

# Erosiegevaar in die Hoër Tugelarivierdreineerom

J.R. Pretorius, J. Cooks\* en D.W. Marais  
 Departement Geografie, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002

Ontvang 15 Julie 1987; aanvaar 11 Maart 1988

## UITTREKSEL

*Die omvang van die probleem van gronderosie in Suid-Afrika word kortliks bespreek en verskeie modelle wat reeds in ander lande gebruik is om die probleem te kwantifiseer, word aangehaal. Daar word aangedui dat die potensiële erosiegevaar nie in hierdie studies aangespreek word nie.*

*Die model wat in die huidige studie gebruik word om die potensiële erosiegevaar vir die Tugelarivieropvanggebied te kwantifiseer, is gebaseer op vier veranderlikes, naamlik erositeit, gradiënt, gronderodeerbaarheid en plantegroiebedekking.*

*Die studiegebied is in 'n ruitnet verdeel, waarvan elke ruit 2X2 minute groot is. Faktorwaardes vir die vier veranderlikes is vir elke ruit bereken. Uit 'n samestelling van die faktorwaardes is die werklike erosiegevaar wat in elke ruit bestaan, geïdentifiseer. Uit hierdie gekwantifiseerde data is 'n kaart saamgestel wat die potensiële erosiegevaar in terme van die vier faktore aandui. Hierdie kaart toon aan dat verskeie dele van die Tugelarivierdreineerom tot 'n baie groot mate onderhewig is aan erosiegevaar. Die gevolgtrekking word gemaak dat die model besonder goeie praktiese toepassingsmoontlikhede bied vanweë die feit dat dit eenvoudig is om te gebruik en betroubare resultate lewer, wat met groot sukses in bestuursbeplanningstudies aangewend kan word sonder om noodwendig tydrowend en duur veldopnames te onderneem.*

## ABSTRACT

### *Erosion hazard in the Tugela Basin*

*The extent of the soil erosion problem in South Africa as well as the various models which have been used in other parts of the world to quantify the problem are mentioned. It is indicated that these models are not designed to determine the potential danger of erosion.*

*The model suggested in this study can be used to determine the potential danger of erosion in any area using only four variables, viz, erosivity, gradient, soil erodibility and plant cover.*

*The study area was divided into a grid of which each square is 2X2 minutes in size, and factor values were calculated for the four variables for each of the grid squares. The potential danger of erosion for each square is identified by tallying of the factor values of the variables for each square.*

*A quantitative map is included which indicates the degree of erosion hazard in the various parts of the Tugela river drainage basin, which was compiled from the above mentioned data. This map testifies that various parts of the Tugela river drainage basin is highly susceptible to erosion hazard.*

*The conclusion is finally drawn that the model has practical application possibilities because it is relatively simple and inexpensive to use, it produces reliable results and can be implemented with ease for management planning purposes.*

## INLEIDING

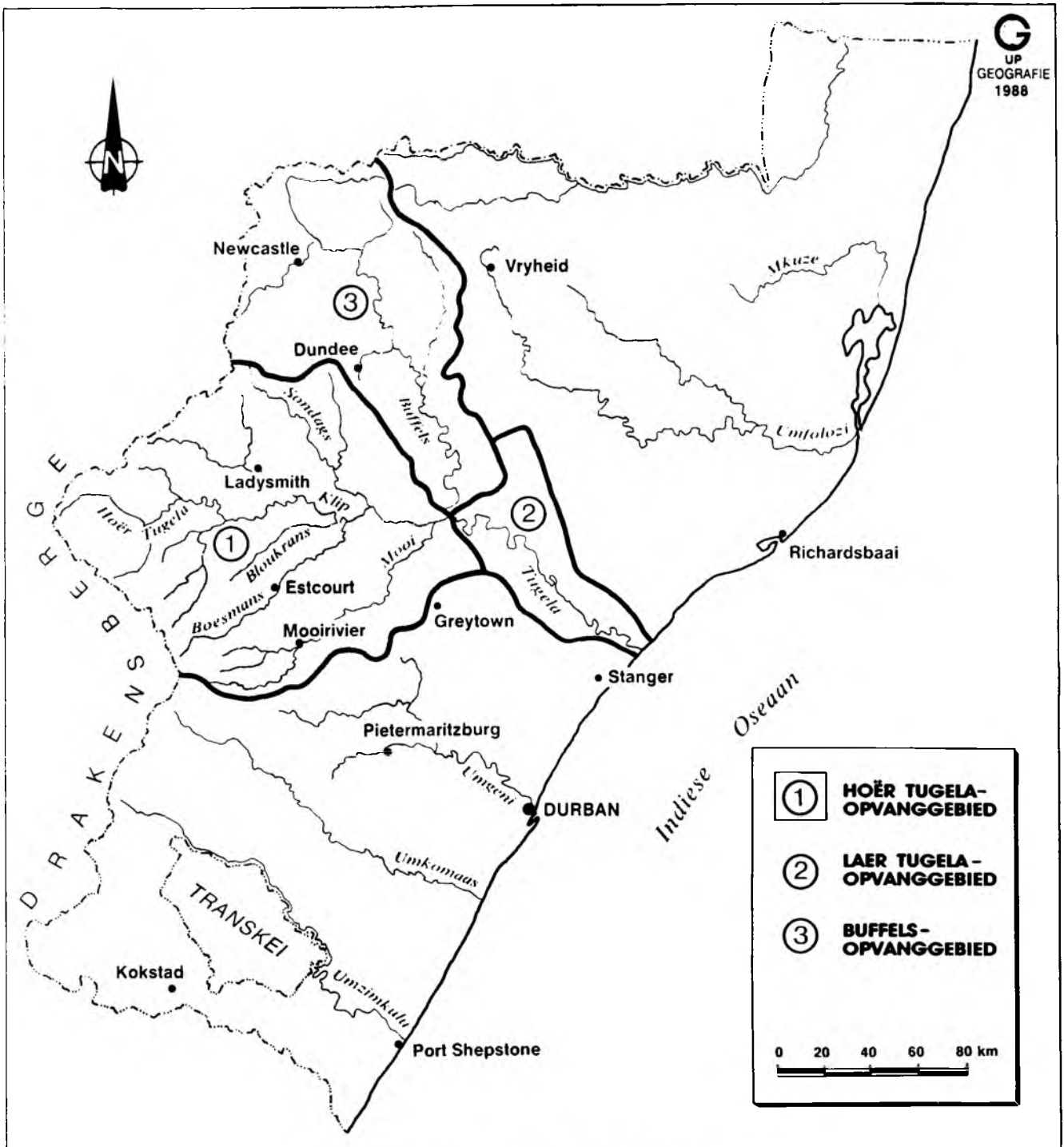
Effektiewe beplanning van hulpbronne moet die moontlikheid van problematiese omgewings in aanmerking neem. Een van die belangrikste en wydverspreidste omgewingsprobleme wat meermale oor die hoof gesien word, is die voorkoms van plaat- en dongaerosie. 'n Grondige kennis aangaande die ruimtelike verspreidingspatrone van potensiële erosiegevaar kan as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die beplanning van die omgewing beskou word en verdien daarom meer aandag.

Vanweë 'n vinnige bevolkingsgroei is daar jaarliks 'n toename in die vraag na voedsel. Toenemende druk word vanuit verskeie sektore op die bodem geplaas, en meer en meer marginale gebiede word deur die landbousektor benut, sodat gronderosie teen 'n onrusbarende tempo toeneem. Elke jaar moet 81

miljoen meer mense wêreldwyd gevoed word,<sup>1</sup> terwyl die syfer vir Suid-Afrika 0,6 miljoen is.<sup>2</sup> Die landboubedryf is dan ook die belangrikste sektor wat deur gronderosie geraak word, deurdat gronderosie grondvrugbaarheid laat afneem. Opnames in die graanproduserende streke van die V.S.A. het aange-  
toon dat die verlies van 50 mm (2 dm) bogrond die grondvrugbaarheid met 15% laat verminder het, terwyl 'n verlies van 300 mm (12 dm) bogrond 'n verlies in grondvrugbaarheid van tot 75% tot gevolg gehad het.<sup>3</sup>

In Suid-Afrika kom erosie wydverspreid voor. Plaaterosie is 'n algemene verskynsel, terwyl die landskap op baie plekke deur erosieslote van wisselende omvang verkerf is. Bo en behalwe die feit dat daar na raming sowat 400 miljoen ton vrugbare landbougrond jaarliks in Suid-Afrika deur erosie verlore gaan,<sup>4</sup> veroorsaak gronderosie dat die voortbestaan van sensitiewe ekosisteme, waaronder vleie<sup>5</sup> en estuaries,<sup>6</sup> bedreig word.

\*Outeur aan wie korrespondensie gerig kan word



FIGUUR 1: Ligging van die navorsingsgebied.

## EROSIE IN DIE TUGELARIVIERDREINEERKOM

Erosieprobleme in die Tugelarivierdreineerkom het 'n lang geskiedenis. Reeds so vroeg as 1940 het Pentz<sup>7</sup> 'n opname van gronderosie in die gebied gemaak. Hy identifiseer die voorkomste van plaaterosie, slooterosie en dongaerosie en meld dat daar in 1940 uit 'n totaal van 45 800 hektaar nog net 15 686 in 'n redelike goeie toestand verkeer het. Die ernstige omvang wat erosie twintig jaar later in die gebiede bereik het, word beklemtoon in 'n verslag van die Natal Town And Regional Planning Commission<sup>8</sup>: "... the most important and the most urgent physical regional development problem in the Tugela

Basin . . . is the conservation of the soil."<sup>8</sup> Hierdie sentiment word ook uitgespreek deur die Beplanningskomitee van die Presidentsraad oor Natuurberwaring in Suid-Afrika wanneer daar spesifiek verwys word na die ernstige staat van grondagteruitgang in die Hoër Tugelarivier se opvanggebied.<sup>4</sup>

Om sinvolle bewaringsaksies in hierdie en soortgelyke sensitiewe gebiede te kan onderneem, behoort erosiegevaargebiede geïdentifiseer te word, sodat beperkte landbouhulpbronne, ontspanningshulpbronne en bewaringshulpbronne effektief benut kan word. In hierdie artikel word die omvang van die potensiele erosiegevaar in die Hoër Tugelarivierdreineerkom (fig. 1) behandel.

## BEPALING VAN EROSIEGEVAAR

Gedurende die laaste twintig jaar is verskeie studies in verband met die problematiek van gronderosie onderneem.<sup>9, 10, 11</sup> Daar word tans algemeen aanvaar dat gronderosie 'n funksie van klimaat, grond, topografie, plantegroei en sekere bestuursaspekte is. Verskeie kwantitatiewe modelle is ontwikkel om gronderosie te bereken, waarvan die sg. universele grondverliesmodel<sup>12</sup> seker die bekendste is. 'n Aangepaste maar vergelykbare model, bekend as die SLEMSA-model,<sup>9</sup> is vir Suidelike Afrika voorgestel.

Albei bg. modelle bereken grondverliese in t/ha/jaar en spreek nie die probleem van erosiegevaar direk aan nie. Verder vereis hierdie modelle albei gesofistikeerde databasisse wat gebaseer is op eksperimentele gegewens vir bv. erositeit en gronderodeerbaarheid, wat nie altyd geredelik beskikbaar is nie. Nieteenstaande hierdie tekortkoming is genoemde modelle al in Suid-Afrika op 'n beperkte skaal toegepas in gebiede waar die nodige inligting beskikbaar is.<sup>10, 13</sup>

Waar dit egter gaan om die bepaling van erosiegevaar op 'n **regionale skaal**, gebeur dit dikwels dat data vir alle veranderlikes nie vir die hele gebied beskikbaar is nie, of dat die data wat wel beskikbaar is, nie aan die vereistes van bg. gesofistikeerde modelle voldoen nie. In sulke gevalle is mens noodsaak om minder verfynde modelle met meer veralgemeende data te gebruik, aangesien dit – soos Hudson dit gestel het – geen sin het om vyftig jaar te wag voordat die huidige erosieprobleme aangepak kan word nie.<sup>14</sup> Een so 'n model is deur Stocking en Elwell ontwikkel om erosiegevaar in Zimbabwe te bepaal en ruimtelik voor te stel.<sup>11</sup> Vyf faktore wat erosie beïnvloed, word by hulle model ingesluit, nl. **erositeit** van reënval ('n waarde wat 'n aanduiding gee van die erosiekrag van reënval, gewoonlik gebaseer op die  $EI_{30}$ -indeks), **gradiënt**, **plantbedekking**, die **erodeerbaarheid** van die grond asook **menslike invloede**, wat uitgedruk word as bevolkingsdigtheid. Aan elk van die veranderlikes en vir elke geografiese lokaliteit word syferwaardes toegeken wat wissel tussen 1 en 5 (waar 'n waarde van 1 vir bv. gronderodeerbaarheid 'n grond sal voorstel wat nie maklik erodeer nie, terwyl 'n waarde van 5 'n grond sal voorstel wat hoogs erodeerbaar is). Deur vir elke geografiese lokaliteit die faktorwaardes te sommeer, word 'n waarde verkry wat die erosiegevaar van daardie spesifieke lokaliteit aandui.

Laasgenoemde model het sekere voordele bo die meer gesofistikeerde modelle deurdat

- (a) die belangrikste faktore wat gronderosie beïnvloed in die model opgeneem is,
- (b) faktore bygevoeg of weggelaat kan word afhangende van die beskikbaarheid van data en
- (c) dit nie werklik saak maak op watter vlak van detail die data beskikbaar is nie, omdat data op 'n skaal van 1 tot 5 georden word. Om hierdie redes is die model van Stocking en Elwell as basis gebruik vir die berekening van erosiegevaar in die Hoër Tugelarivierdreineerkom.

## EROSIEGEVAAR IN DIE HOËR TUGELARIVIERDREINEERKOM

### Data-insameling

Na oorweging is slegs vier faktore in berekening gebring by die bepaling van erosiegevaar in die Hoër Tugelarivierdreineerkom, nl. erositeit, gradiënt, gronderodeerbaarheid en plantegroei-bedekking. Die menslike faktor is buite rekening gelaat vanweë die feit dat die invloed van die mens op erosie moeilik kwantifiseerbaar is. Verder was die jongste, 1985, sensusdata vir die studiegebied nie beskikbaar toe die studie onderneem is nie.

Versamelde data aangaande elk van die vier faktore is in vyf kategorieë verdeel, wat wissel van 'n lae erosiegevaar (waarde 1) tot 'n hoë erosiegevaar (waarde 5). Vir enige gegewe lokaliteit kan 'n erosiegevaarwaarde toegeken word vir elke faktor, en die somtotaal van hierdie waardes stel dan die gekombineerde erosiegevaar vir die gegewe lokaliteit voor.

Kaarte van die Tugelarivieropvanggebied op skale van 1:100 000 en 1:250 000 is as basis gebruik en die opvanggebied is verdeel in 'n ruitnet van 2 by 2 minute, sodat elke ruit sowat 11 km<sup>2</sup> beslaan. Die grootte van die ruite wat op dié manier verkry is, vergelyk goed met die norm van een waarnemingspunt vir elke 13,5 km<sup>2</sup> soos voorgestel deur Dent en Young.<sup>15</sup> Die totale aantal ruite wat op dié manier verkry is, kom op 1 345 te staan. 'n Faktortelling vir elk van die vier faktore is vir elke ruit bepaal en gekodeer vir rekenaarverwerking.

### GRONDERODEERBAARHEID

Alhoewel daar al heelwat navorsing onderneem is met die doel om indekse vas te stel wat gronde volgens hul erodeerbaarheid evalueer, is daar min navorsing hieromtrent in Suid-Afrika onderneem. Van der Eyk en andere<sup>16</sup> het gronde volgens hulle inherente vatbaarheid vir erosie, wat weer op sowel hulle fisiese as hidrologiese eienskappe gebaseer is, gegroepeer. Ander soortgelyke pogings is deur Eloff,<sup>17</sup> en McPhee en Smithen<sup>18</sup> onderneem.

Van der Eyk en andere<sup>16</sup> se groepering is as basis gebruik vir die toewysing van bepaalde grondseries aan erosiegevaarklasse (tabel 1). 'n Grondkaart van die Tugelaopvanggebied op 'n skaal van 1:100 000 is as basis gebruik om die dominante grondserie wat in elke ruit van die matriks voorkom, te verkry.

### EROSITEIT

Erositeit verwys na die potensiële vermoë van reën om erosie te veroorsaak. Navorsers in Amerika<sup>19</sup> het gevind dat erositeit die produk is van kinetiese energie, en die maksimum 30-minute-intensiteit van 'n reënvalgebeurlikheid. Om erositeit akkuraat te kan bereken moet outografiese reënvaldata beskikbaar wees om (a) 'n reënvalgebeurlikheid te identifiseer en (b) om die maksimum 30-minute-reënval-intensiteit te bereken.

Waar outografiese reënmeters yl verspreid voorkom, of in gebiede waar sulke meters nie aangetref word nie, kan daar nie van die tradisionele metode gebruik gemaak word om erositeit te bereken

**TABEL 1**  
**Faktorwaardes vir vier faktore wat erosiegevaar beïnvloed**

Faktorwaarde	Gemiddelde Jaarlikse Reënval (mm)	Gradiënt %	Plantegroei	Gronderodeerbaarheid
1	<700	0-2	Montane grasveld	Baie laag
2	(700-799)	2-4	Hooglandse grasveld	Laag
3	(800-899)	4-6	Langgrasveld	Matig
4	(900-999)	6-8	Doringveld	Hoog
5	>1 000	>8	Vallei woudland	Baie hoog

\* Plantegroei volgens Edwards<sup>24, 25</sup>

nie. Een metode om genoemde probleem te oorbrug lê in die verwantskap tussen gemiddelde jaarlikse reënval en gemiddelde jaarlikse erositeit. Alhoewel daar vroeër aanvaar is dat daar geen sodanige verwantskap bestaan nie, bewys Stocking<sup>20</sup> in Zimbabwe en Smithen<sup>21</sup> in Suid-Afrika egter dat daar wel sodanige verwantskappe bestaan. 'n Reglynige verwantskap tussen gemiddelde jaarlikse reënval en erositeit is vir die studiegebied aanvaar. Gemiddelde jaarlikse reënvalsifers vir die studiegebied is vanaf 1:250 000 reënvalkaarte bekom en in tentatiewe erositeitsklasse verdeel vir toepassing in elke ruitblokkie (tabel 1).

#### GRADIËNT

Vir elke ruit is die gemiddelde gradiënt (uitgedruk as 'n persentasiewaarde) vanaf 1:250 000 topografiese kaarte bepaal, en die waardes is in 5 klasse gegroepeer (tabel 1).

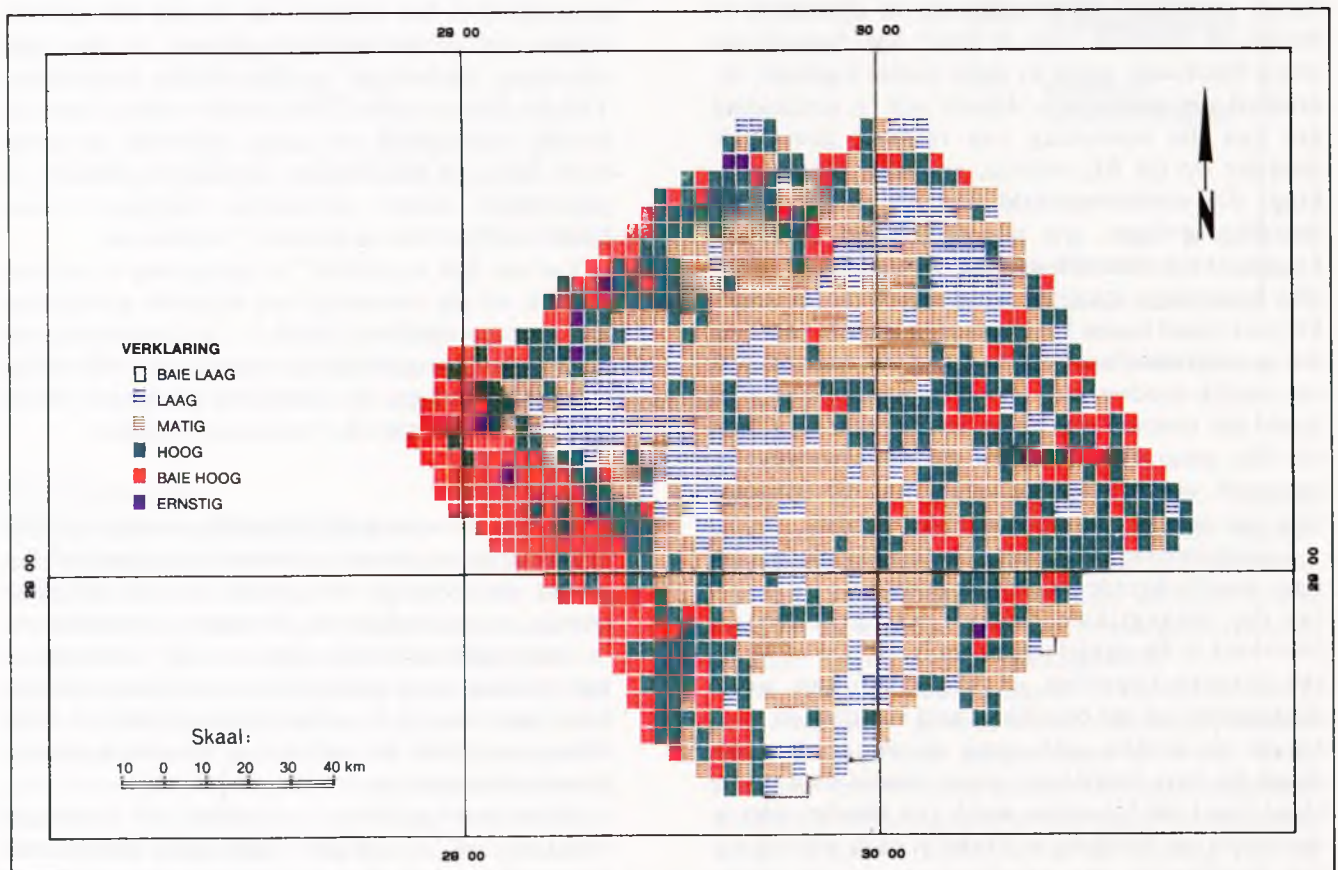
#### PLANTEGROEI

Data aangaande die plantegroei van die gebied, wat reeds deur verskeie navorsers waaronder Pentz,<sup>22</sup> Acocks<sup>23</sup> en Edwards,<sup>24</sup> beskryf is, is vanaf Edwards se 1:250 000 plantegroeierte kaart van die gebied onttrek, waarna faktortellings in ooreenstemming met Edwards<sup>25</sup> aan elk van die plantegroeierte tipes toegeken is (tabel 1).

#### RESULTATE

Die faktortelling vir elk van die vier faktore is vir elke ruit gesommeer en die gesommeerde faktortellings wat op hierdie manier verkry is, varieer tussen 4 en 20. Die betrokke waardes is vervolgens in ses kategorieë gegroepeer waarna aan elke kategorie 'n beskrywende term toegeken is, wat gewissel het van 'n baie lae erosiegevaar aan die een kant tot 'n baie ernstige erosiegevaar aan die anderkant.

Die resultate wat in figuur 2 getoon word, moet geëvalueer word teen die agtergrond van die



**FIGUUR 2: Erosiegevaar in die Hoër Tugelarivierdreineerkom.**

besikbaarheid van data en die semi-kwantitatiewe aard daarvan. Gevolglik moet die patrone wat hieruit na vore getree het, met omsigtigheid hanteer word, aangesien dit net breë regionale patrone aantoon (figuur 2).

Die hoë faktortellings aan die westelike gedeeltes van die dreineerom bevestig die hoë inherente erosiegevaar van die gebied, wat geassosieer word met steil gradiënte, hoë gemiddelde jaarlikse reënval en onstabiele grond in hierdie gebied. Eweneens word hoë faktorwaardes in die oostelike gedeeltes van die dreineerom aangetref, veral in die droë binnelandse komme en riviervalleie. Die hoë tot ernstige erosiegevaar in hierdie omgewings is hoofsaaklik toe te skryf aan 'n kombinasie van steil gradiënte en lae plantegroeibedekking, wat tiperend van die gebiede is. Groot gedeeltes van laasgenoemde gebied val in KwaZulu, waar oorbeweidings en ontbossing in 'n hoë mate voorkom. Die mate waartoe die plantegroei versteur of reeds vernietig is, is nie in die studie opgeneem nie en daarom kan aangeneem word dat die erosiegevaar op plekke moontlik hoër kan wees as wat op die kaart aangetoon word.

Die aanwesigheid van 'n matige tot hoë erosiegevaar in die sentrale gedeeltes van die dreineerom, waar die topografie as golwend beskryf kan word, is hoofsaaklik toe te skryf aan die erodeerbaarheid van grond, soos sekere dupleksgronde, wat oor die algemeen hoog is.

## GEVOLGTREKKINGS

Hierdie oefening het getoon dat die gebruik van net vier veranderlikes in 'n erosiemodel om erosiegevaar te bepaal, bevredigende resultate lewer. Die model kan egter verbeter word deur die byvoeging van meer veranderlikes. Landelike bevolkingsdigtheid is een so 'n veranderlike wat op die een of ander wyse gekwantifiseer en geïnkorporeer behoort te word. Dit is wenslik, omdat 'n hoë bevolkingsdigtheid in veral Derdewêreldlande die vernietiging van die natuurlike plantegroei a.g.v. oorbeweidings, ontbossing en die onoordeelkundige versameling van hout tot gevolg het.<sup>26</sup> Die mate waartoe grondbewaringspraktyke toegepas word, is 'n verdere veranderlike wat oorweeg kan word, aangesien dit daarop ingestel is om erosie te bekamp.

Die waarde wat die tegniek vir oorhoofse streeksbeplanning inhou, lê daarin dat gebiede met 'n hoë tot ernstige erosiegevaar vinnig en met 'n lae koste-inset geïdentifiseer kan word. Verder word die identifisering van teikengebiede, waar gedetailleerde erosiestudies onderneem behoort te word, moontlik gemaak. Dit beteken dat die metode wat hierbo bespreek is (of 'n gewysigde vorm daarvan), as **eerste stap** gebruik kan word om gronderosie op regionale grondslag aan te spreek.

Nadat sekere teikengebiede geïdentifiseer is, kan 'n **tweede fase** betree word waarin die werklike grondverliese in die teikengebied met behulp van 'n geskikte grondverliesmodel bereken word.\* Vir hierdie doel

kan die universele grondverliesmodel of SLEMSA gebruik word.

'n **Derde fase** sal die identifisering van gebiede waar grondverliese bokant aanvaarbare norme is, behels. **Vierdens** kan erosiemodelle soos die universele grondverliesmodel gebruik word om te bepaal op welke wyses bestuursaanpassings in die teikengebiede gedoen moet word om grondverliese binne aanvaarbare perke te hou.

Die resultate soos uit hierdie oefening verkry, bevestig weer eens die aanwesigheid van erosiegevaar in die Tugelarivierdreineerom. Die ruimtelike voorstelling van erosiegevaar maak die identifisering van probleemgebiede moontlik. Die metode wat gevolg is om erosiegevaar te bereken, het die voordeel dat sekondêre bronne gebruik kan word om data te in, en gevolglik is tydwende, omvattende of duur veldopnames onnodig. Gesien teen die agtergrond van 'n snelgroeiende bevolking en die toenemende druk op beskikbare hulpbronne, waarvan grond 'n belangrike komponent uitmaak, is dit noodsaaklik dat opnames van hierdie of soortgelyke aard op 'n nasionale vlak uitgevoer word. Die tegniek wat hier gebruik is, leen hom by uitstek as 'n instrument tot voorlopige opnames met die oog op oorhoofse beplanningstrategieë.

## DANKBETUIGINGS

Die Universiteit van Pretoria word bedank vir die beskikbaarstelling van die nodige navorsingsfondse en fasiliteite.

## LITERATUURVERWYSINGS

1. Brown, L.R. & Wolf, E.C. (1984). *Soil Erosion: Quiet Crisis In The World Economy*, Worldwatch Paper, No. 60 (Worldwatch Institute, Washington).
2. Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing. (1985). Die Suid-Afrikaanse Samelewing: Werklikhede en Toekoms-moontlikhede.
3. Holy, M. (1980). *Erosion and Environment* (Batsford, London).
4. Suid-Afrika. (1984). *Verslag van die Beplanningskomitee van die Presidentsraad oor Natuurbewaring in Suid-Afrika* (Staatsdrukker, Kaapstad).
5. Begg, C. (1986). The Wetlands of Natal (Part 1). An overview of their extent, role and present status, *Natal Town and Regional Planning Report, Vol. 68*. (Natal Town and Regional Planning Commission, Pietermaritzburg).
6. Cooks, J., Pretorius, J.R. & Venter, L. (1986). Verslikking in die Ritchardsbaainatuurreservaat, Natal, S.A. *Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 5(3), 119-125.
7. Pentz, J.A. (1940). Gronderosie-Opname in die Herwinningstreek in Natal. Departement van Landbou en Bosbou, *Veldbestuur- en Weidingsnavorsingsreeks Verhandeling, No. 2* (Staatsdrukker, Pretoria).
8. Thorington-Smith, E. (1960). Towards A plan For The Tugela Basin, *Natal Town and Regional Planning Reports, Vol. 5* (Town and Regional Planning Commission, Pietermaritzburg).
9. Elwell, H.A. (1978). Modelling soil losses in southern Africa, *J. Agric. Engn. Res.*, 23, 117-127.
10. Schulze, R.E. (1979). Soil loss in the key area of the Drakensberg. A regional application of the soil loss estimation model for southern Africa (SLEMSA), *Agricultural Eng. in S.A.*, 22-33.
11. Stocking, M.A. & Elwell, H.A. (1970). Soil erosion hazard in Rhodesia, *Rhodesian agric. J.*, 70 (4), 93-101.
12. Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1965). Predicting rainfall - erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains, *USDA Agricultural Handbook, No. 282* (Government Printing Office, Washington, D.C.).

\* Navorsing oor hierdie aspek asook die vierde aspek wat verder aan genoem word, word tans onderneem.

13. Snyman, H.A. (1985). *Vogbalansstudies op natuurlike veld van die Sentrale Oranje-Vrystaat*, Doktorale proefskrif, Fakulteit Landbou, Universiteit van die Oranje-Vrystaat.
14. Hudson, N. (1971). *Soil Conservation* (Batsford, London).
15. Dent, D. & Young, A. (1981). *Soil Survey and Land Evaluation* (Allen & Unwinn, London).
16. Van der Eyk, J.J., Macvicar, C.N. & De Villiers, J.M. (1969). Soils of the Tugela Basin – a study in sub-tropical Africa. *Natal Town and Regional Planning Report, No. 15* (Natal Town and Regional Planning Commission, Pietermaritzburg).
17. Eloff, J.F. Ongedateer. Erosiekwesbaarheid en -indekse van S.A. gronde, Inligtingstuk verkry vanaf Departement van Landbou.
18. McPhee, P.J. & Smithen, A.A. (1984). Application of the USLE in the R.S.A., Direkoraat Landbou-Ingenieurswese en Watervoorsiening, inligtingstuk.
19. Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook, No. 537*, Washington.
20. Stocking, M.A. (1972). *A geographical analysis of the factors in the erosion of soils in Rhodesia*, M.Phil. thesis, University of London.
21. Smithen, A.A. (1981). *Characteristics of rainfall erosivity in South Africa*, M. Sc. Eng. thesis, Department of Agricultural Engineering, University of Natal, Pietermaritzburg.
22. Pentz, J.A. (1945). An agro-ecological survey of Natal, *S. Afr. Dept. Agr. Bull., 250* (Government Printer, Pretoria).
23. Acocks, J.P.H. (1953). Veld Types of South Africa, *S. Afr. Dept. Agric., Bot, Surv. Memoir, 28* (Government Printer, Pretoria).
24. Edwards, D. (1976). A plant ecological survey of the Tugela Basin, *Bot. Surv. Memoir, 36* (Town and Regional Planning Commission, Pietermaritzburg).
25. Edwards, D. (1986). Persoonlike mededeling.
26. Milas, S. (1985). The population growth and desertification crisis, *Mazingira, 8 (4)*, 28-31.