

## *Navorsings- en Oorsigartikels*

---

### **Plantbeskikbare water**

P.C. Nel en J.G. Annandale

Departement Plantproduksie, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002

#### **UITTREKSEL**

*Die hoeveelheid water in die grond wat beskikbaar is vir benutting deur plante, en waterverbruiksdoeltreffendheid, kan wesenlik deur bestuurspraktyke beïnvloed word.*

*Veldkapasiteit is 'n bruikbare arbitrêre boonste limiet van plantbeskikbare water (PBW), maar faktore soos herdistribusie van grondvog, verdampingsaanvraag en wortelverspreiding mag 'n rol speel. Daar word dikwels na die onderste limiet van PBW verwys as verwelkingskoeffisiënt. Onderkant hierdie limiet is grondwater nie beskikbaar vir plante nie. Opbrengsverliese vind plaas lank voordat hierdie uitdrogingsvlak bereik is. Blaarwaterpotensiaal, transpirasie, fotosintese en verskeie ander plantprosesse neem drasties af nadat grondwaterinhoud 'n bepaalde drumpelwaarde bereik het. Die drumpel-grondwaterinhoud-konsep word deur sommige navorsers bevraagteken. Verskeie grond-, plant- en klimaatsfaktore het 'n wesenlike invloed op PBW.*

*Laboratoriumbepalings van PBW is onderhewig aan verskeie tekortkominge. In situ-bepalings op die land is betroubaarder. Omdat laasgenoemde tydrowend is, word steeds gewerk aan die verfyning van laboratoriummetodes.*

#### **ABSTRACT**

##### *Plant available water*

*The amount of water in the soil available for plant use, as well as water use efficiency, can be largely influenced by managerial practices. Field capacity is a useful arbitrary upper limit of plant available water (PAW), but factors such as redistribution of soil water, evaporative demand and root distribution may influence it.*

*The lower limit of PAW is often referred to as the wilting coefficient, below which soil water is unavailable to plants. Yield losses occur long before the lower limit of available water is reached. Leaf water potential, transpiration, photosynthesis and various other plant processes are drastically reduced after soil water content has reached a certain threshold level. The presence of this threshold soil water content is being questioned by some researchers. Various soil, plant and climatic factors influence PAW. Laboratory measurements of PAW have a few serious shortcomings. In situ measurements are time consuming and for this reason work is still being done on streamlining laboratory methods.*

#### **INLEIDING**

Plantbeskikbare water (PBW) is water wat in die effektiewe wortelsone van 'n bepaalde plantsoort in die grond vasgehou word en beskikbaar is vir verdamping en onttrekking deur plante. Dit is belangrik om die beskikbare grondwaterreserwe akkuraat te evalueer vir die optimum bestuur van besproeide gewasse.

Ritchie<sup>1</sup> meld tereg dat die grondwaterreserwe nie soos water in 'n emmer is nie. Van die water sal onder die invloed van gravitasie uit die wortelsone perkoleer. 'n Groot gedeelte van die oorblywende water mag ook nie beskikbaar wees vir plante nie, deurdat dit te styf geadsorbeer is aan die vaste fase.

Die gedeelte van die grondwater wat bekend staan as PBW, is beskikbaar vir evapotranspirasie (ET), dit wil sê verdamping plus transpirasie. Laasgenoemde is die verlies van water deur plante in die vorm van waterdamp. Green<sup>2</sup> meld dat transpirasie 'n biofisiese proses is, wat nou verwant is aan gewasopbrengs. Die vernaamste funksies van transpirasie is:

(i) Voortdurende aanvulling van water in die plantweefsel, wat die medium is waarin plantvoedingstowwe en sekere plantmetaboliete vervoer word;

(ii) verskaffing van turgor, wat nodig is vir die aktivering van sluitselle van stomata wat die stomatale opening en die tempo van uitriling van waterdamp en koolsuurgas reguleer; en  
 (iii) voorsiening van 'n manier van afkoeling van plantweefsel wat andersins sou kon oorverhit in direkte sonlig.

In kontras hiermee is verdamping van vrywater wat deur die plante onderskep is, en van grondvog nabij die grondoppervlakte, suwer 'n fisiese proses met geen direkte invloed op gewasopbrengs nie. In sommige gevalle mag dit wel voordele inhoud, deurdat oormatige energie opgebruik word, wat andersins tot onwenslike hoe temperature sou kon lei.

Omdat transpirasie nouer verwant is aan opbrengs as verdamping, kan oormatige verdamping van water weens swak bestuurspraktyke beskou word as vermorsing, met gevoldlike laer waterverbruiksdoeltreffendheid. Met laasgenoemde word bedoel droëmateeriaalopbrengs per eenheid waterverbruik. Verdampingsverliese vanaf die grond sal die grootste wees direk na 'n besproeiing. 'n Vermindering in die getal besproeiings, sonder dat plante aan stremming blootgestel word, sal dus beter waterverbruiksdoel-

treffendheid in die hand werk. Sodanige afname in besproeiingsfrekwensie kan alleen bewerkstellig word deur akkurate bepaling van PBW. Die besproeier kan dan bereken hoe swaar hy kan besproei sonder dat diep perkolasie plaasvind.

In die opvolgende paragrawe word krities gekyk na die boonste en onderste limiete van plantbesikbare water, en na faktore wat die hoeveelheid water wat vir die plant besikbaar is, beïnvloed. Metodes vir die bepaling van plantbesikbare water word ook geëvalueer.

### DIE BOONSTE LIMIET VAN PLANTBESIKKBARE WATER

Daar word gewoonlik na die boonste limiet van PBW verwys as veldkapasiteit (VK). Veihmeyer en Hendrickson<sup>3</sup> het in 1931 veldkapasiteit gedefinieer as die hoeveelheid water wat in die grond teenwoordig is nadat oortollige water weggedreineer het en die tempo van afwaartse beweging van water prakties tot stilstand gekom het. Hierdie toestand word gewoonlik binne twee tot drie dae na 'n goeie bui reën of besproeiing bereik, maar dit kan heelwat langer in swaar gronde wees.

Hussein<sup>4</sup> wys daarop dat daar met presieser eksperimentele tegnieke aangetoon is dat VK, soos oorspronklik gedefinieer, 'n arbitrêre eerder as 'n intrinsiese fisiese eienskap van die grond is. Die herdistribusie van grondvog is in wese 'n kontinue proses en dit vertoon geen abrupte afsnypunte by 'n bepaalde voginhoud nie, alhoewel die tempo met verloop van tyd skerp mag daal. Sy wys verder uit dat die VK-konsep steeds 'n bruikbare begrip is, en dat VK algemeen gebruik word om die boonste limiet van besikbare grondwater vir besproeiing in die praktyk aan te duい. Water wat toegedien word nadat hierdie limiet bereik is, kan maklik verlore gaan weens dreinering.

Hensley en De Jager<sup>5</sup> maak melding van 'n moontlike aanpassing wat aan VK gemaak kan word wanneer water tydelik besikbaar is vir die plant, terwyl vrye dreinering aan die gang is. Die hoeveelheid "ekstra" water word beïnvloed deur die verdampingsaanvraag, effektiewe worteldiepte en die tempo van afwaartse beweging van die benattingsfront in die grondprofiel. Ritchie<sup>1</sup> het 'n eenvoudige dreiningsfunksie ontwikkel wat in die praktyk gebruik kan word om die tyd te bepaal wat water bo die boonste limiet besikbaar is, terwyl die grond besig is om te dreineer. Hensley & De Jager<sup>5</sup> meen dat heelwat water betrokke mag wees. Hulle noem dat vir mielies met 'n effektiewe worteldiepte van 1,4 m, in swaar grond onder toestande met 'n verdampingsaanvraag van 10 mm per dag, die "ekstra" besikbare water tydens dreinering 49 mm was. Indien verkies word om gebruik te maak van die maksimum bergingskapasiteit van die grondprofiel, moet die berekende "ekstra" water bygetel word by die profielwaterinhoud by VK, ten einde die boonste limiet te kan bereken, waarna Hensley & De Jager<sup>5</sup> verwys as die verhoogde PBW.

Hensley en De Jager<sup>5</sup> wys ook daarop dat dit nie

altyd wenslik mag wees om die "ekstra" water as besproeiing toe te dien nie. Enige reënwater wat direk na 'n besproeiing mag val, sal verlore gaan deur diep perkolasie. Dit moet in aanmerking geneem word wanneer daar 'n goeie kans vir reën is. Waar gewasse sensitief is vir swak belugting of wanneer omval onder nat toestande mag plaasvind, word gebruik van die verhoogde PBW nie aanbeveel nie.

### DIE ONDERSTE LIMIET VAN PLANTBESIKKBARE WATER

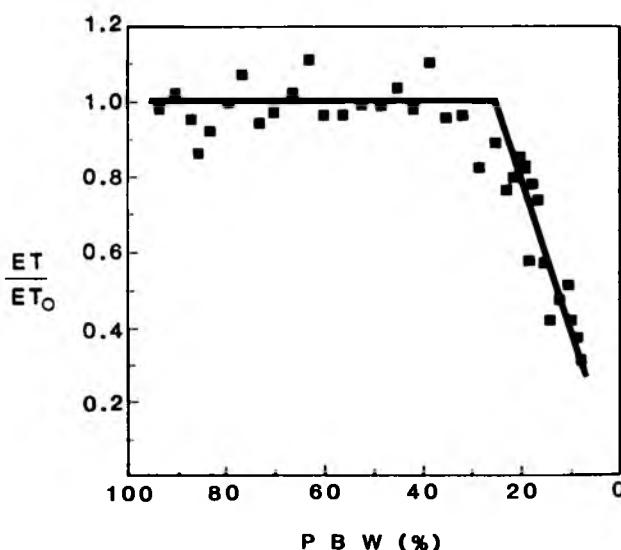
Wanneer die onderste limiet van PBW in oënskou geneem word, is dit belangrik om presies te weet wat in die grond-plant-sisteem gebeur wanneer die grond progressief droer word. Ten einde wateropname deur die plant moontlik te maak, moet die plantwaterpotensiaal laer wees as die grondwaterpotensiaal, omdat water slegs beweeg van 'n hoër na 'n laer potensiaal. Soos die grond uitdroog, verlaag die grondwaterpotensiaal en daardeur dus ook die waterpotensiaal van die plant. Du Plessis en Hutson<sup>6</sup> wys dan ook daarop dat die grond die naaste aan die wortels van transpirerende plante droer is as die grond verder weg, as gevolg van verwydering deur die wortels. Water in die grond beweeg van nat na droer gebiede en die water sal dus na die plantwortels beweeg om die waterverlies aan te vul. 'n Plant sal nie verwelk terwyl die tempo van hierdie watervloeい gelyk is aan die tempo van transpirasie nie. Tydens piek transpirasieperiodes, byvoorbeeld gedurende warm weer, sou plante selfs by hoér grondvogvlakte tydelik kon verwelk, omdat die tempo van vogvloeい na die wortels laer is as die plant se transpirasietempo. Hierdie verwelkte plante sal egter weer herstel as die verdampingsaanvraag afneem, byvoorbeeld in die laatmiddag. Die plant sal uiteindelik die water in die grond tot so 'n mate uitput dat die grond se tempo van vogvoorsiening te laag sal wees om selfs die minimum transpirasie te onderhou. Die plant sal dan permanent verwelk, waarvan dit nooit sal herstel nie. Hierdie toestand vind gewoonlik plaas by grondwaterpotensiale tussen -1 000 en -2 000 kPa, en die waterpersentasie van die grond by -1 500 kPa word arbitrêr die verwelkingskoëffisiënt genoem. Hussein<sup>4</sup> definieer die verwelkingskoëffisiënt, wat algemeen gebruik word as die onderste limiet van PBW, as die waterinhoud van die grond wanneer plante wat in daardie grond groei, tot so 'n mate sal verwelk dat hulle nie kan herstel nie, selfs al word hulle in 'n vogversadigde atmosfeer geplaas.

Green<sup>2</sup> meld dat Veihmeyer en Hendrickson in 1955 die konsep ingestel het dat grondvog tussen VK en permanente verwelkpunt vryelik en ewevel besikbaar is aan plante. Green<sup>2</sup> meld tereg dat hierdie enkele konsep 'n belangrike stap vorentoe was in die rasionalisering en kwantifisering van die besproeiingspraktyk. In wese beteken dit dat die grond wat besproei moet word, beskou kan word as 'n reservoir van water met 'n bekende meetbare grootte. Daar is ook aanvaar dat die plant al hierdie water kan ontrek sonder dat enige skadelike simptome sal ontwikkel. Latere navorsing het egter getoon dat wanneer

grond uitdroog, die beskikbaarheid van grondwater skerp afneem, lank voordat die permanente verwelk-punt bereik word.

Die grond- en plantwaterpotensiaal neem af soos die grond uitdroog totdat die blaarwaterpotensiaal 'n drumpelwaarde bereik het, waarby een of meer belangrike fisiologiese prosesse nadelig geaffekteer word. Hierdie prosesse is transpirasie, en dus fotosintese, groei, metaboliese prosesse en respirasie. Die drumpel-grondwaterinhoud-konsep word egter deur sommige navorsers bevraagteken.

Die teenwoordigheid van 'n drumpelwaarde vir die grondwaterinhoud waaronder plantwaterbeskikbaarheid vinnig afneem, word duidelik geïllustreer in navorsing gedoen deur Meyer en Green.<sup>7</sup> Evapotranspirasie, relatief tot potensiële evapotranspirasie (PET) (maksimum ET moontlik onder heersende weerstoestande, met grondvoginhoud nie beperkend ten opsigte van transpirasie nie), neem drasties af wanneer die drumpelwaarde vir grondwaterinhoud bereik word. Dit word grafies voorgestel in fig. 1. Die resultate van Meyer en Green<sup>7</sup> toon dat koringplante met 'n goed ontwikkelde wortelstelsel grondwater sal onttrek teen potensiële evapotranspirasietempo's, totdat ongeveer 80% van die totale PBW opgebruik is. Ritchie<sup>1</sup> meld dat transpirasie min geaffekteer word deur grondwatertekorte bo 70% van die totale PBW, waarna vermindering in transpirasie ongekeerd eweredig is aan die onttrekbare water onderkant die 30% drumpelwaarde.



FIGUUR 1: Verhouding tussen die gemete ET vir koring en die Penman potensiële evapotranspirasie ET (blaaroppervlakindeks  $>3,0$ ), soos beïnvloed deur die persentasie plantbeskikbare water (PBW) (sien verw. 7).

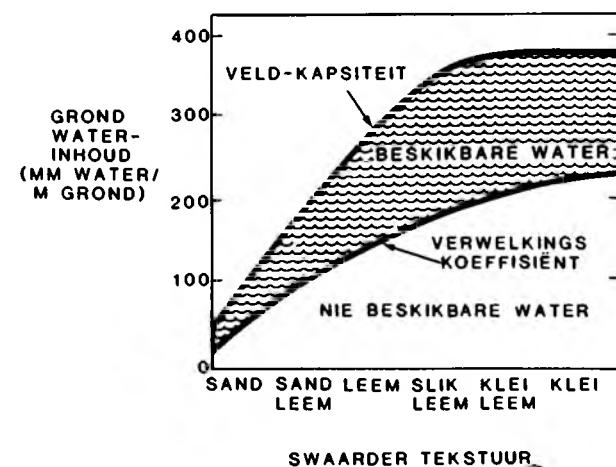
Meyer en Green<sup>7</sup> het gevind dat blaargroei 'n besonder sensitiewe indikator is van die tydstip wanneer plantwaterstatus tot onder die optimum vir groei daal. In hul proewe is blaargroei van koring beïnvloed deur 'n afname in grondwaterinhoud voordat transpirasie verlaag is. Tussen 52 en 57% van die totale plantbeskikbare water kon gebruik word voordat 'n afname in groei waargeneem is. In daarop-

volgende werk het Meyer en Green<sup>8</sup> 'n afname in blaar- en stamverlenging van koring waargeneem by PBW van 33% in 1979 en 34% in 1980. Hierdie waardes is laer as dié verkry in 1978. Dit is toegeskryf aan 'n moontlike temperatuureffek. Hensley en De Jager<sup>5</sup> meld dat vir verkryging van optimum opbrengste, die waterpotensiaal nie vir 'n lang tydperk baie laer as die drumpelwaarde moet daal nie. Die drumpelwaarde van blaarwaterpotensiaal, wat spesifiek is vir elke gewas en elke groeistadium, definieer dus die laaste stadium in die drogingsiklus waar besproeiingswater toegedien moet word, ten einde 'n optimum opbrengs te verseker.

Meyer en Green<sup>7</sup> is van mening dat, na aanleiding van hul proefresultate, die praktyk om toe te laat vir 'n 50% onttrekking van beschikbare water voordat weer besproei word, veilig is, aangesien onttrektings van meer as 50% moontlik 'n afname in blaaroppervlak tot gevolg mag hê. Burgers<sup>9</sup> is van mening dat hierdie praktyk neig om die verskille tussen die onttrekkingshoeveelhede van sand en kleigronde te oorbeklemtoon. Hy sou verkies dat 'n drumpelgrondwaterpotensiaal gebruik moet word as die onderste limiet tot waar grondwater onttrek moet word voor besproeiing.

#### FAKTORE WAT DIE HOEVEELHEID PLANTBESKIKBARE WATER BEÏNVLOED

Faktore wat die grootte van die grondvogreservoir beïnvloed, kan gegroepeer word in grond-, plant- en klimaatsfaktore.



FIGUUR 2: Algemene verwantskap tussen grondvogekapte en grondtekstuur. Let op dat die verwelkingskoëffisiënt verhoog wanneer die tekstuur swaarder word. Veldkapasiteit neem toe tot by die slikeem en plat dan af. Hierdie is algemene verteenwoordigende kurwes. Individuale gronde mag ander waardes toon (sien verw. 10).

#### Grondfaktore

Volgens Brady<sup>10</sup> beïnvloed tekstuur, struktuur en organiese materiaalinhoud die hoeveelheid water wat 'n bepaalde grond aan groeiende plante kan voor-sien. Die algemene invloed van tekstuur word in fig. 2 geïllustreer. Soos die tekstuur fyner word, neem bergingskapasiteit vir beschikbare water toe, hoewel

klei dikwels 'n kleiner kapasiteit het as 'n goed gestruktureerde slikeem. Brady<sup>10</sup> is van mening dat die invloed van organiese materiaal spesiale aandag verdien. Goed gedreineerde minerale grond wat 3% organiese materiaal (%C) bevat, sal hoogs waarskynlik 'n hoër beskikbare waterinhoud hê as grond met 1% organiese materiaal (%C). Daar kan verkeerdelik aanvaar word dat hierdie gunstige effek slegs weens die voghouvermoë van die organiese materiaal is. Die grootste invloed van organiese materiaal is weens sy bydrae tot struktuur, en dus poreusheid. Brady<sup>10</sup> wys ook daarop dat die teenwoordigheid van sout in die grond, afkomstig vanaf sowel kunsmis as natuurlike verbindings, wateropname kan beïnvloed. Soute in die grondwater verlaag die osmotiese potensiaal, wat weer die beskikbaarheid van water vir die plant verlaag. Alhoewel hierdie osmotiese potensiaaleffek meestal gering is in humiede streke, is dit baie belangrik in soutgronde van ariede en semi-ariede streke.

'n Ander belangrike grondfaktor wat die beskikbaarheid van vog beïnvloed, is die bruikbare gronddiepte. Die diepte van die grond waarin die wortels kan indring, word beperk deur die werklike gronddiepte, die aanwesigheid van ondeurdringbare lae of deur die plant se spesifieke patroon van wortelverspreiding.

#### PLANTFAKTORE

Die belangrikste faktor wat hoeveelheid beskikbare grondwater beïnvloed, is die plant se wortelverspreiding. Worteldigtheid en -verspreiding kan deur bestuurspraktyke beïnvloed word, en die gewassespies speel ook 'n rol. Ratliff, Ritchie en Cassel<sup>11</sup> het gevind dat 'n verskeidenheid van eenjarige gewasse op dieselfde grond nie baie verskil het in hul effek op PBW nie, veral in die boonste gedeelte van die grondprofiel waar die worteldigtheid hoog was. Die belangrikste verskille wat waargeneem is, is die vermoe van sommige eenjariges om water vanuit groter dieptes te onttrek.

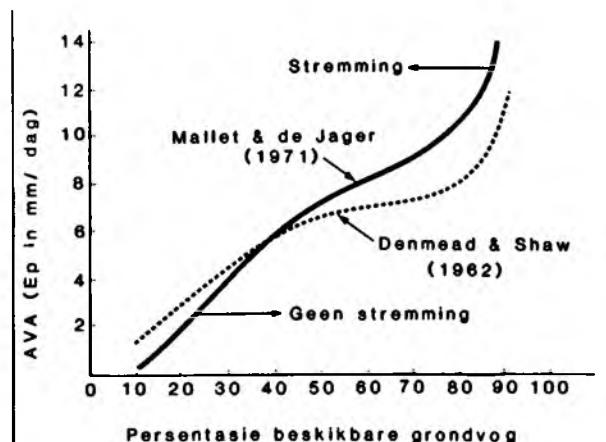
Die algemene neiging is ook waargeneem dat eenjarige plante met penwortelstelsels water dieper onttrek as plante met bywortelstelsels. Meerjarige plante weer, het water dieper onttrek as eenjarige plante, en het op alle dieptes ietwat meer water onttrek as eenjarige plante.

Proffit, Berliner en Oosterhuis<sup>12</sup> het gevind dat koring by 'n hoë besproeiingsfrekwensie 'n vlakker wortelstelsel ontwikkel het as koring by 'n laer besproeiingsfrekwensie. Ritchie<sup>1</sup> noem dat watertekorte in 'n vroeë stadium in die plant se groeisklus, wat bo-groei verlaag, ook wortelgroei mag verlaag, en dus die hoeveelheid water wat onttrek word, beperk. Voedingselementtekorte wat 'n groot invloed op vegetatiewe groei het, kan PBW grootliks afseker.<sup>1,13</sup> Brown<sup>14</sup> het gevind dat goed bemeste koring in slikeemgrond ongeveer 155 mm water onttrek het, terwyl onbemeste koring in dieselfde grond slegs 96 mm onttrek het. Die diepte van onttrekking was ongeveer 50 cm dieper by die bemeste perseel, maar die grootste afname in beskikbare water was te wyte

aan die onvolledige gebruik van profielwater onderkant 15 cm, weens 'n laer worteldigtheid van die onbemeste gewas. In 'n langtermyn bemestingsproef op Hutton-grond, wat te Pretoria uitgevoer is, is gevind dat die PBW van so laag as 25 mm vir swak bemeste koring, tot 90 mm vir goed bemeste koring gewissel het.<sup>13</sup> Soortgelyke studies te Pretoria het getoon dat waterverbruiksdoeltreffendheid van mielies en koring aansienlik hoër was by gebalanseerde grondvrugbaarheidsvlakte as by ongebalanseerde vlakte.<sup>15,16,17</sup>

#### KLIMAATFAKTORE

Die grondwaterstatus waarby gewasproduksie verlaag word, is ook 'n funksie van heersende klimaatstoestande. Burgers<sup>9</sup> wys op die verwantskap tussen die atmosferiese verdampingsaanvraag (AVA) en grondwaterinhoud waarby die plant se groei gestrem word. Dit word geïllustreer in fig. 3 as sogenaamde diskriminantkrommes. Hieruit blyk duidelik dat die AVA PBW sal beïnvloed. Burgers<sup>9</sup> verwag dat 'n gewas gedurende koeler weer meer water sou kon onttrek vanaf dieselfde profiel as gedurende die warm maande wanneer die AVA hoër sal wees. Hensley en De Jager<sup>5</sup> meld dat die invloed van die AVA op die onderste limiet van PBW na verwagting minimaal sal wees vir gewasse soos koring, waar stomatale beheer plaasvind. Die effek, indien enige, behoort duidelik na vore te kom by droogtessensitiewe plante, op vlak, sanderige gronde en ook onder toestande van hoë AVA.



FIGUUR 3: Diskriminantkrommes soos bepaal deur Mallet & De Jager (1971), asook deur Denmead & Shaw (1962), vir mielies, met visuele simptome en transpirasietempo as stremmingskriteria (sien verw. 9).

#### BEPALING VAN PLANTBESKIKBARE WATER

Basies bestaan daar twee metodes: die veld- of *in situ*-metode en die laboratoriummetode.

Die mees algemene metode om die boonste limiet van die beskikbare grondwaterinhoud te skat is deur die water te onttrek vanuit 'n versteurde of onversteurde grondmonster. Hiervoor word 'n grondwaterekstraksie-apparaat of 'n druk-sel gebruik. 'n Matrikspotensiaal van -0,033 MPa word gebruik vir matige growwe- en fyntekstuurgond, ter-

wyl 'n -0,01 MPa-potensiaal gebruik word vir growwetekstuur grond. Die onderste limiet waterinhoud word ook bepaal deur gebruik te maak van 'n druk-sel by 'n matrikpotensiaal van -1,5 MPa. Die grondwaterreservoir vir 'n grondprofiel word bepaal deur grondmonsters te versamel vanaf verskillende grondhorisonte of dieptes, die waterinhoud by die boonste en onderste limiete te bepaal vir elke horison en dan die verskille oor die hele worteldiepte te sommeer.<sup>11</sup> Hussein<sup>4</sup> meld dat daar meningsverskil is oor die keuse van retensiewaardes vir veldkapasiteit sowel as oor die toetsing van die fisiese toestand van die grond wat getoets word. Daar is dus geen duidelik gedefinieerde vogretensiewaarde wat gebruik kan word vir die skatting van VK nie. Hussein<sup>4</sup> meld verder dat, ten spyte daarvan dat VP baie varieer tussen spesies en vir spesifieke groei- en fisiologiese ontwikkelingstadia van die plant, die vogretensie by 1,5 MPa deur verskeie navorsers geskik gevind is vir die skatting van die permanente verwelkpunt. Daar word voorgestel dat versteurde grond, eerder as onversteurde grond, gebruik moet word vir die 1,5 MPa-retensie, omdat dit probleme ten opsigte van swak grondkeramiekkontak en lang ewewigperiodes verminder. Die vog wat by die 1,5 MPa-retensie in die grond agterbly, word in 'n dun film op die grondpartikels geadsorbeer en nie in porieë gestoor nie. Die versteuring van die grondstruktuur en porieverspreiding behoort dus nie 'n wesentlike effek te hê op die waterretensie by 1,5 MPa nie. Daar is dikwels weinig verskil tussen die hoeveelheid water wat deur die grond vasgehou word by 0,8 MPa en 3,0 MPa en dus behoort die vogretensie by 1,5 MPa 'n aanvaarbare skatting te wees van VP.

Hussein<sup>4</sup> beskryf ook die veldmetode vir die bepaling van VK. VK kan *in situ* gemeet word deur 'n bepaalde oppervlakte grond te versadig (gewoonlik groter as 3 m × 3 m), dit te bedek met 'n deklaag soos plastiek om verdamping te verhoed, en dan die grond toe te laat om vryelik te dreineer vir twee tot drie dae. Grondmonsters word dan in die middel van die benatte area op die verlangde diepte geneem. Die persentasie water in die grond tydens monsterneming word gedefinieer as veldkapasiteit.

In die beskrywing van veldbepalings van die onderste limiet van PBW konstateer Ritchie<sup>1</sup> dat die beste waarde vir die onderste limiet verkry word wanneer die gewasse hul maksimum vegetatiële grootte bereik het sonder enige watertekorte, en dat hulle dan toegelaat word om op opgegaarde grondvog te groei totdat die plante sigbaar ernstig gestrem is. Verandering in die waterinhoud behoort prakties by alle dieptes van die wortelprofiel te staak wanneer die onderste limiet bereik word. Omrede blaarafsnoering en natuurlike dood by die meeste gewasse voorkom met rypwording, is verandering in grondwaterinhoud alleen nie voldoende om te verseker dat die onderste limiet bereik is nie. Vir die beste skatting van die onderste limiet is dit dus belangrik dat die plante aan vogstremming blootgestel moet word voordat rypwording 'n aanvang neem.

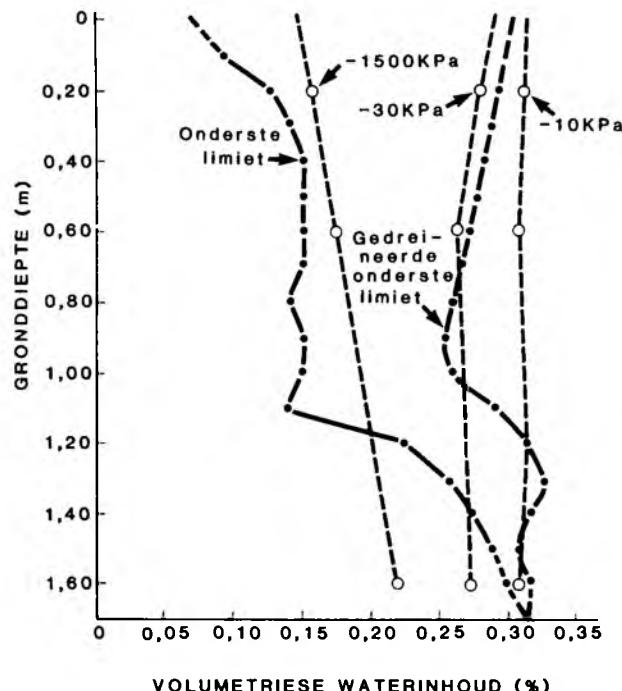
Wat betref die diepte waarby grondvogmetings ge-

doen moet word, is Ritchie<sup>1</sup> van mening dat wanneer daar nie 'n watertafel nader as 5 m vanaf die grondoppervlak is nie, foute in die bepaling van die onderste limiet, weens opwaartse vloed, verklein kan word deur die waterinhoud te meet tot op die diepte waar daar omtrent geen verskil in die waterinhoud van die gedreineerde boonste en die onderste limiete is nie.

Ritchie<sup>1</sup> het waardes vir PBW wat op die land en in die laboratorium bepaal is, vergelyk. Op die land is opeenvolgende waterinhoudmetings na besproeiing gedoen op 'n kaal perseel, 'n plastiekbedekte perseel en 'n perseel waarop sorghum gegroeи het. Vir die betrokke kleileemprofiel was tien dae nodig om die gedreineerde VK te bereik. Wateropname deur die sorghumwortels in die boonste meter grond het ongeveer 30 dae na die besproeiing weens 'n grondwatertekort gestaak. Daar was steeds 'n verandering in die waterinhoud onderkant 1 m-diepte, al was dit minimaal. Ritchie<sup>1</sup> het ook waterinhoud gemeet by drie potensiale, deur gebruik te maak van 'n laboratorium drukekstraksieapparaat. Die resultate word in fig. 4 grafies geïllustreer. As 1,6m worteldiepte as verwysing geneem word, kan beskikbare water uit die gegewens in fig. 4 op verskillende maniere bereken word.

Deur -1,5 MPa-potensiaal as die onderste limiet te beskou, is die beskikbare water wat vanaf die -0,01 MPa-potensiaal bereken is ongeveer 194 mm, vanaf die -0,033 MPa-potensiaal ongeveer 153 mm en vanaf die gedreineerde boonste limiet wat op die land gemeet is, ongeveer 175 mm. Die hoeveelheid wat werklik tussen die gedreineerde boonste limiet en die minimum *in situ* gemete waarde onttrek is, was 192 mm. Hierdie waarde kon met 10 tot 30 mm hoer gewees het as die metings vir 'n langer tydperk voortgesit sou word, omdat oënskynlik aktiewe onttrekking van water onderkant 1,2 m-diepte steeds plaasgevind het toe die studie beëindig is. Ritchie<sup>1</sup> is van mening dat alhoewel die waardes wat met die verskillende metodes verkry is, redelik ooreenkoms, foute groter in ander grond sou kon wees. Potensiaalmetings het, in die besondere grond, nie die toename in waterinhoud benede 1,3 m vir die boonste limiet aangetoon nie. Hy twyfel ook of die waterpotensiaal tussen 0,3 m en 1 m laer as -1,5-MPa was soos blyk uit die data wat op die land verkry is. In latere werk is gevind dat sorghum die grondwater onttrek tot -4 MPa. Die verskil in waterinhoud tussen -4 MPa en -1,5 MPa (op massabasis) was nie meer as 1% nie.

In fig. 4 is daar ook 'n duidelike afname in die waterinhoud naby die grondoppervlak van die profiel vir die onderste limiet. Ritchie<sup>1</sup> meld dat dit tipies is van medium- en fyntekstuurgond omdat verdamping by die oppervlak die grond baie meer uitdroog as die plantwortels. Ofskoon sommige van die oppervlakwater nie deur plantwortels onttrek word nie, word dit ingesluit by die berekening van onttrekbare water, omdat dit die waterbalans affekteer en teruggeplaas moet word om 'n gunstige toestand vir die groei van plante te bewerkstellig.



FIGUUR 4: Grondwaterinhoudprofiel vir verskillende beramings van die boonste en onderste limiete van waterbesikbaarheid vir 'n sorghumgewas op kleileemgrond (sien verw. 20).

Ritchie<sup>1</sup> kom tot die gevolgtrekking dat die bepaling van PBW met behulp van grondmonsters in 'n drukkstraksie-apparaat onderhewig is aan ernstige foute. Hierdie potensiële foute, tesame met die probleem van onvolledige onttrekking in die onderste deel van die grondprofiel, asook die addisionele verlies van water naby die oppervlak, duï daarop dat metings op die land 'n vereiste is vir die opstel van betroubare waterbalansmodelle.

Hussein<sup>4</sup> wys daarop dat veldmetings arbeidsaam en tydwendend is. Dit is om hierdie rede dat daar nog steeds baie werk gedoen word om skatting van PBW in die laboratorium te verfyn.

### GEVOLGTREKKING

Die plantbesikbare water (PBW) in 'n bepaalde grondprofiel sal afhang van die gewasspesie, kultivar, groei stadium, atmosferiese verdampingsaanvraag en die stremningspeil tot waar grondvogonttrekking toegelaat word. Vir die onmiddellike toekoms sal metings op die land die betroubaarste wees vir die bepaling van absolute waardes vir plantbesikbare water.

Ontvang 23 Maart 1987; aanvaar 27 April 1987.

### VERWYSINGS

1. Ritchie, J.T. (1981). Soil water availability, *Plant and Soil*, 58, 327-338.
2. Green, G.C. (1977). *Evapotranspiration*. Proceedings: Irrigation course. Soil & Irrigation Research Institute, Department of Agricultural Technical Services, Pretoria.
3. Veihmeyer, F.J. & Hendrickson A.H. (1931). The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils, *Soil Sci.*, 32, 181-193.
4. Hussein, J. (1983). A review of methods for determining available water capacities of soils and description for an improved method for estimating field capacity, *Zimbabwe J. Agric. Res.*, 21, 73-87.
5. Hensley, M. & De Jager, J.M. (1982). The determination of the profile available water capacities of soils, Water Research Commission Report, Department of Soil Science, University of Fort Hare, Alice.
6. Du Plessis, H.M. & Hutson, J.L. (1974). *Soil and water in irrigation*, Proceedings: Irrigation course. Soil & Irrigation Research Institute, Department of Agricultural Technical Services, Pretoria.
7. Meyer, W.S. & Green, G.C. (1980). Water use by wheat and plant indicators of available soil water, *Agron. J.*, 72, 253-257.
8. Meyer, W.S. & Green, G.C. (1981). Plant indicators of wheat and soybean crop water stress, *Irrigation Sci.*, 2, 167-176.
9. Burgers, M.S. (1982). *Besproeingsprogrammering met behulp van panverdamping by koring, aartapels en stambone*, D. Sc. Agric. proefskerif, Univ. Pretoria.
10. Brady, N.C. (1974). *The nature and properties of soils*, 8th Ed. Macmillan Publishing Co. New York.
11. Ratliff, L.F., Ritchie, J.T. & Cassel, D.K. (1983). Field measured limits of soil water availability as related to laboratory measured properties, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 47, 770-775.
12. Proffitt, A.P.B., Berliner, P.R. & Oosterhuis, D.M. (1984). A comparative study of root distribution and water extraction efficiency by wheat grown under high and low frequency irrigation, *Crop Production*, 13, 3.
13. Nel, P.C., Fischer, H.H., Annandale J.G. & Steynberg, R.E. (1985). *Waterbehoeftes van drie akkerbou- en drie groentegewasse*, Navorsingsverslag aan Waternavorsingskommissie, Pretoria deur Dept. Plantproduksie, Univ. Pretoria (WNK nr 84/1/86), 206 pp.
14. Brown, P.L. (1971). Water use and soil water depletion by dryland winter wheat as affected by nitrogen fertilization, *Agron. J.*, 63, 43-45.
15. Verwey, J.F., Nel, P.C. & Burgers, M.S. (1977). Voggebruik van mielies by verskillende vrugbaarheidspeile. *Gewasproduksie*, 3, 37-40.
16. Steynberg, R.E., Nel, P.C. & Hammes, P.S. (1984). Die invloed van grondvrugbaarheid en vogvoorsiening op reproductiewe opbrengskomponente en vogverbruikspatroon by mielies. *Gewasproduksie*, 13, 14.
17. Annandale, J.G., Hammes, P.S. & Nel, P.C. (1984). Effect of soil fertility on the vegetative growth, yield and water use of wheat (*Triticum aestivum*), *S. Afr. J. Plant Soil*, 1, 96-97.
18. Mallet, J.B. & De Jager, J.M. (1971). Identification of a day of moisture stress in maize at Cedara, *Agroplantae*, 3, 45-50.
19. Denmead, O.T. & Shaw, R.H. (1962). Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions, *Agron. J.*, 54, 385-389.
20. Van Bavel, E.H.M., Stirk, G.B. & Brust, K.J. (1968). Hydraulic properties of a clay loam soil and the field measurement of water uptake by roots. I: Interpretation of water content and pressure profiles, *Soil Sci. Soc. Am Proc.*, 32, 310-317.