

Sedimentverlies en oppervlakafloop vanaf natuurlike veld in die sentrale Oranje-Vrystaat

HA Snyman* en WLJ van Rensburg

Departement Weidingsleer, Posbus 339, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika.

Abstract

Soil loss and runoff from natural veld in the central Orange Free State.

A rotating-boom rainfall simulator is being used to measure soil losses and runoff from natural veld in different successional stages at a 1,8% slope on a Valsrivier soil form. Plant cover and composition had a significant influence on soil loss and runoff. Soil loss from the pioneer grass cover (0,7% basal cover) was as much as 3,9 t/ha. No runoff was recorded from the climax grass cover (7,1% basal cover).

Inleiding

Oorsigtelik gesien is die erosieprobleem met gepaardgaande verwoestyning, een van die grootste omgewings- en landboukundige probleme in die Republiek van Suid-Afrika. Suid-Afrika kan dit nie bekostig dat die oppervlakte van lae produktiewe weiveld uitbrei nie (Snyman, 1985). Afgesien van onmiddellike, asook toekomstige produksieverliese, is die herwinningskoste hoog (Snyman *et al.*, 1985). 'n Grondige kennis aangaande grondbewaring en die toepassing van gesonde grondbewaringsbeginsels, insluitende die voorkoming van grondverliese, is noodsaaklik om die produktiwiteit van landbouhulpbronne te handhaaf en selfs te verhoog.

Teenswoordig beslaan die natuurlike weiveld 81% van die 88 miljoen hektaar landbou- en bosbougrond van die Republiek van Suid-Afrika, terwyl ± 12 miljoen beeste, ± 29 miljoen skape en ± 5 miljoen bokke daarop aangehou word, asook 'n onbekende getal wild (Opperman, 1980). Natuurlike weiveld sal steeds vir die afsienbare toekoms die belangrikste en goedkoopste bron van veevoeding bly. Daarom is dit belangrik om alle faktore wat 'n rol in die bedreiging daarvan kan speel, deeglik in ag te neem en oplossings daarvoor te vind. Volgens Roux en Vorster (1983) blyk dit dat veldagteruitgang 'n al groter bedreiging word.

Beweidning met plaasvee kan naas klimaat (reënval) beskou word as die grootste enkele ekologiese faktor wat direk verantwoordelik is vir die snelle en nadelige wysiging van die natuurlike plantbedekking (Roux en Vorster, 1983). Dit blyk tans dat die projeksie van Acocks (1975) vir karoo-indringing in Suid-Afrika vir die jaar 2050 reeds bewaarheid is.

'n Opname oor 'n gebied van 1,4 miljoen hektaar in Suidoos-Transvaal gedurende 1983, het getoon dat die veldtoestand oor 50% van die gebied baie swak is. Die langgrasveld en doringveld van Natal is onderskeidelik 55% en 68% laer as die potensiaal, terwyl die doringveld van die Oostelike Provinsie se toestand 48% laer as die potensiaal is (Adler, 1985). Indien verdere veldagteruitgang die hoof gebied wil word, sal grondeienaars so gou moontlik bewus gemaak moet word van die kwantitatiewe en praktiese gevolge wat weiveld in 'n swak toestand inhou, veral in terme van produksie, weidingskapasiteit, gronderosie en oppervlakafloop.

Metings om erosie vanaf natuurlike veld te kwantifiseer kan as bykans nie-bestaande beskou word. Statistieke oor slikladings in rivierwater en afloop, sowel as die tempo van opslikking van grondbewaringswerke en besproeiingsdamme is wel beskikbaar

(Matthee, 1984 en Adler, 1985). Volgens Snyman (1982) strek afloop- en grondverliesstudies op natuurlike veld oor baie lang periodes en slegs beperkte resultate word oor die korttermyn verkry. Hierdie probleem kan volgens Snyman (1985) oorkom word deur die gebruik van reënvalnabootsers in afloop- en grondverliesstudies. Afgesien van die oppervlakafloop- en sedimentverliesnavorsing wat in die sentrale grasveld uitgevoer word, is dit sover bekend slegs Venter (1984) wat soortgelyke navorsing met die reënvalnabootser in Suid-Afrika op natuurlike veld onderneem en wel in die Umfolozi Wildtuin.

Die doelstelling van hierdie studie was, om met behulp van 'n reënvalnabootser, ondersoek in te stel na die omvang van oppervlakafloop en sedimentverliese vanaf natuurlike veld in verskillende suksesiastadiums en dus in verskillende toestande. Die invloed van weiveldagteruitgang op bedekking en botaniese samestelling is in terme van oppervlakafloop en sedimentverliese gekwantifiseer. Hierdie sedimentverliesresultate is ook ingesamel met die oog op die gebruik daarvan in die verfyning van die gronderosievergelyking, soos deur Snyman *et al.* (1986) vir natuurlike veld opgestel.

Prosedure

Proefterrein

Die navorsing is op Sydenham, proefplaas van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, onder natuurlike toestande onderneem. Die proefplaas is op die 29°06' suiderbreedte- en op die 26°75' oosterlengtegraad, op 'n hoogte van 1 350 m bo seevlak geleë. Die gebied ontvang hoofsaaklik somerreën met 'n langtermyn gemiddelde jaarlikse neerslag van 560 mm en 78 reëndae per jaar. Die gemiddelde maksimum en minimum dagtemperatuur is 29,8°C gedurende Januarie en 0,3°C gedurende Julie onderskeidelik. 'n Rypperiode van ongeveer 119 d kan jaarliks verwag word.

Die studie is op natuurlike grasveld wat tipies is van die droë *Themeda-Cymbopogon* veld van die sentrale Oranje-Vrystaat, soos beskryf deur Acocks (1975), onderneem. Die grond bestaan uit 'n Valsriviergrondvorm van die Arnistonserie, met 'n 1,8% helling. Die ortiese A-horison (0 tot 200 mm), pedokutaniese B₂₁ horison (200 tot 400 mm) en B₂₂ horison (400 tot 900 mm) se klei-inhoud was onderskeidelik 22%, 38% en 36%, terwyl die bruto digtheid vir elke horison onderskeidelik 1 651 kg cm⁻³, 1 688 kg cm⁻³ en 1 841 kg cm⁻³ was. Die Valsriviergrondvorm is een van die belangrikste grondvorme waarop natuurlike veld in die sentrale grasveldgebied voorkom.

*To whom all correspondence should be addressed.

Received 19 February 1987.

Behandelings

Die proefuitleg is 'n volledige ewekansige ontwerp, met vier herhalings en vier behandelings. Die gemiddeldes is statisties vergelyk deur van Tukey se variasiebreedte-prosedure gebruik te maak (Winer, 1974).

Die sedimentverlies en oppervlakafloop is vanaf 'n klimaksbedekking, 'n subklimaksbedekking in goeie en swak toestand en 'n pionierbedekking, met basale bedekkings van onderskeidelik 7,1; 2,9; 1,8 en 0,7% en kroonbedekkings van onderskeidelik 67,9; 16,7; 12,5 en 5,3% gemeet.

Die klimaksbedekking wat veld in 'n baie goeie toestand verteenwoordig, is gedomineer deur *Themeda triandra* en *Digitaria eriantha*. Die subklimaksbedekking wat in 'n goeie toestand was, is oorheers deur *Eragrostis* spesies, terwyl enkele *Sporobolus fimbriatus* en *Digitaria eriantha* plante ook voorgekom het. Die subklimaksbedekking in 'n swak toestand het slegs uit *Eragrostis* spesies bestaan, terwyl die pionierbedekking wat veld in 'n baie swak toestand verteenwoordig, oorheers is deur *Aristida congesta* subs. *congesta* en *Tragus koelerioides*. Hierdie verskillende suksesiastadiums is 'n weergawe van die werklike toestand, in terme van samestelling en bedekking, waarin natuurlike veld in 'n goeie, redelike en swak toestand, onder verskillende praktiese boerderytoestande, verkeer. Om elke behandeling in die regte suksesiastadium te kon kry, is al die ongewenste plante, twee jaar voordat met hierdie studie begin is, verwyder sonder om grootskaalse versteuring te veroorsaak.

Tegniek

Die oorhoofse roterende reënvalnabootser wat in hierdie studie gebruik is, het sy oorsprong in die VSA waar dit deur Swanson (1965) ontwikkel is. Die tipe sproeiers en die uitleg daarvan, die hoogte bo grondoppervlakte, die waterdruk met die werking daarvan en die intensiteit is identies aan die nabootser soos deur Swanson (1965) ontwikkel. Die konstruksie en werking van die reënvalnabootser word volledig deur Snyman (1985) en Snyman *et al.* (1985) bespreek.

Vier afloopbane met dieselfde gestandaardiseerde afmetings van 1,8 x 10,67 m elk vir hierdie tipe nabootser in Suid-Afrika, is onder die nabootser uitgelê en afgebaken deur middel van kort lengtes staalplate wat in die grond ingeslaan is. Die oppervlakafloop vanaf die persele is aan die onderste punt deur middel van 'n afloopgeut onderskep, waar afloopmonsters met gereelde tussenposes van 3 min in liter bottels geneem is. Die sedimentkonsentrasie is verkry deur die bottelmonsters te flokkuleer met aluminiumsulfaat en vir 24 h te laat, waarna die skoon water afgesuig is, terwyl die gedroogde sediment se massa bepaal is.

'n Reënvalintensiteit van ongeveer 63 mm/h is toegedien, opgevolg deur 'n reënval teen dieselfde intensiteit 24 h daarna. Ongelukkig kan dit nie buie met 'n lae intensiteit lewer sonder om die reënvalverspreidingspatroon en erosiviteitseienskappe te benadeel nie. Omdat al die navorsers in Suid-Afrika, wat by hierdie tipe nabootsers betrokke is, die identiese uitleg, konstruksie, werking en afloopbaanafmetings volg, word 'n databank vir die verfyning van die universele gronderosievergelyking, soos deur Wischmeier en Smith (1978) vir die VSA opgestel, vir Suid-Afrikaanse toestande opgebou. Hierdie vergelyking het sy ontstaan uit hierdie tipe nabootser.

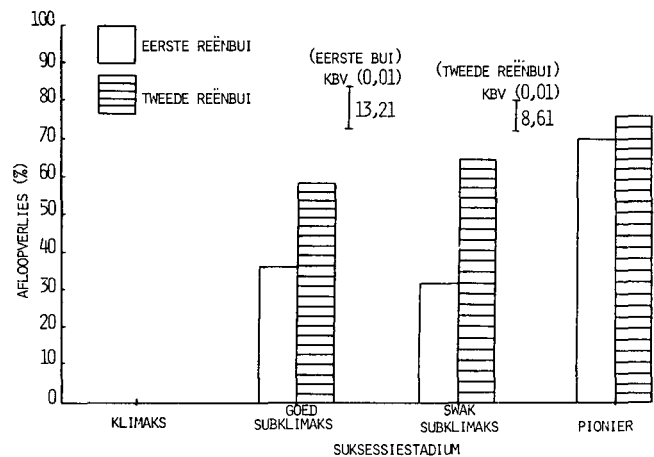
Daar is van reënvalskerms gebruik gemaak om die afloopbane teen natuurlike reënval af te skerm, sodat die grondvoginhoud van elke behandeling konstant gehou kon word, met

die aanvang van elke reënvaltoediening deur die reënvalnabootser (Snyman, 1985; Snyman *et al.*, 1985).

Resultate en bespreking

Oppervlakafloop

Die gemiddelde persentasie oppervlakafloop vanaf die verskillende behandelings word in Figuur 1 aangetoon.



Figuur 1

Oppervlakafloop gedurende twee nagebootste reënbuie, uitgedruk as 'n persentasie van die totale hoeveelheid water toegedien. Afloop vir vier verskillende plantbedekkings word apart voorgestel.

Geen oppervlakafloop, vir beide die eerste en tweede reënbuinaboetsing het vanaf die klimaksbedekking voorgekom nie. Opvallend vanaf Figuur 1 is dat die afloopverlies betekenisvol toeneem soos die plantbedekking afneem. Die hoogste afloopverlies het by die pionierbedekking, tydens die tweede reënbuinaboetsing voorgekom, waar 74,4% van die toegedienende hoeveelheid water afgeloop het. Statisties betekenisvolle ($P < 0,01$) verskille in afloop is tussen die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekkings vir beide reënbuie gemeet. Slegs die subklimaksbedekking in goeie en swak toestand se afloop verskil statisties nie-betekenisvol van mekaar.

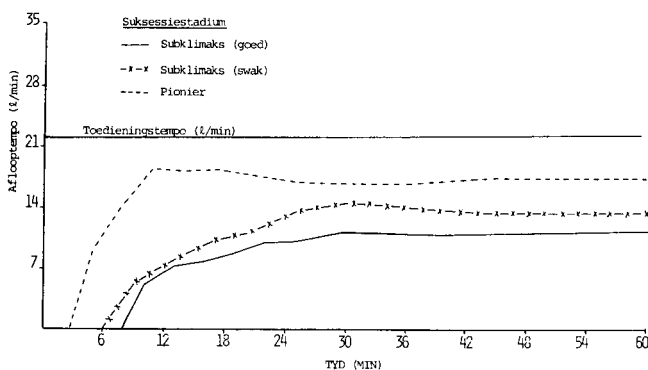
Uit Figuur 1 blyk dit dat die afloop tydens die eerste en tweede reënbuie by die pionierbedekking nie veel verskil nie, terwyl dit by die ander suksesiastadiums betekenisvol verskil. Hoër yler die plantbedekking, hoe kleiner was die verskil in afloop, by droë sowel as nat grond. Volgens Figuur 1 kom daar by al die suksesiastadiums meer afloop tydens die tweede as met die eerste reënbuinaboetsing voor. Die A-horison wat veldwaterkapasiteit na die eerste buie bereik het, mag die rede vir hierdie hoër afloop tydens die tweede reënbuie wees. Die afleiding kan gemaak word dat plantbedekking 'n betekenisvolle invloed op die hoeveelheid afloop wat vanaf natuurlike veld mag voorkom, uitoefen.

Op 'n Huttongrondvorm het Snyman *et al.* (1985) vanaf 'n 2,4% helling gevind, dat tot soveel as 94,3% van die toegedienende hoeveelheid water met die reënvalnabootser, vanaf 'n pionierbedekking afgeloop het. Volgens Snyman (1985) het bedekking die grootste invloed op afloop, terwyl helling 'n ondergeskikte rol speel. Volgens Mutchler en Greer (1980) en Johns (1983), wil dit voorkom asof daar oor die algemeen nog nie duidelikheid bestaan oor die werklike invloed wat steilte van hel-

ling en hellingslengte op afloop het nie, weens die verskeidenheid faktore wat daarmee saam 'n rol speel.

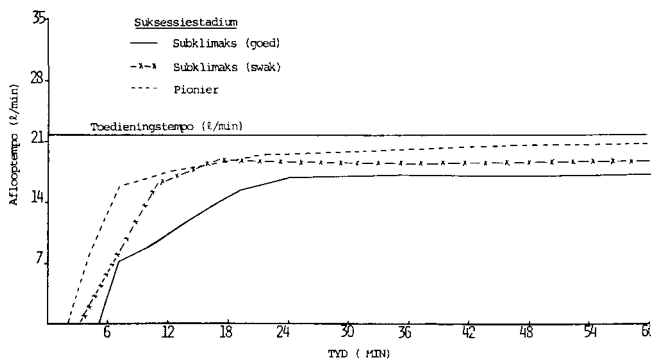
Die aflooptempo vir elke behandeling word vir die eerste reënbuie in Figuur 2 en vir die tweede reënbuie in Figuur 3 weergegee.

Die hoër aflooptempo van die pionierbedekking is vir beide reënbuie duidelik op Figure 2 en 3 sigbaar. Die hoogste aflooptempo van ongeveer 21 l/min het tydens die tweede nagebootste reënbuie vanaf die pionierbedekking voorgekom. Opvallend vanaf Figuur 2 is dat die pionierbedekking reeds na 3 min begin afloop het, teenoor die subklimaksbedekking in goeie toestand wat eers na 8 min begin afloop het. Die hoër aflooptempo vanaf veld in 'n pionierstadium bring mee dat die reënval baie ondoeltreffend deur die plante benut kan word. Hierdie hoër aflooptempo gee ook aanleiding tot hoër sedimentverliese. Tydens die tweede reënbuie het al die suksessiastadiums baie gouer hulle maksimum aflooptempo's bereik. Volgens Figuur 3 het die afloop op die pionierbedekking na slegs 2 min begin, terwyl dit by die subklimaksbedekking in goeie toestand, amper 6 min geneem het. Hoe gouer afloop voorkom, hoe gouer sal sedimentverlies ook kan voorkom en hoe ondoeltreffender sal die water deur die plante benut kan word.



Figuur 2

Gemiddelde aflooptempo (l/min) oor 'n 60 min periode gedurende die eerste nagebootste reënbuie. Aflooptempo vir drie verskillende plantbedekkings en toedieningstempo word apart voorgestel.



Figuur 3

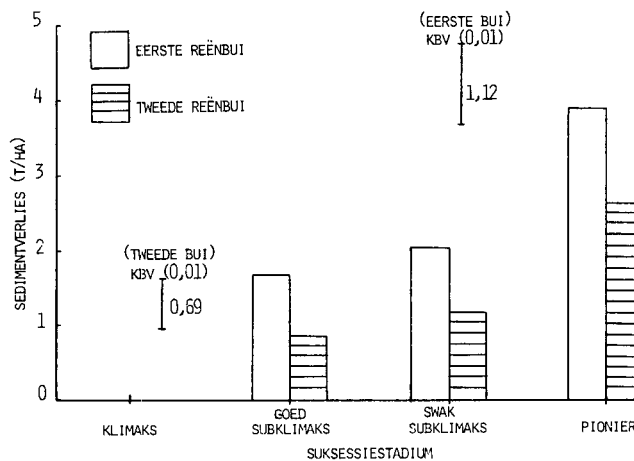
Gemiddelde aflooptempo (l/min) oor 'n 60 min periode gedurende die tweede nagebootste reënbuie. Aflooptempo vir drie verskillende plantbedekkings en toedieningstempo word apart voorgestel.

By nie een van die behandelings het daar oor die uur periode net soveel water afgeflow as wat toegedien is nie. Daar het dus selfs tydens die tweede reënbuie nog steeds infiltrasie by al die behandelings voorgekom. Slegs die pionierbedekking het aan die einde van die tweede reënbuie die toedieningstempo begin nader.

Ook opvallend vanaf Figuur 2 is dat die pionierbedekking na slegs ongeveer 11 min 'n konstante aflooptempo begin handhaaf het, terwyl die subklimaksbedekking eers na ongeveer 30 min die maksimum aflooptempo bereik het. In die algemeen blyk dit dus dat hoe digter die plantbedekking, hoe stadiger is die aflooptempo en hoe hoër die grondvoginhoud, hoe vinniger die aflooptempo. Hoe yler die plantbedekking, hoe vinniger begin afloop voorkom en hoe laer is die infiltrasie dus.

Sedimentverlies

Die gemiddelde sedimentverlies van die verskillende behandelings word vir die eerste en tweede reënbuie, in die vorm van histogramme in Figuur 4 weergegee.



Figuur 4

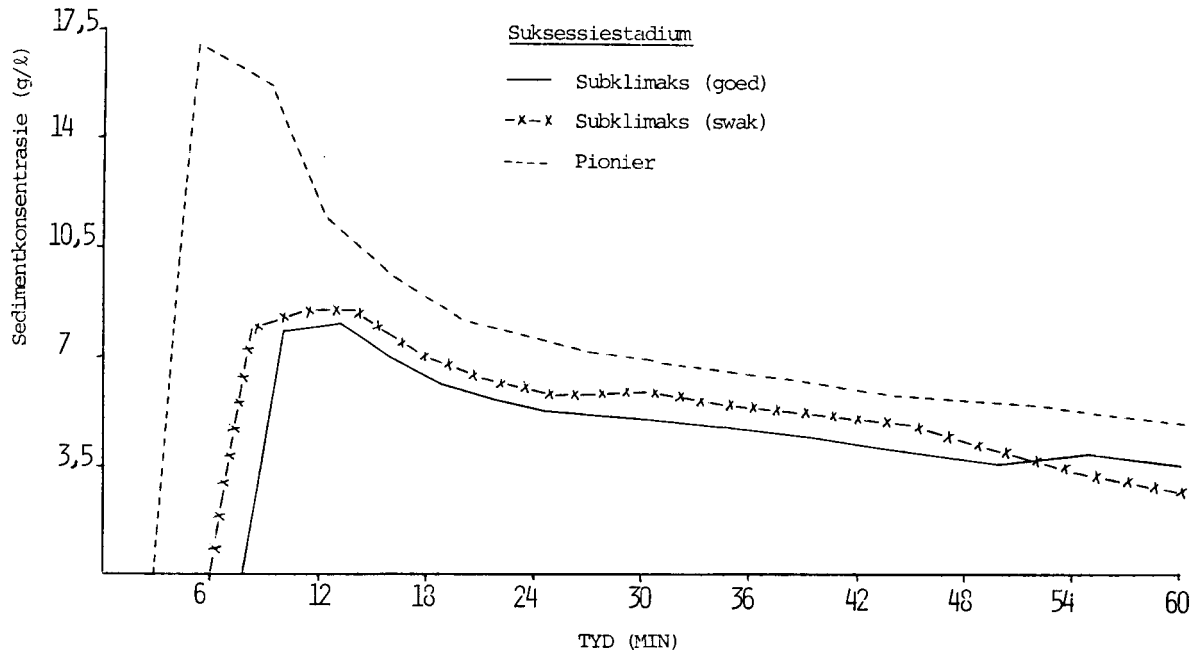
Sedimentverlies (t/ha) gedurende twee nagebootste reënbuie, word vir vier verskillende plantbedekkings apart voorgestel.

Aangesien daar tydens beide die eerste en tweede nagebootste reënbuie geen afloop vanaf die klimaksbedekking voorgekom het nie, was daar, soos in Figuur 4 gesien kan word, geen sedimentverliese vanaf hierdie digte bedekking nie. Die hoogste verlies het vanaf die pionierbedekking voorgekom. Soveel as 3,87 t/ha sedimentverlies het tydens die eerste reënbuie voorgekom. Hierdie resultate beklemtoon die belangrike beskerming wat 'n digte plantegroei bedekking teen oppervlakafloop en dus sedimentverliese bied. Die omvang van sedimentverliese vanaf veld in swak toestand, word nie altyd beseef nie. Die verskil in sedimentverliese tussen die klimaks-, subklimaks- en pionierbedekkings was vir al twee nagebootste reënbuie statisties betekenisvol ($P < 0,01$). Slegs die subklimaksbedekking in goeie en swak toestand se sedimentverlies het statisties nie-betekenisvol van mekaar verskil. Verder opvallend vanaf Figuur 4 is dat by al die suksessiastadiums, daar tydens die tweede reënbuie minder sedimentverlies voorgekom het as tydens die eerste bui. Die rede hiervoor mag wees dat die maklik verwoerbare gronddeeltjies reeds tydens die eerste nagebootste reënbuie meegevoer was.

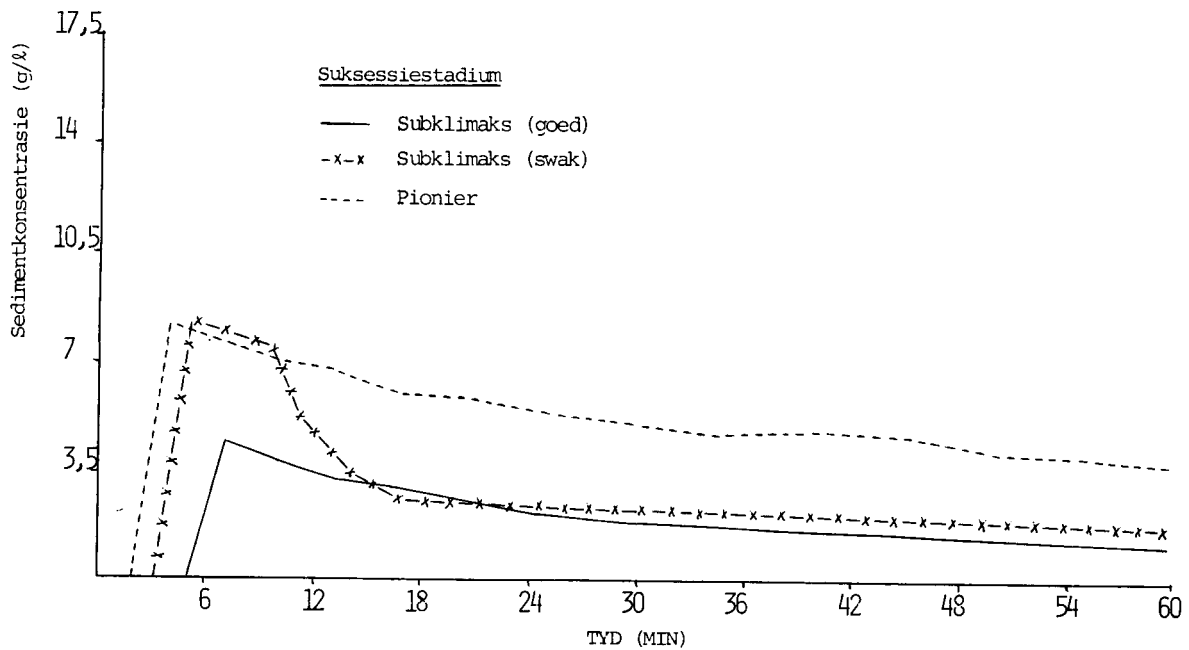
Snyman *et al.* (1985) het op 'n Huttongrondvorm tot dieselfde gevolgtrekking gekom dat plantbedekking en -samestelling 'n betekenisvolle invloed het op die hoeveelheid sedimentverlies wat vanaf natuurlike veld voorkom. Soveel as 5,7 t/ha sedimentverlies is deur hulle vanaf 'n pionierbedekking op 'n 2,4% helling, gemonitor. 'n Betekenisvolle verwantskap tussen basale bedekking en sedimentverlies is deur Snyman

(1985) en Snyman *et al.* (1985) opgestel. Die jaarlikse gemiddelde grondverlies vanaf 'n kaal grondoppervlakte het oor 'n 18 jaar periode, soveel as 26,0 t/ha op 'n 5% helling beloop, teenoor slegs 0,15 t/ha verkry vanaf onbeweide klimaksveld van die sentrale grasveldgebied te Glen (Du Plessis en Mostert, 1965).

Die sedimentkonsentrasie oor tyd vir elke behandeling word grafies vir die eerste en tweede reënboonaboetsings in Figure 5 en



Figuur 5
Gemiddelde sedimentkonsentrasie (g/l) oor 'n 60 min periode, gedurende die eerste nagebootste reënboon. Sedimentkonsentrasie word vir drie verskillende plantbedekkings apart voorgestel.



Figuur 6
Gemiddelde sedimentkonsentrasie (g/l) oor 'n 60 min periode, gedurende die tweede nagebootste reënboon. Sedimentkonsentrasie word vir drie verskillende plantbedekkings apart voorgestel.

6 voorgestel. Opvallend vanaf Figure 5 en 6 is dat die sedimentkonsentrasie toeneem soos die plantbedekking afneem. 'n Sedimentkonsentrasie van so hoog as 17 g/l is tydens die eerste reën bui vanaf die pionierbedekking gemonitor. Hierdie waarde is na slegs ongeveer 6 min bereik. Die subklimaksbedekking in goeie en swak toestand, het eers na ongeveer 12 min die maksimum sedimentkonsentrasie bereik, waarna dit geleidelik afgeneem het. Daar het 'n laer sedimentkonsentrasie by al die bedekkings tydens die tweede reën bui voorgekom. Die maklik vervoerbare gronddeeltjies is moontlik met die eerste nagebootste reën bui weggevoer, wat tot die laer konsentrasie van sediment tydens die tweede bui aanleiding gegee het. Opvallend is dat die pionierbedekking tydens die tweede reën bui nog steeds 'n hoë sedimentkonsentrasie vir die volle uur periode gehandhaaf het, terwyl dit by die ander suksesiastadiums vinnig begin stabiliseer en afneem het. Die gevolgtrekking kan gemaak word dat die meeste sedimentverlies tydens die eerste paar minute van 'n hoë intensiteit reën bui voorkom, waarna dit stadiger weggevoer word.

Gevolgtrekkings

Die feit dat geen oppervlakafloop vanaf 'n klimaksplantbedekking tydens hierdie stadium voorgekom het nie, beklemtoon die belangrikheid van 'n digte plantbedekking vir verhoogde effektiwiteit van 'n bydrae tot die verhoogde frekwensie en intensiteit van droogtes. Alhoewel die boer nie die totale jaarlikse reënval op sy plaas kan beïnvloed nie, het hy 'n direkte en/of indirekte beheer oor die effektiwiteit van reënval. Die eenvoudige beginsel is dat veral die oppervlakafloop en verdampingsverliese tot 'n minimum beperk moet word, sodat die effektiwiteit van reënval so na as moontlik gelyk is aan die totale reënval.

Die besondere hoë oppervlakafloop wat gepaard gaan met weiveld in 'n swak toestand, verklaar waarom sulke veld gedurig aan droogtes onderhewig is, ten spyte van 'n hoë reënval. Hoë afloop bring ook mee dat die reënval ondoeltreffend deur die plante benut word. Afgesien van die natuurlike voorkoms van droogtes, lewer die boer wat onoordeelkundige weiveldpraktyke toepas, dus 'n bydrae tot die verhoogde frekwensie en intensiteit van droogtes. Die verhoging van die effektiwiteit van die totale jaarlikse neerslag is dus binne bereik van elke grondeienaar wie se veld in 'n klimakstoestand verkeer.

Volgens Roux en Vorster (1983) blyk dit dat veldagteruitgang 'n al groter bedreiging word. Hierdie toestand sal verder versleg indien daar nie drastiese maatreëls getref word om veldbestuur op 'n gesonde grondslag te plaas nie. Swak veldbestuur en oorbeweidings is lank reeds deur weidingkundiges geïdentifiseer as die belangrikste oorsaak van veldagteruitgang. Dit is dus die navorser se taak om die gevolge van weiveld in 'n swak toestand te identifiseer en te kwantifiseer.

Die belangrikheid van 'n klimaksplantbedekking en -samestelling kan nie oorbeklemtoon word nie, want dit is die enigste faktor wat sedimentverlies en oppervlakafloop bepaal, wat deur die mens as manipuleerder van die ekosisteem beheer kan word. Hierdie bevinding op natuurlike veld word deur verskeie navorsers ondersteun soos Barnes en Franklin (1970); Roux (1981); Scott (1981); Snyman (1982); Snyman en Opperman (1984); Venter (1984); Snyman (1985); Snyman *et al.* (1985); Snyman *et al.* (1986).

Kennis aangaande die bydrae wat die verskillende faktore op die hoeveelheid grondverliese vanaf natuurlike veld het, is in Suid-Afrika nog redelik beperk. Vanaf resultate deur Snyman (1985) en Snyman *et al.* (1985) met die reënvalnabootser verkry, is dit wel moontlik om in hierdie stadium sekere parameters wat

'n belangrike rol in grondverliesstudies mag speel, te identifiseer. Snyman (1985) dui aan dat plantbedekking en -samestelling van al die veranderlikes die grootste invloed op die grond- en afloopverliese uitoefen. Faktore soos die grondtekstuur, organiese materiaalinhoud en grondvoghoud voor die aanvang van 'n reën bui is faktore wat volgens Snyman *et al.* (1985) ook verantwoordelik is vir verskille in sedimentverliese en oppervlakafloop. Die invloed van hierdie faktore sal meer in detail ondersoek moet word ten einde die spesifieke bydrae van elkeen en die invloed daarvan op sedimentverlies en oppervlakafloop te bepaal.

Dit is bekend dat hidrologiese prosesse van relatief klein persele nie noodwendig verteenwoordigend van die prosesse in die opvanggebied as geheel is nie (Versfeld, 1981; Bosch *et al.*, 1984). Die resultate met hierdie studie verkry, gee wel 'n aanduiding van die grond se erodeerbaarheid en die verandering in grondvoghoud van die boonste lae in verhouding tot verskillende plantegroei-eienskappe. Dit is moeilik om die hoeveelheid oppervlakafloop en sedimentverlies vanaf klein persele verkry, te ekstrapoleer na totale verliese wat vanaf 'n opvanggebied verwag kan word.

Nog meer gegewens met betrekking tot die mees belangrike faktore wat 'n rol in die erosieprosesse van natuurlike veld speel, moet in die toekoms ingewin word om oor die langtermyn gronderosievergelykings daar te stel. Sulke vergelykings sal die boer en voorligtingsbeampte in staat stel om grondverlies vooruit te skat, sodat die mees optimale bestuurstelsel gedefinieer en toegepas kan word (Snyman *et al.*, 1985).

Erkenning

Die finansiële ondersteuning van die WNNR se Stigting vir Navorsingsontwikkeling (Afdeling Landekosisteme) word met dank erken, asook mnr. T.J.F. de Villiers vir sy tegniese hulp.

Verwysings

- ACOCKS, J.P.H. (1975) Veld types of South Africa. 2nd Edition. *Mem. Bot. Surv. S. Afr.* 40 Govt. Printer, Pretoria.
- ADLER, E.D. (1985) Bodembewaring in Suid-Afrika. Bull. 406. Dept. van Landbou en Watervoorsiening.
- BARNES, D.L. en FRANKLIN, M.J. (1970) Runoff and soil loss on a sandveld in Rhodesia. *Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 5 140-144.
- BOSCH, J.M., SCHULZE, R.E. and KRUGER, F.J. (1984) The effect of fire on water yield. In: Booysen, P. de V. and Tainton, N.M. (Eds.) *Ecological Studies* 48. Springer Verlag, Berlin. 328-348.
- DU PLESSIS, M.C.F. en MOSTERT, J.W.C. (1965) Afloop- en grondverliese by die Landbounavorsingsinstituut, Glen. *S. Afr. Tydskr. Landbouwet.* 8 1051-1061.
- JOHNS, G.G. (1983) Runoff and soil loss in a semi-arid and shrub invaded popular box woodland. *Aust. Rangel. J.* 5(1) 3-12.
- MATTHEE, J.F. LA G. (1984) Inleiding tot grondbewaring. Bull. 399. Afdeling landbou-ingenieurswese, Dept. van Landbou en Watervoorsiening.
- MUTCHLER, G.K. en GREER, J.D. (1980) Effect of slope length on erosion from low slopes. *Transac of the ASAE* 23 866-870.
- OPPERMAN, D.P.J. (1980) Die benutting en bewaring van die weidingsisteme in die RSA. *Hand. Weidingsveren. S. Afr.* 15 13-17.
- ROUX, P.W. (1981) Interaction between climate, vegetation and runoff in the Karoo. *Karoo Agric.* 2 4-8.
- ROUX, P.W. en VORSTER, M. (1983) Vegetation change in the Karoo. *Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr.* 18 25-29.
- SCOTT, J.D. (1981) Soil erosion, its cause and its prevention. In: *Veld and Pasture Management in South Africa*. Edited by N.M. Tainton. Pietermaritzburg. Shuter and Shooter.
- SNYMAN, H.A. (1982) Hidrologiese siklus en waterverbruiksdoeltreffendheid vanaf natuurlike veld. M.Sc. Agric. Verhandelings, UOVS, Bloemfontein.

- SNYMAN, H.A. (1985) Vogbalansstudie vanaf natuurlike veld van die sentrale Oranje-Vrystaat. Ph.D. Proefskrif, UOVS, Bloemfontein.
- SNYMAN, H.A. en OPPERMAN, D.P.J. (1984) Afloopstudies vanaf natuurlike veld in verskillende suksesiastadia van die sentrale Oranje-Vrystaat. *Tydskr. Weidingsveren. S. Afr.* 1(4) 11-15.
- SNYMAN, H.A. en VAN RENSBURG, W.L.J. (1986) Hidrologiese siklus van natuurlike veld in die sentrale Oranje-Vrystaat. *SA Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 5(4) 181-185.
- SNYMAN, H.A., VAN RENSBURG, W.L.J. en OPPERMAN, D.P.J. (1985) Grond en afloopverliesbepalings vanaf natuurlike veld, met behulp van 'n reënvalnabootser. *Tydskr. Weidingsveren. S. Afr.* 2(4) 35-40.
- SNYMAN, H.A., VAN RENSBURG, W.L.J. en OPPERMAN, D.P.J. (1986) Toepassing van 'n gronderosievergelyking op natuurlike veld van die Sentrale Oranje-Vrystaat. *Tydskr. Weidingsveren. S. Afr.* 3(1) 4-9.
- SWANSON, N.P. (1965) Rotating-boom rainfall simulator. *Transac of the ASAE* 8 71-72.
- VENTER, J. (1984) The relationship between rainfall, runoff and soil loss in the Umfolozi/Hluhluwe game reserve complex. Unpublished CSIR progress report. Hluhluwe Game Reserve, Mtubatuba.
- VERSFELD, D.B. (1981) Overland flow on small plots at the Jonkershoek Forestry Research Station *SA For. Jour.* 119 35-40.
- WINER, B.J. (1974) *Statistical principles in experimental design.* McGraw-Hill Book Company. 564-566.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1978) Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning USDA Agric. Handbook No. 537.
-