

# Besproeiing van aartappels

CHIPS artikelss | 2018

 Potatoes  
Aartappels SA

## Voorwoord

Hoewel aartappel een van die gewasse is wat water die doeltreffendste in voedsel omsit, is die plante sensitief vir watertekorte vandat knolle geïnisieer word, regdeur die groeiseisoen totdat die volwasse knolle geoes word. Aan die ander kant, is 'n oormaat van water ook nie gewens nie omdat kosbare water weg dreineer, duur voedingstowwe uit die wortelsone geloog word, elektrisiteit gemors word en die kwaliteit van die produk nadelig beïnvloed kan word.

Produsente moet dus die nodige kennis hê om te kan besluit wanneer om te besproei, en ook hoeveel om te besproei om die hoogste opbrengs van gehalte aartappels te produseer. Daarby is dit nodig dat besproeiingstelsels sodanig ontwerp word dat elektrisiteit effektief benut word om die koste van besproeiing onder beheer te hou en ook dat water optimaal aangewend word om die verantwoordelike gebruik daarvan te bevorder.

Hierdie publikasie bevat 'n aantal kort artikels wat die beginsels van besproeiing en besproeiingskedulering bespreek. Die artikels is deur prof. Martin Steyn van die Universiteit van Pretoria geskryf. Prof. Steyn het sedert die 1990s baanbrekersnavorsing gedoen op waterbehoefes en besproeiingskedulering van aartappels in Suid-Afrika. Hoewel die navorsing tot 'n groot mate afgehandel is, bly hy passievol oor die rol wat besproeiingskedulering in Suid-Afrika kan speel om ons skaarsste hulpbron volhoubaar te benut. Hy is gevolglik steeds betrokke by die oordra van kennis oor besproeiingskedulering.

Aangesien die koste van elektrisiteit met meer as die inflasiekoers toeneem, onderneem Aartappels-Suid-Afrika gevallestudies in verskillende produksiestreke om verbruikseffektiwiteit van elektrisiteit en water te verhoog. Twee artikels in hierdie publikasie illustreer wat alles gedoen kan word om elektrisiteitskoste te beperk.

Dr. Fienie Niederwieser  
Bestuurder: Navorsing en Ontwikkeling  
Aartappels Suid-Afrika



## INHOUD

### Tegniese Nuus - Technical News

Hoe groot is aartappels se watervoetspoor?	5
Faktore wat waterbestuur beïnvloed	9
Waterbehoefte in verskillende groeistadiums	12
Skeduleringshulpmiddels - Atmosferiese metodes	17
Skeduleringshulpmiddels - Grondwater-inhoudmetings	22
Grondwaterpotensiaal gebaseerde skeduleringshulpmiddels	28
Vermindering van die elektrisiteitskoste van aartappelproduksie onder besproeiing in Limpopo	32
Optimisering van energieverbruik vir aartappelproduksie in die Sandveld	42



# Hoe groot is aartappels se watervoetspoor?

Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria



Suid-Afrika is oor die algemeen 'n droë land met swak reënvalverspreiding deur die seisoen en gevolglik is water een van ons skaarsste hulpbronne. Tans word bykans 60% van al ons varswater vir besproeiing gebruik.











Die plaaslike aartappelbedryf is ook

baie afhanklik van beskikbare besproeiingswater, aangesien aartappels een van die gevoeligste

gewasse vir watertekorte is en enige waterstremming sal lei tot opbrengs- of kwaliteitsverliese. Vanweë die droogtegevoeligheid en baie hoë insetkoste van aartappelproduksie, is die risiko van droëlandproduksie in die meeste gebiede van die land baie hoog. Gevolglik word meer as 80% van alle aartappelaanplantings tans besproei.

Ons kan verwag dat die landbou in die toekoms toenemend onder druk gaan kom om minder water te gebruik en meer water gaan aan ander sektore, soos industrieë en huishoudelike gebruikers, toegeken word. Daar gaan dus van boere verwag word om minder water te gebruik, maar om steeds meer voedsel vir 'n groeiende bevolking te produseer.

Tabel 1: Gemiddelde internasionale watervoetspoor syfers vir enkele voedselprodukte\*

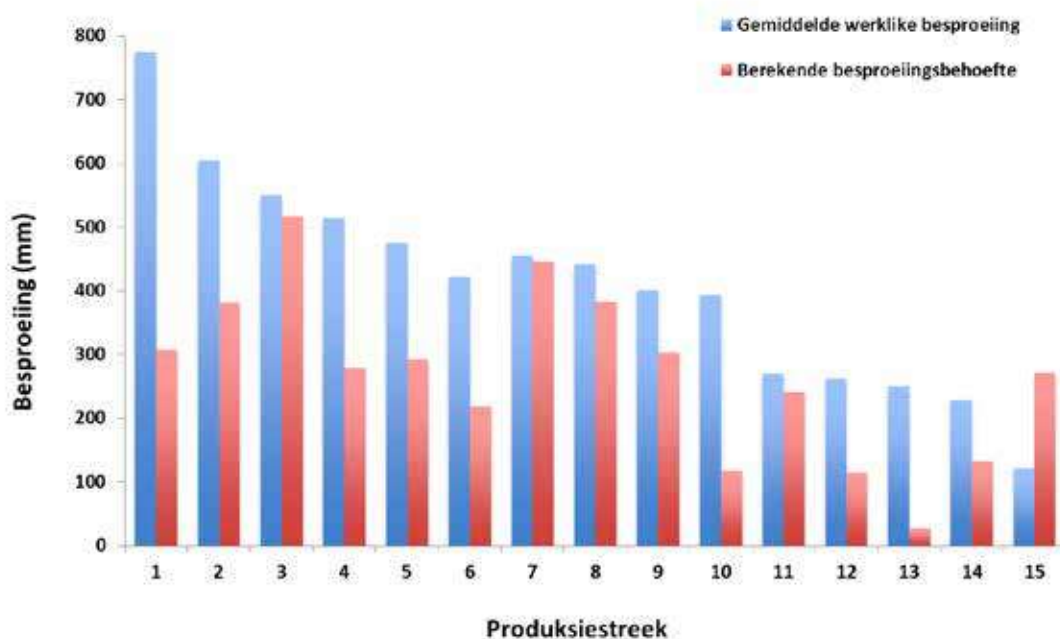
Voedselprodukt	Eenheid	Water-voetspoor (liter water per eenheid)	Voedselprodukt	Eenheid	Water-voetspoor (liter water per eenheid)
	150 g medium aartappel	43.5 l		150 g lemoen	80 l
	125 ml glas wyn	110 l		125 ml koppie koffie	130 l
	150 g perske	140 l		150 g porsie sky-fies	156 l
	60 g eier	196 l		250 ml lemoensap	255 l
	725 g Margarita pizza	1260 l		300 g biefstuk	4620 l

\* Bron: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery>

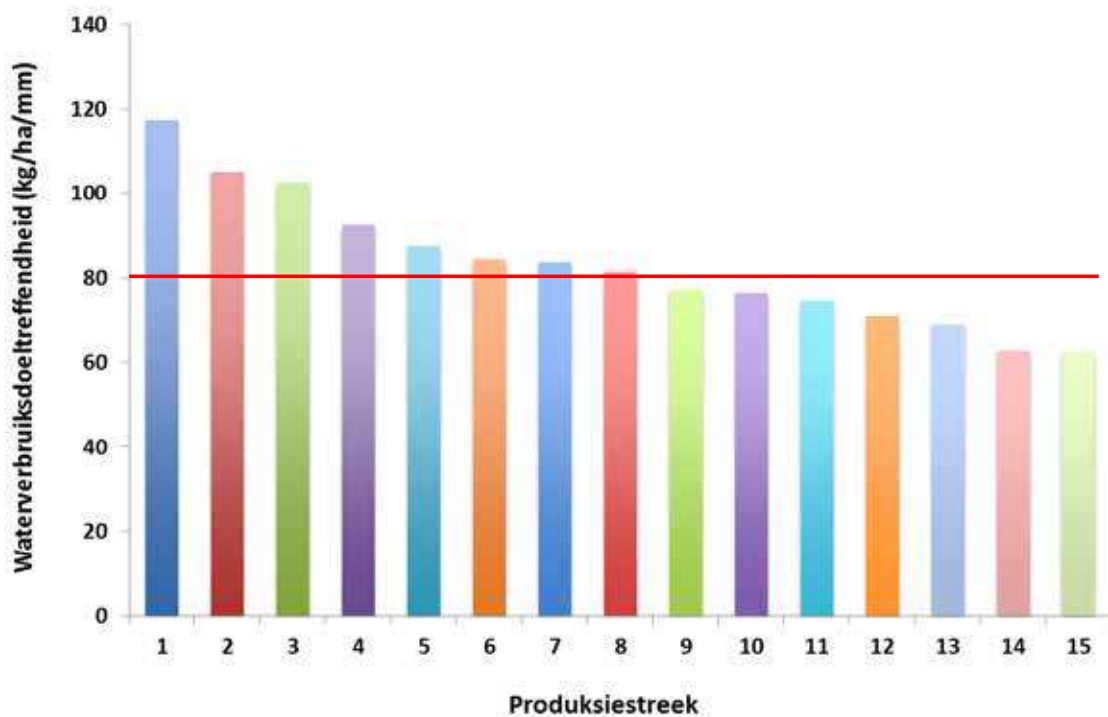
### Hoe word waterverbruiksdoeltreffendheid gemeet?

Die doeltreffendheid waarmee water verbruik word om enige produk of kossoort te produseer kan op verskillende maniere uitgedruk word. In die wetenskap word waterverbruiksdoeltreffendheid van gewasse uitgedruk as die millimeter water wat nodig is om 'n kilogram graan of ander produk te produseer (kg/ha/mm). 'n Ander metode wat algemeen gebruik word om waterverbruiksdoeltreffendheid van verskillende kommoditeite (grane, vrugte, vleis, vesel, ens.) met mekaar te vergelyk, is

die so-genaamde watervoetspoor van produkte. Dit neem gewoonlik al die water in ag wat verbruik is om die finale produk aan die eindverbruiker te lewer. In die geval van aartappels sluit dit byvoorbeeld al die water in wat gebruik word om die gewas te produseer (vanaf grondvoorbereiding, besproeiing en bespuiting deur die seisoen, tot die wasaanleg), of verder te verwerk (bv. die water wat in 'n skyfiefabriek gebruik word). Tabel 1 gee voorbeelde van die hoeveelhede water wat tipies benodig word (direkte- en indirekte verbruik) om 'n aantal voedselsoorte te produseer. Hieruit



Figuur 1: Gemiddelde werklike besproeiingshoeveelhede en berekende besproeiingsbehoefte van Suid-Afrikaanse aartappel-produksiegebiede. Nota: kodes word gebruik om die identiteit van produksiestreke te beskerm.



Figuur 2: Waterverbruikdoeltreffendhede van Suid-Afrikaanse aartappelproduksiegebiede. Totale reënval en besproeiing is gebruik en dit sluit slegs direkte waterverbruik tydens verbouing in. Nota: kodes word gebruik om die identiteit van produksiestreke te beskerm. Die horisontale rooi lyn dui die gemiddeld aan.

is dit duidelik dat daar 'n groot variasie tussen produkte bestaan, en dat aartappels een van die voedselprodukte is wat die minste water nodig het om te geproduseer te word. Verwerkte produkte benodig meer water en diereprodukte soos vleis, het die grootste watervoetspoor.

### Watervoetspoor van aartappelproduksie in Suid-Afrika

Die waterbehoeftesyfers vir aartappels in Tabel 1 is gebaseer op gemiddelde internasionale syfers, en die vraag ontstaan dan hoe Suid-Afrikaanse boere hiermee vergelyk? 'n Opname is gedoen om hulpbrongebruiksdoeltreffendheid in die Suid-Afrikaanse aartappelbedryf te bestudeer. Ongeveer 100 produsente reg oor die land het aan die opname deelgeneem, wat sowat 15% van die totale aantal kommersiële aartappelprodusente verteenwoordig. Produsente is as deel van die studie gevra hoeveel hulle besproei om hul aartappels te produseer. Die besproeiingsbehoefte vir elke streek is ook bereken deur gemiddelde verdampingsaanvraag- en reënvalsyfers in ag te neem. Dit is dan vergelyk met die werklike gemiddelde besproeiing wat per streek gerapporteer is.

Figuur 1 dui die werklike gemiddelde besproeiingshoeveelhede (blou stafies) en berekende besproeiingsbehoefte (rooi stafies) per streek aan. Hiervolgens is dit duidelik dat streke heelwat varieer in die werklike besproeiingshoeveelhede wat hulle toedien. Dit is egter te wagte aangesien die klimaat en verbouingspraktyke van streke uiteenlopend verskil. Daarom is dit meer korrek om die werklike besproeiingshoeveelheid van elke streek met daardie streek se berekende besproeiingsbehoefte te vergelyk. Wanneer so 'n vergelyking gemaak word, is daar vier streke wat baie goed vaar (werklike en berekende behoefte is byna dieselfde). By die meeste ander streke word daar egter aansienlik meer as die behoefte besproei, wat moontlik dui op oneffektiewe watergebruik.

Verskeie faktore kan besproeiingsbestuur bemoeilik of die effektiwiteit van besproeiing nadelig beïnvloed, byvoorbeeld:

- Grondtipe: sandgronde is baie moeiliker om effektief te bestuur en logging kan baie maklik

voorkom, veral as reën in die groeiseisoen voorkom.

- Klimaat: hoë verdampingsverliese in gebiede met baie hoë somertemperature en sterk winde.
- Swak besproeiingsbestuur: produsente pas nie behoorlike besproeiingskedulering toe nie.

Bogenoemde grond- en omgewingsfaktore speel beslis 'n rol in party streke, maar in ander streke kan die lae waterverbruiksdoeltreffendheid waarskynlik aan swak of geen besproeiingskedulering toegeskryf word.

Die gemiddelde besproeiing, reënval en opbrengsdata per streek is ook gebruik om te bereken hoeveel water in elke streek gebruik word om een kilogram aartappels te produseer (Figuur 2). Net soos by die hoeveelhede besproei, is daar ook groot verskille tussen streke in berekende waterverbruiksdoeltreffendhede. Dit wissel van 63 tot 118 kg/ha/mm, met 'n gemiddeld van 80 kg/ha/mm, wat gelykstaande is aan 18 liter water verbruik vir die produksie van een medium (150 g) aartappel. Hierdie gemiddelde waarde is laer as die syfer vir aartappels in Tabel 1 omdat dit indirekte waterverbruik (bv. die was van aartappels) uitsluit, maar aartappels vergelyk beslis baie goed met die meeste ander voedselgewasse. Hoewel aartappels dus baie afhanklik van water is, kan daar onomwonde gesê word dat dit een van die gewasse is wat water die doeltreffendste kan omsit in voedsel.

Streek 15 in Figuur 1 se werklike besproeiing is laer as die berekende behoefte, aangesien hierdie hoofsaaklik 'n droëland-streek is en daar word meestal slegs aanvullend besproei. Figuur 2 toon verder aan dat ongeveer die helfte van produksiestreke bo die gemiddeld van 80 kg/ha/mm lê, terwyl die ander helfte onder die gemiddeld lê. Dit is ook belangrik om daarop te let dat daar binne streke aansienlike variasie in doeltreffendheid tussen produsente voorkom, wat daarop dui dat daar in die meeste streke geleentheid is om water te bespaar deur beter besproeiingsbestuur toe te pas.

### Effektiewe besproeiingsbestuur aangespreek

Verskeie hulpmiddele is vandag beskikbaar om produsente te help met hul besluitnemingsproses van wanneer en hoeveel daar op enige tydstip besproei moet word. ●



# Faktore wat waterbestuur beïnvloed

Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria



Aartappels is droogtegevoelig en daarom is ekonomiese aartappelproduksie, met die uitsondering van enkele produksiestreke in ons land, bykans onmoontlik sonder aanvullende besproeiing. Suid-Afrika is egter 'n water-arm land waar die landbou met verskeie ander sektore vir waterbronne moet kompeteer. Ongelukkig word besproeiing gereken as die ondoeltreffendste van alle watergebruikers en boonop word die landbou dikwels van vermorsing beskuldig. Hoewel hierdie 'n veralgemening is, moet ons ongelukkig erken dat besproeiingswater nie altyd oordeelkundig aangewend word nie. As die landbousektor hierdie negatiewe persepsie wil verander, sal ons daadwerklike pogings moet aanwend om besproeiingswater meer doeltreffend aan te wend.

## **Hoe kan besproeiingswater meer doeltreffend gebruik word?**

Verskeie aspekte van besproeiingsbestuur is hier ter sprake. Eerstens is dit baie belangrik om te verseker dat die besproeiingstelsel in goeie werkende

toestand is en 'n uniforme toediening reg oor die lengte of deursnee van die land lewer. Dit moet gereeld getoets word om te verseker dat die stelsel eweredig oor die land die hoeveelheid toedien soos beplan. Verder moet die water effektief geskeduleer word sodat die gewas nie oor- of onderbesproei word nie. Onderbesproeiing kan tot droogtestremming lei, wat opbrengs en kwaliteit nadelig kan beïnvloed. Oorbesproeiing sal lei tot vermorsing van water en elektrisiteit, die loging van waardevolle voedingstowwe uit die gewas se wortelsone, en dit kan ook opbrengs en kwaliteit benadeel.

Besproeiingskedulering is die besluitnemingsproses om te bepaal wanneer en hoeveel besproei moet word ten einde optimale en volhoubare produksie te verseker. Om doeltreffende besproeiingskedulering te kan toepas, is dit egter belangrik om te verstaan watter faktore waterverbruik en -bestuur beïnvloed.

#### Faktore wat waterverbruik beïnvloed

Verskeie faktore beïnvloed die waterverbruik of besproeiingsbehoefte van 'n gewas, insluitend die *grondtipe, gewas-groeistadium, weerstoestand, tipe besproeiingstelsel en bestuurspraktyke.*

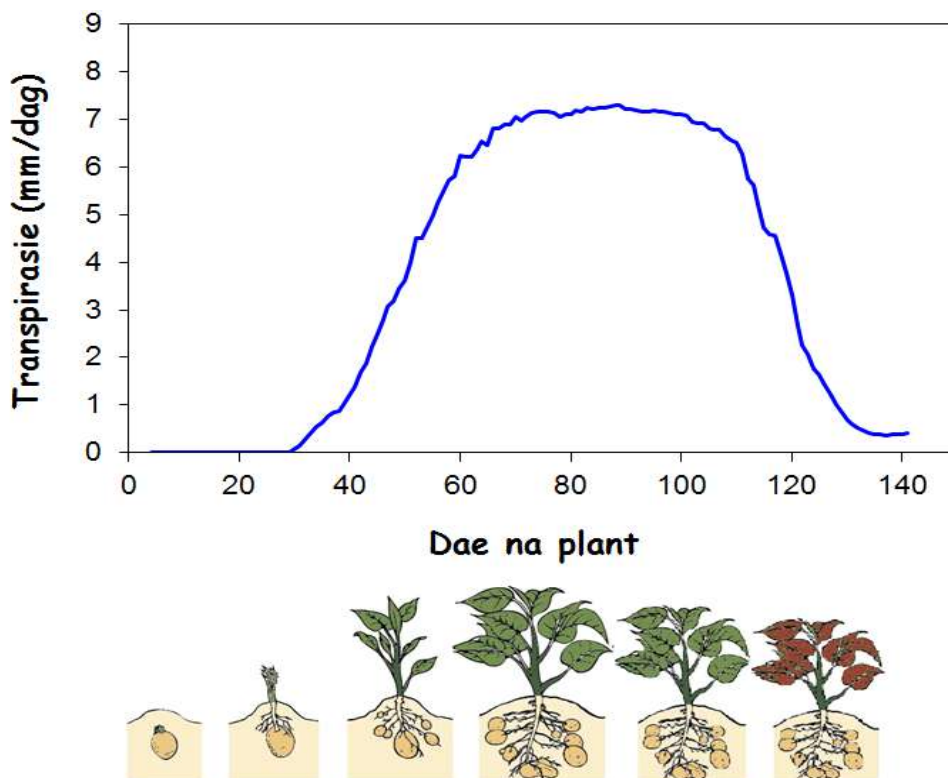
#### Voorbeeld

Vir 'n leemgrond met  $120 \text{ mm m}^{-1}$  plantbeskikbare water (PBW) en 50% toelaatbare onttrekking, en worteldiepte (WD) van 25 cm moet daar besproei word sodra die volgende hoeveelheid water uit die profiel onttrek is:

$$\begin{aligned} \text{Toelaatbare onttrekking} &= 50\% \times \text{PBW} \times \text{WD} \\ &= 50\% \times 120 \text{ mm m}^{-1} \times 0.25 \text{ m} \\ &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Wanneer die wortels later in die groeiseisoen 45 cm diepte bereik, verhoog die toelaatbare onttrekking tussen besproeiings aansienlik:

$$\begin{aligned} \text{Toelaatbare onttrekking} &= 50\% \times \text{PBW} \times \text{WD} \\ &= 50\% \times 120 \text{ mm m}^{-1} \times 0.45 \text{ m} \\ &= 27 \text{ mm} \end{aligned}$$



Figuur 1: Tipiese daaglikse waterverbruikskurwe van aartappels met 'n 120 dae groeiseisoenlengte.

Die **grondtipe** bepaal hoeveel plantbeskikbare water (PBW) 'n grondprofiel kan hou. PBW word gedefinieer as die hoeveelheid water tussen veldkapasiteit (sogenaamde "vol punt") en permanente verwelkpunt (die punt waar plante nie meer water kan opneem nie en vrek). Die hoeveelheid beskikbare grondwater word hoofsaaklik bepaal deur die tekstuurklas van die grond en die profiel- of worteldiepte. Sandgronde hou minder PBW as leem- en kleigronde. Tipiese PBW waardes wissel van so laag as 30 mm water per m gronddiepte ( $\text{mm m}^{-1}$ ) vir growwe sandgronde tot 120  $\text{mm m}^{-1}$  vir leemgronde en 100  $\text{mm m}^{-1}$  vir klei. Waterstroming tree in en produksie kan benadeel word wanneer die grondwaterinhoud laer as 'n kritieke waarde daal, uitgedruk as persentasie van plantbeskikbare water (PBW). Dit staan bekend as die toelaatbare onttrekking.

Die **gewas se** sensitiwiteit vir waterstroming in verskillende groeistadia sal bepaal hoeveel water onttrek mag word voordat waterstroming intree. Aangesien aartappels baie gevoelig vir waterstroming is, aanvaar ons dat waterstroming intree wanneer meer as 50 % van PBW in enige groeistadium onttrek word. Enige oor- of onderbesproeiing van aartappels kan tot verliese in opbrengs en/of kwaliteit lei.

Die **gewas-groeistadium** gee ook 'n aanduiding van hoeveel water dit potensieel sal gebruik. Wanneer loofbedekking vroeg in die groeiseisoen nog klein is, word minder water benodig, maar later in die groeiseisoen styg die daaglikse waterbehoefte soos wat die loofbedekking toeneem (Figuur 1).

Verder bepaal die groeistadium die worteldiepte van die gewas, wat 'n aanduiding is van die grondvolume waaruit die wortels water kan opneem (Figuur 2). Vroeg in die seisoen is wortels nog vlak en dit benut slegs 'n klein gedeelte van die grondreservoir. Die risiko van oorbesproeiing en loging is die hoogste in hierdie stadium en daarom moet besproeiings beperk word tot klein hoeveelhede per keer. Later in die seisoen is die wortels dieper en minder gereelde, swaarder besproeiings kan gegee word, maar die toelaatbare onttrekkingshoeveelheid mag nie oorskry word nie (sien voorbeeld).



**Figuur 2:** Die worteldiepte van die gewas gee 'n aanduiding van die grondvolume waaruit die wortels water kan opneem.

Die heersende **weerstoestand** bepaal die atmosferiese verdampingsaanvraag, wat die dryfkrag vir waterverbruik (transpirasie en verdamping) is. Die temperatuur, windspoed, sonstraling en relatiewe humiditeit is van belang en beïnvloed die verdampingsaanvraag (en dus die gewas-waterverbruik) soos volg:

- Temperatuur - verdamping neem toe met styging in temperatuur.
- Sonstraling - hoë ligintensiteit en lang dae verhoog verdamping.
- Humiditeit van die lug - verdamping is hoër by laer humiditeit.
- Windspoed - die transpirasie kan op 'n winderige dag aansienlik hoër wees as op 'n windstil dag.

Hiervolgens is dit duidelik dat die waterbehoefte van aartappels sal verskil tussen seisoene, asook tussen lokaliteite met verskillende klimaat.

Die **tipe besproeiingstelsel** wat gebruik word, sal die hoeveelheid besproeiing per keer en lengte van die besproeiingsiklus bepaal. Met 'n spilpuntstelsel sal daar byvoorbeeld tipies 10 tot 20 mm elke twee tot drie dae besproei word, terwyl met 'n drupstelsel meer gereelde, kleiner besproeiings moontlik is. Die frekwensie van besproeiing beïnvloed die verdampingsverliese en dus ook die totale waterbehoefte. ●



# Waterbehoefte in verskillende groeistadiums

Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria

In vorige artikels in hierdie reeks is bespreek watter faktore 'n rol speel by die waterverbruik van aartappels en ook dat aartappels een van die mees doeltreffende gewasse is wat water na voedsel kan omskakel. Tog is aartappels ook baie afhanklik van voldoende watervoorsiening om optimale opbrengs en kwaliteit te verseker.

Die meeste gewasse het 'n gevoelige groeistadium waartydens waterstremming opbrengs en/of kwaliteit nadelig kan beïnvloed. In die geval van grane is die vegetatiewe periode gewoonlik minder sensitief vir watertekorte, terwyl die blom- en graanvulling stadiums die gevoeligste

vir waterstremming is. In teenstelling hiermee, is aartappels egter sensitief vir waterstremming in feitlik al die gewas se groeistadiums (vanaf knolinisasie tot net voor loofafsterwe) en opbrengs of kwaliteit kan ernstig daardeur benadeel word. Dit is dus baie belangrik dat grondwater optimaal bestuur moet word om goeie opbrengs en kwaliteit te verseker.

## Hoe affekteer besproeiingsbestuur opbrengs en kwaliteit?

Die effek van waterbestuur op die aartappelplant se groei, knolopbrengs en kwaliteit hang af van die gewas se groeistadium. Vervolgens word die effek

van oor- of onderbesproeiing in elke groeistadium op die finale opbrengs en kwaliteit bespreek.

### Periode van plant tot opkom

Gedurende hierdie stadium is verdamping die enigste waterverlies en indien die grondprofiel na aan veldkapasiteit met plant was, is dit gewoonlik nie nodig om te besproei totdat die aartappels opkom nie. Te droë grond kan egter lei tot swak wortelontwikkeling en minder spruite, met gevolglike oneweredige stand. Indien dit wel nodig is om te besproei, moet dit tot ligte besproeiings beperk word.

Baie nat gronde met gepaardgaande warm weer kan veroorsaak dat die moere vrot, wat tot 'n swak stand sal lei. Nat, koue gronde kan ook daartoe lei dat die spruite deur *Rhizoctonia* infekteer word en stamkanker ontwikkel (Figuur 1).

### Periode van opkom tot knolinisiasie

Hierdie is die enigste stadium van die aartappelplant wanneer dit 'n mate van waterstremming kan verduur sonder om opbrengs of kwaliteit te benadeel. Omdat die wortelstelsel in hierdie vroeë stadium nog vlak is, sal oorbesproeiing lei tot 'n vermorsing van water en voedingstowwe, veral stikstof wat maklik loog.

### Knolinisiasie-periode

Waterstremming in hierdie groeistadium het tot gevolg dat minder knolletjies geïnisieer word, wat die finale opbrengs en groottegroepverspreiding sal beïnvloed. Te droë grond kan ook aanleiding gee tot bruinskurfinfeksie (Figuur 2) van die nuutgeïnisieerde knolletjies, wat later tot volwaardige bruinskurfletsels sal ontwikkel.

Oorbesproeiing in die knolinisiasie-periode sal lei tot vermorsing van water en loging van voedingstowwe. Dit kan ook aanleiding gee tot die ontwikkeling van interne bruinvlek (Figuur 3), veral in koue, nat toestande. Verder is nat, swak gedreineerde gronde bevorderlik vir die ontwikkeling van poeierskurf (Figuur 4) op die knolle.

### Knolgroei-periode

Die periode van knolgroei is die langste stadium in die plant se lewensiklus, en waterbestuur



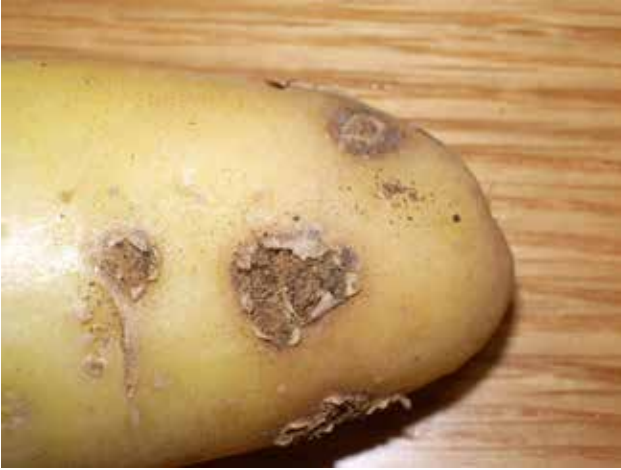
Figuur 1: Nat, koue gronde tussen plant en opkoms kan lei tot *Rhizoctonia* stamkankerinfeksie van die spruite (Foto: Jacquie van der Waals).



Figuur 2: Droë grond gedurende knolinisiasie kan aanleiding gee tot bruinskurfinfeksie van die knolletjies (Foto: Jacquie van der Waals).



Figuur 3: Oorbesproeiing en koue gronde tydens knolinisiasie kan lei tot interne bruinvlek (Foto: Chantel du Raan).



Figuur 4: Poeierskurfinfeksie word bevorder deur baie nat gronde tydens knolinisiasie (Foto: Jacquie van der Waals).



Figuur 5: Misvorming van knolle kom voor weens onegalige besproeiing (Foto: JM Gravouillo).



Figuur 6: Holhart ontstaan as gevolg van onegalige besproeiing (Foto: Chantel du Raan).

in hierdie stadium het die grootste effek op opbrengs en kwaliteit. Ernstige waterstremming sal daartoe lei dat plante vroeër afsterf en knolle nie behoorlik gevul word nie. Die gevolg hiervan is 'n hoë persentasie klein en minder groot knolle, met gepaardgaande laer totale opbrengs. Waterstremming, en veral afwisselende nat- en droë periodes (soos met swak reënvalverspreiding of onegalige besproeiing), kan ook aanleiding gee tot ongewenste fisiologiese knolafwykings soos sekondêre groei, misvorming (Figuur 5), holhart (Figuur 6) en sandspleet (Figuur 7). Hierdie afwykings ontstaan omdat knolle ophou groei wanneer dit te droog raak en dan weer vinnig begin hergroeï wanneer die waterstremming opgehef word. Onegalige besproeiing kan ook lei tot die opbou van suikers in knolle wat tydens verwerking skyfiedefekte soos verbruining (Figuur 8) veroorsaak. Toestande word vererger wanneer water- en hitte-stremming gelyktydig voorkom.

Oorbeproeïing lei weereens tot vermorsing van water en loging van voedingstowwe uit die wortelsone, asook oormatige loofgroei, wat kan lei tot hoër blaarsiekte-druk, soos laatroes (Figuur 9). Baie nat, swak gedreineerde gronde kan lei tot die ontwikkeling van vergrote lentselle (of waterpuieties), op die knolle (Figuur 10). Sulke vergrote lentselle bevorder infeksie deur sagtevrot-bakterieë (Figuur 11) en die vergrote lentselle veroorsaak ook onooglike letsels op die knolle.

#### Rypwording stadium

Ernstige waterstremming in hierdie laat stadium kan veroorsaak dat die knolle dehidreer wat dan maklik meganiese beskadiging opdoen tydens oes. Verkleuring van die knolle se vaatbundels kan ook voorkom en suikers kan in die knolle opbou. Wanneer die knolle tot skyfies verwerk word, sal hierdie afwykings ongewenste bruin verkleuring van die skyfies veroorsaak (Figuur 8).

Oorbeproeïing is dikwels 'n probleem tydens rypwording. Baie nat gronde in hierdie stadium kan lei tot laer relatiewe knoldigtheid (of soortlike gewig, SG), wat ongewens is omdat dit die houvermoë en verwerkingskwaliteit van die knolle benadeel. Verder lei nat gronde ook tot vertraagde rypwording en skilset, wat kan lei tot meganiese beskadiging van



Figuur 7: Sandspleet ontwikkel as gevolg van onegalige besproeiing (Foto: Martin Steyn).



Figuur 10: Baie nat, swak gedreineerde gronde kan lei tot vergrote lentiselle (waterpuieties), wat letsels op knolle veroorsaak (Foto: Martin Steyn).



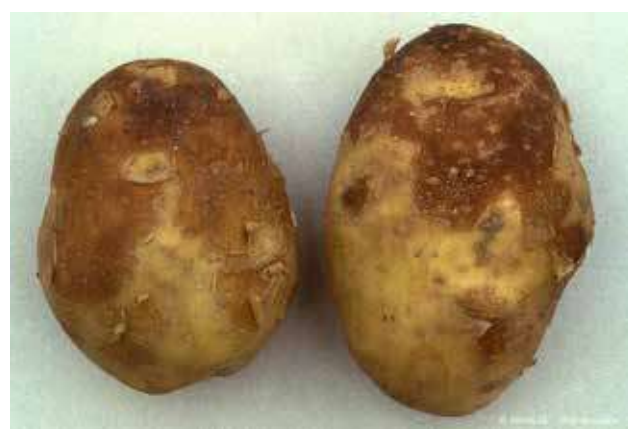
Figuur 8: Onegalige besproeiing of koue gronde voor oes kan lei tot die opbou van suikers in knolle, wat skyfiedefekte, soos verbruining veroorsaak (Foto:www.giantbomb.com).



Figuur 11: Vergrote lentiselle bevorder infeksie van knolle deur siektes soos sagtevrot (Foto: Jacquie van der Waals).



Figuur 9: Oorbesproeiing stimuleer oormatige loofgroei, wat kan lei tot hoër blaarsiekte-druk, soos laatroes (Foto: Jacquie van der Waals).



Figuur 12: Baie nat gronde net voor oes lei tot vertraagde skilset, wat maklik meganiese beskadiging van die knolle met oes kan veroorsaak (Foto: www.potato-tuber-blemishes.com)

die knolle tydens oes (Figuur 12). Nat, koue gronde (grondtemperatuur  $<10^{\circ}\text{C}$ ) in die periode net voor oes kan lei tot die opbou van suikers (sogenaamde “cold sweetening”), wat weer bruin verkleuring van skyfies by verwerking sal veroorsaak (Figuur 8).

### Strategie vir optimale opbrengs en kwaliteit

Uit bogenoemde bespreking is dit duidelik dat doeltreffende grondwaterbestuur baie belangrik is om optimale opbrengs en kwaliteit aartappels te verseker. Die volgende algemene riglyne word as strategie vir optimale opbrengs en kwaliteit voorgestel:

- Voorkom groot grondwatertekorte en sodoende waterstremmingsperiodes gedurende die groeiseisoen.
- Poog om die waterinhoud van die wortelsone tussen veldkapasiteit en 50% onttrekking van plantbeskikbare water te hou.
- Vir die meeste gronde moet tensiometerlesings in die boonste 30 cm grondlaag nie hoër as 30 to 40 kPa tussen besproeiings styg nie.
- Verseker uniforme groeitoestande deur gereelde besproeiings toe te dien, bv. 12 tot 15 mm elke twee tot drie dae, afhangend van die groeistadium en heersende weerstoestande.
- Gebruik skeduleringshulpmiddels om grondwaterinhoud te monitor en doeltreffende waterbestuur te verseker.
- As water beperk is, spaar water in die vegetatiewe groeistadium (tussen opkom en knolinisiasie) en versprei die beskikbare water dan egalig deur die res van die groeiseisoen.
- Vermyn oorbesproeiing, aangesien dit siektes kan bevorder, voedingstowwe loos, en water en elektrisiteit vermors.
- Voorkom baie nat gronde, veral in die laaste and voor oes. ●





# Skeduleringshulpmiddels - Atmosferiese metodes

Artikel en foto's: Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria

Ons het in vorige artikels in hierdie reeks die faktore bespreek wat 'n rol speel by die waterverbruik van aartappels, hoe aartappels se waterverbruiksdoe-ltreffendheid met die van ander gewasse vergelyk, en dat optimale watervoorsiening in alle groeista-diums noodsaaklik is om optimale opbrengs en kwaliteit te verseker. In hierdie artikel begin ons kyk na verskillende besproeiingskeduleringsmetodes en -hulpmiddels wat vir produsente beskikbaar is om te help besluit wanneer en hoeveel om te besproei. Verskeie benaderings kan gevolg word om die gewas se waterverbruik te skat of te bereken. Die meeste metodes beraam een of meer

komponente van die grond-plant-atmosfeersisteam. Skeduleringsmetodes is daarom gewoonlik gebaseer op grond-, plant- of atmosferiese metings. In die praktyk word grond- en atmosferiese metodes die meeste gebruik. Produsente moet verkieslik 'n kombinasie van meer as een metode gebruik om die risiko van foute te verlaag.

Wateropname van gewasse word deur die volgende faktore bepaal:

- Atmosferiese verdampingsaanvraag, d.w.s. hoe "droog" is die lug.
- Grootte van die loof, d.w.s. die loofbedekking.

- Besikbaarheid van grondwater vir opname deur plante.

Die atmosferiese verdampingsaanvraag is die dryfkrag vir waterverbruik en hang af van die heersende weerstoestande op 'n gegewe dag. Verdampingsaanvraag sal hoër wees op 'n warm, sonnige en winderige dag as wanneer dit koel, bewolk en windstil is. Dit is dus duidelik dat gewaswaterbehoefte aansienlik van dag tot dag kan wissel, afhangend van die heersende weerstoestande.

Die volgende vier faktore beïnvloed atmosferiese verdampingsaanvraag:

- Lugtemperatuur – voorsien energie vir verdamping; styging in temperatuur verhoog verdamping.
- Sonstraling – voorsien die meeste energie vir verdamping; hoë ligintensiteit en lang dae verhoog dus verdamping.
- Humiditeit van die lug – bepaal die uitdroogvermoë van die lug; verdamping is hoër by laer humiditeit.
- Windspoed – wind vervoer vogtige lug weg van die blare af; transpirasie kan gevolglik op 'n winderige dag aansienlik hoër wees as op 'n windstildag.

Atmosferiese metodes is handig om die maksimum moontlike waterverbruik van 'n gewas te skat. Indien ons bogenoemde weer veranderlikes kan meet (bv. met 'n weerstasie), kan die atmosferiese verdampingsaanvraag (of verwysings-evapotranspirasie, ETo) daarmee bereken word. Die formule wat algemeen hiervoor gebruik word, is die sogenaamde *Penman Monteith* vergelyking. 'n Tipiese ETo waarde op 'n warm, winderige somersdag kan 8 mm per dag bereik. Hierdie ETo waarde kan nou gebruik word om werklike gewaswaterverbruik te skat. Gewaswaterverbruik kan nooit hoër as die atmosferiese verdampingsaanvraag wees nie. Byvoorbeeld, as ETo op 'n bepaalde dag 4 mm is, sal dit nie vir 'n gewas moontlik wees om 7 mm water te verbruik nie, aangesien daar slegs genoeg energie beskikbaar is vir 4 mm verdamping. Verder moet daar in ag geneem word dat sodra meer as 50% plantbeskikbare water uit die wortelsone onttrek word, die gewas waterstremming sal begin ondervind. Die gewaswaterverbruik sal dan

laer as die atmosferiese aanvraag wees, aangesien wateropname nie aan die vraag kan voorsien nie.

Die algemeenste atmosferiese skeduleringsmetodes en -hulpmiddels word vervolgens kortliks bespreek.

### **Atmosferiese besproeiingskeduleringsmetodes** *Verdamping en gewasfaktore*

In die verlede is panverdamping (Epan) gereeld gebruik om atmosferiese verdampingsaanvraag te bereken. Die aanname is gemaak dat die hoeveelheid verdamping vanaf 'n verdampingspan (Figuur 1) se oop watervlak al die weer veranderlikes (straling, temperatuur, wind en humiditeit) integreer en daarom 'n goeie aanduiding gee van atmosferiese verdampingsaanvraag. Vandag het verdampingspanne grootliks in onbruik verval. Ons weet nou ook dat hoewel die metode redelike goeie resultate gelewer het, dit eintlik heelwat beperkings het.



**Figuur 1:** Klas A panverdamping (Epan) is in die verlede algemeen as maatstaf van atmosferiese verdampingsaanvraag gebruik en tesame met gewasfaktore gebruik om gewaswaterverbruik (ET) te bereken.

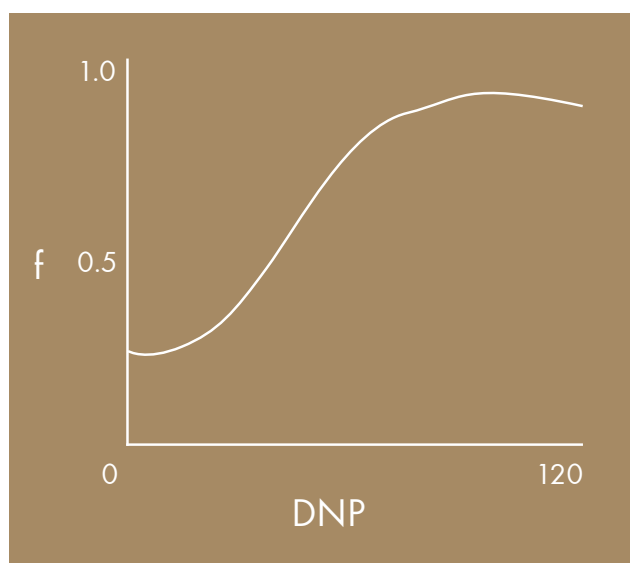
Ten spyte van die feit dat verdampingspanne nie meer algemeen gebruik word nie, word dit hier ter wille van die eenvoud van die metode in die volgende voorbeeld gebruik om te verduidelik hoe atmosferiese metings gebruik kan word vir skedulering.

Die aanname word gemaak dat  $ET = Epan * f$  waar ET die gewaswaterverbruik of evapotranspirasie (verdamping plus transpirasie) is, Epan die daaglikse panverdamping is, en f die sogenaamde

gewasfaktor. Die gewasfaktor hang af van die grootte van die gewas se loof ("canopy"). Die gewasfaktor begin laag vroeg in die groeiseisoen en styg namate die seisoen vorder en die grootte van die loof ontwikkel. Sodra blare begin afsterf en die loof weer kleiner word, daal die gewasfaktor weer. Figuur 2 toon 'n tipiese gewasfaktorkurwe aan.

Die panverdamping en gewasfaktorbenadering neem aan dat slegs atmosferiese aanvraag gewaswaterverbruik bepaal, m.a.w. hoe hoër die aanvraag, hoe hoër sal gewaswaterverbruik wees. Hierdie aanname is natuurlik slegs geldig as die grond nat genoeg is sodat wateropname deur die wortels aan die atmosferiese aanvraag kan voorsien. As die grond droog begin raak, sal waterverbruik daal en die aanname dus nie meer geldig wees nie. Vandag is outomatiese weerstasiedata (Figuur 3) redelik algemeen beskikbaar (\*sien nota aan die einde van die artikel) en weerstasies kan geprogrammeer word om atmosferiese verdampingsaanvraag (ET<sub>o</sub>) direk vanaf die data te bereken.

Ons weet nou reeds dat die gewas se groeistadium 'n aanduiding gee van die gewas se worteldiepte en grootte van loof (sien Figuur 4, asook afdeling oor faktore wat waterbestuur beïnvloed in hierdie reeks). Produisente kan 'n skatting maak van die loofbedekking (persentasie grond wat deur blare



Figuur 2: 'n Tipiese gewasfaktorkurwe (f) vir eenjarige gewasse soos aartappels (DNP = dae na plant)



Figuur 3: Voorbeeld van 'n outomatiese weerstasie vir die versameling van heersende weer veranderlikes wat gebruik kan word om atmosferiese verdampingsaanvraag (ET<sub>o</sub>) te bereken.

#### Voorbeeld 1: Berekening van toelaatbare onttrekking

Aartappels word verbou op 'n leemgrond met 120 mm m<sup>-1</sup> plantbeskikbare water (PBW) en 50% onttrekking van plantbeskikbare water word toegelaat. Gestel die aartappels is nou 90 dae na plant (DNP) en die worteldiepte (WD) is 50 cm. Om stremming te voorkom, moet die gewas besproei word sodra die volgende hoeveelheid water uit die profiel onttrek is:

$$\begin{aligned} \text{Toelaatbare onttrekking} &= 50\% \times \text{PBW} \times \text{WD} \\ &= 50\% \times 120 \text{ mm m}^{-1} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Voorbeeld 2: Berekening van daaglikse waterverbruik (ET) vanaf panverdamping en gewasfaktore

Aartappels word verbou op 'n leemgrond met 120 mm m<sup>-1</sup> plantbeskikbare water (PBW) en 50% onttrekking van plantbeskikbare water word toegelaat. Gestel die aartappels is nou 90 dae na plant (DNP) en die worteldiepte (WD) is 50 cm. Om stremming te voorkom, moet die gewas besproei word sodra die volgende hoeveelheid water uit die profiel onttrek is:

$$\begin{aligned} \text{Toelaatbare onttrekking} &= 50\% \times \text{PBW} \times \text{WD} \\ &= 50\% \times 120 \text{ mm m}^{-1} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Voorbeeld 3: Berekening van daaglikse waterverbruik (ET) vanaf ETo en persentasie loofbedekking**

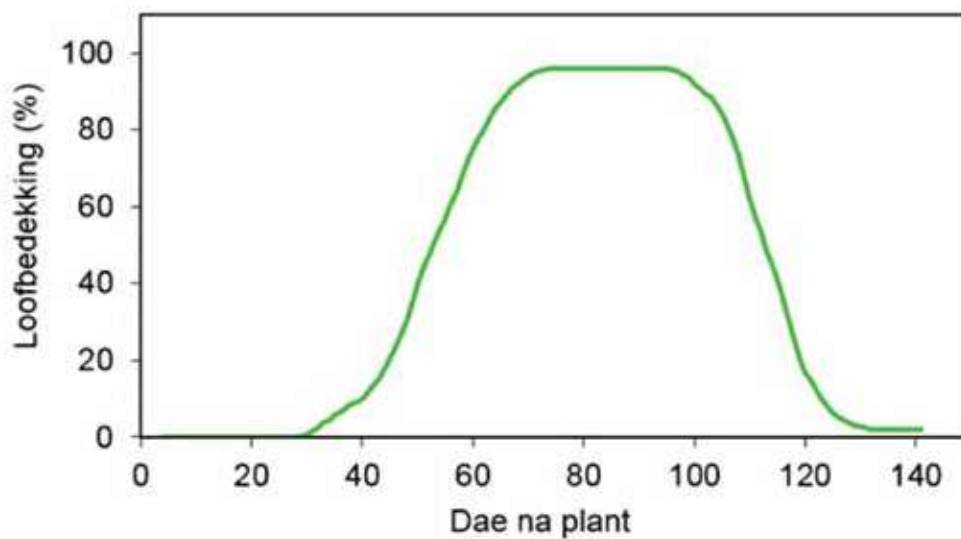
Gestel op 90 dae na plant (DNP) was die atmosferiese verdampingsaanvraag (ETo) 7 mm en die loofbedekking ("canopy cover", CC) 90%. Die daaglikse waterverbruik kan dan soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} ET &= ETo \times CC/100 \\ &= 7 \text{ mm} \times 90/100 \\ &= 6.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dieselfde prosedure as vir panverdamping en gewasfaktore hierbo word dan gevolg om die daaropvolgende dae se ET te bereken en die waterverbruik te akkumuleer totdat die toelaatbare onttrekkingsyfer bereik word, wanneer die gewas dan besproei moet word.

**Voorbeeld van daaglikse waterverbruik (ET) en kumulatiewe tekortberekening vanaf panverdamping (Epan) en gewasfaktore (f)**

Dae na plant	Epan (mm/dag)	Gewas-faktor (f)	ET (mm)	Reën (mm)	Kumulatiewe tekort (mm)
90	8	0.8	6.4		6.4
91	7	0.8	5.6		12
92	6	0.9	5.4	20	0
93	8	0.9	7.2		7.2
94	8.5	0.9	7.7		14.9
95	8	0.9	7.2		22.1
96	9	0.9	8.1		30.2
97					



Figuur 4: Grafiese voorstelling van hoe die gewas se loofbedekking (% "canopy cover" of CC) verander met verloop van die groeiseisoen.

bedek word as direk van bo die gewas na die grond gekyk word - % "canopy cover" of CC). Hierdie skatting van CC kan dan in kombinasie met ETO gebruik word om die waterverbruik van die gewas te bereken, soos aangedui in Voorbeeld

### 3. Gewasgroeimodelle

Rekenaarsimulasiemodelle vir die voorspelling van gewaswaterbehoefte het die afgelope jare meer toeganklik vir die publiek geword en is vandag redelik algemeen beskikbaar. Sulke rekenaarprogramme gebruik gewoonlik daaglikse weerdata om gewasgroeï en waterverbruik te bereken, soortgelyk aan die metode wat in die voorbeelde hierbo bespreek is. Meganistiese modelle integreer gewoonlik veranderlikes soos watervoorsiening van die grond-wortelsisteem, atmosferiese verdampingsaanvraag en die gewaseienskappe om 'n akkurate berekening van gewaswaterverbruik te kan maak. Modelle maak dan gewoonlik aanbevelings van wanneer die volgende besproeiing toegedien moet word. In gevalle waar produsente nie toegang tot daaglikse weerdata het nie, kan besproeiingskalenders selfs gemaak word, gebaseer op langtermyn historiese weerdata van die betrokke lokaliteit.

Simulasiemodelle kan baie help om die frekwensie van landmonitering (bv. neem van grondmonsters) te verminder, maar daar word aanbeveel dat modelle altyd in kombinasie met 'n ander metode (bv. grondmetings) uitgevoer word. Soil Water Balance (SWB), BEWAB en Sapwat is voorbeelde van waterbehoeftebeplanning- en skeduleringsmodelle wat vryelik in Suid-Afrika beskikbaar is. ●

\* In die Limpopo produksiestreek kan produsente tans gratis toegang kry tot daaglikse weerdata vanaf vier Aartappels Suid-Afrika weerstasies wat oor die streek versprei is. Stuur gerus 'n e-pos aan martin.steyn@up.ac.za vir besonderhede oor waar die stasies geleë is en hoe om toegang tot die data te verkry.





# Skeduleringshulpmiddels – Grondwater-inhoudmetings

Artikel en foto's: Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria

Atmosferiese skeduleringsmetodes iv vroeër bespreek. Die volgende benadering wat gevolg kan word om 'n gewas se waterverbruik te skat, is grondwaterinhoud-metings. In hierdie artikel word die bekendste grondmetingsmetodes kortliks bespreek.

In enige land is daar 'n mate van ruimtelike variasie, hetsy in grondtipe, plantegroei en uniformiteit van die besproeiingstelsel. Dit sal gevolglik lei tot variasie in grondwaterinhoud wat gemeet word. Keuse van die posisie in 'n land waar grondmetings geneem of sensors geplaas word, is daarom baie belangrik

om te verseker dat lesings verteenwoordigend van die hele land is. Lesings moet geneem word in die mees verteenwoordige grondtipe, nie te naby aan die kant van die land of spuitpaaie nie en waar die plantegroei eenvormig is.

## Grondmonsters

Dit is 'n direkte meting en die eenvoudigste metode van grondwatermeting. 'n Grondboor (foto hierbo) of monsternemer ("sampler", Figuur 1) met bekende volume word gewoonlik gebruik om grondmonsters mee te neem. Hierdie metode is arbeidsintensief en tydsaam, en word daarom nie op roetine-basis



Figuur 1: Monsternemer ("sampler") met bekende volume vir die neem van grondmonsters.

vir skeduleringsdoeleindes gebruik nie. Ongeag hiervan, word die metode bespreek om die basiese beginsels van grondwatermetings te verduidelik. Grondmonsters word dikwels ook gebruik om ander grondmetingsinstrumente te kalibreer.

Grondmonsters word geneem om gravimetriese grondwaterinhoud (massa water per massa grond) te bepaal, waarvan die volumetriese grondwaterinhoud (volume water per volume grond) dan bereken kan word as die monstervolume bekend is. Dit is makliker om gravimetriese grondwaterinhoud te bepaal, maar vir grondwaterbestuur stel ons eerder belang in die volumetriese grondwaterinhoud ( $m^3$  water per  $m^3$  grond, ook uitgedruk as % water). In die praktyk word grond-waterinhoud ook dikwels uitgedruk in eenheid van lengte (of diepte: mm water), soortgelyk aan hoeveelheid reënval of besproeiing.

Grondmonsters moet op minstens twee tot drie verteenwoordigende posisies in elke land geneem word. By elkeen van hierdie posisies word monsters op verskillende dieptes geneem, afhangend van die gewas se worteldiepte, byvoorbeeld in 15 cm

#### Voorbeeld 1a: Gravimetriese grondwaterinhoud berekening

Gestel gravimetriese grondmonsters is in 'n aartappelland geneem met 'n monsternemer ("sampler") waarvan die volume  $390\text{ cm}^3$  is. Die monsters is geweeg voor en nadat dit by  $105^\circ\text{C}$  vir 16 ure gedroog is en die volgende massas is verkry:

Grondlaag (cm)	Grondmonster massa (g)	
	Nat	Droog
0-15	654.2	594.2
15-30	681.8	599.0
30-45	678.2	594.2
45-60	666.2	570.2

Die gravimetriese grondwaterinhoud (Mw) van die 0-15 cm laag word dan soos volg bereken:

$$\begin{aligned} \text{Mw} &= \frac{(\text{nat massa} - \text{droë massa})}{(\text{droë massa})} \\ &= \frac{(654.2 - 594.2)\text{ g}}{594.2\text{ g}} \\ &= 0.101\text{ g water g}^{-1}\text{ grond} \end{aligned}$$

Dieselfde prosedure word dan gevolg om die waterinhoud van die ander grondlae te bereken.

### Voorbeeld 1b: Volumetriese grondwaterinhoud berekening

Die volumetriese waterinhoud word vervolgens van die gravimetriese waterinhoud bereken. Hiervoor is die brutodigtheid ( $\rho_b$ ) van elke grondlaag nodig, en kan soos volg vir die eerste grondlaag bereken word:

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{\text{droë grondmassa}}{\text{monster volume}} \\ &= \frac{594.2 \text{ g}}{390 \text{ cm}^3} \\ &= 1.524 \text{ g cm}^{-3}\end{aligned}$$

Daarna word die volumetriese grondwaterinhoud bereken:

$$\begin{aligned}\theta &= M_w \times \rho_b \\ &= 0.101 \text{ g g}^{-1} \times 1.524 \text{ g cm}^{-3} \\ &= 0.154 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ of } 15.4 \% \text{ water}\end{aligned}$$

Die volumetriese grondwaterinhoud van die ander grondlae word vervolgens op dieselfde manier bereken:

Grondlaag (cm)	Grondmonster massa (g)		Gravimetriese waterinhoud (g g <sup>-1</sup> )	Bruto digtheid (g cm <sup>-3</sup> )	Volumetriese waterinhoud (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
	Nat	Droog			
0-15	654.2	594.2	0.101	1.524	0.154
15-30	681.8	599.0	0.138	1.536	0.212
30-45	678.2	594.2	0.141	1.524	0.215
45-60	666.2	570.2	0.168	1.462	0.246

Die volumetriese grondwaterinhoud wat hierbo bereken is, kan nou gebruik word om te bereken hoeveel water nodig is om die grondprofiel tot veldkapasiteit te hervul, dus die besproeiingshoeveelheid. Sien Voorbeeld 2.

inkremente tot 60 cm diepte vir vlakgewortelde gewasse soos aartappels – dus vier monsters per posisie. Elke monster word afsonderlik in 'n gemerkte houer (bv. bruin papiersak) geplaas en dan in 'n lugdigte houer (bv. plastieksak) verseël om verdampingsverliese tydens hantering te voorkom. Nadat al die monsters geneem is, moet dit so gou moontlik geweeg en in 'n oond by 105°C vir minstens 16 ure gedroog word sodat al die water uit die grond kan verdamp. Daarna word elke monster weer geweeg om die droë massa te bepaal. Die leë houer word ook geweeg sodat dit van die droë grond se massa afgetrek kan word.

Voorbeeld 1 dui aan hoe die gravimetriese en volumetriese waterinhoud van 'n grondmonster bereken kan word.

## 2. Neutronvogneters

Die neutronvogneter (Figuur 2) is een van die bekendste instrumente vir die indirekte meting van



Figuur 2: Die neutronvogneter word op 'n toegangsbuis geplaas en die radioaktiewe bron in die toegangsbuis afgesak om waterinhoud van verskillende grondlae te meet.

grondwaterinhoud. Hoewel die instrument nie meer so gewild is as besproeiingskeduleringshulpmiddel nie, word dit nog algemeen in navorsing gebruik. Die waterinhoud van verskillende grondlae word

### Voorbeeld 2: Berekening van grondwatertekort of besproeiingshoeveelheid

Gestel aartappels word verbou op 'n grond waarvan die volumetriese veldwaterkapasiteit reeds vooraf bepaal is. 'n Neutronvogmeter word gebruik om die waterinhoud van die wortelsone te meet en die resultate word in die tabel hieronder aangetoon. Die hoeveelheid water wat nodig is om die eerste grondlaag tot veldkapasiteit te hervul (die tekort) kan soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} \text{Tekort per grondlaag} &= (\theta_{VK} - \theta) \times dz \\ &= (0.165 - 0.096) \times 150 \text{ mm} \\ &= 10.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Waar  $\theta_{VK}$  die grondwaterinhoud by veldkapasiteit is, is  $\theta$  die werklike gemete waterinhoud en  $dz$  die laagdikte (mm). Die hoeveelheid water wat nodig is om die hele profiel tot veldkapasiteit te hervul (tekort) word verkry deur al die grondlae se tekorte bymekaar te tel. In hierdie geval moet daar dus 32 mm besproei word om die profiel weer tot by veldkapasiteit te hervul.

Grondlaag (cm)	Laagdikte (dz) (mm)	Gemete Volumetriese waterinhoud ( $\theta$ ) ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Veldkapasiteit ( $\theta_{VK}$ ) ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Tekort per grondlaag (mm)
0-15	150	0.096	0.165	10.4
15-30	150	0.124	0.183	8.9
30-45	150	0.145	0.195	7.5
45-60	150	0.169	0.204	5.3
Totale grondwatertekort van die profiel				32.1

gemeet deur die instrument se radioaktiewe bron deur 'n vooraf geïnstalleerde toegangsbuis in die profiel te laat afsak. Toegangsbuise moet op ten minste twee tot drie verteenwoordigende posisies in elke land geïnstalleer word. Metings word gewoonlik op diepte inkremte van 15 tot 20 cm geneem. Vir aartappels, 'n vlak gewortelde gewas, sal metings gewoonlik tot 'n gronddiepte van 60 cm geneem word. Metings word geneem deur die instrument op die toegangsbuis te plaas en die radio-aktiewe bron tot die eerste diepte te laat sak. 'n Lesing word geneem en die bron word daarna na die volgende diepte laat sak. Die proses word herhaal totdat al die grondlae gemeet is.

Sagteware is gewoonlik beskikbaar waarmee lesings na grondwaterinhoud omgeskakel kan word. Hiervoor word voorafbepaalde standaard kalibrasiefunksies gebruik. Vir meer akkurate metings kan neutronvogmeters ook self vir elke individuele grond gekalibreer word. Die kalibrasiefunksies word dan gebruik om metings na grondwaterinhoud om te reken. Dit kan outomaties met die meegaande sagteware of met 'n spreiblead soos Excel gedoen word. Sodra die

waterinhoud van elke grondlaag bekend is, kan dit gebruik word om die profiel se watertekort of besproeiingshoeveelheid te bereken. Voorbeeld 2 verduidelik hoe dit gedoen word.

Neutronvogmeters het verskeie voordele: metings is minder arbeidsintensief en vinniger as gravimetriele grondmonsters, dit is nie-destrukties na die aanvanklike installasie van toegangsbuise en herhaaldelike metings kan op dieselfde posisies in 'n land geneem word. Die instrument het egter ook 'n paar nadele, soos hoë instrumentkoste, metings in die boonste grondlaag is problematies en daar is gesondheidsrisiko's as gevolg van die instrument se radio-aktiewe bron.

### 3. Kapasitansie-sensors

Kapasitansie-sensors is tans baie gewild en daar is verskeie variante en handelsname op die mark beskikbaar (Figure 3 tot 5). Sommige sensors word in die grondprofiel af laat sak met behulp van 'n toegangsbuis (Figuur 4), terwyl ander direk in die grond geïnstalleer word (Figure 3 en 5), gewoonlik nadat 'n gat in die grond met 'n pen of grondboor gemaak is.



Figuur 3: Voorbeelde van kapasitansie-sensors wat aan 'n data-logger (regs onder) gekoppel kan word vir kontinue dataversameling.



Figuur 4: Kapasitansie-meetinstrument met sensors op verskillende dieptes (bv. elke 10 cm). Die instrument word deur middel van 'n toegangsbuis (regs) in die grondprofiel af laat sak.

Kapasitansie-sensors werk op die beginsel dat 'n elektromagnetiese puls in die grond uitgestuur word. Die sensor meet dan die diëlektriese permiwiteit van die grond, wat 'n direkte verband het met die waterinhoud van die grond. Instrumente kan uit 'n enkele sensor bestaan, of dit kan verskeie sensors bevat wat waterinhoud op verskillende grondptes kan meet. Hierdie instrumente het gewoonlik ook die vermoë om

kontinue data te versamel (bv. uurliks) wat die gebruiker in staat stel om verandering in grondwater oor tyd te monitor. Die data kan gewoonlik met 'n rekenaar, radio-logger of telemetries afgelaai word.

Vervaardigers van kapasitansietoerusting verskaf gewoonlik ook gebruikersvriendelike sagteware wat data grafies voorstel en gebruikers sodoende kan help om die data te interpreteer. In baie



Figuur 5: Voorbeeld van 'n kapasitansie-meetinstrument wat direk in die grond geïnstalleer is. Dit het sensors op vyf verskillende dieptes (elke 10 cm) en data kan met 'n radio-logger (links op die foto) afgelaai word.

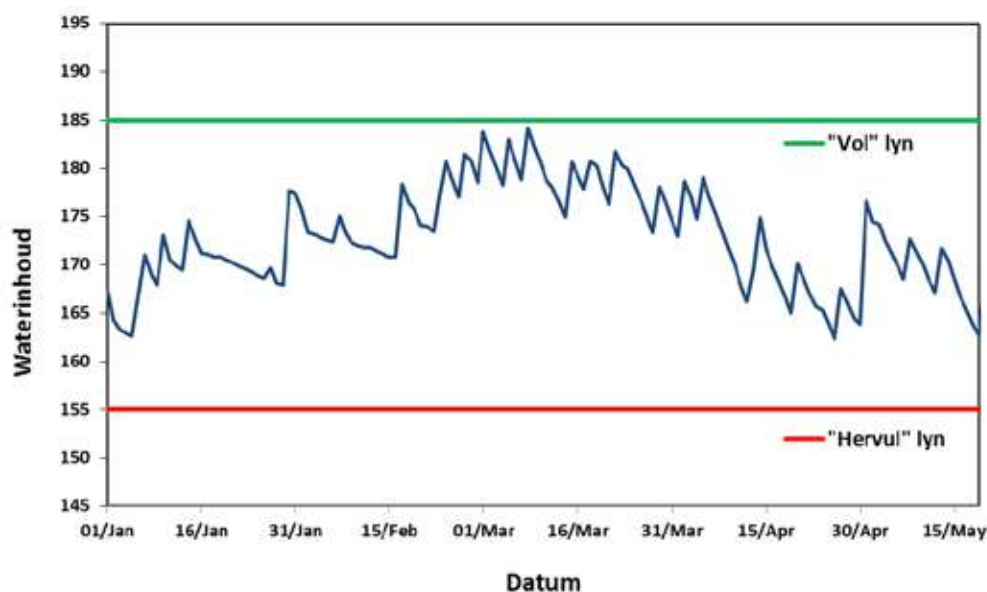
gevalle word die sensors nie vir spesifieke gronde gekalibreer nie en lesings word in relatiewe eenhede (nie absolute volumetriese waterinhoud nie) uitgedruk. 'n Gebruiker volg die grondwaterinhoud tendense op die grafieke in reaksie op sy huidige bestuurspraktyke en pas sy bestuur daarvolgens aan ("adaptive management"). Elkeen ontwikkel dus mettertyd sy eie praktiese reëls en besluit daarvolgens wanneer en hoeveel besproei moet word. Gewoonlik word "Vol" en "Hervul" lyne vir elke profiel se grafieke opgestel en die gebruiker moet

dan verseker dat die grondwaterinhoud tussen die twee lyne bestuur word (Figuur 6).

Net soos met enige ander puntmetings, moet daar verseker word dat kapasitansiesensors op verteenwoordigende posisies in die land geïnstalleer word. Sensors word gewoonlik in die plantry en tussen twee plante geïnstalleer. Die meetvolume van kapasitansiesensors is baie klein en daarom moet die grond tydens installasie so min as moontlik versteur word om te verseker dat betroubare lesings verkry word. Indien die grond vassak en die struktuur verander, sal die sensorlesings beïnvloed word en mag dit nodig word om die "Vol" en "Hervul" lyne op die grafieke te verstel ten einde te verseker dat akkurate bestuursbesluite geneem word.

Kapasitansiesensors is gewild aangesien dit betroubaar en maklik is om te gebruik. Kontinue data word versamel, data kan telemetries versamel word en plaaslike verskaffers se toerusting is bekostigbaar. Van die nadele sluit in dat dit 'n untlesing is wat moontlik nie verteenwoordigend van die hele land is nie, dit 'n kleinerige meetvolume het, sensitief is vir installasiefoute en bestuurslyne op grafieke gereelde verstellings mag benodig. ©

#### Profiel-grondwaterinhoud



Figuur 6: Tipiese profiel-grondwaterinhoud-grafiek vir kapasitansie sensors. Die grafiek toon verandering in totale grondwaterinhoud oor tyd aan. Die gebruiker poog om die profiel se waterinhoud tussen die "Vol" en "Hervul" lyne te hou.



FOTO: M Steyn

# Grondwaterpotensiaal gebaseerde skeduleringshulpmiddels

Prof. Martin Steyn, Universiteit van Pretoria

Atmosferiese en grondwaterinhoud-metings as skeduleringshulpmiddels is in vorige artikels in die reeks bespreek. In hierdie artikel is die fokus op grondwaterpotensiaal en metingsmetodes wat op hierdie beginsel gebaseer is.

Vir plante is nie net die hoeveelheid water in die grond belangrik nie, maar ook die energiestatus van die water. Die energiestatus of waterpotensiaal bepaal of grondwater vir plante beskikbaar is of nie, en ook in watter rigting en teen watter tempo beweging sal plaasvind. Die eenhede van waterpotensiaal is  $J\ kg^{-1}$ , kPa of meter waterhoogte. Grondwaterpotensiaal bestaan uit verskeie komponente, maar vir besproeiingsbestuur is matrikpotensiaal die belangrikste komponent.

Dit gee 'n aanduiding van hoe styf water deur gronddeeltjies aangetrek of "vasgehou" word. Hoe droër die grond, hoe dunner is die waterlagies om gronddeeltjies en hoe sterker word die water aangetrek. Die water is dan minder beskikbaar en dit is vir plante moeiliker om water op te neem.

'n Grond waarvan al die porieë met water gevul is, is by versadigingspunt en die waterpotensiaal is nul. Wanneer die oormatige water onder gravitasiekrag uit die profiel dreineer het, is die grond by veldkapasiteit en die waterpotensiaal is tussen -10 kPa en -20 kPa, afhangend van die grondtipe. Verwelkpunt word bereik wanneer plante al die plantbeskikbare water uit die grond onttrek het en 'n waterpotensiaal van ongeveer -1 500 kPa bereik word.

## Meting van grondwaterpotensiaal

Die matrikspotensiaal van gronde kan vir besproeiing-skedulering met instrumente soos tensiometers en elektriese weerstandsensore gemeet word. Net soos met grondwaterinhoud metings, kan ruimtelike variasie binne lande die betroubaarheid van metings beïnvloed, en is die behoorlike keuse van metingspunte baie belangrik. Instrumente moet op verteenwoordigende plekke in lande installeer word wat betref die grondtipe, eenvormigheid van die besproeiingstelsel toediening en plantegroei. Metings moet ook op meer as een posisie in 'n land geneem word om foute as gevolg van ruimtelike variasie sover as moontlik te beperk. Die bekendste matrikspotensiaal-sensore word vervolgens kortliks bespreek.

### 1. Tensiometers

'n Tensiometer bestaan uit 'n watergevulde plastiekbuis met 'n poreuse keramiekpunt (Figuur 1). Wanneer die tensiometer in die grond geïnstalleer word, sal water in die tensiometer deur die poreuse punt beweeg en in ewewig met die

grondwater kom. Die gedeelte van die watergevulde buis wat bo die grond uitsteek, is aan 'n meganiese of elektriese vakuummeter gekoppel waarmee die matrikspotensiaal of "suigkrag van die grond" gemeet kan word.

Tensiometers kan net matrikspotensiale tussen 0 en -80 kPa meet. Hoër lesings (droër grond) veroorsaak dat lug die sisteem binnekom en die meter kan dan vals lesings van nul gee (wat nie met versadigde toestande verwar moet word nie wanneer lesings ook nul is). Hierdie 0 tot -80 kPa metingsreeks mag baie beperk voorkom, aangesien plante water tot by 'n grondwaterpotensiaal van selfs -1500 kPa kan onttrek. Aangesien die verband tussen grondwaterinhoud en -potensiaal egter nie lineêr is nie, dek hierdie potensiaalreeks in die meeste gronde 50% (in sandgronde tot 75%) van die planbeskikbare grondwater. Gegewe die feit dat gronde onder besproeiing gewoonlik redelik nat bestuur word om waterstremming by gewasse te voorkom, is tensiometers baie bruikbare hulpmiddels vir praktiese besproeiingskedulering.



Foto: Irrrometer.com



Foto: M Steyn

Figuur 1: Tensiometer bestaande uit watergevulde buis, keramiekpunt en vakuummeter (links); en tensiometer na installasie in grond - van bo gesien (regs).

Tensiometers gee 'n aanduiding van hoe moeilik dit vir plante is om water uit gronde op te neem, en dus indirek van hoeveel water daar in die grond is. Die metode gee slegs 'n aanduiding van wanneer daar besproei moet word, en nie van die besproeiingshoeveelheid nie.

Gewoonlik word ten minste een tensiometer in die aktiewe wortelsone geïnstalleer en 'n tweede tensiometer aan die onderkant van die wortelsone. Besproeiing word geïnisieer wanneer die tensiometer in die wortelsone 'n voorafbepaalde waterpotensiaal bereik en die dieper tensiometer word gebruik om diep dreinerings te monitor. Aartappels is 'n vlakgewortelde, droogtegevoelige gewas en daarom word aanbeveel dat die vlak

tensiometer op 25 cm gronddiepte geïnstalleer word, terwyl die dieper tensiometer op 45 tot 50 cm geplaas word. Die grondprofiel word dan bestuur sodat die vlak (30 cm) tensiometer se lesing nie hoër as -30 tot -40 kPa styg nie, deur te begin besproei voordat hierdie lesing bereik word. Gebruikers sal dalk aanvanklik nie weet hoeveel besproei moet word om die profiel weer tot veldkapasiteit te hervul nie. As die 30 cm tensiometer se lesing na afloop van 'n besproeiing nie na nul terugkeer nie, was die hoeveelheid besproeiing moontlik te min. Daarteenoor, as die dieper tensiometer se lesing tussen besproeiings op nul of naby nul bly, dui dit op oorbesproeiing en vermorsing van water. Die volgende besproeiingshoeveelheid kan dan verklein word, of die sikluslengte (dae tussen besproeiings) kan verleng word.

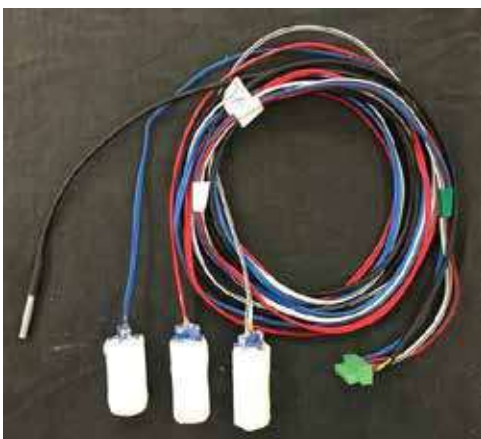


Foto: forestry-supplies.com



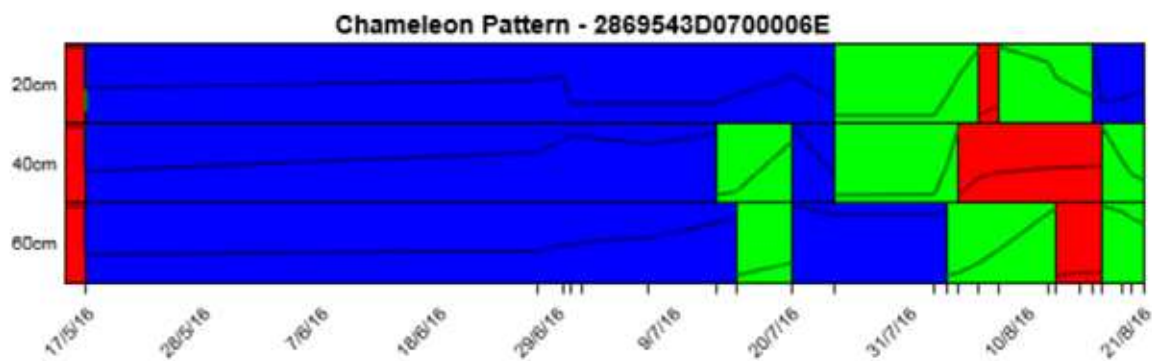
Foto: copersa.com

Figuur 2: Watermark elektriese weerstandsensor (links) en digitale meter (regs) vir die meet van grondwaterpotensiaal.



Fotos: viashop.csiro.au

Figuur 3: 'n Stel Chameleon sensors vir die meet van grondtemperatuur en matrikspotensiaal op drie metingsdieptes (links); en LED leser (regs).



Figuur 4: Grafiese voorstelling van verandering in Chameleon sensorkleure (en dus waterpotensiale) op drie grondreptes oor 'n gewas se groeiseisoen.

Korrekte tensiometer-installasie is belangrik om bruikbare lesings te verseker. Die tensiometer se keramiekpunt moet na installasie goed kontak maak met die omringende grond. Verder moet tensiometers ook gereeld gediens word (watervlak hervul en ontlug) om akkurate lesings te verseker.

## 2. Elektriese weerstandssensors

Die matrikspotensiaal van gronde kan ook met sensors bepaal word wat die elektriese weerstand van die grondoplossing in 'n poreuse medium kan meet. Wanneer die sensor in grond installeer word, kom die grondwater in ewewig met die water in die sensor en dit beïnvloed die elektriese geleiding (of weerstand) van die medium. Hoe hoër die grondwaterpotensiaal (of waterinhoud), hoe laer die weerstand teen elektriese geleiding. Hierdie weerstand kan met 'n datalogger of weerstandmeter gemeet word, wat dan 'n aanduiding van die grondwaterpotensiaal op daardie stadium gee. Figuur 2 toon 'n Watermark® sensor met digitale meter waarmee grondwaterpotensiaal gemeet kan word, as voorbeeld van elektriese weerstandssensors. Hierdie sensors word, net soos tensiometers, op verskillende dieptes in die grondprofiel geïnstalleer,

met minstens een sensor in die aktiewe wortelsone en een sensor aan die onderkant van die wortelsone. Lesings word gereeld geneem en besproeiing geïnisieer sodra die matrikspotensiaal in die wortelsone 'n voorafbepaalde waarde (bv. -25 kPa) bereik het. Die dieper sensor(s) word dan gebruik om vir moontlike dreinerings te monitor.

Die Chameleon sensor (Figuur 3) is 'n nuwe generasie elektriese weerstandssensor wat dieselfde beginsel as die Watermark® sensor gebruik, behalwe dat die matrikspotensiaal nie met 'n analoge of digitale meter gemeet word nie. Die Chameleon leser ("reader") gebruik LED's wat van kleur verander wanneer die grondwaterpotensiaal verander, net soos 'n verkleurmanneltjie kleur verander wanneer sy omgewing verander.

Tabel 1 toon die matrikspotensiaal-grense vir verskillende LED kleure en die interpretasie van elke kleur. Die leser kan die data ook deur middel van WiFi na 'n gebruiker se slimfoon stuur, waarna dit op 'n webblad gestuur en grafies vertoon kan word (Figuur 4). ☺

Tabel 1: Opsomming van die verskillende kleure van 'n Chameleon LED leser, die matrikspotensiaal-reeks vir elke kleur en die interpretasie daarvan.

LED kleur	Matrikspotensiaal reeks	Interpretasie
Blou	0-25 kPa	Grond is nat
Groen	25-45 kPa	Matige grondvog
Rooi	>45 kPa	Droë grond



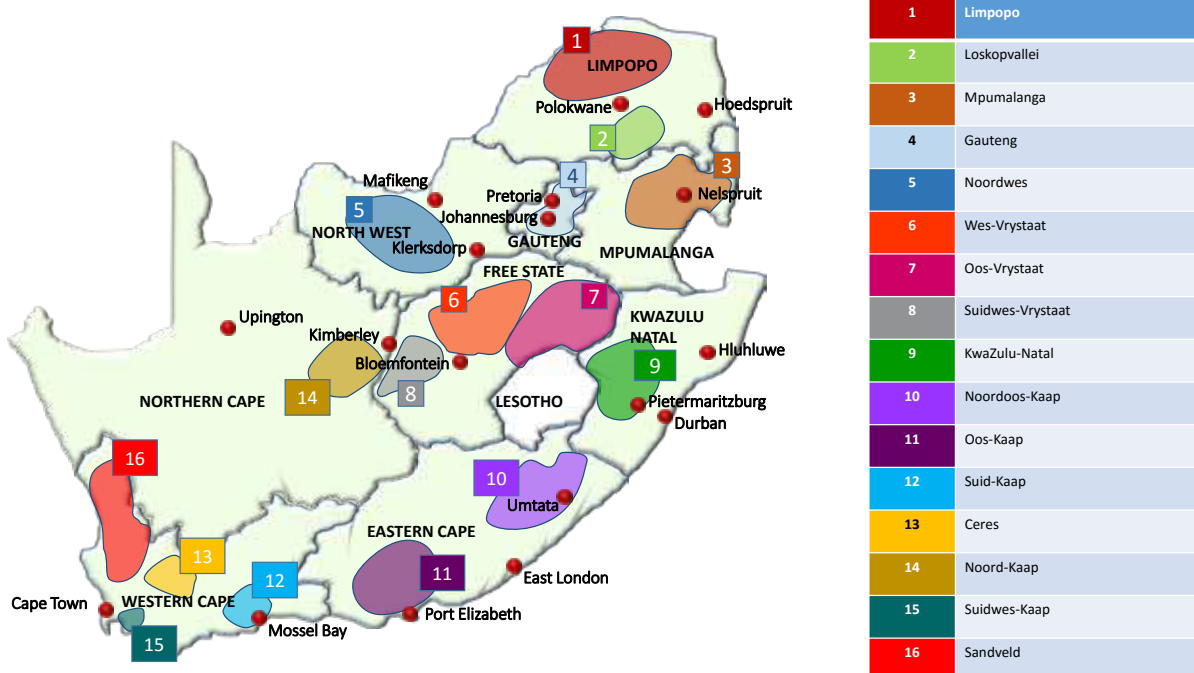
# Vermindering van die elektrisiteitskoste van aartappelproduksie onder besproeiing in Limpopo

**Isobel van der Stoep: Bioresources Consulting, prof. Bennie Grové: Departement Landbou-  
ekonomie, Universiteit van die Vrystaat, en prof. Martin Steyn: Departement Plant-en  
Grondwetenskappe, Universiteit van Pretoria**

Volgens 'n onlangse opname wat deur mnr. Pieter van Zyl van Aartappels Suid-Afrika gedoen is, varieer elektrisiteitskoste vir aartappelproduksie in Limpopo tussen R5 100 en R18 500 per hektaar. Medewerkers moes twaalf maande se Eskom-rekeningstate per kragpunt beskikbaarstel, asook hoeveel hektare besproei word. Die gemiddelde koste per boerdery (verskeie kragpunte) wissel egter tussen R6 000 en R12 000 per hektaar. Uiteraard is daar baie redes hoekom boerderye se koste per hektaar so baie verskil. Dit is een van die redes waarom Aartappels Suid-Afrika 'n projek befonds het met die doel om

'n ekonomiese evaluasie te doen van alternatiewe strategieë om elektrisiteitskoste te verminder, sowel as om die waterverbruikseffektiwiteit van besproeiingsboerdery te verbeter. In die proses word die winsgewendheid van besproeiingsboerdery verhoog.

Die projek het ook die ontwikkeling van 'n elektrisiteitskosteberekeningsmodel spesifiek vir aartappelproduksie onder besproeiing, ingesluit. Die elektrisiteitskosteberekeningsmodel is die direkte uitvloeisel van navorsing wat deur die Universiteit

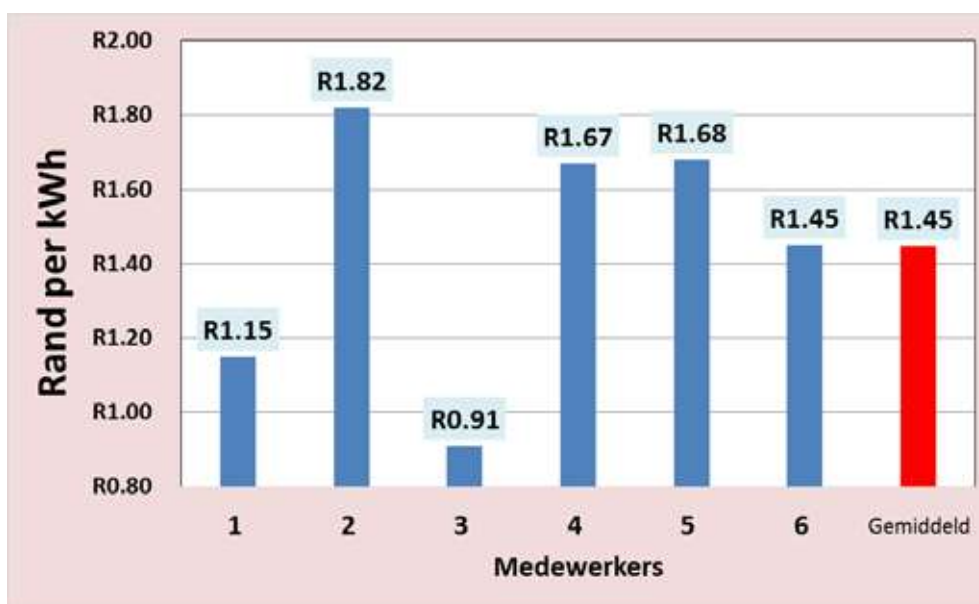


Figuur 1: Aartappelproduksiestreke in Suid-Afrika

van die Vrystaat, Departement Landbou-ekonomie gedoen is aangaande “Die optimalisering van energie- en waterverbruik vir volhoubare bestuur van besproeiingsboerderye” (Projek K5/2279//4) vir die Waternavorsingskommissie. Die model is toegepas om die energieverbruik vir verskillende scenario’s aan die hand van verskillende gevallestudies in die Limpopo produksiestreek, tans die grootste produksiestreek (sien Figuur 1), te vergelyk.

### Hoe vergelyk die gemiddelde elektrisiteits-tariewe vir aartappelproduksie met ander gewasse in Limpopo?

Om die projek af te skop, het ’n senior energie-adviseur van Eskom, mnr. Roger Stones, ’n energie-oudit gedoen by ses aartappelprodusente in die streek. Die oudit behels, onder andere, ’n opname van alle elektrisiteitsgebruike op die plaas. Energieverbruik word gemeet in terme van kiloWatt-



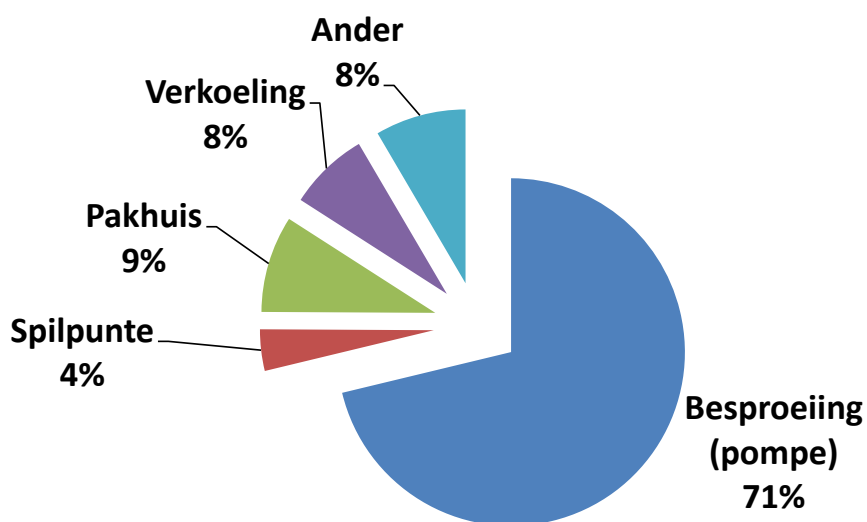
Figuur 2: Gemiddelde berekende elektrisiteitstariewe vir ses medewerkers in Limpopo (Stones, 2016)

uur wat bepaal word deur die hoeveelheid ure wat 'n spesifieke toestel gebruik, met die kiloWatt van die toestel te vermenigvuldig. Die resultate van die opname het getoon dat die ses medewerkers se gemiddelde berekende elektrisiteitstariewe (uitgedruk in Rand per kiloWatt-uur oftewel R/kWh) tussen R0.91/kWh tot R1.82/kWh wissel, met 'n gemiddeld van R1.45/kWh (Figuur 2). In kort beteken dit medewerker 3 se gemiddelde berekende tarief wat hy aan Eskom betaal, is presies die helfte as medewerker 2 se gemiddelde berekende tarief. Die groot variasie wat voorkom in die gemiddelde berekende elektrisiteitstariewe is die direkte gevolg van die verskillende elektrisiteitstariefstrukture en die ure wat verskillende motors en toestelle met verskillende kilowatts gedurende die periode benut is. Deel van Eskom adviseurs se werksbeskrywing is dan ook om aan elektrisiteitsgebruikers advies te gee nadat die onderskeie oudits gedoen is. Elke medewerker ontvang dan ook 'n verslag vanaf Eskom met aanbevelings.

Tabel 1 toon die resultate van dieselfde tipe studies wat gedoen is vir ander tipes boerderye in Limpopo. Groot variasies in berekende elektrisiteitstariewe is ook by ander gewasse waargeneem en die gemiddeld van al die berekende tariewe is R1.13/kWh, aldus Tabel 1. Dit dui aan dat die berekende elektrisiteitstariewe van aartappelproduksie relatief

Tabel 1: Vergelyking van die berekende gemiddelde elektrisiteitstariewe vir verskillende tipes boerderye soos oor tyd gedoen in Limpopo (Stones, 2016)

BOERDERYTIPE	R/kWh
Bloubessie	1.04
Kwekery	1.08
Kwekery en subtropies	1.85
Makadamia	1.76
Sitrus	1.00
Subtropiese gewasse:	
Medewerker 1	0.85
Medewerker 2	0.85
Medewerker 3	0.95
Medewerker 4	0.95
Medewerker 5	0.95
Medewerker 6	0.98
Medewerker 7	1.03
Medewerker 8	1.03
Medewerker 9	1.10
Medewerker 10	1.81
Gemiddeld	1.05
Varkboerdery	0.85
GEMIDDELDE TARIEF	1.13



Figuur 3: Verdeling van die totale jaarlikse elektrisiteitsrekening op aartappelplase in Limpopo (Stones, 2016)

hoog is in vergelyking met ander produksiestelsels. Alhoewel daar gespekuleer kan word oor die redes hiervoor, beklemtoon dit die behoefte vir 'n berekeningsprosedure vir elektrisiteitskoste vir aartappelproduksie onder besproeiing.

Figuur 3 se data het voortgevloei uit die ses medewerkers se energie-oudits. Die pomp van besproeiingswater maak gemiddeld sowat 71% van die totale elektrisiteitsrekening uit, terwyl koelkamers en pakstore saam vir 'n verdere 17% van die rekening aanspreeklik is. Meeste kragvoorsienings-punte moet ook aan ander aktiwiteite soos behuising se behoeftes voldoen, wat 'n verdere 8% van die totale kragkoste dek. Die grootste potensiaal vir elektrisiteitskoste-besparings lê dus by die optimalisering van die watervoorsieningstelsel en besproeiingsbestuur op die plaas, wat uit die volgende drie aspekte bestaan:

- Die korrekte totale seisoenale besproeiings-behoefte moet toegedien word.
- Die besproeiingswater moet so doeltreffend, eweredig en ekonomies moontlik toegedien word met 'n stelsel wat optimaal ontwerp is en onderhou word.
- Die besproeiingskedulering moet optimaal uitgevoer word volgens die behoeftes van die gewas en die beperkinge van die Eskom-tarifiekstruktuur, indien van toepassing.

Hierdie drie aspekte is ondersoek aan die hand van drie gevallestudies in die Limpopo-gebied.

### Besproeiingsbehoefte in Limpopo

Navorsing deur prof. Martin Steyn van die Universiteit van Pretoria het getoon dat die netto besproeiingsbehoefte van aartappels wat op 15 Junie in Limpopo aangeplant word, tipies tussen 450 en 480 mm wissel. Die netto besproeiingsbehoefte verteenwoordig die hoeveelheid water wat die grond moet infiltreer ten einde te verseker dat die gewas geen waterstremming ondervind nie. Ongelukkig is besproeiingstelsels nie 100% effektief nie en moet meer water toegedien word om vir verliese voorsiening te maak. Die hoeveelheid water wat sodoende deur die stelsel gepomp moet word, staan bekend as die bruto besproeiingshoeveelheid. Werklike watertoedienings word selde direk deur produsente gemeet, en beraamde syfers vir die drie gevallestudies is deur middel van onderhoude bepaal, soos getoon in Tabel 2. In twee gevalle was die werklike bruto besproeiingshoeveelheid na aan die behoefte, terwyl in een van die gevalle heelwat meer water toegedien is as wat nodig was (43% meer water is gepomp by Gevallestudie 1 as wat nodig was).

Volgens Tabel 2 was die werklike opbrengste ook heelwat laer as die opbrengspotensiaal, wat te

Tabel 2: Netto besproeiingsbehoefte, bruto besproeiingshoeveelheid, potensiële en werklike aartappelopbrengste en waterverbruiksdoeltreffendheid vir drie gevallestudies in Limpopo vir 'n 15 Junie-aanplanting

	Gevallestudie		
	1	2	3
Bruto besproeiingshoeveelheid (mm)	650	475	450
Netto besproeiingsbehoefte (mm)	454	454	478
Bruto besproeiing as persentasie van netto besproeiing(%)	143	105	94
Berekende opbrengspotensiaal (t/ha)	88	88	65
Werklike opbrengste gerealiseer:			
Ton per hektaar	50	60	55
Persentasie van opbrengspotensiaal bereik (%)	57	68	85
Watergebruiksdoeltreffendheid (kg aartappels / mm besproei)	77	126	122

wagte is, aangesien potensieële opbrengste nie noodwendig ekonomies behaal kan word nie. Produsente wat die beskikbare omgewing en hul insette doeltreffend benut, behoort minstens 66% van die omgewingspotensiaal te behaal. In hierdie gevallestudies het een van die produsente (Gevallestudie 1) met 57% swakker as 66% gevaar, wat daarop dui dat daar ruimte is om die doeltreffendheid van insetverbruik te verhoog.

Waterverbruiksdoeltreffendheid (WVD) gee 'n aanduiding van hoe doeltreffend water na aartappels omgeskakel word (d.w.s hoeveel mm water is nodig om 1 kg aartappels te produseer). Syfers beter as 80 kg per mm besproei (8 x 10kg sakkies) word as aanvaarbaar beskou, terwyl goeie produsente maklik waardes van 120 kg/mm en hoër behaal (Tabel 2). In hierdie studie wissel die WVDs tussen 77 tot 126 kg aartappels per mm besproei. Gevallestudie 1 produseer net 77 kg aartappels per mm water besproei, terwyl die ander twee gevallestudies heelwat beter doen. Onnodige water wat toegedien word, dra nie by tot opbrengs nie, maar verhoog elektrisiteitskoste, dra by tot siektes en dikwels ook verlaagde kwaliteit van die aartappeloës.

Skeduleringshulpmiddels en watermeting kan ingespan word om water meer akkuraat toe te dien en sodoende water te bespaar en WVD te verhoog.

### Toediening van besproeiingswater

Die besproeiingstelsel (meestal spilpunte) en die watervoorsieningstelsel (pompstasies en hooflyne) maak dit moontlik vir die produsent om besproeiingswater volgens die skeduleringsplan toe te dien, en word hier afsonderlik bespreek.

'n Korrek-ontwerpte besproeiingstelsel sal water eweredig en met die minste moontlike verliese toedien. Dit word bepaal tydens 'n stelsevaluasie wat uitgevoer word deur reënmeters onder die spilpunt uit te pak en die werklike toediening gelewer, te meet.

Die spilpunte by die drie gevallestudies is geëvalueer volgens die voorgeskrewe metode van die Landbou-navorsingsraad se Instituut vir Landbou-ingenieurswese (LNR-ILI). Die resultate word in Tabel 3 opgesom en die verspreiding van die reënmeterlesings word in Figuur 4 getoon.

### Toedieningsdoeltreffendheid van spilpunte

Die toedieningsdoeltreffendhede in Tabel 3 toon dat daar dikwels 'n groot verskil is tussen die bruto hoeveelheid water wat toegedien word volgens die spilpunt se ontwerpdata, en dit wat werklik op die grond gemeet word (netto toediening). Daar is verskeie redes hiervoor. By gevallestudie 1 was die stelsel se druk te laag (soos gemeet by die spil) en al lyk die gemete toedieningsdoeltreffendheid goed

Tabel 3: Resultate van spilpuntevaluasies vir die drie gevallestudies

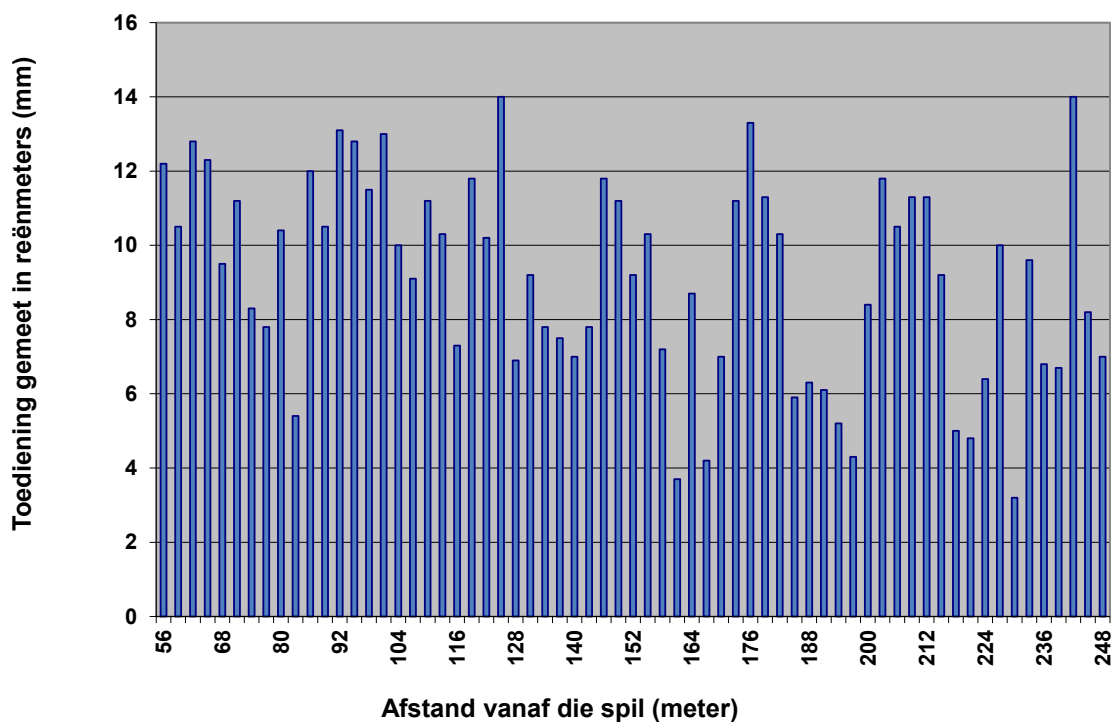
	Eenheid	Gevallestudie			Norm	Gevallestudies se gemiddeld
		1	2	3		
Grootte van spilpunt (hektaar)	Ha	20	10	13	-	14.33
Bruto toediening - volgens ontwerpdata	mm	12.3	8.1	4.3	-	8.23
Bruto toediening - gemeet (A)*	mm	8.9	7.5	7.2	-	7.87
Netto toediening - skatting van produsent	mm	8	10	4	-	7.3
Netto toediening - gemeet met reënmeters (B)	mm	8.6	6.6	4.9	-	6.7
Toedieningsdoeltreffendheid (A / B x 100)	%	97	87	68	>80%	84.1
Uniformiteitskoëffisiënt (CU)**	%	71	83	82	>85%	78.7
Verspreidingsuniformiteit (DUIq) ***	%	61	69	79	>75%	69.8

\*n Vloeimeter is gebruik om die vloei by die ingang van die spilpunt te meet.

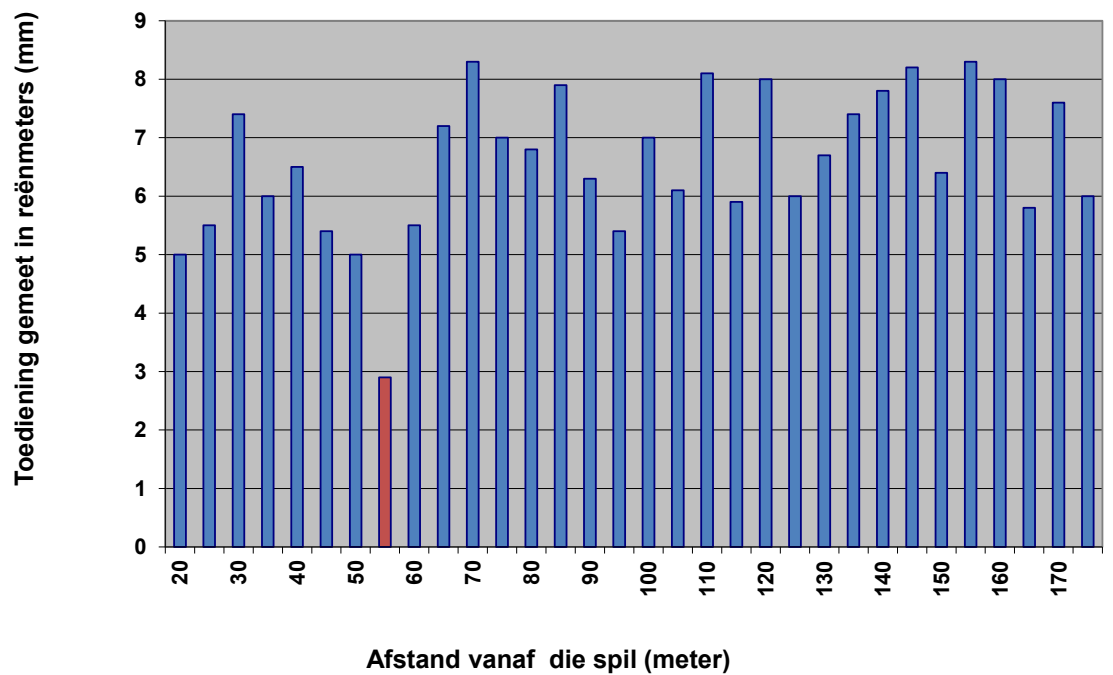
\*\* Aanduiding van die eweredigheid waarmee water oor die hele lengte van die spilpunt toedien word.

\*\*\* Gemiddelde netto watertoediening van die laagste 25% toedienings uitgedruk as persentasie van die gemiddelde netto toediening.

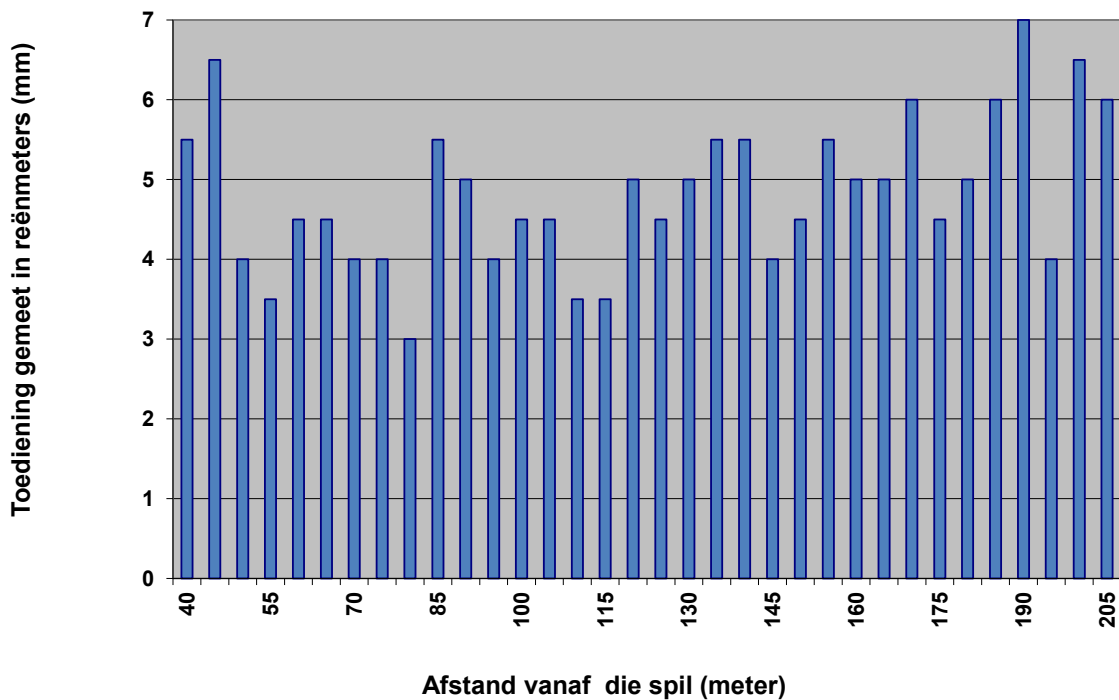
### Gevallestudie 1



### Gevallestudie 2



### Gevallestudie 3



Figuur 4: Verspreidingsuniformiteit soos gemeet vir die drie gevallestudies se spilpunte.

(97%), het die meeste spuite minder water gegee as wat hulle veronderstel was. By gevallestudie 3, die laagste toedieningsdoeltreffendheid (68%), het die produsent al die spuite op die oorhang van die spilpunt met groter tuite toegerus, en het die stelsel se lewering tot 7.2 mm toegeneem, wat 2.9 mm bokant die ontwerpswaarde van 4.3 mm is. Die werkverrigting van die spilpunt by gevallestudie 2 was die beste, met die minste afwyking van die oorspronklike ontwerpparameters soos gemeet deur die toedieningsdoeltreffendheid, uniformiteitskoëffisiënt en die verspreidingsuniformiteit. Dit kan toegeskryf word aan die produsent se sisteembenadering tot infrastruktuurontwikkeling en goeie onderhoudspraktyke op die plaas. Die gemiddelde toedieningsdoeltreffendheid van die drie gevallestudies was 84.1%, wat beteken dat sowat 15.9% van die water wat by 'n tuit uitspuit, tussen die tuit en die grondoppervlak verlore raak.

#### Uniformiteit van spilpunte

Uniformiteit verwys na die eweredigheid van watertoediening oor die lengte van die spilpunt – met ander woorde, of al die plante dieselfde hoeveelheid water kry tydens besproeiing. Dit word geëvalueer aan die hand van twee indekse; naamlik die Heermann & Hein uniformiteitskoëffisiënt (CU) en die verspreidingsuniformiteit van die laagste kwart van die lesings (DUIq). As daar gekyk word na die uniformiteit van die gevallestudies, het nie een van die drie gevallestudies aan die minimumvereiste CU waarde voldoen nie, aldus Tabel 3. Die redes is dieselfde as hierbo beskryf (Gevallestudie 1 - lae druk, en Gevallestudie 3 - wysiging van die spuitpakket), sowel as 'n verstopping van 'n spuit by Gevallestudie 2, soos gesien kan word in Figuur 4, op 'n afstand van ongeveer 55 m vanaf die spil. Slegs Gevallestudie 3 het aan die minimum DUIq waarde voldoen. Die verspreiding van die reënmeterlesings word in Figuur 4 getoon. Let op die groot variasies wat daarop dui dat alle plante nie dieselfde hoeveelheid water kry nie.

Tabel 4: Koste van watervoorsiening vir aartappelproduksie vir drie gevallestudies

	Eenheid	Gevallestudie		
		1	2	3
Gemiddelde kW/ha (stelselkapasiteit)	kW/ha	1.10	3.19	1.80
Eskom-tarief		Ruraflex	Ruraflex	Landrate
Totale aantal pompure	Ure/seisoen	1 651	1 226	1 395
Opbrengs gerealiseer	ton/ha	50	60	55
Besproeiing toegedien (mm)	mm	520	530	537
Veranderlike elektrisiteitskoste:				
Per hektaar	R/ha	1 274	2 659	2 670
Per millimeter water gepomp	R/mm	2.45	5.02	4.98
Gemiddelde berekende elektrisiteitstarief:				
Veranderlike kostekomponent	R/kWh	0.70	0.68	1.06
Veranderlike en vaste koste	R/kWh	1.14	1.23	1.66
Energieverbruiksdoeltreffendheid	kWh/ton	726	482	594

### Watervoorsieningstelsels

Die ander gedeelte van die infrastruktuur wat ondersoek is, is die watervoorsieningstelsel wat bestaan uit die pompstasies en hooflyne wat die spilpunt van water voorsien. Hierdie komponente moet so ontwerp en gekies word om water op die mees ekonomiese wyse vanaf die bron tot by die besproeiingstelsel te vervoer.

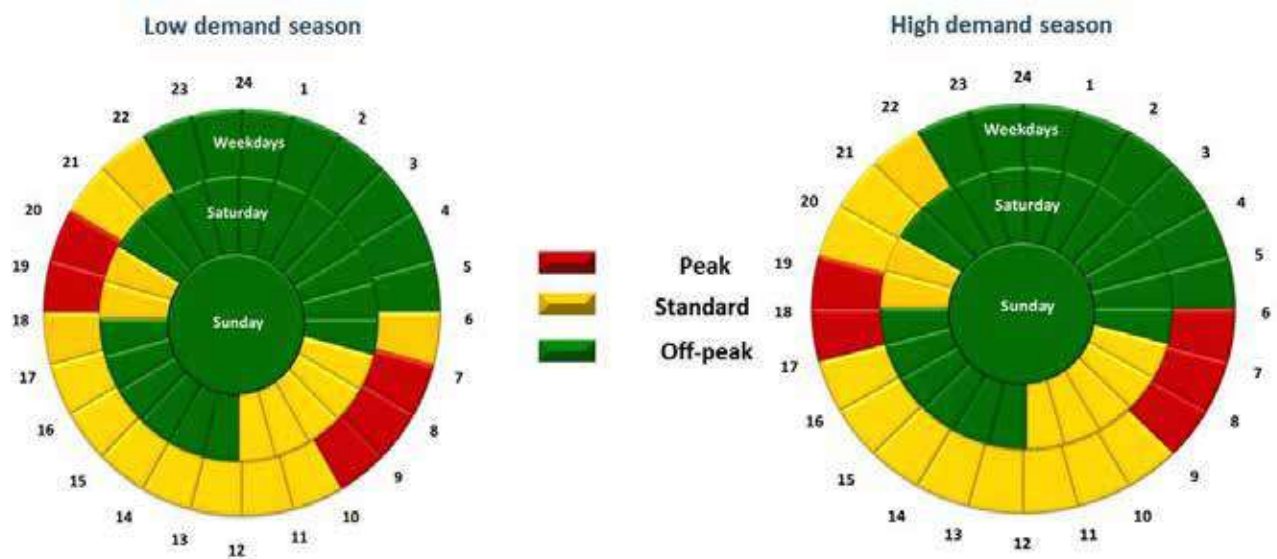
Verder moet die produsent 'n keuse maak oor watter Eskom-tariefstruktuur gebruik gaan word by elke kragpunt (Landrate of Ruraflex). Terwyl Ruraflex 'n gesubsidieerde tarief is met laer veranderlike kostes sowel as vaste kostes in vergelyking met Landrate, is bestuur baie belangrik aangesien sekere tye van die dag vermy moet word om die voordeel van die tariewe te benut.

Die volgende drie tipiese watervoorsieningstelsels kom voor op plase in die Limpopo-streek:

- Vanuit 'n boorgat direk na die besproeiingstelsel.
- Vanuit 'n boorgat na 'n opgaardam, en dan na die besproeiingstelsel.
- Vanuit 'n rivier na 'n opgaardam, en dan na die besproeiingstelsel.

Hierdie drie stelsels is as riglyn gebruik om 'n verdere drie gevallestudies te kon doen. Die elektrisiteitskoste en bestuurspraktyke word getoon in Tabel 4. Dit is altyd goed om te let op die aantal kW benodig per hektaar wat besproei word – die mees ekonomiese stelsels het 'n gemiddelde kapasiteit van ongeveer 1 kW/ha. Daar is verskeie faktore wat hierdie waarde onnodig kan verhoog, soos byvoorbeeld indien die besproeiingstelsel net 'n beperkte aantal ure per dag benut word, of die water meer as een keer gepomp moet word, lang afstande tussen die waterbron en die besproeiingstelsel, of indien daar ook pakhuse of verwerkingsaanlegte aangedryf moet word.

Alhoewel die eersgenoemde tipiese voorsieningstelsel (vanaf boorgat direk na stelsel) die aantreklikste is, aangesien die water slegs een keer gepomp hoef te word, vind dit selde plaas weens die wisselende watervlakke en algemene verswakking van die boorgate in die betrokke gebiede in Limpopo. By gevallestudie 1 het die produsent direk uit boorgate na die besproeiingstelsel gepomp, en alhoewel die elektrisiteitstarief die laagste was van al drie gevallestudies (R1.14/kWh), was die stelsel 'n groot bydraende faktor dat te min druk en vloeï aan die spilpunt gelewer kon word. Die



Figuur 5: Daaglikse verspreiding van piek-, standaard- en buite-spitstye gedurende die hoë- (Junie-Augustus) en lae-aanvraag (September-Mei) periodes.

effek daarvan was dat die pomp-ure per seisoen baie hoër was as vir die ander stelsels en die energiegebruiksdoeltreffendheid was dus baie swak (726 kWh/ton) as gevolg van die verhoogde hoeveelheid pompure.

Die tweede tipe voorsieningstelsel, soos hierbo beskryf, is die algemeenste op plase waar boorgatwater gebruik word en bestaan dikwels uit lang pyplyne wat water van 'n aantal wyd-verspreide boorgate (met relatiewe klein lewerings

Tabel 5: Koste van alternatiewe scenario's by elkeen van die drie gevallestudies (Tabel 4 as basis)

	Eenheid	Gevallestudie 1		Gevallestudie 2		Gevallestudie 3	
		Huidig	Scenario	Huidig	Scenario	Huidig	Scenario
Stelselkapasiteit	kW/ha	1.10	1.58	3.19	2.72	1.80	1.80
Eskom-tarief		Ruraflex	Ruraflex	Ruraflex	Ruraflex	Landrate	Ruraflex
Totale aantal pompure	Ure/seisoen	1 651	1 040	1 226	1 226	1 395	1 395
Opbrengs	ton/ha	50	50	60	60	55	55
Besproeiing toegedien	mm	520	520	530	530	537	537
Veranderlike elektrisiteitskoste:							
Per hektaar	R/ha	1 274	1 102	2 659	2 227	2 670	1 690
Per millimeter water gepomp	R/mm	2.45	2.12	5.02	4.20	4.98	3.15
Gemiddelde berekende elektrisiteitstarief:							
Veranderlike kostekomponent	R/kWh	0.70	0.67	0.68	0.67	1.06	0.67
Veranderlike en vaste koste	R/kWh	1.14	1.16	1.23	1.46	1.66	1.16
Energieverbruiksdoeltreffendheid	kWh/ton	726	655	482	410	594	594

per boorgat) na die opgaardam vervoer. Die voorsieningskoste van hierdie tipes word nie net verhoog omdat die water twee of meer keer gepomp moet word nie, maar daar word ook dikwels veelvuldige kragvoorsieningspunte vereis wat elkeen 'n addisionele vastekoste-komponent het, en aan Eskom betaalbaar is. Gevallestudie 2 gebruik damme om water tot by die besproeiingstelsel te besorg. Die berekende elektrisiteitstarief is R1.23/kWh (Tabel 4). Let daarop dat die veranderlike koste in terme van Rand per mm water toegedien meer as verdubbel na R5.02/mm in vergelyking met gevallestudie 1 (R2.45/mm), omdat die water nou twee keer gepomp moet word.

Die derde tipe voorsieningstelsel word aangetref by plase waar water vanuit 'n rivier onttrek moet word. Dikwels moet die water ook oor lang afstande gepomp word, maar darem net vanaf een onttrekkingspunt wat nie diep onder die grond is nie. Hierdie tipe situasie is in gevallestudie 3 ondersoek en is die koste per mm water R4.98/mm, bykans dieselfde as by gevallestudie 2 (Tabel 4). By hierdie gevallestudie word daar egter van die Landrate-tarief gebruik gemaak en nie Ruraflex nie, wat lei tot 'n hoër elektrisiteitstarief (R1.66/kWh). Met Ruraflex het die boer die geleentheid om sy gemiddelde berekende energietarief (R/kWh) te bestuur deur sekere tydsperiodes wanneer die tarief hoog is, te vermy. Landrate se veranderlike kostetarief (R/kWh) varieer nie en is hoër as die berekende tarief vir Ruraflex indien boere spitsstye vermy. Figuur 5 toon die voorkoms van spits-, standaard- en buite-spits tyd aan gedurende 'n week soos van toepassing gedurende 2016/2017 waar hoë aanvraag vanaf Junie tot Augustus is.

Die gebruik van Ruraflex het betekenisvolle bestuursimplikasies aangesien die buite-spitsstye gedurende die naweke en in die nag voorkom. Alhoewel slegs vyf ure per weeksdag gedurende spits tyd val, is die tarief gedurende spits tyd geweldig hoog en kan maklik daartoe aanleiding gee dat Ruraflex duurder as Landrate is.

### **Verskillende scenario's se effek op die elektrisiteitskoste**

By elke gevallestudie is 'n alternatiewe scenario getoets om te sien of die elektrisiteitskoste

verminder. Die resultate word in Tabel 5 getoon.

By Gevallestudie 1 is die scenario ondersoek waarby die besproeiingstelsel die regte druk en vloei vanaf die boorgate ontvang (Sien bespreking van Gevallestudie 1 by Tabel 4). Die implikasie hiervan is dat die aantal pom-pure per seisoen nou baie minder is (1 040 versus 1 651 ure) om dieselfde hoeveelheid water toe te dien (520 mm). Sien Figuur 5. Die effek hiervan is dat die veranderlike koste van water toegedien per hektaar verminder van R1 274/ha na R1 102/ha, en die energieverbruiksdoeltreffendheid verbeter van 726 kWh/ton na 655 kWh/ton. Dit is weens die feit dat indien die korrekte grootte pomp gebruik word, die totale aantal pomp-ure vir die seisoen minder sou wees.

By Gevallestudie 2 is die uitleg van die hooflyn deur 'n besproeiingsontwerper ontleed en daar is gevind dat indien die opgaardam geskuif word, kan die hooflyn verkort word en die spilpunt onder gravitasie uit die dam besproei word. As die veranderinge aangebring word hoef die water net een keer gepomp te word, en daar is minder wrywingsverliese wat in die hooflyn oorkom moet word. Die implikasie van hierdie veranderinge sal beteken dat die kapasiteit van die stelsel verminder van 3.19 kW/ha na 2.72 kW/ha. Die effek van hierdie verlaging is dat die veranderlike koste van water toegedien per hektaar verminder van R2 659/ha na R2 227/ha, en die energieverbruiksdoeltreffendheid verbeter van 482 kWh/ton na 410 kWh/ton.

By Gevallestudie 3 is die effek van die Eskom-tariefstruktuur ondersoek deur te bereken wat die energiekostes sou wees indien die boer vanaf Landrate na Ruraflex oorskakel. Die implikasie van hierdie verandering is dat die elektrisiteitstarief kan verlaag van R1.66/kWh na R1.16/kWh, indien die boer gedurende die tye wanneer die tarief op sy laagste is sou besproei. Die effek van hierdie verlaging is dat die veranderlike koste van water toegedien per hektaar verminder van R2 670/ha na R1 690/ha, 'n besparing van meer as 36%.

In geen van bogenoemde gevalle is die koste om die veranderinge te weeg te bring in aanmerking

geneem nie. In sommige gevalle mag die kostes om die regstellings te maak, omvangryk wees. 'n Volledige ondersoek aangaande die kostes is nodig alvorens enige veranderings geïmplementeer word.

### Aanbevelings

By meeste stelsels is daar geleentheid vir optimering wat tot die verlaging van elektrisiteitskoste sal lei. Die volgende algemene aanbevelings sal produsente help om besluite te neem wat energie kan spaar:

- Eskom-tariefstruktuur: Ruraflex is 'n gesubsidieerde tariefstruktuur vir landbouwatergebruikers waarteen elektrisiteit goedkoper aangekoop kan word as teen Landrate. Dit is egter noodsaaklik dat die besproeiingstelsel korrek bestuur moet word sodat daar nie tydens die duur spitsyde van die tariefstruktuur besproei word nie, aangesien dit enige voordeel sal teenwerk. Die gebruik van Ruraflex vereis dus baie goeie besproeiingskedulering.
- Doeltreffende besproeiingstelsels: Produsente behoort minstens elke twee jaar die spuitpakket op 'n spilpunt te evalueer deur 'n uniformiteitstoets met reënmeters uit te voer. Aanpassings aan die spilpunt of spuitpakket sonder oorlegpleging met 'n besproeiingsontwerper word ook nie aanbeveel nie aangesien dit 'n effek sal hê op die totale stelsel - vanaf die pompstasie tot wanneer die besproeide water op die grond beland.
- Beplanning en ontwerp van watervoorsieningstelsels: Dit word aanbeveel dat 'n kundige besproeiingsontwerper (soos goedgekeurde ontwerpers van die Suid-Afrikaanse Besproeiingsinstituut, SABI) genader word om die hooflyne en pompstasies van 'n plaas te beplan. Dit sal help dat die mees ekonomiese pyplyne, pompe en motors geïnstalleer word. sien gerus [www.sabi.co.za](http://www.sabi.co.za) vir meer inligting oor SABI Goedgekeurde Ontwerpers en Stelselevalueerders.
- Die gebruik van veranderlike spoedaandrywing (die sogenaamde "VSDs" - variable speed drives) is nie spesifiek in hierdie artikel bespreek nie,

maar is 'n belangrike nuwe tegnologie wat ook op aanbeveling van 'n kundige kan help om die drywingsaanvraag van 'n stelsel te verminder.

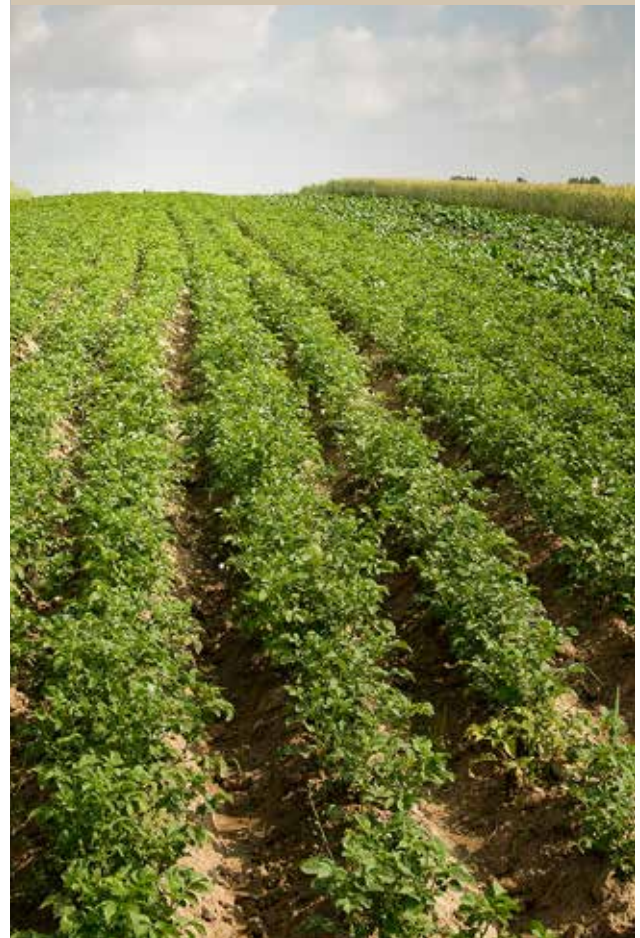
- Die gebruik van toepaslike skeduleringshulpmiddels om die waterinhoud van die grond gedurende die groeiseisoen te bepaal sal help om die regte hoeveelheid water toe te dien, en sodoende oorbesproeiing en energievermorsing te verhoed. ©

### Bedankings:

- Aartappels Suid-Afrika vir befondsing en Pieter van Zyl vir projekleiding.
- Produsente in Limpopo wat deelgeneem het aan die opnames en gevallestudies.
- Roger Stones, Senior Energie-adviseur, Eskom, Tzaneen

### Verwysings:

- Stones, R. 2016. Persoonlike kommunikasie. Senior energie-adviseur, Eskom.





# Optimisering van energieverbruik vir aartappelproduksie in die Sandveld

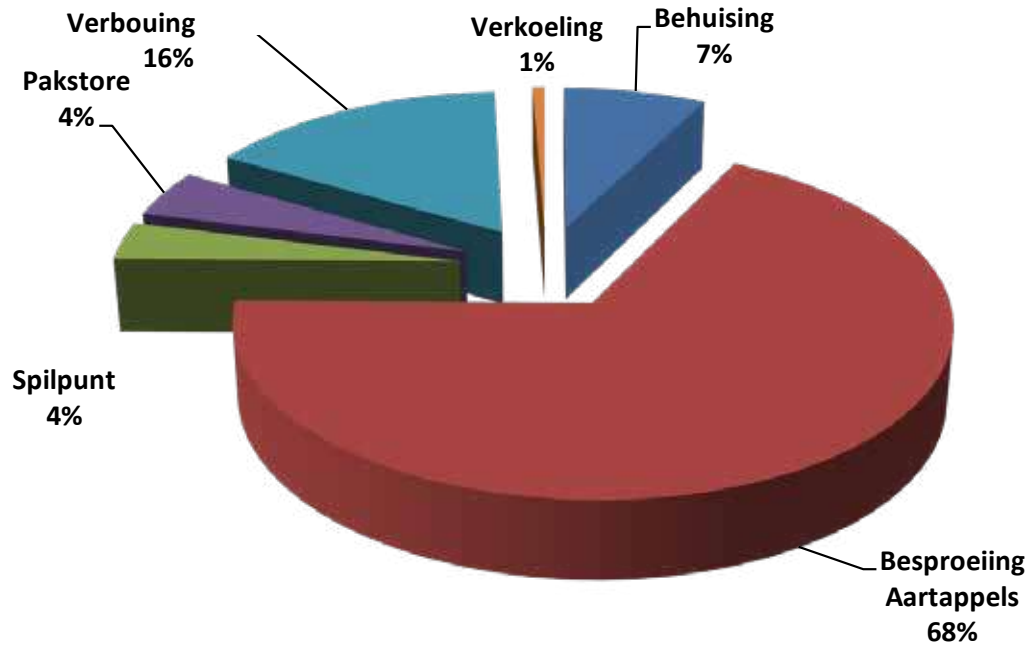
Isobel van der Stoep, Bioresources Consulting BK; Prof. Martin Steyn, Departement van Plant-en Grondwetenskappe, Universiteit van Pretoria; Prof. Bennie Grové, Departement Landbou-ekonomie, Universiteit van die Vrystaat; Danie Snyman, Eskom en Pieter van Zyl, Aartappels Suid-Afrika

Energiekoste bly een van die duurste insette benodig vir die produksie van aartappels onder besproeiing, en na aanleiding van 'n ondersoek wat in 2015/2016 in Limpopo uitgevoer is, het Aartappels Suid-Afrika 'n soortgelyke projek in die Sandveld van stapel gestuur.

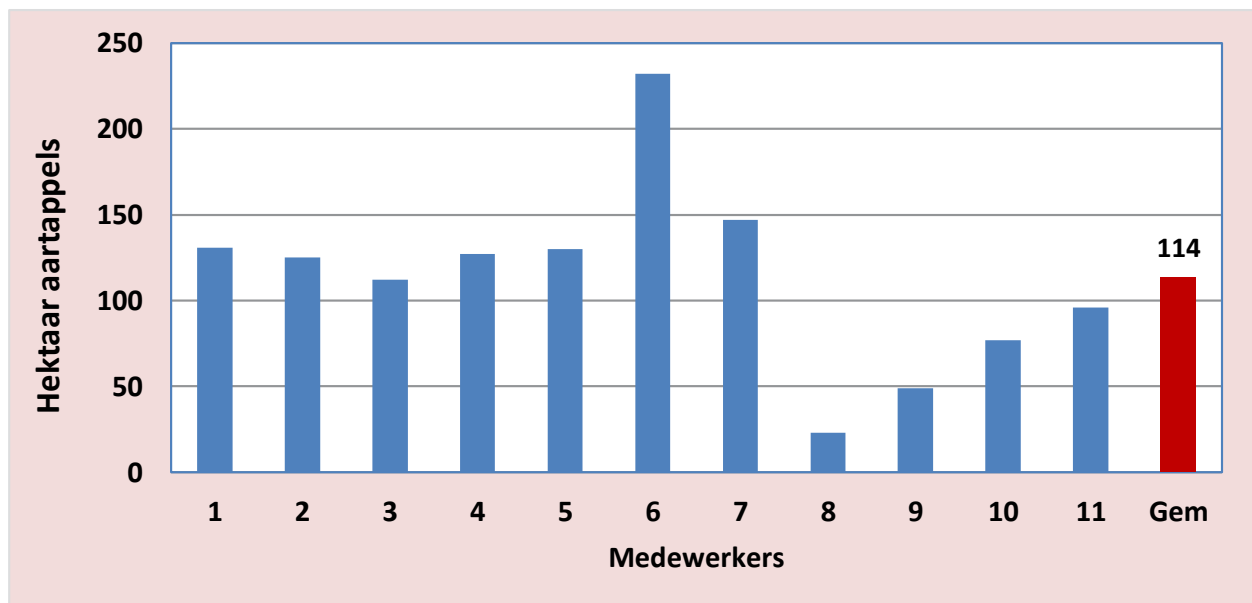
Die doelwit van die projek was die ekonomiese evaluering van alternatiewe strategieë om elektrisiteitskoste te verminder, waterverbruiksproduktiwiteit te verbeter en winsgewendheid te verhoog. Dit het plaasgevind tydens die someraanplanting (Augustus-Oktober) van aartappels in die Sandveld.

Die volgende aktiwiteite het tydens die projek plaasgevind:

- Energie-oudits is deur Eskom by elf medewerkers uitgevoer om 'n oorsig te kry van tipiese energieverbruik op plase in die Sandveld.
- Besproeiingstelsel-evaluasies is uitgevoer op vyf spilpunte om die doeltreffendheid en toedieningseenvormigheid van die besproeiingstelsels te bepaal.
- Dieselfde vyf spilpunte se besproeiings-ure en -toedienings is gedurende die seisoen gemoniteer om die werklike waterverbruik te bepaal.



Figuur 1: Gemiddelde verspreiding van elektrisiteitsverbruik (kWh/jaar) by 11 medewerkers.



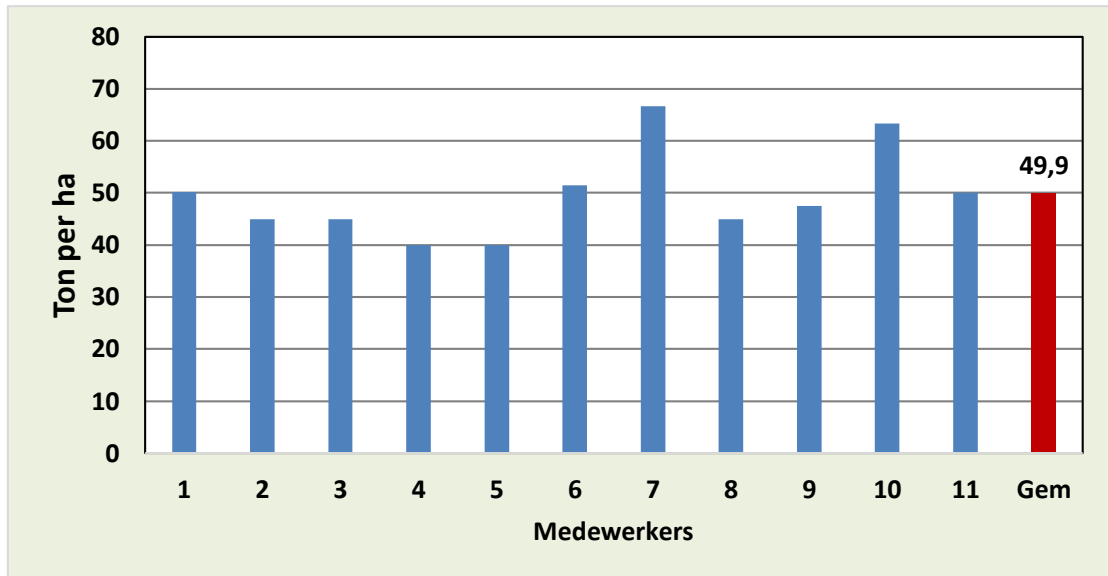
Figuur 2: Hektare aartappels besproei deur 11 medewerkers.

- Die gemete inligting is gebruik om die energie- en waterverbruiksdoeltreffendhede van die stelsels te bepaal.

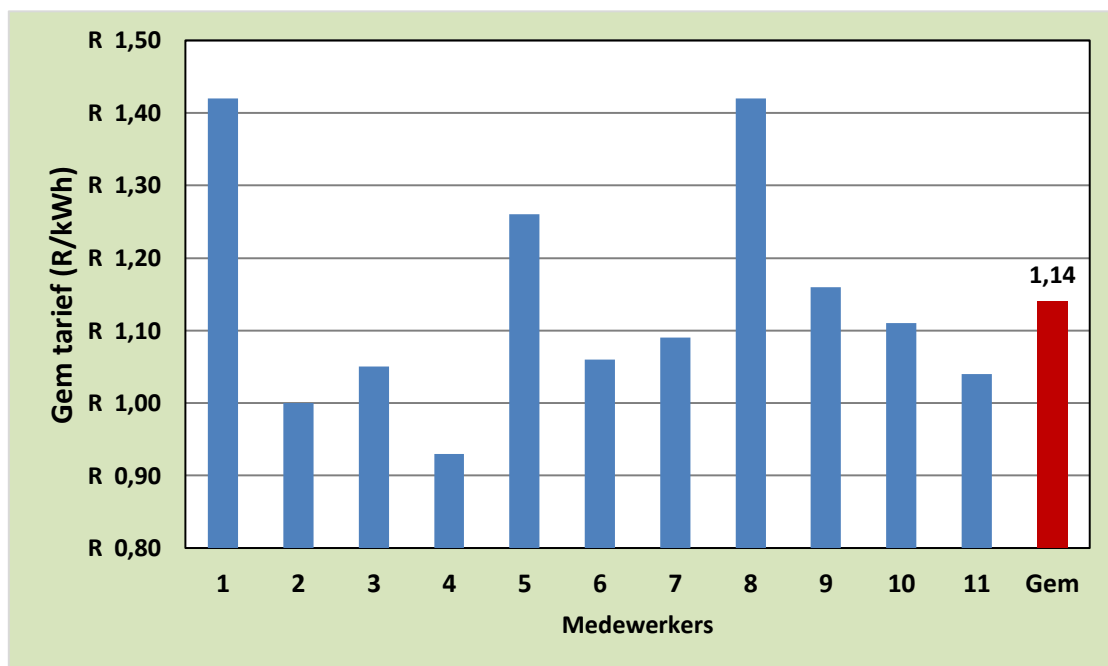
### Energie-oudits

Die totale jaarlikse energieverbruik van elf produsente in die Sandveld is deur 'n adviseur

van Eskom vir 2016 bepaal. Die verspreiding van energieverbruik deur die verskillende komponente wat op 'n plaas aangetref word, as gemiddeld vir die elf medewerkers, word in Figuur 1 aangetoon. Sowat 68% van die jaarlikse elektrisiteitsverbruik op 'n Sandveld plaas word aangewend vir die besproeiing van aartappels.



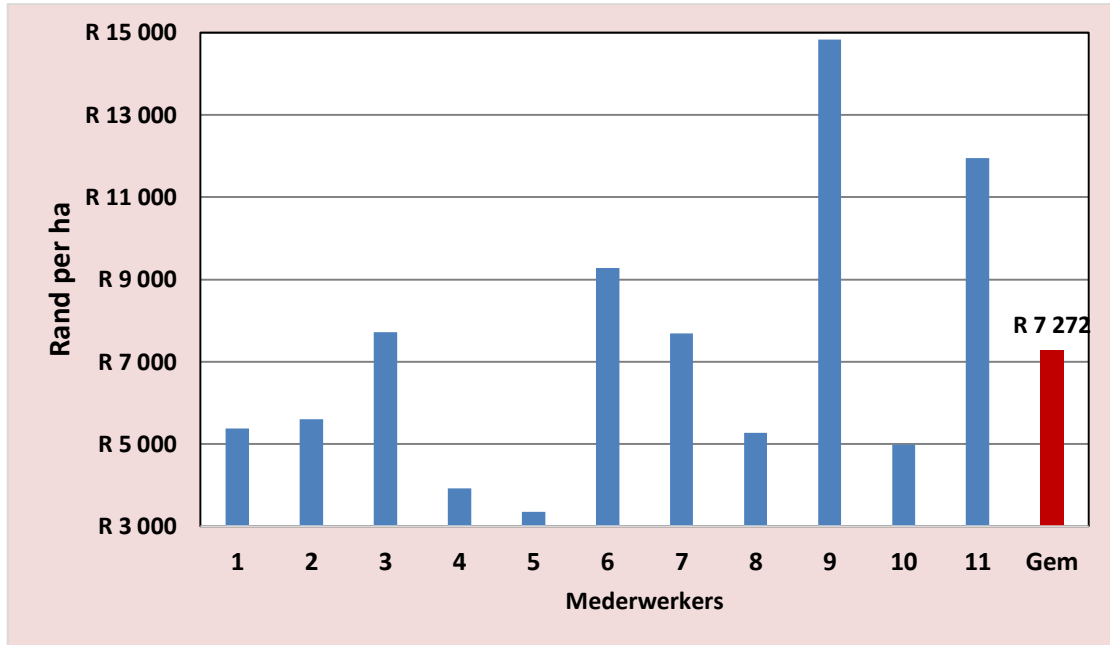
Figuur 3: Aartappelopbrengste (ton/ha) vir 11 medewerkers.



Figuur 4: Gemiddelde elektrisiteitstariewe (R/kWh) vir 11 medewerkers.

Spilpunte en pakstore gebruik elk net 4% van die jaarlikse verbruik van elektrisiteit (kWh). Die areas van aartappels wat besproei is, het gewissel van 23 ha tot 232 ha per produsent, met 'n gemiddeld van 114 ha (Figuur 2), terwyl die opbrengste onder die elf medewerkers gewissel het van 40 tot 67 ton/ha

met 'n gemiddeld van 49.9 ton/ha (Figuur 3). Die gemiddelde berekende elektrisiteitstariewe vir die elf medewerkers was R1.14/kWh (Figuur 4), terwyl die gemiddelde elektrisiteitskoste vir die verbouing van aartappels in die Sandveld bereken is as R7 272/ha (Figuur 5).



Figuur 5: Elektrisiteitskoste per hektaar vir besproeiing van aartappels vir die 11 medewerkers.

Die groot variasies wat waargeneem kan word in die tariewe en kostes kan toegeskryf word aan die verskillende omstandighede by die elf medewerkers. Daar was verskillende kombinasies van Landrate- en Ruraflex- kragpunte, sowel as verskillende groottes transformators en verbruiksprofile wat die totale koste op elke plaas beïnvloed het. Eskom adviseurs het elke medewerker besoek, sy data bespreek en aanbevelings gemaak.



Figuur 6: Gebruik van 'n draagbare vloeimeter om die vloeitempo van 'n spilpunt te bepaal.

### Besproeiingstelsel-evaluasies

Die volgende fase van die projek het behels dat die werkverrigting van vyf spilpunte ondersoek word deur die doeltreffendheid en uniformiteit van water toegedien deur die stelsels te meet.

Die evaluasie van 'n spilpunt behels dat die vloeitempo van die spilpunt by die spil met 'n draagbare vloeimeter gemeet word (Figuur 6), en die verspreiding van die water gemeet word deur 'n stel reënmeteers uit te pak oor die lengte van die spilpunt (Figuur 7), volgens riglyne van die Landbounavorsings-raad se Instituut vir Landbouingenieurs-wese (LNR-ILI). Die loopspoed van die spilpunt en maksimum toedieningstempo onder die oorhang word ook gemeet. Tydens die evaluasie word daar ook algemene waarnemings gemaak aangaande die toestand van die stelsel (van byvoorbeeld enige lekkasies wat waargeneem word en die diepte van die wielspore). Die heersende weersomstandighede (temperatuur, humiditeit, windspoed en windrigting) word ook gemeet.

Die resultate van die vyf evaluasies word in Tabel 1 aangetoon. Die stelsels se uniformiteite soos aangedui deur die Heerman & Hein uniformiteitskoëffisiënt (CUHH) en die verspreidings-



**Figuur 7: Verspreidingstoets onder 'n spilpunt deur reën-meters uit te pak**

uniformiteit van die laagste kwart (DUIq) was oor die algemeen goed (almal is beter as die norm, behalwe SV 5), veral as die omstandighede waartydens die toetse uitgevoer is, in ag geneem word. Tydens drie van die gevallestudies (SV 2, SV 3 en SV 5) was die windspoed baie hoog (17-18 km/h), en by SV 3 was die temperatuur ook baie hoog (39°C). Uniformiteit verwys na die eweredigheid van watertoediening oor die lengte van die spilpunt, met ander woorde of al die plante dieselfde hoeveelheid water kry tydens besproeiing.

Die toedieningsdoeltreffendheid (AE = "Application Efficiency") van die stelsels was ook almal hoër as die minimumvereiste van 80%, behalwe vir SV 3 met 78% waar daar hoë windspoed en temperature voorgekom het. Dit het die humiditeit verlaag wat gevolglik tot hoër verdampingsverliese gelei het. Die toedieningsdoeltreffendheid is die verhouding tussen die hoeveelheid water wat die spilpunt lewer en die hoeveelheid water wat in die reën timers gemeet word, met ander woorde daardie persentasie van die water uit die spuite wat die grondoppervlak bereik. By SV 3 beteken dit dat 22% van die water wat by die spuit uitspuit, verlore raak tussen die spuit en die grondoppervlak. By SV 4 gaan slegs 3% van die water verlore.

Die totale pompdruk wat in Tabel 1 getoon word,



**Figuur 8: Montering van elektromagnetiese sensor om spilpunt-looptyd te monitor**

is die som van al die werksdrukke waaraan die water wat na die spilpunt vervoer word, blootgestel word. Byvoorbeeld as die water eers uit 'n boorgat gepomp is na 'n dam en dan uit die dam na die spilpunt, is die totale pompdruk die som van die boorgatpomp en die dampomp se drukke, insluitend enige benaderde wrywingsverliese en topografiese hoogteverskille (10 m pompdruk is ekwivalent aan ongeveer 100 kPa of 1 bar waterdruk).

### **Monitering van waterverbruik**

Vorige studies in die Sandveld het getoon dat daar groot verskille bestaan tussen die hoeveelhede water wat deur verskillende produsente toegedien word. Hierdie projek het dit ook ten doel gehad om die besproeiingstoedienings akkuraat te meet sodat die werklike elektrisiteitsverbruik en -koste akkuraat bepaal kan word.

Die monitering het plaasgevind deur die tyd wat die elektriese motor op die laaste toring van elke spilpunt loop te meet met behulp van 'n sensor wat die elektromagnetiese veld van die motor registreer as dit aanskakel. 'n Foto van die sensor se installasie word getoon in Figuur 8. Die inligting wat bekom is, kon dan ontleed word om te bepaal presies wanneer en teen watter tempo elke spilpunt gedurende die seisoen geloop het.

Tabel 1: Opsomming van stelsel-evaluasie resultate by vyf gevallestudies

Gevallestudie nommer	SV 1	SV 2	SV 3	SV 4	SV 5
Pompopstelling	Boorgate en dam	Boorgat en aanjaerpomp	Boorgat	Dam en/of boorgat	Boorgate en dam
Vloeitempo by spil, m <sup>3</sup> /h	71,3	57	46,5	61	88
Spilpunt-area, ha	11,2	11,0	11,9	12,6	25,0
Helling, %	3,4	3,5	0,5	0	1,7
Totale pompdruk, m	171	76	57	90	151
Drywing, kW	55	15	10,8	31,2	55,8
VSD in gebruik? (Veranderlike spoed-aandrywing)	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee (wel met "soft starter")
Eskom tariefplan	Landrate	Landrate	Ruraflex	Ruraflex	Landrate
Spuitpakket, mm/dag	14	13,5	8,4	12	8
Spuite	Vaste spuit ("Fixed spray")	Vaste spuit ("Fixed spray")	Wankelspuit ("i-Wob")	Wankelspuit ("i-Wob")	Vaste spuit ("Fixed spray")
Spoed gestel, %	50	55	39	50	80
Spoed gemeet, %	50	57	40	49	70
<b>Uniformiteit:</b>					
CUHH (>85%), %	89	89	87	86	83
DUIq (>75%), %	86	83	76	76	84
<b>Toedieningsdoeltreffendheid:</b>					
AE (>80%), %	83	90	78	97	94
Wind tydens toets, km/h	12	18	17	11	18
Temperatuur, °C	32	21	39	24	27
Humiditeit, %	43	70	27	71	51

Die vyf gevallestudies se plantdatums het gewissel tussen 30 Augustus en 11 Oktober 2016, en die werklike en berekende besproeiingsbehoefte word getoon in Tabel 2. Die gemete besproeiingsdata sluit die water toegedien vir afkoeling aan die einde van die seisoen in. Die gemiddelde werklike besproeiing toegedien (705 mm) was net sowat 7% hoër as die berekende netto besproeiingsbehoefte van 661 mm.

Die besproeiingsbehoefte verteenwoordig die hoeveelheid water wat die grond moet infiltreer ten einde te verseker dat die gewas geen

waterstremming ondervind nie. Dit is 'n teoretiese syfer wat met 'n model bereken word en hang af van die heersende weerstoestande en die gewas se groeistadium. Ongelukkig is besproeiingstelsels nie 100% effektief nie, en moet meer water toegedien word om vir verliese voorsiening te maak. Die werklike bruto besproeiingshoeveelheid is dus altyd hoër as die netto behoefte. Die berekende besproeiingsbehoefte en werklike besproeiing as 'n funksie van die verskillende plantdatums word in Figuur 9 aangetoon. Die medewerker SV 4 het die verste afgewyk van die berekende

Tabel 2: Opsomming van moniteringsresultate by vyf gevallestudies

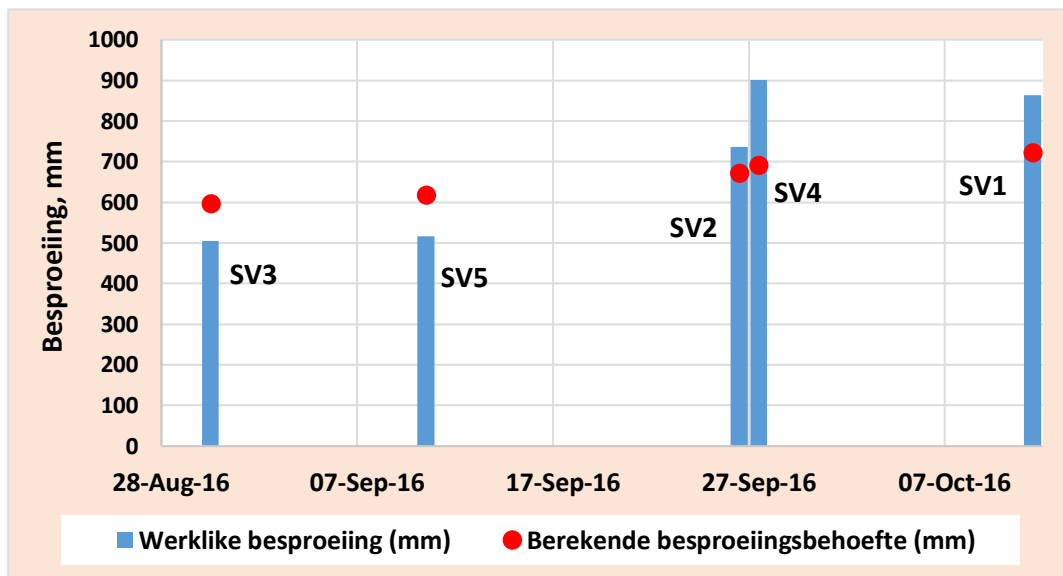
Gevallestudie nommer	SV 1	SV 2	SV 3	SV 4	SV 5	Gem.
Plantdatum (2016)	11 Okt	26 Sept	30 Aug	27 Sept	10 Sept	
Werklike besproeiing (mm): A	864	737	505	901	516	705
Berekende besproeiingsbehoefte (mm): B	723	673	598	693	619	661
% van behoefte (A/B x 100)	120	110	84	130	83	105
Werklike opbrengs (t/ha): C	68	75	35	73	58	59
Berekende opbrengspotensiaal (t/ha): D	104	104	108	106	105	106
% van potensiaal (C/D X 100)	65	72	32	69	55	57
Werklike WVD (kg/ha/mm)	79	102	69	81	112	91
Potensiële WVD (kg/ha/mm)	144	155	181	153	170	161

Tabel 3: Opsomming van spilpuntbestuur by 5 gevallestudies

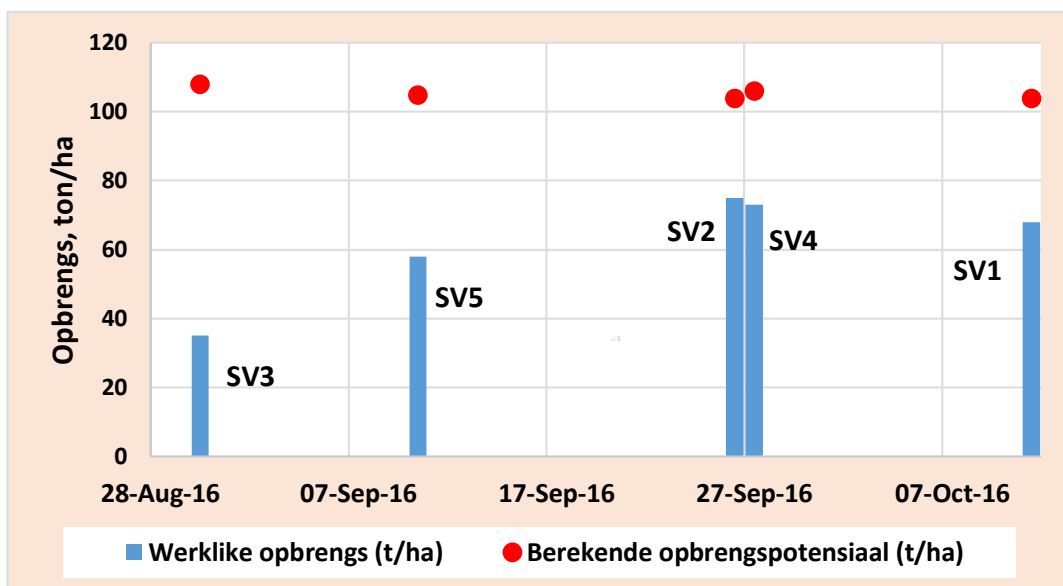
Gevallestudie nommer	SV 1	SV 2	SV 3	SV 4	SV 5
Eskom tariefplan	Landrate	Landrate	Ruraflex	Ruraflex	Landrate
Totale pomp-ure	1 357	1 357	1 291	1 414	1 475
Ure verdeling volgens Eskom tydsgroeperinge, %(Spits: Standaard: Buitespits)	14:35:51	16:28:56	14:34:52	14:33:53	15:35:50
Ure verdeling per maand:					
Sept (2016)	0	66	36	172	33
Okt	80	137	186	77	349
Nov	414	437	571	503	492
Des	624	563	474	551	538
Jan (2017)	105	74	24	111	63
Feb	55	81	0	0	0
Maart	81	0	0	0	0

besproeiingsbehoefte, met 'n 30% hoër toediening as die berekende behoefte. In die praktyk is dit toelaatbaar dat werklike besproeiingshoeveelhede 15-20% hoër is as die berekende netto behoefte om vir stelselverliese en ongunstige weerstoestande (byvoorbeeld wind en lae humiditeit) voorsiening te

maak. Verder is dit duidelik dat vroeër plantdatums 'n heelwat laer waterbehoefte teweeggebring het as gevolg van laer atmosferiese verdampingsaanvraag tydens die koeler maande. Dit sal ook weerspieël word in elektrisiteitsbesparings. Die data toon aan dat by SV 3 en SV 5 onderskeidelik slegs 84% en



Figuur 9: Berekende behoefte en werklike besproeiing as 'n funksie van die plantdatums



Figuur 10: Berekende en werklike opbrengste as 'n funksie van plantdatum

83% van die besproeiingsbehoefte toegeleen is. In die geval van SV 3 is probleme ondervind met die moere wat geplant is wat die plante se groei en opbrengs negatief beïnvloed het. Dit het ook daartoe gelei dat die gewas se waterbehoefte heelwat laer was. By SV 5 was die maksimum stelselontwerp van 8 mm /dag onvoldoende om aan die gewas se behoeftes te voldoen. Dit het waarskynlik gelei tot laer totale waterverbruik en finale opbrengs.

Figuur 10 en Tabel 2 toon die werklike opbrengste wat elke produsent behaal het versus die berekende opbrengspotensiaal. Die opbrengspotensiaal word met 'n model bereken en dui die teoretiese maksimum opbrengs aan wat vir 'n spesifieke omgewing, klimaat en kultivar behaal kan word. Produsente wat die beskikbare omgewing en hul insette doeltreffend benut behoort minstens 66% van die omgewingspotensiaal te behaal. Drie van die gevallestudies se opbrengste was 66% of hoër,

Tabel 4: Resultate van elektrisiteitskosteberekeninge

		SV 1		SV 2			
				Geen VSD		VSD	
		Landrate	Ruraflex	Landrate	Ruraflex	Landrate	Ruraflex
		Huidig	Alternat.	Alternat.	Alternat.	Huidig	Alternat.
Landrate-opsie		3		1		1	
Vaste elektrisiteitskoste, R		13 323	9 049	7 557	5 268	7 557	4 813
	Per hektaar, R/ha	1 190	808	687	479	687	438
Veranderlike elektrisiteitskoste:							
	R/ha	7 922	5 531	2 479	1 716	2 200	1 523
	R/mm	9,16	6,40	3,36	2,33	2,98	2,07
	R/kWh	1,19	0,83	1,19	0,82	1,19	0,82
Totale elektrisiteitskoste:							
	R/ha	9 112	6 339	3 166	2 195	2 887	1 961
	R/mm	10,54	7,33	4,29	2,98	3,92	2,66
	R/kWh	1,37	0,95	1,52	1,05	1,56	1,06
	R/ton	134	93	42	29	38	26
	kW/ha	4,9	4,9	1,5	1,5	1,4	1,4
	Totale kWh	74 630	74 630	22 938	22 938	20 359	20 359
	kWh/ha	6 663	6 663	2 085	2 085	1 851	1 851
	kWh/ton	98	98	28	28	25	25
Energie-verbruiksdoeltreffendheid:							
	kg/ha/kWh	0,91		3,27		3,68	
Besparing met Ruraflex, R/jaar		31 057				10 192	
Omskakelingskoste, R		13 675				10 597	
Besparing met VSD, R/jaar				3 066			
Omskakelingskoste, R				±16 500			

terwyl SV 3 en SV 5 laer opbrengste behaal het vir die redes soos reeds bespreek.

Figuur 11 en Tabel 2 toon die waterverbruiksdoeltreffendheid (WVD) aan van die vyf gevallestudies as 'n funksie van die plantdatum. WVD gee 'n aanduiding van hoe doeltreffend water na aartappels omgeskakel word (d.w.s. hoeveel kg aartappels daar met 1 mm water geproduseer is). SV 5 het die beste WVD gehad, terwyl SV 2 se opbrengs die hoogste was en ook 'n goeie WVD gehad het.

WVD syfers beter as 80 kg/ha/mm (8 x 10 kg sakkies/mm besproei) word as aan-vaarbaar beskou, terwyl waardes van 100 kg/ha/mm en hoër maklik met goeie bestuur en onder gunstige klimaatstoestand behaal kan word. Te veel water wat op die verkeerde tyd toegedien word dra nie by tot opbrengs nie, maar verhoog elektrisiteitskoste en dra by tot siektes en dikwels ook tot verlaagde kwaliteit van die aartappeloës. Skeduleringshulpmiddels en watermeting kan ingespan word om water meer akkuraat toe te dien (sien die reeks oor

SV 3		SV 4		SV 5		Gem
						(huidig)
Landrate	Ruraflex	Landrate	Ruraflex	Landrate	Ruraflex	
Alternat.	Huidig	Alternat.	Huidig	Huidig	Alternat.	
1		2		2		
5 285	3 209	8 934	6 396	11 241	7 698	
444	270	709	508	450	308	582
1 393	969	4 163	2 885	3 914	2 751	3 608
2,76	1,92	4,62	3,20	7,53	5,29	5,40
1,19	0,83	1,19	0,82	1,19	0,84	1,06
1 837	1 238	4 872	3 392	4 364	3 059	4 190
3,64	2,45	5,41	3,77	8,40	5,88	6,24
1,57	1,06	1,39	0,97	1,33	0,93	1,26
52	35	67	46	75	53	67
0,9	0,9	2,5	2,5	2,2	2,2	2,3
13 944	13 944	44 119	44 119	82 312	82 312	
1 172	1 172	3 501	3 501	3 292	3 292	3 283
33	33	48	48	57	57	53
2,51		1,65		0,70		1,66
7 128		18 643		32 638		
Reeds op Ruraflex		Reeds op Ruraflex		10 597		

skeduleringshulpmiddels in hierdie publikasie) om sodoende water te bespaar en WVD te verhoog. Uit Figure 9 en 10 is dit duidelik dat opbrengspotensiaal afneem en waterbehoefte toeneem hoe later in die somer daar geplant word. Waterverbruiksdoeltreffendheid daal gevolglik ook al hoe meer soos plantdatums later aangeskuif word (Figuur 11).

### Monitering van spilpunte se energieverbruik

Die data vanaf die elektromagnetiese sensore kon ook ontleed word om die totale pomp-ure van elke spilpunt te bekom, soos getoon in Tabel 3. Die gemiddelde pomp-ure was 1 379 ure oor die seisoen.

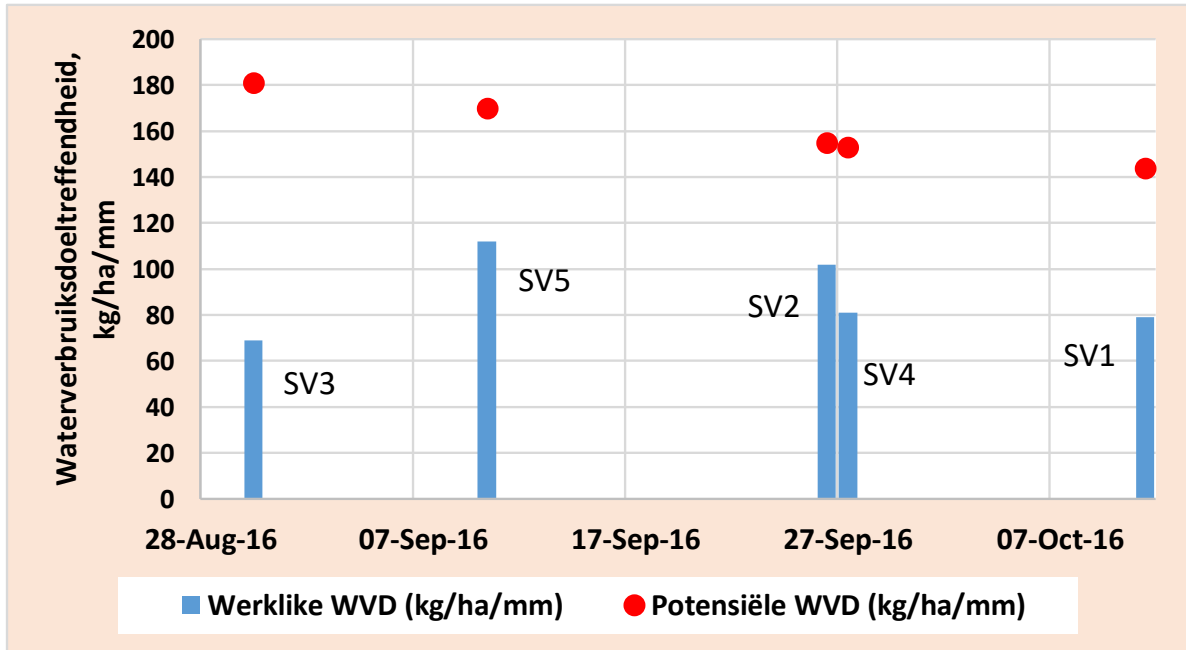
Die data kon ook ontleed word om te bepaal hoe die tydprofiel van die

spilpunte se looptyd lyk volgens die spits-, standaard- en buitespits-groepering vir Ruraflex gebruik (Figuur 12). Hoewel slegs SV 3 en SV 4 aan Ruraflex tariewe onderhewig is, is die inligting later gebruik om optimiseringsberekeninge vir al vyf stelsels uit te voer.

Tabel 3 wys ook hoe die totale pomp-ure versprei was oor die verskillende maande waartydens besproeiing plaasgevind het, en hierdie inligting kon omgeskakel word na mm besproeiing toegedien per maand, soos grafies aangetoon in Figuur 13. Die maandelikse waterverbruik-hoeveelhede het 'n tipiese patroon van die gewas se groeikurve gevolg – dit meet laer behoeftes vroeg in die seisoen wat 'n piek bereik teen die middel van die seisoen en dan later weer daal met rypwording. Uit die figuur is dit ook duidelik dat maandelikse waterverbruik toeneem hoe later daar in die somer geplant is.

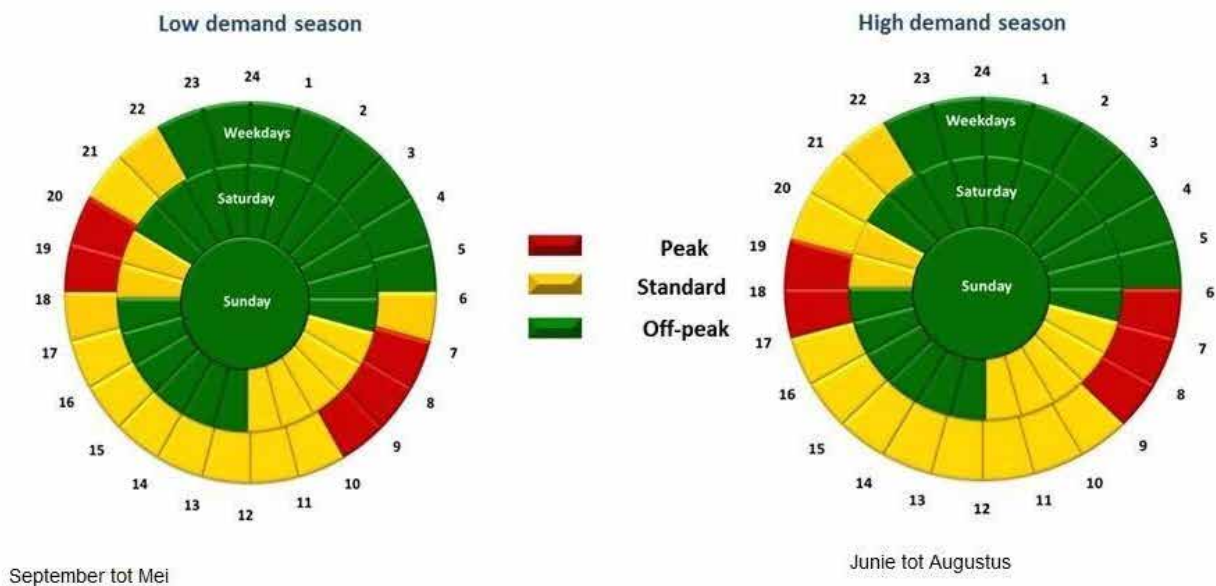
### Elektrisiteitskosteberekening

Die inligting wat deur monitering bekom is, is verder gebruik om die elektrisiteitskoste vir die produksiestelsels in die vyf gevallestudies te bereken deur gebruik te maak van die kosteberekeningsprosedures wat vir die Limpopo-streek ontwikkel is.



Figuur 11: Berekende en potensiële waterverbruiksdoeltreffendheid as 'n funksie van plantdatum

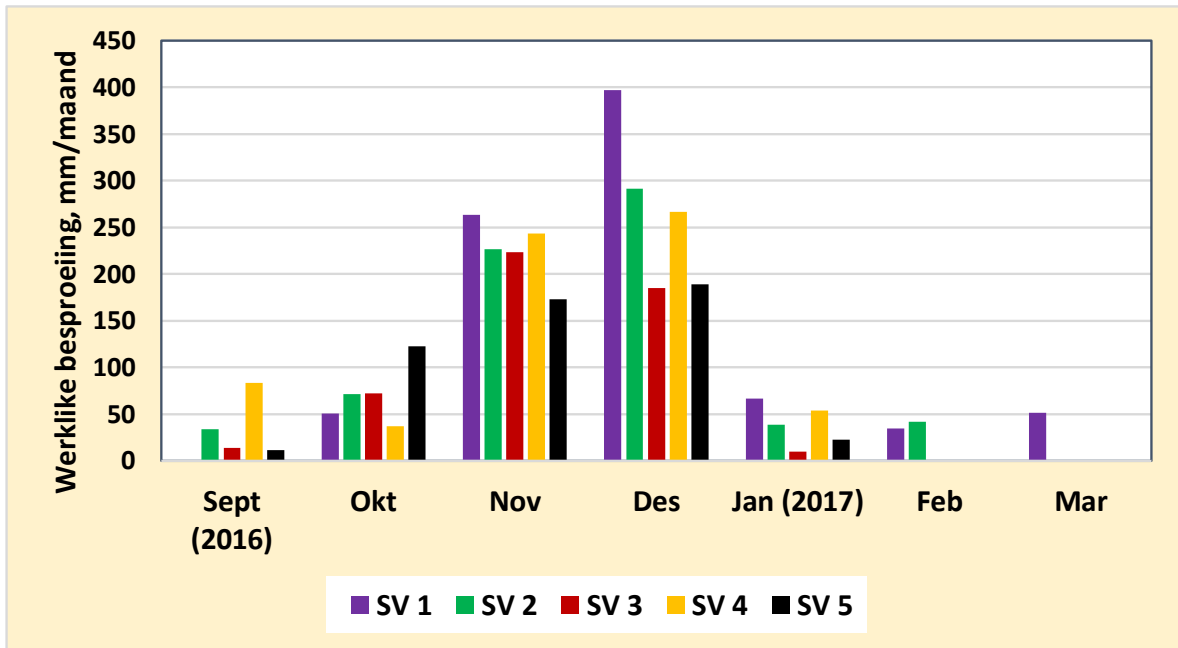
### 3. TIME OF USE PERIODS



Figuur 12: Eskom se spits ("peak"), standaard en buitespits ("off-peak") tydgroeperings

Die resultate word getoon in Tabel 4. Vir elke gevallestudie is daar ondersoek ingestel na wat die kostes sal wees vir beide Landrate en Ruraflex, aangesien die tariefplankeuse die grootste geleentheid bied vir elektrisiteitskostebesparings. By gevallestudies SV 3 en SV 4 word daar reeds van Ruraflex gebruik gemaak. By gevallestudie

SV 2 is daar ook gekyk na die kostebesparing wat teweeggebring sou kon word deur die gebruik van 'n VSD. Die gemiddeldes getoon in die laaste kolom is die geweegde gemiddeldes bereken vir die insette van die huidige situasies, soos aangedui by elke gevallestudie.



Figuur 13: Grafiese voorstelling van die mm besproeiing toegedien per maand per gevallestudie

Die gemiddelde vaste koste van elektrisiteit was R582/ha. Soos gesien kan word is die vaste elektrisiteitskoste van stelsels waar Ruraflex gebruik word in alle gevalle goedkoper as wanneer Landrate gebruik word.

Die veranderlike kostes om water aan die spilpunte te voorsien het gewissel van R1.92/mm tot R9.16/mm, met 'n gemiddeld van R5.40/mm. Die rede vir die groot verskille is die topografiese verskille by die stelsels - by SV 1 en SV 5 is daar groot hoogteverskille wat oorkom moet word vanaf die waterbronne tot by die stelsels, terwyl in die geval van SV 3 die water direk uit 'n boorgat aan die spilpunt voorsien is. Die produsent by SV 1 kan die veranderlike koste van R9.16 per mm na R6.40 per mm verlaag deur van Landrate na Ruraflex om te skakel.

As daar na die gemiddelde totale elektrisiteitskoste gekyk word (vaste koste plus veranderlike koste), dan is dit R6.42/mm of R1.26 per kiloWatt-uur (kWh), wat redelik goed vergelyk met die R1.14/kWh wat deur die energie-oudits bepaal is. Die rede vir die effense hoër waardes wat hier bereken is kan toegeskryf word daaraan dat die totale vaste koste aan aartappelproduksie toegeken is. Let daarop dat die totale koste van die Ruraflex-opsies deurgaans

goedkoper is by die onderskeie gevallestudies as die Landrate-opsies. Die omskakelingskoste (Landrate na Ruraflex) word later in die berekening in ag geneem.

'n Interessante indeks om te bestudeer is die elektrisiteits-koste per ton, wat gewissel het van R29/ton tot R134/ton, met 'n gemiddeld van R67/ton. Weereens het die laagste koste voorgekom by 'n stelsel wat tans op Ruraflex bedryf word (SV 3), en die hoogste koste by 'n stelsel op Landrate. Die elektrisiteitsverbruik was gemiddeld 3 283 kWh/ha of 53 kWh/ton, in vergelyking met 2 277 kWh/ha of 42 kWh/ton wat in Limpopo gemeet is. Dit was egter 'n winteraanplanting wat in Limpopo gemonitor is, en die gemiddelde besproeiingstoediening was slegs sowat 520 mm, teenoor die 705 mm toegedien in die Sandveld. Verder was daar ook groter topografiese hoogteverskille wat oorkom moes word met pompdruk by twee van die Sandveld gevallestudies, wat die kWh verbruik verhoog het.

Die energie-verbruiksdoeltreffendheid by die vyf gevallestudies het gewissel van 0.7 tot 3.68 kg/ha/kWh met 'n gemiddeld van 1.66 kg/ha/kWh, wat effens hoër is as die EVD wat in Limpopo gemeet is (1.63 kg/ha/kWh).

Tabel 4 toon ook die besparings wat by SV 1, SV 2 en SV 5 behaal kan word deur van Landrate na Ruraflex om te skakel. Volgens die berekening sal al drie die produsente die belegging wat vereis word om die omskakeling te doen, binne 'n jaar kan herwin.

Daar kan ook gesien word dat die besparing van R3 066/ha wat behaal is met die gebruik van die VSD by SV 2, relatief klein is in vergelyking met die besparings behaal deur die omskakeling van kragpunte van Landrate na Ruraflex.

### Gevolgtrekkings en aanbevelings

- Werkverrigting van besproeiingstelsels by die vyf gevallestudies in die Sandveld was oor die algemeen goed met die gemete uniformiteite en toedieningsdoeltreffendhede by vyf spilpunte bokant die minimum vereiste waardes, ten spyte van hoë temperature en windsnelhede wat in hierdie gebied kan voorkom en ook teenwoordig was tydens die uitvoering van die evaluasies.
- Opbrengste behaal was oor die algemeen goed en waterverbruiksdoeltreffendhede het gewissel van redelik tot goed. In die drie gevallestudies waar WVD laer as 100 kg/ha/mm was, was daar 'n geleentheid om water en energie te bespaar deur besproeiings hoeveelhede by gewasbehoefte aan te pas.
- Besproeiingshoeveelhede was oor die algemeen hoog as gevolg van die baie hoë verdampingsaanvraag gedurende die spesifieke somerseisoen. Daar was met enkele uitsonderings 'n redelike goeie ooreenstemming tussen berekende besproeiingsbehoefte en die werklike hoeveelhede besproei.
- Opbrengspotensiaal het gedaal, waterbehoefte het toegeneem en gevolglik het waterverbruiksdoeltreffendhede gedaal hoe later in die somer daar geplant is. Energiekoste per mm water besproei het gevolglik ook gestyg soos planttye later aangeskuif het.
- Alhoewel die elektrisiteitsverbruik per ton en hektaar hoër was as vir die Limpopo-studie, was die energieverbruiksdoeltreffendheid effens hoër in die Sandveld teen 1.66 kg/ha/kWh.

- Die grootste geleentheid vir besparing van elektrisiteitskoste lê by die gebruik van Ruraflex eerder as die Landrate-tariefplan en die keuse van plantdatum (vroëer plantdatums lei tot laer waterbehoefte), terwyl die gebruik van VSD tegnologie ook besparings teweegbring, maar die toepassing daarvan sal egter afhang van die topografie van die omgewing.
- Die studie behoort vir 'n herfs (Maart – April) aanplanting herhaal te word om die effek van die seisoen op besproeiingsbehoefte en energiekoste te evalueer. ©

### Bedankings:

- Aartappels Suid-Afrika vir befondsing en Pieter van Zyl vir projekteiding.
- Produsente in die Sandveld wat deelgeneem het aan die opnames en gevallestudies.
- Danie Snyman, Senior Energie Adviseur, Eskom.



## VRYWARING TEN OPSIGTE VAN PUBLIKASIES

Met die saamstel van die inligting wat in hierdie publikasie vervat word, het Aartappels Suid-Afrika ten beste gepoog om te verseker dat die inligting ten tyde van publikasie korrek en relevant is. Daar word egter geen verhoë gerig of waarborge verskaf oor die volledigheid of akkuraatheid van sodanige inligting nie. U moet veral bedag wees op die feit dat onvolledige inligting weergegee kan word, dat die inligting foutief kan wees of dat dit verouderd kan wees.

Die doel met inligting wat verskaf word is nie om die gebruiker te oortuig of te beïnvloed om tot 'n bepaalde gevolgtrekking te kom nie en besluite wat op grond van sodanige inligting geneem word, word geneem op die uitsluitlike verantwoordelikheid van die gebruiker van sodanige inligting. Dit is dus gerade om alle inligting te verifieer voordat u daarvolgens handel en Aartappels Suid-Afrika en sy werknemers, agente en konsultante aanvaar geen wetlike aanspreeklikheid vir besluite wat deur u geneem word en die gevolge wat daaruit voortspruit nie. Indien u sodanige inligting gebruik of daarop reken, vrywaar u Aartappels Suid-Afrika en sy werknemers, konsultante en agente van enige verlies of skade (insluitend indirekte, spesiale of gevolglike verlies of skade) wat voortspruit uit die gebruik van sodanige inligting of deur daarop te reken, ongeag of dit deur enige nalatige handeling of versuim veroorsaak is.

Menings wat uitgespreek word of aansprake en verklarings van veronderstelde feite in die publikasie, weergegee nie noodwendig die standpunte van die personeel of bestuur van Aartappels Suid-Afrika nie. Die publikasie, tesame met die inhoud daarvan, is onderhewig aan wetgewing op kopiereg in Suid-Afrika en ingevolge internasionale verdrae, ook aan dié van ander lande. Kopiereg word voorbehou deur Aartappels Suid-Afrika, of in gevalle waar materiaal aan derde partye behoort, besit hulle die kopiereg daarop.

U mag die inligting vervat in hierdie publikasie slegs gebruik vir eie inligtingsdoeleindes, navorsing of studie. U mag die kopiereg van hierdie publikasie (geheel of gedeeltelik) nie reproduseer, oordra, wysig of dit gebruik vir enige kommersiële of ander doel sonder die uitdruklike skriftelike toestemming van Aartappels Suid-Afrika nie en dit mag slegs gedoen word onderhewig aan die voorwaardes waarop sodanige toestemming verleen is.



**Potatoes  
Aartappels SA**

[www.potatoes.co.za](http://www.potatoes.co.za)



Saamgestel en gepubliseer deur Aartappels Suid-Afrika  
(Departement: Navorsing en Ontwikkeling) 2018

[www.potatoes.co.za](http://www.potatoes.co.za)



 Potatoes  
Aartappels SA