



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

1989

JAARLIKSE KONFERENSIE
VAN DIE
LANDBOU-EKONOMIEVERENIGING
VAN SUIDER-AFRIKA

VERRIGTINGE/PROCEEDINGS

ANNUAL CONFERENCE
OF THE
AGRICULTURAL ECONOMICS
ASSOCIATION OF SOUTHERN AFRICA

25 - 27 SEPTEMBER 1989

BLOEMFONTEIN

ISBN 0 620 14741 5

PROSEDURE EN PROBLEME

BY DIE GEBRUIK VAN 'N GEWASGROEISIMULASIEMODEL

Botes JHF en
Oosthuizen LR¹

Summary

The purpose of this article was to calibrate the PUTU 9-87 crop growth simulation model in order to predict wheat yields and the groundwater content in the Vanderkloof State Water Scheme in a satisfactory manner.

Yields predicted by means of PUTU were compared with experimental yields as well as yields determined from a production function. The simulated water consumption data were also compared with experimental data.

The results showed that the calibrated model satisfactorily predicted both wheat yields and water consumption for the given data set. The unavailability of suitable experimental data prevented the model from being validated. A three-step procedure was developed to validate crop growth simulation models effectively. First of all it has to be ascertained whether the model correctly predicts the physiological development of the crop. The second step is to determine whether the groundwater content was predicted correctly. Finally the accuracy of yield prediction has to be investigated.

Inleiding

Die seisoenale plan of strategie waarvolgens 'n boer besproeiingswater skeduleer is een van die hoofveranderlikes wat die ekonomie van besproeiing beïnvloed (Oosthuizen 1989: 100). Ongelukkig is die ekonomiese winsgewendheid van besproeiingskedulering nog nie in Suid-Afrika ontleed nie. Die leemte aan ekonomiese ontledings van watergebruik vir besproeiing kan toegeskryf word aan die gebrek aan enersyds geskikte eksperimentele data en andersyds bruikbare gewasgroeisimulasiemodelle.

Die PUTU 9-87 simulasiemodel is deur De Jager e.a. (1982) en De Jager e.a. (1987) ontwikkel om besproeiingswater vir koring in die Vaalharts-Staatswaterskema en UOVS kampus te skeduleer.

1. *Onderskeidelik Lektor en Mede-professor, Dept. Landbou-
ekonomie, UOVS.*

Geldelike bystand deur die Waternavorsingskommissie (WNK) vir hierdie navorsing word hiermee erken, maar die menings moet nie noodwendig aan die WNK toegeskryf word nie.

Terwyl dit vir boere in die Vanderkloof-Staatswaterskema makliker is as die Vaalhartsboere om besproeiingswater te skeduleer, is 'n gewasgroeisimulasiemodel nog nie vir hierdie gebied gekalibreer nie.

Die vraag ontstaan gevolglik hoe goed kan PUTU 9-87 die koringopbrengste in die gebied onder die Vanderkloof-Staatswaterskema op gronde met verskillende profielbeskikbare waterkapasiteit (PBWK) en met verskillende skeduleringstrategieë beraam. Verder is daar onsekerheid oor die mate van akkuraatheid waarmee PUTU 9-87 die grondwaterinhoud op 'n spesifieke dag kan beraam. Dit is veral belangrik waar die model in die praktyk as skeduleringsinstrument gebruik word.

Die doelstelling van hierdie studie is om PUTU 9-87 te kalibreer vir die raming van koringopbrengste in die Vanderkloof-Staatswaterskema. Die kalibrering word gedoen deur die gesimuleerde opbrengste te vergelyk met eksperimentele data wat in die gebied ingesamel is. Die seisoenale verandering in grondwaterinhoud sal ook gekontroleer word.

'n Kort beskrywing van die PUTU 9-87 - gewasgroeisimulasiemodel

Die PUTU-model is oorspronklik deur De Jager (1974) asook De Jager en King (1974) vir mielies ontwikkel en is deur De Jager e.a. (1981) vir koring aangepas. Die model is later weer aangepas vir koring onder besproeiingstoestande (De Jager e.a. 1987).

Die inset databenodigdhede van die model is soos volg:

- Klimatologiese data:

Maksimum en minimum temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), evapotranspirasie (mm) en sonskynduur (hr) op 'n daaglikse basis.

- Grondkundige data:

Kleipersentasie, bruto digtheid, die grondwaterinhoud met planttyd van elke laag en die gronddiepte.

- Plantkundige data:

Plantdigtheid (plante/ m^2 of kg/ha), plantdatum (Julian dag), datum waarop die stoelstadium eindig en die potensiële opbrengs.

- Besproeiingsdata:

Die hoeveelheid (mm) wat effektief per besproeiing toegedien word.

Die werklike verdamping (E)² van koring is afhanklik van grondwaterverdamping, blaaroppervlakte en plantwaterverhoudings. In PUTU 9-87 word hierdie drie faktore as volg gedefinieer:

FL : die gewasfaktor wat die invloed van die loof (blaaroppervlakte) weerspieël,

Fg : die faktor wat die bydrae van die grondwaterverdamping bepaal en

Fh : die gewasfaktor wat die hidrouliese of plantwaterverhoudings in berekening bring (De Jager e.a. 1982).

Die gedeelte van verwysingsoppervlakteverdamping (E_o) wat vanaf die grond en plant verdamp (E) hang ten nouste saam met die bogenoemde drie faktore. Hierdie drie faktore staan algemeen bekend as die gewasfaktor (k_c). In (1) word hierdie vergelyking wiskundig geformuleer. Daar kan dus gesien word dat werklike verdamping (E) gereguleer word deur die k_c faktor.

$$E = k_c * E_o \quad (1)$$

E = werklike verdamping

k_c = gewasfaktor

E_o = verdamping vanaf 'n verwysingsoppervlakte

Die bepaling van die gewasfaktor (k_c) is baie krities en word uitgedruk in terme van die verdampingsfaktor wat ooreenstem met die grond (F_g), die blaaroppervlakte-indeks (FL) en die hele gewas se hidrouliese konduktansie (F_h) (De Jager e.a. 1981).

Die gewasfaktor word dus as volg bereken:

$$k_c = F_g (1-FL) + FL * F_h \quad (2)$$

F_g varieer met tyd as volg:

$$F_g = e^{-0,5t} \quad (3)$$

Waar: t = die tyd in dae sedert laaste bespoeiing of reënval van meer as 5mm en

e = natuurlike grondtal (2,718).

2. *Werklike verdamping vir 'n spesifieke dag (E) (ook bekend as werklike evapotranspirasie E_t) bestaan uit 'n verdampingskomponent vanaf die grond (E_s) en 'n gewascomponent (E_v). As $F_h = 1$ is E ook gelyk aan die atmosferiese verdampingsaanvraag (AVD).*

FL varieer soos die blaaroppervlakte-indeks (L) verander volgens die verwantskap afgelei deur Ritchie (1972) (soos aangehaal deur De Jager e.a. 1981).

$$FL = -0,2 + 0,7L^{0,5} \quad \text{vir } 0,1 \leq L \leq 2,7 \quad (4)$$

Die hidrouliese konduktansie (Fh) word bereken deur die verhouding van werklike gewas hidrouliese konduktansie (ϕ) tot gewas hidrouliese konduktansie onder stremmingstoestande (ϕ°) (De Jager e.a. 1981)

$$Fh = \phi / \phi^\circ \quad (5)$$

Die blaaroppervlakte ontwikkeling per dag word in die model aangeneem as proporsioneel lineêr tot die daaglikse gemiddelde temperatuur bokant die basale temperatuur van 8°C. Indien die maksimum temperatuur op 'n spesifieke dag hoër as 20°C styg, word die temperatuur beperk tot 20°C. As die daaglikse gemiddelde temperatuur laer as 8°C daal, vind daar geen blaarontwikkeling op daardie dag plaas nie (De Jager e.a. 1981).

Plantfisiologiese eienskappe word in PUTU 9-87 verreken deur die plantontwikkeling in fases op te deel. Vir koring word daar van agt stadiums gebruik gemaak. Stadiums 1 en 2 verteenwoordig die tydperk tot gewasopkoms, Stadium 3 is die stoelfase van die koring wat na die winter oorgaan in 'n stamverlengingstadium (4). Stadiums 5, 6, 7 en 8 is onderskeidelik pypvorming, antese (blom), saadvulling en rypwording.

Die opbrengste word deur Doorenbos en Kassam (1979) se vergelyking bereken. Die vergelyking is:

$$(1 - Y_a / Y_p) = ky (1 - E_{Ta} / E_{Tp}) \quad (6)$$

waar: Y_a = werklike opbrengs,

Y_p = potensiële opbrengs,

E_{Ta} = werklike evapotranspirasie en

E_{Tp} = potensiële evapotranspirasie.

Die groeibeperkingsfaktor (ky) is aangepas sodat die relatiewe produksieverlies as gevolg van vogstremming direk eweredig is aan die relatiewe evapotranspirasietekort. Die waardes verteenwoordig die opbrengs reaksie as gevolg van vogstremmings. Hierdie groeibeperkingsfaktor verander van groeistadium tot groeistadium. Die ky waardes wat op die stadium vir die vegetatiewe, blom- en reprodusiewe fases gebruik word, is onderskeidelik 0,2; 0,65 en 0,5 (De Jager e.a. 1987).

Prosedure

Om skeduleringstrategieë sinvol ekonomies te ontleed moet simulاسies oor 'n periode van nagenoeg tien jaar of meer gedoen word. Weerdata oor 'n lang genoeg tydperk is vanaf die Landbouweerkundedatabank in Pretoria via die rekenaarkoppeling met Glen vir die gebied naby die PK le Rouxdam verkry. Hierdie data het bestaan uit minimum en maksimum temperatuur, reënval, verdamping en sonskynduur. Die tipe weerdata waarvoor die PUTU-program aanvanklik geskryf is, was baie gevorderd en was gevolglik nie vir die gebied beskikbaar nie.

Die volgende wysigings is aan die model aangebring:

- Die Priestley Taylor verdampingvergelyking word in die plek van die Penman vergelyking gebruik. Hierdie vergelyking kan die ingesamelde weerkundige parameters as insette gebruik om verdamping vanaf 'n verwysingsoppervlakte (E_o) te bereken.
- Die subroetine wat die weerdata lees, is vervang met 'n subroetine wat die weerdata op dieselfde formaat inlees as wat dit vanaf die Landbouweerkundedatabank getrek word.
- Die model is aangepas om parameters met betrekking tot grondwaterinhoud uit te druk. Hierdie verandering is aangebring om die grondwaterinhoud op 'n daaglikse basis te monitor om sodoende die model as skeduleringsinstrument aan te wend.

Vir die kalibrering van PUTU 9-87 vir die besproeiingstoestande in die gebied Vanderkloof-Staatswaterskema is Bennie en medewerkers (1988) se eksperimentele data by sewe besproeiingspersele in die gebied gebruik. Die hoeveelheid en tydigheid van besproeiings asook die fisiese grondeienskappe, plantdatum en opbrengste van elke perseel is aangeteken. Addisioneel tot hierdie inligting is die grondwaterinhoud by elke perseel op 'n gereelde grondslag met 'n neutronvogmeter gemeet. Die eksperimente is ongelukkig slegs vir 1986 uitgevoer. Die PUTU-model kon dus nie met hierdie klein hoeveelheid data gevalideer word nie. Die PUTU-model is egter met die beperkte data gekalibreer ten opsigte van die voorspelling van koringopbrengste en grondwaterinhoud onder hierdie spesifieke toestande.

Vir elk van die sewe persele is insetlêers met behulp van hierdie eksperimentele data opgestel. Twee items kon egter nie presies uit die data bepaal word nie. Die eerste een is die presiese grondwaterinhoud met planttyd en die ander die datum waarop stoelstadium (Stadium 3) eindig. Hierdie twee items is egter beraam. Tesame hiermee is daar ook 'n besproeiingslêer opgestel wat die besproeiings-hoeveelheid vir elke besproeiing aangee asook 'n weerdata-lêer vir 1986 se daaglikse weerdata. Die 1986 weerdata, die insetlêers en die gepaardgaande

besproeiings het as insette vir die PUTU rekenaarprogram gedien.

Klein aanpassings is gemaak ten opsigte van die genoemde twee onbekende items. Die regstellings is gedoen om die effek van die moontlike opbrengsverskille as gevolg van die foutiewe beraming van hierdie twee items te probeer ondervang.

Die model het opbrengste voorspel wat in vergelyking met die eksperimentele opbrengste te hoog was. Daar is ook gevind dat die model die wateronttrekking oor die periode van piekwaterverbruik onderskat. Na besprekings met De Jager en medewerkers is besluit om na drie parameters in die model te kyk. Die eerste is die ky-waardes wat die opbrengste penaliseer as vogstremmings voorkom. Die ander is 'n konstante wat die gemak bepaal waarmee water deur die plantwortels opgeneem word. Die laaste parameter is die persentasie wat gebruik word om straling na energie om te sit.

Hierdie parameters is eers afsonderlik verander om die effek daarvan op die opbrengste te bepaal. Die parameter wat die gemak bepaal waarmee water opgeneem word, het geen waarneembare verandering in die opbrengste teweeggebring nie. 'n Moontlike verklaring hiervoor is dat die grondwaterspanning by al die persele laag is, dit wil sê die plant kan water sonder veel inspanning opneem. Die faktor waarmee straling vermenigvuldig word om energie te bereken, is verander van 0,5 na 0,7. Die hoeveelheid water wat gebruik word om 'n sekere opbrengs te realiseer, het drasties toegeneem. Daar is gevind dat 'n waarde van 0,55 die beste ooreenstem met die waardes wat Bennie en medewerkers bepaal het. Die ky-waardes is eers afsonderlik vir elke groeistadium verhoog waarna dit gesamentlik verander is. Daar is gevind dat die waardes van 0,2; 0,35; 0,55; 0,75; en 0,65 in die onderskeie groeistadiums die beste passing gee.

Resultate en bespreking van die resultate

Tabel 1 gee 'n vergelyking van die vernaamste fisiese grondeienskappe, plantdatums en besproeiingshoeveelhede van sewe persele in die Vanderkloof-Staatswaterskema. Hierdie data is gebruik om die insetlêers vir PUTU op te stel. Alhoewel die model net met behulp van sewe stelle data gekalibreer kan word, verteenwoordig hierdie data die algemene produksietoestande in die gebied. Die kleipersentasie en diepte van die gronde wissel tussen 8 en 29 persent en 0,9 en 1,8 meter onderskeidelik. Die belangrikste fisiese parameter naamlik die profielbeskikbare waterkapasiteit (PBWK) wissel van 'n lae 45 mm tot so hoog as 160 mm tussen die persele. Die waterverbruik wissel van nagenoeg 500mm tot 680mm oor die persele.

/Tabel 1/

Hierdie waterverbruikwaardes is gebruik om die geskatte opbrengste vir elke perseel vanaf die produksiefunksies van

Bennie e.a. (1988) en Streutker (1983) af te lees. Die geskatte opbrengste vanaf die produksiefunksie gee 'n aanduiding van die opbrengste wat gerealiseer kan word met die spesifieke waterverbruikshoeveelheid. Die opbrengste wat verkry is vanaf die eksperimentele waarnemings, PUTU se ramings en die produksiefunksieskattings word in Tabel 2 aangegee. Die persentasie afwyking wat die PUTU-ramings en produksiefunksieskattings vanaf die gemete opbrengste toon, word ook in Tabel 2 aangegee.

/Tabel 2/

Aangesien al die besproeiingskeduleringsstrategieë optimale plantgroeitoestande onderhou, word verwag dat die opbrengste nagenoeg dieselfde sal wees. Die eksperimentele opbrengste wissel egter tussen 5 200 en 7 300 kg per hektaar terwyl die PUTU ramings soos verwag opbrengste voorspel wat nagenoeg dieselfde is.

Die PUTU beraamde opbrengste, met die uitsondering van veral persele W2 en W4, toon 'n redelike mate van ooreenstemming met die gemete opbrengste. Die opbrengste wat met behulp van die produksiefunksie bepaal is, het die opbrengste veral by lae waterverbruikspeile (W3 en W5) onderskat en weer by die hoë waterverbruikspeile (W6 en W7) oorskakel. Veral persele W2, W4 en tot 'n mindere mate W6 se gemete opbrengste toon groot afwykings vanaf beide die PUTU ramings en produksiefunksieskattings. Die gemete opbrengste is in al drie die gevalle heelwat laer as wat onder die spesifieke toestande voorspel word. Die PUTU beraamde opbrengste en produksiefunksieskattings vir persele W2, W4 en W6 is egter nagenoeg dieselfde.

Afwykings kan nie toegeskryf word aan verskille in fisiese grondeienskappe nie (Kyk Tabel 1). Die hoeveelheid waterverbruik is in al drie die gevalle meer as 585 mm. Verklarings vir die lae gemete opbrengste kan moontlik toegeskryf word aan faktore soos swak bestuur, lae bemesting, peste en plaë. Beide die PUTU-model en produksiefunksiemodel maak die aanname dat opbrengste slegs deur vogstremmings beperk word terwyl alle ander faktore wat opbrengste beïnvloed as optimaal aanvaar word.

Daar kan gespekuleer word dat die PUTU 9-87 model koringopbrengste vir die gegewe stel data redelik aanvaarbaar voorspel. Daar kan egter nie 'n groot betroubaarheid aan die resultate gekoppel word nie, omdat die stel data te klein en slegs vir een jaar geld. Watertoedienings was te hoog en variasies in die opbrengste is veroorsaak deur eksterne faktore en nie so seer deur vogstremmings nie.

/Figure 1 tot 7/

Die daaglikse grondwaterinhoud tesame met die voorspelde opbrengs is vir elke perseel aangeteken. Die PUTU geraamde grondwaterinhoud en gemete waardes vir elke perseel word in

Figure 1 tot 7 voorgestel. Die vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud is om twee redes gedoen. Eerstens om te bepaal of die model enige stremmings deur die seisoen vir die gewas voorspel. In al die gevalle is die voorspelde grondwaterinhoud, net soos die gemete grondwaterinhoud, bo die profielbeskikbare waterkapasiteit van die gronde. Tweedens om te bepaal tot watter mate die vereenvoudigde PUTU-model die grondwaterinhoud akkuraat deur die seisoen kan voorspel. Die model het in vyf van die persele nie sleg gevaar met die voorspelling van die grondwaterinhoud nie. Dit is opvallend dat alhoewel die grafieke nie op mekaar lê nie, daar in die meeste gevalle dieselfde rigting van verandering plaasvind (kyk Figuur 6). Die model is geneig om die grondwaterinhoud veral by persele W2, W4 en W7 te oorskot en by persele W1, W3 en W5 te onderskat. 'n Baie goeie passing word egter op perseel W6 verkry. Die grondwaterinhoud wat by die simulاسie van perseel W1 ingelees is, was gelykstaande aan die veldwaterkapasiteit van die spesifieke grond. Die model was nie in staat om die gemete grondwaterinhoud te ewenaar nie. Die model beraam permanente verwelkpunt en veldwaterkapasiteit nie dieselfde as wat dit eksperimenteel vir elke grond bepaal is nie. Hierdie verskille is egter klein en kan nie die groot afwyking by perseel W1 verklaar nie. 'n Moontlike verklaring hiervoor is dat die model nie in staat is om sulke hoë waardes op 'n vlak kleigrond te beraam nie. Hierdie vermoede is slegs spekulاسie omdat daar nie sulke gronddata beskikbaar is nie.

Gevolgtrekkings

Die gekalibreerde PUTU 9-87 model het die grondwaterinhoud en koringopbrengste op verskillende grondtipes bevredigend voorspel. Die model was in staat om vier van die sewe persele se opbrengste akkuraat te beraam. Daar kan egter nie ver wag word dat die geraamde opbrengste presies met die gemete waardes moet ooreenstem nie. Dit impliseer dat die PUTU beraamde opbrengste vir die alternatiewe skeduleringstrategieë relatief tot mekaar aanvaarbaar sal wees, omdat 'n simuleringsfout al die skeduleringstrategieë tot dieselfde mate sal bevoordeel of benadeel.

Die tipe en hoeveelheid eksperimentele data waarmee PUTU gekalibreer is, is min en is nie oor 'n lang genoeg tydperk herhaal nie. Die benodigde data vereis gesofistikeerde metings wat gereeld binne 'n seisoen en oor jare gedoen moet word. Die eksperimente moet ook onder alle toestande en vir verskillende gewasse uitgevoer word. Die model kon gevolglik nie gevalideer word nie maar slegs gekalibreer word. In die proses is daarin geslaag om 'n beter koringopbrengspassing te kry. Die aanpassings wat aan PUTU 9-87 aangebring is, is gedoen om 'n beter passing van die beskikbare data te verkry. Dieselfde aanpassings sal nie noodwendig onder alle toestande geldig wees nie. Daar bestaan 'n groot behoefte om die PUTU 9-87 model te valideer en/of ten minste te kalibreer om opbrengste vir ander gewasse soos katoen, sojabone en mielies te simuleer.

Implikasies van hierdie navorsing vir die validering van PUTU 9-87

Gewasgroeisimulasiemodelle moet gevalideer word vir verskillende klimaatstreke omdat die fisiologie van plante drasties kan verskil as gevolg van verskillende daglengtes en temperature (Oosthuizen 1983). Die akkuraatheid waarmee PUTU 9-87 die waterverbruik en koringopbrengste onder verskillende klimaatstoestande in die gebied onder die Vanderkloof-Staatswaterskema voorspel, moet bepaal word. Ander faktore wat die akkuraatheid van die model beïnvloed, is die tipe weerkundige parameters wat gebruik word omdat die verdampingsvergelyking hiervan afhang.

Die valideringsproses van 'n gewassimulasiemodel vereis multi-dissiplinêre samewerking en is tydrawend. Gevolglik moet die validering van modelle doelmatig uitgevoer word. Verskeie oorsese landbou-ekonome was vir die volle duur van sodanige eksperimente by die valideringsproses betrokke (Bosch 1984; Mapp en Eidman 1976).

Die valideringsprosedure bestaan uit drie stappe. Daar moet eerstens vasgestel word of die model die fisiologiese ontwikkeling van die gewas korrek voorspel. Dit beteken dat die dag waarop die model voorspel die plant begin blom, ooreenstem met wat eksperimenteel vir daardie jaar bepaal is. Die fisiologiese ontwikkelings stadium het 'n groot invloed op die voorspelling van veral opbrengste en waterverbruik. Die rede hiervoor is dat die effek van vogstremming saamhang met die ontwikkelings stadium van die plant.

Die tweede stap is om vas te stel of die model die grondwaterinhoud korrek voorspel. Hier moet daar eerstens bepaal word of die model veldwaterkapasiteit en permanente verwelkpunt vir 'n reeks gronde korrek beraam. Tweedens moet die doeltreffendheid ondersoek word waarmee die model watertoedienings vir verskillende gronde bereken. Die tydsduur wat die water neem om uit die profiel te dreineer asook die aanvanklike infiltrasietempo speel 'n groot rol in die voorspelling van die seisoenale grondwaterinhoud. Die laaste stap is om te bepaal of die model opbrengste akkuraat oor 'n wye reeks grond- en klimaatstoestande asook onder verskillende watertoedieningshoeveelhede voorspel.

Daar kan egter nie verwag word dat modelle onder alle toestande alle veranderlikes korrek sal beraam nie. Daar is nie 'n definitiewe stel reëls waaraan 'n gewasgroeisimulasiemodel moet voldoen om as bevredigend geklassifiseer te word nie. Die volgende kriteria kan egter as riglyn gebruik word. Eerstens sou vereis kon word dat die gemete opbrengste nie meer as tien persent afwyk van die voorspelde opbrengste in drie uit vier jare wat beskou word nie. Tweedens kan verwag word dat die voorspelde en gemete opbrengste vir 'n spesifieke jaar aan dieselfde kant van die gemiddelde opbrengs vir die gebied

voorkom. Al is die opbrengste nie absoluut dieselfde nie, moet die beweging van verandering in dieselfde rigting plaasvind. Laastens kan regressievergelykings van die gemete en voorspelde opbrengste gepas word. 'n Betekenisvolle bepaaldheidskoëffisiënt (R^2) word verwag tesame met 'n helling van nagenoeg een en 'n Y-afsnit van nul.

---oOo---

Tabel 1: 'n Vergelyking van die vernaamste fisiese grondeienskappe, plantdatums en besproeiingshoeveelhede van sewe persele in die gebied onder die P.K. 1e Rouxdam

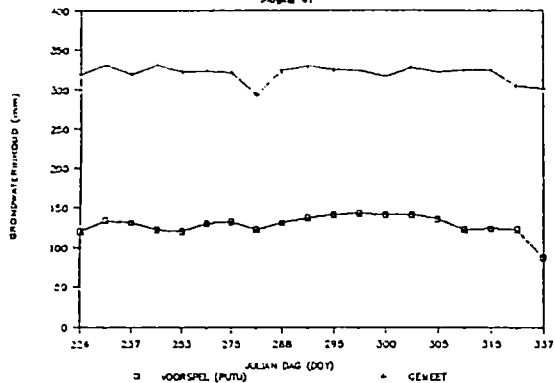
PERSELE	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
GEMIDDELDE KLEI (%)	29	8	10	8	16	14	5
GEMIDDELDE SLIK+ KLEI(%)	52	18	22	20	30	30	14
DIEPTE (m)	0,9	1,8	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8
PBWK (mm)	45	160	101	146	150	122	136
PLANTDATUM (Doy)	186	188	169	170	190	197	184
BESPROEI (mm)	651	534	446	515	439	629	555
WATERVERBRUIK (mm)	650	585	505	630	532	655	680

Tabel 2: 'n Vergelyking tussen die gemete koringopbrengste, PUTU-ramings en produksiefunksieskattings in die Vanderkloof Staatswaterskema

PERSEEL	(1) GEMEET (kg/ha)	(2) FUNKSIE- SKATTINGS (kg/ha)	(3) PUTU- RAMINGS (kg/ha)	(4) % AFWYKING VAN (3) [[(3-1)/1]]	(5) % AFWYKING VAN (2) [[(2-1)/1]]
W3	5750	± 5300	6074	5.6	7.8
W5	6450	± 5600	6384	1.0	13.2
W2	5300	± 6500	6659	25.0	22.6
W4	5200	± 6700	6726	29.0	28.8
W1	7350	± 7000	6720	8.6	4.8
W6	5690	± 7000	6509	14.0	23.0
W7	6160	± 7300	6699	8.6	18.5

TOTALE GRONDWATERINHOUD

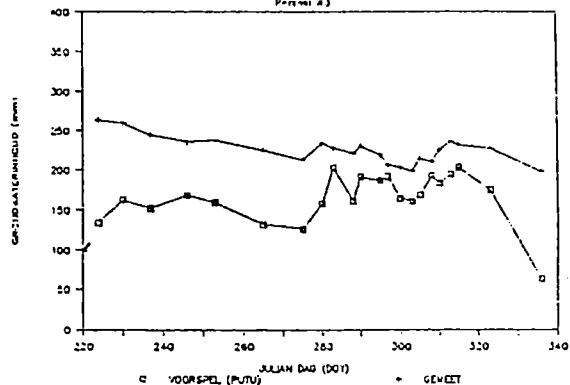
Perceel #1



Figuur 1: Vergelijking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perceel 1

TOTALE GRONDWATERINHOUD

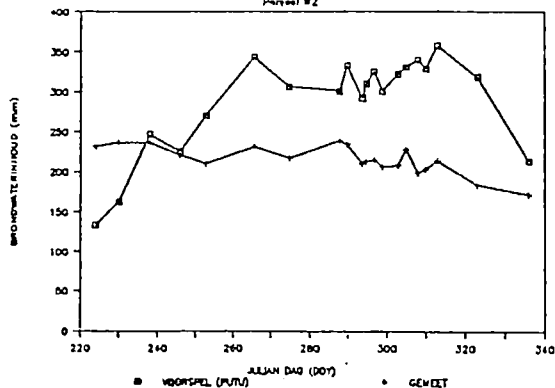
Perceel #3



Figuur 3: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perceel 3

TOTALE GRONDWATERINHOUD

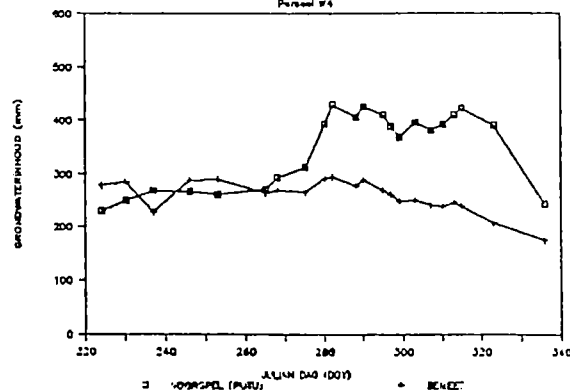
Perceel #2



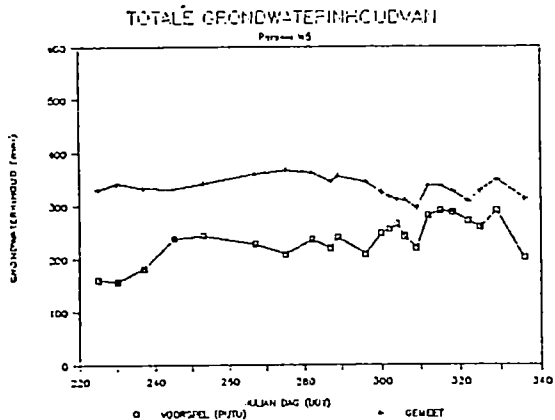
Figuur 2: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perceel 2

TOTALE GRONDWATERINHOUD

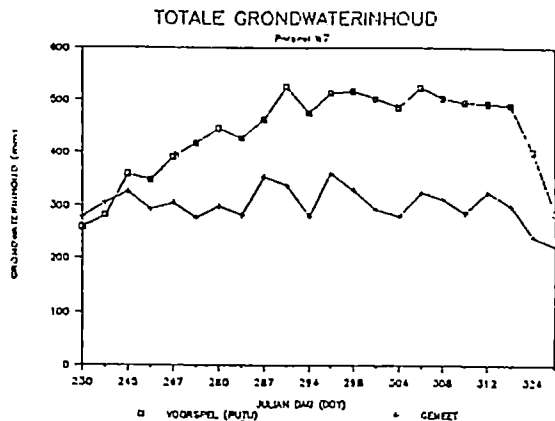
Perceel #4



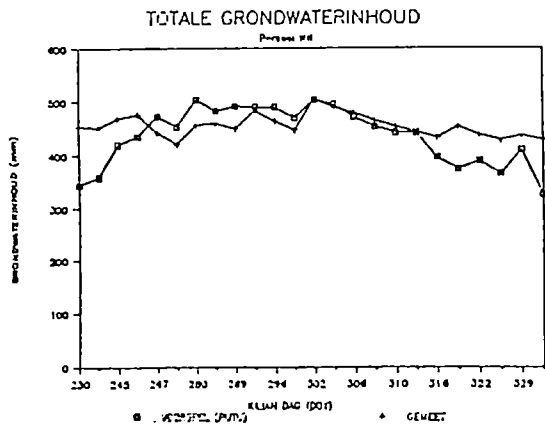
Figuur 4: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perceel 4



Figuur 5: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perseel 5



Figuur 7: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perseel 7



Figuur 6: Vergelyking tussen die voorspelde en gemete grondwaterinhoud vir perseel 6

Bronnelys

- Bennie ATP, Coetzee MJ, Van Antwerpen R, Van Rensburg LD en Burger R Du T 1988. 'n Waterbalansmodel vir besproeiing gebaseer op profielwatervoorsieningstempo en gewas-waterbehoefte. Projek uitgevoer vir die Waternavorsingskommissie. WNK-verslag No 144/1/88. Bloemfontein: Departement Grondkunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat.
- Bosch DJ 1984. *The value of soil water and weather information in increasing irrigation efficiency*. Ph.D. Dissertation. St. Paul: Department of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota.
- De Jager JM 1974. "PUTU" - a dynamic seasonal maize crop growth model. *Canadian I.B.P. Res. Rep.*:306-320.
- De Jager JM and King KM 1974. "Calculation of photosynthesis rate of a maize crop from environmental variables." *Canadian I.B.P. Res. Rep.*:321-338.
- De Jager JM, Botha DP and Van Vuuren CJJ 1981. "Effective rainfall and the assessment of potential wheat yields in a shallow soil." *Crop Production* 10:51-56.
- De Jager JM, Van Zyl WH, Bristow KL en Van Rooyen A 1982. *Besproeiingskedulering van koring in die besproeiingsgebied van die Vrystaatstreek*. Projek uitgevoer vir die Waternavorsingskommissie, Bloemfontein: Departement Landbouweerkunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat.
- De Jager JM, Van Zyl WH, Kelbe BE and Singels A 1987. *Research on a weather service for scheduling the irrigation of winter wheat in the Orange Free State Region*. WRC Report No 177/1/87. Bloemfontein: Department of Agrometeorology, University of the Orange Free State.
- Doorenbos J and Kassam AH 1979. *Yield response to water*. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper.
- Mapp HP and Eidman VR 1976. "A bio-economic simulation analysis of regulating groundwater irrigation." *American Journal of Agricultural Economics* 58(3):391-402.
- Oosthuizen LK 1983. "A study of the approaches, methods, techniques and instruments used in five major irrigated areas in the United States to increase the economic efficiency of water use for irrigation." Ongepubliseerde artikel. Bloemfontein: Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat.

Oosthuizen LK, Botes JHF en Meiring JA 1989. *Ekonomiese evaluering van alternatiewe besproeiingskeduleringsstrategie vir koring in die Vrystaatstreek. Vorderingsverslag aan die Waternavorsingskommissie: Verslag No 2.*

Streutker A 1983. "Water-opbrengskrommes van lengtekoring en toepaslike besproeiingswaterbestuur op proefvelde en boereplase." *Gewasproduksie 12:7-11.*