



**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](mailto: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.*

## 'N EKONOMIESE EVALUERING VAN TEKORTBESPROEING EN VERHOOGDE WATERTOEDIENINGS-DOELTREFFENDHEID OP LANDBOUWATERGEBRUIK

B. Grové en L.K. Oosthuizen<sup>1</sup>

*Tekortbesproeiing en verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid is as watergebruikstrategieë met kans-bepaalde lineêre programmering (KBLP) ontleed om te bepaal of die strategieë ekonomies voordelig en waterbesparend was. Tekortbesproeiing is deur skalingsfunksies in die KBLP-model gemodelleer en potensiële terugvloei is vanaf optimale watertoedieningsdoeltreffendhede bereken. Resultate toon dat verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid ekonomies voordelig was, maar die illusie kan geskep word dat water bespaar word, terwyl potensiële terugvloei verminder. Tekortbesproeiing bespaar water deurdat waterverbruik deurgaans meer daal as potensiële terugvloei. Tekortbesproeiing was alleenlik ekonomies voordelig indien groter oppervlaktes met die bespaarde water besproei kon word. Albei strategieë het substansiële ekonomiese voordele indien groter oppervlaktes met bespaarde water besproei word, maar het meer druk op stroomvloeivlakke uitgeoefen. Alvorens beleid wat in sosiale belang is, saamgestel kan word, word meer inligting aangaande die wisselwerking tussen waterwetgewing, waterbeleidsadministrasie, tegnologie, hidrologie en menslike waardestelsels benodig.*

## AN ECONOMIC ANALYSIS OF DEFICIT IRRIGATION AND INCREASING IRRIGATION APPLICATION EFFICIENCY ON AGRICULTURAL WATER UTILISATION

*Deficit irrigation and increasing irrigation application efficiency were analysed as water-utilisation strategies through chance-constrained linear programming (CCLP) to establish whether these strategies were economically advantageous and water conserving. Deficit irrigation was modelled through scaling functions in the CCLP model, and potential return flow was calculated from optimal water application efficiencies. Results showed that increasing water application efficiency may be economically beneficial; however, the illusion might be created that water was conserved, while potential return flow was reduced. Deficit irrigation conserves water because water consumption decreases more than potential return flow. Deficit irrigation was economically advantageous only if larger areas are irrigated with the conserved water. Both strategies had substantial economic advantages if larger areas were irrigated with conserved water, but they did exert more pressure on streamflow levels. Before policies can be formulated that are of social importance, more information is required with regard to the mutual interaction among water legislation, water policy administration, technology, hydrology and human value systems.*

\* Full summary in English at end of paper.

---

<sup>1</sup> Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

## 1. INLEIDING

'n Witskrif vir 'n nasionale waterbeleid (Department of Water Affairs and Forestry, 1997) is reeds opgestel en daar sal in die toekoms meer klem op herallokering en bewaring van waterhulpbronne geplaas word om aan die toenemende vraag van water te voldoen. Binnekort gaan daar 'n formele waterbewaringsbeleid vir elk van die groot watergebruiksektore opgestel word (Department of Water Affairs and Forestry, 1997:21). Besproeiingslandbou benut tans ongeveer 51% van Suid-Afrika se oppervlak waterhulpbronne (Backeberg, 1996) en geringe besparings in besproeiingslandbou kan dus 'n belangrike impak op die waterbesikbaarheid van ander sektore uitoefen (Liebenberg & Uys, 1995).

Volgens Weinberg, Kling & Wilen (1993:282) kan water deur besproeiingslandbou op drie maniere bespaar en aan ander gebruike beskikbaar gestel word:

- (i) watertoediening kan *ceteris paribus* verlaag word en as gevolg daarvan kan opbrengste potensieel verlaag (tekortbesproeiing);
- (ii) die doeltreffendheid van die besproeiingstelsel kan verbeter word om dieselfde opbrengste te realiseer al word watertoediening verminder (verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid) en;
- (iii) gewaskombinasies kan verander word. 'n Waterbewaringsbeleid wat beheer oor die verkeerde veranderlikes uitoefen, kan slegs die illusie skep dat water bespaar word en onder sekere omstandighede selfs die teenoorgestelde gevolg hê deurdat meer druk op waterhulpbronne uitgeoefen word (Whittlesey & Huffaker, 1995). Om werklik water in besproeiingslandbou te bespaar, moet huidige waterverbruik verminder (Whittlesey & Huffaker, 1995).

Die hoofdoel met die artikel is om die effekte van tekortbesproeiing en verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid op landbouwatergebruik ekonomies te evalueer. Meer spesifiek word bepaal of:

- 'n ekonomiese insentief vir besproeiingsboere bestaan om waterbesparende strategieë soos tekortbesproeiing en 'n verhoging in watertoedieningsdoeltreffendheid te volg indien wateronttrekking uit die rivier ingeperk word; en

- water werklik deur tekortbesproeiing en verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid bespaar word aangesien dié strategieë die hoeveelheid water wat uit die rivier onttrek word en potensiële terugvloei wat aan ander gebruikers beskikbaar is, beïnvloed.

## 2. PROSEDURES

Resultate van die navorsing word vir 'n verteenwoordigende boerdery in die Wintertongebied bereken. 'n Agrohidrologiese modelleringsstelsel, ACRU (Schulze, 1995), is gebruik om waterbeskikbaarheid op 'n maandelikse basis te kwantifiseer. Kans-bepaalde lineêre programmering (Charnes & Cooper, 1959) is vervolgens gebruik om die optimale responsies van besproeiingsboere vir 'n gegewe watergebruikstrategie te bepaal en dus waterbenutting oor die groeiseisoen te optimaliseer. Afwykings in die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiële terugvloei, bruto marge en besproeide oppervlakte vanaf 'n gegewe basis boerderysituasie (Grové, 1997) wat vir 'n gemiddelde jaar se stroomvloei bereken is, is vervolgens vir elk van die twee watergebruikstrategieë bereken indien die waarskynlike voorkoms van waterbeskikbaarheid van 61% (87 901 mm.ha) tot 56% (78 478 mm.ha) daal. Wateronttrekking daal gevolglik met 9 423 mm.ha.

### 2.1 Modellerings van besproeiingsboere se optimale responsies vir 'n gegewe watergebruikstrategie met kans-bepaalde lineêre programmering

Die hoofdoel met die gedeelte is nie om die samestelling van die kans-bepaalde lineêre programmeringsmodel (KBLP-model) te bespreek nie maar 'n algemene oorsig van die modelleringsprosedures te verkry.

Die KBLP-model maksimeer netto inkomste bo gespesifiseerde koste gegewe 'n reeks beperkings wat oppervlaktebeperkings, gewaswaterverbruik, totale koringproduksie en kosteverlagings modelleer indien koring tekort besproei word. Skalingsfunksies (Willis, 1993) is gebruik om die effek van tekortbesproeiing op die verlaging in totale koringproduksie en veranderlike koste (oes- en kunsmiskoste) in die KBLP-model van toestande van geen gewaswaterstremming te modelleer. Die gewaswaterbehoefte van koring onder toestande van geen stremming wat in die KBLP-model gebruik is, is met behulp van ACRU (Schulze, 1995) gesimuleer. Gewaswaterstremming word deur die KBLP-model gemodelleer indien daar nie aan die gewas se seisoenale waterverbruik voldoen word nie. Die gewas word egter nie onbeperk toegelaat om tekort besproei te word nie en 'n maksimum hoeveelheid waterstremming van 20% van volle gewaswaterverbruik word in

elke maand toegelaat. Sodoende kan 'n droogte vroeg in die seisoen nie daartoe lei dat die gewas vrek al word die maksimum toelaatbare tekort nie oorskry nie. Die model van Doorenbos & Kassam (1979) word gebruik om die effek van waterstremming op opbrengste te kwantifiseer.

Namate die gewas toenemend tekort besproei word, neem watertoedieningsdoeltreffendheid toe aangesien minder water as gevolg van afloop en diep dreineringsverlore gaan. Hierdie toename in watertoedieningsdoeltreffendheid met tekortbesproeiing word deur 'n kunsmatige besproeiingsaktiwiteit in die KBLP-model gemodelleer. Aangesien watertoedieningsdoeltreffendheid met tekortbesproeiing toeneem, word veranderlike besproeiingskoste afsonderlik in die KBLP-model ingesluit en varieer ooreenkomstig die hoeveelheid toegediende water. Daar word aangeneem dat watertoedieningsdoeltreffendheid onder toestande van geen stremming 67% is en dat dit tot 76% kan toeneem indien die gewas maksimaal gestrem word (Grové, 1997). Die verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheidsstrategie word gemodelleer deur die watertoedieningsdoeltreffendheid onder toestande van geen stremming tot 75% te verhoog en aan te neem dit kan tot 81% met maksimum waterstremming toeneem.

## 2.2 Berekening van potensiële terugvloei

'n *Ex post* benadering is gevolg om potensiële terugvloei vanaf die geoptimaliseerde watertoedieningsdoeltreffendheidspeile te bereken. 'n Watertoedieningsdoeltreffendheid van 67% impliseer dat 33% van die water wat deur die besproeiingstelsel gepomp word, vermors word. Vyftien persent van die totale toegediende water word as werklike verliese gereken en kan nie deur ander gebruikers benut word nie. Die ander 18% (33-15) gaan verlore as gevolg van minder goeie bestuur in die vorm van diep dreinerings of afloop. Vyf en vyftig persent (18/33) van die totale verliese kan dus potensieel deur ander gebruikers benut word waar totale verliese die verskil tussen die hoeveelheid toegediende water en gewaswaterverbruik is.

## 3. RESULTATE

Die hoofdoel met die gedeelte is om die effek van tekortbesproeiing (Strategie T) en 'n verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid van 8 persentasiepunte (Strategie D) op die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiële terugvloei en bruto marge aan te toon indien wateronttrekking van 87 901 mm.ha tot 78 478 mm.ha beperk word. Resultate word aan die hand van twee situasies aangebied. Met die *eerste* word die geleentheidskoste van water wat bespaar word buite rekening gelaat deurdat

die besproeiingsboer nie die bespaarde water kan gebruik om groter oppervlaktes te besproei nie. In die *tweede* geval kan 'n groter oppervlakte met die bespaarde water besproei word. Afwykings vanaf 'n gegewe basis situasie word deurgaans gerapporteer. In die basis situasie word 50 ha koring met die beskikbare 87 901 mm.ha water in die rivier besproei wat 'n bruto marge van R197 185 lewer, terwyl 22 505 mm.ha van die 37 316 mm.ha toegediende water verbruik word. Potensiële terugvloei is 6 713 mm.ha.

### 3.1 Die effek van watergebruikstrategieë sonder inagneming van water se geleentheidskoste

Tabel 1 toon die effek van die twee watergebruikstrategieë op die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiële terugvloei en bruto marge indien wateronttrekking uit die rivier met 9 423 mm.ha (87 901-78 478) verminder word en 'n vaste oppervlakte van 50 ha koring besproei word.

Uit Tabel 1 is dit duidelik dat 'n verhoging in watertoedieningsdoeltreffendheid van 8 persentasiepunte ekonomiese voordele inhou aangesien Strategie D se bruto marges met R2 785 verhoog. Hierdie verhoging in bruto marges spruit voort uit die verlaging in watertoediening van 3 979 mm.ha (11%). Geen verandering in die hoeveelheid waterverbruik kom voor nie en dit is dus moontlik om watertoediening te verminder sonder om opbrengste in te boet. Die verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid veroorsaak dat minder water vermors word asook dat die proporsie van die totale verliese wat potensiël kan terugvloei, verlaag. Potensiële terugvloei daal gevolglik met 3 045 mm.ha (nagenoeg 45%). Die koste om die watertoedieningsdoeltreffendheid te verhoog, is nie verreken nie en moet dus nie meer as R2 785 beloop nie.

Indien die geleentheidskoste van bespaarde water buite rekening gelaat word, is Strategie T nie ekonomies voordelig nie. Met Strategie T ondervind die gewas waterstremming, opbrengste en dus inkomste daal en gevolglik neem waterverbruik met 451 mm.ha af. Alhoewel watertoediening met 928 mm.ha daal, is die verlaging in veranderlike koste minder as die verlaging in inkomste via verlaagde opbrengste en bruto marges daal gevolglik met R4 197. Potensiële terugvloei word nie so drasties as in die geval van Strategie D beïnvloed nie en verminder met slegs 338 mm/ha.

**Tabel 1: Die effek van twee watergebruikstrategieë op die afwyking in die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiele terugvloei en bruto marge sonder inagneming van die geleentheidskoste van bespaarde water met 'n beperking in wateronttrekking uit die rivier van 78 478 mm.ha**

Veranderlike	Basis situasie	n	
		Strategie T <sup>1</sup>	Strategie D <sup>2</sup>
<b>Maksimum onttrekking (mm.ha)</b>	<b>87 901</b>	<b>78 478</b>	<b>78 478</b>
		Afwyking vanaf basis situasie	
<b>Oppervlakte (ha)</b>	50	50	50
<b>Bruto Marge ( R)</b>	197 185	-4 197	2 785
<b>Watertoediening (mm.ha)</b>	37 316	-928	-3 979
<b>Waterverbruik (mm.ha)</b>	22 505	-451	0
<b>Potensiele terugvloei (mm.ha)</b>	6 713	-338	-3 045

1 Tekortbesproeiing

2 Verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid

### 3.2 Die effek van watergebruikstrategieë met inagneming van water se geleentheidskoste

In die gedeelte word die beperking van 'n vaste oppervlakte van 50 ha koring onder besproeiing opgehef en kan die bespaarde water gebruik word om groter oppervlaktes te besproei. Tabel 2 toon vervolgens die effek van die twee watergebruikstrategieë op die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiele terugvloei en bruto marge met inagneming van die geleentheidskoste van bespaarde water indien wateronttrekking uit die rivier met zero (87 901) en 9 423 mm.ha (87 901-78 478) verminder word.

Die twee watergebruikstrategieë word eerstens by 'n vlak van 87 901 mm.ha (geen beperking) vergelyk om te bepaal of dit voordelig is om bespaarde water oor groter oppervlaktes aan te wend. Strategie T en Strategie D bespaar genoeg water sodat onderskeidelik 25 ha en 30 ha meer koring besproei kan word. Alhoewel Strategie T onder sulke omstandighede ekonomies voordelig is, is Strategie D se bruto marge R23 435 (86 933-63 498) hoër. Die mate van tekortbesproeiing wat met Strategie T toegepas moet word, is minimaal en as gevolg van die vergrote oppervlaktes neem watertoediening, waterverbruik en potensiele terugvloei onderskeidelik met 10 800 mm.ha, 7 472 mm.ha en 126 mm.ha toe. Alhoewel Strategie D 994 mm.ha (10 800-9 806) minder water

as Strategie T gebruik, neem waterverbruik met 2 282mm.ha (9 754-7 472) meer toe en daal potensiële terugvloeï met 2 776 mm.ha.

**Tabel 2: Die effek van twee watergebruikstrategieë op die afwyking in die hoeveelheid toegediende water, waterverbruik, potensiële terugvloeï en bruto marge met inagneming van die geleentheidskoste van bespaarde water met 'n beperking in wateronttrekking uit die rivier van 87 901mm.ha (geen vermindering) en 78 478 mm.ha.**

Veranderlike	Basis situasie situasie	Watergebruikstrategie			
		Strategie T <sup>1</sup>		Strategie D <sup>2</sup>	
<b>Maksimum onttrekking (mm.ha)</b>	<b>87 901</b>	<b>87 901</b>	<b>78 478</b>	<b>87 901</b>	<b>78 478</b>
		Afwyking vanaf basis situasie			
<b>Oppervlakte (ha)</b>	50	25	17	30	21
<b>Bruto Marge ( R)</b>	197185	63 498	33 024	86 933	53 182
<b>Watertoediening (mm.ha)</b>	37316	10 800	5 097	9 806	4 207
<b>Waterverbruik (mm.ha)</b>	22505	7 472	3 993	9 754	5 959
<b>Potensiële terugvloeï (mm.ha)</b>	6713	126	-742	-2 766	-3 255

1 Tekortbesproeiing

2 Verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid

By 'n vlak van 78 478 mm.ha is die verskil in bruto marge tussen Strategie T en Strategie D R20 158 (53 182-33 024). Indien bespaarde water gebruik kan word om besproeiingsoppervlakte te vergroot en wateronttrekking word tot 78 474 mm.ha beperk, is dit in vergelyking met Strategie T minder voordelig om Strategie D te volg. Wat opvallend is, is dat watertoediening met 'n Strategie D met slegs 860 mm.ha (5 097-4 207) minder toeneem, terwyl waterverbruik met 1 966 mm.ha (5 959-3 993) meer toeneem en potensiële terugvloeï met 2 513mm.ha (3 255-742) meer daal.

#### 4. GEVOLGTREKKINGS EN BELEIDSIMPLIKASIES

Die gevolgtrekking word gemaak dat die geleentheidskoste van besproeiingswater 'n betekenisvolle invloed uitoefen op die ekonomiese insentiewe vir besproeiingsboere om waterbesparende strategieë toe te pas. Indien 'n vaste oppervlakte koring besproei word, is tekortbesproeiing nie ekonomies voordelig nie en besproeiingsboere sal dus alleenlik die strategie volg indien hulle daarvoor vergoed word. 'n Verhoging in watertoedienings-



doeltreffendheid is deurgaans ekonomies voordelig. Die ekonomiese insentiewe vir albei watergebruikstrategieë neem grootliks toe indien groter oppervlaktes met bespaarde water besproei kan word en onder sulke omstandighede sal besproeiingsboere dus makliker die strategieë toepas.

Tekortbesproeiing bespaar water indien 'n vaste oppervlakte van 50 ha koring besproei word aangesien waterverbruik deurgaans meer as potensiële terugvloeï daal. Onder dieselfde omstandighede sal 'n verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid nie water bespaar nie aangesien waterverbruik konstant bly, terwyl potensiële terugvloeï met amper dieselfde hoeveelheid as toegediende water daal. Albei strategieë sal meer druk op waterhulpbronne plaas indien groter oppervlaktes met die bespaarde water besproei word aangesien waterverbruik toeneem en potensiële terugvloeï daal.

Die gevolgtrekking word gemaak dat 'n waterbewaringsbeleid met verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid as uitgangspunt maklik die illusie kan skep dat water bespaar word aangesien terugvloeï nadelig beïnvloed word. Binne die hidrologiese sisteem van 'n opvanggebied is water wat as gevolg van lae watertoedieningsdoeltreffendhede verlore gaan nie werklik verlore nie aangesien 'n deel daarvan aan ander gebruikers in die vorm van terugvloeï beskikbaar is. Die nadelige eksternaliteite van alternatiewe waterbesparende strategieë moet dus in berekening gebring word wanneer die doeltreffendheid van die strategieë as instrumente van 'n waterbewaringsbeleid ontleed word.

Om werklik water in besproeiingslandbou te bespaar wat aan ander gebruikers geallokeer kan word, moet waterverbruik verminder word. Waterverbruik kan verminder word deur kleiner oppervlaktes van 'n spesifieke gewas te besproei, of dieselfde oppervlakte met 'n gewas wat minder water verbruik te besproei en tekortbesproeiing toe te pas. 'n Belangrike aspek wat na vore kom, is dat tekortbesproeiing net ekonomies voordelig is as groter oppervlaktes besproei word wat gevolglik weer meer druk op waterhulpbronne sal plaas. 'n Vermindering in watergebruik gaan gewoonlik met 'n verlaging in bruto marges gepaard en besproeiingsboere sal alleenlik die strategieë volg indien hulle vir verliese vergoed word.

Watermarkte (Easter & Hearne, 1994) word algemeen as meganisme voorgestel waarvolgens waterhulpbronne herallokeer kan word om optimale hulpbronbenutting te bewerkstellig. Indien 'n besproeiingsboer water wat deur 'n verhoogde watertoedieningsdoeltreffendheid bespaar word aan 'n ander boer verkoop, sal terugvloeï en dus die waterbeskikbaarheid van ander

gebruikers wat van die terugvloei afhanklik is, nadelig beïnvloed word. Deur waterregte op waterverbruik te grond, sal eksternaliteite verminder word (Easter & Hearne, 1994). Per implikasie moet slegs water wat werklik bespaar word (verminderde waterverbruik) aan ander gebruikers herallokeer of binne 'n watermark verhandel word. Kwantifisering van waterverbruik en terugvloei kan egter aansienlike transaksiekostes teweegbring wat waterverhandeling in watermarkte ontmoedig.

As gevolg van die wisselwerking tussen waterwetgewing, waterbeleidsadministrasie, tegnologie, hidrologie en menslike waardestelsels word meer inligting aangaande bogenoemde wisselwerking benodig alvorens beleide wat in sosiale belang is, saamgestel kan word. 'n Nuwe generasie besluitnemingsondersteuningsmodelle word dus benodig wat enersyds die effek van alternatiewe waterbeleide op die ekonomiese doeltreffendheid van besproeiingsboerdery kan demonstree en andersyds die effek van besproeiingsboere se optredes op waterhulpbronne kan kwantifiseer.

## ERKENNING

Finansiële steun deur die Waternavorsingskommissie (WNK) word hiermee erken. Menings uitgespreek en gevolgtrekkings gemaak, is dié van die outeurs en moet nie noodwendig aan die WNK toegeskryf word nie.

## VERWYSINGS

BACKEBERG, G.R. (1996). *The challenge of irrigation policy reform in the mature water economy of South Africa*. Paper presented at the Pre-Conference Workshop of the Water and Resource Economics Consortium, 12 February 1996, Melbourne, Australia.

CHARNES, A. & COOPER, W.W. (1959). Chance-constrained programming. *Management Science*, 6(1):73-79.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. (1979). *Yield response to water*. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 33. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

EASTER, K.W. & HEARNE, R. (1994). *Water markets and decentralized water resources management*. Staff Paper Series P94-24. Department of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota.

GROVÉ, B. (1997). *Modellering van die ekonomiese effekte van wisselvallige waterbeskikbaarheid vir besproeiingsboere in die Wintertongebied met inagneming van minimum binnestroomvloeivoorsiening*. M.Sc. Agric.-verhandeling. Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

LIEBENBERG, G.F. & UYS, P.M. (1995). Waterhulpbronne van Suid-Afrika. *Agrifutura Bulletin*, 2(1):31-34.

SOUTH-AFRICA (REPUBLIC). DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS AND FORESTRY. (1997). *White paper on a national water policy for South Africa*. Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry.

SCHULZE, RE. (1995). *Hydrological and agrohydrology. A text to accompany the ACRU 3.00 Agrohydrological Modelling System*. Report to the Water Research Commission on the project: Hydrological systems model development. WRC Report No TT69/95, ACRU Report 43. Pretoria: Water Research Commission.

WEINBERG, M., KLING, C.L. & WILEN, J.E. (1993). Water markets and water quality. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(2):278-291.

WHITTLESEY, NK & HUFFAKER, RG. (1995). Water policy issues for the twenty-first century. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(5):1199-1203.

WILLIS, D.B. (1993). *Modeling economic effects of stochastic water supply and demand on minimum stream flow requirements*. Ph.D. thesis. Department of Agricultural Economics, Washington State University, Pullman.

## SUMMARY

Irrigation agriculture currently utilises approximately 51% of South Africa's surface water resources, and slight savings in irrigation agriculture can, therefore, have a significant impact on water availability in other sectors. The main objective of this paper is to evaluate the effects of deficit irrigation and increasing water application efficiency on agricultural water consumption from an economic point of view. More specifically, it is established whether:

- an economic incentive exists for irrigation farmers to adopt water conserving strategies such as deficit irrigation, and increasing water application efficiency if the abstraction of water from rivers is limited; and

- deficit irrigation and increasing water application efficiency in fact conserves water because these strategies impacts on the quantity of water abstracted from the river and the potential return flow that is available to other users.

A chance-constrained linear programming model (CCLP) is constructed for a representative farm in the Winterton area to quantify the optimal response of irrigation farmers to a given water utilisation strategy, and therefore to optimise water utilisation over the growing season. ACRU is used to quantify water availability and the crop water requirements of wheat under conditions of no water stress. Scaling functions are used to model the effects of deficit irrigation on the reduction in total wheat production and variable costs (harvesting and fertilising costs) in the CCLP model. The increase in water application efficiency resulting from deficit irrigation, is modelled through a synthetic irrigation activity in the CCLP model. Potential return flow is calculated from the optimised water application efficiencies. Results are presented in terms of two situations. With the first, the opportunity cost of conserved water is not taken into account since the irrigation farmers are not allowed to irrigate larger areas with the conserved water. In the second case, larger areas can be irrigated with the conserved water and hence the opportunity cost of water is taken into account.

Results show that the opportunity cost of irrigation water exerts a meaningful influence on the economic incentives for irrigation farmers to adopt water conserving strategies. Deficit irrigation holds economic advantages only if the conserved water is utilised to irrigate larger areas, while increasing water application efficiency represents sustained economic benefits. Substantial advantages are obtained if larger areas are irrigated with conserved water. Deficit irrigation holds the potential to conserve water in real terms because the decrease in water consumption is consistently higher than the decrease in potential return flow if the opportunity cost of irrigation water is not taken into account. On the other hand, increasing water application efficiency will not necessarily conserve water because water consumption remains constant, while potential return flow is affected negatively. If larger areas are irrigated with conserved water, both strategies place more pressure on levels of stream flow.

It is concluded that a water conservation policy, based on increasing water application efficiency, can easily create the illusion that water is conserved because return flow is affected negatively. The only way to conserve water, is to reduce water consumption. A decrease in water consumption is generally associated with a reduction in gross margins, and irrigation farmers will only

adopt these strategies if they are compensated for their losses. An important aspect here is that only water that is saved in real terms must be allowed to be traded in a water market. Water rights must therefore be based on real water consumption. More information pertaining to the mutual interaction among water legislation, water policy administration, technology, hydrology and human value systems, is required before policies that are of social importance, can be formulated. A new generation of decision support models is therefore required which will, on the one hand, illustrate the effect of alternative water policies on the economic efficiency of irrigation farming, and on the other hand, quantify the effect of irrigation farmers' actions on water resources.