB					

Dit is nie net totale opbrengs wat van belang is vir die produksie van diere nie, maar kwaliteitsfaktore, soos verteerbaarheid, is van wesenlike belang. Volgens Reid & Jung (1982) kan 'n toename in opbrengs lei tot beter kwaliteit, maar daar kan nie veralgemeen word nie. Beskikbare inligting dui egter daarop dat die beste manier om opbrengs van totale verteerbare materiaal te verhoog, is om te streef na hoër opbrengste, in plaas van om te poog om verteerbaarheid as sulks te verhoog (Bray, 1982).

Aangeplante weidings onder besproeiing het onder andere ten doel om fluktuasies in voerproduksie te verminder omdat wisselende produksie deur diere direk verband hou met wisselende voerproduksietempo's (Evans, 1982). Die produksietempo van 'n voergewas is dus ook 'n belangrike kriterium wat sal bepaal hoeveel waarde die gewas in 'n intensiewe veeproduksiestelsel sal hê. Droëmateriaalproduksietempo's wat gedurende die 1990-seisoen vir die kontrole behandelings bepaal is, word in Figuur 4.3 voorgestel ten einde die potensiaal van die verskillende gewasse onder goeie besproeiingstoestande met mekaar te kan vergelyk. Die swak opbrengsvermoë van assegaaiklawer in die herfs- en wintermaande is opmerklik. Hawer het in die herfs die

hoogste produksietempo van ongeveer $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ gehandhaaf. Hierna het die produksietempo effens afgeneem, maar redelik konstant gebly en 'n piek in Augustus bereik, soos ook die geval met die ander gewasse was. 'n Produksiepiek in Augustus/September is tipies vir eenjarige gematigde weidings (Le Roux *et al.*, 1991; Pieterse, Grunow & Rethman, 1988). Die piekproduksietempo van bykans $900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ wat vir raaigras in hierdie studie verkry is, was hoër as die piekproduksietempo's van 400 en $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ wat Pieterse *et al.* (1988) en Goodenough, Smith & Smith (1987) onderskeidelik, gemeet het. Hierdie navorsers het egter onder koeler toestande gewerk as wat in Pretoria voorkom. Verder was daar ook die dierefaktor in Pieterse *et al.* (1988) se proewe. Opbrengste word dikwels benadeel deur weidende diere (Davies & Morgan, 1982). Die mate van opbrengsverlies is egter gewasgekoppel. Volgens Norton (1982) is raaigras oor die algemeen redelik verdraagsaam teen beweiding.

Die stadige vestiging en lae produksietempo van assegaaiklawer in die herfs en vroeë winter laat ernstige twyfel ontstaan of hierdie gewas vir voerproduksie aanbeveel kan word. Dit is juis tydens hierdie tydperk van die jaar dat die probleem van swak kwaliteit en lae produksietempo vanaf natuurlike veld oorkom moet word. Vroeë en vinnige produksie met die aanbreek van die winter is volgens Allden (1982) die sleutel tot suksesvolle diereproduksie. 'n Stelsel met hawer wat vinnige produksie in die herfs lewer, en raaigras wat stabiele winter- en hoë lenteproduksietempo's lewer, sou ideaal wees volgens die inligting wat in hierdie studie ingewin is. Die ideale stelsel sou egter daar anders kon uitsien in omgewings met kouer winters as Pretoria.



Figuur 4.3 Droëmateriaalproduksietempo vir vyf voergewasse se kontrole behandeling gedurende verskillende maande van die 1990-seisoen.

4.4 WATERVERBRUIK

In 1989 is besproeiingsbehandelings na ongeveer 'n maand begin toe goeie vestiging verkry is. Daar is gevolglik eers nadat die eerste snysel van die grasgewasse geneem is, begin om waterverbruik fyn te monitor. In 1990 is waterverbruik egter van die begin af gemonitor. Die data in Tabel 4.8 toon dat die speling tussen die gestremde besproeiingsbehandelings in die 1989-seisoen redelik min was ten opsigte van totale waterverbruik. Die hoeveelheid water wat deur die gestremde behandelings verbruik is, het heelwat van die kontrole verskil, maar was nie baie verskillend van mekaar nie. Hawer, korog en raaigras se kontrole behandelings het die meeste water verbruik,

gevolg deur klawer en dan koring, wat die minste verbruik het. Die cultivar Inia het nie goed herstel na die laaste snysel geneem is nie, omdat dit 'n vinnige cultivar is en meeste van die groeipunte verwyder is. Swak halmvorming het hierna voorgekom, sodat die stand nie sodanig was dat hoë waterverbruik by koring verwag kon word nie.

Tabel 4.8 Invloed van besproeiingspeil op totale waterverbruik van vyf voergewasse in die 1989-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	mm				
Hawer	857	399	294	240	447
Klawer	511	409	373	327	405
Koring	301	145	124	135	176
Korog	763	409	269	225	416
Raaigras	761	476	424	335	499
Gemiddeld	639	368	297	252	
$KBV_{T(0.05)} W \times G = 155$					

Die betekenisvolle waterpeil x gewas wisselwerking in Tabel 4.9 dui daarop dat die gewasse nie ewe veel op stremming gereageer het nie. In Figuur 4.4 kan gesien word dat waterverbruik met meer as die helfte verminder het by hawer, korog en raaigras se mees gestremde behandelings, terwyl daar nie by koring en klawer so 'n drastiese afname was nie. Dit is ook uit Figuur 4.4 duidelik dat die speling tussen besproeiingsbehandelings in 1990 beter was as in 1989. Die kontrole behandelings van hawer en korog het in 1990 merkbaar minder water verbruik as in die vorige seisoen.

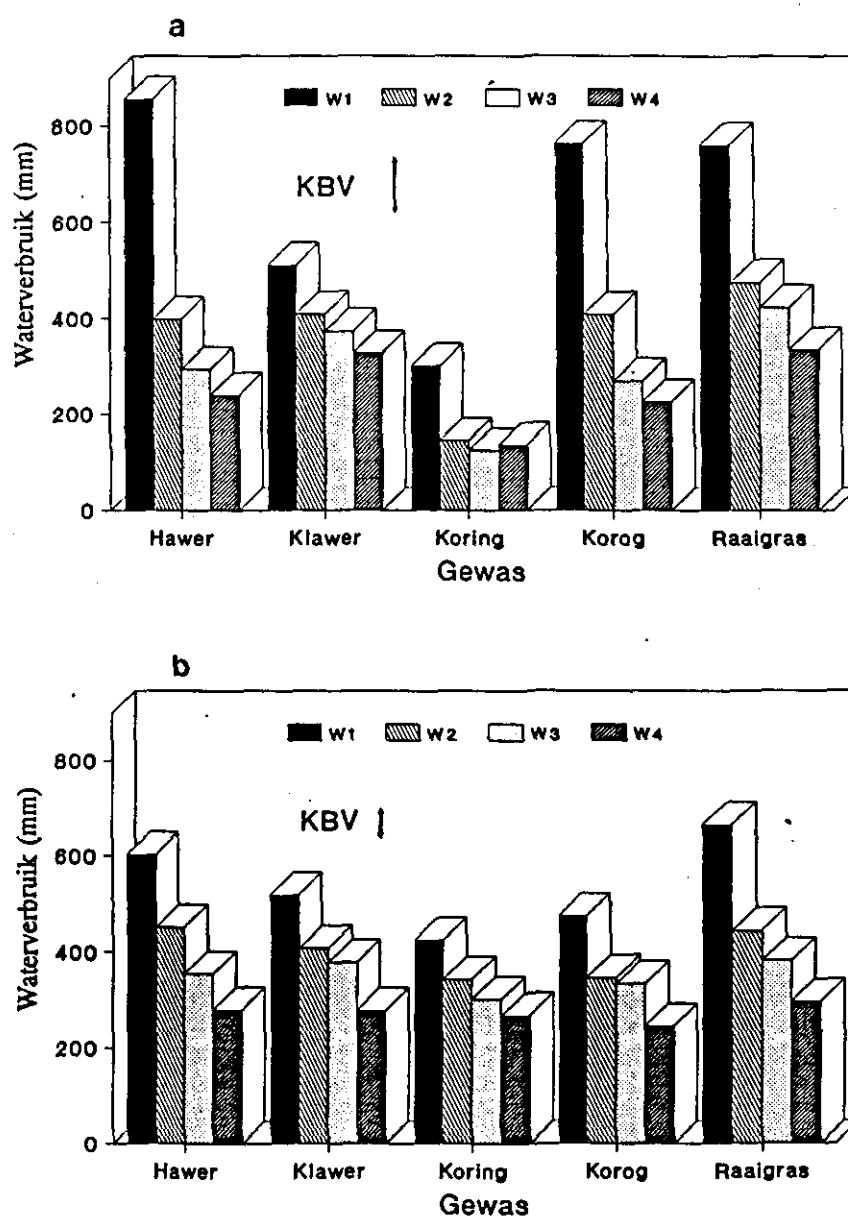
Dit moet daaraan toegeskryf word dat daar in 1990 meer dikwels gesny is, sodat die gewasse in die laaste gedeelte van die seisoen nie so welig gegroei het as in die vorige seisoen nie. Koring is in die 1990 seisoen vervang met 'n cultivar wat weelderiger gegroei het, daarom het koring meer water verbruik.

Tabel 4.9 Invloed van besproeiingspeil op totale waterverbruik van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

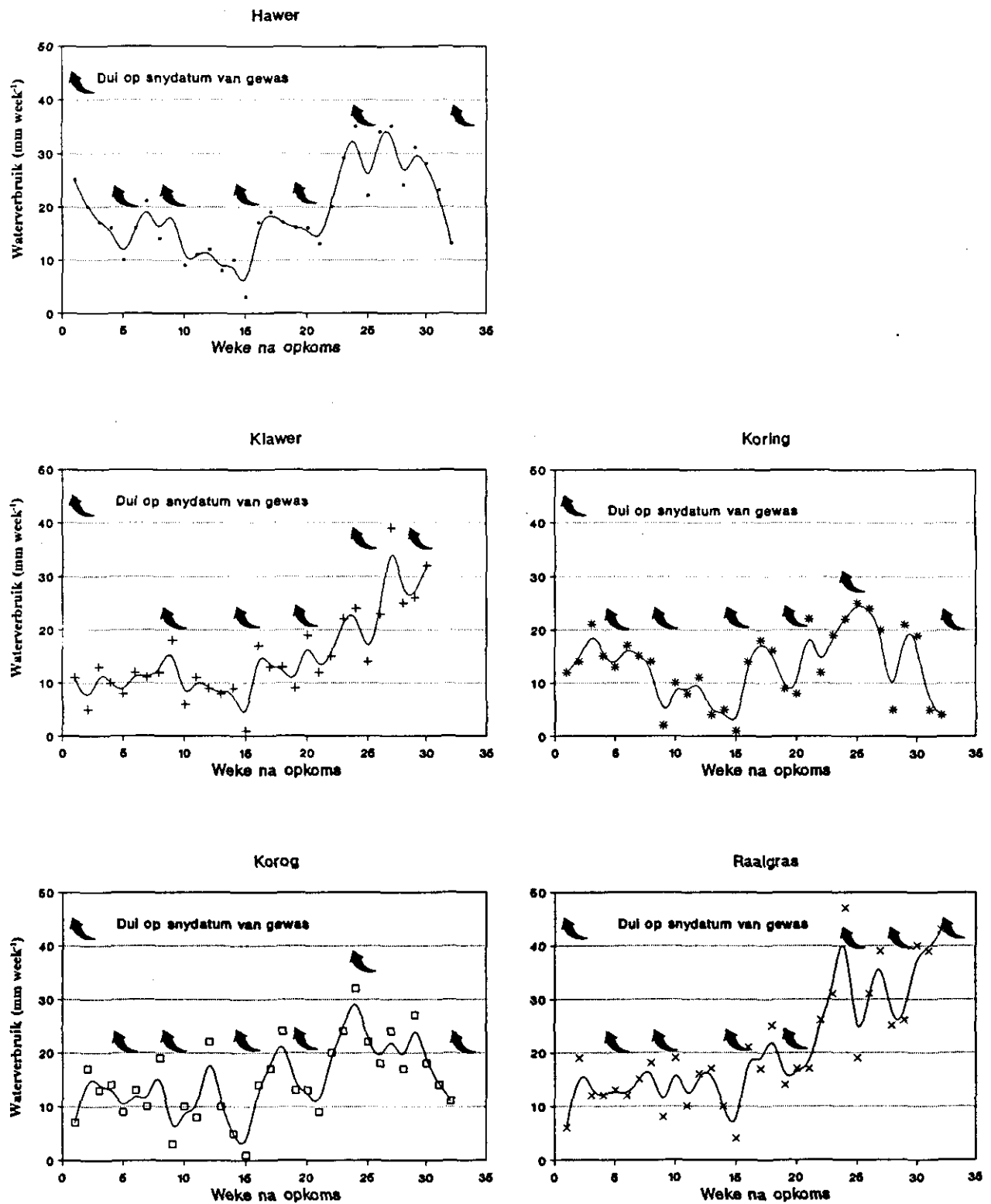
Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	mm				
Hawer	604	452	355	280	423
Klawer	520	409	379	278	396
Koring	426	344	302	267	335
Korog	475	347	334	245	350
Raaigras	666	445	382	296	447
Gemiddeld	538	399	350	273	
$KBV_{T(0.05)} W \times G = 76$					

Uit Figuur 4.5 kan 'n aanduiding verkry word van die waterverbruikstempo vir die verskillende gewasse se kontrole behandelings. Waterverbruikstempo is onder andere afhanklik van die grootte van die transpirerende oppervlakte en daar kan gesien word dat daar oor die algemeen 'n afname in waterverbruik was nadat geoes is. Volgens Johns & Lazenby (1973a) hou waterverbruik en blaaroppervlakte indeks (BOI) nie goed met mekaar verband by droëlandweidings nie, maar by besproeide weidings is daar 'n

goeie verband. Hulle het gevind dat die verband goed hou tot by 'n BOI van drie. By groter blaaroppervlakte indekse raak waterverbruik onsensitief vir BOI. Die afname in E_t na 'n snysel geneem is, sal ook afhanklik wees van die besproeiingsfrekwensie. As daar meer dikwels besproei word, sal meer verdamping vanaf die grondoppervlakte plaasvind, sodat die E_t/E_p -verhouding groter sal word (Burgers & Nel, 1984).



Figuur 4.4 Invloed van besproeiingspeil op totale waterverbruik van vyf voergewasse in a) die 1989-seisoen en b) die 1990-seisoen.



Figuur 4.5 Weeklikse waterverbruik gedurende die 1990-seisoen vir vyf voergewasse se kontrole behandelings.

Mottram *et al.* (1977) het gevind dat raaigras oor 'n 40 dae periode gemiddeld 28 mm week⁻¹ verbruik het. Die daaglikse variasie was van minder as 1,0 tot meer as 6 mm dag⁻¹. Uit Figuur 4.5 blyk dat die waterverbruikstempo in die eerste helfte van die seisoen oor die algemeen baie laag was en gemiddeld minder as 20 mm week⁻¹ was vir al die gewasse. Hierna het dit toegeneem tot soms meer as 30 mm week⁻¹. Die verhoogde atmosferiese verdampingsaanvraag na die winter was skynbaar hoofsaaklik vir die toename verantwoordelik. Dit is dus nie moontlik om 'n algemene gemiddelde waterverbruikstempo vir die hele seisoen te spesifiseer nie. Goodenough *et al.* (1987) het gedurende die hele groeiseisoen 25 mm water week⁻¹ op raaigras toegedien. Sulke vaste besproeiingsprogramme sal gedurende sekere tye van die jaar en snysiklus oorbesproeiing en voedingselementverliese tot gevolg hê. Gedurende ander periodes in die seisoen sal onderbesproeiing weer voorkom as slegs 25 mm week⁻¹ toegedien word.

Gesofistikeerde modelle is nodig om die korttermynvariasie in waterverbruik wat moontlik is, in die besproeiingsprogram te inkorporeer. Dit is egter nie nodig om dit in ag te neem vir stelselontwerp of boerderybeplanning nie. Makliker bruikbare inligting wat met maandelikse gemiddeldes bereken is, word vir beplanningsdoeleindes in Tabele 4.10 en 4.11 aangebied. Minder variasie as gevolg van die sporadiese afsny van gewasse het voorgekom.

Tabel 4.10 toon dat daar in 1989 ongeveer 20 mm week⁻¹ gebruik is gedurende Meimaand. Dit het daarna effens afgeneem tot in Julie, waarna dit weer toegeneem het. Koring het oor die algemeen die minste water verbruik, gevolg deur assegaaiklawer. Hawer se waterverbruikstempo was, behalwe vir die wintermaande toe dit redelik dormant geraak het, van die hoogste. Baie welige groei aan die einde van die seisoen, asook 'n hoë atmosferiese verdampingsaanvraag, het veroorsaak dat daar selfs ongeveer 60 mm week⁻¹ in 1989 verbruik kon word. Dieselfde tendense het in 1990 voorgekom (Tabel 4.11), maar toe was die piekwaterverbruikstempo's van hawer en korog laer. Die sny van hierdie gewasse is in die vorige seisoen heelwat vroeër gestaak. Weliger groei was toe in die tweede helfte van die seisoen moontlik. In Tabel 4.11 kan gesien word dat, behalwe vir raaigras wat goed kouebestand is, die ander gewasse in Junie en Julie slegs ongeveer 10 mm water per week nodig gehad het.

Tabel 4.10 Gemiddelde waterverbruikstempo gedurende verskillende maande van die 1989-seisoen vir vyf voergewasse se kontrole behandelings.

Gewas	Maand					
	Mei	Junie	Julie	Aug.	Sep.	Okt.
	mm week ⁻¹					
Hawer	25	15	12	32	51	61
Klawer	14	10	14	22	28	20
Koring	19	9	9	17	15	-
Korog	24	15	15	35	47	34
Raaigras	26	21	17	29	41	30
KBV _{T(0.05)}	8.9	8.7	5.8	7.9	15	19

Hierdie inligting toon duidelik dat daar nie veralgemeen kan word oor die besproeiingsbehoefte van verskillende weidingsgewasse nie. Die gewas wat betrokke is, speel 'n rol asook die hoeveelheid blaarmateriaal wat toegelaat word om te ontwikkel voordat dit verwyder word. Die tyd van die jaar speel ook 'n rol omdat die atmosferiese verdampingsaanvraag verander. Die resultate wat vir koring behaal is, was veral in die tweede helfte van die seisoen laag gewees en sal waarskynlik nie vir die gewas as sulks wye toepassingswaarde hê nie. Beide cultivars wat vir die verskillende seisoene gebruik is, het besonder gou na die reprodktiewe fase oorgegaan. 'n Later aanplanting sou waarskynlik beter gestoel en later die pypstadium bereik het.

Tabel 4.11 Gemiddelde waterverbruikstempo gedurende verskillende maande van die 1990-seisoen vir vyf voergewasse se kontrole behandelings.

Gewas	Maand						
	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.
	mm week ⁻¹						
Hawer	20	16	10	12	16	30	28
Klawer	10	12	8	10	13	21	31
Koring	15	12	8	9	13	22	14
Korog	13	11	12	9	15	24	20
Raaigras	12	13	16	13	20	32	34
KBV _{T(0.05)}	7	NB	6	NB	NB	9	6

4.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON

Diepte van wateronttrekking en *in situ* bepaalde plantbeskikbare water

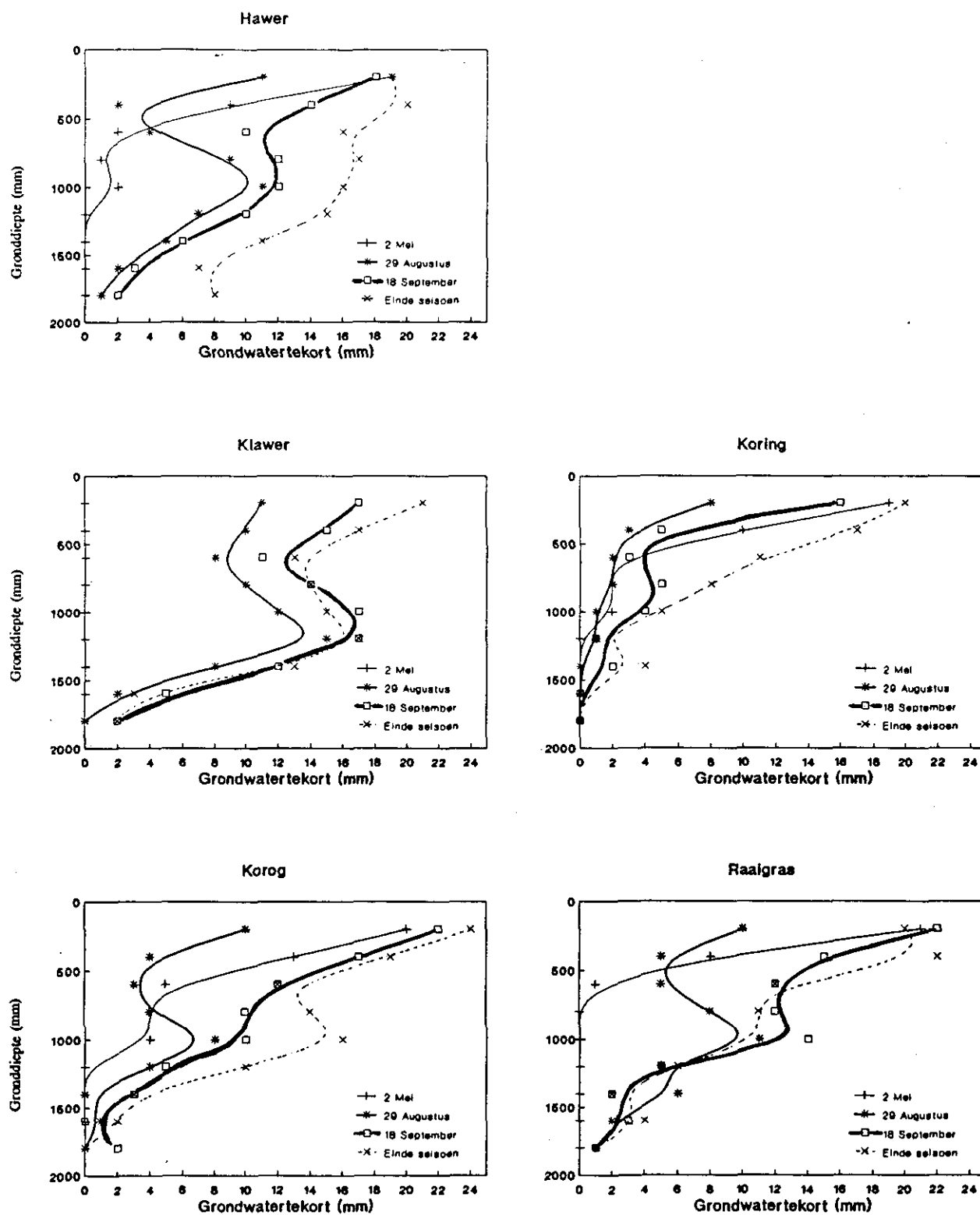
Grondwatertekorte gedurende die 1989- en 1990-groeiseisoen word vir 200 mm diepte-inkrement tot op 'n diepte van 1 600 mm, in Figure A2 tot A11 geïllustreer. Drie-weke bewegende gemiddeldes is gebruik sodat korttermyn wisselings uitgeskakel kon word, en 'n algemene evaluasie gemaak kon word met betrekking tot die gronddiepte waar wateronttrekking besig was om plaas te vind. Dit is uit hierdie figure duidelik dat die meer gestremde behandelings water dieper benut het as die kontroles en dat die dieper grondlae gouer benut is wanneer meer stremming toegepas is. Dit is bekend dat wateronttrekking uit vlakker grondlae plaasvind indien die grondwaterinhoud hoër gehou word, en dat wortels dan nie so diep ontwikkel nie (Proffitt, Berliner & Oosterhuis, 1984; Bennett & Doss, 1960). Gronduitdroging het by al die straf gestremde behandelings, behalwe by koring in 1989 in die 1 600 tot 1 800 mm grondlaag,

voorgekom. Gronduitdroging dieper as 1 000 mm het gewoonlik eers redelik laat in die seisoen voorgekom, of dit was relatief min in vergelyking met dit wat in die vlakker grondlae voorgekom het.

Die uitdrogingsvlakke van die grondprofiel op vier stadiums in die 1989-seisoen, en aan die einde van die 1990-seisoen, word in Figuur 4.6 en 4.7 vir die verskillende gewasse se W4-behandelings geïllustreer. Dit is duidelik dat, selfs toe die onderste grondlae begin uitdroog het, dit hoofsaaklik die boonste grondlae was wat gereageer het op benatting en uitdroging. Dit is die tipiese waaier onttrekkingspatroon wat ook deur Boedt & Laker (1985) waargeneem is by besproeide gewasse. By klawer kon redelike uitdroging tot op 1 200 mm diepte plaasvind en koring kon feitlik net die eerste 800 mm benut.

Grondwatertekorte aan die einde van die seisoen vir die W4-behandeling, word in Tabel 4.12 aangetoon. Volgens Bennett & Doss (1960) kom die effektiewe worteldiepte wat volgens grondwatertekorte beraam is, goed ooreen met worteldieptes wat volgens wortelstudies bepaal is. Garwood & Sinclair (1979) het die effektiewe worteldiepte beraam deur die dieptelaag in die grondprofiel te kies waaronder 'n heelwat kleiner grondwatertekort voorgekom het as dié daarbo. Dit is 'n ietwat subjektiewe tegniek, maar daarvolgens dui die syfers in Tabel 4.12 daarop dat hawer se effektiewe worteldiepte ongeveer 1 400 mm was. Assegaaiklawer het water in 1989 tot 'n diepte van 1 400 mm onttrek en in 1990 tot 1 800 mm diep. Hierdie diep wortelstelsel het egter nie voorkom dat die opbrengs van assegaaiklawer se W4-behandeling meer benadeel was as die ander gewasse se opbrengste nie. Koring, korog en raaigras kon water tot 'n diepte van 1 200 mm onttrek.

Volgens Spamer, De Bruyn & Human (1982); Pandey & Singh (1966) en Singh (1978) kan koring water effektief onttrek tot 'n diepte van 1 200 mm. Worteldieptes van 1 200 mm is ook deur Johns & Lazenby (1973a) vir verskillende gematigde meerjarige weidings gevind. Gewasverskille kom egter wel voor ten opsigte van die diepte wat water onttrek kan word (Garwood & Sinclair, 1979; Bennett & Doss, 1960). Dieper gewortelde gewasse is volgens Garwood & Sinclair (1979) meer droogteverdraagsaam. Garwood & Sinclair (1979) het egter tot hierdie gevolgtrekking



Figuur 4.6 Grondwateronttrekkingspatroon vir die W4-behandelings van vyf voergewasse op vier stadia gedurende die 1989-seisoen.

Tabel 4.12 Grondwatertekorte (mm) vir verskillende 200 mm lae in die grondprofiel in 1989 en 1990, nadat dit deur die strafste gestremde behandeling van vyf voergerasse uitgedroog is.

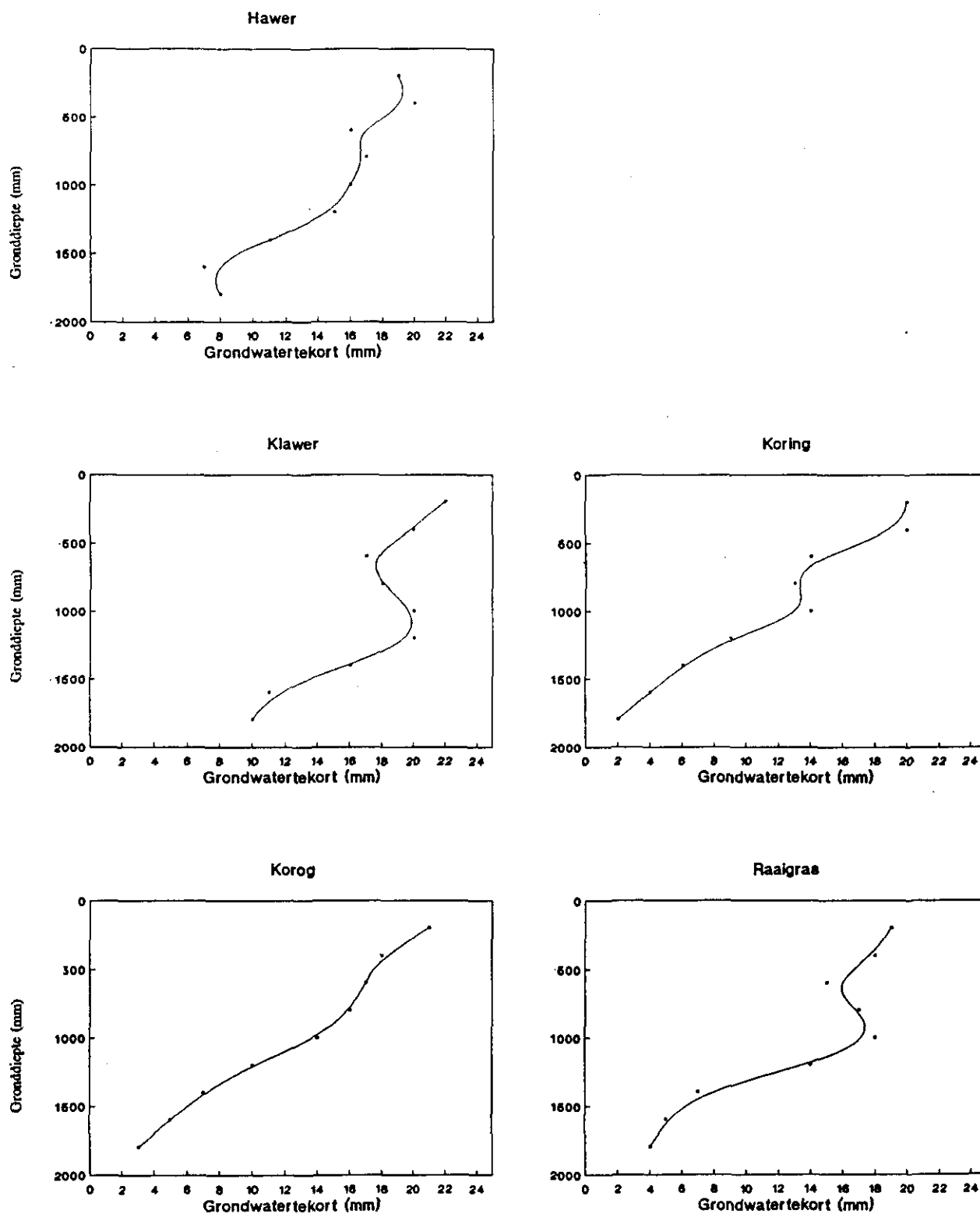
Diep- telaag	Gewas									
	Hawer		Klawer		Koring		Korog		Raaigras	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
d1	24	19	21	22	20	20	24	21	20	19
d2	19	20	17	20	17	20	19	18	22	18
d3	14	16	13	17	11	14	12	17	12	15
d4	13	17	14	18	8	13	14	16	11	17
d5	14	16	15	20	5	14	16	14	11	18
d6	10	15	17	20	1	9	10	10	6	14
d7	10	11	13	16	4	6	3	7	2	7
d8	6	7	3	11	0	4	2	5	4	5
d9	8	8	2	10	0	2	0	3	1	4

gekom nadat verskeie weidingsgewasse se opbrengs na 'n enkele uitdroogsiklus bepaal is. Die opbrengste wat behaal is, en worteldieptes was reglynig gekorreleer. So 'n korrelasie sou verwag kon word omdat waterverbruik en opbrengs goed gekorreleerd is. Daar kon meer water onttrek word hoe dieper die wortelstelsel was en daarom was opbrengs en worteldiepte gekorreleerd. Assegaai-klawer het in hierdie proef skynbaar nie die nodige fisiologiese aanpassing gehad om bevredigend onder gestremde toestande te produseer nie, daarom het dit ondanks die diepste wortelstelsel, die laagste opbrengste onder straf gestremde toestande gerealiseer.

Indien 'n effektiewe worteldiepte van 1 000 mm gebruik word vir al die gewasse, dan was plant ekstraheerbare water (PEW) vir die 1989-seisoen, onderskeidelik 84, 80, 61, 85 en 81 mm vir hawer, klawer, koring, korog en raaigras. Ooreenstemmende syfers vir 1990 was onderskeidelik 88, 97, 81, 86 en 87 mm. Dit is egter steeds minder as die PEW van 110 mm m^{-1} wat deur Garwood & Sinclair (1979) vir raaigras verkry is. Die grasgewasse kon feitlik ewe veel water uit die 1,0 m diep profiel onttrek, wat beteken dat ongeveer dieselfde onttrekkingsyfer vir die grasgewasse gebruik sou kon word as 'n worteldiepte van 1 000 mm gekies word. Teoreties sou 'n groter onttrekkingsyfer vir assegaaklawer gebruik kon word, omdat dit 'n dieper wortelstelsel gehad het. Met in ag neming van die droogtesensitiwiteit van hierdie gewas, kan die kleiner onttrekkingsyfer wat vir die grasgewasse moontlik is, ook vir klawer gebruik word.

Indien Figure 4.6 en 4.7 vergelyk word, kan gesien word dat die grondprofile in die 1990-seisoen effens dieper uitgedroog is. Die rede is dat die gestremde behandelings in 1990 nie met elke besproeiing tot by die boonste grens van PBW benat is nie en daar was dus meer tyd vir uitdroging om in die dieper grondlae plaas te vind. Dit is interessant om daarop te let dat raaigras, wat in die populêre pers bekend is as 'n vlak gewortelde gewas, dieselfde hoeveelheid water tot op ongeveer dieselfde diepte as die ander gewasse kon onttrek. Die grondtipe en mate van ontblaring sal egter 'n invloed kan hê op die diepte wat wortels sal ontwikkel.

Aan die einde van beide seisoene was daar 'n geringe tendens by al die gewasse dat die grond aanvanklik al natter was met toenemende diepte, maar wanneer dit dieper was as ongeveer 800 mm, het dit eers weer droër geword voordat dit weer natter geword het met toenemende diepte dieper as 1 000 mm (Figuur 4.6 en 4.7). Garwood & Sinclair (1979) het 'n soortgelyke waarneming gemaak, met die verskil dat daar 'n laag voorgekom het waaruit minder water onttrek is en nie meer, soos in hierdie proef, nie. Hulle kon die verskynsel nie verklaar nie, maar die laag waaruit minder water onttrek is, het ooreengekom met 'n laag waarvan die matriksdigtheid hoër was as die res van die grond. In hierdie proef het die grond op ongeveer 800 tot 1 000 mm minder dig geword, waarna die matriksdigtheid weer toegeneem het (Tabel A2). Die



Figuur 4.7 Grondwateronttrekkingspatroon vir die W4-behandelings van vyf voergrasse aan die einde van die 1990-seisoen.

minder digte laag kom ooreen met die laag waaruit meer water onttrek is, en met in ag neming van Garwood & Sinclair (1979) se resultate, is dit duidelik dat matriksdigtheid 'n invloed op worteldigtheid moet hê, sodat minder water uit digter lae onttrek word en meer uit minder digte lae.

Die proefgrond van hierdie studie het geen dieptebeperking gehad nie en kompaksie is ook nie deur die seisoen deur diere of meganiese masjienerie veroorsaak nie. Daar kan verwag word dat verdigting en grondtipe ook 'n rol sal speel by wortelontwikkeling en wateronttrekkingspatrone.

Gewasfaktore

Wanneer waterverbruik vir gewasse bepaal is, kan projeksies na ander gebiede of seisoene as dié waarin die navorsing gedoen is, nie met sekerheid gemaak word nie omdat die atmosferiese verdampingsaanvraag verskil van gebied tot gebied asook tussen seisoene. Hierdie omgewingsveranderlike bepaal tot 'n groot mate wat die potensiële waterverbruikstempo sal wees. Die gewasfaktor (E_t/E_p) is 'n nuttige hulpmiddel wat gebruik kan word vir berekening en ekstrapolering van E_t na weersomstandighede anders as dié waaronder 'n sekere proef uitgevoer is.

Koring en klawer het in beide seisoene van die laagste gewasfaktore gehad (Tabel 4.13 & 4.14). Uit Tabel 4.13 blyk dat hawer en korog se gewasfaktore na die winter drasties toeneem het. Daar was ook in die 1990-seisoen 'n algemene tendens dat die gewasfaktore afneem in die wintermaande en dan weer toeneem na die winter (Tabel 4.14). Die toename kan nie net aan groter blaaroppervlaktes toegeskryf word nie, omdat al die gewasse tot op 'n laat stadium in 1990 afgesny is. Die gewasfaktore het nogtans in beide seisoene toeneem na Julie. Die mate van lae temperatuurgeïnduseerde dormansie, verminderde viskositeit van kouer water en moontlik minder adveksie as gevolg van die paadjies tussen persele in die winter, kon alles bydraende faktore gewees het dat die gewasfaktore geneig het om laer te wees in die winter.

Tabel 4.13 Gewasfaktore van vyf voergewasse se kontrole behandelings gedurende die 1989-seisoen.

Gewas	Maand					
	Mei	Junie	Julie	Aug.	Sep.	Okt.
	E_v/E_p					
Hawer	0,97	0,65	0,50	1,07	1,66	1,70
Klawer	0,48	0,50	0,55	0,75	0,93	0,81
Koring	0,74	0,49	0,29	0,56	0,49	-
Korog	0,93	0,69	0,63	1,21	1,55	1,32
Raaigras	1,00	0,92	0,69	0,99	1,34	1,22
$KBV_{T(0.05)}$	0,26	0,42	0,22	0,26	0,47	0,48

Tabel 4.14 Gewasfaktore van vyf voergewasse se kontrole behandelings gedurende die 1990-seisoen.

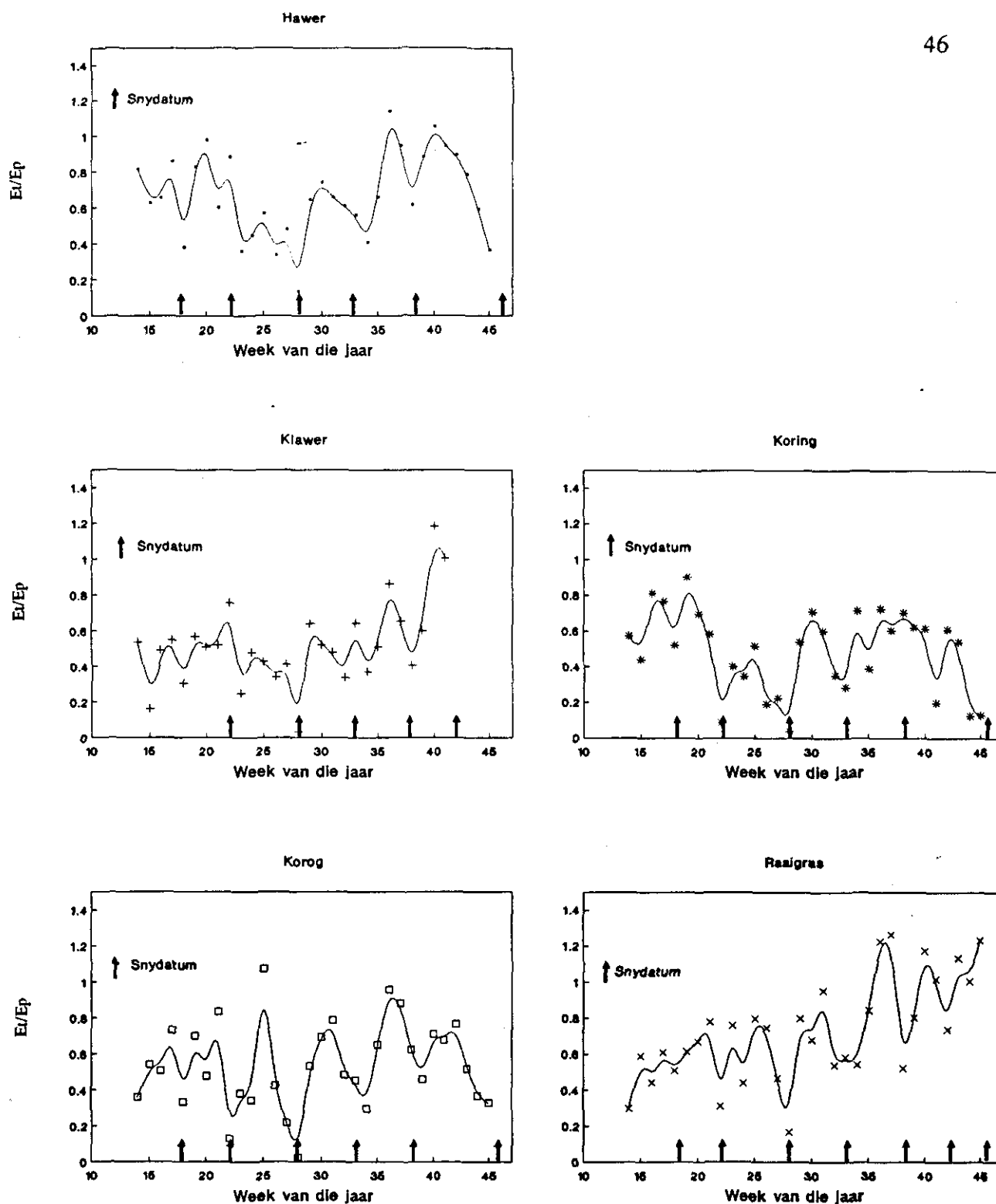
Gewas	Maand						
	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.
	E_v/E_p						
Hawer	0,84	0,73	0,43	0,50	0,58	0,90	0,86
Klawer	0,43	0,53	0,37	0,40	0,47	0,63	0,94
Koring	0,65	0,56	0,36	0,38	0,47	0,66	0,42
Korog	0,53	0,49	0,55	0,37	0,53	0,73	0,61
Raaigras	0,48	0,58	0,69	0,53	0,69	0,95	1,01
$KBV_{T(0.05)}$	0,28	NB	0,29	0,17	NB	0,25	0,19

Daar kan duidelik in Tabele 4.13 en 4.14 gesien word dat raaigras in die wintermaande geneig was om die hoogste gewasfaktor te hê. Dit hou skynbaar verband met die vermoë van hierdie gewas om koue temperature redelik goed te weerstaan. Dit is dus duidelik dat 'n gemeenskaplike gewasfaktor nie vir al die gewasse gebruik kan word nie. Veral klawer en raaigras se gewasfaktore het baie van mekaar verskil.

Figuur 4.8 illustreer in hoe 'n mate die gewasfaktor op die kort termyn gevarieer het gedurende die jaar. Dis duidelik dat die snybehandelings 'n groot invloed gehad het. Die gewasfaktor het vir minstens 'n week nadat gesny is tot baie lae vlakke geval. Die mate van afname was nie altyd dieselfde nie omdat daar soms vroeër en ander kere later in die week geoes is. Die waarde is dus vertroebel deur die tydperk wat daar wel nog ongesnyde groenmateriaal gedurende die oesweek was.

4.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID

Die waterverbruiksdoeleffendheid (WVD) van 1989 is bereken sonder in ag neming van die eerste snysel van die grasspesies se droëmateriaal omdat waterverbruik eers hierna gemonitor is. Tabele 4.15 en 4.16 toon onderskeidelik die WVD-waardes wat in 1989 en 1990 gemeet is. Hawer het oor wisselende stremmingsvlakke die hoogste WVD gehad. Daarna het koring, raaigras, koring en assegaiklawer gevolg. Behalwe vir 1989 toe die halmteeling vir koring baie laag was, het assegaiklawer die laagste gemiddelde WVD gehad. Betekenisvolle besproeiingseffekte het ook voorgekom, maar die wisselwerking wat in Figuur 4.9 geïllustreer word, toon dat die gewasse verskillend gereageer het op stremming. Stremming het in 1989 baie duidelik veroorsaak dat WVD toeneem het by hawer terwyl dit afneem het by assegaiklawer (Figuur 4.9a). Johns & Lazenby (1973b) het 'n WVD van $17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ vir besproeide witklawer gevind, en ook gevind dat dit afneem het onder stremmingstoestande. Wanneer WVD afneem met toenemende stremming, beteken dit dat opbrengs buite verhouding afneem met afname in waterverbruik. Gewasse met sulke eienskappe behoort as droogtesensitief beskou te word. Sekere ander faktore behoort egter ook in ag geneem te word. Die grootte van verdamping in die E_t -term kan varieer as gevolg van standverskille. Meer verdamping sal WVD laat afneem omdat dit 'n verlies is wat nie



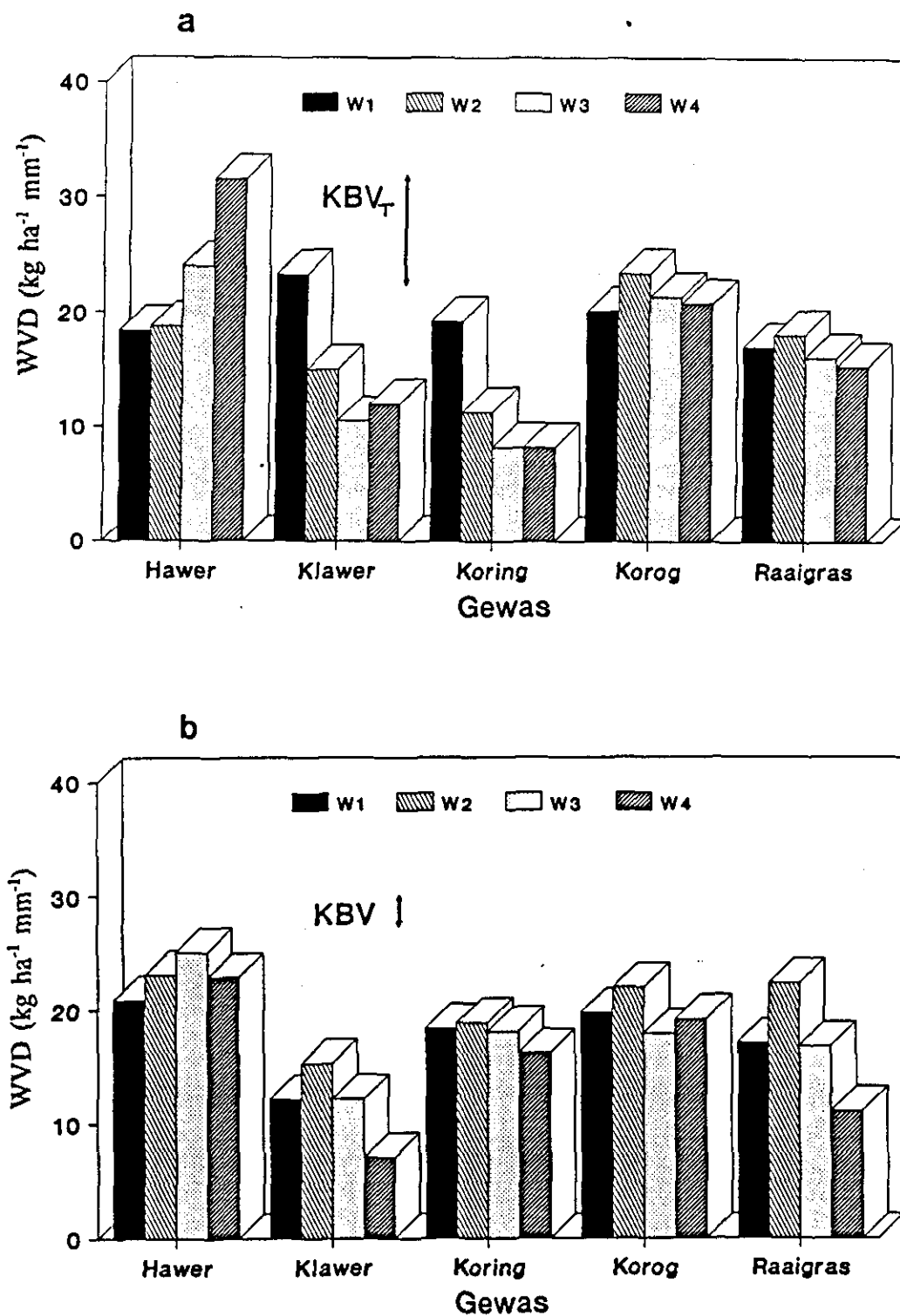
Figuur 4.8 Weeklikse gewasfaktore vir vyf voergewasse gedurende die 1990 seisoen

Tabel 4.15 Invloed van besproeiingspeil op waterverbruiksdoeleltreffendheid van vyf voergewasse in die 1989-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	kg mm ⁻¹ ha ⁻¹				
Hawer	18,4	18,8	24,0	31,5	23,2
Klawer	23,3	15,0	10,5	12,0	15,3
Koring	19,3	11,3	8,2	8,2	11,7
Korog	20,1	23,4	21,4	20,8	21,6
Raaigras	17,0	18,1	16,1	15,3	16,6
Gemiddeld	19,8	17,3	16,0	17,6	
KBV _{T(0,05)} W x G = 9,7					

Tabel 4.16 Invloed van besproeiingspeil op waterverbruiksdoeleltreffendheid van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	kg mm ⁻¹ ha ⁻¹				
Hawer	20,9	23,1	25,1	22,9	23,1
Klawer	12,2	15,3	12,2	7,1	12,1
Koring	18,4	18,9	18,1	16,2	17,8
Korog	19,8	22,0	17,9	19,2	19,9
Raaigras	17,1	22,4	16,8	11,1	17,4
Gemiddeld	17,8	20,5	17,9	15,2	
KBV _{T(0,05)} W x G = 5,5					



Figuur 4.9 Invloed van besproeiingspeil op die WVD van vyf voergewasse in a) die 1989-seisoen en b) die 1990-seisoen.

tot groei kan bydra nie. Koring se WVD het ook in 1989 met toenemende stremming afgeneem, maar anders as by assegaaiklawer waar goeie grondbedekking na vestiging deurgaans voorgekom het, het ernstige standverliese met toenemende stremming voorgekom. Die afname in WVD word dus nie aan droogtesensitiwiteit as sulks toegeskryf nie maar aan verhoogde verdampingsverliese. Stremming het skynbaar nie by korog en raaigras 'n effek op WVD gehad nie en droëmateriaalproduksie was dus direk in verhouding tot die hoeveelheid water wat verbruik kon word. Die WVD wat vir raaigras gemeet is, kom goed ooreen met syfers van 15,4 tot 27 kg ha⁻¹ mm⁻¹ wat deur Garwood, Tyson & Sinclair (1979) vir raaigras gerapporteer is. Hulle het variasie gekry omdat ontblaringsfrekwensies gevarieer het. Hoër doeltreffendhede is behaal wanneer langer snyfrekwensies gebruik is.

Die besproeiingsbehandelings het in 1990 sodanig verander dat die gestremde handelings relatief meer oneffektiewe water ontvang het, omdat hierdie handelings elke week besproei is, maar met klein hoeveelhede wat nie die grond altyd behoorlik benat het nie. Daar kon dus verwag word dat WVD sou afneem met verhoogde stremming. In Figuur 4.9b kan gesien word dat verhoogde stremming, soos in die vorige seisoen, 'n verhoging in WVD by hawer veroorsaak het. Assegaaiklawer se kontrole behandeling het 'n laer WVD gehad as in die vorige seisoen. Die rede vir die lae opbrengs en WVD is nie duidelik nie. Volgens blaarontledings wat gedoen is, was daar skynbaar geen voedingstekort nie. Die gestremde handelings van assegaaiklawer het weereens baie lae waterverbruiksdooelreffendhede gehad, met die tendens dat dit verder afgeneem het met toenemende stremming. By koring en korog was die WVD redelik konstant oor besproeiingspeile maar by raaigras het dit met matige stremming toegeneem en toe afgeneem met verdere stremming. Die baie lae WVD vir raaigras se W4-behandeling kan moontlik toegeskryf word aan 'n swakker bedekking wat weens stremming voorgekom het, en ook aan die meer oneffektiewe water wat by hierdie besproeiingspeil toegedien is. Die stand het op 'n stadium gedurende die seisoen begin agteruitgaan weens te veel stremming. Die grondprofiel moes toe weer tot by die boonste grens van PBW besproei word om verdere standverliese te voorkom. Volgens Viets (1962) behoort WVD onder droogtestoestande toe te neem omdat verdamping vanaf die grondoppervlakte dan afneem. Die veronderstelling word egter dan gemaak

dat opbrengs en waterverbruik onder wisselende stremmingstoestande ewe goed met mekaar verband hou, en dat WVD slegs varieer na gelang van variasie in verdampingsverliese. In hierdie proef was dit duidelik nie vir hawer en assegaaiklawer so dat opbrengs en waterverbruik ewe goed oor stremmingsvlakke verband gehou het met mekaar nie. Dit moet egter in gedagte gehou word dat vertroebeling van WVD-resultate mag voorkom as gevolg van kwaliteitsverskille. Ongeveer twee keer soveel heksose is nodig om 'n eenheidmassa proteïen te vervaardig as dieselfde massa koolhidrate (Tanner & Sinclair, 1983). Verhoogde proteïeninhoud onder stremming sou dus kon beteken dat CO₂-assimilasie in werklikheid ewe doeltreffend plaasgevind het.

Die waterverbruiksdooeltreffendhede van bykans 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹ wat vir die kontrole behandelings gemeet is, is relatief laag teenoor dié van gewasse wat uitsluitlik vir graan verbou word. Volgens Steynberg (1986) en Hanks (1983) kan mielies 'n WVD van 30 kg ha⁻¹ mm⁻¹ vir totale droëmateriaalopbrengs hê, terwyl dieselfde WVD al vir koring gemeet is (Musick & Porter, 1990). Graangewasse word egter bevoordeel omdat die volle blaardak kans kry om te ontwikkel. Verdampingsverliese vanaf die grondoppervlak kan dan verminder word, en ononderbroke blaarontwikkeling kom voor. Weidings word sporadies ontblaar, waarna 'n tydperk volg waartydens wortelreserwes aangewend moet word vir groei en daarna dien die wortels weer as sterk sinkput vir fotosintaat. Daar moet ook in ag geneem word dat gematigde weidings se proteïeninhoud oor die algemeen hoër is as graangewasse se gemiddelde proteïeninhoud vir al die droëmateriaal wat geproduseer is. Waterverbruiksdooeltreffendhede van ongeveer 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹ wat in hierdie studie gemeet is, is dus besonder goed as die goeie kwaliteit in ag geneem word (Afdeling 4.8). Volgens Smika, Haas & Power (1965) kan goeie natuurlike veldweiding wat goed bemes word, se WVD 10 kg ha⁻¹ mm⁻¹ wees. Dit kan egter so laag as 3 kg ha⁻¹ mm⁻¹ wees vir goeie veldgras (Snyman & Van Rensburg, 1990). Hieruit is dit duidelik dat aangeplante weidings onder besproeiing die potensiaal het om water baie doeltreffender te benut as natuurlike veldweiding.

4.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES

Slegs lineêre regressies is gedoen om die verband tussen opbrengs en waterverbruik te beskryf omdat behandelings so gekies was dat daar nog nie 'n afplatting in opbrengs sou ontstaan waar meer water toegedien is as dit waarop die gewas kon reageer nie. Volgens Hanks (1983) is die verband tussen opbrengs en waterverbruik ook vir mielies reglynig as totale droëmateriaalopbrengs, eerder as graanopbrengs, met waterverbruik gekorreleer word. Volgens Howell (1990) moet die verband tussen waterverbruik en opbrengs reglynig wees as daar nie ander opbrengsbeperkende faktore voorkom nie. Tabel 4.17 toon dat die regressiekoëffisiënte in albei seisoene betekenisvol was vir al die gewasse. Die Y-afsnit was slegs vir hawer, in albei seisoene betekenisvol verskillend van nul.

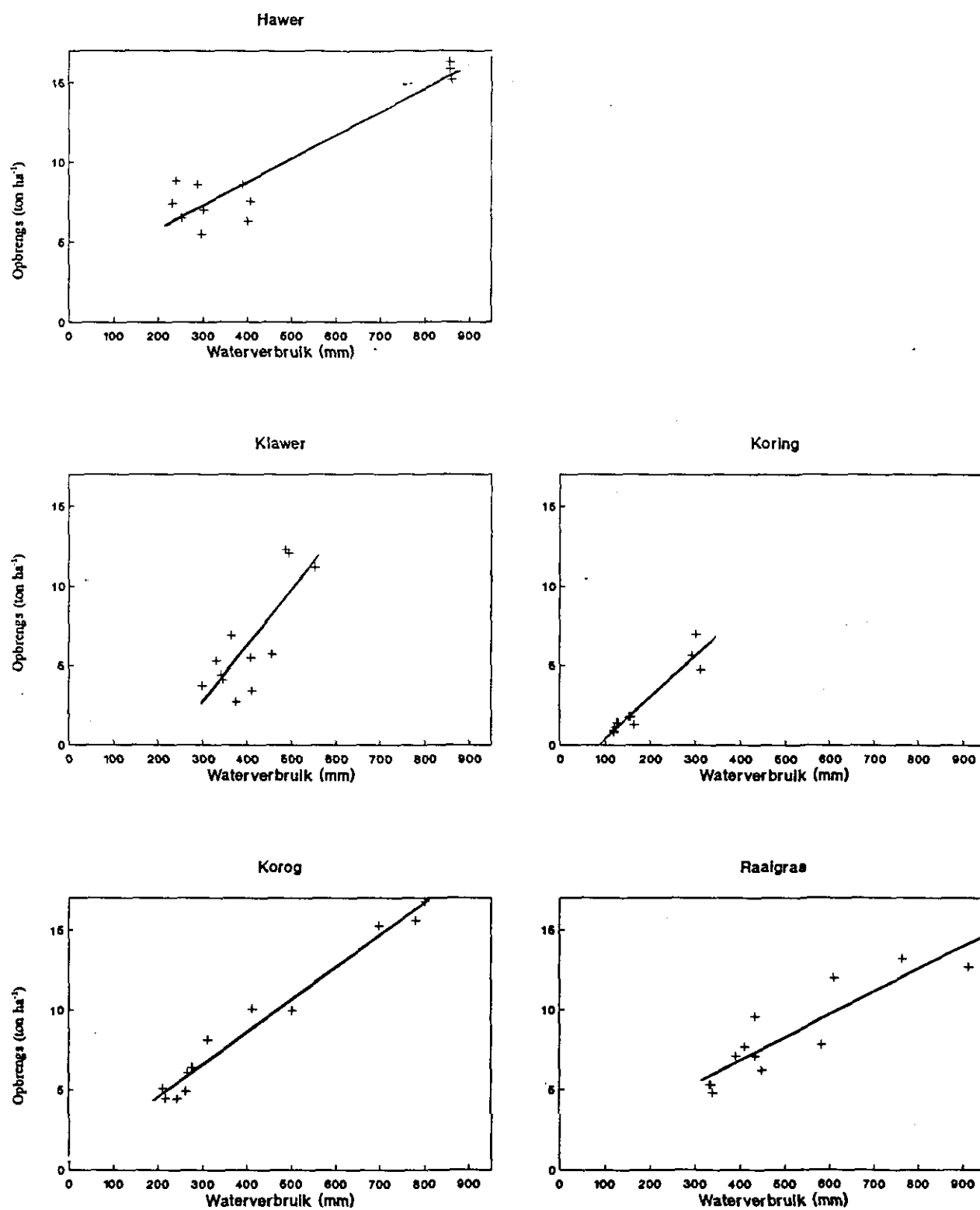
Tabel 4.17 Berekende regressiekonstantes vir 1989 en 1990 om die verband tussen waterverbruik (mm) en droëmateriaalopbrengs (kg ha⁻¹) vir vyf voergewasse aan te toon.

Gewas	Regressiekoëffisiënt		Y-afsnit	
	1989	1990	1989	1990
Hawer	14,5**	15,9**	2 969**	2 940**
Klawer	35,5**	19,4**	-7 946*	-2 232
Koring	26,5**	20,4**	-2 282**	-745
Korog	20,2**	18,9**	520	610
Raaigras	14,4**	22,1**	1 058	-1 584

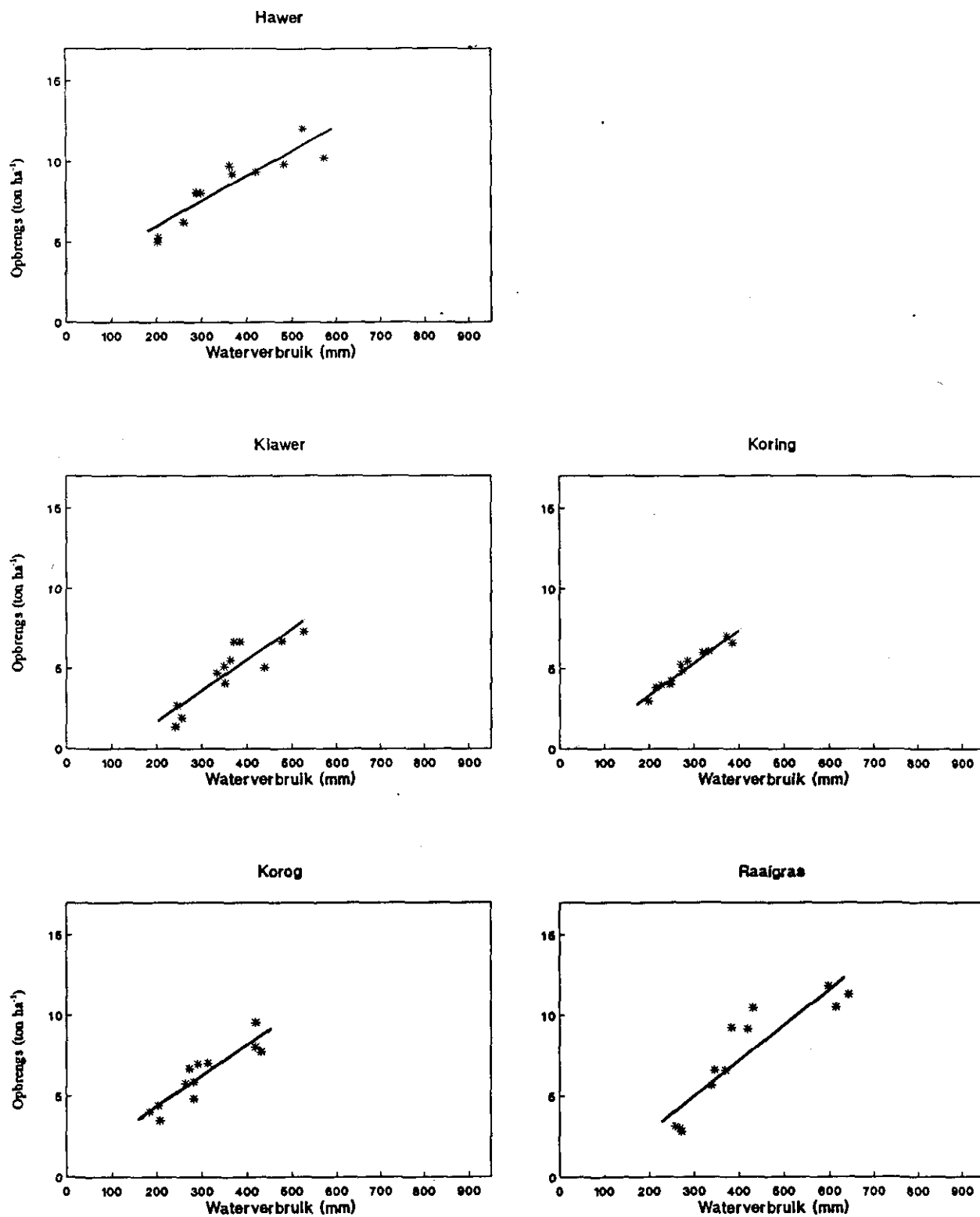
Die passing van punte om die regressielyne word in Figure 4.10 en 4.11 geïllustreer vir die 1989 en 1990 seisoene, onderskeidelik. Die klein speling tussen die besproeiingsbehandelings vir 1989, is in Figuur 4.10 opmerklik by veral hawer, assegaaiklawer en koring. Die punte was in 1990 oor 'n wyer gebied versprei (Figuur 4.11), wat die reglynige verband tussen waterverbruik en droëmateriaalopbrengs nog meer beklemtoon. Dit skyn asof raaigras se hoogste opbrengspunte nie meer op die reglynige gebied van droëmateriaalopbrengs teenoor waterverbruik was nie, en asof daar reeds effense afplatting begin voorkom het.

Die hellings van die verskillende gewasse se regressielyne was nie baie verskillend in 1990 nie (Tabel 4.17), maar in 1989 het assegaaiklawer duidelik die grootste regressiekoëffisiënt gehad. Dit dui volgens die illustrasie in Figure 4.10 en 4.11 daarop dat hierdie gewas die beste op bykomende water sal reageer. So 'n gewas kan ook as die minste droogteverdraagsaam beskou word omdat opbrengs vinniger daal per eenheid daling in waterverbruik as vir gewasse met kleiner hellings. Johns & Lazenby (1973b) het by witklawer gevind dat hierdie peulgewas ongeveer 4 000 kg ha⁻¹ meer droëmateriaal geproduseer het met 'n gelyke hoeveelheid addisionele water, as die grasgewasse waarmee dit vergelyk is. Anders gestel, was die reaksie op 'n droogtestremming groter. Die opbrengs van witklawer was onder gestremde toestande laer as dié van die grasgewasse.

Die negatiewe Y-afsnitte wat in assegaaiklawer en koring se 1989 wateropbrengsfunksie voorgekom het, is as gevolg van water wat verloor is deur verdamping wat nie 'n bydrae tot gewasgroei kon lewer nie (Howell, 1990). Hierdie waarneming kon vir assegaaiklawer en koring verwag word. Die klawer het baie stadig gevestig en die grondoppervlakte was vir die grootste gedeelte van die herfs en vroeë winter nie behoorlik bedek nie. Koring kon in 1989 ook nie die grondoppervlakte behoorlik bedek nie omdat min halms na die laaste snysel gevorm het. Hawer weer, het baie vinnig gevestig en goed gestoel sodat die grond die hele seisoen lank goed bedek was, behalwe vir kort tydperke direk na biomassaverwydering. Saam met die vermoë om onder droogtegestremde toestande aan te hou produseer, het dit veroorsaak dat die Y-afsnit groter as nul was. Hawer met 'n relatief lae regressiekoëffisiënt en hoë Y-afsnit



Figuur 4.10 Grafiese voorstelling van die verband tussen waterverbruik en opbrengs van vyf voergewasse gedurende die 1989-seisoen.



Figuur 4.11 Grafiese voorstelling van die verband tussen waterverbruik en opbrengs van vyf voergewasse gedurende die 1990-seisoen.

was dus die meeste droogteverdraagsaam en kon onder gestremde toestande die hoogste opbrengste verseker.

4.8 KWALITEITSPARAMETERS

Droëmaterieaalinhoud

In Tabel 4.18 kan gesien word wat die effek van stremming op die droëmaterieaalinhoud van verskillende snysels wat in 1990 geneem is, was. Klawer het oor die algemeen van die laagste waardes vir droëmaterieaalinhoud gehad. Figuur 4.12 illustreer hoe toenemende stremmingstoestande oor die algemeen gelei het tot hoër droëmaterieaalinhoud.

Uit Figuur 4.13 blyk dat daar 'n tendens was dat droëmaterieaalinhoud vroeg in die seisoen toegeneem het, waarna dit later weer 'n afnemende tendens getoon het. Hierdie waargenome waardes hang egter ook af van die stremmingseffek en mate van stremming wat op 'n bepaalde tyd by die verskillende gewasse voorgekom het.

In Figuur 4.13 kan gesien word dat die besproeiingseffek bykans dieselfde was vir al die gewasse sodat betekenisvolle waterpeil x gewas wisselwerkings, behalwe vir snysels 3 en 5, nie voorgekom het nie. Dit is duidelik dat stremmingstoestande minder sukkulente gewasse tot gevolg gehad het, waarvan die droëmaterieaalinhoud hoër was. Assegaaiklawer is met snysel 2 vir die eerste keer gesny toe 'n geringe opbrengs verkry is. Met die derde snysel wat geneem is, het klawer nog steeds minimaal geproduseer en het die besproeiingseffek nog nie gemanifesteer nie, wat verklaar hoekom 'n betekenisvolle wisselwerking op hierdie stadium voorgekom het. Uit Figuur 4.13 blyk dat die kontrole behandelings oor die algemeen 'n droëmaterieaalinhoud van minder as 20% gehad het. Met toenemende stremming het dit verhoog en was dit dikwels naby aan 30%.

Tabel 4.18 Invloed van besproeiingspeil op droëmaterialeinhoud van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiings- peil (W)	Snyselnommer					
		1	2	3	4	5	6
		%					
Hawer	W1	12	15	14	16	13	-
Hawer	W2	15	15	18	17	16	-
Hawer	W3	17	20	22	21	21	-
Hawer	W4	10	22	29	24	30	-
Gemiddeld vir hawer		14	18	21	20	20	-
Klawer	W1	-	33	18	14	10	12
Klawer	W2	-	29	19	15	12	12
Klawer	W3	-	20	19	17	19	17
Klawer	W4	-	26	-	20	21	28
Gemiddeld vir klawer		-	27	19	17	16	17
Koring	W1	17	22	22	21	17	-
Koring	W2	20	21	26	24	23	-
Koring	W3	22	22	29	27	30	-
Koring	W4	23	32	32	29	30	-
Gemiddeld vir koring		21	24	27	25	25	-
Korog	W1	15	18	16	17	17	-
Korog	W2	21	23	21	19	19	-
Korog	W3	22	21	25	21	21	-
Korog	W4	22	26	28	23	25	-
Gemiddeld vir korog		20	22	23	20	21	-

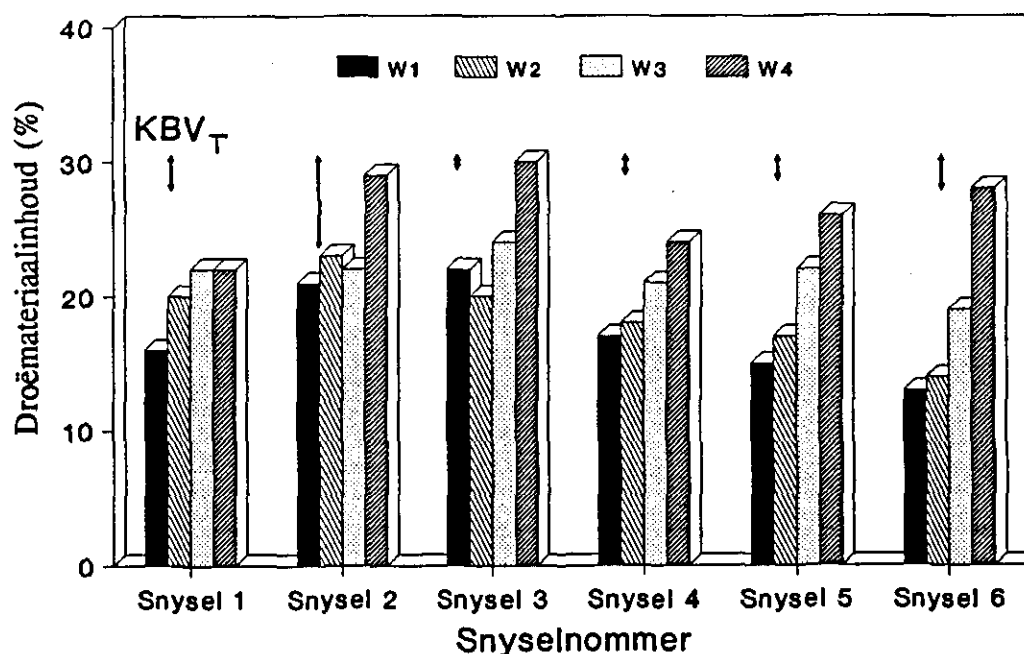
Tabel 4.18 vervolg. Invloed van besproeiingspeil op droëmaterieelinhoud van vyf voergrasse in die 1990-seisoen.

Raaigras	W1	22	20	16	15	13	14
Raaigras	W2	23	26	16	15	14	16
Raaigras	W3	25	27	24	17	18	20
Raaigras	W4	25	40	31	23	25	29
Gemiddeld vir raaigras		24	28	22	18	17	20
Gemiddeld vir besproeiing hoofeffekte	W1	16	21	22	17	15	13
	W2	20	23	20	18	17	14
	W3	22	22	24	21	22	19
	W4	22	29	30	24	26	28
KBV _{T(0,05)} W		3,3	7,3	-	1,7	-	3,2
KBV _{T(0,05)} G		3,3	8,6	-	2	-	1,7
KBV _{T(0,05)} WxG		NB	NB	5,1	NB	6,9	NB

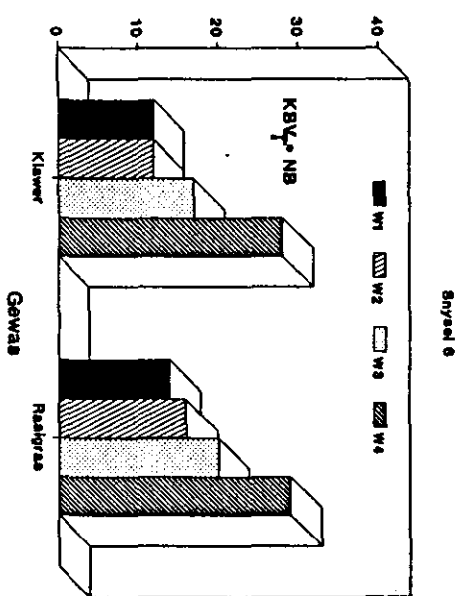
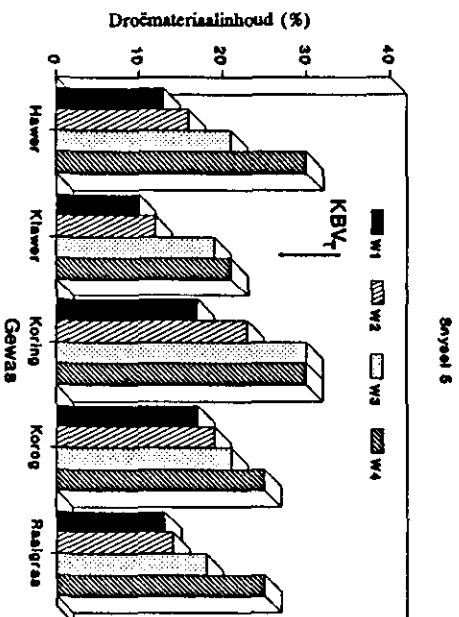
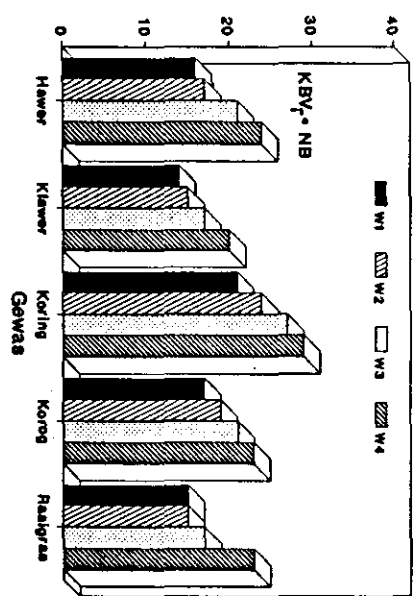
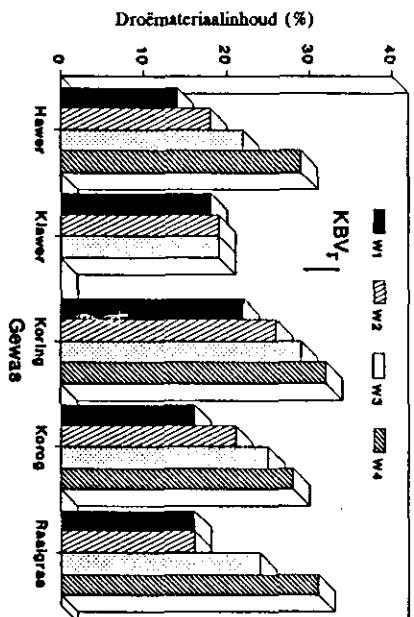
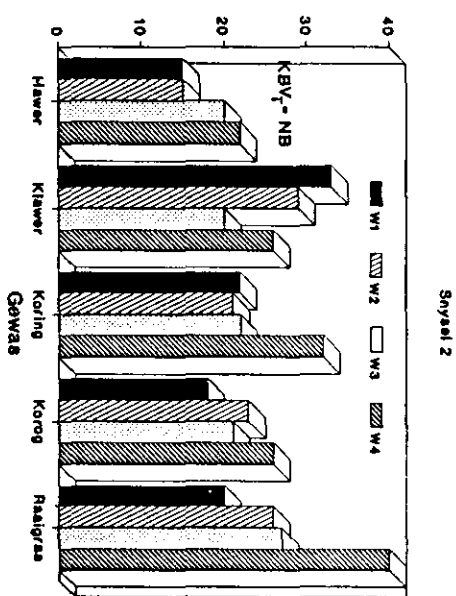
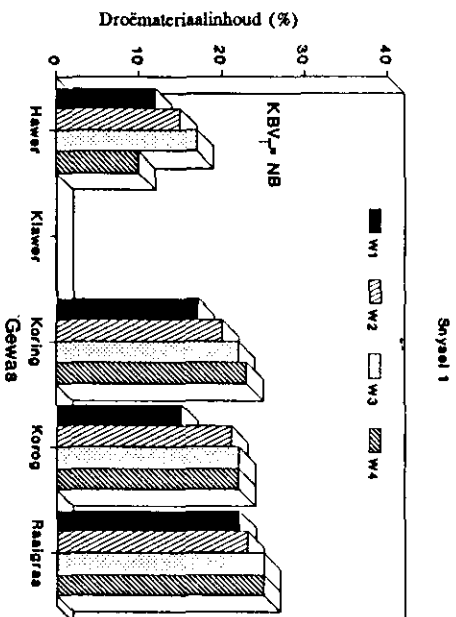
Volgens Wilson (1982) kan uitermate hoë lewendemassatoename by vee voorkom gedurende jare met ongewoon lae reënval. Hy skryf die verskynsel toe aan moontlike beter kwaliteit van weidings wat onder droogtestremming geproduseer is. Die verskynsel kan egter ook moontlik toegeskryf word aan hoër droëmaterieelinname (Butterworth, Groom & Wilson, 1961; Hodgson, 1982). Vee kan slegs 'n beperkte hoeveelheid droëmaterieel per byt inneem (Stobbs, 1973a). Beperkte droëmaterieelinname is dan dikwels die rede dat produksie by diere nie na wense is nie, al is daar volop groenvoer beskikbaar. Van die beperkende faktore vir droëmaterieelinname is

blaardigtheid en aantal stingels wat voorkom (Stobbs, 1973b) maar die droëmaterialeinhoud van voer kan ook beperkend wees. Groenvoer word ingeneem teen ongeveer 0,15 tot 0,32 g byt^{-1} organiese materiaal by Jerseykoeie (Stobbs, 1973b). Volgens Hodgson (1982) bly die inname tempo van groenvoer redelik konstant en sal die inname tempo van droëmateriaal toeneem as die droëmaterialeinhoud van voer toeneem. Hodgson (1982) haal proefresultate aan waarvolgens koeie se droëmateriaalinname met 0,337 kg dag^{-1} afneem vir elke persent afname in droëmaterialeinhoud onder 18,1%. Volgens hom kan inname reeds beperk word deur te veel water wat in voer met 'n droëmaterialeinhoud van 26% voorkom.

Bogenoemde dui daarop dat vee ernstige inname beperkings op die kontrole behandelings van hierdie proef sou ervaar het. Die droogtegestremde behandelings sou



Figuur 4.12 Effek van besproeiingspeil op gemiddelde droëmaterialeinhoud van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.



Figuur 4.13 Effek van gewas en besproeiingspeil op droëmaterialeinhoud van verskillende snyseels van die 1990-seisoen.

produksie van diere met minder laat afneem het as wat die geval met droëmateriaal-opbrengs was. Daar kan dus kompensasie voorkom vir die opbrengsverliese onder gestremde toestande, omdat vee dan meer droëmateriaal per tydseenheid kan inneem. Dit beteken dat voeropbrengsverliese as gevolg van stremming wel in snyproewe gedokumenteer mag word, maar dat dit diereproduksie nie noodwendig *pro rata* sal laat afneem nie.

Chemiese samestelling van droëmateriaal

In Tabel 4.19 kan gesien word dat 'n hoë proteïeninhoud by al die behandelingskombinasies verkry is. Klawer se proteïeninhoud was heelwat hoër as dié vir die ander gewasse. Dit dui daarop dat die klawer onder goeie besproeiingstoestande, water eintlik effektiewer benut het as die grasgewasse want bykans dieselfde hoeveelheid droëmateriaal is per eenheid water geproduseer (Figuur 4.9 a). Die proteïeninhoud van klawer het egter relatief konstant gebly oor besproeiingspeile. Moontlike hoër proteïeninhoud onder gestremde toestande kan dus nie as verklaring dien vir die verlaagde WVD wat by klawer se gestremde behandelings voorgekom het nie. By raaigras was daar 'n duidelike tendens dat proteïeninhoud met verhoogde stremming toegeneem het (Tabel 4.19). Goodenough *et al.* (1984) het gevind dat raaigras se proteïeninhoud tussen 17% en 24% varieer gedurende die seisoen. Dit is vroeg in die seisoen hoog waarna dit in die winter effens afneem. Na die winter neem dit weer toe voordat dit in Oktober na die laagste vlakke afneem, omdat die gewas oorgaan na die reprodktiewe fase (Goodenough *et al.*, 1984). In Tabel A5 word resultate aangebied van ander snysels waarvan die herhalings gepoel is. Daar kan gesien word dat daar 'n algemene afname in proteïenontleding was, hoe later gesny is. Dit skyn asof die besproeiingseffek op proteïeninhoud nie konsekwent was nie. Daar was by hawer, koring en korog soms die teenstellende tendens dat stremming die proteïeninhoud laat daal het. Al die behandelings het meer as 15% proteïen gehad, wat vir lakterende koeie vereis word (Norton, 1982). Enige stremmingseffekte wat moontlik waargeneem kon word, was dus slegs van akademiese belang en sou geen effek op die produksie van diere gehad het nie. Volgens Norton (1982) is daar oor die algemeen nie probleme met die kwaliteit van peulgewasse en gematigde grasse in terme van proteïeninhoud nie.

Tabel 4.19 Invloed van besproeiingspeil op ru-proteïeninhoud vir die vierde snysel van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	%				
Hawer	17	18	19	18	18
Klawer	26	29	27	26	27
Koring	19	21	18	16	19
Korog	20	22	23	20	21
Raaigras	16	21	23	26	22
Gemiddeld	20	22	22	21	
KBV _{T(0.05)} W = 1,8; G = 2,1; WxG = 5,6					

In Tabel 4.20 kan gesien word dat die fosforinhoud by al die gewasse gedaal het met toenemende stremming. Dit is in ooreenstemming met bevindings van Kilmer, Bennett, Stahly & Timmons (1960). Tabel A6 toon ook 'n konsekwente dalende tendens met toenemende stremming by die ander snysels se fosforinhoud. Volgens Wilson (1982) kom verlaagde fosforinhoud onder droogtetoestande voor, wat beperkend vir diere kan wees as die grondfosforvlakke laag is. Assegaaiklawer het, net soos wat die geval met proteïeninhoud was, die hoogste gemiddelde fosforinhoud gehad, met redelik min verskille tussen die ander gewasse (Tabel 4.20). Volgens Norton (1982) is die fosforinhoud van voer wat as drumpelwaarde vir die produksie van diere gebruik word 0,25% P, maar 0,15% kan reeds genoeg wees vir bevredigende diereprestasie. Dit blyk uit Tabel 4.20 dat die verskillende gewasse se fosforinhoud nie tot onaanvaarbare vlakke onder stremmingstoestande gedaal het nie.

Tabel 4.20 Invloed van besproeiingspeil op fosforinhoud vir die vierde snysel van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	%				
Hawer	0,32	0,21	0,18	0,21	0,23
Klawer	0,42	0,38	0,27	0,25	0,33
Koring	0,27	0,29	0,22	0,18	0,24
Korog	0,27	0,25	0,22	0,18	0,23
Raaigras	0,26	0,25	0,25	0,19	0,24
Gemiddeld	0,39	0,28	0,23	0,20	
KBV _{T(0.05)} WxG = 0,08					

Uit Tabel 4.21 blyk dat hawer, assegaai-klawer en koring se kaliuminhoud effens afgeneem het met toenemende stremming, terwyl daar nie 'n duidelike tendens by korog en raaigras was nie. Kilmer *et al.* (1960) het gevind dat waterstremming nie kaliuminhoud beïnvloed nie. Smith (1960) het gevind dat hawer se kaliuminhoud met ouderdom varieer. Dit kan vanaf 'n aanvanklike 5% afneem tot 2% aan die einde van die seisoen. In Tabel A7 kan gesien word dat hawer en koring se kaliuminhoud met tyd gedaal het, terwyl dit by klawer toegeneem het. Daar was nie 'n duidelike seisoenale tendens vir korog en raaigras nie.

Tabel 4.21 Invloed van besproeiingspeil op kaliuminhoud vir die vierde snysel van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	%				
Hawer	3,5	3,2	2,8	3	3,1
Klawer	4,1	3,8	3,1	3,2	3,6
Koring	3,2	3	2,3	2,5	2,8
Korog	3,1	3,3	3,5	3,1	3,2
Raaigras	3,6	4,4	4,8	3,7	4,1
Gemiddeld	3,5	3,5	3,3	3,1	
$KBV_{T(0.05)} W \times G = 1$					

Uit Tabel 4.22 blyk duidelik dat daar by korog 'n afname in Ca-inhoud voorgekom het met toenemende stremming terwyl dit by raaigras toeneem het. Behalwe vir die derde snysel, het dieselfde tendense ook vir korog en raaigras se ander snysels voorgekom (Tabel A8). By koring en hawer was daar ook 'n daling in kalsiuminhoud met toenemende stremming, maar die effek was nie altyd baie groot nie. Kilmer *et al.* (1960) het nie duidelike waterstremmingseffekte vir Ca-inhoud waargeneem nie. Assegaiklawer se kalsiuminhoud was die hoogste gewees, gevolg deur raaigras en dan die ander gewasse. Peulgewasse het oor die algemeen 'n hoër kalsiuminhoud as grasgewasse (Norton, 1982). Die waardes vir kalsiuminhoud wat in Tabel 4.22 gegee word, is almal hoër as die vereiste 0,43% wat vir produksie van diere vereis word (Norton, 1982).

Tabel 4.22 Invloed van besproeiingspeil op kalsiuminhoud vir die vierde snysel van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	%				
Hawer	0,48	0,46	0,51	0,54	0,5
Klawer	1,60	1,56	1,60	1,51	1,57
Koring	0,88	0,83	0,80	0,77	0,82
Korog	0,84	0,86	0,55	0,42	0,66
Raaigras	0,75	0,85	0,93	1,00	0,9
Gemiddeld	0,91	0,91	0,87	0,85	
KBV _{T(0.05)} WxG = 0,26					

In Tabel 4.23 kan gesien word dat hoë waterstremmingspeile 'n daling in magnesiumvlakke veroorsaak het met die vierde snysel. Dieselfde tendens is by die ander snysels waargeneem (Tabel A9). Dit is net raaigras wat nie soos die ander gewasse gereageer het nie. Raaigras het min verandering in Mg-inhoud met toenemende stremming ondergaan. Kilmer *et al.* (1960) het nie waterstremmingseffekte op magnesiuminhoud gevind nie, maar wel spesieverskille. Die magnesiuminhoud wat vir diere vereis word is 0,15% (Norton, 1982). Uit Tabel 4.23 en Tabel A9 blyk dat dit slegs koring en korog is wat gevaar staan om onder straf gestremde toestande 'n te lae magnesiuminhoud vir bevredigende produksie van diere te hê.

Tabel 4.23 Invloed van besproeiingspeil op magnesiuminhoud vir die vierde snysel van vyf voergewasse in die 1990-seisoen.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	%				
Hawer	0,34	0,25	0,23	0,22	0,26
Klawer	0,36	0,3	0,35	0,29	0,33
Koring	0,26	0,23	0,2	0,17	0,22
Korog	0,24	0,2	0,18	0,17	0,2
Raaigras	0,35	0,35	0,36	0,35	0,35
Gemiddeld	0,31	0,27	0,26	0,24	
$KBV_{T(0.05)} W \times G = 0,08$					

Verteerbaarheid

Die verteerbaarheid van verskillende snysels se droëmateriaal word in Tabel 4.24 aangetoon. Die herhalings is gepoel en die data word sonder statistiese ontleding aangebied, slegs om tendense aan te toon. Daar was nie werklik duidelike besproeiings-effekte nie. Verskille vir die stremmingspeile van 'n spesifieke gewas was oor die algemeen binne die 5% wat in elk geval toegelaat word vir duplikaatmonsters. Daar is wel 'n duidelike tendens dat verteerbaarheid afgeneem het met latere snysels wat geneem is. Die verteerbaarhede wat verkry is, is besonder hoog. Volgens Reid & Jung (1982) het gematigde gewasse oor die algemeen 'n hoë verteerbaarheid en 'n

gemiddeld van 75% kan vir sekere groepe gewasse gebruik word. Peulgewasse se gemiddelde verteerbaarheid kan 80% wees (Reid & Jung 1982). Volgens Tabel 4.24 het assegaaiklawer net met die eerste snysel wat geneem is, geneig om 'n hoër verteerbaarheid as die grasgewasse te hê.

Uit Tabel 4.24 is dit duidelik dat droëmateriaalinname by diere nie werklik deur hoër verteerbaarhede verhoog sou kon word deur die weidingsgewasse onder beskouing te strem nie. Volgens Wilson (1982) is daar teenstrydighede in die literatuur oor die stremmingseffek op verteerbaarheid. Soms word gerapporteer dat dit verhoog onder droogtetoestande, en soms word geen effek gevind nie. Volgens Allden (1982) sal weidings wat te vroeg afsterf as gevolg van 'n droogte, 'n hoër verteerbaarheid hê. Dit kan oënskynlike teenstrydighede in die literatuur moontlik verklaar. Wanneer grasse begin blom, neem die kwaliteit daarvan af (Norton, 1982). Ontydige afsterwing as gevolg van droogte, beteken dus dat kwaliteitsverliese nog nie begin plaasvind het as gevolg van blomvorming nie, en dan kan verwag word dat kwaliteit relatief hoog sal wees. Dit is egter nie uitgesluit dat spesieverskille ten opsigte van verteerbaarheidsreaksie op waterstremming voorkom nie.

Tabel 4.24 Invloed van besproeiingspeil op verteerbaarheid van vyf voergewasse se droëmateriaal in die 1989-seisoen

Gewas	Besproeiingspeil	Snyselnommer					
		1	2	3	4	5	6
		%					
Hawer	W1	78	73	76			
Hawer	W2	81	81	77			
Hawer	W3	81	81	78			
Hawer	W4	78	88	80			
Gemiddeld vir hawer		80	81	78			
Klawer	W1	92	81	70	70		
Klawer	W2	86	84	80	63		
Klawer	W3	86	79	78	74		
Klawer	W4	87	79	74	80		
Gemiddeld vir klawer		88	81	76	72		
Koring	W1	76	73				
Koring	W2	87	80				
Koring	W3	81	82				
Koring	W4	81	84				
Gemiddeld vir koring		81	80				
Korog	W1	82	70	76			
Korog	W2	83	75	81			
Korog	W3	77	76	79			
Korog	W4	79	78	68			
Gemiddeld vir korog		80	75	76			
Raaigras	W1	81	71	71	76	72	69
Raaigras	W2	81	74	73	70	68	68
Raaigras	W3	81	73	73	73	66	68
Raaigras	W4	80	75	75	75	74	71
Gemiddeld vir raaigras		81	73	73	74	70	69

HOOFSTUK 5

WATER x STIKSTOF WISSELWERKING ONDER 'N ENKELLYNSPRINKELPROEF

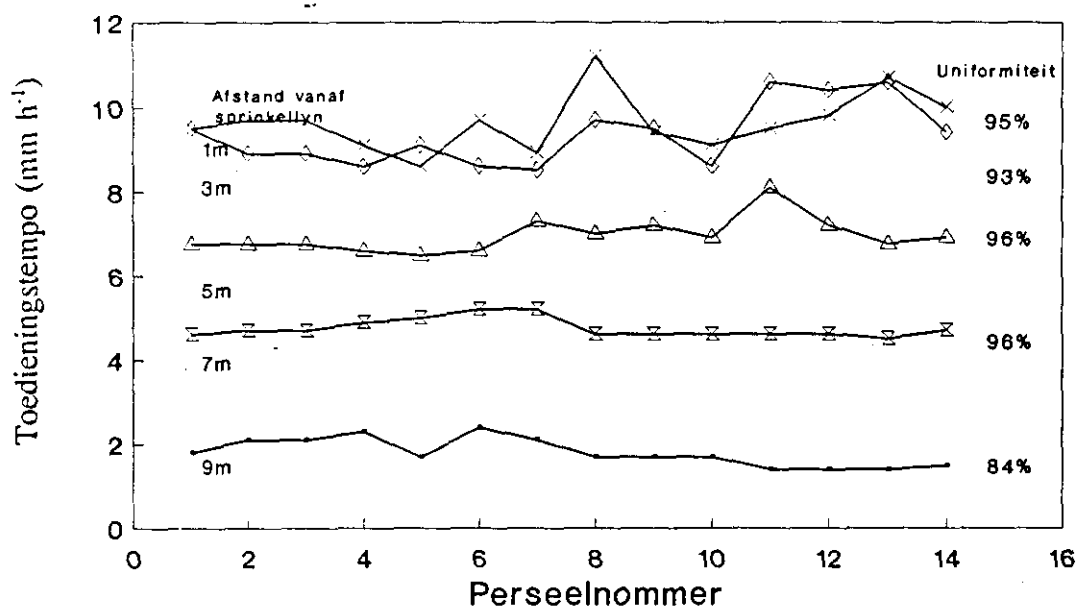
5.1 INLEIDING

In die proef wat onder die reënskerm uitgevoer is (Hoofstuk 4), is gedurende die eerste seisoen dieselfde stikstofpeile aan ongestremde en gestremde behandelings toegedien. Die laag produserende gestremde behandelings sou nie al die stikstof kon benut nie, omdat hoë peile gebruik is. Daar is so besproei dat logging nie voorgekom het nie, sodat die moontlikheid bestaan het dat stikstof mettertyd by hierdie behandelings kon opgehoop het. Die relatief hoë stikstofpeile en ophoping van stikstof kon moontlik 'n verswarende invloed op die opbrengspotensiaal van die gestremde behandelings gehad het. Die enkellynbesproeiingsproef is in 1990 uitgevoer met die doel om vas te stel wat die wisselwerking tussen besproeiings- en N-bemestingspeil by die gewasse onder beskouing was. Daar is verwag dat die waterstremmingseffek meer straf sou wees by hoër stikstofpeile.

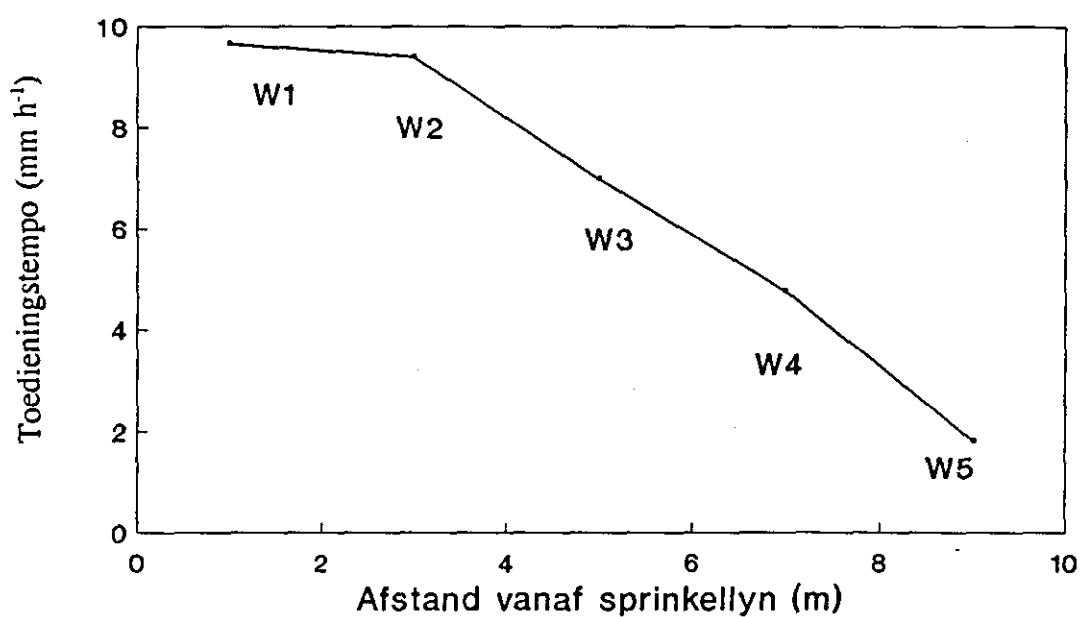
5.2 RESULTATE

Watersverspreidingspatroon

Die watersverspreidingspatroon wat verkry is, word in Figuur 5.1 geïllustreer en die besproeiingsgradiënt wat verkry is, word in Figuur 5.2 geïllustreer. Volgens Christiansen (1942) se koëffisiënt van uniformiteit was die besproeiingsuniformiteit op 'n bepaalde afstand vanaf die sprinkellyn, baie goed. Dit was net by die verste afstand vanaf die sprinkellyn waar die uniformiteit redelik laag was. Dit was omdat meer swewing van die klein druppeltjies wat hierdie afstand bereik het, voorgekom het. Die laer uniformiteit het gepaard gegaan met laer besproeiingshoeveelhede op die verste posisie. Die variasie wat betrokke was, was egter maar in die orde van 1,0 mm langs die lyn af.



Figuur 5.1 Variasie in watertoedieningstempo op 'n gegewe afstand langs die sprinkellyn af



Figuur 5.2 Illustrasie van die afname in watertodieningstempo met toenemende afstand weg van die sprinkellyn af

Droëmateriaalopbrengs

Slegs die droëmateriaalopbrengste van vyf snysels wat geneem is tot middel Oktober 1990 is gebruik vir bepaling van totale opbrengs. Vroeë lentereëns het toe begin en die effek van die sprinkellyn begin ophef. Daar sou volgens resultate van die proef onder die reënskerm minstens nog een snysel afgehaal kon word. Al die hoofeffekte was betekenisvol, terwyl die gewas x besproeiingspeil, gewas x stikstofpeil en stikstof x besproeiingspeil wisselwerking ook betekenisvol was. Uit Tabel 5.1 blyk dat hawer, gemiddeld oor al die behandelingskombinasies, die hoogste opbrengs gelewer het, waarna raaigras gevolg het. Assegaaiklawer en koring het die laagste opbrengste gelewer. Soos wat verwag kon word, het opbrengs afgeneem met toenemende stremmingspeil (Tabel 5.1). Opbrengste van goed bemeste en -besproeide behandelings het goed ooreengekom met dié wat onder die reënskerm verkry is vir die kontrole behandelings (Hoofstuk 4). Die aanbevole stikstofpeil (N2) het die gemiddelde opbrengs met ongeveer 3 000 kg ha⁻¹ laat toeneem. Die hoogste stikstofpeil kon opbrengs met 'n verdere 700 kg ha⁻¹ laat toeneem. Die stikstofeffek was egter afhanklik van die wisselwerking met gewas en besproeiingspeil wat voorgekom het.

Die betekenisvolle wisselwerkingseffekte wat in Figuur 5.3 a, b & c geïllustreer word, dui daarop dat die stikstofeffek afhanklik was van die gewas sowel as besproeiingspeil wat betrokke was. Stikstofbemesting het die opbrengs van korog en raaigras bykans verdubbel, maar die effek was minder by die ander gewasse (Figuur 5.3a). Dit is opmerklik dat hawer die beste vermoë gehad het om by toestande waar stikstofbemesting nie toegedien is nie (N1), te produseer. Dit is ook tydens die seisoen opgelet dat die N1-behandeling van hawer deurentyd 'n mooi donkergroen kleur gehad het, terwyl veral raaigras N-gebreksimptome begin toon het.

In Figuur 5.3b kan gesien word dat die stremmingseffek groter was by die hoë stikstofpeile, maar by die strafte watergestremde toestande was die opbrengs van die N3-behandeling hoër as dié van die N1-behandeling. Hoë stikstofbemesting het dus nie 'n verswarende waterstremmingseffek gehad nie. Figuur 5.3c toon dat die waterstremmingseffek, soos in die geval van die veldproef onder die reënskerm, die

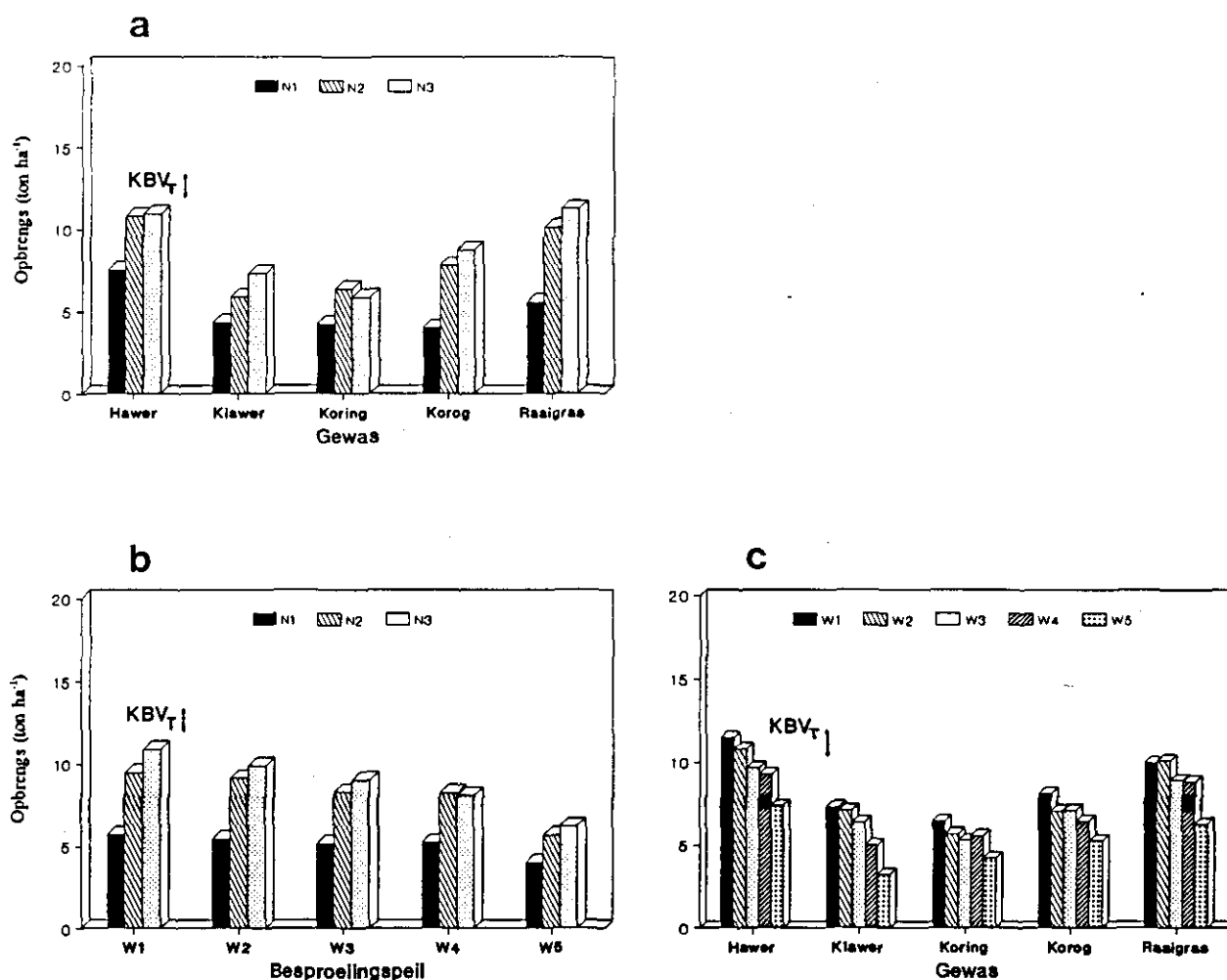
TABEL 5.1 Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs van vyf voergewasse.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)	Stikstofpeil (N)			
		N1	N2	N3	Gem.
		kg ha ⁻¹			
Hawer	W1	8 431	12 744	13 353	11 509
"	W2	7 952	12 729	11 892	10 857
"	W3	7 870	10 690	10 560	9 706
"	W4	7 577	10 035	10 394	9 335
"	W5	5 757	7 909	8 546	7 404
Gemiddeld vir hawer		7 517	10 821	10 949	9 762
Klawer	W1	5 458	7 808	8 708	7 325
"	W2	4 742	6 800	9 789	7 110
"	W3	4 696	6 205	8 248	6 383
"	W4	3 968	5 377	5 719	5 021
"	W5	2 731	3 100	3 947	3 259
Gemiddeld vir klawer		4 319	5 858	7 282	5 820
Koring	W1	4 295	7 561	7 583	6 480
"	W2	4 341	6 470	6 296	5 702
"	W3	3 906	7 003	5 102	5 337
"	W4	4 947	5 911	5 915	5 591
"	W5	3 710	4 705	4 279	4 231
Gemiddeld vir koring		4 240	6 330	5 835	5 468
Korog	W1	4 801	8 764	10 846	8 137
"	W2	4 273	8 100	8 866	7 080
"	W3	3 843	7 939	9 582	7 121
"	W4	3 704	8 051	7 709	6 488

Tabel 5.1 vervolg. Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs van vyf voergewasse.

"	W5	3 294	6 008	6 628	5 310
Gemiddeld vir korog		3 983	7 772	8 726	6 827
Raaigras	W1	5 537	10 758	13 870	9 991
"	W2	5 956	12 446	12 626	10 151
"	W3	5 533	10 150	11 497	8 961
"	W4	6 029	10 345	10 636	8 881
"	W5	4 546	6 909	7 612	6 306
Gemiddeld vir raaigras		5 520	10 122	11 248	8 963
Gem. oor stikstof- en gewaspeile		5 116	8 163	8 808	
Gem. vir NxW effek en W hoof- effek	W1	5 704	9 462	10 872	8 666
	W2	5 453	9 144	9 894	8 147
	W3	5 170	8 306	8 998	7 477
	W4	5 245	8 239	8 075	7 168
	W5	4 008	5 664	6 202	5 285
KBV _{T(0.05)} GxN en WxN = 1 531					

grootste was by assegaaiklawer. Droëmateriaalopbrengs het by assegaaiklawer met meer as die helfte afgeneem toe stremming vanaf die kontrole- tot by die W5-behandeling toegeneem het.



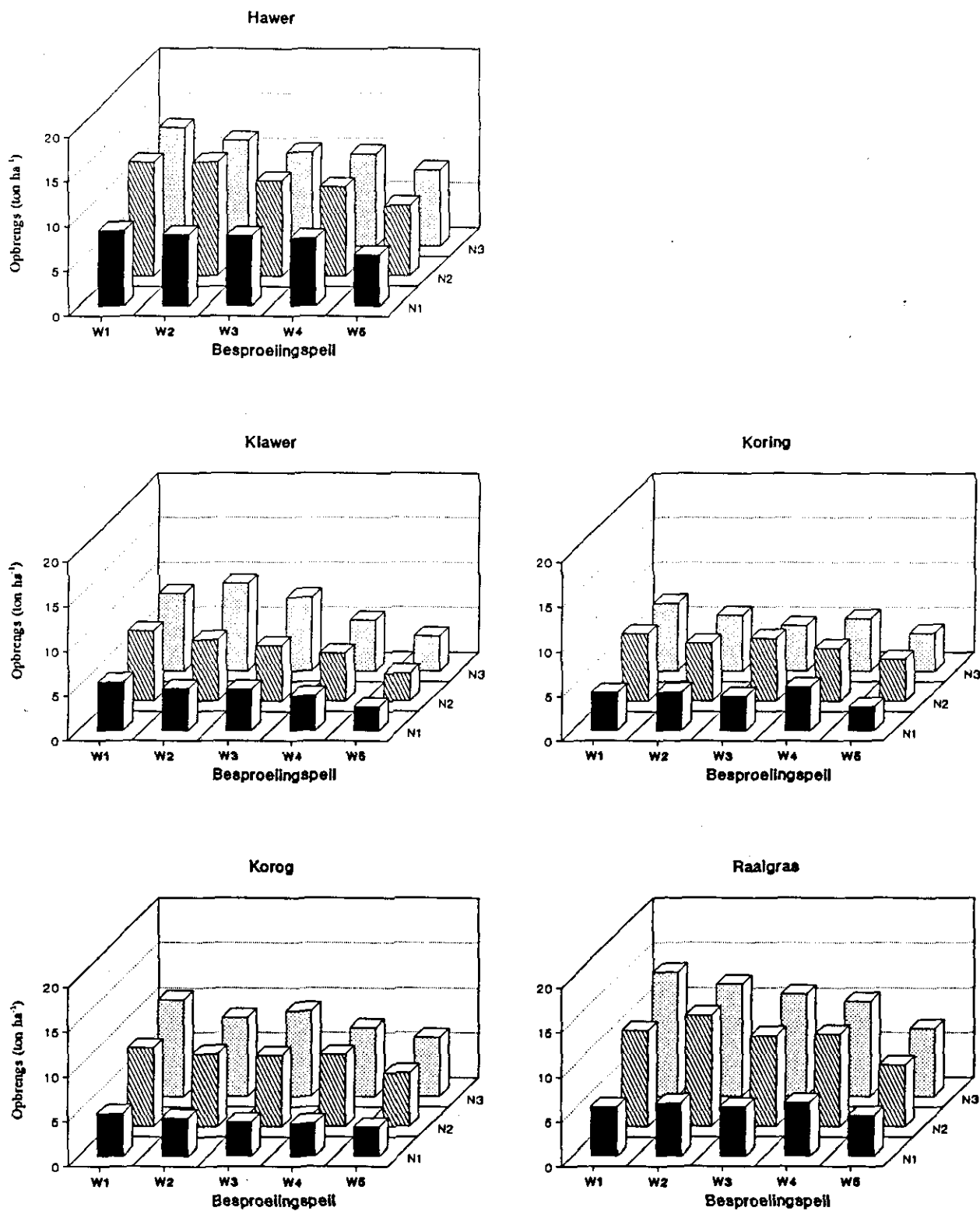
Figuur 5.3 Illustrasie van wisselwerkingseffekte vir a) stikstof x gewas, b) stikstof x besproeiing en c) gewas x besproeiing vir droëmassa van vyf voergewasse.

Die invloed van al die verskillende behandelingskombinasies op droëmateriaalopbrengs word in Figuur 5.4 geïllustreer, hoewel die tweede orde wisselwerkings nie betekenisvol was nie. Dit is duidelik dat al die gewasse, behalwe koring, geneig het om by die strafte stremmingstoestande steeds op die hoogste stikstofpeil te reageer. By geeneen van die gewasse het hoë stikstofbemesting gepaard met hoë waterstremming 'n nadelige invloed op opbrengs gehad nie.

Die droëmateriaalproduksietempo's vir die verskillende gewasse se besproeiingskontrole behandelings word in Tabel 5.2 aangedui ten einde perspektief te verskaf oor die potensiaal wat die verskillende gewasse het om onder goed besproeide toestande te produseer. Wanneer na die gewasgemiddeld oor stikstofpeile gekyk word, blyk dit duidelik dat hawer aanvanklik die hoogste produksietempo gehad het, en dat dit deurgaans ongeveer $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ was. Hawer se N2-behandeling het 'n piekproduksietempo van meer as $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ in September bereik. Die piek is 'n maand later bereik as in die proef onder die reënskerm, maar die sprinkelproef is 'n week later gevestig. Daar is dus ook op verskillende tye gesny, wat 'n effek op die gemiddeld vir die maand gehad het. Klawer het, soos in die reënskermproef, tot in Juliemaand die laagste produksietempo gehad, waarna dit in Augustus en September toegeneem het en saam met raaigras die hoogste produksietempo's bereik het. Raaigras het, behalwe vir Aprilmaand, deurentyd van die hoogste produksietempo's gehandhaaf.

In Tabel 5.2 kan gesien word dat hawer by die N1-stikstofpeil, behalwe vir Augustus en September, hoër produksietempo's as die ander gewasse se N1-behandelings gehad het. Die verskille was kleiner onder goed bemeste toestande. Klawer en raaigras se N3-behandelings het van die hoogste produksietempo's bereik, van ongeveer 800 en $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ week}^{-1}$ in Augustus en September, onderskeidelik.

Dit blyk ook uit Tabel 5.2 dat daar, behalwe gedurende September, deurgaans 'n stikstofeffek by klawer was. Die voordeel van stikstofbindende bakterieë het dus eers laat in die seisoen gemanifesteer.



Figuur 5.4 Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs van vyf voergewasse.

TABEL 5.2 Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op droëmateriaalproduksie-tempo gedurende verskillende maande vir vyf voergewasse.

Gewas (G)	Stikstof (N)	April	Mei	Jun/Jul	Aug	Sept
		kg week ⁻¹				
Hawer	N1	292	478	303	226	148
Hawer	N2	417	411	332	459	628
Hawer	N3	443	491	472	436	461
Gemiddeld vir hawer		384	460	369	373	412
Klawer	N1	0	73	57	358	579
Klawer	N2	0	136	213	572	553
Klawer	N3	0	75	302	763	480
Gemiddeld vir klawer		0	95	191	565	537
Koring	N1	179	137	154	81	172
Koring	N2	303	136	333	216	267
Koring	N3	321	186	337	206	201
Gemiddeld vir koring		268	153	275	168	213
Korog	N1	125	200	243	122	123
Korog	N2	329	267	363	213	301
Korog	N3	430	341	368	373	336
Gemiddeld vir korog		295	269	325	565	253
Raaigras	N1	41	271	220	236	233
Raaigras	N2	134	337	278	584	615
Raaigras	N3	192	584	392	785	588
Gemiddeld vir raaigras		122	397	297	535	479
KBV _{T(0,05)} G		91	181	110	163	-
KBV _{T(0,05)} G x N		NB	NB	NB	NB	281

Proteïenopbrengs

Slegs vier snysels se droëmassas is gebruik om proteïenopbrengste van te bepaal omdat dit al was waarvoor proteïenontledings beskikbaar was. Die snysels verteenwoordig groenvoeropbrengs van al die gewasse want die kleingrane het nog nie graan geproduseer nie. Statistiese ontledings is nie gedoen nie omdat gepoelde monsters vir die proteïenontledings gebruik is.

Tabel 5.3 toon dat verhoging in stikstof- en besproeiingspeil die proteïenopbrengs verhoog het, soos wat verwag kan word. Dit is dieselfde patroon as wat vir totale opbrengs verkry is en dit skyn asof proteïenopbrengs maar hoofsaaklik gekoppel was aan droëmateriaalopbrengs en dat moontlike verhoging in proteïeninhoud by stremming nie kon kompenseer vir die afname in opbrengs nie.

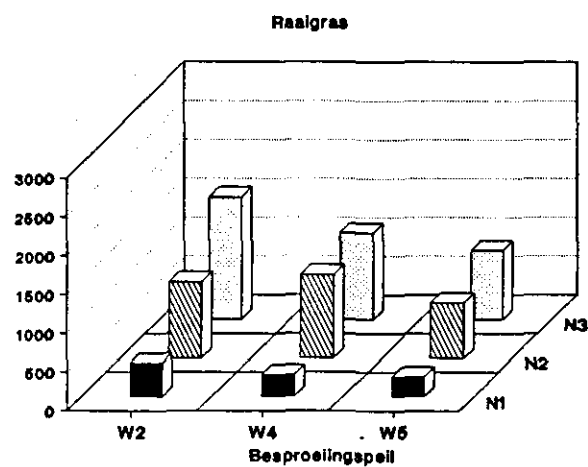
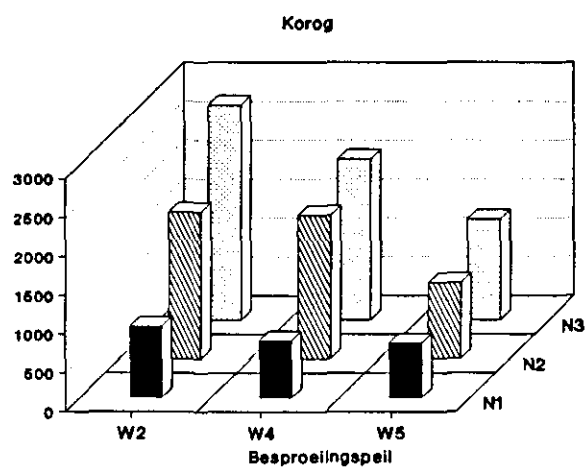
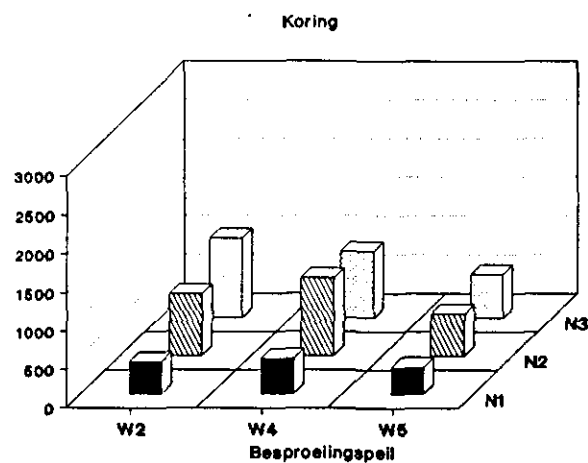
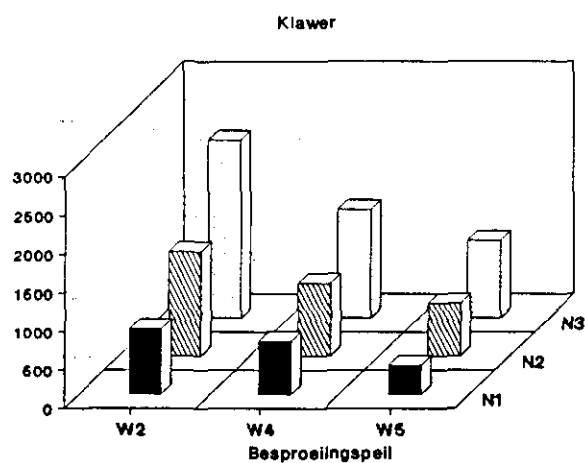
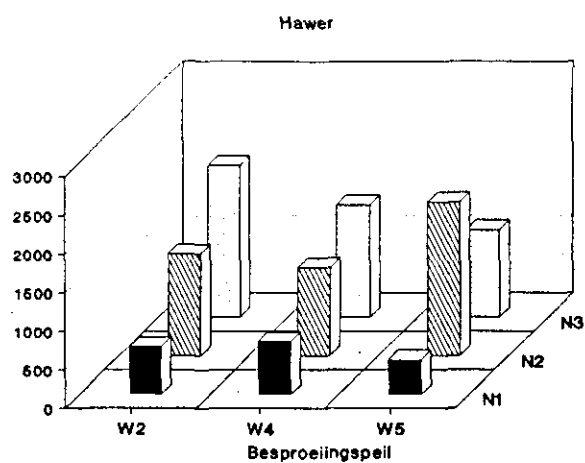
Figuur 5.5 illustreer die besproeiingseffek van die verskillende gewasse by verskillende stikstofpeile. Wanneer Figuur 5.5 met Figuur 5.4 (opbrengs) vergelyk word skyn dit asof die besproeiingseffek effens meer beklemtoon is by proteïenopbrengste. Indien proteïeninhoud dus deur stremming beïnvloed is, is dit eerder effens verlaag as verhoog.

Waterverbruik

Waterverbruik is bepaal vir die tydperk middel Mei (na eerste snysel geoes is) tot middel Oktober (toe proef gestaak is). Hoë reënvalsyfers is in April aangeteken wat die besproeiingseffek opgehef het en dit was genoeg om diep dreinerings te veroorsaak, daarom is besluit om waterverbruik na die reënseisoen te begin bereken. Raaigras het gemiddeld die meeste water verbruik, gevolg deur hawer en klawer (Tabel 5.4). Koring en korog het die minste water verbruik. Die waterverbruiksyfers was oor die algemeen effens laer as dié wat in die reënskermproef gemeet is. Die proef onder die sprinkellyn is voor die einde van die groeiseisoen in Oktober toe die reënseisoen aangebreek het, gestaak. Wisselwerkings word in Figuur 5.6 geïllustreer. Die gewas x stikstof wisselwerking was nie betekenisvol nie. Die waterpeil x stikstof wisselwerking is betekenisvol omdat daar by die straf gestremde behandelings nie 'n beduidende stikstofeffek was nie (Figuur 5.6b). Alle beskikbare water was reeds deur die N1-behandelings gebruik, en bykomende stikstof kon dus nie meer waterverbruik

Tabel 5.3 Totale proteïenopbrengs van vier snysels van vyf gewasse wat by verskillende stikstof- en besproeiingspeile verbou is

Gewas	Besproeiing speil	Stikstofpeil			
		N1	N2	N3	Gem
		Proteïenopbrengs (kg/ha)			
Hawer	W2	614	1322	1965	1301
	W4	681	1142	1453	1092
	W5	444	1987	1127	852
	Gemiddeld	580	1150	1515	
Klawer	W2	6859	1356	2300	1505
	W4	694	999	1401	1015
	W5	380	688	997	688
	Gemiddeld	644	998	1566	
Koring	W2	424	810	1024	753
	W4	463	1018	854	778
	W5	353	547	566	489
	Gemiddeld	413	792	815	
Rog	W2	918	1888	2766	1857
	W4	735	1850	2073	1553
	W5	698	981	1301	993
	Gemiddeld	784	1573	2047	
Raaigras	W2	436	986	1578	1000
	W4	284	1078	1116	826
	W5	255	715	890	620
	Gemiddeld	325	926	1195	



Figuur 5.5 Illustrasie van die besproeiings- en stikstofeffek op proteïenopbrengs van vyf verskillende gewasse

tot gevolg hê nie. By die behandelings wat nie gestrem was nie, het stikstofbemesting 'n toename in waterverbruik tot gevolg gehad (Figuur 5.6b).

Betekenisvolle gewas x waterpeil wisselwerking het voorgekom (Figuur 5.6c) omdat die waterpeile by die strafste gestremde behandelings so laag was dat al die toegediende water verbruik is. Verskille tussen gewasse het dus nie by hierdie lae waterpeil voorgekom nie. By die gunstiger besproeiingspeile het daar wel verskille tussen gewasse voorgekom. Uit Figuur 5.6c blyk dat raaigras oor die algemeen die meeste water verbruik het onder gunstige besproeiingstoestande.

Die proeftegniek wat gebruik is, het voorsiening gemaak vir toediening van dieselfde hoeveelheid water by 'n spesifieke besproeiingspeil, oor verskillende gewas- en stikstofpeile. Verskille in totale waterverbruik wat tussen gewasse en stikstofpeile voorgekom het, word hoofsaaklik toegeskryf aan differensiële grondwatertekorte wat aan die einde van die seisoen gemeet is. Die wisselwerkingseffekte vir grondwatertekort, toe die proef beëindig is, toon dat die grond nie so goed uitgedroog was by behandelings waar stikstof nie toegedien is nie (Figuur 5.7 a & b).

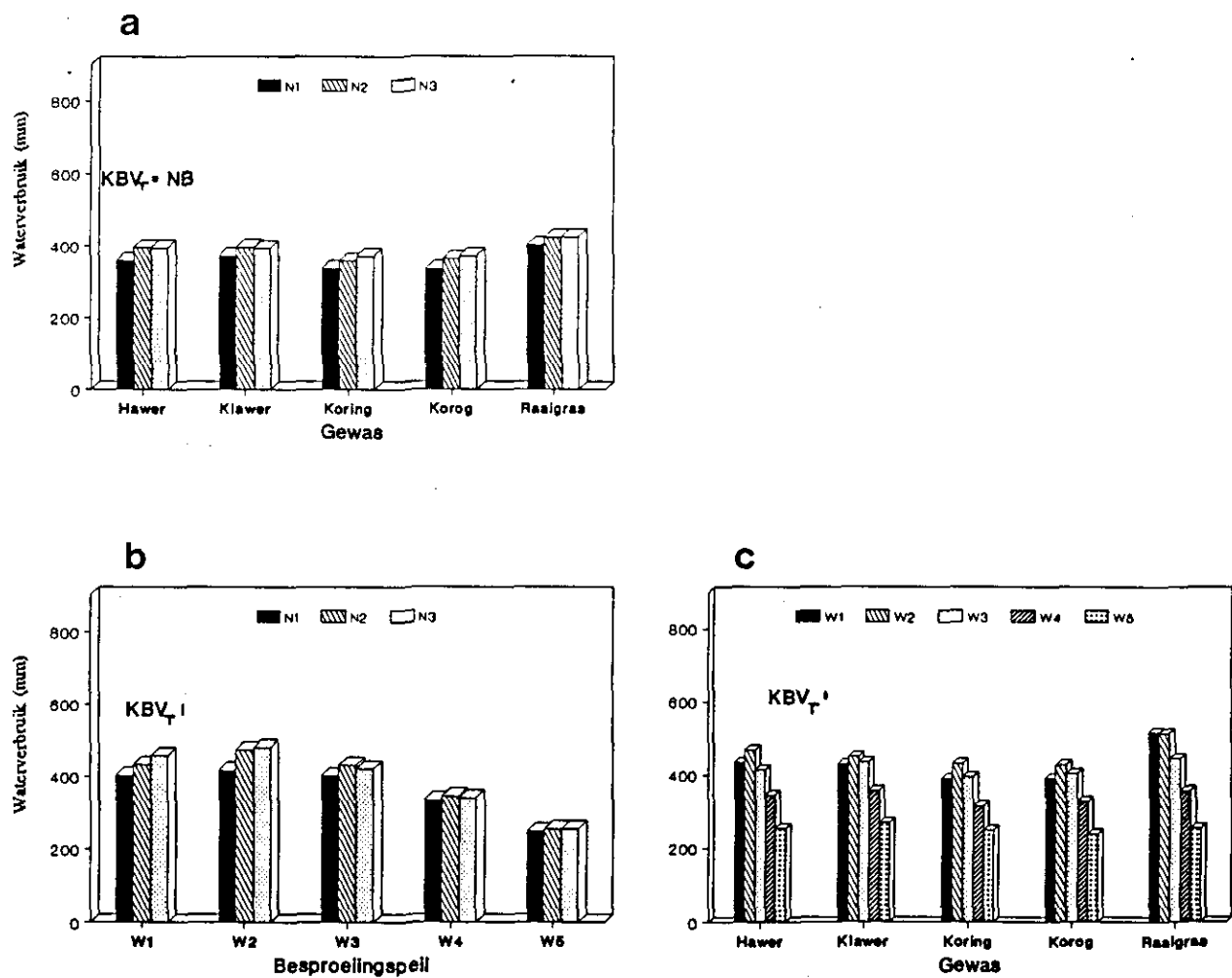
Differensiële vermoëns van gewasse om water te onttrek, word in Figuur 5.7c geïllustreer. Hierdie is nie absolute hoeveelhede nie, aangesien lentereënbuie alreeds begin voorkom het, wat 'n gedeelte van die onttrekkingseffek by die strafste gestremde behandelings uitgewis het. Dit is egter duidelik dat die twee gewasse wat aan die einde van die seisoen baie aktief gegroei het (assegaaiklawer en raaigras) die grootste tekorte gehad het. Die strafste stremming het raaigras se vermoë om water te onttrek effens beperk. Koring en korog se W5-behandelings het minder water onttrek as die ander behandelings se W5-behandelings. Dit is skynbaar omdat hierdie twee gewasse die grond swakker bedek het, nadat baie groeipunte met snysels verwyder is deur die laag snyende meganiese snyer.

Tabel 5.4 Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op totale waterverbruik van vyf voergewasse.

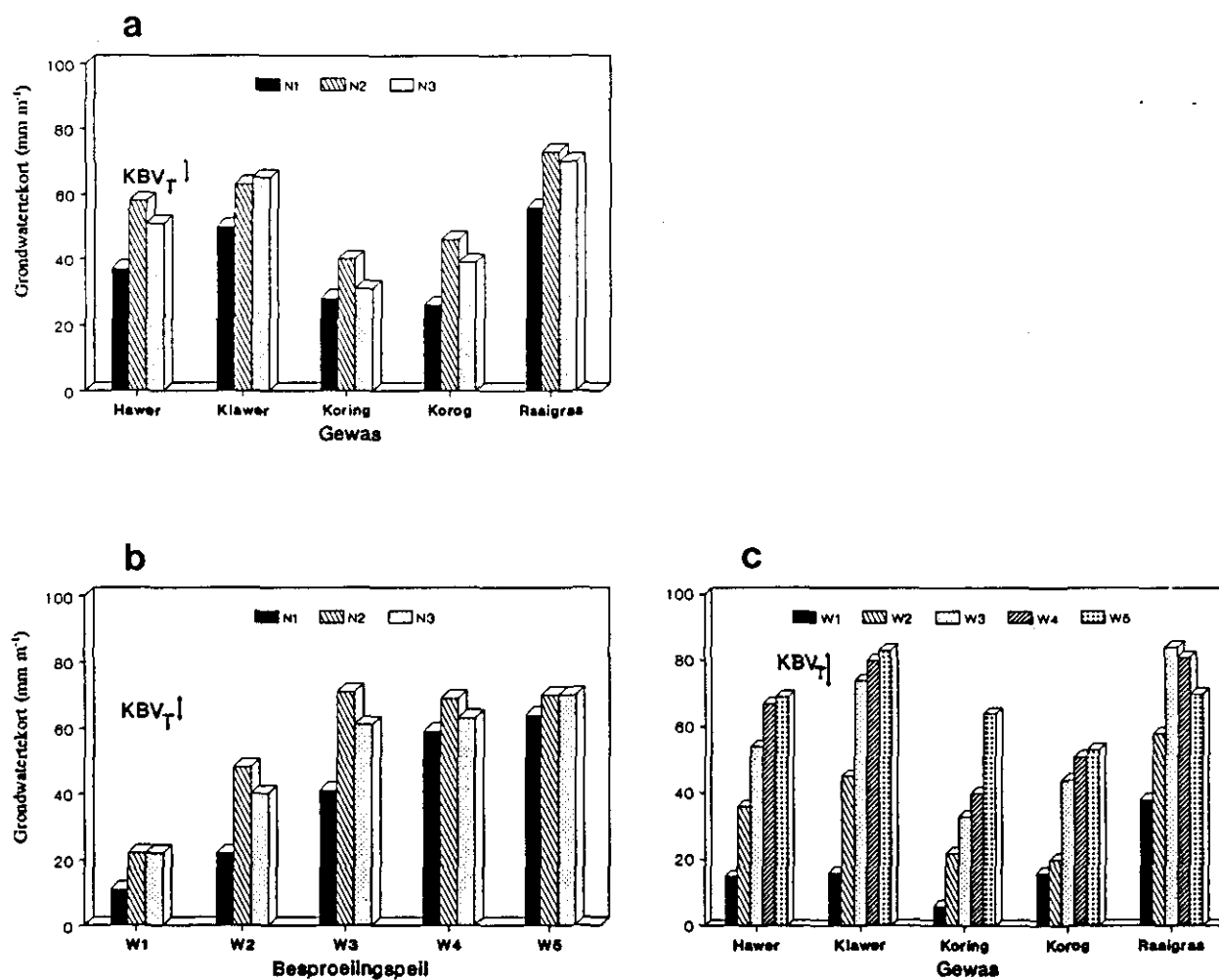
Gewas (G)	Besproei- ingspeil (W)	Stikstofpeil (N)			
		N1	N2	N3	Gem
		mm			
Hawer	W1	388	460	456	435
"	W2	418	492	498	469
"	W3	400	431	415	415
"	W4	334	350	347	344
"	W5	258	250	257	255
Gemiddeld vir hawer		360	396	395	383
Klawer	W1	413	439	438	430
"	W2	419	481	450	450
"	W3	416	444	446	435
"	W4	356	351	360	356
"	W5	259	272	276	269
Gemiddeld vir klawer		373	397	394	388
Koring	W1	388	339	444	390
"	W2	353	474	467	432
"	W3	387	408	385	394
"	W4	314	321	314	316
"	W5	245	255	248	249
Gemiddeld vir koring		338	360	372	356
Korog	W1	333	426	411	390
"	W2	413	404	468	428
"	W3	380	421	414	405

Tabel 5.4 vervolg. Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op totale waterverbruik van vyf voergewasse.

"	W4	320	333	330	327
"	W5	240	242	235	239
Gemiddeld vir korog		337	365	372	358
Raaigras	W1	500	508	543	517
"	W2	488	527	523	513
"	W3	430	455	450	445
"	W4	353	371	347	357
"	W5	246	260	260	255
Gemiddeld vir raaigras		403	424	425	418
Gemiddeld vir N hoofeffekte		362	389	392	
Gem. vir N x W en W-effekte	W1	404	434	458	433
	W2	418	476	481	458
	W3	403	432	422	419
	W4	335	345	340	340
	W5	250	256	256	253
KBV _{T(0,05)} G x W = 33; W x N = 24; N x G = NB					



Figuur 5.6 Illustrasie van wisselwerkingseffekte vir a) stikstof x gewas, b) stikstof x waterpeil en c) gewas x besproeiing vir totale waterverbruik van vyf voorgewasse met beëindiging van die proef.



Figuur 5.7 Illustrasie van wisselwerkingseffekte vir a) stikstof x gewas, b) stikstof x waterpeil en c) gewas x waterpeil vir grondwatertekort van vyf voorgewasse met beëindiging van die proef.

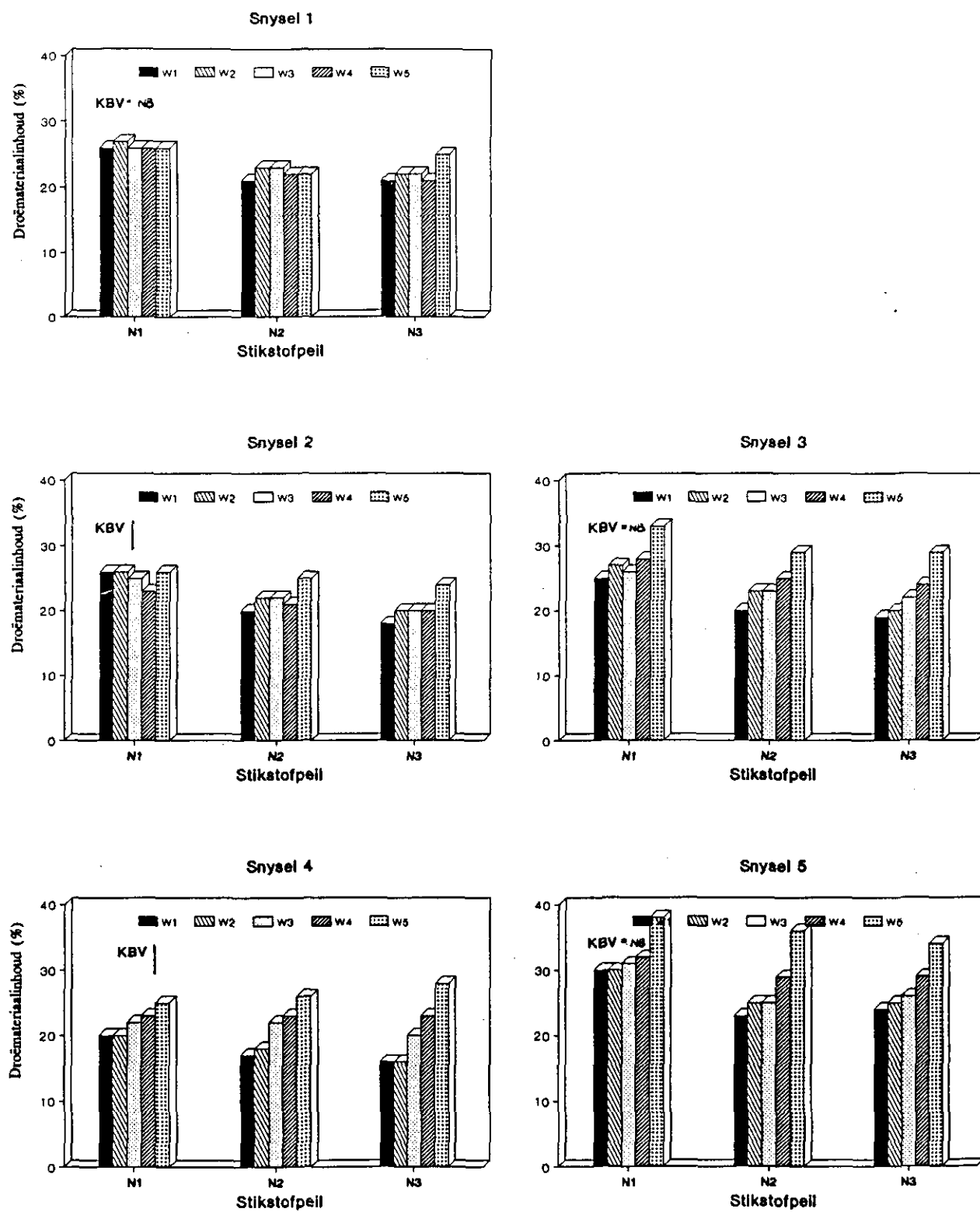
Droëmateriaalinhoud

Uit Figuur 5.8 blyk dat daar nie duidelike besproeiingseffekte op droëmateriaalinhoud was met die eerste snysel wat geneem is nie. Laat herfsreën het met die aanvang van die proef water aan die gestremde behandelings verskaf, wat verhoed het dat besproeiingseffekte met die eerste snysel gemanifesteer het. Dit is uit Figuur 5.8 duidelik dat die droëmateriaalinhoud, soos ook in die reënskermproef, soms met ongeveer 10% of meer toegeneem het met toenemende stremming. Dit is ook duidelik dat die gewasse meer sukkulent was by die hoër stikstofpeile, met 'n gepaardgaande laer droëmateriaalinhoud. Dit is bekend dat stikstofbemesting die droëmateriaalinhoud van gewasse kan laat afneem (Wilman, 1975).

Waterverbruiksdoeltreffendheid

Waterverbruiksdoeltreffendhede is bereken deur in ag neming van die opbrengs behaal met die laaste vier snysels omdat waterverbruik nie tydens die eerste snysel se produksieperiode bereken is nie. Hawer en raaigras het gemiddeld oor al die besproeiings- en stikstofpeile, die hoogste waterverbruiksdoeltreffendhede van onderskeidelik 20 en 19 kg ha⁻¹ mm⁻¹ gehad (Tabel 5.5). Koring het die laagste WVD gehad. Die WVD het oor die algemeen redelik konstant gebly oor besproeiingspeile. Stikstofbemesting het 'n duidelik voordelige invloed op waterverbruiksdoeltreffendheid gehad (Tabel 5.5). WVD het gemiddeld oor gewas- en waterpeile met ongeveer 8 kg ha⁻¹ mm⁻¹ toegeneem vanaf die N1- tot by die N3-stikstofpeil.

Betekenisvolle gewas x stikstof- en gewas x waterpeil wisselwerking word onderskeidelik, in Figure 5.9a en 5.9c geïllustreer. Daar kan gesien word dat die stikstofeffek afhanklik was van die betrokke gewas wat aangeplant is. Daar was by assegaaiklawer en raaigras duidelike tendense dat daar positief op die N3-stikstofpeil gereageer is, terwyl dit nie die geval was met die ander gewasse nie. Geen betekenisvolle W x N wisselwerking het voorgekom nie. In Figuur 5.9b kan gesien word dat waterverbruiksdoeltreffendheid redelik konstant was oor besproeiingspeile by 'n gegewe stikstofpeil. Die besproeiingseffek was egter afhanklik van die gewas waarby die behandelings toegepas is (Figuur 5.9c). Klawer het, soos in die proef onder die reënskerm, duidelik die tendens getoon dat waterverbruiksdoeltreffendheid



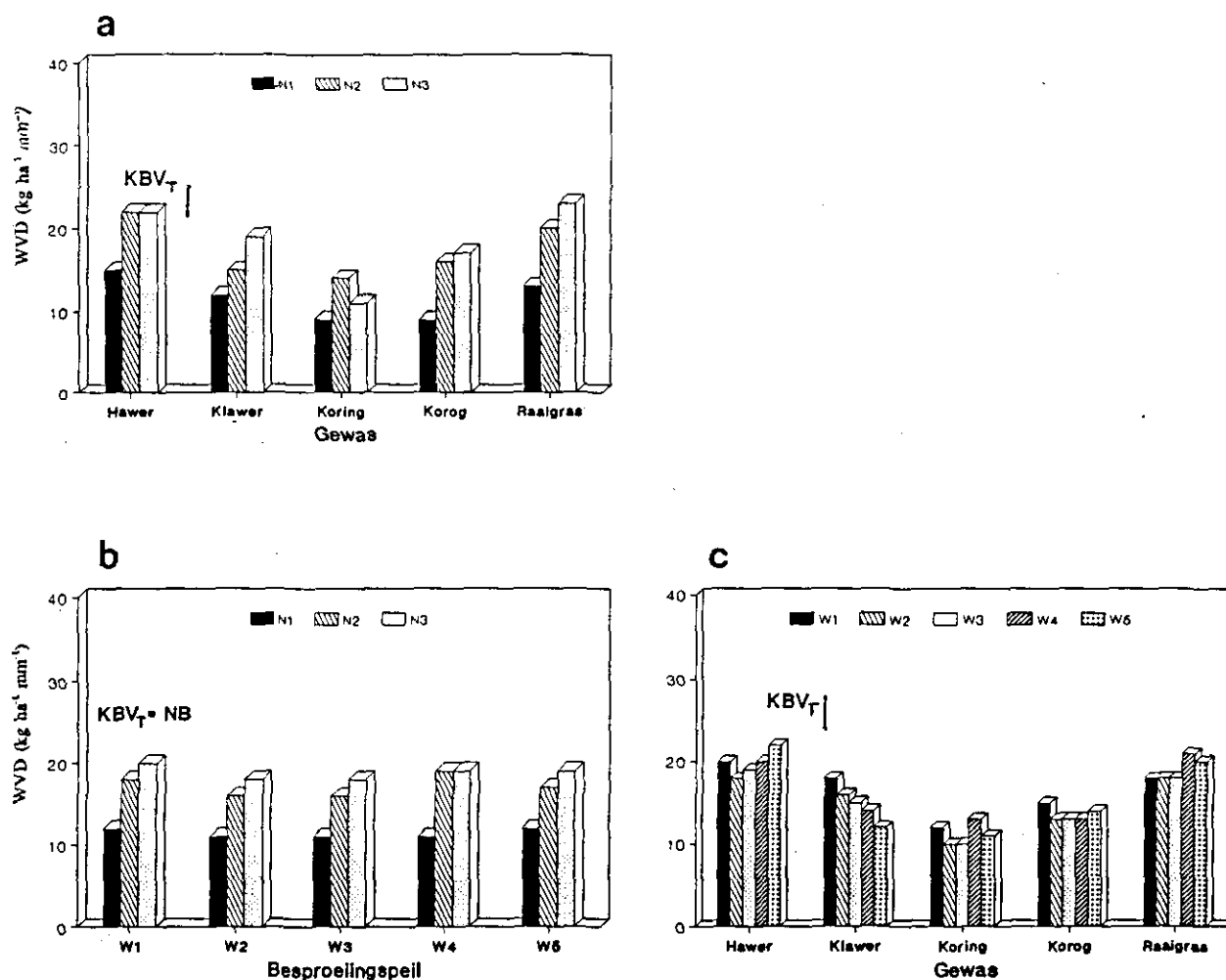
Figuur 5.8 Invloed van besproeiingspeil by verskillende stikstofpeile op die gemiddelde droëmaterialeinhoud van vyf voergewasse.

Tabel 5.5 Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op waterverbruiksdoeltreffendheid van vyf voergewasse.

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)	Stikstofpeil (N)			
		N1	N2	N3	Gem
		kg ha ⁻¹ mm ⁻¹			
Hawer	W1	16	21	22	20
"	W2	14	20	19	18
"	W3	16	20	21	19
"	W4	15	21	23	20
"	W5	15	25	25	22
Gemiddeld vir hawer		15	22	22	20
Klawer	W1	13	19	21	18
"	W2	11	14	23	16
"	W3	11	14	19	15
"	W4	11	16	16	14
"	W5	11	11	14	12
Gemiddeld vir klawer		12	15	19	15
Koring	W1	8	17	12	12
"	W2	9	10	10	10
"	W3	8	13	10	10
"	W4	9	17	13	13
"	W5	10	11	12	11
Gemiddeld vir koring		9	14	11	11
Korog	W1	12	15	19	15
"	W2	8	16	14	13
"	W3	7	15	18	13

Tabel 5.5 vervolg. Invloed van stikstof, gewas en besproeiingspeil op waterverbruiksdoeltreffendheid van vyf voergewasse.

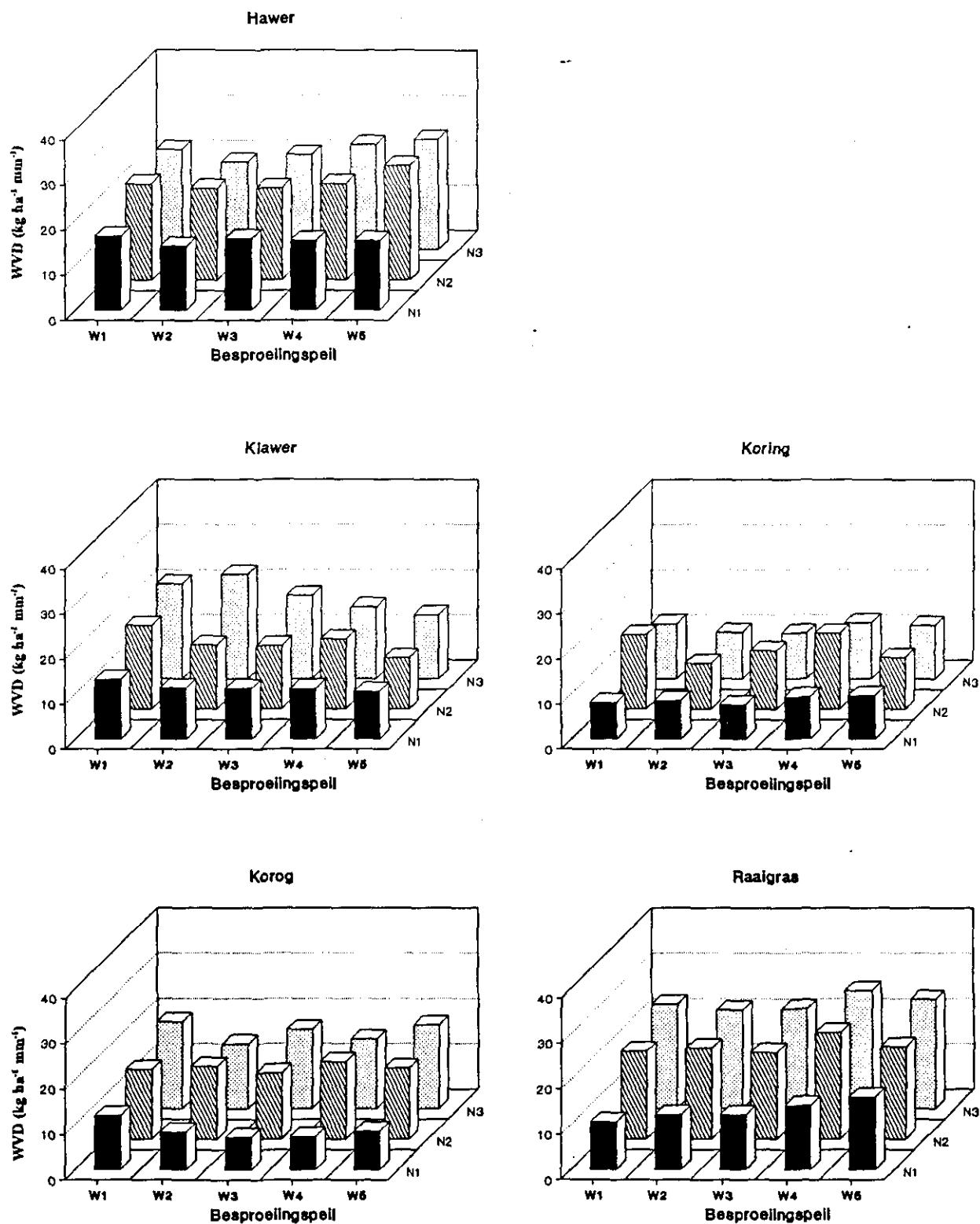
"	W4	7	17	15	13
"	W5	9	16	19	14
Gemiddeld vir korog		9	16	17	14
Raaigras	W1	11	19	23	18
"	W2	12	20	22	18
"	W3	12	19	22	18
"	W4	14	24	26	21
"	W5	16	20	24	20
Gemiddeld vir raaigras		13	20	23	19
Gemiddeld vir N-effekte		11	17	19	
Gemiddeld vir N x W en W-effekte	W1	12	18	20	17
	W2	11	16	18	15
	W3	11	16	18	15
	W4	11	19	19	16
	W5	12	17	19	16
KBV _{T(0,05)} W x G = 5,4; G x N = 4; W x N = NB					



Figuur 5.9 Illustrasie vir wisselwerking van a) stikstof x gewas, b) stikstof x waterpeil en c) gewas x waterpeil vir WVD van vyf voorgewasse.

afneem onder toenemende stremmingstoestande, terwyl die tendens andersom was vir hawer. By die ander gewasse het daar wel verskille voorgekom, maar 'n duidelike tendens was nie waarneembaar nie.

Die WVD vir al die verskillende behandelingskombinasies word in Figuur 5.10 geïllustreer. Dit is duidelik dat klawer wat onder gestremde toestande 'n baie lae waterverbruiksdoeltreffendheid gehad het, wel onder goeie besproeiingstoestande, en met voldoende stikstofbemesting, net soveel droëmateriaal per eenheid water as die ander gewasse kon produseer. Daar kan gesien word dat hawer by al die besproeiings- en stikstofpeile van die hoogste waterverbruiksdoeltreffendheidsyfers gehad het (Figuur 5.10).



Figuur 5.10 Invloed van stikstofbemesting en besproeiingspeil op waterverbruiksdoeltreffendheid van vijf voergewasse.

Koring het water oor die algemeen die minste effektief benut. Koring en korog se bemeste besproeiings kontrole behandelings het effens laer WVD-waardes gehad as wat in die reënskermproef gevind is. Die rede hiervoor is skynbaar swakker grondbedekking wat verkry is omdat die gewasse laer afgesny was as onder die reënskerm. Meer groeipuntskade het voorgekom wat hergroei benadeel het.

Wateropbrengsfunksies

Uit Tabel 5.6 blyk dat die regressiekoëffisiënte vir die lineêre wateropbrengsfunksies meestal betekenisvol was vir die verskillende behandelingskombinasies. Die regressiekoëffisiënt was die laagste by die behandelings wat nie stikstofbemesting ontvang het nie. Dit beteken dat min reaksie op addisionele watervoorsiening verkry is. Dit kon verwag word aangesien stikstof die mees opbrengsbeperkende faktor was, en nie water nie. Nadat die stikstofbeperking opgehef is, kon beter reaksie op bykomende watertoediening verkry word.

Die verband tussen waterverbruik en opbrengs word in Figuur 5.11 vir die verskillende gewasse se drie stikstofpeile geïllustreer. Behalwe vir assegaiklawer het die reaksiepatroon tussen die N₂- en N₃-stikstofpeile nie veel van mekaar verskil nie. Die aanbevole stikstofpeil (N₂) was dus voldoende om te verseker dat stikstof nie die opbrengsbeperkende faktor by die grasgewasse sou wees nie, en hulle kon bevredigend reageer op toenemende watervoorsiening. By assegaiklawer was die reaksie op toenemende watervoorsiening die beste by die hoogste stikstofpeil.

Die regressielyn vir hawer het by die bemeste behandelings betekenisvolle Y-afsnitte van groter as nul gehad (Tabel 5.6), wat in ooreenstemming is met wat in die veldproef onder die reënskerm gevind is. Dit weerspieël die baie goeie opbrengste wat hawer by lae besproeiingspeile gerealiseer het. Dit is moontlik, onder andere, daaraan te wye dat hawer na vestiging baie vinnig gestoel het en die grondoppervlak goed bedek het, om vinnige produksie vroeg in die seisoen te lewer. Klawer se kurwe by die hoogste stikstofpeil het, soos in die proef onder die reënskerm, 'n betekenisvolle Y-afsnit van minder as nul gehad (Tabel 5.6). Dit kan toegeskryf word aan die stadige

Tabel 5.6 Regressiekonstantes wat die reglynige verband tussen waterverbruik (mm) en droëmateriaalopbrengs (kg ha⁻¹) vir vyf voergewasse by drie stikstofpeile beskryf.

Gewas	Stikstofpeil	Y-afsnit	Regressie koëf-fisiënt
Hawer	N1	210	14,8*
Hawer	N2	2 065*	16,1**
Hawer	N3	2 609*	15,2**
Klawer	N1	-1 008	14,3**
Klawer	N2	-1 650	18,9*
Klawer	N3	-4 787*	30,6**
Koring	N1	1 393*	4,3*
Koring	N2	2 414	6,5
Koring	N3	803	9,1*
Korog	N1	717	6,3
Korog	N2	747	13,2**
Korog	N3	1 178	13,5*
Raaigras	N1	2 564**	6**
Raaigras	N2	1 346	16,9**
Raaigras	N3	1 507	19,6**

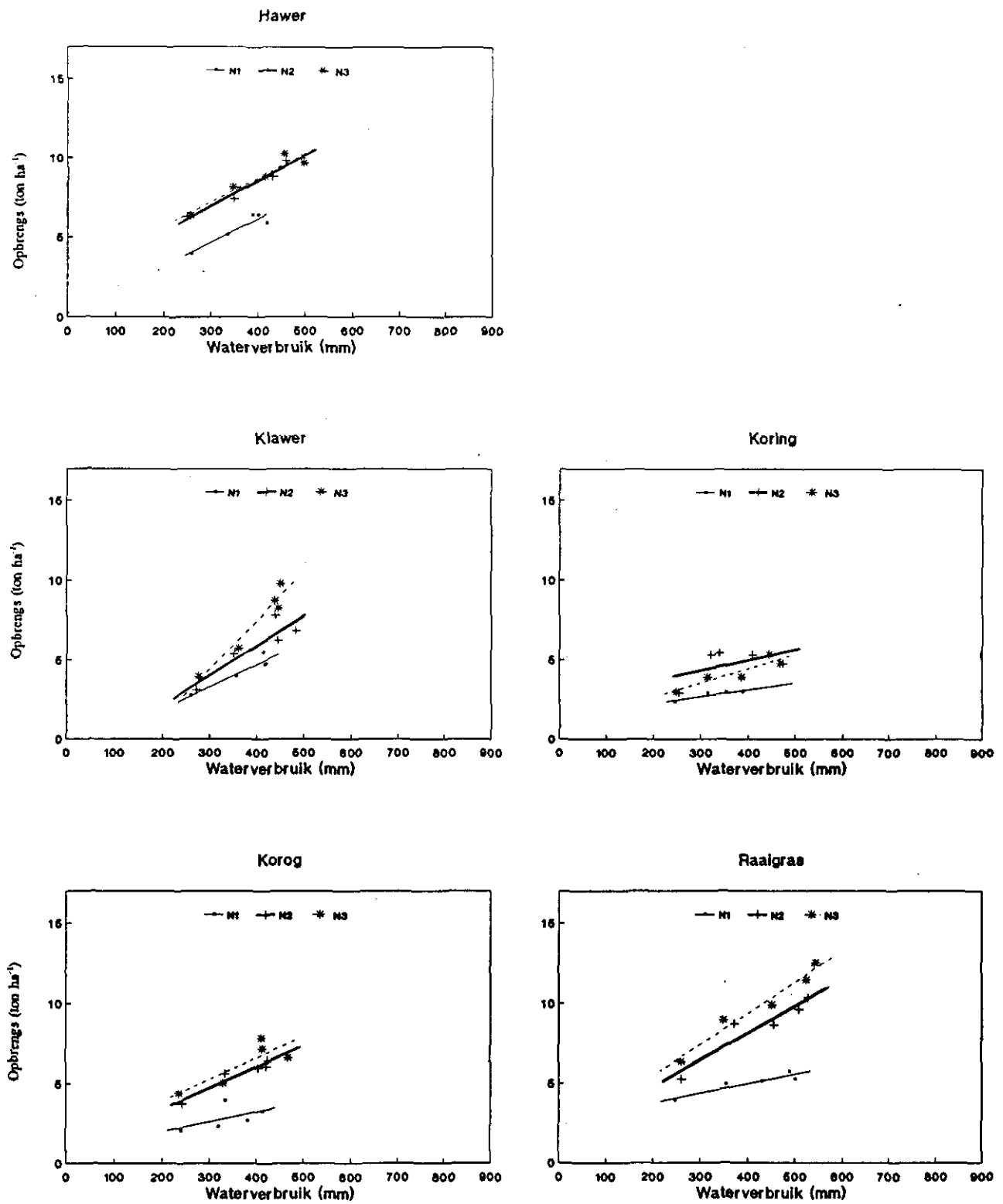
vestiging van hierdie gewas wat vir 'n groot gedeelte van die herfs en vroeë winter die grond nog nie behoorlik bedek het en nog nie aktief geproduseer het nie. Heelwat verdamping het dus voorgekom wat nie 'n bydrae tot produksie gemaak het nie. Die ander gewasse se Y-afsnitte was oor die algemeen nie betekenisvol verskillend van nul nie.

Klawer se N3-behandeling het die grootste helling vir die regressievergelyking gehad (Tabel 5.6 & Figuur 5.11), wat daarop dui dat hierdie gewas die beste op bykomende watertoediening kon reageer. Dit beteken ook dat die grootste opbrengsverlies voorkom as water beperkend raak. Dit dui dus, soos in die reënskermproef op die mees droogtesensitiewe gewas. Hawer se regressielyn onder bemeste toestande, het 'n relatief klein helling gehad, wat dui op min verandering in opbrengs met veranderde watervoorsiening. Saam met 'n groot Y-afsnit, dui dit op die gewas wat die beste onder gestremde toestande kan produseer. Dit is soortgelyke tendense as wat in die proef onder die reënskerm gevind is.

Ru-proteïeninhoud

Slegs die W2-, W4- en W5-behandelings se herhalings is gepoel om ru-proteïenontledings te doen. Die verskillende snysels is as herhalings gebruik vir statistiese ontleding. In Tabel 5.7 kan gesien word dat hawer se gemiddelde proteïeninhoud oor verskillende snysels asook water- en stikstofpeile die laagste was terwyl dié van assegaaiklawer die hoogste was. Stikstofbemesting het die gemiddelde proteïeninhoud vir die proef vanaf 14% tot 22% verhoog (Tabel 5.7).

As daar na die gemiddelde reaksie van gewasse oor N-peile gekyk word, blyk dit uit Figuur 5.12a dat daar slegs geringe stremmingseffekte op proteïeninhoud was. Dit skyn asof waterstremming die proteïeninhoud op verskillende tye van die jaar verskillend beïnvloed het (Figuur 5.12b). Met die derde snysel wat gemonster is (winterproduksie), was daar 'n tendens dat proteïeninhoud daal met toenemende stremming, terwyl die tendens andersom was vir die ander snysels. In Figuur 5.12c kan gesien word dat daar by die N2-stikstofpeil 'n neiging was dat toenemende stremming die proteïeninhoud laat toeneem het, terwyl dit effens afgeneem het by die N3-stikstofpeil. Sodanige wisselwerking verklaar moontlik waarom soms gevind word dat waterstremming die stikstofinhoud van grasse laat toeneem (Kilmer, *et al.*, 1960) en ander kere word gerapporteer dat stremming proteïeninhoud laat afneem (Norton, 1982). In Figuur



Figuur 5.11 Wateropbrengskrommes van vyf voergewasse by drie stikstofpeile.

5.13 kan daar ook, soos in Figuur 5.12c, teenstellende stremmingstendense waargeneem word. By die N3-peil van hawer, koring en korog was daar die neiging dat proteïeninhoud effens afgeneem het met toenemende stremming. Die geringe tendens wat by klawer en raaigras waargeneem kan word, is andersom. Proteïenvlakke was egter deurgaans by hierdie stikstofpeil hoër as wat vir goeie diereprestasie vereis word. Die tendens van toenemende proteïeninhoud met toenemende stremming wat by die N2-peil van hawer en raaigras waargeneem is, mag moontlik nie met stremming verband hou nie. Die minder gestremde behandelings sou meer stikstof met elke snysel verwyder het omdat hulle opbrengste hoër was. Met verloop van tyd sou eindelik relatief minder stikstof beskikbaar gewees het as vir die gestremde behandelings. So 'n effek sou die resultate vertroebel het, daar die snysels as herhalings gebruik is.

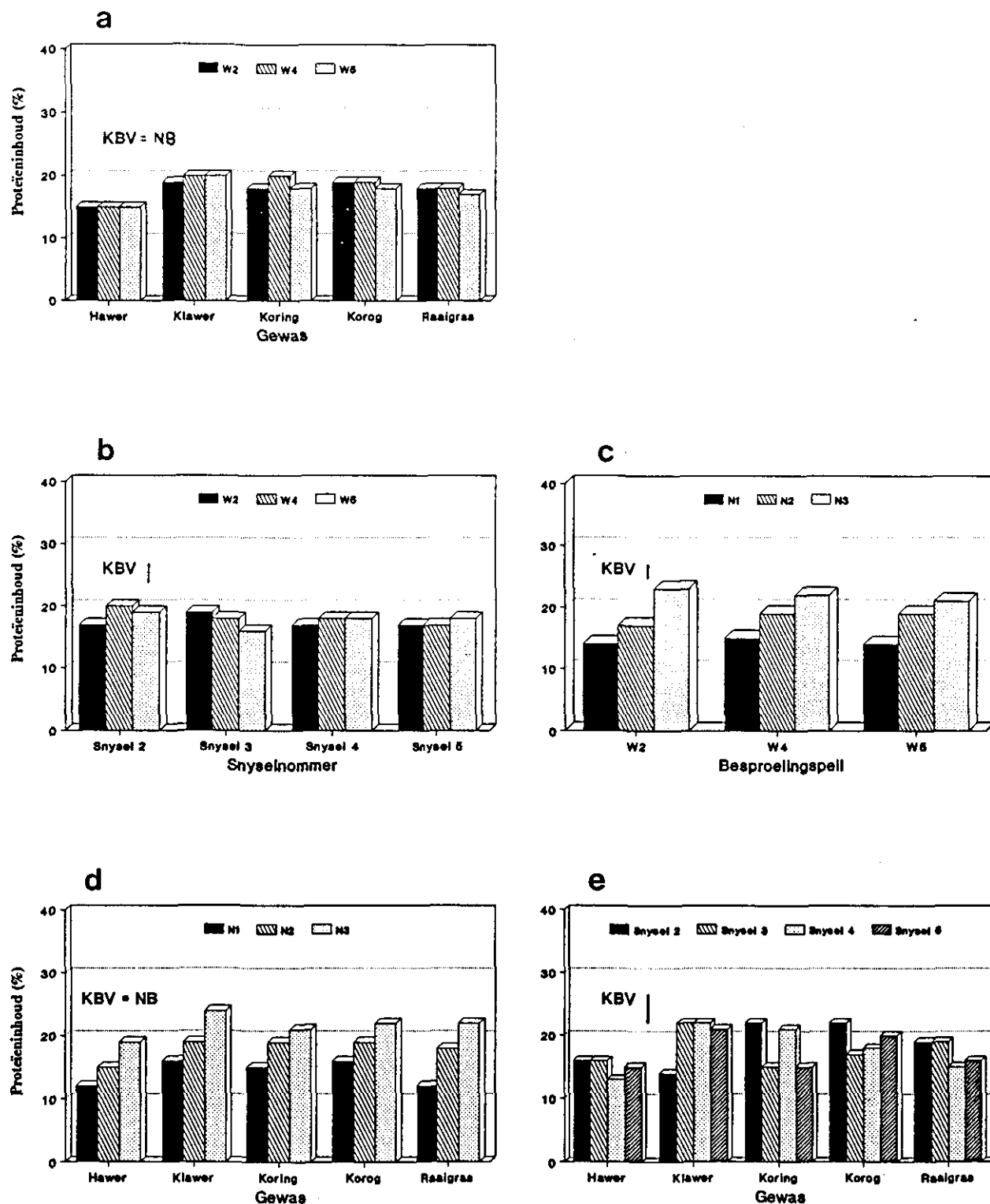
Die verskillende gewasse het gemiddeld oor stremmingsbehandelings, dieselfde gereageer op stikstofbemesting (Figuur 5.12d). Die ontleding van 'n gewas se proteïengehalte was egter afhanklik van die tyd van die jaar wanneer gemonster is (Figuur 5.12e). Dit is duidelik dat variasie in proteïeninhoud volgens die snysel toe dit bepaal is, voorgekom het. Daar was in Figuur 5.12e 'n effense tendens by die grasgewasse om laer vir proteïen te ontleed met die latere snysels wat gemonster is.

Verteerbaarheid

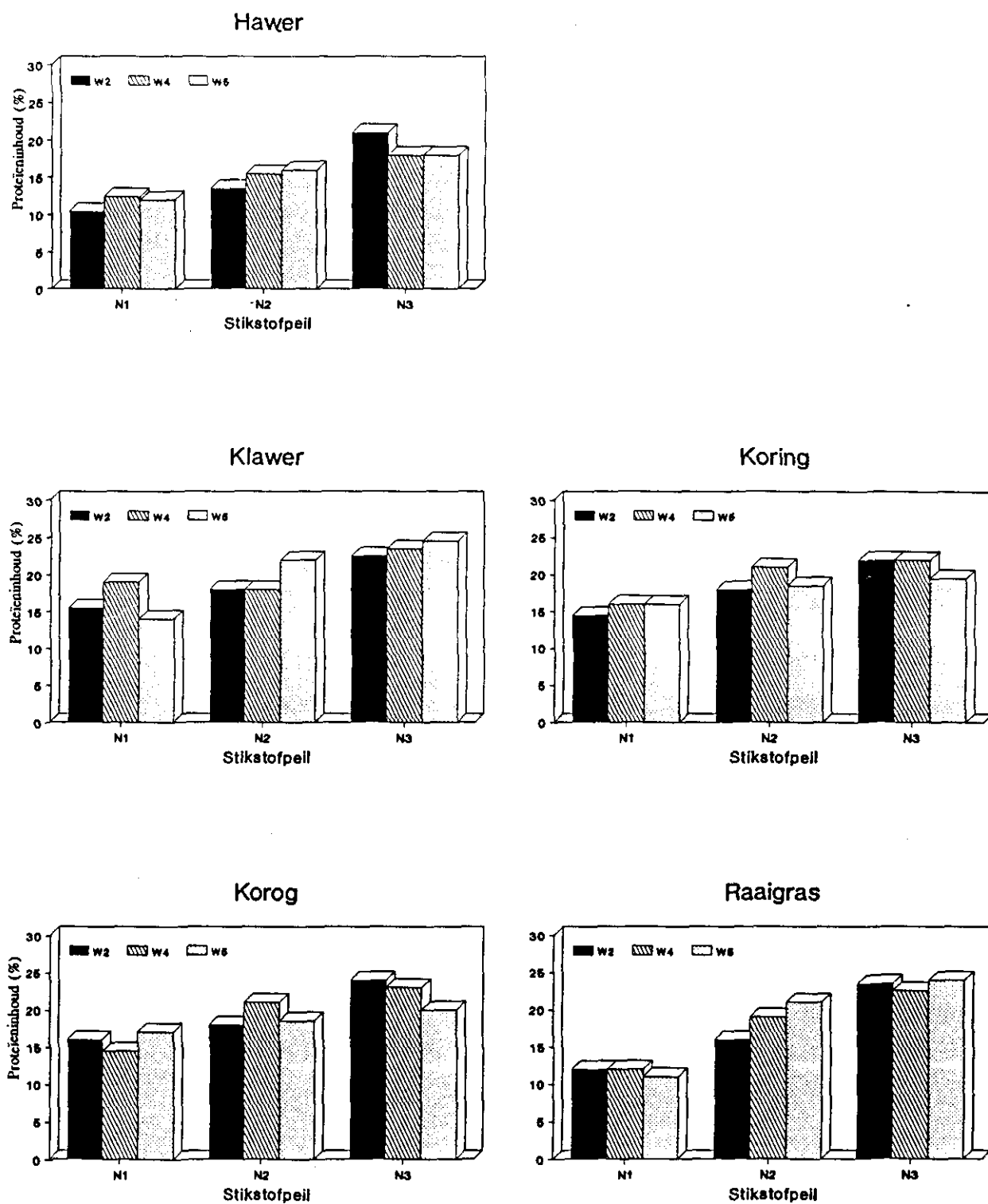
Gepoelde monsters van sekere besproeiingspeile is gebruik om verteerbaarhede te bepaal van 'n snysel wat in September geneem is. Daar was nie in al die gevalle genoeg blaarmonster om te verteer nie, maar Tabel 5.8 toon nogtans dat verteerbaarheidsyfers heelwat gevarieer het en dat daar nie 'n duidelike patroon waarneembaar was ten opsigte van besproeiings- of stikstofpeil nie. Hawer het op hierdie stadium oor die algemeen die laagste waardes gehad terwyl assegaiklawer die hoogste waardes gehad het.

Tabel 5.7 Invloed van stikstofbemesting en besproeiingspeil op ru-proteïeninhoud van vyf voergewasse.

Gewas (G)	Besproei- ingspeil (W)	Stikstofpeil (N)	Snyselnommer			
			2	3	4	5
			%			
Hawer	W2	N1	10	13	9	10
"	W2	N2	12	17	11	14
"	W2	N3	25	23	18	17
Hawer	W4	N1	15	14	10	11
"	W4	N2	15	16	14	17
"	W4	N3	19	20	15	17
Hawer	W5	N1	12	10	11	14
"	W5	N2	17	12	16	18
"	W5	N3	19	17	16	19
Klawer	W2	N1	7	17	19	19
"	W2	N2	8	23	21	21
"	W2	N3	9	27	25	29
Klawer	W4	N1	22	21	20	14
"	W4	N2	10	25	22	14
"	W4	N3	17	26	25	26
Klawer	W5	N1	13	14	14	14
"	W5	N2	22	19	23	23
"	W5	N3	21	23	28	26
Koring	W2	N1	18	13	14	13
"	W2	N2	21	14	22	15
"	W2	N3	26	20	27	16



Figuur 5.12 Illustrasie van wisselwerking vir a) gewas x waterpeil, b) besproeiing x snyaelnummer, c) waterpeil x stikstof, d) gewas x stikstof en e) gewas x snyaelnummer vir proteïnehoud van vyf voergewasse.



Figuur 5.13 Invloed van besproeiingspeil en stikstofbemesting op proteïeninhoud van vijf voergewasse.

Tabel 5.8 Invloed van stikstofbemesting en besproeiingspeil op verteerbaarheid van vyf voergewasse se droëmateriaal.

Gewas	Stikstofpeil	W1	W2	W3	
					Gem
Hawer	N1	55	57	62	58
Hawer	N2	66	56	-	61
Hawer	N3	56	51	53	53
Gemiddeld					
Klawer	N1	56	89	75	73
Klawer	N2	86	86	-	86
Klawer	N3	73	80	-	77
Gemiddeld					
Koring	N1	63	62	-	63
Koring	N2	59	83	61	68
Koring	N3	74	-	58	66
Gemiddeld					
Korog	N1	65	-	-	65
Korog	N2	70	-	68	69
Korog	N3	72	50	-	61
Gemiddeld					
Raaigras	N1	69	-	-	69
Raaigras	N2	64	78	51	64
Raaigras	N3	75	59	60	65
Gemiddeld					

HOOFSTUK 6

RESULTATE VAN MEERJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM

6.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS

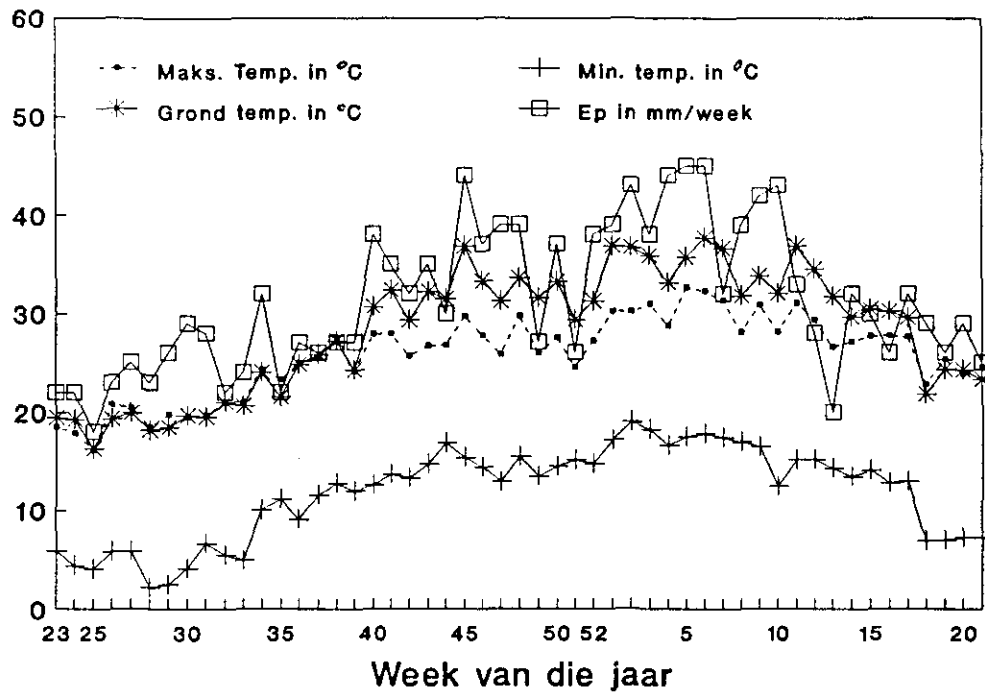
Maksimum-, minimum-, grondtemperatuur op 10 cm diepte en potensiële evapotranspirasie

Die klimaatsgegevens van die twee jaar onder meerjarige weidings word in Tabel A10 aangegee. Die variasie van gegevens word in Figuur 6.1 geïllustreer. Die afname in E_p na week 40 van die tweede jaar was volgens die outomatiese weerstasie se gegevens (nie aangedui) hoofsaaklik toe te skryf aan lae stralingstoestande. Die afname in grondtemperatuur bevestig dit.

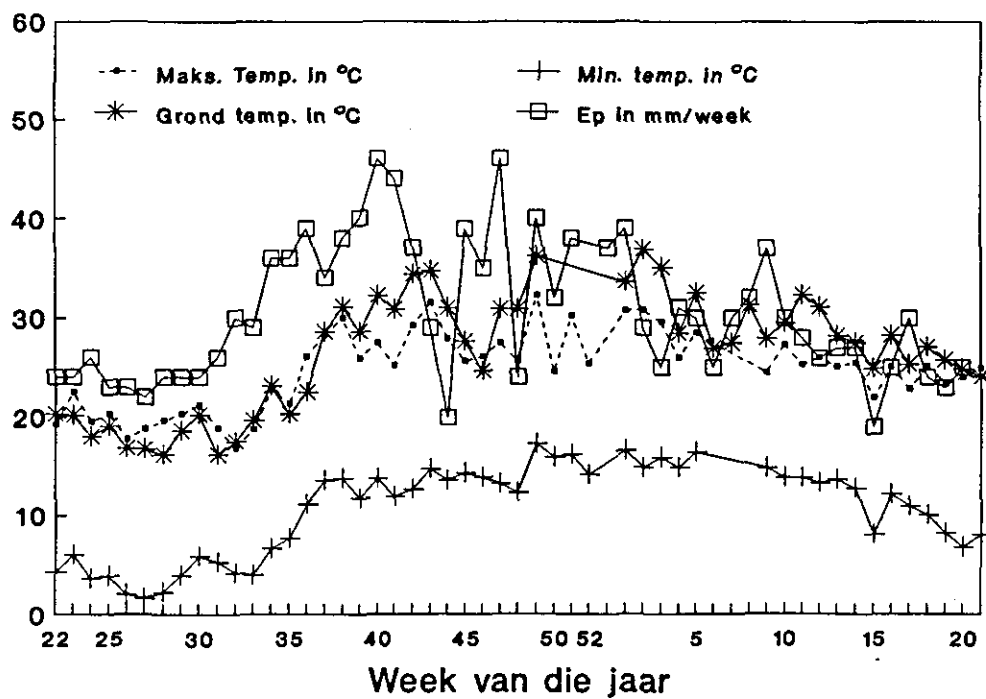
6.2 DROËMATERIAALOPBRENGS

Droëmateriaalopbrengste vir die twee produksiejare word in Tabel 6.1 en 6.2 aangebied. Dit is duidelik dat lusern gemiddeld oor al die besproeiingspeile die hoogste opbrengs gelever het. Dit was die verwagting omdat lusern baie gereeld gesny is, wat daarop gedui het dat die produksietempo hoog was. Dit was egter nie verwag dat langswenkgras net so goed sou vaar nie, aangesien hierdie weiding die helfte so dikwels soos lusern gesny is. Tabel 6.2 toon dat langswenkgras se kontrole behandeling die hoogste opbrengs in die tweede jaar gelever het. Die opbrengs van lusern se kontrole was effens laer as in die eerste jaar. Witklawer se gemiddelde opbrengs was ietwat laer as dié vir lusern en langswenkgras, hoofsaaklik omdat die gestremde behandelings se opbrengste meer onderdruk is deur die stremming.

Die stremmingseffekte word in Figuur 6.2 geïllustreer. Raaigras en kropaargras het gedurende die eerste jaar bevredigende opbrengste gelever, maar dit kon hoër gewees het as die weidings nie gevrek het onder die hoë somertemperature, en oor gevestig moes word nie. Figuur 6.2 toon dat die raaigrasopbrengste gedurende die tweede jaar minder as 15 t ha^{-1} was. Dit is egter die kropaargrasopbrengste wat veral teleurstellend laag was. Die rede daarvoor is nie baie duidelik nie, maar die vestiging was stadig en



Jaar 2



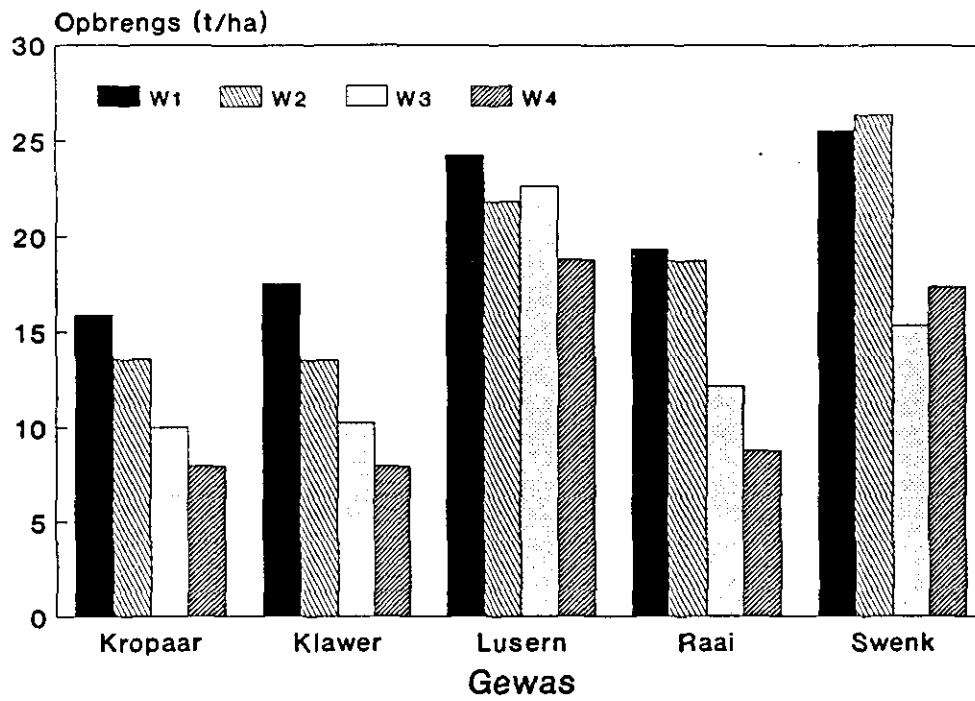
Figuur 6.1 Weeklikse gemiddelde minimum-, maksimum-, grondtemperatuur op 10 cm diepte en potensiële evapotranspirasie vir die twee jaar onder meerjarige weidings

Tabel 6.1 Droëmateriaalopbrengs van vyf weidings by vier besproeiingspeile in die eerste jaar na vestiging

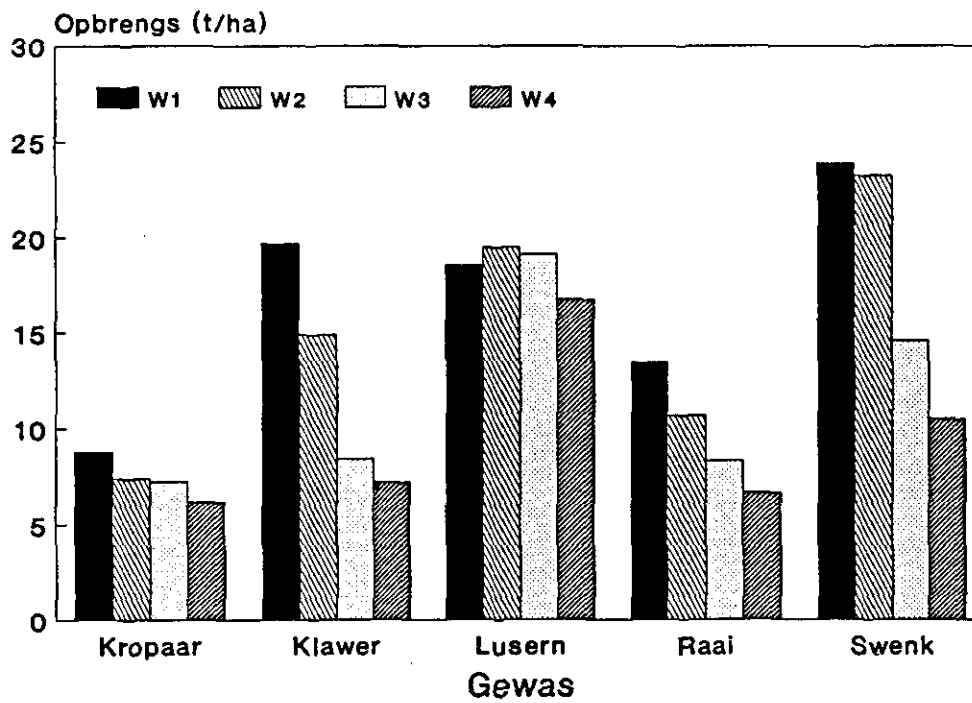
Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Opbrengs (kg ha ⁻¹)				
Kropaargras	15 870	13 558	9 971	7 956	11 839
Klawer	17 520	13 490	10 226	7 953	12 297
Lusern	24 222	21 751	22 404	18 762	21 745
Raaigras	19 299	18 676	12 137	8 765	14 679
Langswenkgras	25 496	26 349	15 327	17 350	21 105
Gemiddeld	20 460	18 765	14 013	12 093	
KBV _{T(0.05)} WxG = 4 800					

Tabel 6.2 Droëmateriaalopbrengs van vyf weidings by vier besproeiingspeile in die tweede jaar na vestiging

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Opbrengs (kg ha ⁻¹)				
Kropaargras	8 782	7 410	7 234	6 182	7 513
Klawer	19 693	14 894	4 409	7 258	12 668
Lusern	18 602	19 487	19 115	16 771	18 617
Raaigras	13 500	10 683	8 330	6 668	9 795
Langswenkgras	23 898	23 236	14 613	10 512	18 175
Gemiddeld	17 028	15 328	11 545	9 513	
KBV _{T(0.05)} WxG = 4 400					



Jaar 2



Figuur 6.2 Invloed van besproeiingspeil op die droëmateriaalopbrengs tydens die eerste twee jaar na vestiging van vyf meerjarige weigewasse

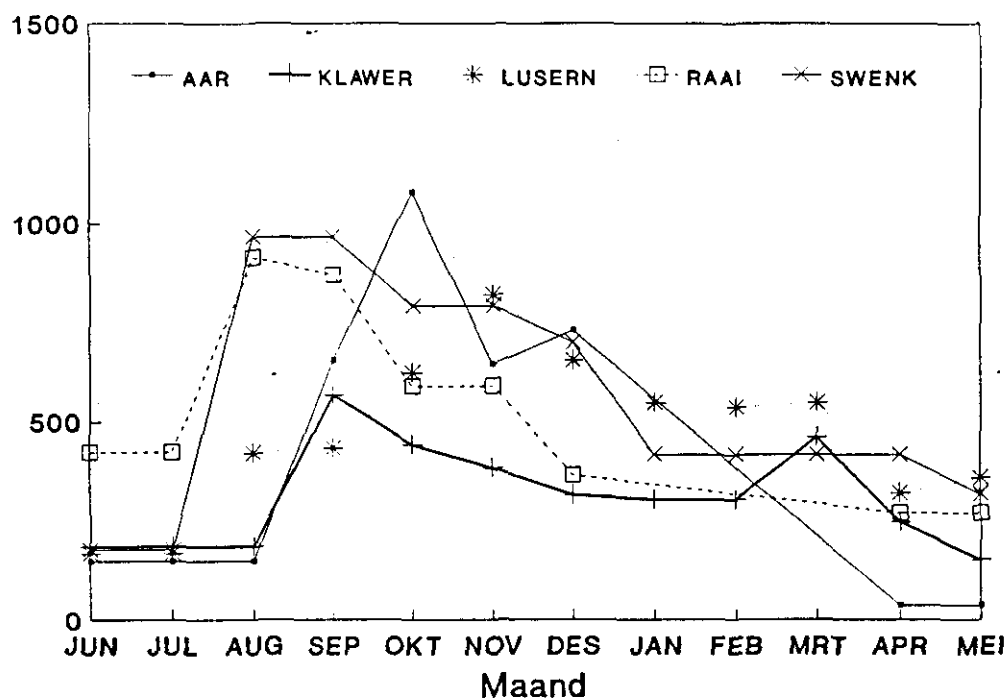
die eerste snysel kon eers einde Julie geneem word nadat daar reeds einde Februarie gevestig was. Die vestigingstyd was moontlik te vroeg en hittestremming kon voorgekom het. Figuur 6.2 toon ook dat lusern se behandelings nie veel van mekaar verskil het nie. Een van die redes is dat besproeiing op grond van die eerste meter diepte grond geskeduleer is en as hierdie laag uitgedroog was tot 'n tekort van ongeveer 90 mm is daar weer besproei tot veldkapasiteit. Verder is daar ook opgemerk dat die stremming die groeiwyse effens beïnvloed het in die sin dat die gestremde behandelings se krone stadiger en effens later uitgegroeï het. Hoewel gepoog is om te sny voordat die kontrole se krone begin uitloop het, kon dit met die spesifieke cultivar nie verhelp word om van die vroegste krone raak te sny nie. Derdens is lusern vanweë die diep wortelstelsel daarvan redelik droogte verdraagsaam.

Die verskynsel dat langswenk se W2-behandeling net soveel droëmateriaal as die kontrole gelewer het in die eerste jaar (Figuur 6.2), is aanvanklik aan onegalige vestiging toegeskryf. Die tendens het egter met elke snysel bly bestaan en daar kan gesien word dat daar in die tweede jaar ook weinig verskil tussen die W2- en kontrole behandelings was.

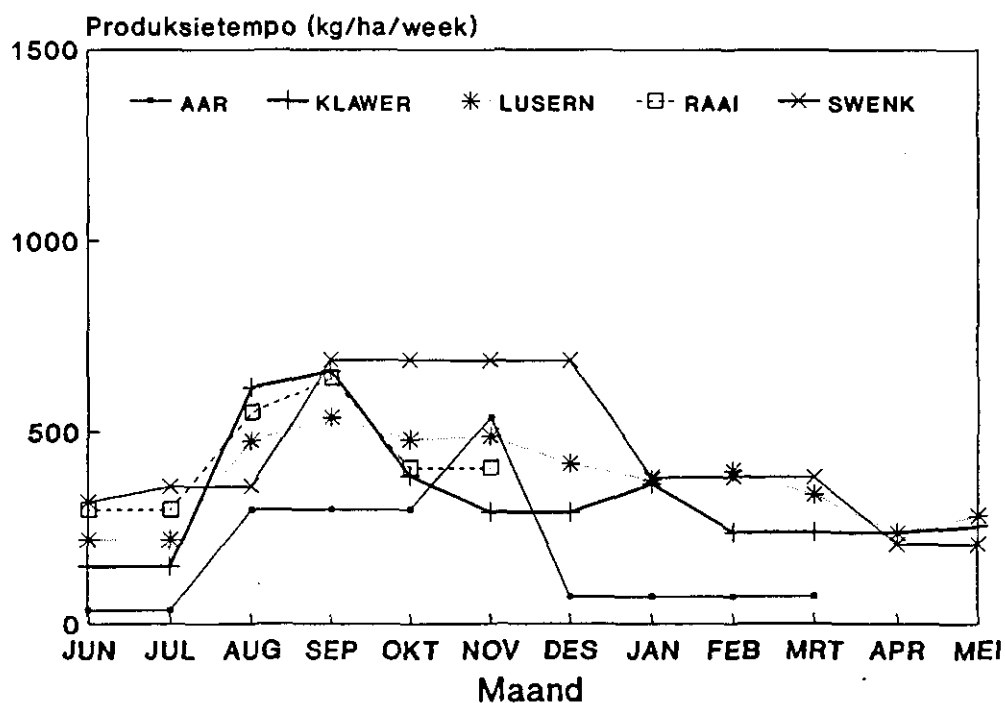
'n Aanduiding van die groeikragtigheid van die weidings gedurende verskillende maande van die jaar word in Figuur 6.3 voorgestel. Die waardes is bereken deur die verskillende snysels se opbrengste bloot te deel deur die aantal weke sedert die vorige snysel geneem is. Dit is dus slegs 'n vae aanduiding en ook nie statisties vergelykbaar nie omdat die weidings op verskillende tye en met verskillende frekwensies gesny is. Die lentepiek is nietemin opmerklik vir al die spesies. Dit skyn egter asof almal nie ewe gou na die winter gepiek het nie. Lusern se produksietempo het redelik stelselmatig toegeneem sonder om 'n besonder hoë piek na die winter te toon. Die produksietempo het deurgaans hoog gebly en geleidelik afgeneem om vanaf April tot Julie op lae vlakke te wees. Swenkgras se produksietempo het vinnig toegeneem teen Augustus/September en op redelik hoë vlakke gebly tot in Desember waarna dit relatief dormant gebly het deur die res van die somer en die winter.

Klawer het in die eerste jaar 'n lente- en herfspiek gehad, maar in die tweede jaar was net die lentepiek opmerklik. Dit moet vermeld word dat die stand in die tweede jaar begin agteruitgaan het, moontlik vanweë baie kort terugsnypraktyke. Dit kon verhoed het dat die weiding tydens die tweede herfs teen volle potensiaal kon produseer.

Jaar 1



Jaar 2



Figuur 6.3 Benaderde weeklikse produksietempo's vir verskillende maande van 'n twee jaar produksieperiode vir verskillende meerjarige weidings se kontrolebehandelings

6.3 PROTEÏENOPBRENGS

Die totale proteïenopbrengste vir die twee produksiejare word in Tabel 6.3 aangegee. Die gemiddelde opbrengs en proteïeninhoud is nie gebruik nie omdat variasie in proteïeninhoud deur die jaar voorgekom het. Elke snysel se proteïenopbrengs is afsonderlik bepaal en daarna gesommeer om die totaal te verkry. Lusern kon die meeste proteïen produseer omdat dit die hoogs produserende gewas was. Dit is voor die handliggend dat duidelike besproeiingseffekte sou manifesteer want droëmateriaalopbrengs is baie beïnvloed deur stremming. Die besproeiingseffekte word in Figuur 6.4 geïllustreer. Wanneer Figuur 6.4 met Figuur 6.2 vergelyk word, is dit duidelik dat opbrengs die bepalende faktor was vir proteïenopbrengs en nie proteïeninhoud van die voer nie.

6.4 WATERVERBRUIK

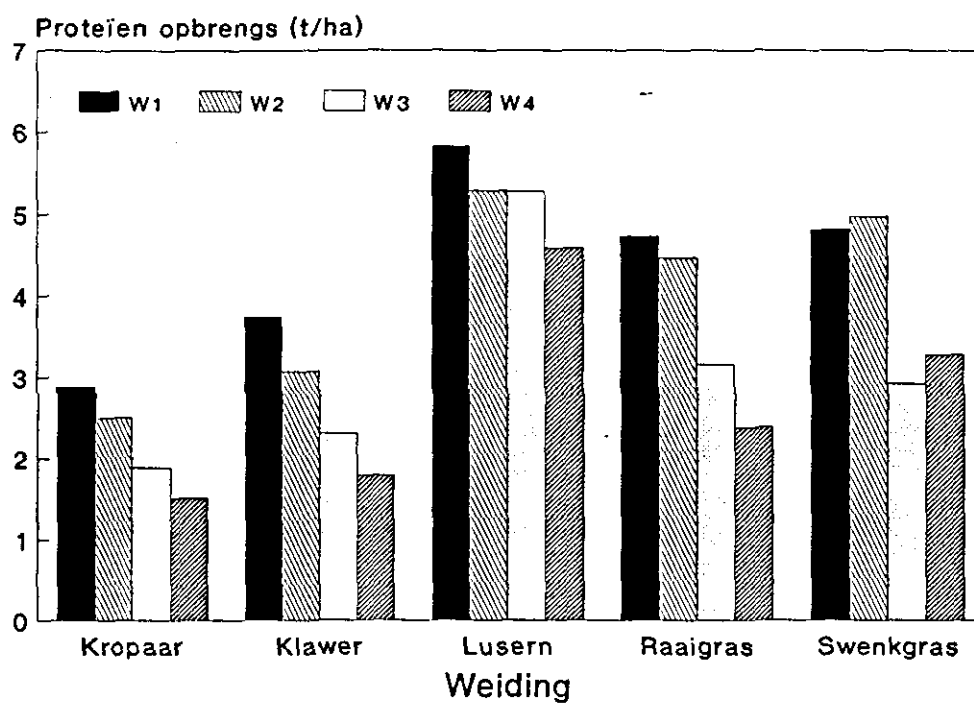
Totale waterverbruiksyfers word in Tabelle 6.4 en 6.5 aangetoon. Soos wat verwag kon word, het raai gras en kropaargras wat nie elke jaar enduit gehou het nie, die minste water verbruik. Klawer, lusern en langswenkgras se kontrolebehandelings het tussen 1 600 en 1 700 mm water in beide jare verbruik.

Die weeklikse waterverbruik wat gemonitor is, word in Figure A12 en A13 geïllustreer. 'n Vergelyking tussen behandelings en spesies is egter onnodig aangesien daar op verskillende tye gesny is en dit die spesie-effekte op 'n weeklikse basis vertroebel het. Maandelikse gemiddelde weeklikse waterverbruikstempo's vir die kontrole behandelings word egter in Figuur 6.5 aangedui om moontlike spesieverskille te illustreer. Dit is opmerklik dat waterverbruikstempo's in beide jare die neiging het om heelwat meer te wees as E_p gedurende die somermaande en dat die tendens omgekeer is in die wintermaande.

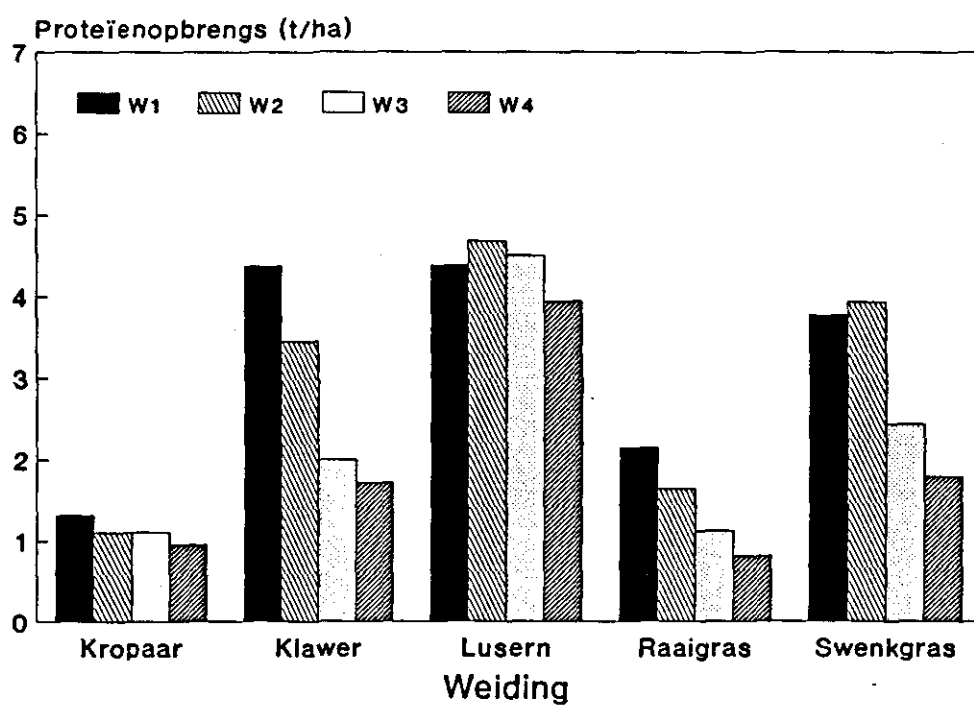
Betekenisvolle verskille tussen gewasse het voorgekom, maar dit was gewoonlik net die hoogste en laagste waardes wat betekenisvol verskil het. Dit skyn asof lusern aanvanklik van die laagste waterverbruikstempo's vertoon het en na die eerste ses

Tabel 6.3 Totale proteïenopbrengs vir die eerste twee produksie jare van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Jaar	Be- sproei- ingpeil	Gewas					
		Krop- aar	Wit- klawer	Lusern	Raaigras	Swenk	Gem.
		Proteïenopbrengs (kg ha ⁻¹)					
Jaar 1	W1	2 881	3 739	5 828	4 725	4 807	4 396
	W2	2 492	3 071	5 281	4 459	4 968	4 054
	W3	1 871	2 304	5 276	3 148	2 909	3 101
	W4	1 511	1 782	4 585	2 378	3 272	2 705
	Gem.	2 191	2 724	5 242	3 673	3 983	3 564
Jaar 2	W1	1 320	4 373	4 382	2 145	3 770	3 198
	W2	1 103	3 444	4 688	1 646	3 924	2 961
	W3	1 103	1 993	4 502	1 125	2 429	2 230
	W4	957	1 713	3 934	810	1 792	1 839
	Gem.	1 123	2 883	4 372	1 432	2 982	2 557



Jaar 2



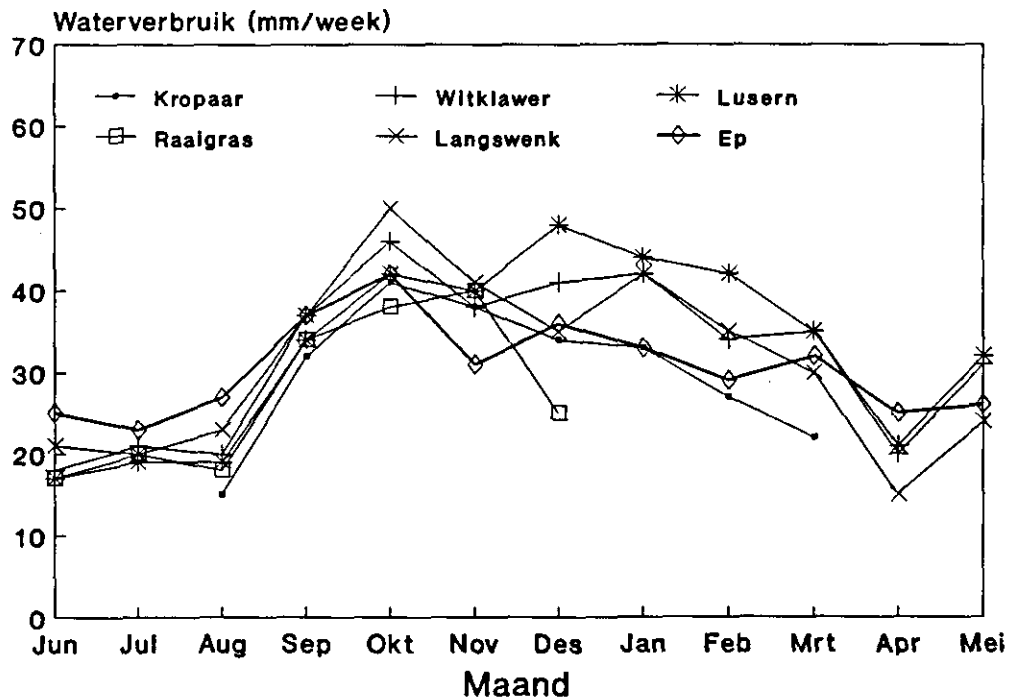
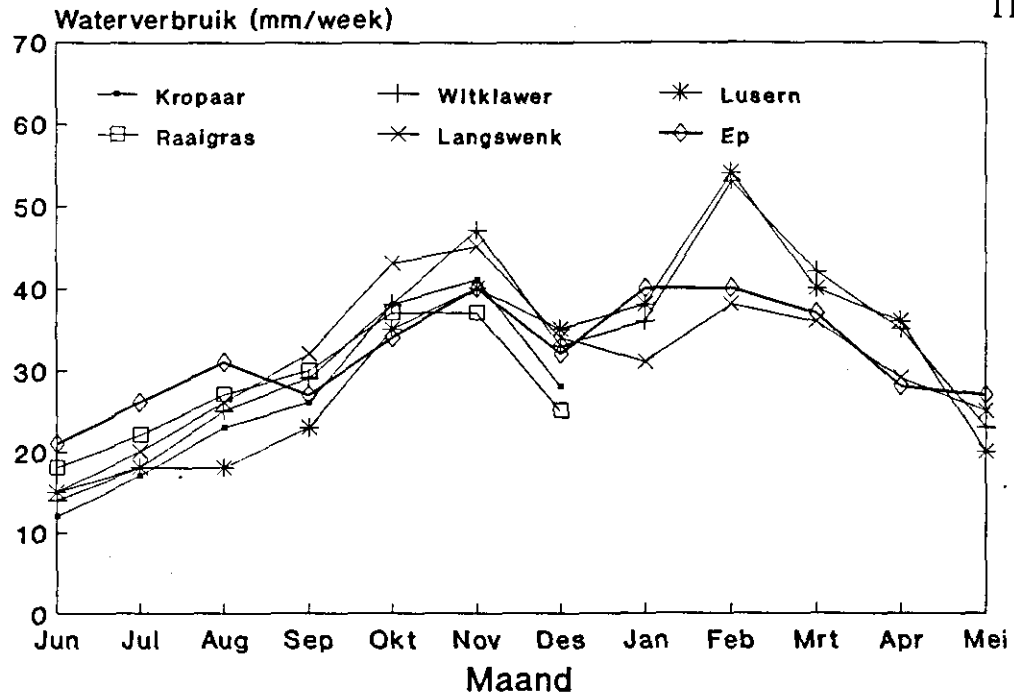
Figuur 6.4 Besproeiingseffekte op totale jaarlijkse proteïenopbrengs van vijf weidings

Tabel 6.4 Totale waterverbruik vir die eerste produksiejaar van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Waterverbruik (mm)				
Kropaargras	822	725	573	458	645
Klawer	1 698	1 520	1 232	995	1 361
Lusern	1 612	1 466	1 263	1 042	1 346
Raaigras	860	725	560	441	647
Langswenkgras	1 632	1 430	1 153	1 079	1 324
Gemiddeld	1 324	1 174	957	803	
KBV _{T(0.05)} WxG = 183					

Tabel 6.5 Totale waterverbruik vir die tweede produksiejaar van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Waterverbruik (mm)				
Kropaargras	1 023	944	840	753	890
Klawer	1 660	1 373	1 135	1 082	1 313
Lusern	1 706	1 420	1 213	1 111	1 363
Raaigras	674	583	483	394	534
Langswenkgras	1 658	1 447	1 322	1 085	1 381
Gemiddeld	1 346	1 154	999	886	
KBV _{T(0.05)} WxG = 176					



Figuur 6.5 Gemiddelde weeklikse waterverbruikstempo's van die kontrole behandelings van vyf weidings vir elke maand van die monitorperiode

maande van die hoogste verbruikstempo's gehad het. Langswenk was geneig om na Desember tot in die herfs die laagste waterverbruikstempo te hê. Dit was 'n redelike dormante periode vir swenkgras in terme van produksietempo. Die waterverbruikstempo was in die orde van 20 mm week⁻¹ gedurende die wintermaande Junie en Julie. Dit is miskien effens minder as wat algemeen aanvaar word. Na die winter het dit geleidelik toeneem en waardes van tot gemiddeld 50 mm week⁻¹ bereik.

6.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON

Diepte van wateronttrekking en *in situ* bepaalde plantbeskikbare water

Geen van die behandelings is op enige stadium gelaat om uit te droog tot verwelkpunt nie. Die grootste mate van uitdroging wat voorgekom het, is egter bepaal en die tekorte vir verskillende dieptes van die grondprofiel word in Tabel 6.6 aangetoon. Dit is nog nie verteenwoordigend van alle plantbeskikbare water nie maar dien as skatter daarvan. Raaigras en kropaargras het water net effektief onttrek tot 'n diepte van 1,2 m. Die ander spesies kon die hele profiel tot 1,8 m diepte benut. Die totale hoeveelheid water wat onttrek kon word tot op 1,0 m diepte was onderskeidelik 95, 80, 105, 94 en 84 mm vir kropaargras, witklawer, lusern, raaigras en langswenkgras. Kropaar- en raaigras kon dus wel die boonste meter grond baie goed benut al is water nie so diep onttrek soos in die geval van die ander gewasse nie.

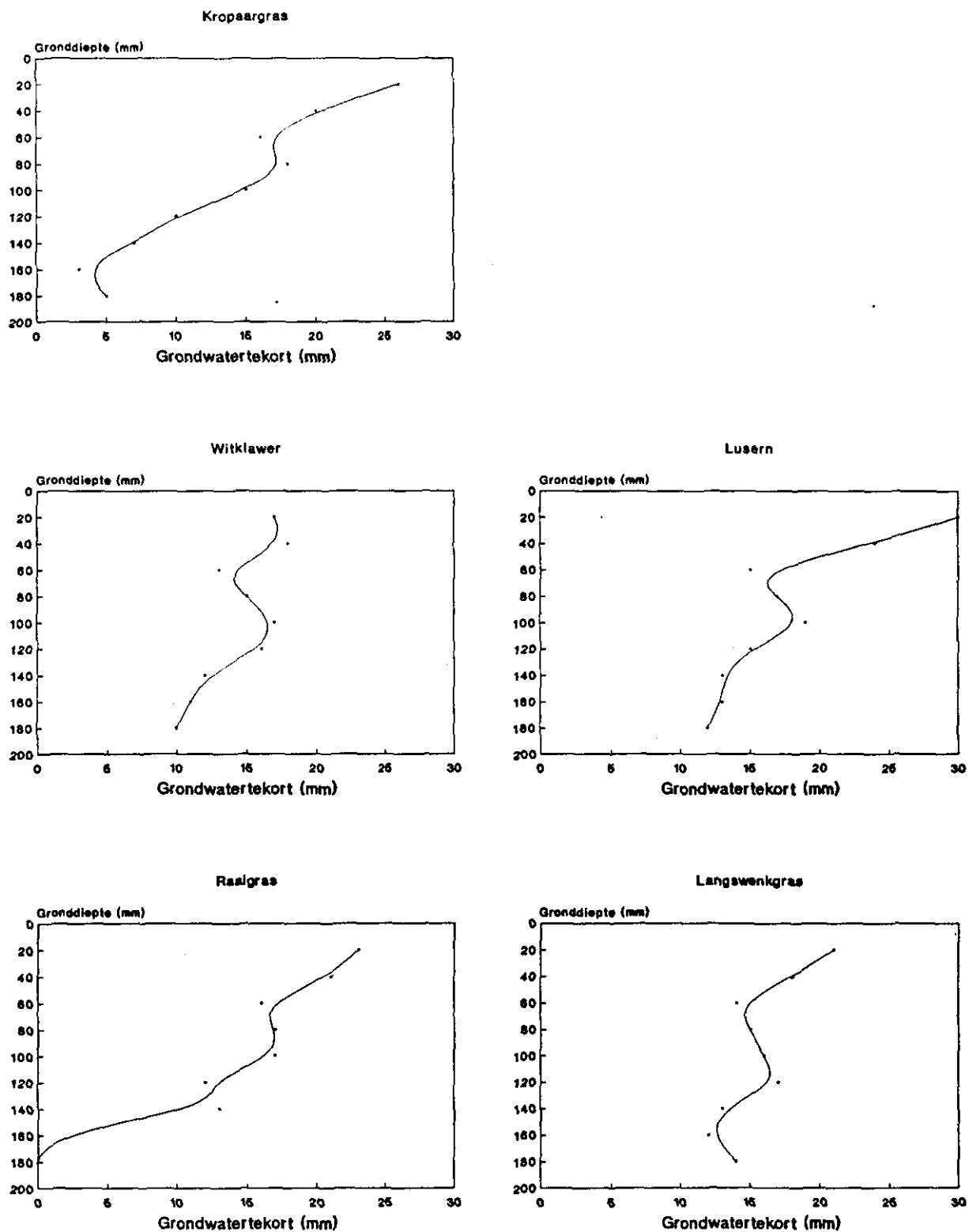
Die uitdroogpatroon met gronddiepte vir die verskillende weidings word in Figuur 6.6 geïllustreer. Byna dieselfde tipe onttrekkingspatroon is waargeneem as vir die eenjarige spesies. Die gronduitdrogingspatroon oor tyd van die verskillende behandelingskombinasies word in Figure A14 tot A23 geïllustreer. Daar kan in Figuur A14 en A15 gesien word dat daar uitdroging in die diepste grondlaag van al kropaargras se behandelings voorgekom het. Dit kom voor asof die diepste lae van die mees gestremde behandelings effens later begin uitdroog het as in die geval van die W2-behandeling.

Tabel 6.6 Maksimum grondwatertekorte (mm) wat in die twee jaar produksietydperk van vyf weigewasse voorgekom het vir verskillende 200 mm lae in die grondprofiel

Dieptelaag	Gewas				
	Kropaar	Witklawer	Lusern	Raaigras	Langswenk
d1	26	17	30	23	21
d2	20	18	24	21	18
d3	18	13	15	16	14
d4	18	15	17	17	15
d5	15	17	19	17	16
d6	10	16	15	12	17
d7	7	12	13	13	13
d8	3	11	13	0	12
d9	5	10	12	0	14

Figuur A16 en A17 toon dat klawer in staat was om die diepste lae wat gemonitor is te benut. Die grond is nie altyd so besproei dat water in die onderste grondlae beland het nie, maar dit kan wel opgemerk word dat die neiging voorgekom het dat die onderste lae begin natter word het in die tweede seisoen. Dit is moontlik dat die penwortelstelsel in die eerste seisoen water diep kon ontgin, maar dat dit later tot niet gegaan het en kon water nie meer so diep benut word nie.

Figuur A18 en A19 toon dat selfs lusern se kontrole behandeling die diep grondlae besonder goed ontgin het. Die diepste grondlae was in die tweede seisoen steeds baie droog gewees. Dis duidelik dat die vlakker grondlae se waterinhoud heelwat meer as die dieper grondlae gevarieer het. Min water het dus uit die boonste meter grond na die dieper lae gedreineer.



Figuur 6.6 Uitdroogpatroon met gronddiepte van vyf weidings se behandelings toe die droogste grondtoestand voorgekom het

In Figuur A20 en A21 kan gesien word dat raaigras weinig water uit die grondlae dieper as 140 cm kon onttrek. Dit skyn asof die dieper lae al minder effektief benut is hoe meer stremming toegepas is. Die verskynsel was in albei jare opsigtelik.

Dit is uit Figuur A22 en A23 duidelik dat langswenkgras die diepste grondlae wat gemonitor is, kon benut. Dit skyn asof dieselfde tendens vir albei seisoene gegeld het en dat die diep wortelstelsel dus deurgaans teenwoordig was.

Gewasfaktore

Maandelikse gemiddelde gewasfaktore word in Tabel 6.7 en 6.8 aangetoon. Dit is nie baie duidelik wat die tendense was nie. Die jaarlikse patroon word in Figuur 6.7 geïllustreer. Dit skyn asof lusern in die maande Junie tot Oktober van die laagste gewasfaktore het, waarna dit styg om vir die res van die jaar van die hoogste waardes te hê. Langswenkgras het die teenoorgestelde tendens. Hierdie weiding het in die warm somermaande van die laagste gewasfaktore gehad, behalwe vir kropaargras wat in die somermaande dood gebrand is. In die lente en vroeë somermaande het langswenkgras weer van die hoogste gewasfaktore gehad. Die tydperk kom ooreen met die piek produksieperiode. Die algemene neiging was vir gewasfaktore om in die midwintermaande onder 1,0 te wees waarna dit stelselmatig gestyg het tot ongeveer 1,4.

6.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID

Droëmassa waterverbruiksdooeltreffendheid

Die WVD wat vir die verskillende seisoene gemeet is, word in Tabel 6.9 en 6.10 aangetoon. Raaigras het in beide seisoene die beste WVD gehad met syfers in die orde van $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ wat goed vergelyk met dit wat vir die eenjarige raaigras gemeet is. Kropaargras het in die eerste seisoen vergelykbare syfers gehad, maar in die tweede seisoen was dit heelwat laer vanweë die teleurstellende lae opbrengs. Daar kan in Tabel 6.9 gesien word dat die verskillende stremmingspeile in die eerste jaar weinig effek gehad het op die WVD van al die weidings. In die tweede jaar was daar die tendens by klawer, raaigras en swenkgras dat WVD afgeneem het met toenemende stremming (Tabel 6.10). By lusern was die tendens andersom. Die gestremde

Tabel 6.7 Gemiddelde gewasfaktor van die kontrole behandelings van vyf weidings vir die eerste produksiejaar

Gewas	Maand					
	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Kropaargras	0.57	0.63	0.94	0.96	1.13	1.02
Witklawer	0.68	0.70	1.02	1.06	1.11	1.19
Lusern	0.72	0.66	0.74	0.86	1.02	1.00
Raaigras	0.83	0.84	1.08	1.13	1.08	0.93
Langswenkgras	0.72	0.76	1.06	1.19	1.27	1.14
KBV _{T(0.05)}	NB	NB	0.30	NB	NB	0.26

Tabel 6.7 vervolg

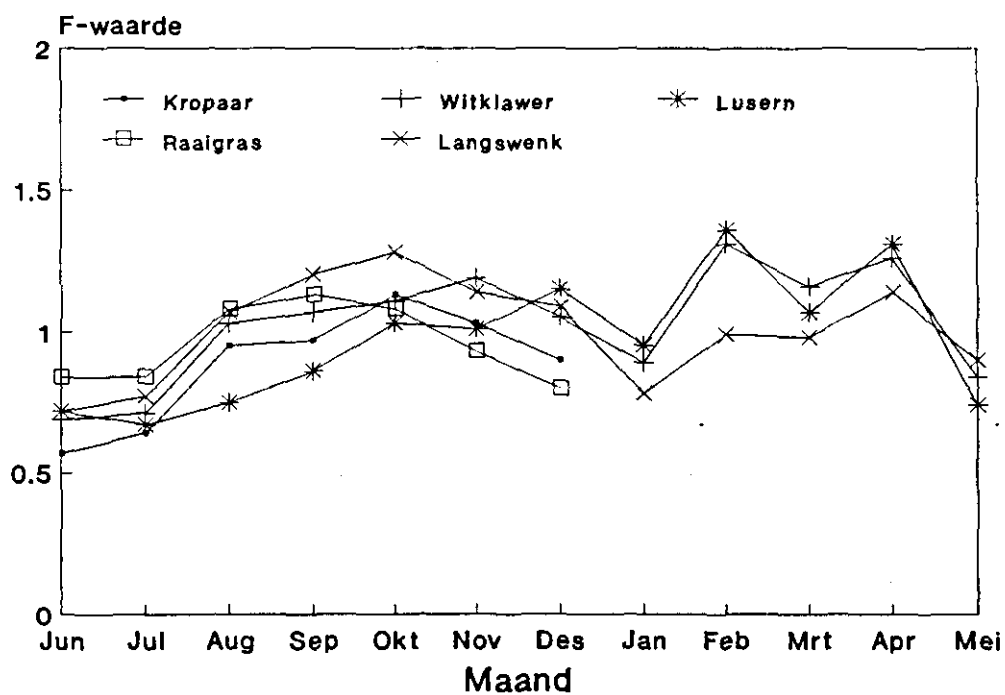
Gewas	Maand						
	Des	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Gem vir 12 mnde
Kropaargras	0.90	-	-	-	-	-	0.88
Witklawer	1.05	0.88	1.31	1.16	1.26	0.84	1.02
Lusern	1.15	0.94	1.35	1.07	1.31	0.74	0.96
Raaigras	0.80	-	-	-	-	-	0.96
Langswenkgras	1.08	0.78	0.98	0.98	1.14	0.90	1.00
KBV	0.33	0.16	0.23	0.14	NB	NB	

Tabel 6.8 Gemiddelde gewasfaktor van die kontrole behandelings van vyf weidings vir die tweede produksiejaar

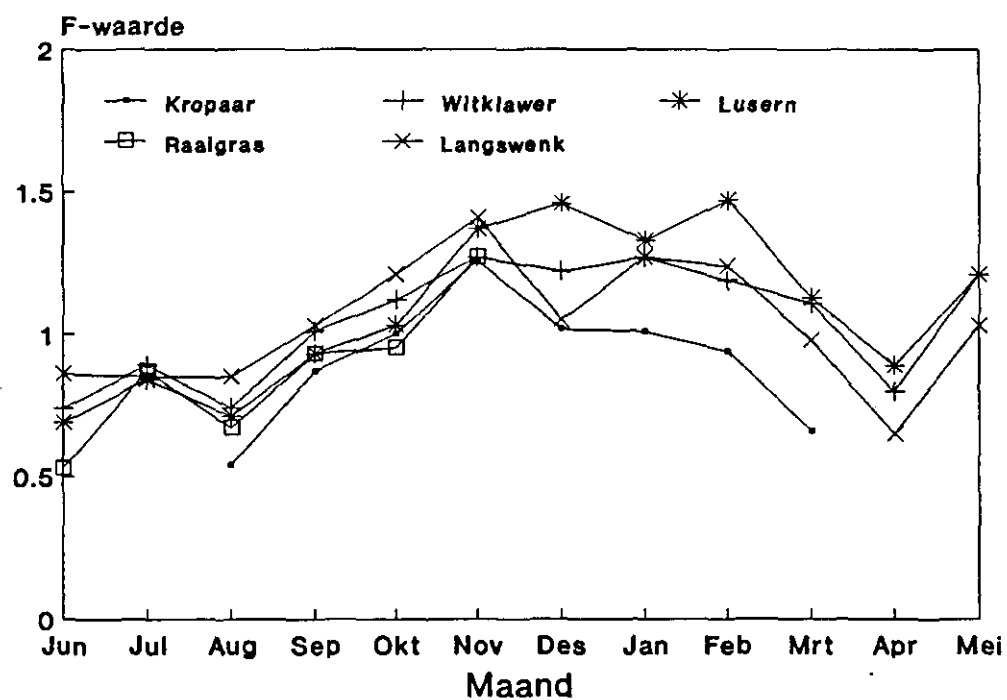
Gewas	Maand					
	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Kropaargras	-	-	0.53	0.86	0.99	1.26
Witklawer	0.73	0.89	0.74	1.01	1.12	1.27
Lusern	0.69	0.84	0.71	0.93	1.03	1.36
Raaigras	0.52	0.87	0.65	0.93	0.94	1.27
Langswenkgras	0.86	0.84	0.84	1.02	1.21	1.41
KBV	0.18	NB	NB	0.06	0.11	NB

Tabel 6.8 vervolg

Gewas	Maand						
	Des	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Gem vir 12 mnde
Kropaargras	1.02	1.01	0.94	0.65	-	-	0.91
Witklawer	1.22	1.27	1.18	1.11	0.79	1.20	1.04
Lusern	1.45	1.33	1.47	1.12	0.89	1.21	1.09
Raaigras	-	-	-	-	-	-	0.86
Langswenkgras	1.04	1.26	1.24	0.98	0.65	1.03	1.03
KBV	0.29	0.22	0.21	0.21	NB	NB	



Jaar 2



Figuur 6.7 Illustrasie van die jaarlikse variasie en verskille tussen vyf weidings se gemiddelde maandelikse gewasfaktore

behandelings se groei is nie soveel benadeel deur snybehandelings nie, omdat krone al later uitloop het met toenemende stremming en dus minder beskadig is tydens oes as in die geval van die minder gestremde handelings. Die moontlikheid dat water uit die grondlae dieper as die moniteringsdiepte benut is, wat nie in berekening gebring is vir waterverbruik nie, is ook nie uitgesluit nie. Volgens Figuur A18 en A19 lyk dit waarskynlik dat ook die kontrolebehandeling water uit hierdie diep lae sou kon benut en is hierdie fout moontlik nie veel verskillend vir die verskillende handelings nie. Dit is duidelik dat kropaar- en raaigras water die effektiëste kon benut gevolg deur langswenk en lusern wat nie veel van mekaar verskil het nie. Witklawer het water die minste effektië benut. Die WVD vir klawer van ongeveer $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ vergelyk egter steeds goed met veldweiding.

WVD is nie net gewasgekoppel nie, maar is ook afhanklik van die omgewingstoestande waarin 'n gewas gekweek word. In Figuur 6.8 word geïllustreer hoe die WVD oor die seisoen gevarieer het. Hierdie is slegs tendense omdat maandelikse waterverbruik akkuraat bepaal is, maar droëmateriaalproduksie is slegs benaderd omdat die snyfrekwensies wisselvallig was en oor die algemeen langer as 'n maand. Daar was wel duidelik 'n neiging dat die gewasse oor die algemeen die hoogste WVD syfers gehad het vir die maande Augustus tot Desember. Dit hou moontlik verband met die piekgroeiperiode van die gewasse. Raaigras het ook tydens Junie en Julie goeie WVD-syfers gehad.

Proteïen waterverbruiksdoeltreffendheid (PWVD)

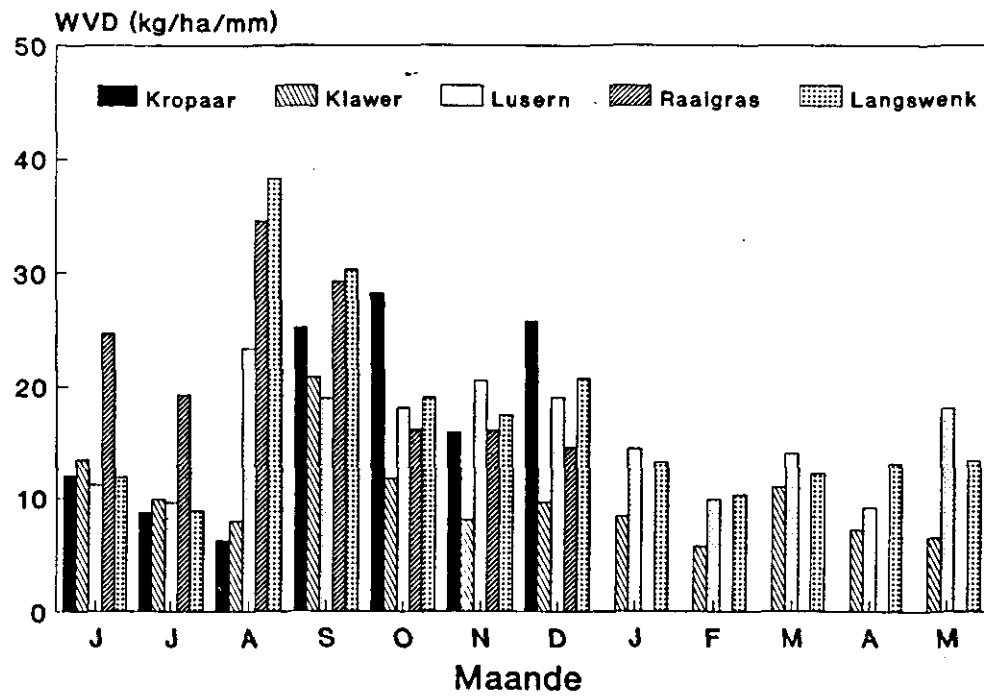
Tabel 6.11 gee 'n aanduiding van hoe besproeiingspeil die proteïenopbrengs per eenheid water beïnvloed het. Dit is slegs vir die twee peulgewasse, klawer en lusern dat die tendens albei jare eenders was. By klawer het die PWVD gedaal met toenemende stremmingstoestande terwyl dit by lusern toeneem het met toename in stremmingstoestande. Daar was nie by die grasgewasse enige effekte in die eerste jaar nie, maar in die tweede jaar het PWVD by raaigras en langswenk gedaal namate die besproeiingspeil afgeneem het.

Tabel 6.9 Waterverbruiksdooftreffendheid vir die eerste produksiejaar van vyf weidings by vier besproeiingspeile

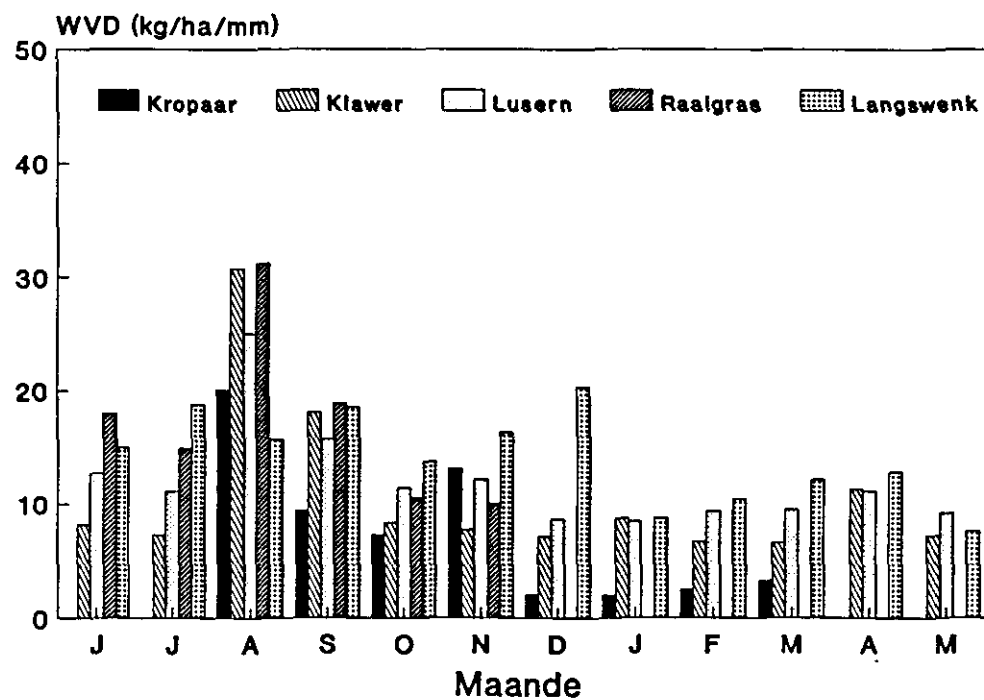
Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Waterverbruiksdooftreffendheid (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)				
Kropaargras	19	19	17	17	18
Klawer	10	9	8	8	9
Lusern	15	15	18	18	16
Raaigras	22	26	22	20	22
Langswenkgras	16	18	13	16	16
Gemiddeld	17	17	16	16	
KBV _{T(0.05)} WxG = 4,9					

Tabel 6.10 Waterverbruiksdooftreffendheid vir die tweede produksiejaar van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Gewas (G)	Besproeiingspeil (W)				Gemiddeld
	W1	W2	W3	W4	
	Waterverbruiksdooftreffendheid (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)				
Kropaargras	9	8	9	8	8
Klawer	12	11	7	7	9
Lusern	10	14	16	15	14
Raaigras	20	18	17	17	18
Langswenkgras	14	16	11	10	13
Gemiddeld	14	13	12	11	
KBV _{T(0.05)} WxG = 5.4					



Jaar 2



Figuur 6.8 Illustrasie van hoe die WVD van vyf weidings oor tyd gevarieer het

Tabel 6.11 Waterverbruiksdooeltreffendheid in terme van proteienopbrengs vir die eerste twee produksiejare van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Jaar	Be- sproei- ingpeil	Gewas					
		Krop- aar	Wit- klawer	Lusern	Raaigras	Swenk	Gem.
		kg proteïen ha ⁻¹ mm ⁻¹					
Jaar 1	W1	3,5	2,2	3,6	5,5	2,9	3,5
	W2	3,4	2,0	3,6	6,1	3,5	3,7
	W3	3,3	1,9	4,2	5,6	2,5	3,5
	W4	3,3	1,8	4,4	5,4	3,0	3,6
	Gem.	3,4	2,0	4,0	5,7	3,0	3,6
Jaar 2	W1	1,3	2,6	2,6	3,2	2,3	2,4
	W2	1,2	2,5	3,3	2,8	2,7	2,5
	W3	1,3	1,8	3,7	2,3	1,8	2,2
	W4	1,3	1,6	3,5	2,0	1,6	2,0
	Gem.	1,3	2,1	3,3	2,6	2,1	2,3

Dit skyn asof raaigras die vermoë besit om water die effektiëfste te benut in terme van die hoeveelheid proteïen geproduseer per eenheid water. Dit moet egter in gedagte gehou word dat raaigras soos 'n eenjarige weiding gereageer het en nie in die somermaande geproduseer het nie. Dit het aanleiding gegee tot meer doeltreffende produksie met die water wat toegedien is. Al die weidings, behalwe witklawer kon gemiddeld meer as 3,0 kg proteïen ha⁻¹ mm⁻¹ produseer. Die gemiddelde waarde van klawer was ongeveer 2,0 kg proteïen ha⁻¹ mm⁻¹.

6.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES

Die konstantes van lineêre regressievergelykings vir opbrengs en waterverbruik word in Tabel 6.12 aangedui. Die helling van die kurwe was in die eerste jaar betekenisvol vir al die weidings. Die grassweidings se hellings was in die orde van 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹, wat goed ooreenstem met die waardes wat vir die eenjarige grasgewasse verkry is. Die helling van die twee peulplantweidings was heelwat laer. In die geval van lusern was dit egter nie betekenisvol nie. 'n Illustrasie van die wateropbrengsfunksies in Figuur 6.9 toon dat lusern se behandelings nie 'n groot genoeg reeksverspreiding in opbrengs gehad het om enige noemenswaardige helling te verwag nie. Die wateropbrengskromme van kropaargras in die tweede jaar kan waarskynlik ook geïgnoreer word vanweë die baie lae opbrengsvlakke wat geheers het.

6.8 KWALITEITSPARAMETERS

Droëmateriaalinhoud

Daar is reeds by die eenjarige spesies duidelik uitgewys dat droëmateriaalinhoud toeneem met toenemende stremming. Die gemiddelde droëmateriaalinhoud van die hele seisoen is vir die meerjarige seisoen bereken en word in Tabel 6.13 aangedui. Dit is duidelik dat dieselfde tendens as vir die eenjarige spesies ook by die meerjariges voorgekom het. Kropaar- en langswenkgras se kontroles het die hoogste droëmateriaalinhoud gehad. By langswenkgras kon dit verwag word want die blare van hierdie weiding was redelik hard. In die geval van kropaargras was die resultate redelik

Tabel 6.12 Konstantes van reglynige regressievergelykings om die verband aan te toon tussen waterverbruik en opbrengs van vyf weigewasse (Y=opbrengs in kg ha⁻¹ en X=waterverbruik in mm)

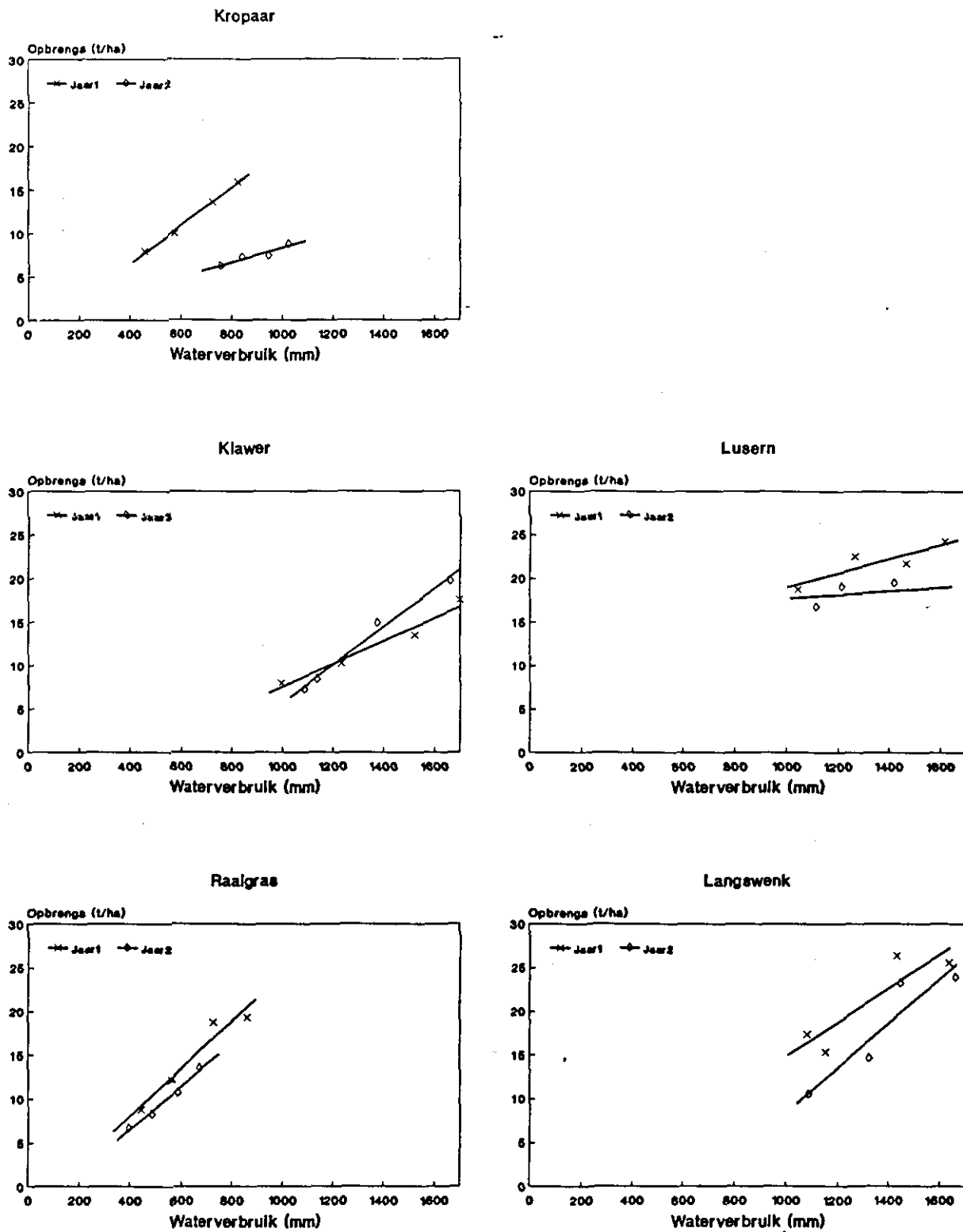
	Gewas				
	Kropaar-gras	Klawer	Lusern	Raaigras	Swenkgras
Helling jr. 1	21,3**	11,8**	8,6 NB	25,1**	18,0**
Helling jr. 2	5,8**	18,8**	1,9 NB	22,5**	24,9**
Y-afsnit jr. 1	-1 903 NB	-3 898 NB	10 191**	-1 481 NB	-2 664 NB
Y-afsnit jr. 2	2 245 NB	-12 033*	15 669**	-2 216*	-16 373*
R ² jr. 1	0,85	0,81	0,62	0,89	0,63
R ² jr. 2	0,58	0,92	0,14	0,78	0,80

NB - nie betekenisvol * - betekenisvol by 5% ** - betekenisvol by 1%

onverwags gesien in die lig dat hierdie weiding besonder sagte en sukkulente blare gehad het. Klawer se droëmateriaalinhoud ongeveer 15% vir die kontrole, wat die laagste was.

Proteïeninhoud van droëmateriaal

Die gemiddelde proteïeninhoud van al die behandelingskombinasies vir die twee produksiejare word in Tabel 6.14 aangedui. Die besproeiingspeile het geen invloed gehad nie. Die lae ontledings vir kropaar- en raaigras in die tweede jaar verklaar waarom hierdie weidings so swak gevaar het in die tweede jaar ten opsigte van opbrengs. Dit is moontlik dat heelwat oorbesproeiing in die vestigingsfase voorgekom het, toe besproeiingshoeveelhede nog nie gemonitor is nie. Loging kon voorgekom het en daaropvolgende stikstoftoedienings kon nie vergoed vir die verliese nie want die bemestingshoeveelheid was gekoppel aan die voorafgaande opbrengs. Tabel 6.14 toon



Figuur 6.9 Reglynige regressielyne om die verband tussen droëmateriaalopbrengs en waterverbruik voor te stel

Tabel 6.13 Gemiddelde droëmaterieaalinhoud van die groenvoer vir die eerste twee produksiejare van vyf weidings by vier besproeiingspeile

Jaar	Be- sproei- ingpeil	Gewas					
		Krop- aargras	Wit- klawer	Lusern	Raaigras	Swenk	Gem.
		Droëmateriaalinhoud (%)					
Jaar 1	W1	20,3	15,0	18,9	15,8	20,8	18,2
	W2	21,9	16,4	19,7	16,4	22,4	19,4
	W3	25,5	20,7	22,3	18,2	25,6	22,5
	W4	28,4	23,9	23,7	19,8	24,5	24,0
	Gem.	24,0	19,0	21,1	17,6	23,3	
Jaar 2	W1	24,4	16,7	19,1	21,3	25,0	21,3
	W2	27,2	17,8	19,4	25,9	26,6	23,4
	W3	31,4	14,8	20,3	31,8	28,5	25,4
	W4	32,7	20,0	22,6	45,5	30,8	30,3
	Gem.	28,9	17,3	20,4	31,1	27,7	

Tabel 6.14 Proteïeninhoud van vyf weidingsgewasse by vier verskillende besproeiingspeile

Produk- siejaar	Besproei- ingspeil	Gewas					
		Kropaar	Kla- wer	Lusern	Raaigras	Swenk- gras	Gem.
		Proteïeninhoud (%)					
Jaar 1	W1	19,0	22,8	24,1	21,3	18,9	21,20
	W2	20,7	23,1	24,3	21,4	20,1	21,92
	W3	19,7	22,2	23,2	21,1	19,3	21,10
	W4	19,1	21,7	24,3	18,6	19,1	20,56
	Gem.	20,0	22,5	24,0	20,6	19,4	21,30
Jaar 2	W1	16,0	23,8	23,2	19,2	16,8	19,80
	W2	15,5	23,6	23,1	17,8	16,3	19,26
	W3	15,7	22,7	23,0	17,9	16,3	19,12
	W4	16,0	21,3	22,7	18,3	15,7	18,80
	Gemid.	15,8	22,9	23,0	18,3	16,3	19,26

dat lusern en klawer die beste kwaliteit voer gelewer het in terme van proteïeninhoud. Die bevredigende syfers dui ook daarop dat die twee peulgewasse suksesvol geënt het.

Verteerbaarheid

'n Monster van die verskillende weidings wat in September 1991 geoes is, is ontleed vir verteerbaarheid. In Tabel 6.15 kan gesien word dat die meerjarige spesies ook soos die eenjariges, hoë verteerbaarheidssyfers gehad het. Daar was ook, soos voorheen

gevind, gevind dat besproeiingspeil nie die verteerbaarheid noemenswaardig beïnvloed het nie. Raaigras en klawer het die hoogste verteerbaarheidssyfers gehad. Dit was die laagste vir kropaargras, wat soos in die geval van die hoë droëmaterialeinhoud, ietwat verrassend was. Hierdie weiding het baie sagte blare gehad.

Tabel 6.15 Invloed van besproeiingspeil op die verteerbaarheid van die snystel wat in September van die eerste produksiejaar gemonster is.

	Besproeiingsbehandeling				
Weiding	W1	W2	W3	W4	Gem.
	Verteerbaarheid (%)				
Kropaar	57	55	63	66	60
Klawer	72	68	74	71	71
Lusern	64	64	67	-	65
Raaigras	75	74	70	65	72
Langswenk	67	68	75	72	69
	67	66	70	69	

HOOFSTUK 7

ALGEMENE BESPREKING EN GEVOLGTREKKINGS

Wanneer die opbrengs- en waterverbruiksresultate wat in hierdie studie verkry is, beoordeel word, moet in ag geneem word dat matige wintertemperature en hoë somertemperature in Pretoria voorkom. Resultate sal waarskynlik verskillend wees as ander temperature voorkom. Hawer raak byvoorbeeld baie dormant as temperature werklik laag daal. Kropaargras is weer besonder gevoelig vir hoë temperature. Daar moet ook in ag geneem word dat klein perseeltjies gebruik is. Die sementpaadjies wat tussen persele van die reënskermproef voorgekom het, kon 'n mate van adveksie veroorsaak het. Die resultate wat in die sprinkelproef verkry is, het egter grootliks ooreengestem met resultate van die reënskermproef. Relatiewe verskille tussen gewasse behoort nie veel anders te wees onder grootperseel toestande nie. Daar behoort ook in ag geneem te word dat cultivars binne 'n gewasspesie van mekaar kan verskil en dat die gevolgtrekkings wat uit hierdie studie gemaak word, sonder in ag neming van moontlike cultivarverskille gemaak word.

Opbrengste wat verkry is, was hoog, maar dit kan verwag word van snyproewe. Wanneer diere op weidings loop, vind beskadiging soms plaas sodat opbrengste benadeel word. Die mate van opbrengsverlaging is egter gewasgekoppel. Sekere luserncultivars kan byvoorbeeld selfs hoër opbrengste realiseer met diere op die weiding as onder snytoestande (K. Kirkman, 1992; ¹ Persoonlike mededeling). Die voordeel van, onder andere, die stelselmatige blaarverwydering deur weidende diere, kan dus meer wees as die moontlike nadele.

Van die eenjarige spesies kon hawer onder optimale- en straf gestremde toestande van die hoogste opbrengste verseker. Die droogteverdraagsaamheid van hierdie gewas maak dit baie geskik vir ekstensiewe toestande. Dit is egter ook baie geskik vir optimale besproeiingstoestande. Die feit dat dit droogtebestand is, maak dit veral geskik om

¹Laaste bekende adres: Nooitgedacht Navorsingstasie, Ermelo

onder besproeiing aan te plant as die moontlikheid bestaan dat waterkwotas tydens die groeiseisoen gesny kan word.

Dit was duidelik dat opbrengsvlakke beïnvloed sal word deur die gekose ontblaringsfrekwensies. Opbrengste van hawer en korog kan hoër wees as daar minder gereeld gesny of beweï word, maar dan sal voervloei deur die seisoen moontlik minder egalig wees. Hawer het soos die ander gewasse, die potensiaal om piek produksietempo's in Augustus te lewer wanneer goeie kwaliteit veldweiding nie in die Somerreënstreek verkry kan word nie. Die vinnige vestiging en goeie herfsproduksie van hawer was opvallend. Dit het die hoogste herfsproduksietempo van bykans 400 kg droëmateriaal ha⁻¹ week⁻¹ in April gehad. Die hoë opbrengste wat deur hawer in die herfs geproduseer kan word, mag moontlik kompenseer vir die feit dat hawer meer koue dormant kan raak as alternatiewe gewasse, sodat hierdie gewas ook met vrug in gebiede met strawwe winters aangeplant sou kon word.

Die meerjarige spesies soos lusern en langswenkgras kon besonder hoë opbrengste realiseer onder gunstige besproeiingstoestande. Langswenkgras het ook piekproduksie vanaf Augustus verskaf. Beide klawerspesies was redelik droogtesensitief. Hulle het onder goed besproeide toestande bevredigende opbrengste gerealiseer, maar is baie nadelig deur stremming geraak. Assegaaiklawer se opbrengs is grotendeels eers in die lente en vroeë somer geproduseer. Daar is nie noemenswaardige hoeveelhede droëmateriaal in die herfs en wintermaande geproduseer nie. Produksietempo's in Mei en Junie was nie veel verskillend vir die verskillende weidings nie. Assegaaiklawer het egter omtrent nog nie begin produseer nie.

Dit was duidelik dat die twee klawerspesies onder optimale besproeiingstoestande aangeplant behoort te word anders daal die WVD te veel. Hierdie gewasse behoort nie vir droëland- of suboptimale besproeiingstoestande oorweeg te word nie. Die droogtesensitiwiteit van hierdie spesie mag moontlik deels verklaar hoekom hulle uitsterf in gras/klawer mengsels. Mengsels behoort dus optimaal besproei te word.

Koring se voerproduksiepotensiaal was baie laag. Beide cultivars wat in die veldproef gebruik is, het vinnig reprodutief geraak, sodat groeipuntskade reeds met die eerste snysel voorgekom het. Dit is nie duidelik waarom Scheepers 69 so gou reprodutief geraak het nie. Dit is 'n cultivar wat as ideaal vir beweiding beskou word, aangesien dit 'n groot kouebehoefte het. Dit was waarskynlik as gevolg van die redelike vroeë aanplanting. Later aanplantings stoel beter en daar kan verwag word dat koring hoër opbrengste met later aanplantings sou kon lewer.

Die eenjarige en meerjarige raaigras het baie eenders gerageer. Hoewel hulle nie die hoogste opbrengste gelewer het nie, was die kwaliteit baie goed asook die waterverbruiksdoeltreffendheid in terme van proteïenopbrengs. Die produksietempo was redelik egalig deur die wintermaande, waarna daar 'n hoë piekproduksietempo na die winter gevolg het. Die betrokke meerjarige raaigrascultivar het nie oorleef tot die tweede jaar nie, wat 'n bekende probleem is. Eenjarige raaigras behoort goed te pas in 'n produksiestelsel saam met hawer. Hoë herfsproduksie sal deur hawer verseker word terwyl raaigras nog gevestig raak. Raaigras sal dan bestendige opbrengste in die wintermaande en hoë produksietempo's in die lente en vroeë somer lewer.

Die enkellynsprinkelproof het aan die lig gebring dat hawer toestande waar stikstofbemesting nie toegedien is nie beter as die ander gewasse ontgin. Dit is dus 'n geharde gewas en geskik vir marginale toestande ten opsigte van watervoorsiening en grondvrugbaarheid.

Hawer, korog en raaigras van die eenjarige spesies en lusern, witklawer en langswenkgras van die meerjarige spesies, het die vermoë gehad om in ooreenstemming met die hoë opbrengste wat gelewer kon word, ook die grootste waterverbruikers te wees. Daar was verskille in die waterverbruikstempas wat moontlik verband hou met morfologiese verskille sowel as verskille in produksietempo's.

Waterverbruik het soms tot minder as 10 mm week⁻¹ gedaal in die winter. Dit is baie laer tempo's as die gemiddelde waterverbruikstempo's wat in die praktyk gebruik word. Waterverbruikstempo's kon in die somermaande styg tot heelwat meer as 40 mm week-

per week. Die tipe weiding en ontblaringsstrategie speel 'n belangrike rol in waterverbruik en vaste besproeiingskeduleringsprogramme behoort met omsigtigheid benader te word. Hawer, byvoorbeeld, kon in die 1989 seisoen ongeveer 60 mm week⁻¹ in die somermaande verbruik toe dit gelaat is om uit te groei. In die wintermaande was dit soms minder as 20 mm week⁻¹. 'n Vaste besproeiingsprogram van byvoorbeeld 25 of 30 mm week⁻¹ sal dus tot gevolg hê dat daar soms oorbesproei, en ander kere weer onderbesproei word. Gewasspesifieke waterbehoefte behoort by aangeplante weidings in besproeiingsprogramme gebruik te word. Dit sou waarskynlik moontlik wees om na ontblaring te wag vir minstens 'n week totdat blaaroppervlaktes goed begin herstel voordat weer besproei word. Sodoende sal verdampingsverliese vanaf die grond verminder word en WVD tegelykertyd toeneem. Met weidende dier is dit egter nie altyd so eenvoudig nie. Sekere beweidingstelsels het tot gevolg dat die bogroei vinnig en doeltreffend verwyder word. Ander stelsels kan tot gevolg hê dat baie onegalige blaarverwydering oor 'n lang tyd plaasvind.

Die groot mate van variasie in waterverbruikstempo wat deur ontblaring teweeg gebring kan word, beteken dat dit moontlik belangriker is om besproeiing by weidings met behulp van modelle te skeduleer as by kontantgewasse. Daar is egter in die verlede meer klem gelê om modelle vir kontantgewasse te ontwikkel. Modellerings van weidings se groei en waterverbruik behoort moeiliker te wees omdat daar meer faktore is om in ag te neem, maar daarom behoort juis aandag aan modellerings van weidings geskenk te word.

Goeie WVD raak toenemend belangriker soos water skaarser en duurder word. Hoe duurder water is, hoe meer ekonomies raak dit om maksimum WVD as doelwit te hê. Die weidings het oor die algemeen goeie waterverbruiksdoeltreffendhede onder goed besproeide toestande gehad. Enige van die weidings sou dus met ewe veel vrug gebruik kon word as goeie besproeiingstoestande heers en goeie WVD die oogmerk is. Die situasie sal agter drasties verander as optimale besproeiing nie toegedien kan word nie. Die algemene tendens by hawer en lusern was dat WVD toeneem het met toenemende stremming. Dit dui daarop dat meer droëmateriaal per eenheid water geproduseer kon word onder stremmingstoestande. By meer gestremde behandelings word gewoonlik

verwag dat WVD sal toeneem omdat die kanse vir verdampingsverliese vanaf die grondoppervlakte verminder. Hawer het egter ook onder toestande waar die gestremde behandelings weekliks besproei is, en meer oneffektiewe water ontvang het, die tendens getoon dat WVD toegeneem het met toenemende stremming.

Assegaaiklawer het, in duidelike teenstelling met hawer en lusern, die tendens gehad dat WVD afgeneem het met toenemende stremming. Hierdie gewas se opbrengs het dus meer as waterverbruik gedaal. Dit kom neer op watervermorsing onder gestremde toestande. Die aanbeveling wat in die verlede in die Oos Vrystaat gemaak is dat assegaaiklawer onder droëland aangeplant moet word in die plek van hawer kan nie ondersteun word nie.

Die water x stikstof wisselwerking het getoon dat N-bemesting opbrengs meer laat toeneem het as waterverbruik sodat WVD toegeneem het. Die belangrikheid van goeie plantvoedingstoestande vir effektiewe watergebruik is goed bekend. Raaigras het besonder goed gereageer op N-bemesting. Daar was selfs by die strafte gestremde toestande 'n verhoging in WVD van korog en raaigras weens 'n verdubbeling in die aanbevole N-peil. 'n Goeie stikstofreaksie kon by die hoë besproeiingspeile verwag word omdat stikstof die opbrengsbeperkende faktor was. Dit was egter verbasend dat daar steeds op die hoogste N-peil positief gereageer is, toe watervoorsiening duidelik die beperkende faktor was.

Die regressievergelykings wat die verband tussen opbrengs en waterverbruik aandui, was nie baie verskillend vir die grasweidings nie. Van die eenjarige spesies het die kleinste helling by hawer voorgekom en by die meerjarige spesies het dit by lusern voorgekom. 'n Klein helling dui op droogteverdraagsaamheid omdat opbrengsverlies per eenheid afname in beskikbare water die minste is.

Assegaaiklawer se wateropbrengsfunksie het baie verskil van die ander weidings. Dit het 'n groter regressiekoëffisiënt gehad. Assegaaiklawer was dus die mees droogtesensitiewe gewas, omdat opbrengsverlies per eenheid afname in beskikbare water die grootste was. Die groot helling dui aan dat assegaaiklawer die beste kan

reageer op 'n toename in beskikbare water. Indien assegaaiklawer reeds aangeplant sou wees, en 'n keuse gemaak moet word oor verdeling van 'n beperkte waterbron, sou water doeltreffender benut word deur dit op die klawer toe te dien as op een van die ander weidings.

N-bemesting het die verband tussen opbrengs en waterverbruik, tot 'n groot mate beïnvloed. Behalwe vir hawer, het toenemende N-bemesting veroorsaak dat die wateropbrengsfunksies se hellings groter geword het. Dit beteken dat meer reaksie op watertoediening verwag kan word as stikstof nie meer die opbrengsbeperkende faktor is nie. By hawer was die opbrengsvlakke wel laer by die behandeling waar N nie toegedien is nie, maar die reaksie op toenemende watertoediening was net so goed as vir goed bemeste behandelings. Haver kon skynbaar die natuurlik beskikbare stikstof goed benut, sodat N-voeding nie so 'n opbrengsbeperkende faktor was as by die ander gewasse nie.

Wateropbrengskrommes is nuttige hulpmiddels vir praktiese beplanning deur die boer of besproeiingstelselontwerper, maar omdat dit nie onderskeid kan maak tussen verdamping en transpirasie nie, is afleidings oor fisiologies gebaseerde parameters nie werklik moontlik nie. Koring se wateropbrengskrommes het in die sprinkellynproef byvoorbeeld klein hellings gehad, wat soos in die geval van hawer moontlik op droogteverdraagsaamheid kon dui. Die snyhoogte in hierdie proef was egter baie laag, en koring is baie nadelig daardeur geraak. Daar was dus nie genoeg plantmateriaal om te kon reageer op verhoogde watertoediening nie. In hierdie geval was plantestand of halmontwikkeling die opbrengsbeperkende faktore en nie beskikbaarheid van water nie.

Chemiese samestelling van die weidings het verskil ten opsigte van sekere van die elemente wat ontleed is en daar was soms ook seisoenale variasie. Die seisoenale variasie kan moontlik verklaar word deur wortel- en stingelontwikkeling. Vroeg in die seisoen, toe die wortelstelsels nog klein was, was proteïënhoud laer, en later het dit effens verhoog. Aan die einde van die seisoen het dit weer gedaal, skynbaar omdat die stingelkomponent in die monsters groter was. Die proteïënhoud neem gewoonlik af as die weiding oorgaan na die reprodktiewe fase. Proteïënhoud was oor die

algemeen hoër as 20%, behalwe vir meerjarige raaigras en kropaargras in die tweede jaar. Dit was egter steeds meer as die 15% wat as voldoende beskou word vir diereproduksie (Norton, 1982). Die effense verhoging wat deur stremming veroorsaak is, asook die effense verskille wat tussen gewasse voorgekom het, sou dus weinig invloed op die produksie van diere hê.

'n Probleem wat soms met weidings ondervind word, is dat vee nie genoeg droëmateriaal inkry nie omdat daar 'n beperking is op die hoeveelheid materiaal wat per tydseenheid ingeneem kan word (Hodgson, 1982; Stobbs, 1973a). Dit het duidelik uit die veldproewe geblyk dat droëmateriaalinhoud van die weidings toeneem met verhoogde stremming. Dit is 'n kwaliteitskomponent wat verhoog kan word deur stremming, en wat produksie deur diere sal bevoordeel.

Wanneer grond en besproeiingstoerusting nie beperkend is nie maar water wel, sou dit prakties wees om 'n gegewe hoeveelheid water eerder teen 'n laer peil op 'n groter oppervlak toe te dien. By hoë besproeiingspeile op 'n kleiner oppervlakte mag droëmateriaalinhoud beperkend wees, weens te veel water in die voer. Assegaai- en witklawer behoort egter eerder optimaal besproei te word, omdat WVD daal met toenemende waterstremming. Onder suboptimale besproeiingstoestande sal daar dus by klawer meer water nodig wees om dieselfde hoeveelheid droëmateriaal te produseer as onder optimale toestande omdat WVD afneem as stremming voorkom.

Opvolgnavorsing behoort gedoen te word met die meet van diereprestasie as indikator van besproeiingsukses. So sal bepaal kan word hoeveel opbrengsverlaging toegelaat kan word voordat produksie deur diere sal afneem, en daar dus nie meer gekompenseer kan word deur verhoogde produksie deur diere op weiding met verhoogde droëmateriaalinhoud nie.

'n Verdere aspek wat aandag behoort te geniet is die ekonomie van bepaalde besproeiingsstrategieë omdat daar nie noodwendig na maksimum weidingsopbrengs en diere uitset gestreef moet word nie. Daar is soveel faktore wat die ekonomie van 'n stelsel beïnvloed, en wat vinnig verander, dat ekonomiese modelle oorweeg behoort

te word waarvan parameters maklik verander kan word om die sinvolste aanbeveling te kan maak. Sulke modelle sal biologiese insette vereis om byvoorbeeld weidingskwaliteit en -opbrengs in verband te bring met verwagte diere uitsette soos vleis, melk, wol, ens. Heersende koste en prysverhoudings sal dan maklik verander kan word om die mees ekonomiese besproeiingspeil en ander bestuurspraktyke vooraf aan te beveel.

Al die gewasse kon grondwater tot op 'n diepte van meer as 1 000 mm benut. Daar was oor die algemeen meer as 80 mm water uit die 1 000 mm grondprofiel ekstraheerbaar vir al die gewasse. Die meerjarige spesies se onttrekkingshoeveelhede was oor die algemeen hoër as dié van die eenjarige spesies. Lusern is bekend as 'n diep gewortelde gewas, maar die diepte van waterottrekking vir hawer en langswenkgras was 'n groot verrassing. Hierdie weidings kan water beslis heelwat dieper benut as die aanbevole effektiewe worteldiepte van 300 mm en op grond van die huidige resultate kan voorlopig aanbeveel word dat effektiewe worteldieptes van minstens 800 mm vir weidings in die algemeen gebruik kan word. Dieper waardes kan vir lusern en hawer gebruik word.

Dit is raadsaam om groter effektiewe worteldieptes te gebruik vir bepaling van onttrekkingshoeveelhede, as die wortels wel die dieper lae kan ontgin. 'n Groter reservoir is dan beskikbaar wat beteken dat langer gewag kan word voordat weer besproei word. Laer frekwensie besproeiing het tot gevolg dat die grondoppervlakte minder kere benat word. Verdampingsverliese word dan verminder. Die moontlikheid dat stremming gedurende die besproeiingsiklus kan voorkom, raak egter groter hoe groter die onttrekkingshoeveelheid is. By meeste van die weidings in die proef is dit egter nie noodwendig 'n risiko nie, omdat WVD konstant kan bly of selfs toeneem (behalwe die klawerspesies) as stremming intree. Verder is daar 'n kwaliteitsparameter (droëmaterialeinhoud) wat mag verbeter indien stremming voorkom. Dit mag voordelig wees vir produksie deur diere, sodat daar in werklikheid tot 'n mate gekompenseer kan word vir moontlike droëmateriaalverliese. Met langer frekwensie besproeiings sal die risiko dat daar oorbesproei word, verklein en daarmee saam ook die risiko van verliese

aan plantvoedingstowwe deur diep dreinerings, en die gepaardgaande besoedeling van grondwaterbronne.

Die proewe was so ontwerp dat slegs potensiële worteldieptes bepaal kon word. Spesifieke navorsing behoort gedoen te word om die worteldiepte, onttrekkingshoeveelheid en stremmingsvlak wat bereik kan word, met mekaar in verband te bring, sodat meer presies bepaal kan word welke effektiewe worteldieptes gebruik behoort te word. Die effek van ontblaringsbestuur en grondtipe behoort ook nog bestudeer te word.

Dit was duidelik dat indien die gewasfaktorbenadering gevolg sou word, gewasfaktore meer gewasspesifiek gebruik moet word as die veralgemeende waardes van byvoorbeeld 0,6 vir die winter en 0,8 vir die somer wat tans vir aangeplante weidings aanbeveel word. Die gewasfaktor van 0,6 kan grootskaalse oorbesproeiing in die winter tot gevolg hê, daar kleiner gewasfaktore vir al die gewasse in die winter gemeet is. Dit was veral opmerklik dat gewasfaktore heelwat gedaal het nadat pas gesny is, en die transpirasie-oppervlak dus vir 'n tydperk verwyder is. Behalwe dat daar nie vir gewasse veralgemeen kan word nie, kan daar ook nie veralgemeen word oor seisoene nie. Die gewasfaktore het oor kort tydperke heelwat gevarieer. Met die inligting wat ingesamel is, behoort meer gesofistikeerde modelle ontwikkel te kan word om korttermynwisseling in die besproeiingsprogram in ag te neem. Die inligting wat aangebied is, kan egter net so gebruik word vir meer algemene beplanning ten opsigte van seisoenale waterhoeveelheid benodig, of vir die ontwerp van besproeiingstelsels.

DATABERGING

Die oorspronklike data van hierdie projek is geberg op rekenaarbande van die Universiteit van Pretoria se hoofraamrekenaar. Die bandnommer is VL 10 V3. Die band word gelaai na die "attach" bevel wanneer daar op die UPVM2 modus ingeskakel is op die hoofraam. Die loginnommer PLP 0005 en wagwoord "BERG" kan gebruik word om by die hoofraam in te skakel, maar enige ander gemagtigde manier kan gebruik word om by die UPVM2 modus in te skakel.

VERWYSINGS

- ALLDEN, W.G., 1982. Problems of animal production from Mediterranean pastures, p. 45-65. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.
- ALLEN, S.G., NAKAYAMA, F.S., DIERIG, D.A. & RASNICK, B.A., 1987. Plant water relations, photosynthesis and rubber content of young guayule plants during water stress. *Agron. J.* 79, 1030-1035.
- ARMSTRONG, D.G., 1982. Digestion and utilization of energy, p. 225-244. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.
- BENNETT, O.L. & DOSS, B.D., 1960. Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. *Agron. J.* 52, 204-207.
- BEUKES, D.J. & BARNARD, S.A., 1985. Effect of level and timing of irrigation on growth and water use of lucerne. *S. Afr. J. Plant Soil.* 2, 197-202.
- BEUKES, D.J. & WEBER, H.W., 1981. Soil water studies on small lucerne plots. *Water SA.* 7, 166-174.
- BITTMAN, S. & SIMPSON, G.M., 1987. Soil water deficit effect on yield, leaf area, and net assimilation rate of three forage grasses: Crested wheatgrass, Smooth brome grass and Altai wildrye. *Agr. J.* 79, 768-774.
- BOEDT, L.J.J. & LAKER, M.C., 1985. The development of profile available water capacity models. Water Research Commission Report No. 98/1/85.
- BRAY, R.A., 1982. Selecting and breeding better legumes, p. 287-303. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.

- BURGERS, M.S. & NEL, P.C., 1984. An analysis of the E_t/E_p -curve and its application in irrigation scheduling. *S. Afr. J. Plant Soil.* 1, 12-16.
- BUTTERWORTH, M.H., GROOM, C.G. & WILSON, P.N., 1961. The intake of pangola grass (*Digitaria dicumbens* Stent.) under wet- and dry-season conditions in Trinidad. *J. Agr. Sci., Camb.* 56, 407-409.
- BUYS, A.J., 1985. Bemestingshandleiding. (2^e ed.). Misstofvereniging van Suid-Afrika, Posbus 1821, Pretoria, 0001.
- CAMPBELL SCIENTIFIC., 1993. On-line measurement of potential evapotranspiration with the Campbell Scientific automated weather station. Washington State, USA.
- CHRISTIANSEN, J.E., 1942. Irrigation by sprinkling. Agric. Exp. Stn. Bull. 670. Univ. Calif., Berkley.
- DAVIDSON, D.J. & CHEVALIER, P.M., 1987. Influence of polyethylene glycol-induced water deficits on tiller production in spring wheat. *Crop Sci.* 27, 1185-1187.
- DAVIES, D.A. & MORGAN, T.E.H., 1982. Herbage characteristics of perennial ryegrass, cocksfoot, tall fescue and timothy pastures and their relationship with animal performance under upland conditions. *J. Agric. Sci. Camb.* 99, 153-161.
- DE JAGER, J.M., VAN ZYL, W.H., KELBE, B.E. & SINGELS, A., 1987. Research on a weather service for scheduling the irrigation of winter wheat in the Orange Free State Region. Water Research Commission Report No. 117/1/87.
- ECKARD, R.J., 1989. The response of Italian ryegrass to applied nitrogen in the Natal Midlands. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 6, 19-22.
- EVANS, T.R., 1982. Overcoming nutritional limitations through pasture management, p. 343-361. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.

- FULLER, K.D. & MOOLMAN, J.H., 1989. An evaluation of simplified field methods used for estimating soil hydraulic conductivity. *S. A. J. Plant & Soil*. 6, 64-69.
- GARDNER, F.P. & WIGGANS, S.C., 1960. Effect of clipping and nitrogen fertilization on forage and grain yields of spring oats. *Agron. J.* 52, 566-568.
- GARWOOD, E.A., TYSON, K.C. & SINCLAIR, J., 1979. Use of water by six grass species. 1. Dry matter yields and response to irrigation. *J. Agric. Sci., Camb.* 93, 13-24.
- GARWOOD, E.A., TYSON, K.C. & ROBERTS, D., 1982. The production and persistency of perennial ryegrass-white clover and high-N perennial ryegrass swards under grazing and cutting. *Grass Forage Sci.* 82, 174-176.
- GARWOOD, E.A. & SINCLAIR, J., 1979. Use of water by six grass species. 2. Root distribution and use of soil water. *J. Agric. Sci., Camb.* 93, 25-35.
- GOODENOUGH, D.C.W., SMITH, A. & SMITH, M.F., 1987. The relative yield potential of Westerwolds and Italian ryegrass cultivars in autumn-planted pastures and their flowering patterns following spring-establishment. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 4, 35-39.
- GOODENOUGH, D.C.W., MACDONALD, C.I. MORRISON, A.R.J., 1984. Growth patterns of Italian ryegrass cultivars established in different seasons. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 1, 21-24.
- GREEN, G.C., 1985. Beraamde besproeiingsbehoefte van gewasse in Suid-Afrika. Memoirs oor die Natuurlike Landbouhulpbronne van Suid-Afrika Nr. 2. Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing, Departement Landbou en Watervoorsiening, Pretoria, 0001.
- HANKS, R.J., 1983. Yield and water use relationships: An overview, p. 393-411. In Taylor, H.M., Jordan, W.R. & Sinclair, T.R. (eds.), Limitations to efficient water use in crop production. SAS, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

- HEARD, C.A.H., TAINTON, N.M. & EDWARDS, P.J., 1984. The contribution of pastures and veld to the feeding of dairy and beef herds in the Natal Midlands. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 1, 37-40.
- HODGSON, J., 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal, p. 153-166. In Hacker, J.B. (ed.), *Nutritional limits to animal production from pastures*. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.
- HOWELL, T.A., 1990. Relationships between crop production and transpiration, evaporation and irrigation, p. 392-434. In Steward, B.A. & Nielsen, D.R. (eds.). *Irrigation of agricultural crops*. Madison, Wisconsin.
- JOHNS, G.G. & LAZENBY, A., 1973 a. Defoliation, leaf area index, and the water use of four temperate pasture species under irrigated and dryland conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 24, 783-795.
- JOHNS, G.G. & LAZENBY, A., 1973 b. Effect of irrigation and defoliation on the herbage production and water use efficiency of four temperate pasture species. *Aust. J. Agric. Res.* 24, 797-808.
- JOUBERT, G.D., 1987. 'n Vergelyking van koringcultivars ten opsigte van droogteverdraagsaamheid. *S. Afr. Tydskr. Plant Grond.* 4, 105-107.
- KILMER, V.J., BENNETT, O.L., STAHLY, V.F. & TIMMONS, D.R., 1960. Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. *Agron. J.* 52, 282-285.
- LE ROUX, C.J.G., HOWE, L.G., DU TOIT, L.P. & IVESON, W., 1991. The potential effect of environmental conditions on the growth of irrigated cool season pastures in the Dohne Sourveld. *S. Afr. J. Plant Soil.* 8, 165-168.
- LE ROUX, C.J.G., DAINES, T., INGPEN, R.A., OOSTHUYSEN, E. & SWART, J.S., 1991. A comparison of the herbage and seed yields of annual cool season pasture legumes in the Bathurst, Alexandria and Humansdorp areas. *S. Afr. J. Plant Soil.* 8, 54-58.

- LE ROUX, C.J.G., HOWE, L.G. & DU TOIT, L.P., 1990. Die opbrengs van *Paspalm dilatatum* onder besproeiing in die Dohne Suurveld. *S. Afr. Tydskr. Plant Grond.* 7, 240-243.
- LOWE, K.F. & BOWDLER, T.M., 1988. Effects of height and frequency of defoliation on the productivity of irrigated oats (*Avena sativa* cv. Saia) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv. Kangaroo Valey), grown alone or with barrel medic (*Medicago truncatula* cv. Jemalong). *Aust. J. Exp. Agr.* 28, 57-67.
- MACVICAR, C.N., DE VILLIERS, J.M., LOXTON, R.F., VERSTER, E., LAMPRECHT, J.J.N., MERRYWEATHER, F.R., LE ROUX, J., VAN ROOYEN, T.H. & HARMSE, H.J.VON M., 1977. Soil classification: A binomial system for South Africa. *Sci. Bull.* 390, Dept. Agric., Pretoria.
- MOORE, A., VAN ECK, J.A.J., VAN NIEKERK, J.P. & ROBERTSON, B.L., 1988. Evapotranspirasie in drie plantgemeenskappe van 'n *Rhigozum trichtotum* habitat te Upington. *J. S. Afr. Weidingsver.* 5, 80-84.
- MOTTRAM, R. & MINNAAR, S., 1975. Practical irrigation scheduling. *Crop prod.* 4, 135-138.
- MOTTRAM, R., DE JAGER, J.M. & MINNAAR, S., 1977. Testing the use of crop evaporation formulae for irrigation scheduling at Cedara. *Crop production.* 6, 93-97.
- MULDOON, D.K., 1986. The yield, quality and profitability of annual forage, perennial pasture and perennial forage systems under irrigation. *Agr. Systems.* 21, 201-213.
- MUSICK, J.T. & PORTER, K.B., 1991. Irrigation of selcted crops: Wheat, p. 598-638. In Steward, B.A. & Nielsen, D.R. (eds.). *Irrigation of agricultural crops.* Madison, Wisconsin.
- NORTON, B.W., 1982. Differences between species in forage quality, p. 89-110. In Hacker, J.B. (ed.), *Nutritional limits to animal production from pastures.* Commonwealth Agric. Bureaux, UK.

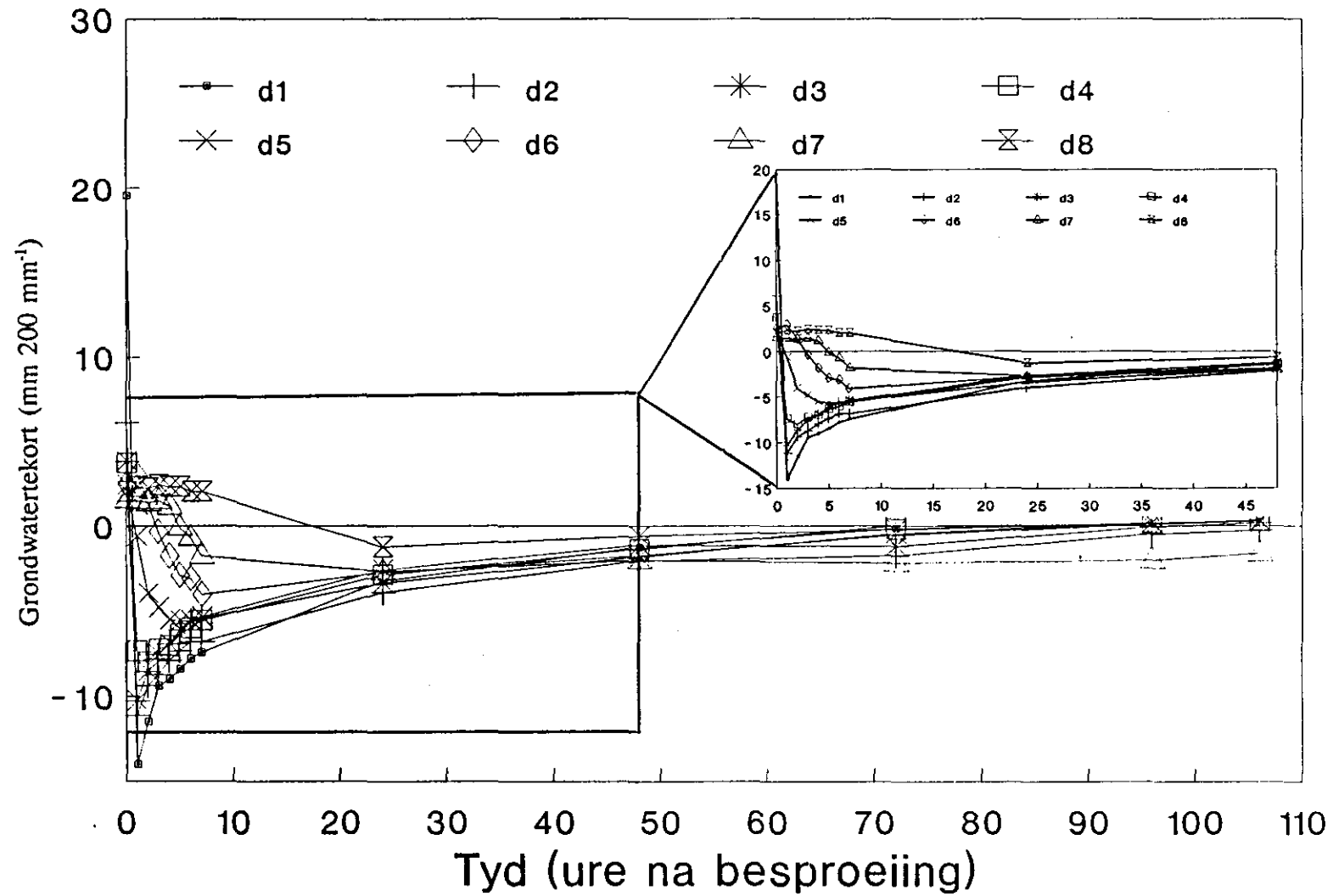
- OMALIKO, C.P.E. & OBIOHA, F.C., 1981. Yield and quality of herbage harvested under various rainy-season and dry-season managements. *Agr. J.* 73, 1081-1083.
- OOSTERHUIS, D.M. & WALKER, S., 1982. Field measurement of leaf water potential components using thermocouple psychrometers. ii. Application in plant water relation studies in wheat. *Crop production*. 11, 5-8.
- OPPERMAN, D.P.J. & ROBERTS, B.R., 1975. Evapotranspiration studies on *Themeda triandra* under field conditions: A study in lysimeter methodology. *Proc. Grassld. Sth. Afr.* 10, 103-109.
- OPPERMAN, D.P.J., HUMAN, J.J. & VILJOEN, M.F., 1977. Evapotranspirasie-studies op *Themeda triandra* Forsk. onder veldtoestande. *Hand. Weidingsver. S. Afr.* 12, 71-76.
- OTT, L., 1977. An introduction of statistical methods and data analysis. Belmont, CA: Duxbury.
- PANDEY, S.L. & SINGH, M., 1966. Irrigation requirement of wheat on sandy loam soil in Delhi. *Indian J. Agron.* 11, 138-144.
- PIETERSE, P.A., GRUNOW, J.O. & RETHMAN, N.F.G., 1988. Groei en produksie van 'n aantal aangeplante weidings onder beweidings. *Tydskr. Weidingsver. S. Afr.* 5, 193-196.
- PRITCHARD, K.E., 1987. Yield and quality of irrigated summer fodder crops in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 27, 817-823.
- PROFFITT, A.P.B., BERLINER, P.R. & OOSTERHUIS, D.M., 1984. A comparative study of root distribution and water extraction efficiency by wheat grown under high and low frequency irrigation. *Crop Production*. 13, 3.
- RAGUSE, C.A., HULL, J.L. & DELMAS, R.E., 1980. Perennial irrigated pastures. 3. Beef calf production from irrigated pasture and winter annual range. *Agr. J.* 72, 493-499.

- REID, R.L. & JUNG, G.A., 1982. Problems of animal production from temperate pastures, p. 21-43. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.
- ROY, S.K. & GALLAGHER, J.N., 1985. Production and survival of wheat tillers in relation to plant growth and development, p. 59-68. In Day, W. & Atkin, R.K. (eds.), Wheat growth and modelling. Plenum Press, New York.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D. & HEMMINGSEN, E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148, 339-346.
- SHARMA, B.R., 1987. Effect of time and amount of first irrigation on the root distribution and fodder yield of oats. *J. Agric. Sci. Camb.* 108, 299-303.
- SINGH, B.D., 1978. Investigation into consumptive use of water and soil moisture depletion patterns by dwarf wheats as influenced by interactions, between water and fertilizers. *Ann. Arid Zone*. 17, 153-163.
- SMIKA, D.E., HAAS, H.J. & POWER, J.F., 1965. Effects of moisture and nitrogen fertilizer on growth and water use by native grass. *Agron. J.* 57, 483-486.
- SMITH, M., 1991. Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- SMITH, H.R.H., BRANSBY, D.I. & TAINTON, N.M., 1986. The characterisation of irrigated Midmar Italian ryegrass in the South Eastern Transvaal Highveld using slaughter lambs. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 3, 14-18.
- SMITH, D., 1960. Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity. *Agron. J.* 52, 637-639.

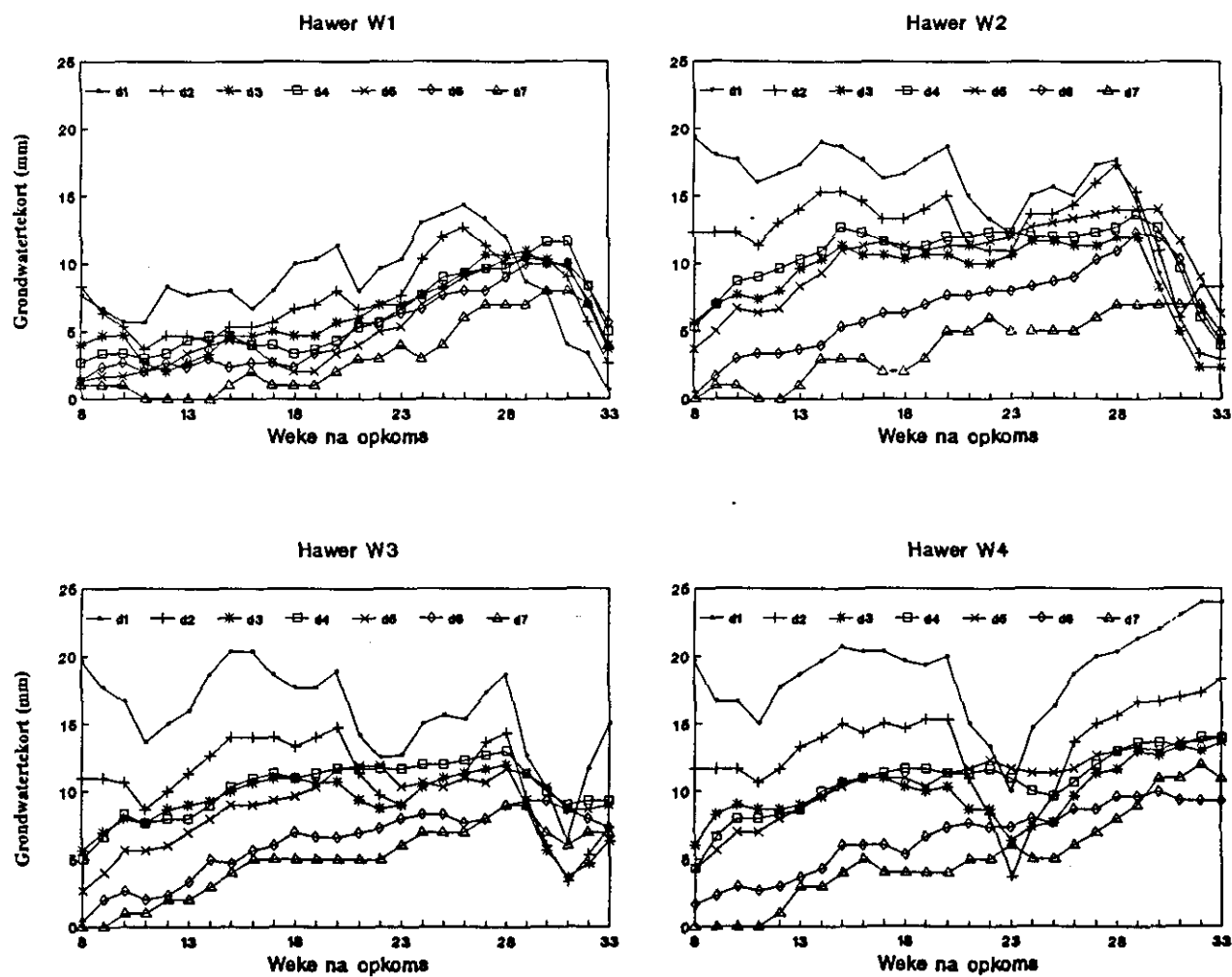
- SNYMAN, H.A. & VAN RENSBURG, W.L.J., 1990. Korttermyn invloed van strawwe droogte op veldtoestand en waterverbruiksdoeltreffendheid van grasveld in die Sentrale Oranje-Vrystaat. *Tydskr. Weidingsver. S. Afr.* 7, 249-256.
- SNYMAN, H.A., OPPERMAN, D.P.J. & VAN DEN BERG, J.A., 1980. Hidrologiese siklus en waterverbruiksdoeltreffendheid van veld in verskillende suksessiestadia. *Hand. Weidingsver. S. Afr.* 15, 69-72.
- SNYMAN, H.A., 1989. Evapotranspirasie en waterverbruiksdoeltreffendheid van verskillende grasspesies in die Sentrale Oranje-Vrystaat. *Tydskr. Weidingsver. S. Afr.* 6, 146-151.
- SPAMER, M.J.M., DE BRUYN, L.P. & HUMAN, J.J., 1982. Die onttrekkingspatroon van water uit die grondprofiel deur koring onder besproeiing. *Gewasproduksie*. 11, 185-188.
- STEYNBERG, R.E., 1986. Groei, ontwikkeling en waterverbruiksdoeltreffendheid van mielies (*Zea mays* L.) by verskillende grondvrugbaarheidspeile. MSc. (Agric.)-verhandeling. Universiteit van Pretoria, Pretoria, 0001.
- STOBBS, T.H., 1973 b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 2. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages. *Aust. J. Agric. Res.* 24, 821-829.
- STOBBS, T.H., 1973 a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1. Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 24, 809-819.
- TANNER, C.B. & SINCLAIR, T.R., 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search? p. 1-28. In Taylor, H.M., Jordan, W.R. & Sinclair, T.R. (eds.), Limitations to efficient water use in crop production. SAS, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- VAN JAARSVELD, A.S. & HUMAN, J.J., 1974. Die effek van bogroeiverwydering op winterkoring (*Triticum vulgare*) onder droëlandtoestande. *Gewasproduksie*. 3, 99-104.

- VAN HEERDEN, J.M. & TAINTON, N.M., 1988. Production of pasture species in the Winter Rainfall region: Simulation of dry matter production. *J. Grassld. Soc. S. Afr.* 5, 64-67.
- VAN DER WESTHUIZEN, A.J., 1993. Oordrag na die praktyk van navorsing oor besproeiing van groentegewasse. Vorderingsverslag aan die Waternavorsingskommissie. Dept. Plantproduksie, Univ. van Pretoria.
- VAN HEERDEN, J.M. & BEUKES, D.J., 1984. Die besproeiingsbehoefte van drie meerjarige weidingsmengsels in die Winterreënstreek. *S.A. Besproeiing*. Junie/Julie. 23-34.
- VAN HEERDEN, J.M., 1986. Effect of cutting frequency on the yield and quality of legumes and grasses under irrigation. *J. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 3, 43-46.
- VIETS, F.G., Jr., 1962. Fertilizers and the efficient use of water. *Adv. Agron.* 14, 223-264.
- WILMAN, D., 1975. Nitrogen And Italian ryegrass. 1. Growth up to 14 weeks: dry matter yield and digestibility. *J. Brit. Grassld. Soc.* 30, 141-147.
- WILSON, J.T., 1982. Environmental and nutritional factors affecting animal production, p. 133-150. In Hacker, J.B. (ed.), Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureaux, UK.

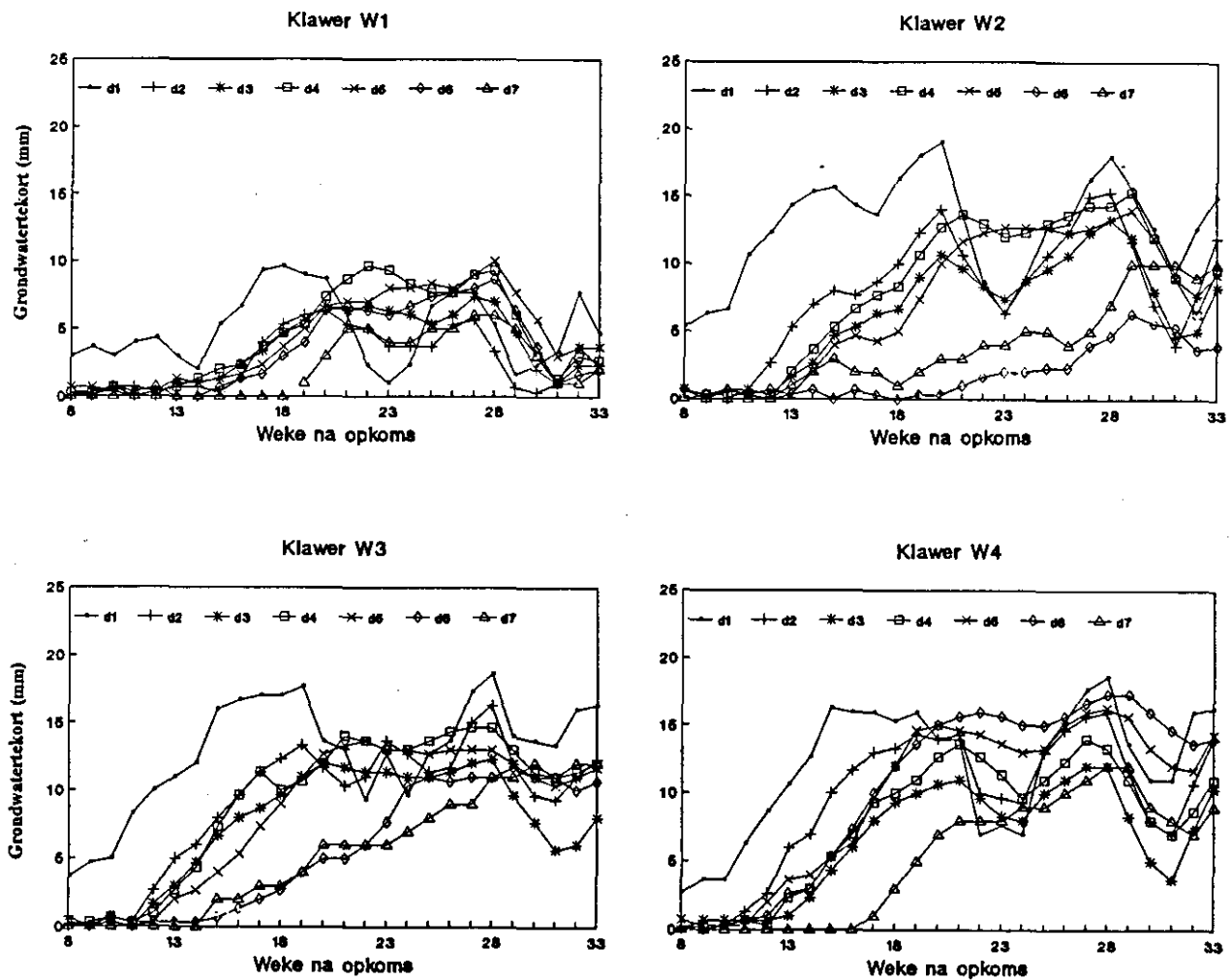
BYLAE A



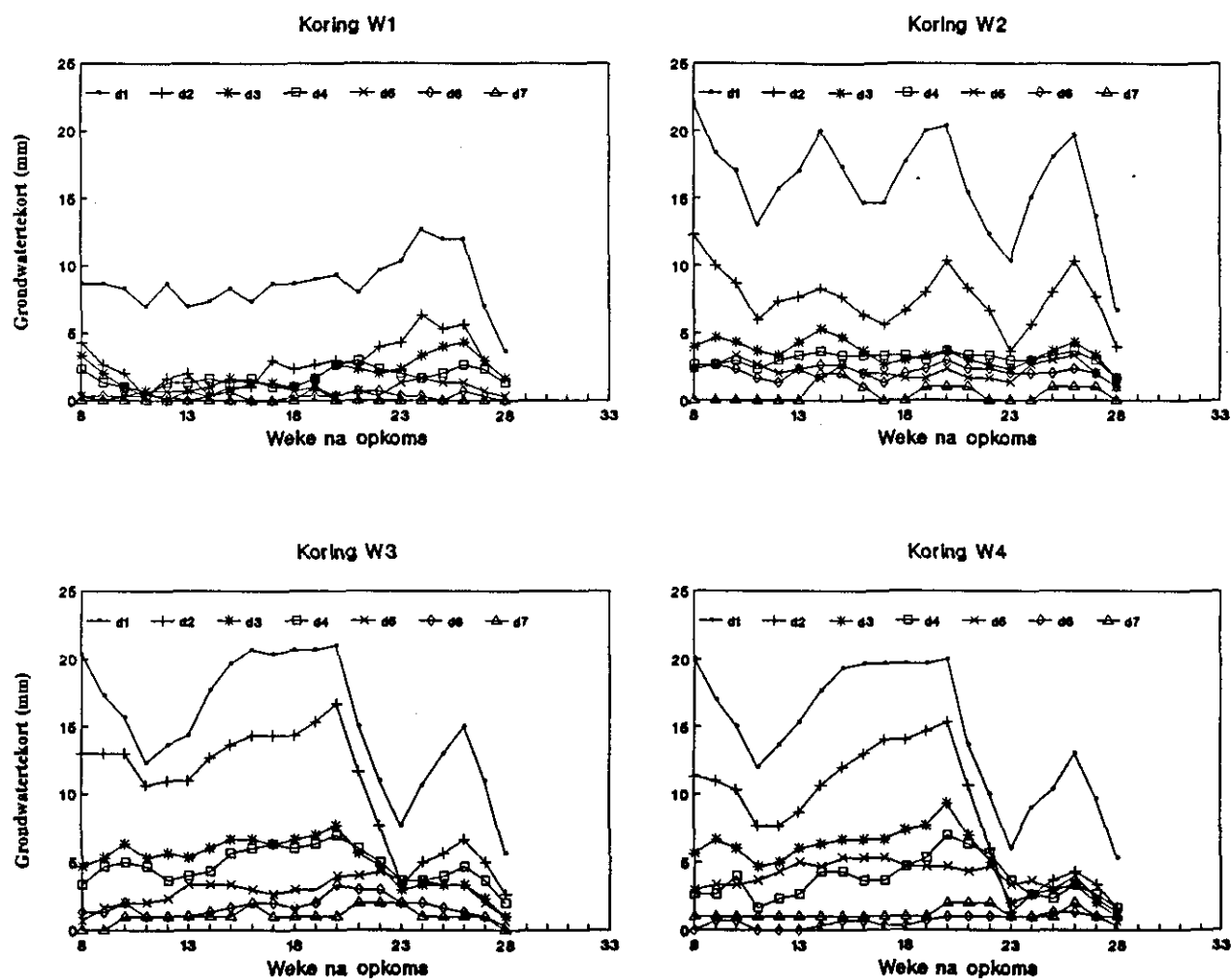
Figuur A1 Dreineringspatroon van die veldproef onder die reënskerm se grondprofiel



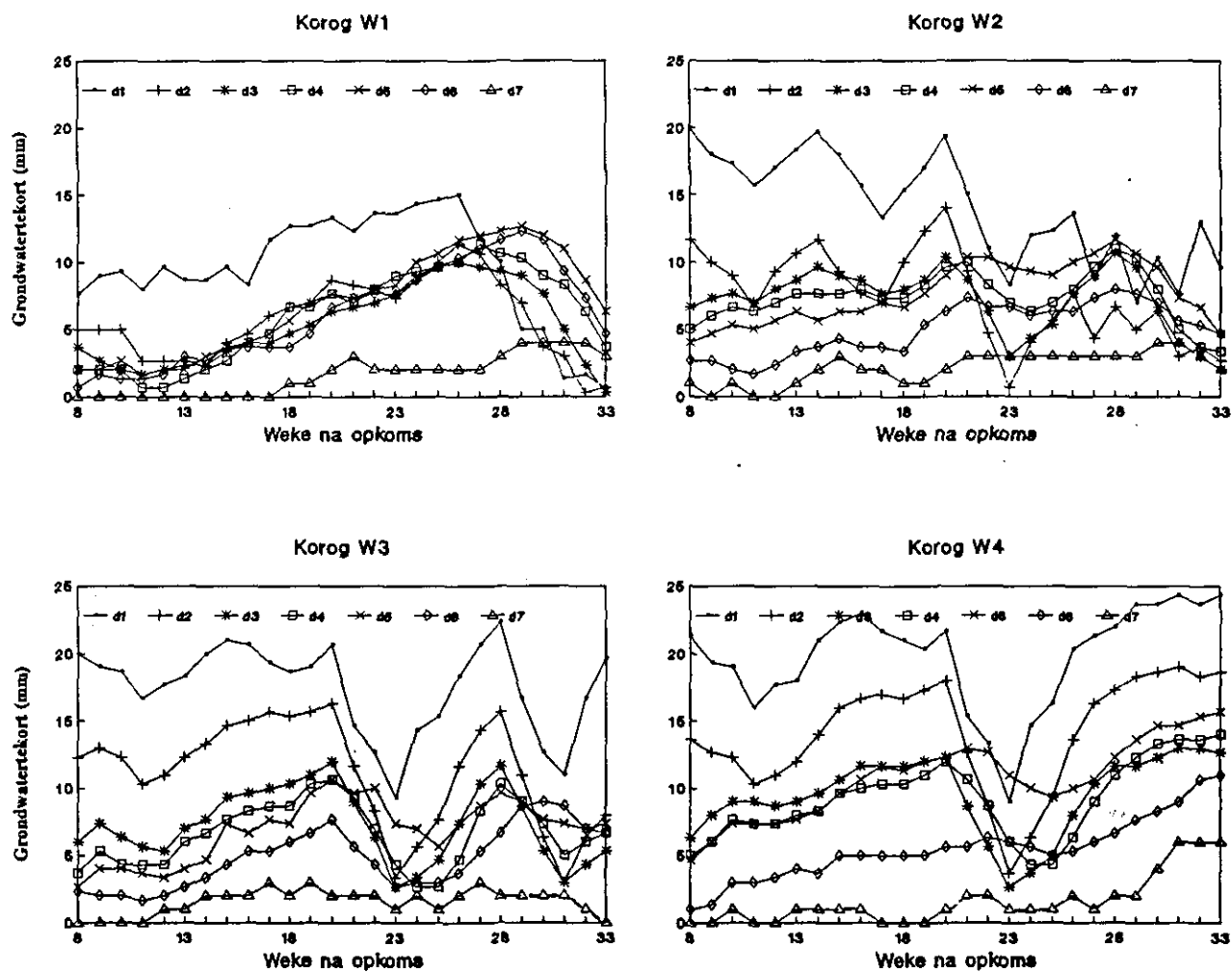
Figuur A2 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van hawer se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1989



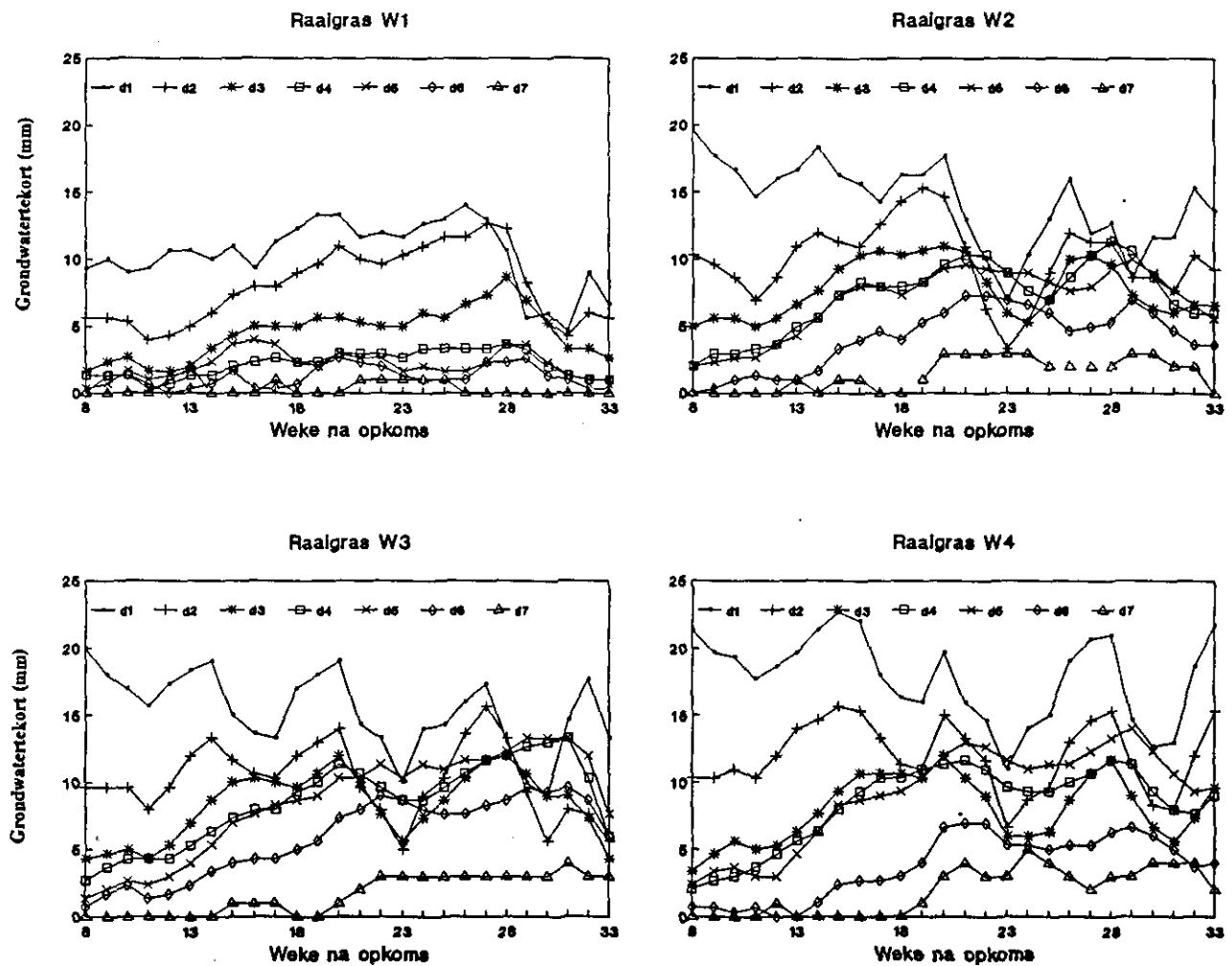
Figuur A3 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van assegaaiklawer se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1989



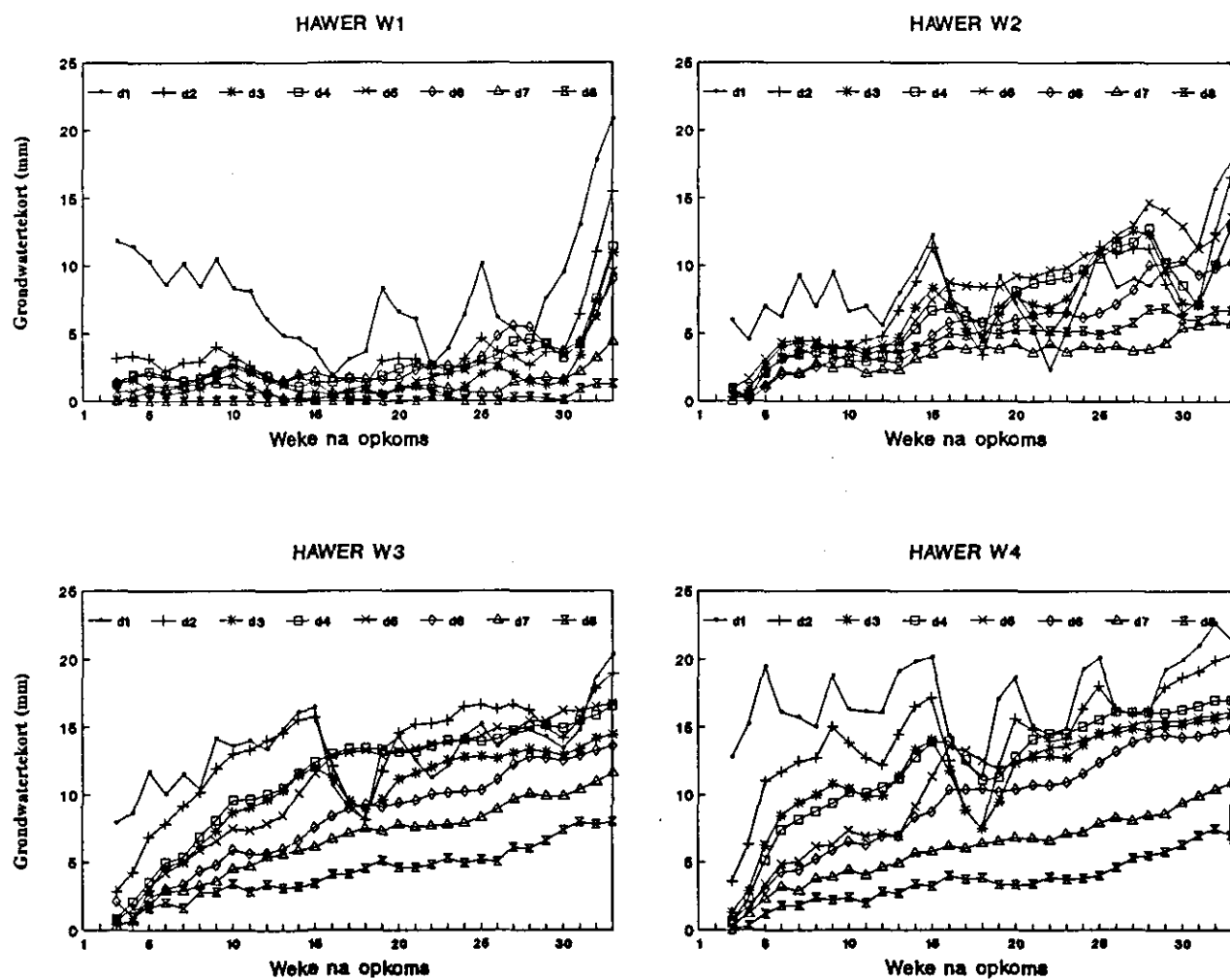
Figuur A4 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van koring se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1989



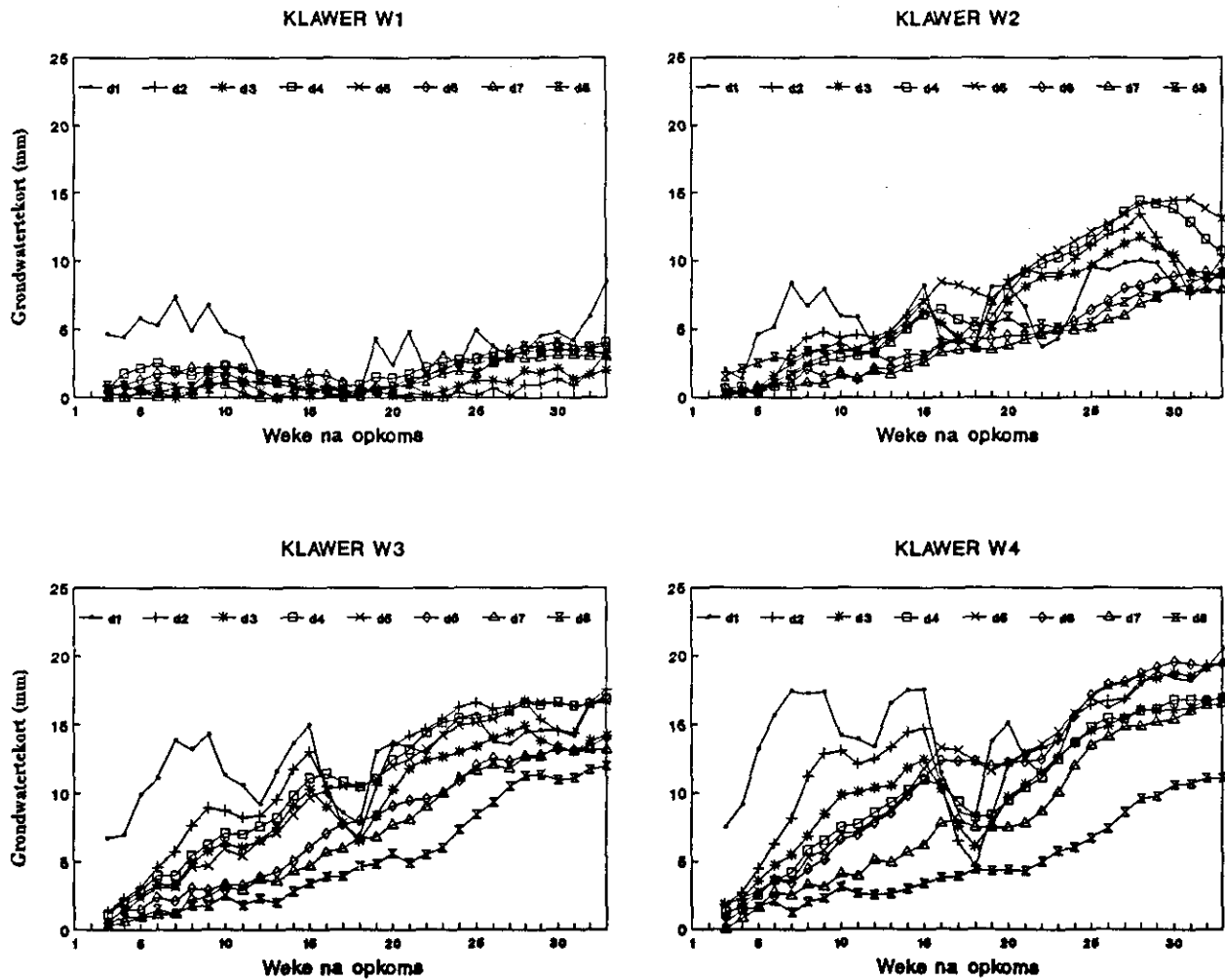
Figuur A5 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van korog se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1989



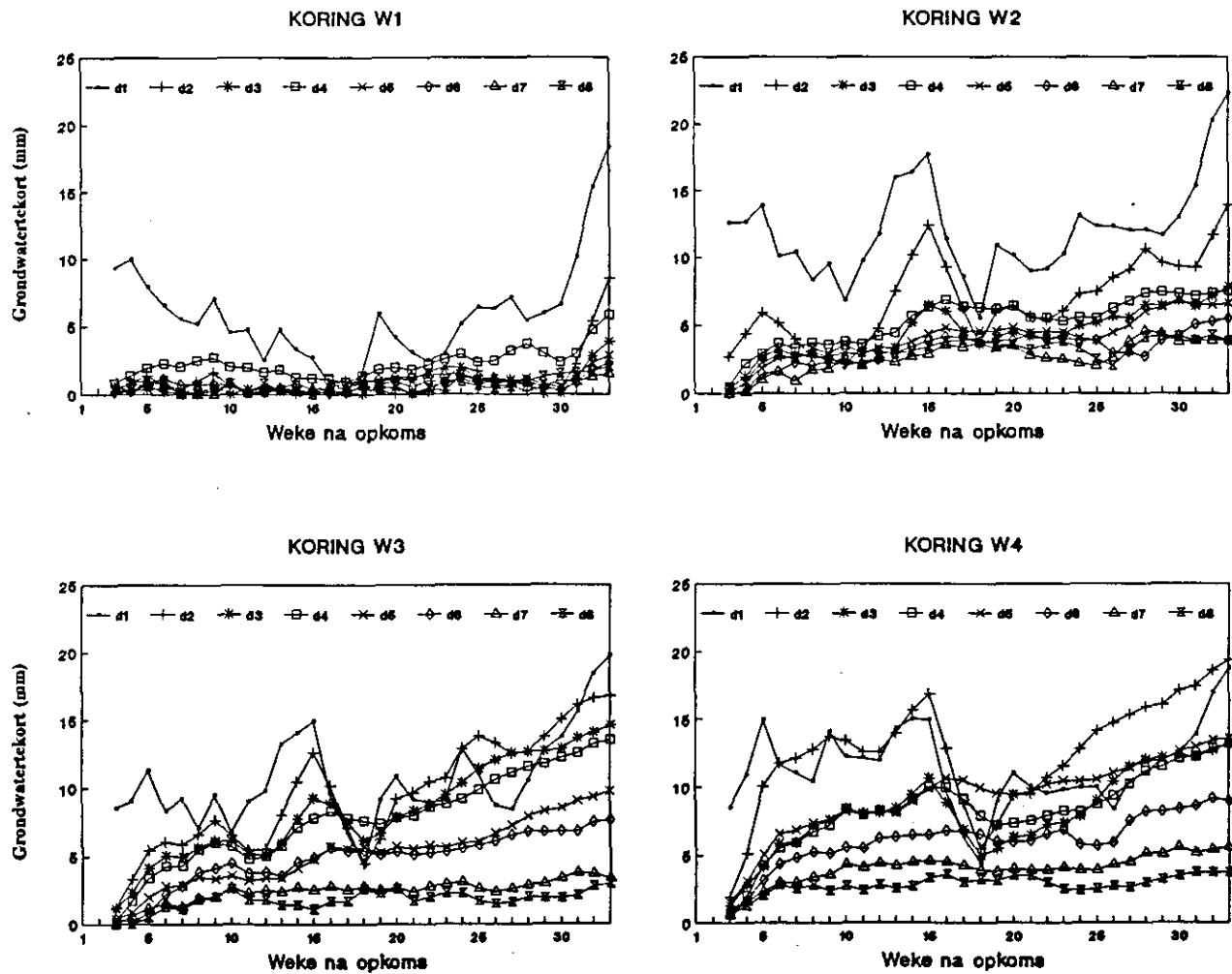
Figuur A6 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van raai-gras se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1989



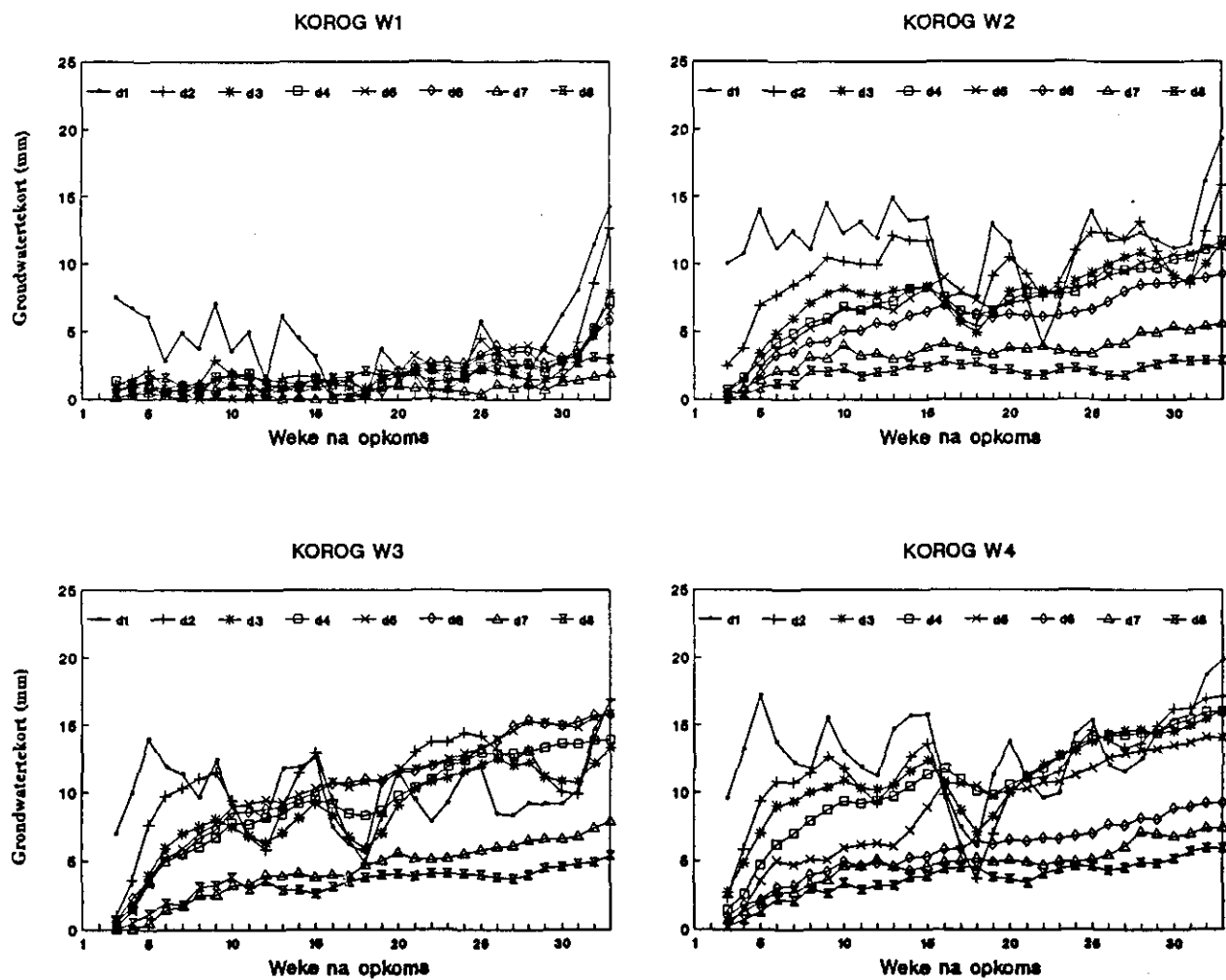
Figuur A7 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van hawer se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1990



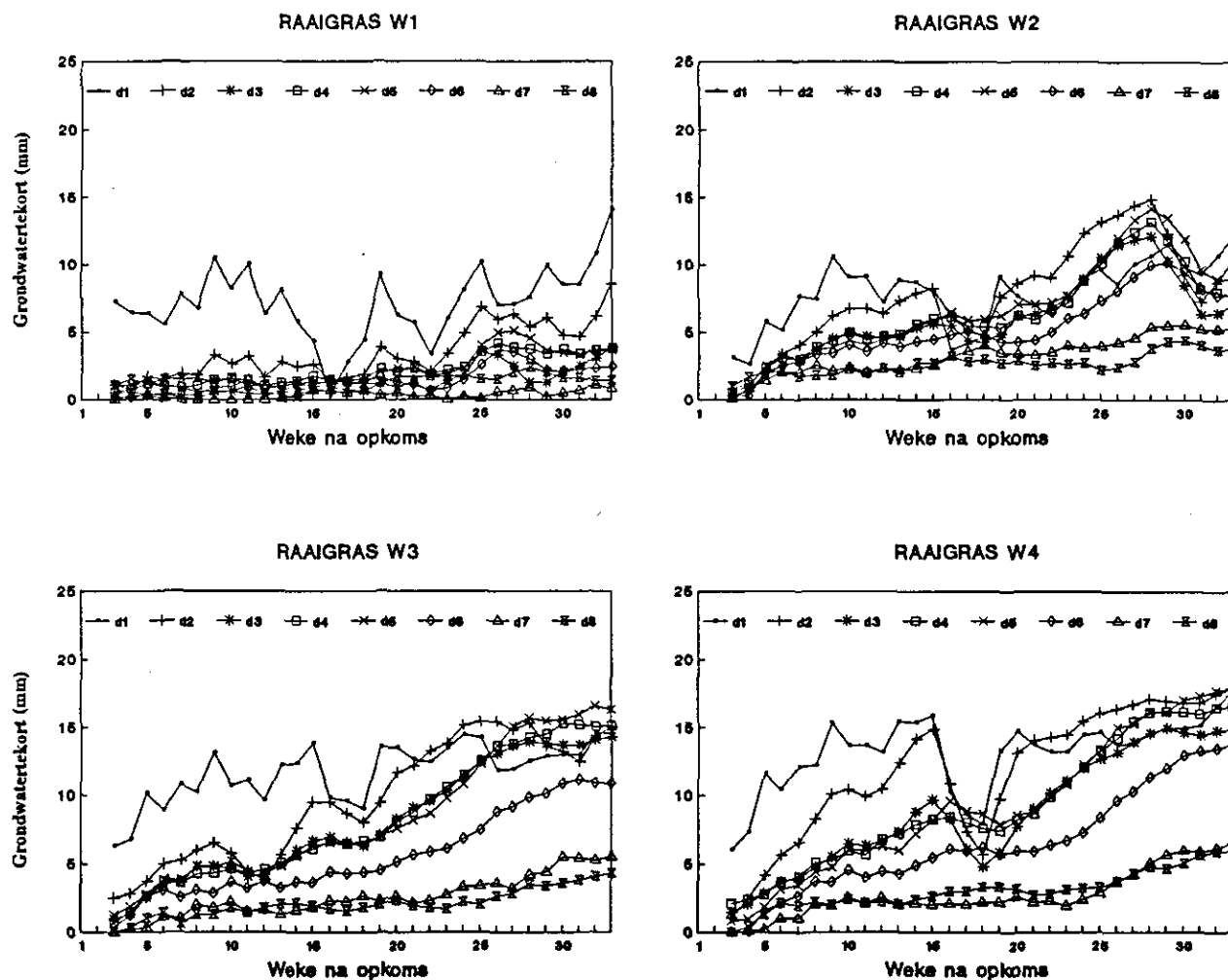
Figuur A8 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van assegaaiklawer se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1990



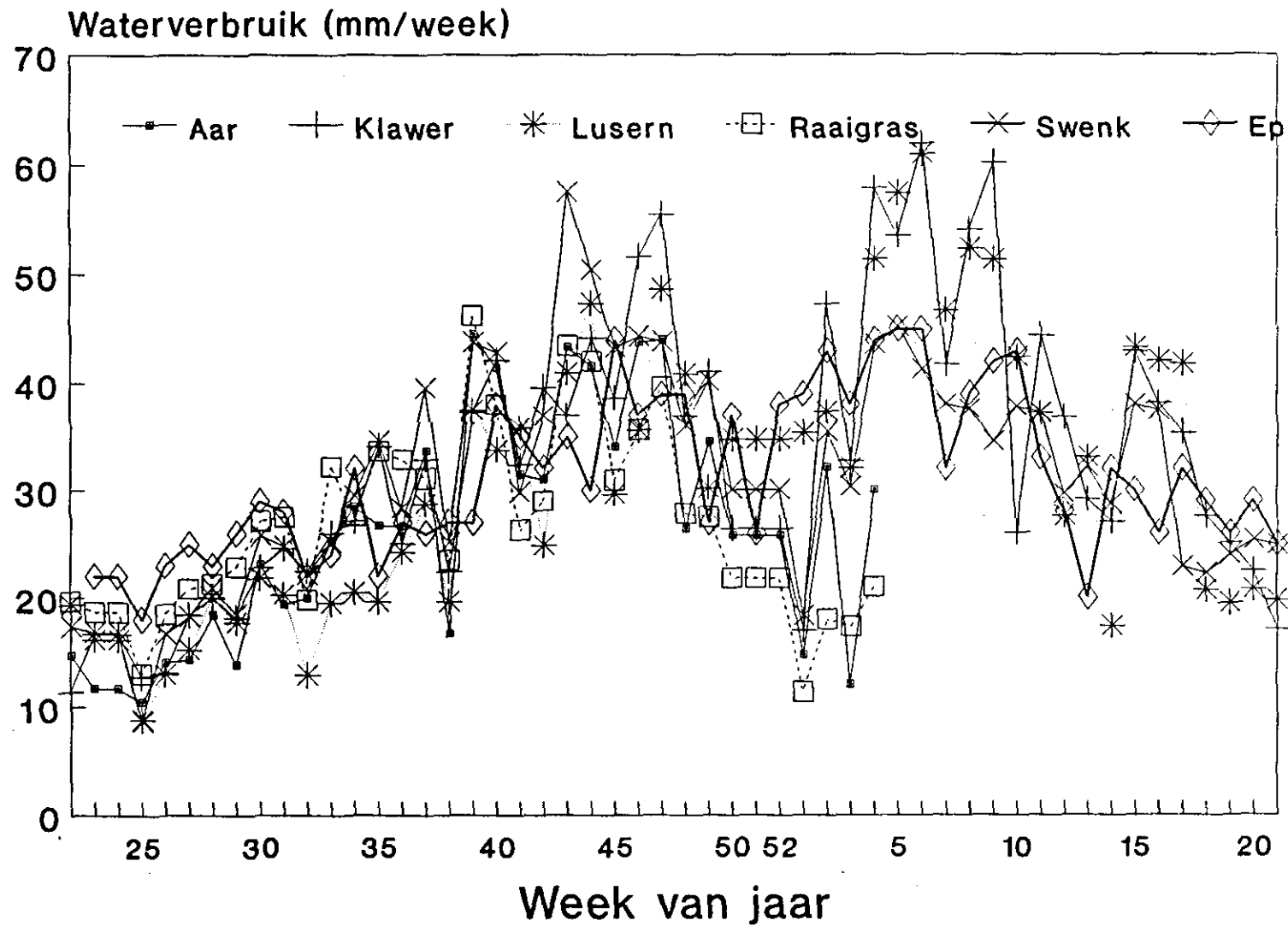
Figuur A9 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van koring se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1990



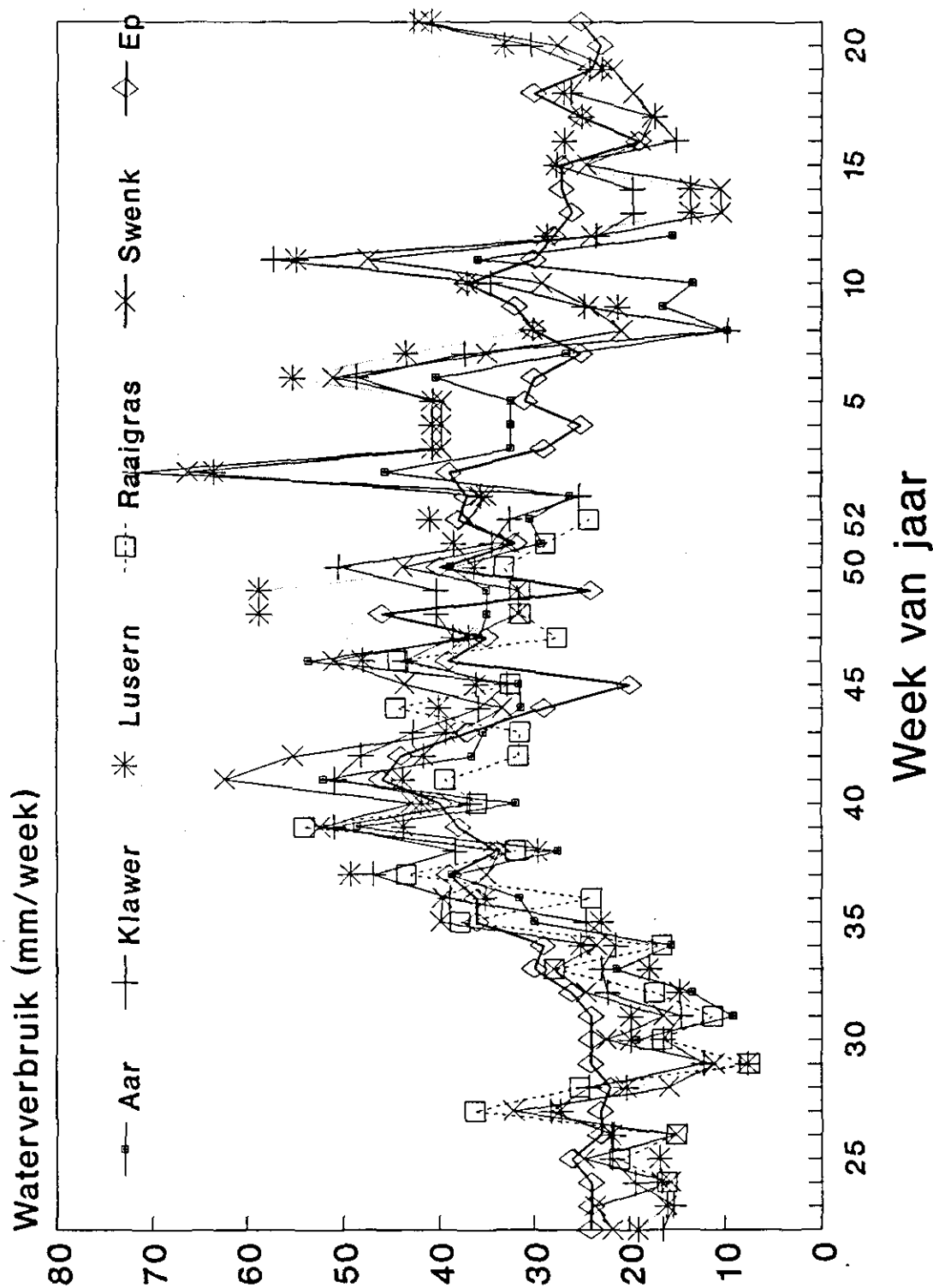
Figuur A10 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van korog se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1990



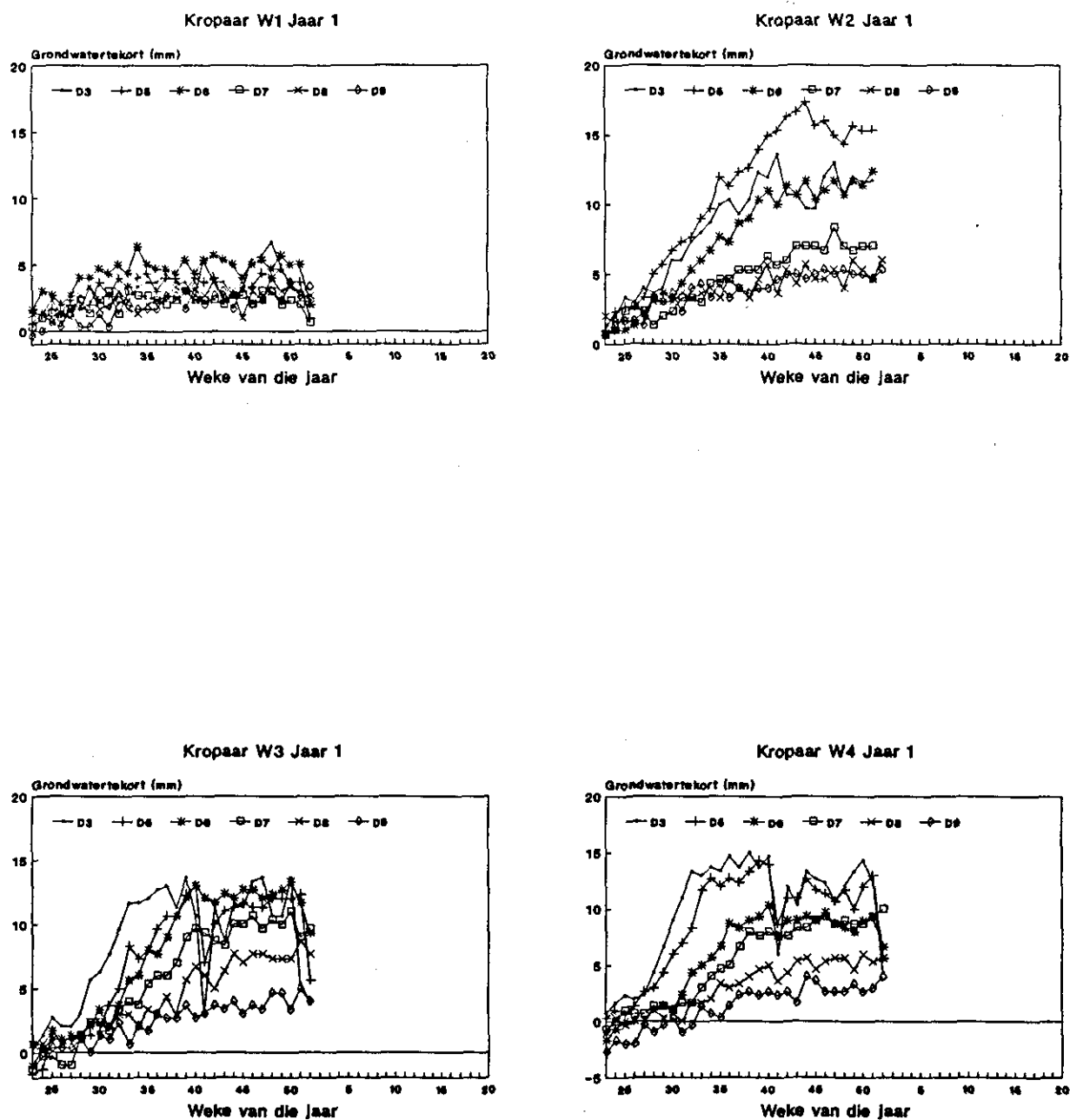
Figuur A11 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van raaigras se vier besproeiingsbehandelings onder die reënskerm in 1990



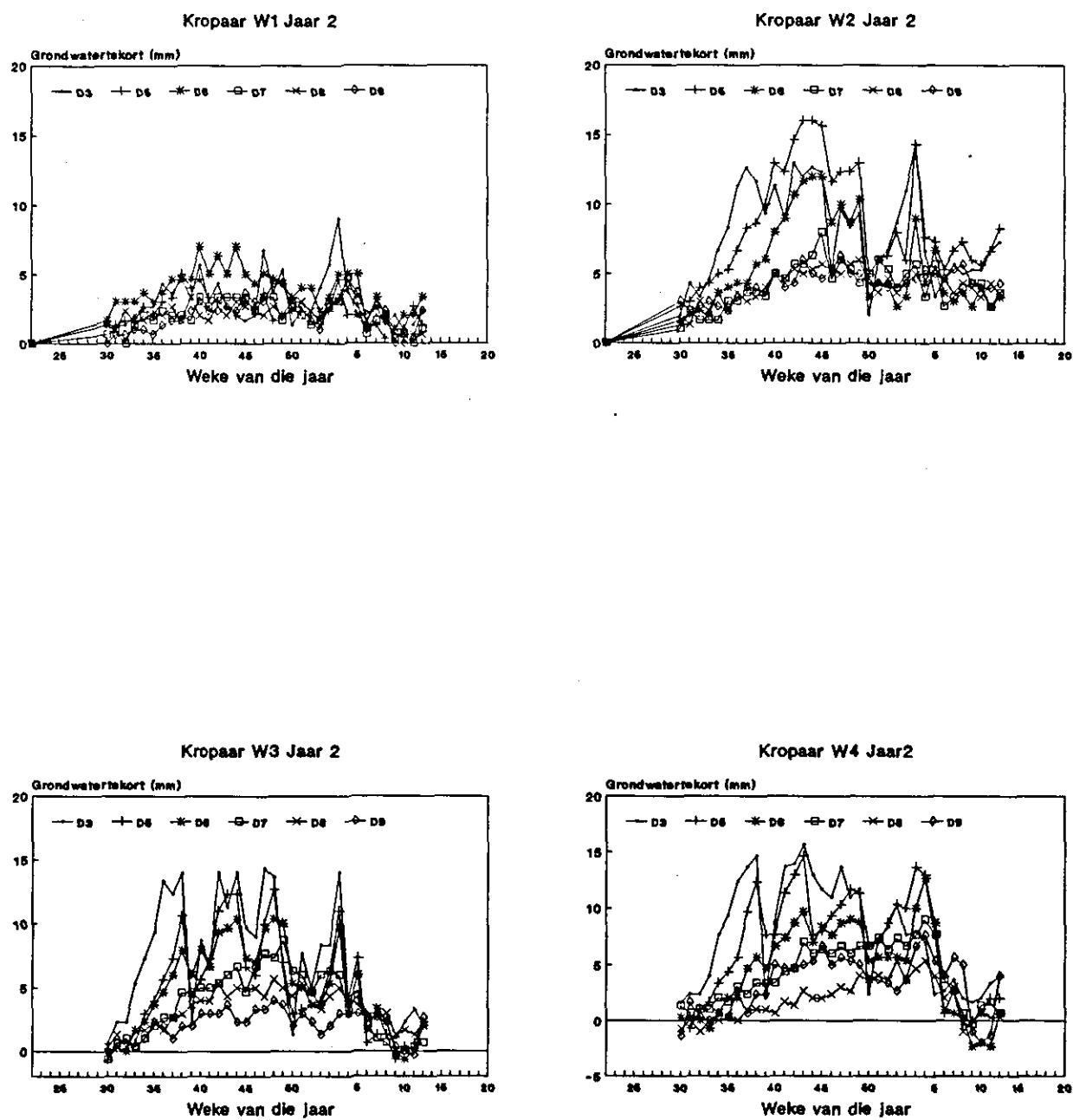
Figuur A12 Weeklijkse waterverbruikstempo van de controlebehandelings van vijf meerjarige weidings in die eerste produksiejaar



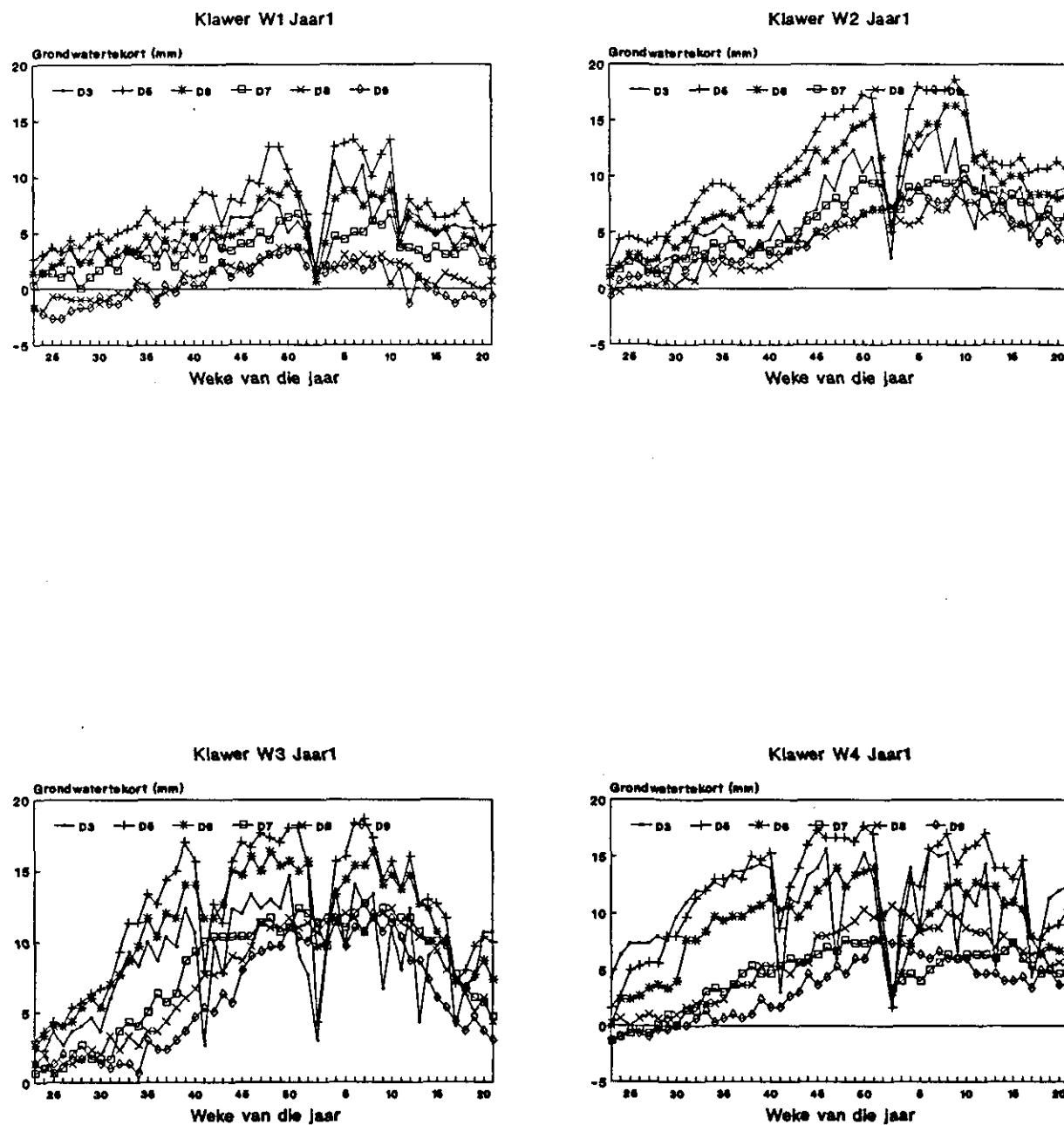
Figuur A13 Weekelijkse waterverbruikstempo van de controlebehandelings van vijf meerjarige weidings in die tweede produksiejaar



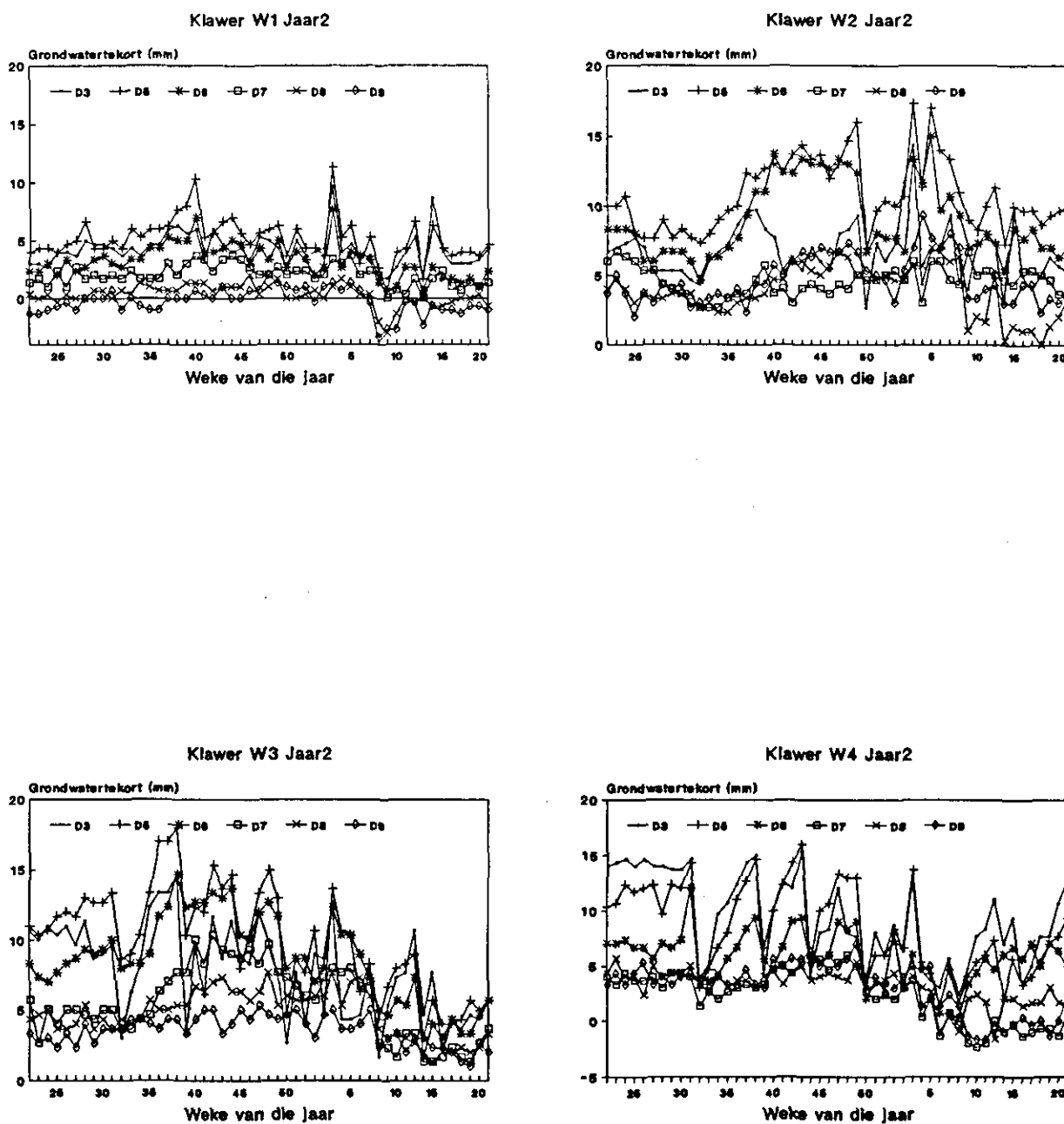
Figuur A14 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van kroopaargras se vier besproeiingsbehandelings in die eerste produksiejaar



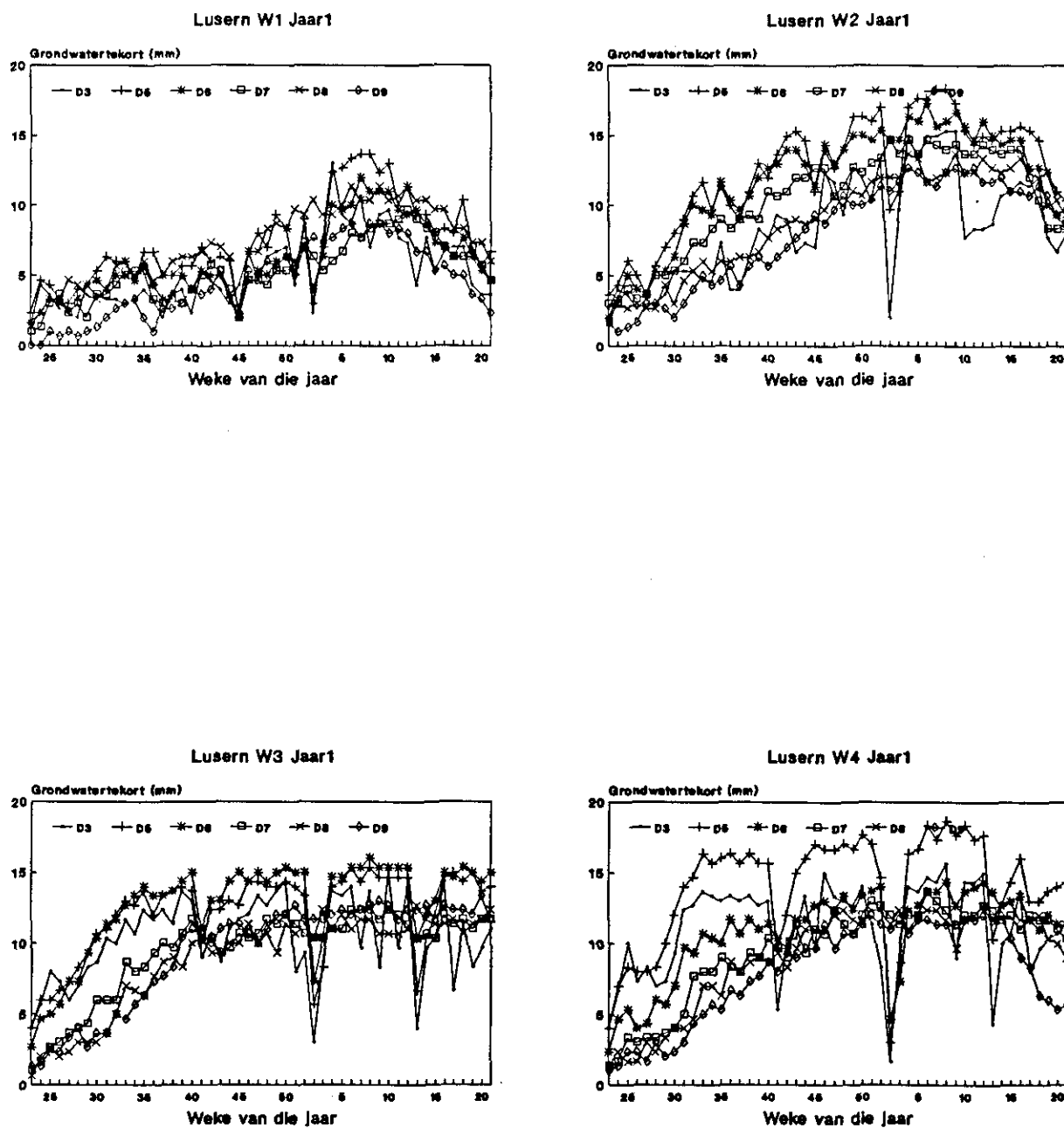
Figuur A15 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van kropaargras se vier besproeiingsbehandelings in die tweede produksiejaar



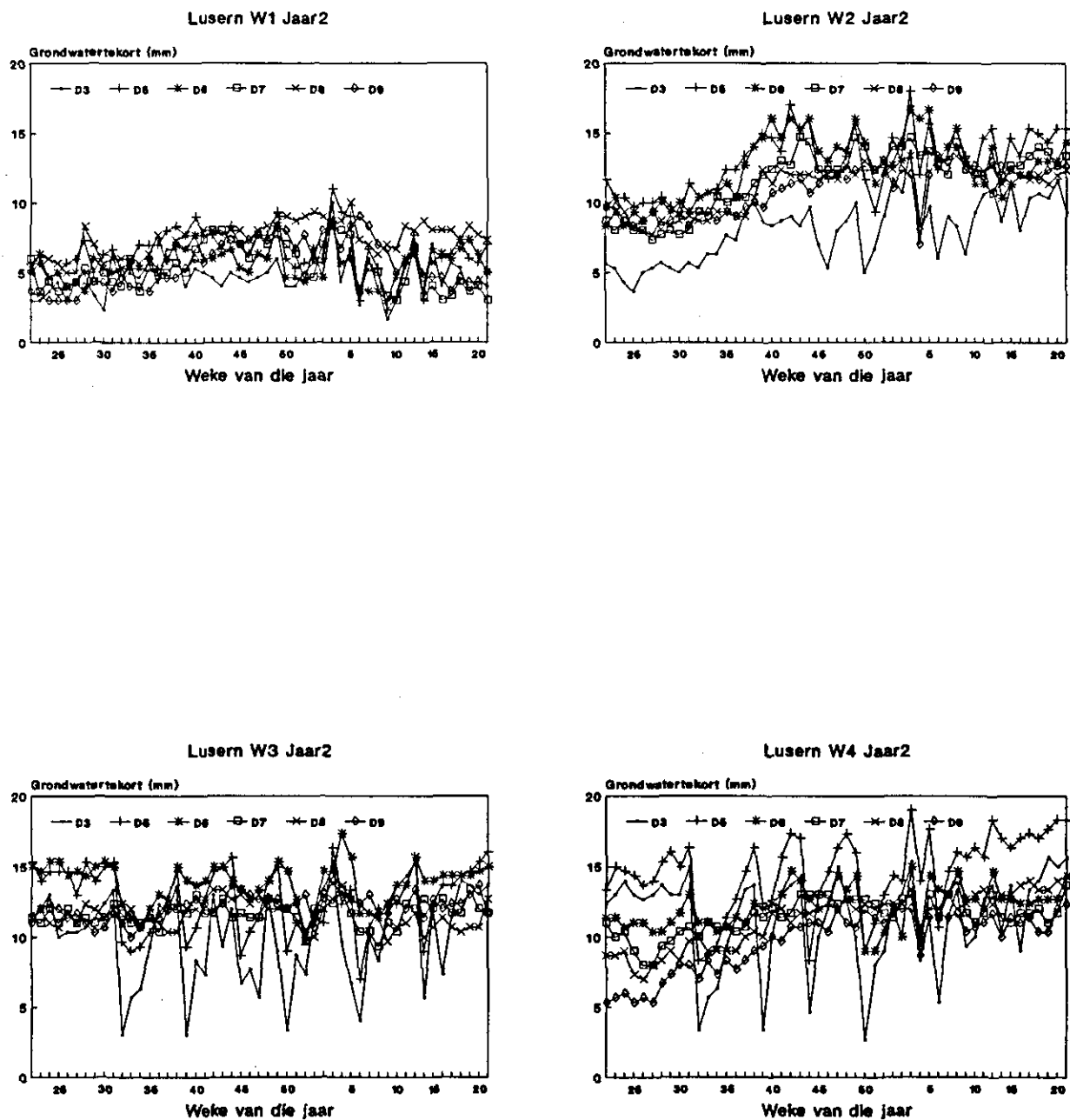
Figuur A16 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van witklawer se vier besproeiingsbehandelings in die eerste produksiejaar



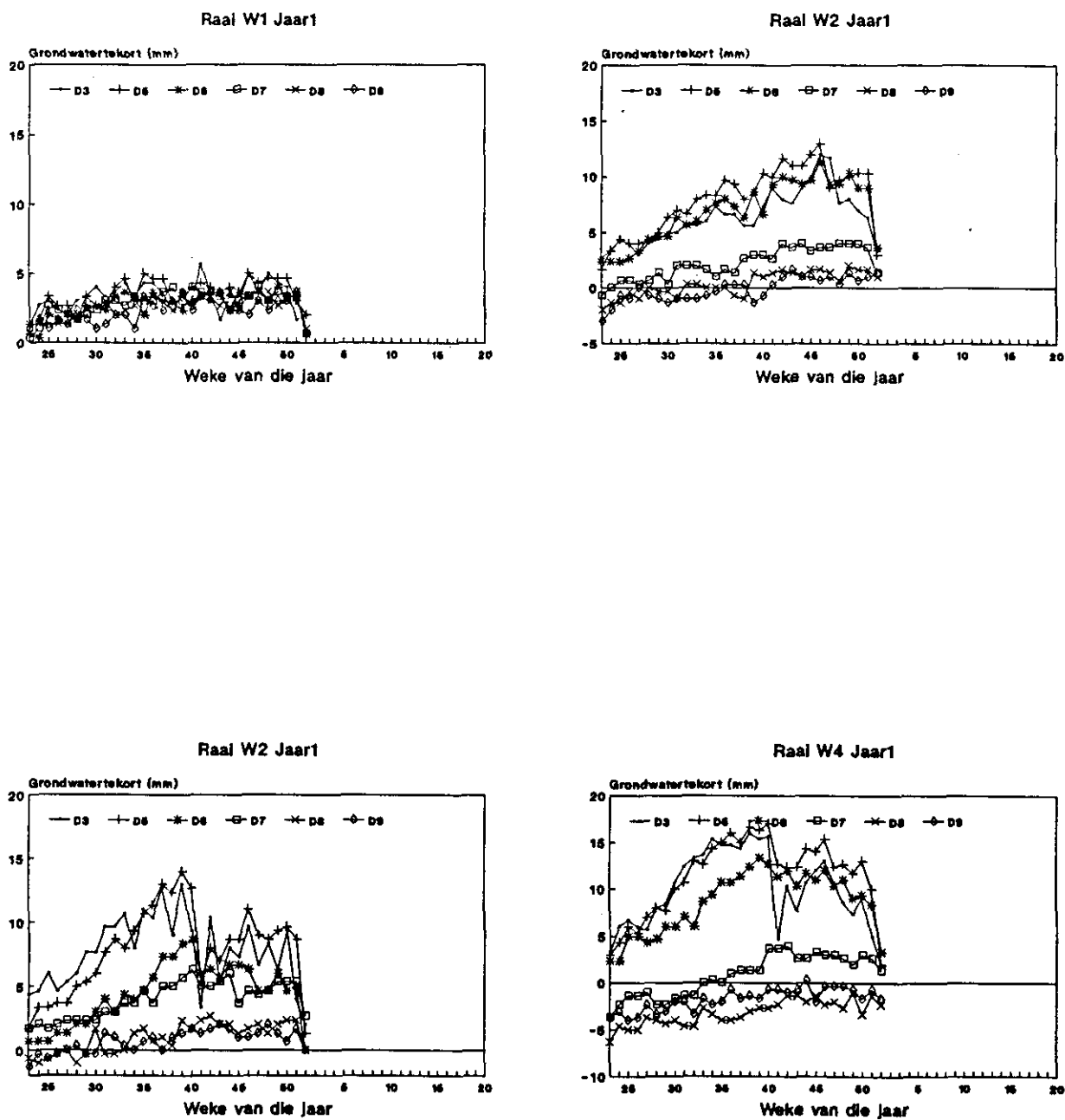
Figuur A17 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van witklaver se vier besproeiingsbehandelings in die tweede produksiejaar



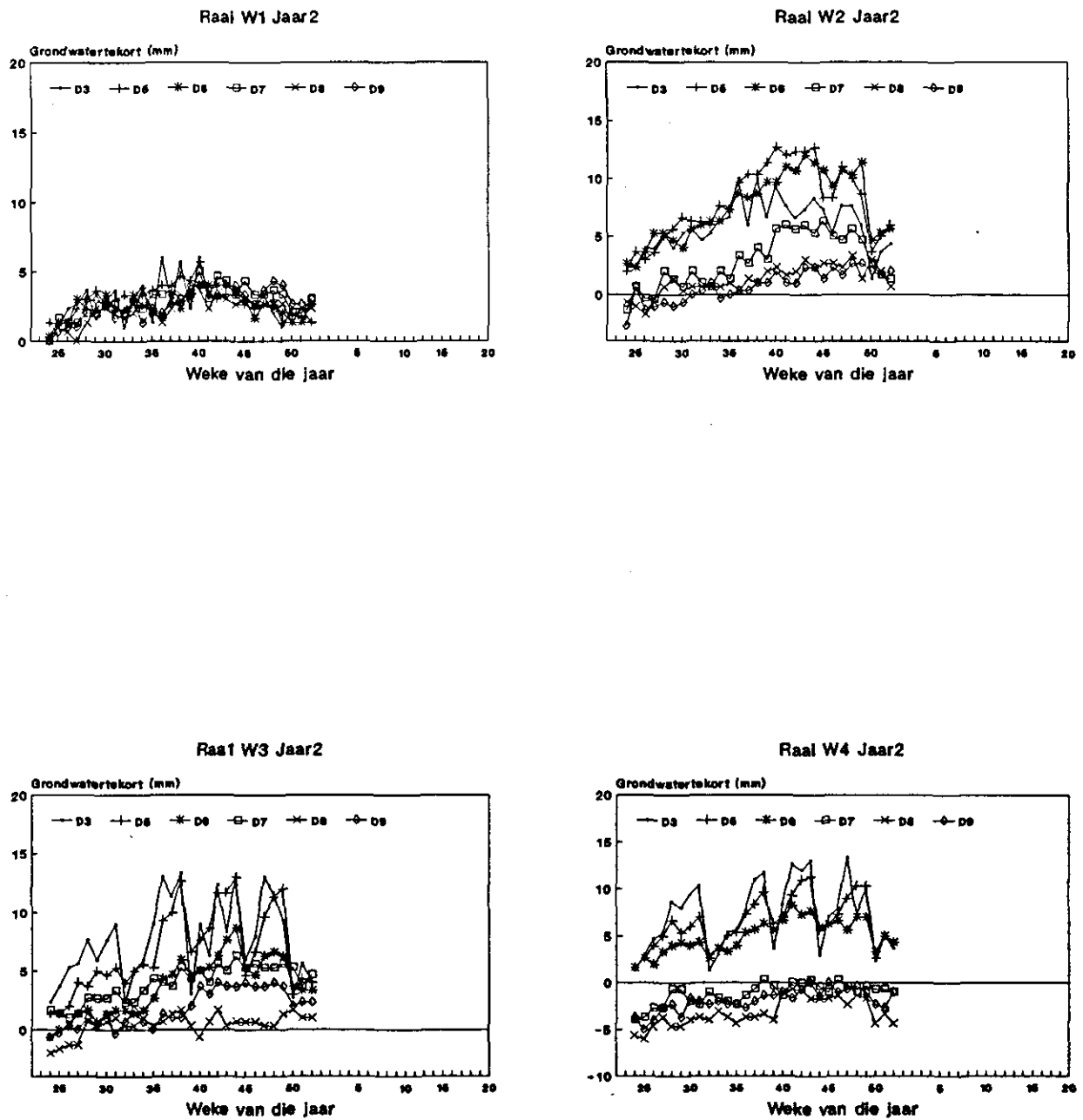
Figuur A18 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van lusern se vier besproeiingsbehandelings in die eerste produksiejaar



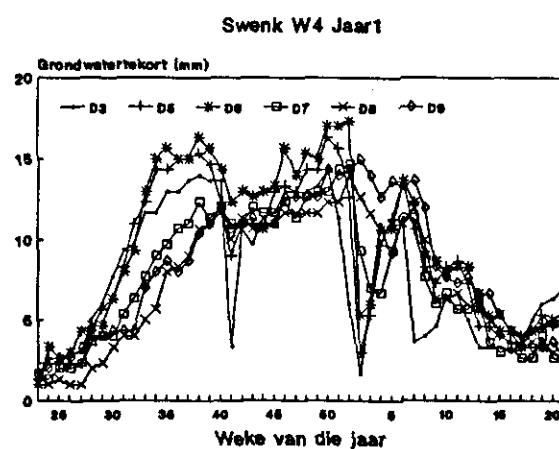
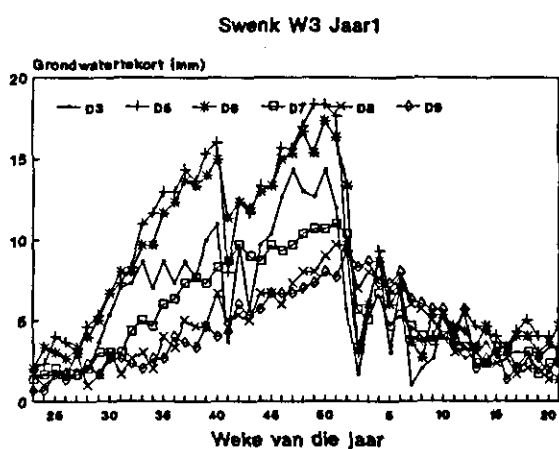
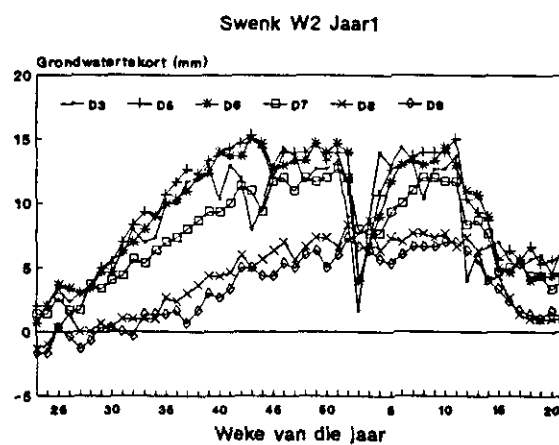
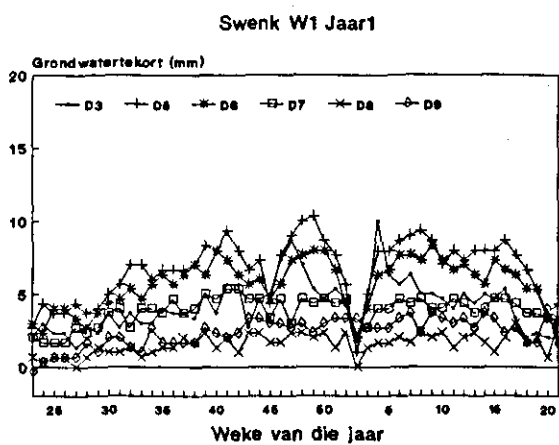
Figuur A19 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van lusern se vier besproeiingsbehandelings in die tweede produksiejaar



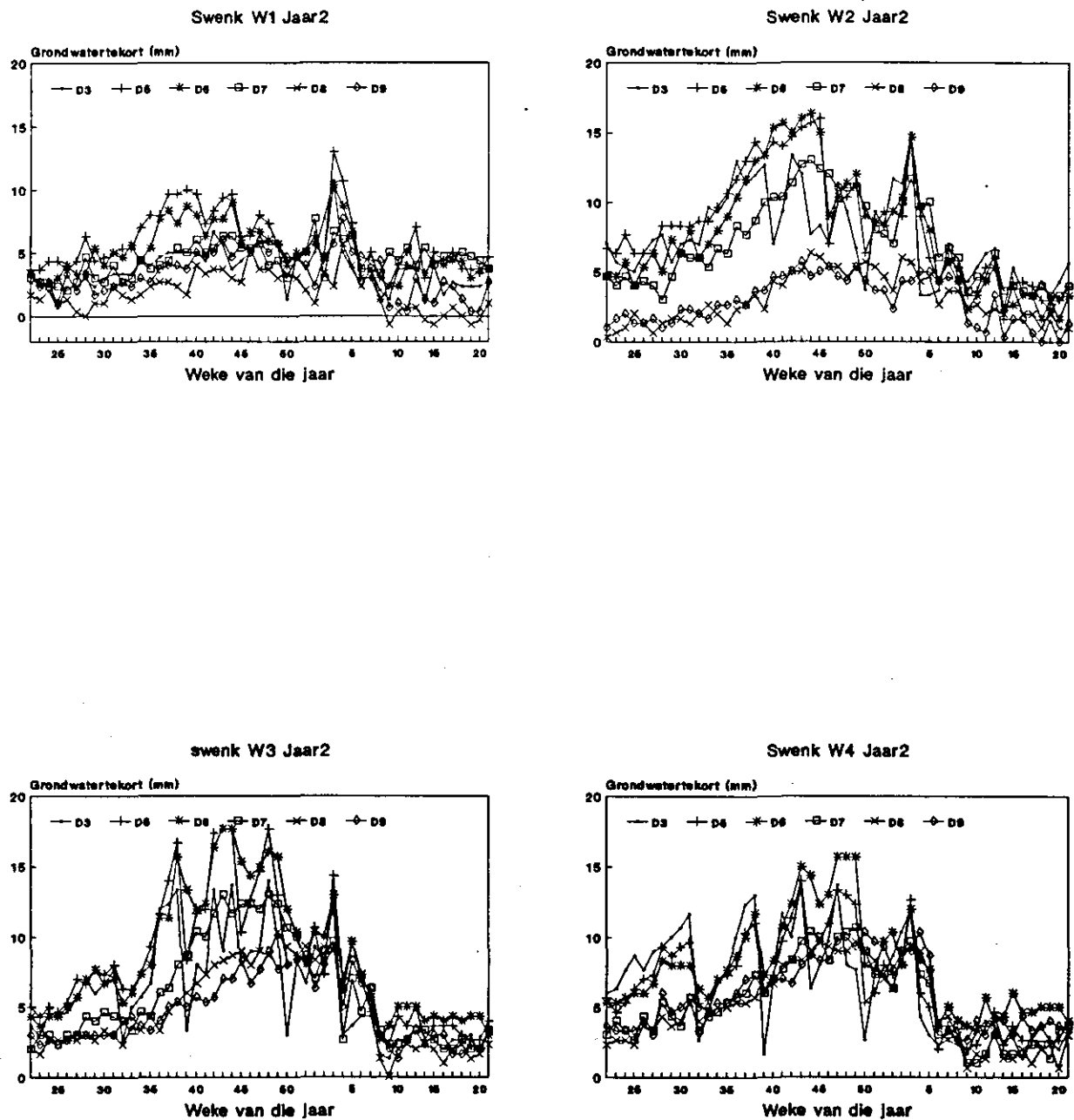
Figuur A20 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van meerjarige raaigras se vier besproeiingsbehandelings in die eerste produksiejaar



Figuur A21 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van meerjarige raaigras se vier besproeiingsbehandelings in die tweede produksiejaar



Figuur A22 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van langswenkgras se vier besproeiingsbehandelings in die eerste produksiejaar



Figuur A23 Grondwatertekort vir verskillende 200 mm dieptelae van langswenkgras se vier besproeiingsbehandelings in die tweede produksiejaar

Tabel A1 Chemiese samestelling van proefgrond onder die reënskerm en enkelsprinkellynproef

Monster	pH _{water}	Weerstand	P	Ca	Mg	K	Na
			Bray 2	Ammoniumasetaat ekstraheerbaar			
		ohm	mg kg ⁻¹				
Reënskerm	5,7	1 650	31	145	130	53	9
Sprinkel- proef	5,8	1 700	34	150	125	50	12

Tabel A2 Variasie met toenemende diepte van die proefgrond se matriksdigtheid

Dieptelaag	Matriksdigtheid	Dieptelaag	Matriksdigtheid
	kg m ⁻³		kg m ⁻³
d1 (0-200 mm)	1 450	d6 (1 000-1 200 mm)	1 430
d2 (200-400 mm)	1 590	d7 (1 200-1 400 mm)	1 400
d3 (400-600 mm)	1 360	d8 (1 400-1 600 mm)	1 500
d4 (600-800 mm)	1 150	d9 (1 600- 1 800 mm)	1 300
d5 (800-1 000 mm)	1 230		

Tabel A3 Kalibrasieregressiekonstantes van die neutronwatermeter vir verskillende 200 mm dieptelae

Dieptelaag	Y-afsnit #	Regressiekoëffisiënt #	R ²
d1	-2,54	25,5	0,97
d2	-11,05	27,5	0,99
d3	-4,84	19,8	0,97
d4	-2,91	18,5	0,94
d5	-6,59	22,2	0,96
d6	-4,81	17,6	0,61
d7	-23,97	32,3	0,95
d8	-14,74	29,0	0,38
d9	2,84	14,8	0,56

Afhanklike veranderlike = volumetriese grondwaterinhoud

en onafhanklike veranderlike = Tolverhouding (neutrontellings/standaardtelling)

Tabel A4 Weeklikse gemiddelde klimaatsgegevens vir die proeftydperke in 1989 en 1990

Week van jaar	Maksimum temp. (°C)		Minimum temp. (°C)		Grondtemp. op 10 cm diepte (°C)		Ep (mm week ⁻¹)	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	189	1990
10	27.8	25.7	12.9	15.7	31.2	27.1		
11	27.2	25.9	12	15.4	29.1	27.9		
12	26.5	26.7	15.3	14	30.4	26.3		
13	26.6	24.8	11.7	14.3	27.8	26.8		
14	26.7	22.9	11.5	14.4	27.4	26.5		
15	23.7	26.5	11.3	12.9	26.3	28.2		
16	21.3	23.3	9.29	11.1	21.1	25.7		
17	20.1	24	10.2	10.9	19.3	24.6		
18	16.8	21.7	6.2	6.53	15.3	21.4	19.8	
19	22.5	21.4	7.37	8.59	20.3	20.7	24.8	19
20	23.6	20.4	8.8	8.09	21	20.4	24.4	25.7
21	22.8	16.6	7.91	5.6	21.7	20.3	23.3	19.2
22	18.2	20.8	7.29	6.04	16.8	19.5	24	21.9
23	16.1	19.9	5.5	4.66	15.2	18.3	25.2	23.3
24	17.6	20.9	2.59	4.1	14.5	18	23.6	24
25	19	17.8	5.4	3.84	16	17.6	20.5	25.2
26	21.4	18	5.79	3.73	15.8	16.6	22.5	23.6
27	19.6	18.9	3.19	4.71	15.1	16.5	21.9	20.5
28	19.9	20.3	4.91	4.93	16.1	17.9	23.8	22.5
29	15.1	20.7	1.87	5.03	15	18.2	22.8	21.9

Tabel A4 vervolg.

30	18.7	21.9	2.37	5.91	15.9	19.1	25.1	23.8
31	20.9	20.7	4.86	5.64	18.1	19.2	28.9	25.8
32	22.9	22.1	5.71	6.67	19.4	20.6	28.1	25.2
33	23.7	18.8	9.54	5.27	21.2	20.7	28	26.5
34	25.3	21.5	10.2	5.24	22.5	21.6	31.8	26.1
35	24.6	22.7	11	11.8	22.5	23.5	30.8	29.2
36	21.4	20.6	6.94	8.21	22.4	20.8	30.5	31.1
37	26.1	27.4	10.1	12.4	24.2	27.1	32.4	30.2
38	26.4	24.5	11.2	9.07	25.8	26.6	26.1	25.6
39	27.4	27.6	10.2	10.5	27.7	29	32.4	36.8
40	26.8	25.3	12.7	13.9	27.3	27.4	29.8	35.3
41	23	27	10	13	21.7	25.9	25.3	38.2
42	28.1	23.6	13.3	10.8	26.7	24.7	22.6	33.3
43	23.4	27.6	11.5	12.9	22.4	31.4	25.2	25
44	25.8	30.5	13.6	14	25.1	34.5	19.7	34.8
45	25.8	26.8	13.6	13.3	26.1	29.9	23.6	35.1

Tabel A7 Kaliuminhoud (%) van verskillende snysels se gepoelde monsters onder die reënskerm in die 1990-seisoen

[illegible]

Tabel A10 Klimaatgegevens vir die tydperk Junie 1991 tot Mei 1993 toe meerjarige weidings onder die reënskerm geplant is

Week van die jaar	Maks. temp. (°C)		Min. temp. (°C)		Grondtemp. 10 cm diep (°C)		Ep (mm week ⁻¹)	
22	19.4	19.3	11.2	4.27	21.1	20.4		25
23	18.6	22.5	5.91	6.06	19.5	20.2	22	24
24	17.9	19.5	4.41	3.64	19.3	18.1	22	24
25	16.2	20.3	4.04	3.84	16.3	19.1	18	26
26	20.8	17.8	5.81	2.07	19.3	16.9	23	23
27	20.5	18.8	5.86	1.63	19.9	16.8	25	23
28	18.5	19.6	2.16	2.24	18.1	16.2	23	22
29	19.8	20.3	2.53	3.91	18.5	18.6	26	24
30	19.6	21.2	4.16	5.87	19.7	20.3	29	24
31	19.7	18.9	6.69	5.29	19.5	16.2	28	24
32	21	16.9	5.5	4.23	21	17.5	22	26
33	21	18.8	5.01	3.99	20.7	19.6	24	30
34	24.3	22.8	10.1	6.69	24	23.1	32	29
35	23.3	21.4	11.2	7.7	21.5	20.3	22	36
36	24.9	26.1	9.11	11.2	24.8	22.5	27	36
37	25.5	28.3	11.6	13.6	25.8	28.6	26	39
38	27.4	30	12.7	13.8	27.2	31.1	27	34
39	24.1	25.9	11.9	11.8	24.2	28.6	27	38
40	27.9	27.5	12.6	13.8	30.6	32.2	38	40
41	27.9	25.2	13.7	12	32.3	30.8	35	46
42	25.7	29.2	13.3	12.7	29.3	34.3	32	44
43	26.7	31.5	14.8	14.7	32.2	34.7	35	37
44	26.8	27.9	16.9	13.7	31.5	31	30	29
45	29.7	25.7	15.4	14.4	36.8	27.7	44	20
46	27.8	26.1	14.4	13.9	33.2	24.7	37	39
47	25.8	27.5	12.9	13.3	31.2	30.9	39	35
48	29.7	25.7	15.5	12.4	33.6	30.9	39	46
49	25.9	32.2	13.5	17.3	31.5	36.2	27	24
50	27.5	24.6	14.5	15.9	33.2		37	40
51	24.5	30.2	15.2	16.2	29.3		26	32
52	27.1	25.4	14.7	14.2	31.2		38	38
1	30.2		17.2		36.9		39	
2	30.2	30.7	19	16.6	36.7	33.6	43	37

<i>Tabel A10 vervolg</i>								
3	31	30.8	18.2	14.9	35.8	36.9	38	39
4	28.7	29.6	16.7	15.9	33.1	35	44	29
5	32.6	26	17.5	14.9	35.7	28.4	45	25
6	32.3	28.5	17.8	16.5	37.6	32.5	45	31
7	31.4		17.5		36.6	27	32	30
8	28.1		17		31.8	27.5	39	25
9	30.9		16.6		33.8	31.2	42	30
10	28.2	24.5	12.5	14.8	32	28	43	32
11	31.1	27.3	15.2	13.9	36.9	29.5	33	37
12	29.4	25.3	15.3	13.9	34.5	32.3	28	30
13	26.6	26.1	14.3	13.3	31.7	31.1	20	28
14	27.1	25.1	13.5	13.7	29.7	28.3	32	26
15	27.7	25.5	14.1	12.8	30.4	27.6	30	27
16	27.7	22	12.8	8.1	30.2	24.9	26	27
17	27.6	25.1	13	12.2	29.6	28.3	32	19
18	22.8	22.8	6.97	11	21.8	25.3	29	25
19	25.3	25.2	7.03	10.1	24.3	27.1	26	30
20	23.8	23.5	7.27	8.23	24.2	25.8	29	24
21	24.6	24	7.27	6.81	23.3	24.9	25	23
22	19.3	24.9	4.27	8.11	20.3	24.1	25	25

BYLAE B

Turbo Pascal program waarvolgens E_p volgens die Penman-Monteith formule bereken is.

USES CRT,Math;

CONST

```

Albedo = 0.23;
Absorptivity = (1-Albedo);
Es = 0.98;
StephBoltz = 5.67e-8;
Latitude = -24;
Altitude = 1200;
Alpha = 1.26;
Cp = 1.01e+3;
Rp = 286.9;
g = 9.8;
P0 = 101.3;
T0 = 288;
Z0 = 0;
ALR = 0.01;

E = 0.622;
k = 0.41;
h = 0.12;
Rc = 69;
d = 0.77*h;
Zm = 0.13*h;
Zh = 0.2*Zm;
Z = 1.5;

{ EmissivitySurface }
{ Stephan Boltzmann constant }
{ degrees North }
{ Quincy 1380m George 1150m }
{ Used in variable Priestly Taylor equation }
{ Specific heat of moist air J/kg/C }
{ Specific gas constant for dry air J/K/kg }
{ Gravitational constant m/s2 }
{ Standard air pressure at sea level kPa }
{ Standard kelvin temperature }
{ Sea level }
{ Adiabatic lapse rate (K/m) 0.01-dry, 0.0065-sat }
{ not sensitive to this value between 0 and 7000m }
{ ratio of molecular mass of air to water }
{ Von Karman constant }
{ reference height m }
{ canopy resistance reference s/m }
{ Zero plane displacement m }
{ Roughness parameter for momentum m }
{ Roughness parameter for heat and vapour m }
{ height of weather element measurement m }

```

TYPE

```

Atmos = RECORD
  St:real;      { Solar radiation - measured W/m2 }
  RH:real;      { Relative humidity - fraction }
  Rni:real;     { Net isothermal radiation W/m2 }
  VPD:real;     { vapour pressure deficit kPa }
  VSP:real;     { saturation vapour pressure kPa }
  VP:real;      { vapour pressure kPa }
  Eac:real;     { EmissivityAtmosphere }
  Ea:real;      { Clear sky emissivity }
  Ta:real;      { Air temperature C }
  Tw:real;      { Wet bulb temperature C }
  u:real;       { Wind speed m/s }
  Direc:real;   { Wind direction in degrees from N }
  Std_Dev:real; { Wind vector std dev }
  Precip:real   { Precipitation mm }
END;

```

VAR

```

Time:ARRAY[1..24] OF integer;    { Hours 1 - 24 }
Weath:ARRAY[1..24] OF Atmos;

```

```

Lat,SinLat,CosLat,P,Psy,Aero:real;
DOY:integer;
infile:text;
outfile,ETout:text;

```

(*****)

PROCEDURE InitialCalculations;

BEGIN

```

Lat:=Latitude*pi/180;      { Latitude in radians }
SinLat:=sin(Lat);
CosLat:=cos(Lat);
P:=P0*pow(((T0-ALR*(Altitude-Z0))/T0),(g/(ALR*Rp))); { atmosph press kPa }
Psy:=Cp*P/E;
Aero:=(ln((Z-d+Zh)/Zh))*(ln((Z-d+Zm)/Zm))/(k*k); {divide this by u to get
                                                    aerodynamic resistance Ra in s/m }

END;    { of PROCEDURE Latitude; }

(*****)
PROCEDURE OpenWeatherFile;

{ This procedure opens an hourly weather data file }

VAR
  inp:string;
  ok:boolean;

BEGIN
  clrscr;
  write('Enter input weather file name ');readln(inp);writeln;
{  inp:='L182-211.PRN';}

  REPEAT
    assign(infile,inp);
    {$I-} reset(infile) {$I+};
    ok:=(IORESULT=0);
    IF NOT ok THEN
      BEGIN
        CLRSCR;
        writeln('Weather data input file not found');
        write('Enter Weather data file name ');
        readln(inp);
        END;
      UNTIL ok;

END; {of PROCEDURE OpenWeatherFile}

(*****)
PROCEDURE OpenOutputFile;

VAR
  out:string;

BEGIN
{  out:='et.prn';}
  write('Enter output file name ');readln(out);
  assign(etout,out);
  rewrite(etout);
END;

(*****)
PROCEDURE ReadWeatherFile;

{ This procedure reads hourly weather data for a day from a file in the
  following order: DOY;Time;Ta;RH;St;u}

VAR
  hour:integer;
  Table:integer;

BEGIN

```

```

FOR hour:= 1 TO 24 DO
  WITH Weath[hour] DO
    BEGIN
      readln(infile,DOY,Time[hour],Ta,RH,St,u);
      writeln(DOY:5,Time[hour]:6,St:5:0,Ta:5:1,RH:6:0,u:5:1);
    END;
  {readln;}

END; {of PROCEDURE ReadWeatherFile}

(*****)
PROCEDURE VapourPressureDeficit;

VAR
  hour:integer;

BEGIN
  FOR hour:=1 TO 24 DO
    WITH Weath[hour] DO
      BEGIN
        SVP:=exp((16.78*Ta-117)/(Ta+237.3));
        VP:=RH/100*SVP;
        VPD:=SVP-VP;
      END;
    END;
  END;
(*****)

PROCEDURE IsothermalNetRadiation;

VAR
  hour:integer;
  SinDec,CosDec,X,HalfDay,PotSR>TotalSolar,TR:real;
  Dec,HrAngle,RelDist:real;

BEGIN
  Dec:=0.4093*sin(2*PI*(284+DOY)/365);
  Dec:=-Dec; { Southern hemisphere }
  SinDec:=sin(Dec);
  CosDec:=cos(Dec);
  RelDist:=1+0.033*cos(2*PI*DOY/365);
  HrAngle:=arccos(-tan(Lat)*tan(Dec)); { SunsetHourAngle }
  PotSR:=118.08*RelDist/PI*(HrAngle*SinLat*SinDec+sin(HrAngle)*CosLat*CosDec);
  {118.08 = 24hr/day*60min/hr*0.0820MJ/m^2/min(Solar const)}{MJ/m2/day}

  {SinDec:=0.39785*sin(4.869+0.0172*DOY+0.03345*sin(6.224+0.0172*DOY));
  CosDec:=sqrt(1-sqr(SinDec));
  X:=-SinLat*SinDec/(CosLat*CosDec);
  HalfDay:=PI/2-ARCTAN(X/sqrt(1-X*X));
  PotSR:=117.5*(HalfDay*SinLat*SinDec+CosLat*CosDec*sin(HalfDay))/PI;}

  TotalSolar:=0; {MJ/m2/day}
  FOR hour:=1 TO 24 DO
    WITH Weath[hour] DO
      BEGIN
        IF St<0 THEN St:=0;
        TotalSolar:=TotalSolar+St;
      END;
    END;

  TotalSolar:=TotalSolar/24*0.0864; { convert W/m2 to MJ/m2/day }
  TR:=TotalSolar/PotSR; { Transmissivity is actual solar radiation/potential }
  FOR hour:=1 TO 24 DO

```

```

WITH Weath[hour] DO
  BEGIN
    Ea:=0.768*pow(VP,0.142857142857);
    Eac:=Ea+(1-Ea)/(1+0.048*exp(7.1*TR));
    Ta:=Ta+273.15;    { Convert Celsius to Kelvin temperatures }
    Rni:=Absorptivity*St+(Eac-Es)*StephBoltz*sqr(sqr(Ta));
    Ta:=Ta-273.15;    { Convert temp back to Celsius }
  END;
END;    { of PROCEDURE IsothermalNetRadiation }
(*****)
PROCEDURE PenmanMonteith;

VAR
  Lambda:real;      { Latent heat of vapourization J/kg }
  PET:real;          { Potential evapotranspiration kg/m2/s }
  PETday:real;
  hour:integer;
  s:real;
  gamma:real;
  GammaStar:real;    { gamma*(1+Rc/Ra) }
  RadiationTerm:real; { Pen-Mon radiation term }
  AerodynamicTerm:real; { Pen-Mon aerodynamic term }
  Tv:real;           { Virtual temperature K }
  RhoAir:real;        { Air density kg/m3 }
  Ra:real;            { Aerodynamic resistance }

BEGIN

  PETday:=0;

  write('Time':7,'rHa':6,'PET':6,'PETday':8,'VPD':6,'PotTransp':10,
        'PotEvap':8,'PETpt':7,'PETday':8,'AlphaV':7);

  FOR hour:=1 TO 24 DO
    WITH Weath[hour] DO
      BEGIN
        writeln;
        s:=4098*SVP/sqr(Ta+237.3);    { temp in Celsius }
        Lambda:=1000000*(2.501-2.361e-3*Ta); { J/kg (temp in Celsius) }
        gamma:=Psy/Lambda;
        IF u=0 THEN u:=0.01;
        Ra:=Aero/u;
        GammaStar:=gamma*(1+Rc/Ra);
        RadiationTerm:=s/(s+GammaStar)*(0.9*Rni);    { W/m2 }
        Tv:=Ta+275;
        RhoAir:=1000*P/Tv/Rp;
        AerodynamicTerm:=RhoAir*Cp/Ra/(s+GammaStar)*VPD; { W/m2 }
        PET:=(RadiationTerm + AerodynamicTerm)/lambda*3600;

        IF PET<0 THEN PET:=0; { allow no condensation at night }
        PETday:=PETday+PET;
        writeln('PET ',hour,' = ',PET:5:3,' mm');
      END;
      writeln('DOY ',DOY:3,' PET = ',PETday:3:1,' mm');
      writeln(ETout,DOY:5,'PET',hour,' = ',PET:5:3,' mm ',PETday:5:1);
    END;    { of PROCEDURE PenmanMonteith }

  (*****)
  PROCEDURE CloseFiles;

  BEGIN
    close(infile);
    close(etout);
  END;

```

```

(*****
(*****      MAIN PROGRAM      *****)
BEGIN
  InitialCalculations;
  OpenWeatherFile;
  OpenOutputFile;
REPEAT
  BEGIN
    ReadWeatherFile;
    VapourPressureDeficit;
    IsothermalNetRadiation;
    PenmanMonteith;
  END;
UNTIL eof(infile);
  CloseFiles;
  writeln;
  writeln('Penman Monteith calculations complete, <ENTER> to proceed');
  readln;
END.

```

BESTUURSOPSOMMING : WATERVERBRUIK EN WATERVERBRUIKS-DOELTREFFENDHEID VAN GEMATIGDE AANGEPLANTE WEIDINGS ONDER BESPROEING

In Suid-Afrika word na raming reeds sowat 200 000 ha weidings besproei. Dit verteenwoordig ongeveer $1,5 \times 10^9$ m³ water wat per jaar op weidings gebruik word in terme van besproeiingswater. Die belangrikste areas waar aangeplante weidings oor die algemeen, en spesifiek weidings onder besproeiing, 'n al belangriker komponent van voerproduksie in die toekoms sal uitmaak, is onder andere die oostelike hoë reënvalgebiede van Suid-Afrika wat as die Drakensbergweigebied bekend staan. Ongeveer 60% van Suid Afrika se suiwelproduksie vind hier plaas. Van die belangrikste wolproduserende distrikte kom ook hier voor. Hierdie gebied se natuurlike weiveld is suurveld wat baie swak kwaliteit en produksie tydens die herfs, winter en lente het. Dit is voor die hand liggend dat voer in hierdie streek aangeplant moet word om voervloeiprobleme tydens sekere tye van die jaar te voorkom. Die gebied is 'n belangrike opvanggebied vir die Vaalrivierstelsel wat water aan die PWV-kompleks lewer en as sulks is kompetisie tussen die landbousektor en nywerhede om beskikbare oppervlaktewater baie sterk, en sal dit in die toekoms net groter word met toenemende uitbreiding van stede en industrieë. Daar is reeds beperkings op boere in die opvanggebied, in terme van die hoeveelheid afloopwater wat teruggehou mag word met die bou van plaasdamme.

Nog 'n strategies geleë area waar besproeiingswater op groot skaal op weidings gebruik word is die buitestedelike gebiede van die PWV-kompleks wat gekarakteriseer deur kleinboerderystelsels waar daar dikwels met vee geboer word of waar voer intensief geproduseer word. Die grootte van hierdie klein boerdery-eenhede noodsaak intensiewe verbouing en daarom word besproeiing op groot skaal toegepas. Besproeiingswater is tot 'n groot mate afkomstig uit ondergrondse bronne, en wetgewing sal in die toekoms al meer daarop gemik wees om gebruik van ondergrondse water verder te beheer, omdat stedelike gebiede al meer aanspraak daarop maak.

Die grondomskakelingskema waardeur marginale grond aan mielieproduksie onttrek is, en met behulp van staatsubsidies onder aangeplante weidings gevestig is, het aan die

einde van 1991 reeds tot gevolg gehad dat ongeveer 500 000 ha nuwe weidings gevestig was en ongeveer nog 500 000 ha in die proses was om gevestig te raak. Met die Nasionale Weidingstrategie is boere ook aangemoedig om aangeplante weidings te vestig sodat druk op die natuurlike veld, wat geweldig agteruit gegaan het, verlig kan word. Hierdie skemas kan moontlik daartoe lei dat meer besproeiingswater op aangeplante weidings gebruik word.

Boere besef dat besproeiingsdoeltreffendheid op hul weidings so hoog as moontlik moet wees en dat dit in die toekoms steeds sal moet toeneem. Hulle ervaar egter 'n gebrek aan inligting omdat min bekend is oor die waterbehoefte van aangeplante weidings in Suid-Afrika. Waterbehoefte is wel in die verlede vir lusern en ook vir enkele weidings in die Stellenboschomgewing bepaal. Die waterverbruik van Italiaanse Raaigras is in die verlede in lisimeters bestudeer om die gebruik van verskillende verdampingsformules te toets. Dit is gedoen om besproeiingskeduleringsmetodes in die algemeen vir Cedara, Pietermaritzburg te verfyn. Dit was in 1986 'n erkende feit dat daar min bekend was oor hoe Italiaanse raaigras op verskillende bestuurspraktyke reageer, en as daar in ag geneem word dat dit die mees algemeen besproeide weiding op Natalse veeplase is, beklemtoon dit die gebrek aan voldoende kennis om aangeplante weidings effektief te bestuur en te besproei. Die "groen boek" bevestig die probleem in terme van gebrek aan kennis oor waterverhoudings by weidings wanneer besproeiingsriglyne vir aangeplante weidings neergelê word met die kwalifikasie: "by gebrek aan spesifieke proefresultate is 'n enkele stel kriteria oor die algemeen in alle produksiegebiede van die Republiek van Suid-Afrika voorgeskryf".

Uit die literatuur was dit nie duidelik wat die presiese waterbehoefte van aangeplante weigewasse is, of watter kriteria vir die besproeiing daarvan moet geld nie. Dit is ook onduidelik hoe waterverbruik en opbrengs met mekaar verband hou. Waterverbruik word selde gemonitor. Besproeiing word gewoonlik slegs toegedien om te voorkom dat water beperkend raak en sodoende sekere behandelingseffekte vertroebel. Besproeiingskedules wat toegepas word, word soms gebaseer op vaste besproeiingskedules en -hoeveelhede. Ander navorsers het verdampingspanne en tensiometers gebruik en riglyne van toepassing op kontantgewasse toegepas. Soms word slegs gemeld dat die

proef onder besproeide toestande uitgevoer is sonder om enigsins te meld hoe besproeiing geskeduleer is.

Die leemte betreffende grond-plantwaterverhoudings in die algemeen en spesifiek oor besproeiingsnorme vir aangeplante weidings is in 1989 geïdentifiseer en die hipotese is gemaak dat verskillende wei- en voerspesie verskil ten opsigte van besproeiingskriteria en ten opsigte van hul reaksie op verskillende hoeveelhede toegediende water. Kleinperseelproewe met verskeie van die belangrikste gematigde weigewasse is in 1989 begin en het teen 1993 ten einde geloop, waaroor hier verslag gedoen word. Die hoof doelwitte van hierdie projek kan soos volg opgesom word:

- Om besproeiingskriteria vir verskillende gematigde weigewasse te ontwikkel en te bepaal of daar verskille tussen spesies is.
- Om verskillende gematigde weigewasse te evalueer ten opsigte van waterverbruiksdoeltreffendheid by optimale en sub-optimale besproeiingspeile.
- Om water-opbrengsfunksies vir die gekose weidings daar te stel vir gebruik by ekonomiese beplanning van optimum besproeiings- en opbrengspeile.

Die navorsing is in twee fases uitgevoer met eenjarige spesies wat in die eerste twee jaar bestudeer is en meerjarige spesies wat in die volgende twee jaar bestudeer is.

Die doelwitte is almal met sukses bereik. Dept. Waterwese het in die projektydperk reeds van die inligting gebruik vir beplanningsdoeleindes langs die Vaalrivier. Inligting het ook reeds voorligters en ander vakkundiges bereik wat deur hulle op boeredae gebruik is.

Die navorsing is met behulp van 'n kleinperseelveldproef onder 'n reënskerm uitgevoer om waterverbruik akkuraat vir 10 weidingsgewasse te bepaal. Eenjarige gematigde spesies was hawer, assegaaiklawer, koring, korog, en raigras. Hulle is vir twee jaar bestudeer waartydens ook die wisselwerking tussen waterverbruik en stikstofbe-

mesting in 'n enkelsprinkellynproef bepaal is. Die meerjarige spesies was kropaargras, witklawer, lusern, raaigras en langswenkgras.

Daar is tot die slotsom gekom dat 'n enkele stel besproeiingskriteria vir weidings ontoereikend is vir doeltreffende bespoeiingsbestuur en waterbenutting. Daar is gevind dat die weidings heelwat dieper wortelstelsels het as wat algemeen aanvaar word. Die worteldiepte van 300 mm wat in die verlede gebruik is, kan verhoog word vir al die weidings. Daar was besliste verskille in worteldiepte tussen die weidings. Raaigras en kropaargras het die vlakste wortelstelsels gehad. Hulle kon nogtans onder effens- sowel as ernstig gestremde toestande water onttrek tot 'n diepte van effens meer as 'n meter. 'n Effektiewe wortelstelsel van 800 mm sou vir hierdie gewasse aanbeveel kon word. Korog kon water effens dieper benut as genoemde gewasse. Hawer en langswenkgras het verbaas met hul besondere vermoë om grondwater te onttrek. Die volle diepte van 1,8 m wat gemonitor is, is benut. Dit was dan om dié rede te verstane dat die twee weidings baie droogteverdraagsaam voorgekom het. 'n Effektiewe worteldiepte van minstens 1,0 m sou vir hierdie twee gewasse aanbeveel kon word. Die drie peulplantweidings het water ook baie diep onttrek. Lusern is bekend vir 'n diep wortelstelsel en het ook die diepste wortelstelsel van al die weidings gehad. Dit het geskyn asof witklawer in die eerste jaar van aanplanting water dieper kon benut as die volgende jaar. 'n Effektiewe wortelstelsel van 1,0 m sou vir beide klawerspesies aanbeveel kon word.

Waterverbruikstempo's het baie deur die seisoen gevarieer as gevolg van sporadiese oes van die weidings, variasie in verdampingsaanvraag en daar was skynbaar ook spesieverskille. Waterverbruikstempo's was vir sekere tye van die jaar minder as 25 mm week⁻¹ (wat dikwels as norm gebruik word vir gematigde weidings). Die tempo's het baie kort na die winter toegeneem en waardes heelwat hoër as 25 mm week⁻¹ bereik.

Gewasfaktore is bepaal met gebruikmaking van die Penman-Monteith formule om potensiële evapotranspirasie te bepaal. Die benadering verduur kritiek omdat dit so situasiespesifiek is. Dit was nogtans handig om aan die hand daarvan die weidings wat onder dieselfde toestande in 'n spesifieke jaar verbou is, te vergelyk. Die situasie-

spesifiteit is bevestig deurdat gewasfaktore van die eenjarige spesies in die tweede jaar laer was toe daar net een keer per week besproei is in plaas van twee keer, soos in die vorige seisoen. Die gewasfaktore was ook duidelik telkens laer nadat daar geoes is. 'n Vergelyking van gewasfaktore tussen die eenjarige en meerjarige spesies mag daarop dui dat die meerjarige spesies hoër gewasfaktore gehad het omdat hulle met mikrosproeiers besproei is in teenstelling met vloedbesproeiing wat by die eenjariges toegepas is. Dit beklemtoon hoe belangrik bestuur is by die gewasfaktor wat verwag kan word. Gewasfaktorverskille tussen spesies het daarop gedui dat verskille moontlik ook toegeskryf kan word aan morfologiese verskille. Assegaaiklawer het byvoorbeeld 'n platliggende groeiwyse en het laer gewasfaktore as die ander eenjarige weidings gehad.

Van die eenjarige weidings kon hawer en korog die hoogste droëmateriaalopbrengste realiseer van meer as 17 000 kg ha⁻¹ in 1989. Hawer het 'n hoër produksietempo as die ander eenjarige weidings in die herfs gehad en ook in die lente baie hoë produksietempo's bereik. Meerjarige en eenjarige raaigras kon onder gunstige toestande ongeveer 14 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal lewer. Lusern en langswenkgras kon onder kontroletoestande ongeveer 25 000 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ lewer. Die weidings wat laer opbrengste gelever het, kon tot 'n mate daarvoor vergoed met baie goeie kwaliteit voer. Assegaaiklawer se produktiwiteit in die herfs en winter was besonder laag. Dit was wel hoog in die lente maar relatief tot die ander weidings kon dit nie vergoed vir vroeëre lae produktiwiteit nie. Dit was ook baie droogtesensitief, soos witklawer, en dié spesifieke cultivar sou minstens, in die lig van ander geskikte alternatiewe, nie vir aanplanting aanbeveel word nie.

Hoër stikstofbemesting het daartoe gelei dat besproeiingswater doeltrefferder benut is. Die waarneming, saam met die feit dat hawer en korog hoër opbrengste in die eerste jaar gerealiseer het toe daar minder dikwels geoes is, demonstreer hoe belangrik bestuur is by die opbrengs of WVD is wat verwag kan word. Uitermate hoë stikstofpeile onder straf gestremde toestande het nie 'n verswarende stremmingseffek veroorsaak, soos wat verwag is nie. Daar was, in teendeel, die tendens dat opbrengs by die strafte gestremde toestande positief gereageer het op die uitermate hoë stikstofpeile.

Die WVD-waardes was by al die eenjarige weidings se kontrole behandelings in die orde van $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Stremming het 'n toename in WVD by hawer veroorsaak en 'n afname by assegaaiklawer. Die ander gewasse het die potensiaal gehad om 'n redelike konstante WVD oor stremmingspeile te behou, mits stremming nie standverliese veroorsaak het nie. Hoë stikstofbemesting was noodsaaklik vir goeie WVD. By raaigras het die hoogste stikstofpeil WVD met bykans $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ laat toeneem. Die meerjarige weidings het oor die algemeen laer WVD-syfers gehad. Dit kan verstaan word, want hulle het ook tydens tye van die jaar met hoë verdampings-aanvraag, wanneer die gewasse redelik dormant geraak het, gegroei. Witklawer het oor die algemeen die laagste WVD gehad en kan beskou word as 'n luukse waterverbruiker.

Waterverbruik en opbrengs was by al die gewasse reglynig gekorreleer. Die verwantskappe wat daar bestaan het, het egter verskil tussen gewasse. Die kleinste helling het by hawer en lusern se wateropbrengskrommes voorgekom. Min reaksie is op addisionele water verkry omdat 'n klein hoeveelheid water genoeg was om redelik hoë opbrengsvlakke te verseker. Die lae helling is vir hawer verwag omdat dit so 'n droogteverdraagsame gewas was. Die lae helling by lusern was nie betekenisvol nie. Die ander weidings behalwe assegaaiklawer se hellings was in die orde van $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Die grootste helling is by assegaaiklawer gevind. Dit was in die orde van $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Dit kon verwag word omdat daar gevind is dat WVD by assegaaiklawer gedaal het met toenemende stremming. Daar is dus heelwat meer reaksie op addisionele water hoe hoër die besproeiingspeil is. Behalwe vir hawer, het die ander eenjarige weidings se wateropbrengsfunksies groter hellings gehad met toenemende stikstofbemesting. Daar kon dus beter op addisionele water gereageer word as bemestingsvlakke hoër was.

Sommige voerkwaliteitsparameters, soos droëmaterialeinhoud, het verbeter met toename in waterstremming. Die droëmaterialeinhoud was ongeveer 15 tot 20% vir die kontrole behandelings. Hierdie waarde kon soms met tot 17% toeneem onder straf gestremde toestande. Dit beteken dat diere meer droëmateriaal kan inneem op meer gestremde weidings en in terme van diereproduksie behoort te vergoed vir die afname

in droëmateriaalopbrengs wat verwag kan word onder stremmingstoestande. Die ander kwaliteitseienskappe was oor die algemeen hoër as wat vereis word vir goeie produksie van diere, daarom behoort die tendense wat waargeneem is nie van wesenlike belang te wees nie.

Ru-proteïeninhoud was oor die algemeen in die orde van 20% gewees vir die grasspesies en die peulplantgewasse se ontledings was, soos verwag, beter. 'n Beduidende besproeiingseffek is nie op proteïeninhoud waargeneem nie, behalwe vir eenjarige raaigras onder die reënskerm waarvan die proteïeninhoud later in die seisoen laer was by die kontrole behandeling. Dit kon moontlik toegeskryf word aan hoër onttrekking van stikstof in die hoog produserende behandeling as wat toegedien is. In die sprinkelproef was daar 'n tendens dat proteïeninhoud toeneem het met effense stremming onder toestande waar stikstof nie toegedien is nie. Daar was egter weer 'n afname as stremming te drasties geraak het. By hoë stikstofpeile was daar oor die algemeen afnemende proteïeninhoud met toenemende stremming by die grasse. Daar was met klawer se eerste snytel 'n toenemende tendens en met die ander snytels was daar nie 'n stremmingseffek nie. Dit skyn asof proteïenproduksie meer afhanklik was van totale droëmateriaalopbrengs as proteïeninhoud.

Fosforinhoud het in ooreenstemming met beskikbare literatuur gedaal met toenemende stremming. Die stremmingseffek op kaliuminhoud was nie groot nie, maar dit het tog geskyn asof stremming 'n afname in kaliuminhoud veroorsaak het. Daar was 'n effense afnemende tendens vir stremming in terme van kalsiuminhoud vir klawer, koring en korog. Die effense tendens wat by raaigras waargeneem is, was andersom. Magnesiuminhoud het by al die gewasse, behalwe raaigras, gedaal met toenemende stremming. Die nie-gestremde behandelings van hawer, assegaaiklawer en raaigras se magnesiuminhoud was in die orde van 0,35% teenoor ongeveer 0,25% vir koring en korog.

Slegs gepoeelde monsters is gebruik om verteerbaarheid te bepaal. Daar was wisselvalligheid sonder dat 'n baie duidelike tendens waargeneem is. Veteerbaarheid van die eenjarige weidings was oor die algemeen meer as 70 tot 80%. Dit was effens laer by die meerjarige weidings behalwe vir witklawer wat veteerbaarheid van meer

as 80% gehad het.

Die projek het reeds daartoe gelei dat verskeie ander projekte by die Universiteit van Pretoria geloods is om verwante aspekte te ondersoek. Daar word byvoorbeeld in samewerking met die Departement Veekunde ondersoek ingestel na die effek wat droëmateriaalinhoud van weiding op die prestasie van diere kan hê. Dit is inligting wat handig gebruik kan word om die resultate van snyproewe op weidings in verband te bring met diereprestasie. Modellerings moet dus sterk oorweeg word om al die veranderlikes in ag te neem (veral invloed op die dier) ten einde sinvolle aanbevelings te kan maak oor die besproeiingsbestuurstrategie wat gevolg moet word.

Nog 'n projek is deur die Departement Plantproduksie van stapel gestuur om ander eenjarige gematigde weidings wat nie in hierdie projek ingesluit kon word nie, te evalueer ten opsigte van waterverbruiksdoeleltreffendheid en groeikragtigheid deur die seisoen. Daar is ook programme geloods om droogteverdraagsaamheid van verskillende grasspesies, lyne en cultivars te ondersoek. 'n Behoefte wat nog bestaan is om ekonomiese modelle daar te stel omdat daar vanuit 'n ekonomiese oogpunt beplan behoort te word en nie slegs vanuit 'n maksimum waterverbruiksdoeleltreffendheid oogpunt nie.

Die resultate oor besproeiingsnorme soos worteldieptes en gewasfaktore behoort gesien te word as slegs 'n basis wat geskep is omdat hierdie tipe inligting in effek nie voorheen vir Suid-Afrikaanse toestande beskikbaar was nie. Dit kan dien as vertrekpunt vir toekomstige navorsing. 'n Leemte wat nog bestaan en aandag behoort te geniet is om die invloed van grondtipe en ontblaringstrategie te bestudeer. Grondtipe kan wortelontwikkeling baie beïnvloed en as sulks sal dit 'n invloed uitoefen oor waterverbruikstempo, opbrengs en droogteverdraagsaamheid. Net so sal die ontblaringsfrekwensie en -intensiteit ook waterverbruikstempo en opbrengs beïnvloed. 'n Modelleringsbenadering behoort gebruik te word om waterverbruik en groei te voorspel. Empiriese navorsingsresultate kan dan gebruik word om die modelle te verfyn en te verifieer. Slegs modelle sal korttermynvariasie in waterverbruikstempo as gevolg van ontblaring en ander faktore bevredigend in ag kan neem vir suksesvolle besproeiingskedulering van aangeplante weidings.

resultate wat aangebied sal word, was swak.

Raaigras en lusern is teen digthede van 20 kg ha⁻¹ saad geplant. Langswenk-, kropaargras en witklawer is teen peile van onderskeidelik 12, 25 en 5 kg ha⁻¹ saad geplant. Die weidings is almal ook in 20 cm wye rytjies geplant.

3.6 SNYBEHANDELINGS

Eenjarige spesies

Koring, korog en hawer is gesny wanneer die kontrole behandeling 'n hoogte van ongeveer 250 mm bereik het. Hierdie gewasse is op 'n hoogte van 75 mm afgesny. Daar is vooraf besluit dat die kleingrane net vir voer gesny sou word totdat die halms begin verleng het, maar die koringcultivar (Inia) wat in die eerste seisoen gebruik is, het so vinnig ontwikkel dat groeipunte reeds met die eerste snysel wat geneem is, verwyder is. Daar is nogtans vir 'n tweede keer ook gesny voordat die koring gelaat is om finaal uit te groei en graan te produseer. Korog en hawer is 'n derde keer gesny voordat halmverlenging plaasgevind het, en hulle gelaat is om graan te produseer. In 1990 is al die kleingrane vyf keer gedurende die seisoen gesny, ongeag of daar groeipuntskade was of nie, voordat hulle gelaat is om uit te groei. Die laaste snysel is geneem toe die graan al ryp was. Dit is gedoen om meer droëmateriaal as groenvoer te kon produseer.

Klawer en raaigras is in die eerste seisoen op 'n hoogte van 30 mm gesny sodra plante van die kontrole behandelings ongeveer 150 mm hoog was. Behalwe vir klawer, het die ander gewasse telkens prakties ewe gou die snyhoogte bereik. In die tweede seisoen is besluit om dieselfde snyhoogtes te gebruik, maar sodra een van die gewasse reg was om gesny te word, is al die ander gewasse ook gesny sodat dit statisties makliker was om vergelykings tussen die groeitempo's van die verskillende gewasse te tref.

Meerjarige spesies

Raaigras en witklawer is gesny wanneer die kontrole behandeling 'n gemiddelde blaardakhoogte van 250 mm bereik het. Die ander weidings is gesny wanneer hul

snysel geneem is. Die N-bemestingsbehandelings was dieselfde vir al die gewasse. Met vestiging is 100 kg ha^{-1} N toegedien. Bobemestingshoeveelhede was aanvanklik 50 kg ha^{-1} N na elke snysel, maar na die vierde snysel is slegs stikstof wat deur die betrokke behandelingskombinasie onttrek is, aangevul. 'n Onttrekkingsyfer van 3,4% is gebruik na aanleiding van blaarontledings wat die vorige jaar gedoen is. Alle bobemestings is met minstens 20 mm water in die grond ingewas.

Meerjarige spesies

Fosfor en kalium is voor vestiging ingewerk teen peile van onderskeidelik 30 kg ha^{-1} P en 50 kg ha^{-1} K. Stikstof is, behalwe vir die peulgewasse wat geënt is, met vestiging toegedien teen 50 kg ha^{-1} N. Die grasweidings is na elke snysel wat geneem is, bemes met stikstofpeile wat ooreengekom het met die onttrekkingshoeveelheid van die vorige snysel. Daar is van die veronderstelling uitgegaan dat 5% N op 'n droëmassabasis onttrek kon word. Die bemesting is ingewas tydens die normale besproeiings wat toegedien is. Kalium is na elke snysel aan die twee peulgewasse toegedien teen 50 kg ha^{-1} K.

3.5 PLANTTYD EN SAAIDIGTHEID

Eenjarige spesies

Daar is in beide seisoene van vestiging, op 14 Maart gesaai. Koring, hawer en korog is gesaai teen $100 \text{ kg saad ha}^{-1}$, terwyl raaigras en assegaaiklawer gevestig is teen onderskeidelik 25 en $15 \text{ kg saad ha}^{-1}$, om 'n goeie stand te verseker. Die weidings is in 20 cm wye rytjies gevestig.

Meerjarige spesies

Al die weidings is op 5 Maart 1991 geplant. Lusern het binne vier dae opgekom gevolg deur witklawer. Kropaar- en langswenkgras het na sewe dae begin opkom en die opkoms het oor etlike dae gestrek. Die vestiging en bedekking van die grondoppervlakte het redelik stadig verloop. Nadat die kropaar- en raaigras in die somer vanweë hoë temperature gevrek het, is daar weer in 1992 gevestig. Daar is middel Februarie geplant om tyd te probeer wen, maar dit was skynbaar nog te warm, want opbrengs-

Vanaf middel Desember is al die raai- en kropaarbehandelings weekliks besproei tot veldkapasiteit omdat standverliese begin voorkom het. Die weidings het nogtans in Januarie gevrek (kontroles ingesluit) sodat daar oor gevestig moes word vir die tweede jaar.

Die besproeiingsbehandelings soos beskryf vir die aanvang van die proef met die meerjarige weidings, is in die tweede jaar vanaf die herfsmaande toegepas. Die W4-behandelings se besproeiingspeile is in die lente verhoog tot 35% en hulle is saam met die W3-behandeling elke tweede week besproei. Behandelings wat 'n grondwatertekort van ongeveer 90 mm in die boonste meter grond ontwikkel het, is weer tot by veldkapasiteit besproei. Die besproeiingsbehandelings vir langswenkgras is gedurende Januarie 1993 opgeskort omdat die erg gestremde behandelings ernstig swaar gekry het. Geen een van die grasweidings is na einde November van die tweede jaar gedurende die warm somermaande gesny nie, in 'n verdere poging om die weidings beter te laat oorleef.

3.4 BEMESTING

Eenjarige spesies

Bemestingshoeveelhede is na aanleiding van grondontledings (Tabel A1) en riglyne neergelê deur Buys (1985) bepaal. Met die aanvang van die proef in 1989 is dolomitiese kalk teen 2 000 kg ha⁻¹, en fosfor en kalium teen 40 en 247 kg ha⁻¹ P en K onderskeidelik toegedien. Dit is voor vestiging met spitvurke tot op 'n diepte van ongeveer 200 mm ingewerk. Nadat raaigras vir die derde keer gesny is, was die hergroei nie na verwagting nie en is kalium teen 50 kg ha⁻¹ K na elke verdere snysel toegedien. Stikstof is met vestiging toegedien teen 100 kg ha⁻¹ N, behalwe vir assegaaiklawer wat daarsonder gevestig is. Die klawer is met *Rhizobium*-bakterieë geënt maar na baie stadige vestiging het hierdie gewas ook, soos al die ander gewasse, 50 kg ha⁻¹ N na elke snysel ontvang.

Fosfor en kalium is in 1990 toegedien teen peile van onderskeidelik 25 en 300 kg ha⁻¹ P en K. 'n Bykomstige bobemesting van 100 kg ha⁻¹ K is toegedien nadat die vierde

moniteringsdiepte (1,8 m) is dus in die grondwaterbalansvergelyking waarmee waterverbruik weekliks bepaal is, as nul aanvaar. In die tweede seisoen is 'n maksimum van 1,2 m as onttrekkingsdiepte aanvaar, na aanleiding van resultate wat die vorige seisoen behaal is.

In 1990 is die stremmingsbehandelings verander sodat wyer speling tussen waterverbruikshoeveelhede verkry kon word as wat in die vorige seisoen verkry is. Die behandelings wat toegepas is, was soos volg:

W1 - kontrole, besproei weekliks tot by die boonste grens van plantbeskikbare water

W2 - besproei weekliks teen 75% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

W3 - besproei weekliks teen 50% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

W4 - besproei weekliks teen 25% van die hoeveelheid toegedien aan kontrole

Meerjarige spesies

Die volgende behandelings is in die eerste jaar toegepas:

W1 - kontrole, weekliks besproei tot veldkapasiteit

W2 - Besproei weekliks teen 75% van wat aan kontrole toegedien is

W3 - besproei elke tweede week teen 50% wat in die voorafgaande tydperk aan die kontrole toegedien is

W4 - besproei elke derde week teen 25% wat in die voorafgaande tydperk aan die kontrole toegedien is

Die kontrole behandeling se besproeiingshoeveelheid was net genoeg om die eerste meter grond diepte tot by veldkapasiteit te bring. Die hoeveelheid besproeiing wat aan die W4-behandeling toegedien is, is einde Augustus opwaarts aangepas tot 35% van die kontrole se besproeiingshoeveelheid. Hierdie behandeling is toe ook elke twee weke besproei om te keer dat die behandeling gedurende die warm maande uitsterf. Raaigras se W3- en W4-behandelings het later steeds sigbaar swaar gekry en hul besproeiingshoeveelhede is einde Oktober weer aangepas tot onderskeidelik 65% en 50%.

Meerjarige spesies

Langswenkgras (*Festuca arundinacea* cv. Festal), kropaargras (*Dactylis glomerata* cv. Hera) en meerjarige raaigras (*Lolium perenne* cv. Ellet) is as grasspesies gekies. Witklawer (*Trifolium repens* cv. Ladino) is as peulgewas gekies met lusern (*Medicago sativa* cv. Pierce) die kontrole gewas.

3.3 BESPROEIINGSPEILE

Die gewasse is aan vier waterstremmingspeile onderwerp. Daar is besluit om, as gevolg van die moontlikheid van differensiële wortelgroei- en produksietempo's, die stremmingsbehandelings relatief tot elke gewas se kontrole behandeling toe te pas.

Eenjarige spesies

Blaarwaterpotensiale (Ψ_l), wat tussen 12:00 en 15:00 met 'n Scholanderdrukkamer bepaal is, is in 1989 as kriterium gebruik om tussen stremmingsbehandelings te differensieer. Na aanleiding van Joubert (1987) en Oosterhuis & Walker (1982) is besluit om, nadat vestiging op 'n nat grondprofiel gedoen is, die volgende behandelings toe te pas:

W1 - kontrole, besproei weekliks (twee keer per week in lente en somer)

W2 - besproei wanneer Ψ_l 0,7 MPa laer was as dié van kontrole

W3 - besproei wanneer Ψ_l 1,3 MPa laer was as dié van kontrole

W4 - besproei wanneer Ψ_l 1,8 MPa laer was as dié van kontrole

Besproeiingshoeveelhede is bepaal nadat daar met die neutronwatermeter gemeet is hoeveel water nodig was om die grond weer tot by die boonste grens van plantbeskikbare water te bring. Verskille in terme van die gewasse se worteldieptes was nie bekend nie, daarom is die diepte van wateronttrekking vir besproeiingsdoeleindes in die eerste seisoen so gekies dat daar nog 'n 200 mm grondlaag onder die gekose besproeiingsdiepte oorgebly het, wat besig was om droër te raak. Sodoende is sorg gedra dat daar 'n laag met wortels in die profiel was waarin dreineringswater kon plaasvind, waarvan die waterinhoud met die watermeter gemeet kon word. Dreineringswater verby die

van die meerjarige spesies is die grond weer goed oorbesproei om moontlike opbou van soute teen te werk.

Besproeiingsmetode

Besproeiing is vir die eerste twee jaar met behulp van 'n vloedsisteem toegepas. 'n Netwerk dun plastiekpyp met 'n aantal uitlate het verseker dat staande water oor die hele oppervlakte in 'n kort rukkie verkry is sodat waterverspreiding egalig was. Klein hoeveelhede water kon nie die grondoppervlak heeltemal bedek nie, daarom is van 'n skuifbare raam waarop mikrospuite gemonteer is, gebruik gemaak vir beter verspreiding wanneer klein hoeveelhede toegedien moes word. Die meerjarige spesies is met permanent geïnstalleerde mikrosputjies besproei. 'n Kraansisteem met Kent watermeters (nr. 3) is gebruik om besproeiingshoeveelhede mee te kontroleer.

Bepaling van blaarwaterpotensiaal

Middel van die dag bepaalde blaarwaterpotensiale is in die eerste jaar gebruik om tussen besproeiingsbehandelings te differensieer. Dit is met 'n Scholander drukkamer bepaal (Scholander, Hammel, Bradstreet & Hemmingsen, 1965). Geselekteerde monsterblare (jongste volwasse blaar) is vooraf in 'n klam kaasdoekie toegevou om uitdroging na die afsny daarvan te verhoed. Hierna is dit in 'n plastiek sakkie geplaas, afgesny en net so in die drukkamer geplaas vir bepaling van die druklesing sodra water op die blaarsnyvlak verskyn het.

3.2 SPESIES EN CULTIVARS

Eenjarige spesies

Hawer (*Avena sativa* L. cv. Overberg), assegaaiklawer (*Trifolium vesiculosum* Savi. cv. Yuchi), Korog (*Triticum aestivum* L. x *Secale cereale* L. cv. R1), eenjarige raaigras (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Midmar) en koring (*Triticum aestivum* L.) is met mekaar vergelyk. Koring is as kontrole gewas ingesluit en die cultivar Inia is slegs in die eerste jaar gebruik. Hierna is Scheepers 69 as koringcultivar gebruik omdat dit 'n groter koue behoefte het as Inia en dus beter vir beweidingsdoeleindes sou wees.

HOOFSTUK 3

ALGEMENE PROSEDURE

Veldproewe is op die Hatfield Proefplaas van die Universiteit van Pretoria uitgevoer. 'n Kleinperseelproef onder 'n outomatiese reënskerm is uitgevoer om waterbehoefte te bepaal. 'n Linieëre sprinkelproef is gedurende die tweede jaar uitgevoer om die wisselwerking tussen besproeiingspeil en stikstofbemesting by die eenjarige spesies te kwantifiseer.

3.1 AUTOMATIESE REËNSKERM

'n Reënskerm wat tydens reënbuie outomaties oor die proefpersele skuif, is gebou om te keer dat waterstremmingsbehandelings ontydig opgehef word. Klein perseeltjies van 2,0 x 2,5 m was nodig om die bepaalde aantal persele onder die reënskerm te kon inpas. Netto persele van 1 x 1 m is gebruik vir opbrengsbepalings. Wortelafskortings is 1,2 m diep in die grond gebou deur van asbessementplate gebruik te maak. Die natuurlike grondprofiel is minimaal versteur deurdat die plate in slootjies wat net 150 mm wyd was, geïnstalleer is.

Beskrywing van proefgrond

Volgens die binomiale grondklassifikasiesetel (Macvicar, De Villiers, Loxton, Verster, Lamprecht, Merryweather, Le Roux, Van Rooyen & Harmse, 1977) was die proefgrond 'n Shorrocksree van die Huttonvorm met ongeveer 30 % klei in die bogrond. Oulandsgras vir hooiproduksie is vir etlike jare voordat die proef uitgelê is, op die grond verbou. Die chemiese samestelling van die grond word in Tabel A1 (Bylae A) aangedui. Die grond was tot op 'n diepte van 1,2 m baie homogeen waarna dit gruiserig begin word het. Die matriksdigtheid het met toenemende diepte gevarieer soos aangetoon in Tabel A2. Die boorgatwater wat vir besproeiing gebruik is, het 'n pH van 8,3 en die elektriese geleidingsvermoe is 14 mS m⁻¹. Die grond is na die eerste jaar goed deurweek om verdere vassakking van die grond, waar die slote vir installering van die wortelafskortings gegrawe is, te bevorder. Net voor vestiging

Van Eck, Van Niekerk & Robertson, 1988; Snyman, 1989; Opperman & Roberts, 1975; Opperman, Human & Viljoen, 1977; Snyman, Opperman & Van der Berg, 1980), maar dieselfde tipe inligting is byna nie verkrygbaar vir aangeplante weidings nie. Navorsing is wel dikwels op besproeide aangeplante weidings gedoen sonder dat waterverbruik gemonitor is. Le Roux, Howe & Du Toit (1990), Le Roux, Howe, Du Toit & Iveson (1991) en Van Heerden & Tainton (1988) het verskillende omgewingsveranderlikes met opbrengs in verband gebring sodat produksiemodelle ontwikkel kon word. Produksiemodelle sal beslis verfyn word en meer toepassingswaarde hê, as goeie inligting oor grond-plantwaterverhoudings en die effek daarvan op produksie en opbrengs, geïnkorporeer kan word.

Die leemte betreffende grond-plantwaterverhoudings in die algemeen en spesifiek oor besproeiingsnorme is in 1989 geïdentifiseer en die hipotese is gemaak dat verskillende wei- en voerspesie verskil ten opsigte van besproeiingskriteria en ten opsigte van hul reaksie op verskillende hoeveelhede toegediende water. Kleinperseelproewe met verskeie van die belangrikste gematigde weigewasse is in 1989 begin en het teen 1993 ten einde geloop, waaroor hier verslag gedoen word. Die hoof doelwitte van hierdie projek kan soos volg opgesom word:

- Om besproeiingskriteria vir verskillende gematigde weigewasse te ontwikkel en te bepaal of daar verskille tussen spesies is.
- Om verskillende gematigde weigewasse te evalueer ten opsigte van waterverbruiksdoeltreffendheid by optimale en sub-optimale besproeiingspeile.
- Om water-opbrengsfunksies vir die gekose weidings daar te stel vir gebruik by ekonomiese beplanning van optimum besproeiings- en opbrengspeile.

Die navorsing is in twee fases uitgevoer met eenjarige spesies wat in die eerste twee jaar bestudeer is en meerjarige spesies wat in die volgende twee jaar bestudeer is.

wanneer besproei moes word. Bittman & Simpson (1987) het teen peile van 26 mm in die een seisoen en 50 mm die volgende besproei wanneer tensiometers op 20 en 40 cm diepte 'n gemiddelde lesing van -0,07 MPa gegee het. Pritchard (1987) het besproei sodra 65 tot 75 mm uit die pan verdamp het en dan is daar vir ses ure lank vloed-besproeiing toegepas, "net om seker te maak dat die grondprofiel weer ten volle benat is". Van Heerden (1986) wat gematigde weidings onder besproeiing in Suid Afrika aangeplant het, het besproei teen peile van "25 mm per keer, elke week of twee-weekliks, afhangende van die heersende omstandighede" en Goodenough, Macdonald & Morrison (1984) het weidings besproei teen 25 mm week⁻¹ "in die afwesigheid van voldoende reën".

Voorafgaande metodes van besproeiingskedulering is onder wyd uiteenlopende toestande gedoen en die metodes is vaag beskryf, maar die besproeiingshoeveelhede van 25 en 50 mm wat dikwels gebruik word, laat die indruk ontstaan dat dit die onttrekkingshoeveelhede is wat onderskeidelik vir gematigde en subtropiese weidingsgewasse gebruik moet word. In Suid-Afrika het hierdie hoeveelhede byna die norm geword by weidings onder besproeiing. Daar sou egter verwag word dat die gematigde gewasse wat tydens die koel seisoen van die jaar verbou word, wanneer die verdampingsaanvraag nie so hoog is nie, 'n groter onttrekkingshoeveelheid as 25 mm sou kon toelaat voordat stremming intree. Worteldieptes speel 'n belangrike rol wanneer onttrekkingshoeveelhede bereken word en gematigde weigewasse is in die verlede in die nie-wetenskaplike pers voorgehou as gewasse met uiters vlak wortelstelsels. Green (1985) het 'n konstante worteldiepte van 300 mm en grondwateronttrekkingshoeveelheid van 60% by die opstel van kriteria vir besproeiingskedulering van aangeplante weidings gebruik. Mottram & Minnaar (1975) het 250 mm worteldieptes vir grasspesies in die algemeen voorgestel met die verduideliking van 'n tegniek wat vir besproeiingsskedulering gebruik kan word. Dit is nie bekend of hierdie gekose waardes korrek is, hoeveel oor- of onderbesproeiing moontlik voorkom en of verskillende weidingsgewasse van mekaar verskil ten opsigte van besproeiingskriteria nie.

Dit is interessant dat daar in Suid-Afrika in die verlede navorsing gedoen is oor evapotranspirasie en waterverbruiksdoeeltreffendheid van natuurlike weidings (Moore,

aan inligting omdat min bekend is oor die waterbehoefte van aangeplante weidings in Suid-Afrika. Waterbehoefte is wel in die verlede vir lusern (Beukes & Barnard, 1985; Beukes & Weber, 1981), en ook vir enkele weidings in die Stellenbosch-omgewing bepaal (Van Heerden & Beukes, 1984). Mottram, de Jager & Minaar (1977) het die waterverbruik van Italiaanse Raaigras in lisimeters bestudeer om die gebruik van verskillende verdampingsformules te toets. Dit is gedoen om besproeiingskeduleringsstegnieke in die algemeen vir Cedara, Pietermaritzburg te verfyn. Volgens Smith, Bransby & Tainton (1986) is daar min bekend oor hoe Italiaanse raaigras op verskillende bestuurspraktyke reageer, en as daar in ag geneem word dat dit die mees algemeen besproeide weiding op Natalse veeplase is (Heard *et al.*, 1984), beklemtoon dit die gebrek aan voldoende kennis om aangeplante weidings effektief te bestuur en te besproei. Green (1985) bevestig die probleem in terme van gebrek aan kennis oor waterverhoudings by weidings wanneer hy besproeiingsriglyne vir aangeplante weidings neerlê en sê: "by gebrek aan spesifieke proefresultate is 'n enkele stel kriteria oor die algemeen in alle produksiegebiede van die Republiek van Suid-Afrika voorgeskryf".

Uit die literatuur is dit nie duidelik wat die presiese waterbehoefte van aangeplante weigewasse is, of watter kriteria vir die besproeiing daarvan moet geld nie. Dis ook onduidelik hoe waterverbruik en opbrengs met mekaar verband hou. Waterverbruik word selde gemonitor. Besproeiing word gewoonlik slegs toegedien om te voorkom dat water beperkend raak en sodoende sekere behandelingseffekte vertroebel. Besproeiingskedules wat toegepas word, word soms gebaseer op vaste besproeiingskedules en -hoeveelhede (Lowe & Bowdler, 1988). Pritchard (1987) en Sharma (1987) het 'n verdampingspan en Bittman & Simpson (1987) het tensiometers gebruik om die aanvang van 'n besproeiingsbehoefte aan te dui. Soms word slegs gemeld dat die proef onder besproeide toestande uitgevoer is sonder om enigsins te meld hoe besproeiing geskeduleer is (Raguse, Hull & Delmas, 1980; Garwood *et al.*, 1982).

Lowe & Bowdler (1988) het meerjarige raaigras en hawer besproei teen "aanbevole peile van 50 mm elke twee tot drie weke". Sharma (1987) se besproeiingsbehandeling is toegepas deur 50 mm te laat onttrek voordat water weer toegedien is en 'n gewasfaktor van 0,9 het gegeld met die gebruik van 'n verdampingspan om te beraam

beperkings op boere in die opvanggebied, in terme van die hoeveelheid afloopwater wat teruggehou mag word met die bou van plaasdamme.

Die buitestedelike gebiede van die PWV-kompleks word gekarakteriseer deur kleinboerderystelsels waar daar dikwels met vee geboer word of waar voer intensief geproduseer word. Die grootte van hierdie klein boerdery-eenhede noodsaak intensiewe verbouing en daarom word besproeiing op groot skaal toegepas. Besproeiingswater is tot 'n groot mate afkomstig uit ondergrondse bronne, en wetgewing sal in die toekoms al meer daarop gemik wees om gebruik van ondergrondse water verder te beheer, omdat stedelike gebiede al meer aanspraak daarop maak.

Die grondomskakelingskema waardeur marginale grond aan mielieproduksie onttrek is, en met behulp van staatsubsidies onder aangeplante weidings gevestig is, het aan die einde van 1991 reeds tot gevolg gehad dat ongeveer 500 000 ha nuwe weidings gevestig was en ongeveer nog 500 000 ha in die proses was om gevestig te raak. Met die Nasionale Weidingstrategie is boere ook aangemoedig om aangeplante weidings te vestig sodat druk op die natuurlike veld, wat geweldig agteruit gegaan het, verlig kan word. Hierdie skemas kan moontlik daartoe lei dat meer besproeiingswater op aangeplante weidings gebruik word.

Daar kan verwag word om met gematigde voergewasse onder besproeiing ongeveer 10 000 tot 14 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal per seisoen te produseer (Garwood, Tyson & Roberts, 1982; Lowe & Bowdler, 1988; Sharma, 1987). Die opbrengsvermoë van subtropiese voergewasse is hoër en volgens Muldoon (1986) en Bittman & Simpson (1987) kan droëmateriaalopbrengste van 13 000 tot 20 000 kg ha⁻¹ behaal word onder besproeiing. Opbrengste vir mielies en voersorghum onderskeidelik, kan tot 21 000 en 27 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal toeneem as daar slegs een keer aan die einde van die seisoen geoes word (Pritchard, 1987). Opbrengste wat behaal kan word, is egter afhanklik van hoe effektief besproei en bestuur word.

Boere beseft dat besproeiingsdoeltreffendheid op hul weidings so hoog as moontlik moet wees en dat dit in die toekoms steeds sal moet toeneem. Hulle ervaar egter 'n gebrek

HOOFSTUK 2

INLEIDING

Droëmateriaalopbrengste van voer- en weigewasse onder droëland wissel geweldig tussen jare as gevolg van wisselvallige reënval. Dit is 'n probleem wat voervloeibepanning bemoeilik. Davies & Morgan (1982) wat verskillende koelseisoengewasse onder droëland in Wallis bestudeer het, het gevind dat daar meer as 20% variasie in die produksievermoë van weidingsgewasse tussen seisoene voorgekom het en daar was ook groot verskille tussen die spesies wat gebruik is. In Suid Afrika met besonder swak reënvalverspreiding kan heelwat meer wisselvalligheid voorkom. Volgens Le Roux, Daines, Ingpen, Oosthuysen & Swart (1991) het opbrengste van assegaaiklawer (gematigde gewas) onder droëland gewissel tussen 16 800 en 3 700 kg ha⁻¹ in die Oostelike Kaapprovinsie. Die probleem met somergroeiende weidings is dat produksietempo's in die somer hoog is, maar die lignifikasietempo is ook hoog sodat ernstige kwaliteitsprobleme sekere tye van die jaar ondervind word (Omaliko & Obioha, 1981). Besproeiing kan die probleem van wisselvallige voervloeitempo en voerkwaliteit die hoof bied.

Regoor Suid Afrika word na raming reeds sowat 200 000 ha weidings besproei. Die belangrikste areas waar aangeplante weidings oor die algemeen, en spesifiek weidings onder besproeiing, 'n al belangriker komponent van voerproduksie in die toekoms sal uitmaak, is onder andere die oostelike hoë reënvalgebiede van Suid-Afrika wat as die Drakensbergweigebied bekend staan. Ongeveer 60% van Suid Afrika se suiwelproduksie vind hier plaas. Van die belangrikste wolproduserende distrikte kom ook hier voor. Hierdie gebied se natuurlike weiveld is suurveld wat baie swak kwaliteit en produksie tydens die herfs, winter en lente het. Dit is voor die hand liggend dat voer in hierdie streek aangeplant moet word om voervloeiprobleme tydens sekere tye van die jaar te voorkom. Die gebied is 'n belangrike opvanggebied vir die Vaalrivierstelsel wat water aan die PWV-kompleks lewer en as sulks is kompetisie tussen die landbousektor en nywerhede om beskikbare oppervlaktwater baie sterk, en sal dit in die toekoms net groter word met toenemende uitbreiding van stede en industrieë. Daar is reeds

Die projek het reeds daartoe gelei dat verskeie ander projekte by die Universiteit van Pretoria geloods is om verwante aspekte te ondersoek. Daar word byvoorbeeld in samewerking met die Departement Veekunde ondersoek ingestel na die effek wat droëmaterialeinhoud van weiding op die prestasie van diere kan hê. Dit is inligting wat handig gebruik kan word om die resultate van snyproewe op weidings in verband te bring met diereprestasie. Modellerings moet dus sterk oorweeg word om al die veranderlikes in ag te neem (veral invloed op die dier) ten einde sinvolle aanbevelings te kan maak oor die besproeiingsbestuurstrategie wat gevolg moet word.

Nog 'n projek is deur die Departement Plantproduksie van stapel gestuur om ander eenjarige gematigde weidings wat nie in hierdie projek ingesluit kon word nie, te evalueer ten opsigte van waterverbruiksoeltreffendheid en groeikragtigheid deur die seisoen. Daar is ook programme geloods om droogteverdraagsaamheid van verskillende grasspesies, lyne en kultivars te ondersoek. 'n Behoeftes wat nog bestaan is om ekonomiese modelle daar te stel omdat daar vanuit 'n ekonomiese oogpunt beplan behoort te word en nie slegs vanuit 'n maksimum waterverbruiksoeltreffendheid oogpunt nie.

Die resultate oor besproeiingsnorme soos worteldieptes en gewasfaktore behoort gesien te word as slegs 'n basis wat geskep is omdat hierdie tipe inligting in effek nie voorheen vir Suid-Afrikaanse toestande beskikbaar was nie. Dit kan dien as vertrekpunt vir toekomstige navorsing. 'n Leemte wat nog bestaan en aandag behoort te geniet is om die invloed van grondtipe en ontblaringstrategie te bestudeer. Grondtipe kan wortelontwikkeling baie beïnvloed en as sulks sal dit 'n invloed uitoefen oor waterverbruikstempo, opbrengs en droogteverdraagsaamheid. Net so sal die ontblaringsfrekwensie en -intensiteit ook waterverbruikstempo en opbrengs beïnvloed. 'n Modelleringsbenadering behoort gebruik te word om waterverbruik en groei te voorspel. Empiriese navorsingsresultate kan dan gebruik word om die modelle te verfyn en te verifieer. Slegs modelle kan korttermynvariasie in waterverbruikstempo as gevolg van ontblaring en ander faktore bevredigend in ag neem vir suksesvolle besproeiingskedulering van aangeplante weidings.

van diere, daarom behoort die tendense wat waargeneem is nie van wesenlike belang te wees nie.

Ru-proteïeninhoud was oor die algemeen in die orde van 20% gewees vir die grasspesies en die peulplantgewasse se ontledings was, soos verwag, beter. 'n Beduidende besproeiingseffek is nie op proteïeninhoud waargeneem nie, behalwe vir eenjarige raaigras onder die reënskerm waarvan die proteïeninhoud later in die seisoen laer was by die kontrole behandeling. Dit kon moontlik toegeskryf word aan hoër onttrekking van stikstof in die hoog produserende behandeling as wat toegedien is. In die sprinkelproef was daar 'n tendens dat proteïeninhoud toeneem het met effense stremming onder toestande waar stikstof nie toegedien is nie. Daar was egter weer 'n afname as stremming te drasties geraak het. By hoë stikstofpeile was daar oor die algemeen afnemende proteïeninhoud met toenemende stremming by die grasgewasse. Daar was met klawer se eerste snysel 'n toenemende tendens en met die ander snysels was daar nie 'n stremmingseffek nie. Dit skyn asof proteïenproduksie meer afhanklik was van totale droëmateriaalopbrengs as proteïeninhoud.

Fosforinhoud het in ooreenstemming met beskikbare literatuur gedaal met toenemende stremming. Die stremmingseffek op kaliuminhoud was nie groot nie, maar dit het tog geskyn asof stremming 'n afname in kaliuminhoud veroorsaak het. Daar was 'n effense afnemende tendens vir stremming in terme van kalsiuminhoud vir klawer, koring en korog. Die effens tendens wat by raaigras waargeneem is, was andersom. Magnesiuminhoud het by al die gewasse, behalwe raaigras, gedaal met toenemende stremming. Die nie-gestremde behandelings van hawer, assegaaiklawer en raaigras se magnesiuminhoud was in die orde van 0,35% teenoor ongeveer 0,25% vir koring en korog.

Slegs gepoelde monsters is gebruik om verteerbaarhede te bepaal. Daar was wisselvalligheid sonder dat 'n baie duidelike tendens waargeneem is. Verteerbaarhede van die eenjarige weidings was oor die algemeen meer as 70 tot 80%. Dit was effens laer by die meerjarige weidings behalwe vir witklawer wat verteerbaarhede van meer as 80% gehad het.

en 'n afname by assegaaiklawer. Die ander gewasse het die potensiaal gehad om 'n redelike konstante WVD oor stremmingspeile te behou, mits stremming nie standverliese veroorsaak het nie. Hoë stikstofbemesting was noodsaaklik vir goeie WVD. By raaigras het die hoogste stikstofpeil WVD met bykans $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ laat toeneem. Die meerjarige weidings het oor die algemeen laer WVD-syfers gehad. Dit kan verstaan word, want hulle het ook tydens tye van die jaar met hoë verdampingsaanvraag, wanneer die gewasse redelik dormant geraak het, gegroei. Witklawer het oor die algemeen die laagste WVD gehad en kan beskou word as 'n luukse waterverbruiker.

Waterverbruik en opbrengs was by al die gewasse reglynig gekorreleer. Die verwantskappe wat daar bestaan het, het egter verskil tussen gewasse. Die kleinste helling het by hawer en lusern se wateropbrengskrommes voorgekom. Min reaksie is op addisionele water verkry omdat 'n klein hoeveelheid water genoeg was om redelik hoë opbrengsvlakke te verseker. Die lae helling is vir hawer verwag omdat dit so 'n droogteverdraagsame gewas was. Die lae helling by lusern was nie betekenisvol nie. Die ander weidings behalwe assegaaiklawer se hellings was in die orde van $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Die grootste helling is by assegaaiklawer gevind. Dit was in die orde van $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Dit kon verwag word omdat daar gevind is dat WVD by assegaaiklawer gedaal het met toenemende stremming. Daar is dus heelwat meer reaksie op addisionele water hoe hoër die besproeiingspeil is. Behalwe vir hawer, het die ander eenjarige weidings se wateropbrengsfunksies groter hellings gehad met toenemende stikstofbemesting. Daar kon dus beter op addisionele water gereageer word as bemestingsvlakke hoër was.

Sommige voerkwaliteitsparameters, soos droëmaterialeinhoud, het verbeter met toename in waterstremming. Die droëmaterialeinhoud was ongeveer 15 tot 20% vir die kontrole behandelings. Hierdie waarde kon soms met tot 17% toeneem onder straf gestremde toestande. Dit beteken dat diere meer droëmateriaal kan inneem op meer gestremde weidings en in terme van diereproduksie behoort te vergoed vir die afname in droëmateriaalopbrengs wat verwag kan word onder stremmingstoestande. Die ander kwaliteitseienskappe was oor die algemeen hoër as wat vereis word vir goeie produksie

'n Vergelyking van gewasfaktore tussen die eenjarige en meerjarige spesies mag daarop dui dat die meerjarige spesies hoër gewasfaktore gehad het omdat hulle met mikro-sproeiërs besproei is in teenstelling met vloedbesproeiing wat by die eenjariges toegepas is. Dit beklemtoon hoe belangrik bestuur is by die gewasfaktor wat verwag kan word. Gewasfaktorverskille tussen spesies het daarop gedui dat verskille moontlik ook toegeskryf kan word aan morfologiese verskille. Assegaaiklawer het byvoorbeeld 'n platliggende groeiwyse en het laer gewasfaktore as die ander eenjarige weidings gehad.

Van die eenjarige weidings kon hawer en korog die hoogste droëmateriaalopbrengste realiseer van meer as 17 000 kg ha⁻¹ in 1989. Hawer het 'n hoër produksietempo as die ander eenjarige weidings in die herfs gehad en ook in die lente baie hoë produksietempo's bereik. Meerjarige en eenjarige raaigras kon onder gunstige toestande ongeveer 14 000 kg ha⁻¹ droëmateriaal lewer. Lusern en langswenkgras kon onder kontroletoestande ongeveer 25 000 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ lewer. Die weidings wat laer opbrengste gelewer het, kon tot 'n mate daarvoor vergoed met baie goeie kwaliteit voer. Assegaaiklawer se produktiwiteit in die herfs en winter was besonder laag. Dit was wel hoog in die lente maar relatief tot die ander weidings kon dit nie vergoed vir vroeëre lae produktiwiteit nie. Dit was ook baie droogtesensitief, soos witklawer, en dié spesifieke kultivar sou minstens, in die lig van ander geskikte alternatiewe, nie vir aanplanting aanbeveel word nie.

Hoër stikstofbemesting het daartoe gelei dat besproeiingswater doeltrefferder benut is. Die waarneming, saam met die feit dat hawer en korog hoër opbrengste in die eerste jaar gerealiseer het toe daar minder dikwels geoes is, demonstreer hoe belangrik bestuur is by die opbrengs of WVD is wat verwag kan word. Uitermate hoë stikstofpeile onder straf gestremde toestande het nie 'n verswarende stremmingseffek veroorsaak, soos wat verwag is nie. Daar was, in teendeel, die tendens dat opbrengs by die strafte gestremde toestande positief gereageer het op die uitermate hoë stikstofpeile.

Die WVD-waardes was by al die eenjarige weidings se kontrole behandelings in die orde van 20 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Stremming het 'n toename in WVD by hawer veroorsaak

Daar is tot die slotsom gekom dat 'n enkele stel besproeiingskriteria vir weidings ontoereikend is vir doeltreffende bespoeiingsbestuur en waterbenutting. Daar is gevind dat die weidings heelwat dieper wortelstelsels het as wat algemeen aanvaar word. Die worteldiepte van 300 mm wat in die verlede gebruik is, kan verhoog word vir al die weidings. Daar was besliste verskille in worteldiepte tussen die weidings. Raaigras en kropaargras het die vlakste wortelstelsels gehad. Hulle kon nogtans onder effens- sowel as ernstig gestremde toestande water onttrek tot 'n diepte van effens meer as 'n meter. 'n Effektiewe wortelstelsel van 800 mm sou vir hierdie gewasse aanbeveel kon word. Korog kon water effens dieper benut as genoemde gewasse. Hawer en langswenkgras het verbaas met hul besondere vermoë om grondwater te onttrek. Die volle diepte van 1,8 m wat gemonitor is, is benut. Dit was dan om dié rede te verstaan dat die twee weidings baie droogteverdraagsaam voorgekom het. 'n Effektiewe worteldiepte van minstens 1,0 m sou vir hierdie twee gewasse aanbeveel kon word. Die drie peulplantweidings het water ook baie diep onttrek. Lusern is bekend vir 'n diep wortelstelsel en het ook die diepste wortelstelsel van al die weidings gehad. Dit het geskyn asof witklawer in die eerste jaar van aanplanting water dieper kon benut as die volgende jaar. 'n Effektiewe wortelstelsel van 1,0 m sou vir beide klawerspesies aanbeveel kon word.

WATERVERBRUIKSTEMPO'S het baie deur die seisoen gevarieer as gevolg van sporadiese oes van die weidings, variasie in verdampingsaanvraag en daar was skynbaar ook spesieverskille. Waterverbruikstempo's was vir sekere tye van die jaar minder as 25 mm week⁻¹ (wat dikwels as norm gebruik word vir gematigde weidings). Die tempo's het baie kort na die winter toegeneem en waardes heelwat hoër as 25 mm week⁻¹ bereik.

Gewasfaktore is bepaal met gebruikmaking van die Penman-Monteith formule om potensiële evapotranspirasie te bepaal. Die benadering verduur kritiek omdat dit so situasiespesifiek is. Dit was nogtans handig om aan die hand daarvan die weidings wat onder dieselfde toestande in 'n spesifieke jaar verbou is, te vergelyk. Die situasiespesifiteit is bevestig deurdat gewasfaktore van die eenjarige spesies in die tweede jaar laer was toe daar net een keer per week besproei is in plaas van twee keer, soos in die vorige seisoen. Die gewasfaktore was ook duidelik telkens laer nadat daar geoes is.

OPSOMMING

Min kennis was voor 1988 in Suid-Afrika beskikbaar oor die waterbehoefte van aangeplante besproeide weidings. Sinvolle voorligting kon nie gedoen word oor die besproeiingsnorme vir besproeiingskedulering nie. Die leemte kon daartoe lei dat besproeiingswater vermors word en dit kon nie langer geduld word nie omdat weidings op relatief groot skaal in belangrike opvangebiede en strategiese areas te opsigte van watervoorsiening geplant word. Dit is areas waar doeltreffende watergebruik noodsaaklik is. Die Waternavorsingskommissie het in 1988 finansiële bystand bewillig sodat die probleem aangespreek kon word.

Die hoofogmerke van die projek was; om verskillende weidings te vergelyk en te bepaal of 'n enkel stel veralgemeende stel besproeiingsriglyne vir alle weidings gebruik kan word, soos wat dit in die verlede gedoen is; om waterverbruiksdoeltreffendhede van verskillende weidings te bepaal by verskillende besproeiingspeile en die mees effektiewe weidings te identifiseer; om besproeiingsriglyne vas te stel vir gebruik by spesifieke weidings indien nie veralgemeen kan word nie; om te bepaal wat die verwantskap is tussen waterverbruik en opbrengs sodat dit gebruik kan word vir beplanningsdoeleindes op die plaas. Die doelwitte is almal met sukses bereik. Dept. Waterwese het in die projektydperk reeds van die inligting gebruik vir beplanningsdoeleindes langs die Vaalrivier. Inligting het ook reeds voorligters en ander vakkundiges bereik wat deur hulle op boeredae gebruik is.

'n Veldproef is onder 'n reënskerm uitgevoer om waterverbruik akkuraat vir 10 weidingsgewasse te bepaal. Eenjarige gematigde spesies was hawer, assegaaiklawer, koring, korog, en raaigras. Hulle is vir twee jaar bestudeer waartydens ook die wisselwerking tussen waterverbruik en stikstofbemesting in 'n enkelsprinkellynproef bepaal is. Die meerjarige spesies was kropaargras, witklawer, lusern, raaigras en langswenkgras.

DANKBETUIGING

Hierdie ondersoek sou nie moontlik gewees het sonder die finansiële bystand van die Waternavorsingskommissie (WNK) nie. Die Kommissie word opreg bedank daarvoor, veral ook vir die infrastruktuur wat op die Hatfield Proefplaas van die Universiteit van Pretoria tot stand gebring is, wat ook vir studente-opleiding gebruik word. Al die lede van die loodskomitee wat verantwoordelikheid vir die projek gedra het, word bedank vir hul positiewe gesindheid, entoesiasme vir die projek en goeie advies gedurende die navorsingstydperk. Die loodskomitee het uit die volgende lede bestaan:

Voorsitter	Dr. P.C.M Reid	Waternavorsingskommissie
Ondervoorsitter	Dr. G.C.Green	Waternavorsingskommissie
Sekretaris	Mnr. D. Huyser	Waternavorsingskommissie
	en Mnr. P.W. Weideman	Waternavorsingskommissie
Lede	Mnr. H.H. Bosman	Dept. Waterwese en Bosbou
	Prof. P.S. Hammes	Universiteit van Pretoria
	Mnr. A.J. Kruger	Weidingsinstituut, Roode- plaat, Pretoria
	Dr. A. Moore	Dept. Landbou, Transvaal- streek
	Prof. P.C. Nel	Universiteit van Pretoria
	Prof. N.F.G. Rethman	Universiteit van Pretoria
	Dr. R.E. Steynberg	Universiteit van Pretoria
	Prof. H.vH. van der Watt	Universiteit van Pretoria
	Mnr. P.S. van Heerden	Dept. Landbou, Vrystaat- streek
	Prof. W.L.J. van Rensburg	Universiteit van OVS

Dank word ook uitgespreek teenoor Dr. J.G. Annandale wat die eerste voorlegging vir die projek gemaak het. Mnre. J. J. de Beer, C. Du Preez, J. Lindeque en J. Conradie vir tegniese bystand. Mnr. Tom Sibanda vir die besonder goeie versorging van die proef en tegniese bystand ook deur hom verleen.

6.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID	115
Droëmassa waterverbruiksdoeltreffendheid	115
Proteïen waterverbruiksdoeltreffendheid (PWVD)	119
6.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES	123
6.8 KWALITEITSPARAMETERS	123
Droëmateriaalinhoud	123
Proteïeninhoud	124
Verteerbaarheid	127
 HOOFSTUK 7	
ALGEMENE BESPREKING EN GEVOLGTREKKINGS	129
 DATABERGING	138
 VERWYSINGS	139
 BYLAE A	148
 BYLAE B	183

HOOFSTUK 5	
WATER X STIKSTOF WISSELWERKING ONDER 'N	
ENKELLYNSPRINKELSPRINKELPROEF	68
5.1 INLEIDING	68
5.2 RESULTATE	68
Waterspreidingspatroon	68
Droëmateriaalopbrengs	70
Proteïenopbrengs	77
Waterverbruik	77
Droëmateriaalinhoud	85
Waterverbruiksoeffendheid	85
Wateropbrengsfunksies	91
Ru-proteïeninhoud	93
Verteerbaarheid	95

HOOFSTUK 6	
RESULTATE VAN MEERJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM	101
6.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS	101
6.2 DROËMATERIAALOPBRENGS	101
6.3 PROTEÏENOPBRENGS	107
6.4 WATERVERBRUIK	107
6.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON	112
Diepte van wateronttrekking en <i>in situ</i> bepaalde plantbeskikbare water	112
Gewasfaktore	115

3.8 PARAMETERS GEMONITOR	15
Grondwaterinhoud en evapotranspirasie	15
Potensiële evapotranspirasie en gewasfaktore	16
Opbrengs en droëmateriaalinhoud	17
Chemiese blaarontledings	17

HOOFSTUK 4

RESULTATE VAN EENJARIGE SPESIES ONDER REËNSKERM	19
--	-----------

4.1 GEMONITEERDE KLIMAATSGEGEWENS	19
4.2 PLANTESTAND	19
4.3 DROËMATERIAALOPBRENGS	22
4.4 WATERVERBRUIK	30
4.5 GRONDWATERONTTREKKINGSPATROON	37
Diepte van wateronttrekking en <i>in situ</i> bepaalde plantbeskikbare water	37
Gewasfaktore	43
4.6 WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID	45
4.7 WATEROPBRENGSFUNKSIES	51
4.8 KWALITEITSPARAMETERS	55
Droëmateriaalinhoud	55
Chemiese samestelling van droëmateriaal	60
Verteerbaarheid	65

INHOUDSOPGAWE

HOOFSTUK

BLADSY

DANKBETUIGING	i
---------------------	---

HOOFSTUK 1

OPSOMMING	ii
-----------------	----

HOOFSTUK 2

INLEIDING	1
-----------------	---

HOOFSTUK 3

ALGEMENE PROSEDURE	6
--------------------------	---

3.1 OUTOMATIESE REËNSKERM	6
---------------------------------	---

Beskrywing van proefgrond	6
---------------------------------	---

Besproeiingsmetode	7
--------------------------	---

Bepaling van blaarwaterpotensiaal	7
---	---

3.2 SPESIES EN CULTIVARS	7
--------------------------------	---

3.3 BESPROEIINGSPEILE	8
-----------------------------	---

3.4 BEMESTING	10
---------------------	----

3.5 PLANTTYD EN SAAIDIGTHEID	11
------------------------------------	----

3.6 SNYBEHANDELINGS	12
---------------------------	----

3.7 ENKELLYNSPRINKELPROEF	13
---------------------------------	----

Bemestingspeile	14
-----------------------	----

Planttyd en subperseelgrootte	14
-------------------------------------	----

WATERVERBRUIK	14
---------------------	----

Snyfrekwensie	15
---------------------	----

**WATERVERBRUIK EN WATERVERBRUIKSDOELTREFFENDHEID VAN
GEMATIGDE AANGEPLANTE WEIDINGS ONDER BESPROEING**

deur

R.E. Steynberg, P.C. Nel & N.F.G. Rethman

**Departement Plantproduksie
Universiteit van Pretoria
PRETORIA**

**Verslag aan die
Waternavorsingskommissie**

Pretoria

Desember 1993

**WNK Verslag No 257/1/94
ISBN NO 1 86845 055 4**