

DIE MORFOTEKTONIESE ONTWIKKELING VAN DIE VALLEI VAN DIE
HARTSRIVIER EN DIE SEDIMENTPETROLOGIE VAN DIE SANDGROND
IN DIE GEBIED VAN SY BO-LOPE

deur

J.J. Mayer, Honns. B.Sc.

Verhandeling ter gedeeltelike voldoening aan die

vereistes vir die graad

MAGISTER SCIENTIAE

aan die

POTCHEFSTROOMSE UNIVERSITEIT

VIR

CHRISTELIKE HOËR ONDERWYS

Januarie 1974

ABSTRACT

The present drainage patterns of the Harts and Molopo Rivers have developed in consequence of crustal movements associated with the initiation of the Griqualand - Transvaal Axis of uplift towards the end of the Tertiary Period. The development of this axis along a northeast-southwest Precambrian lineament, which now forms the divide between the Harts River and the Skoon-spruit drainage and Vaal River, caused disruption of the paleo - Nossob, the paleo - Dry Harts, and the paleo - Harts Rivers. The disruption of these rivers, which were southward-draining tributaries of the Vaal River during the Tertiary, culminated in the evolution of the present physiographic features of the area lying to the north-west of the Vaal River between Klerksdorp and Barkly West. Tectonic movements also resulted in a significant reduction of the volume of water draining into the Vaal River from the north. This fact, coupled with the diastrophic steepening of the slope of the pre-Karoo surface on which the Vaal River was shifting towards the south-east, contributed to the formation of the "older" high-level gravel terraces on the right bank of the Vaal River.

A complementary effect of the south-eastward tilt of the land on the southern side of the Griqualand - Transvaal Axis was the reduction of the gradients on the pediplaned surface which lay to the south-east of the Vaal River. This gave rise to the formation of numerous pans which now constitute the Pan Veld of the north-western Orange Free State.

A sedimentary petrological investigation of the sandy soil in the catchment area of the upper Harts River, which is cultivated mainly for the production of maize in the districts of Lichtenburg and Delareyville, shows that it is a polygenetic type of soil. Both its grain-size characteristics and heavy-mineral composition point to the fact that it is a hybrid soil composed of different proportions of locally derived pedological material and a compo-

ment of aeolian sand with a north-westerly provenance. As the aeolian sand is completely integrated with saprolite of the Tertiary erosion surface and predates the disruption of the Pliocene drainage, it is considered to be possibly middle to late Tertiary in age.

INHOUDSOPGAWE

I.	INLEIDING	1
II.	DIE ONTWIKKELING VAN DIE DREINERINGSPATROON VAN DIE BO-HARTSRIVIER EN SY VALLEI	5
A.	Die fisiografie van die dreineringsgebied van die Hartsrivier en die deel van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Schmidtsdrift	6
B.	Die morfogenese van die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier en die Hartsriviervallei	9
C.	Die paleo-Hartsrivier en sommige ander noordelike paleo-sytakke van die Vaalrivier	19
D.	Die ouer hoë-vlak-gruise van die Vaalrivier en die panneveld van die noordwestelike Oranje-Vrystaat	23
E.	Gevolgtrekking	29
III.	DIE SEDIMENTPETROLOGIE VAN DIE SANDGROND IN DIE GEBIED VAN DIE BO-HARTSRIVIER	31
A.	Kartering en keuse van monsterposisies	32
B.	Monsterneming	33
C.	Granulometrie	34
D.	Verwerking en voorstelling van die resultate	35
E.	Swaarmineraalondersoek	41
1.	Skeiding van die swaarminerale	41
2.	Montering van die swaarminerale	45
3.	Morfometriese ondersoek van die swaarminerale	47
4.	Mineralogiese analise van die swaarmineraalfraksie en die voorstelling en interpretasie van die resultate	47
F.	Gevolgtrekking	51
IV.	SAMEVATTING	54
V.	BEDANKINGS	59

(Inhoudsopgawe vervolg)

VI.	VERWYSINGS	60
VII.	BYLAES :	
	Bylae A. Variasie in die persentasie slik in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	i
	Bylae B. Statistiese parameters (Folk) van die sandfraksie van die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	iii
	Bylae C. Die parameter Mz (Folk) van 'n gedeelte van die sand- fraksie tussen 70- en 230-maas van die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	vii
	Bylae D. Korrelgrootteverdeling van die vernaamste swaar- minerale in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	ix
	Bylae E. Verspreiding van die rondheidswaardes van die ver- naamste swaarminerale in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	xi
	Bylae F. Swaarminerale van die nie-opake assosiasie in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	xiv
	Bylae G. Andalusiet in verhouding tot die ander minerale (uitgesonderd epidoot) van die nie-opake asso- siasie in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	xx
	Bylae H. Onderlinge persentasies van die swaarminerale sirkoon, toermalyn, stouroliet en rutiel in die sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville	xxvi

FIGURE

Fig. 1	Lokalisiteitskaart.....	1
Fig. 2	Reënvalkaart van die distrikte Lichtenburg en Delareyville. Isohiete na aanleiding van Suid-Afrika 1:250 000 reënvalkaart.....	2
Fig. 3	Kaart van gronddiepte in die distrikte Lichtenburg en Delareyville.....	3
Fig. 4	Kaart wat die Tersiere verbugingsasse en komme in Suidelike Afrika (na aanleiding van Du Toit, 1933) illustreer asook die omvang van die gebied wat bespreek word en die voorgestelde gewysigde verloop van die Griekwaland-Transvaal-as.....	4
Fig. 5	Profiele oor die bo-lope van die Harts- en Moloporiviere langs lyne A-B, C-D en E-F op Plaat IV.....	11
Fig. 6	Diagrammatiese voorstelling van die uitwerking van skuinskanteling op die dreineringskomme van die paleo-Harts- en paleo-Droë-Hartsriviere	15
Fig. 7	Tentatiewe rekonstruksie van sommige sytakke van die Vaal- en Oranjeriviere in die laat-Tersier.....	20
Fig. 8	Vergelyking van die huidige en voorgestelde laat-Tersiere dwarsprofiele van die Vaal-dreineringskom in die omgewing van Bloemhof, AB na aanleiding van Cooke (1946)	27
Fig. 9	Veralgemeende kaart van die verspreidingspatroon van die gemiddelde korrelgrootte van die sandgrond in die distrikte Lichtenburg en Delareyville	37

T A B E L L E

Tabel	1	Resultate van 'n eksperiment om die doeltreffendheid te bepaal van die vibrasie- en die roertegniek by swaarmineraalskeiding met behulp van skeitregters	43
Tabel	2	Vergelyking van die swaarmineraalinhoud van sandgrond op die Argeëse graniet en Ventersdorplawa in die distrikte Lichtenburg en Delareyville	44

P L A T E

Plaat	I	Kaart van sekere fisiese kenmerke van die bo-lope van die Harts- en Moloporiviere
Plaat	II	Geologiese sketskaart van die distrikte Lichtenburg en Delareyville met uitleg van monsterposisies van sandgrond
Plaat	III	Die regionale ligging van die Hartsrivier
Plaat	IV	Kontoerkaart van die bo-lope van die Harts- en Moloporiviere
Plaat	V	Strooiingsdiagram van skeefheid teenoor sortering
Plaat	VI	Rondheid en korrelgrootte van swaarminerale in sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville
Plaat	VII	Regionale verspreiding van gemiddelde korrelgrootte (Mz) van die sandfraksie van gronde in die distrikte Lichtenburg en Delareyville
Plaat	VIII	Regionale verspreiding van gemiddelde korrelgrootte (Mz) van die gedeelte tussen 70- en 230-maas van die sandfraksie van gronde in die distrikte Lichtenburg en Delareyville
Plaat	IX	Verspreiding van vernaamste swaarminerale in die sandfraksies van gronde in die distrikte Lichtenburg en Delareyville

DIE MORFOTEKTONIESE ONTWIKKELING VAN DIE VALLEI VAN DIE HARTSRIVIER EN DIE SEDIMENTPETROLOGIE VAN DIE SANDGROND IN DIE GEBIED VAN SY BO-LOPE

I. INLEIDING

Die bo-lope van die Hartsrivier vorm die belangrikste dreineringsstelsel van 'n gebied wat geografies afgebaken word deur die distriksgrense van Lichtenburg en Delareyville (Plaat I). Hierdie distrikte wat in die suidwestelike Transvaal geleë is (Fig. 1), beslaan 'n oppervlakte van 11 205 vierkante kilometer en is ongetwyfeld een van die belangrikste mielieproduserende streke van die Transvaalse Hoëveld. Afgesien van sy tipiese kontinentale klimaat en 'n gemiddelde jaarlikse somerreënval wat wissel van 600 mm in die ooste tot 500 mm

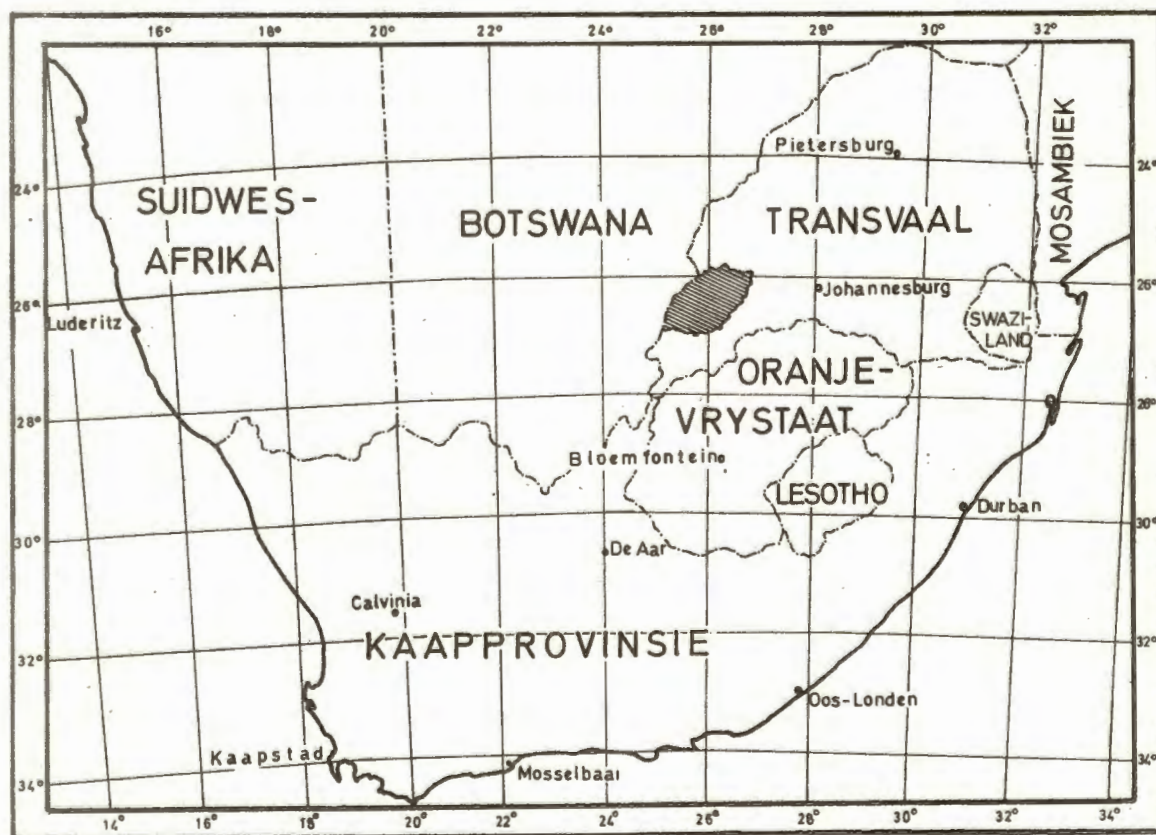


Fig. 1 Lokaliteitskaart.

in die weste (Fig. 2), is dit die gebied se sanderige tipe grond wat die uiters geskik maak vir die verbouing van mielies. Hierdie sanderige grond en die ondergeskikte voorkomste van eluviale en alluviale gruiise, oppervlakkalksteen, veen en silkreet, vorm die belangrikste Tersière tot Resente afsettings in die gebied (Von Backström en andere, 1953, bl. 18-32 en Von Backström, 1962, bl. 26-30). Hoewel die dikte van die sandgrond in die streek van plek

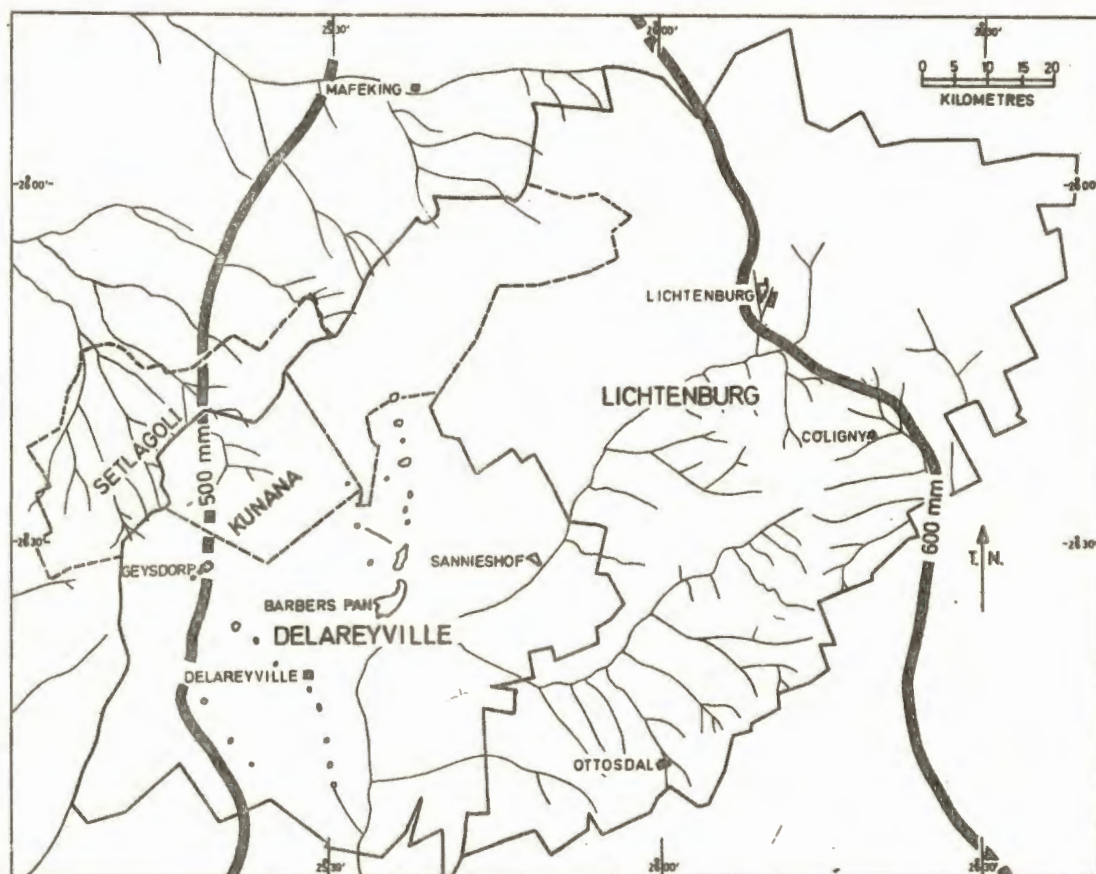


Fig. 2 Reënvalkaart van die distrikte Lichtenburg en Delareyville. Isohiete na aanleiding van Suid-Afrika 1:250 000 reënvalkaart.

tot plek wissel (Fig. 3), is die voor-Tersière gesteentes in die twee distrikte (Plaat II) in meeste dele van die gebied òf met sanderige grond òf met oppervlakkalksteen bedek, sodat dagsome van hierdie gesteentes oor die algemeen skaars is (Plaat I).

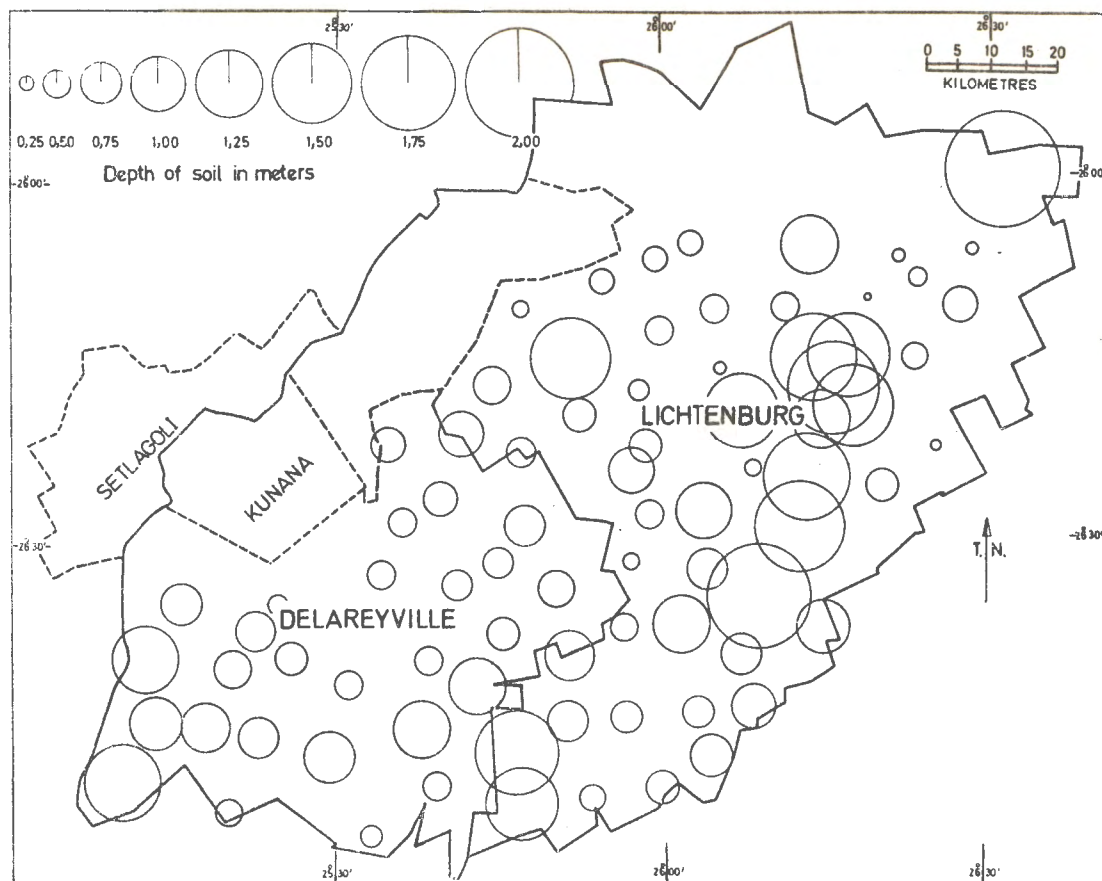


Fig. 3 Kaart van gronddiepte in die distrikte Lichtenburg en Delareyville.

Von Backström en andere (1953) en Von Backström (1962) het die gebied omliggend aan die bo-lope van die Hartsrivier geologies gekarteer. Hoewel hierdie outeurs melding maak van die voorkoms van sand van die Kalahari-tipe noordwes van Lichtenburg (Von Backström en andere, 1953, bl. 32) en van growwe sand afkomstig van die Argeëse graniet in die omgewing van Coligny en suid en oos van Ottosdal (Von Backström, 1962, bl. 29-30), is daar sover bekend nog geen doelgerigte studie met betrekking tot die herkoms en petrologie van die sandgrond in hierdie distrikte gemaak nie. In die noordwestelike Vrystaat wat suidoos van hierdie gebied geleë is (Fig. 1), het Harmse (1963) die aanwesigheid van eoliese sand met 'n noordwestelike herkoms aangetoon. Met dit in gedagte is 'n sedimentpetrologiese ondersoek van die sandgrond

in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville onderneem.

Gedurende hierdie ondersoek moes daar noodgedwonge ook aandag aan die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier en aan ander fisiografiese kenmerke van die omgewing gegee word. Dit het mettertyd tot die slotsom gelei dat die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier en sommige van die ander fisiografiese kenmerke van die omgewing merkwaardige manifestasies van 'n relatief resente regionale korsverbuiging is. Aangesien die invloed van so 'n korsbeweging nie net plaaslik sou geld nie, is die fisiografie van 'n meer omvangryke gebied, waarvan die oppervlakte op bykans vier-en-negentigduisend vierkante kilometer te staan kom (Fig. 4 en Plaat III), ook vir hierdie studie in aanmerking geneem.

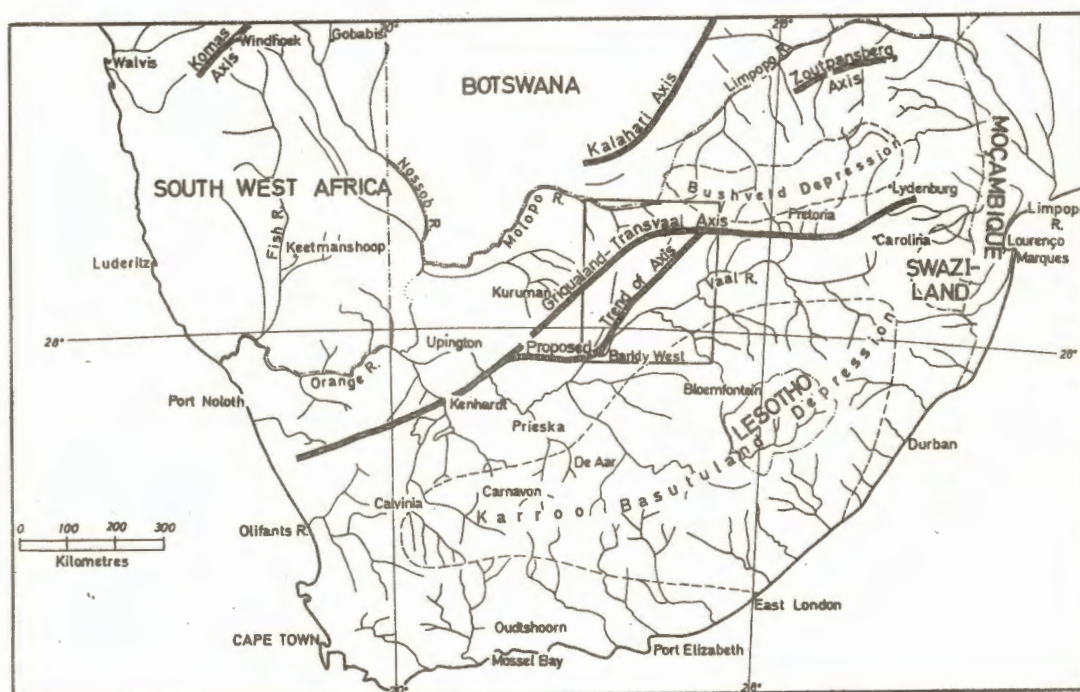


Fig. 4 Kaart wat die Tersiêre verbuigingsasse en komme in Suidelike Afrika (na aanleiding van Du Toit, 1933) illustreer asook die omvang van die gebied wat bespreek word en die voorgestelde gewysigde verloop van die Griekwaland-Transvaal-as.

II. DIE ONTWIKKELING VAN DIE DREINERINGS- PATROON VAN DIE BO-HARTSRIVIER EN SY VALLEI

Du Toit (1933) het aangetoon dat 'n verbuiging van die kors in Suidelike Afrika gedurende die Tersiêre *P*eriode in verband staan met liniêre asse van opheffing en verwante komme van wegsakking (Fig. 4). Opheffing en verbuiging van die kors langs daardie besondere liniêre kenmerk wat Du Toit (1933, bl. 9) die Griekwaland-Transvaal-as noem, het 'n belangrike invloed op die ontwikkeling van die dreineringsstelsel van die Hartsrivier gehad. Hierdie veronderstelling is gebaseer op die waarneming dat spore van 'n paleo-Hartsdreineringsstelsel nog in die omgewing van die Bo-Hartsrivier aanwesig is.

Hier word nou 'n poging aangewend om 'n uiteensetting te gee van die morfotektoniese ontwikkeling van die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier en van sy hele vallei. Verder word ook 'n verklaring aangebied, met bogenoemde tektoniese ontwikkeling as uitgangspunt, vir sommige fisiografiese kenmerke in die streek van die dreineringskom van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Delportshoop en vir die bo-lope van die Moloporivier (Plaat III).

Die diastrofisme wat geassosieer word met die Griekwaland-Transvaal-as en die ander kenmerke wat in Fig. 4 getoon word, het volgens Du Toit (1933, bl. 8) 'n aanvang in die middel-Tersiêre *P*eriode gehad en verbuiging van die kors het waarskynlik tot in die Pleistoseen voortgeduur (Du Toit, 1933, bl. 18). Die feit dat daar nog relikte van 'n paleo-dreineringsstelsel in die omgewing van die Bo-Hartsrivier aanwesig is, bevestig 'n maksimum ouderdom van laat-Tersiêr na vroeg-Pleistoseen vir die Griekwaland-Transvaal-diastrofisme, mits aanvaar word dat meeste van die kenmerke van ons huidige topografie nie ouer as Pleistoseen is nie en dat min van die kenmerke waarskynlik teruggevoer kan word na die Tersiêre *P*eriode (Thornbury, 1969, bl. 25-26). Dit is trouens ook bekend dat laat-Tersiêre korsbewegings verantwoordelik was vir die ontstaan en ontwikkeling

van sommige van die buitengewone fisiografiese kenmerke op die eind-Tersiêre oppervlakke in ander dele van die Afrikaanse vasteland (Dixey, 1956, bl. 29-30; King, 1961, bl. 5; en 1963, bl. 166).

A. Die fisiografie van die dreineringsgebied van die
Hartsrivier en die deel van die Vaalrivier
tussen Klerksdorp en Schmidtsdrift

Die gebied wat deur die Hartsrivier in Wes-Transvaal gedreineer word, vorm deel van die Suid-Afrikaanse Hoëveld en lê op 'n gemiddelde hoogte van 1220-1520 m bo seespieël. Dit kan in algemene terme beskrywe word as 'n groot golwende vlakte met baie lae reliëf (Von Backström en andere, 1953, bl. 3). In teenstelling hiermee vloei die Hartsrivier in die Kaapprovinsie in 'n relatief diep ingesnyde vallei, begrens deur kranse wat tot soveel as 24 m in hoogte bereik, terwyl die omliggende gebied goed gedissekteer is deur sytakke met hoë gradiënte (Van Eeden en andere, 1963, bl. 4). Hierdie opmerklike verskil in die topografie van die twee dele van die Hartsrivier, dit wil sê, dié in die Transvaal en dié in die Kaapprovinsie, kan gedeeltelik toegeskrywe word aan die feit dat die stroomaf-gedeelte van die Hartsrivier in die Kaapprovinsie in 'n ou gletsersdal, wat met minder-weerstandbiedende Dwyka-afsettings gevul was, ingesny is (Du Toit, 1910).

Dit is opmerklik dat die Hartsrivier baie langer is as die ander noordelike sytakke van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Delportshoop en dat dit ook van hierdie sytakke verskil in die wyse waarop dit by die Vaalrivier aansluit. Waar al die kort sytakke naasteby reghoekig by die Vaalrivier aansluit, maak die Hartsrivier 'n skerp hoek by sy aansluiting met die Vaalrivier. Verder is dit ook opvallend dat die Vaalrivier 'n prominente sig-sag-verplasing tussen Barkly-Wes en Delportshoop ondergaan voordat die Hartsrivier daarby aansluit. Hierdie verplasing verskuiwe die Vaalrivier ongeveer 35 km na die noordweste van waar die rivier sy vroeëre suidwestelike koers hervat.

Vanaf sy oorsprong in die omgewing van Lichtenburg tot by die sameloop met die Vaalrivier naby Delportshoop kan die Hartsrivier, wat die gradiënt van sy dal betref, gerieflikheidshalwe beskou word as bestaande uit vier dele. Hierdie vier dele is daardie tussen Lichtenburg en Barberspan, Barberspan en Schweizer-Reneke, Schweizer-Reneke en Taung en Taung en Delportshoop (Plaat III). Twee van dié dele loop suid-suidwes en besit relatiewe lae gradiënte terwyl die ander twee suidwes loop en hoër gradiënte besit.

Vanaf Lichtenburg tot by Barberspan het die bedding van die Hartsrivier 'n gemiddelde gradiënt van 2,25 m per km. Die gemiddelde gradiënt van die deel tussen Barberspan en Schweizer-Reneke is egter heelwat laer (0,3 m per km). Vanaf Schweizer-Reneke tot naby Taungstasie, waar die Hartsrivier en die Droë-Hartsrivier saamvloei, is daar egter weer 'n toename in die gradiënt van die rivier en die gemiddelde waarde vir hierdie deel kom te staan op 2,6 m per km. Dit is aansienlik hoër as die gradiënt van die Droë-Hartsrivier wat 'n gemiddelde waarde het van slegs 0,75 m per km tussen 'n punt 20 km suid van Vryburg en die sameloop van die Harts- en die Vaalrivier. In teenstelling hiermee is die gradiënt van die Vaalrivier ongeveer 1,2 m per km in 'n stroomop-rigting vanaf die samevloei met die Hartsrivier. Dit is as gevolg van hierdie toestand dat dit moontlik is om die laerliggende Hartsriviervallei te besproei met water uit die Vaalrivier (Wellington, 1955, bl. 353 en 381).

Die waterskeiding tussen die opvanggebiede van die Hartsrivier en die Skoonspruit, asook dié tussen die Hartsrivier en die ander noordelike sytakke van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Delportshoop, bestaan uit 'n verlengde rugvormige hoë gebied wat gevorm word deur Argeïese graniet en gesteentes van die Ventersdorpsisteem (Von Backström en andere, 1953, bl. 4). Die verloop van hierdie relatief hoër liggende gebied is in 'n suidwestelike rigting en dit word gekenmerk deur verlengde koepelagtige liggame van Argeïese graniet wat in 'n suidwestelike rigting vanaf Lichtenburg tot sover as Amalia gevolg kan word.

Noordoos van Lichtenburg sluit hierdie waterskeiding by die dolomietvlakte aan wat baie plat is en min reliëf besit. Op hierdie dolomietvlakte kom kronkelende rugvormige afsettings van ou riviergruise voor. Hierdie ou gruisafsettings verteenwoordig die oorblyfsels van paleo-rivierlope wat met verloop van tyd inversie van topografiese uitdrukking ondergaan het en nou as rûe in plaas van depressies op die dolomiet voorkom. Die gruisafsettings is feitlik almal in hierdie omgewing intensief vir diamante gedelf (Du Toit, 1951; Von Backström en andere, 1953, bl. 35). 'n Ander kenmerk van die dolomietvlakte is die voorkoms van talle sinkgate (Von Backström en andere, 1953, bl. 4).

Die waterskeiding tussen die opvanggebied van die Harts- en Moloporiviere is nie baie prominent nie (Plaat IV) en die gebied direk noordwes van die Bo-Hartsrivier is 'n sandbedekte vlakte waarop talryke groot en klein panne voorkom. Die groter panne lê in definitiewe rye terwyl die talryker kleiner pannetjies versprei is oor die gebied (Plaat I). Verder na die noordweste in die Setlagole- en Kunana-Tswanagebied is daar dagsome van die Formasie Kraaipan wat in 'n noordsuid-rigting verleng is. In hierdie gebied en in die rigting van Mafeking in die noordweste en Vryburg in die suidweste, is die sytakke van die Moloporivier, wat na die noordweste dreineer, diep ingesny. Hierdie sytakke toon 'n ruwe dog opvallende parallelisme, nie slegs onderling nie, maar ook ten opsigte van die hoofstroom wat ook in 'n noordwestelike rigting vanaf sy oorsprong noord van Mafeking tot by 'n punt naby Kirstonia vloei. Vanaf Kirstonia verander die Moloporivier egter van rigting en vloei suidweswaarts. Die dreineringspatroon van die Moloposisteem is feitlik reghoekig met betrekking tot die rigting van dreinerings van die Bo-Hartsrivier (Plate I en III).

Tussen Klerksdorp en Delportshoop het die Vaalrivier ongeveer twaalf prominente sytakke aan sy noordwestekant. Al hierdie sytakke behalwe die Hartsrivier en die Skoonspruit is korter as 100 km en meeste van hulle het gradiënte in die orde van 3 m per km. In teenstelling hiermee kom daar slegs drie

prominente sytakke aan die suidoostekant van hierdie deel van die Vaalrivier voor, naamlik die Valsrivier, Sandspruit en Vetrivier. Beide die Vals- en die Vetrivier is langer as 200 km en, met uitsondering van hoë gradiënte waar hierdie riviere in die hoogliggende gebied van die Oos-Vrystaat ontspring, is hul gradiënte baie laag waar hul oor die vlakte van die noordwestelike Vrystaat vloei. Hierdie plat vlakte wat gekenmerk word deur talryke panne (Plaat III) word die panneveld van die noordwestelike Vrystaat genoem.

Gruisafsettings van verskillende ouderdomme is met die noordwestelike sytakke en die hoofstroom van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes geassosieer (Cooke, 1946; Partridge en Brink, 1967 en Söhne en andere, 1937). Die belangrikste hiervan is die "ouer hoë-vlak-gruise" wat meestal aan die noordekant van die rivier voorkom (Cooke, 1946, bl. 247).

B. Die morfogenese van die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier en die Hartsriviervallei

Die bo-lope van die Hartsrivier vorm die belangrikste dreineringsstelsel van die distrikte Lichtenburg en Delareyville. Plaat I is 'n kaart van hierdie gebied wat uit lugfoto's saamgestel is en waarop die verspreiding van rotsdagsome, sanderige grond en dreineringskenmerke soos lope, vleie en panne aangetoon word.

Die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier is opvallend asimmetries in sy geheel gesien. Die asimmetrie word veroorsaak deur 'n onmiskenbare verskil in die aard van dreineringskenmerke suidoos en noordwes van die hoofstroom van die Bo-Hartsrivier. Waar daar aan die suidoostekant van die hoofstroom 'n goed ontwikkelde dendritiese patroon van sytakke voorkom, is die gebied noordwes van die hoofstroom opvallend sonder prominente lope. Hier word egter talryke klein pannetjies en meer as vyftien groter panne, wat in definitiewe rye lê, aangetref. Hierdie verskil in die aard van die dreineringsaan-

weerskante van die hoofstroom van die Bo-Hartsrivier kan moeilik in terme van òf 'n afname in reënval na die noordweste òf 'n toename in die dikte van die sandbedekking na die noordweste verklaar word (Figg. 2 en 3) en gevolglik moet 'n ander verklaring daarvoor gesoek word.

Verskeie buitengewone kenmerke word ook deur die goed ontwikkelde patroon van sytakke aan die suidoostekant van die hoofstroom van die Bo-Hartsrivier vertoon (Plaat I en III). Hier is die Klein-Hartsrivier 'n prominente en belangrike sytak. Vir ongeveer vyf-en-veertig km van sy lengte vloei die Klein-Hartsrivier parallel aan die Hartsrivier in 'n suidwestelike rigting maar ongeveer agt-en-twintig km vanaf hul samevloeiing verander die Klein-Hartsrivier skielik van rigting en draai dan na die noordweste om byna reghoekig by die Hartsrivier aan te sluit. Talle korter sytakke met 'n soortgelyke noordwestelike dreineringsrigting sluit ook min of meer reghoekig by beide die Harts- en die Klein-Hartsrivier aan (Plate I en III). Dit is opmerklik dat hierdie korter sytakke van die Harts- en Klein-Hartsrivier feitlik uitsluitlik aan die suidoostekant van dié twee lope ontwikkel het.

Afgesien van die voorkoms van talle klein pannetjies word die gebied noordwes van die Bo-Hartsrivier gekenmerk deur twee duidelike rye groter panne. Een is die ry tussen Barberspan en Manunipan en die ander een die ry tussen Rietpan en Geysdorp (Plate I en III). 'n Mens sou kon redeneer dat hierdie twee rye panne die sandverstoppte oorblyfsels is van twee vroeëre sytakke wat die noordwestekant van die huidige Hartsrivier gedreineer het. As dit so is, het ons hier met 'n buitengewone toestand te doen in die sin dat, indien hierdie twee rye panne oorblyfsels van twee noordwestelike sytakke van die huidige Hartsrivier is, 'n mens sou verwag dat die gradiënte langs hierdie twee dreineringsrigtings vergelykbaar sou wees met die gradiënte van soortgelyke sytakke aan die suidoostekant van die huidige Hartsrivier. Die gradiënte langs die lyne wat die groot panne verbind, is egter vir alle praktiese doeleindes nul

(Plaat IV), terwyl die gemiddelde gradiënt van die Klein-Hartsrivier, wat 'n sytak aan die teenoorgestelde kant van die hoofstroom van die Hartsrivier is, ongeveer 2,4 m per km is. 'n Manifestasie van die merkwaardige lae gradiënt langs die lyn tussen Barberspan en Manunipan is die feit dat 'n ommekeer in die dreinerings langs die betrokke ry panne tydens vloedtye plaasvind sodat water uit die Hartsrivier in Barberspan, wat 9 m laer as die rivier lê (Wellington, 1955, bl. 375), invloei as die watervlak in die Hartsrivier styg. Hierdie vloe van water uit die rivier na Barberspan gee daartoe aanleiding dat die pan gevul raak en op sy beurt weer oorloop in Leeupan net noord van Barberspan. Sodra die watervlak van die Hartsrivier daal, vloe die water weer uit die panne terug na die rivier toe.

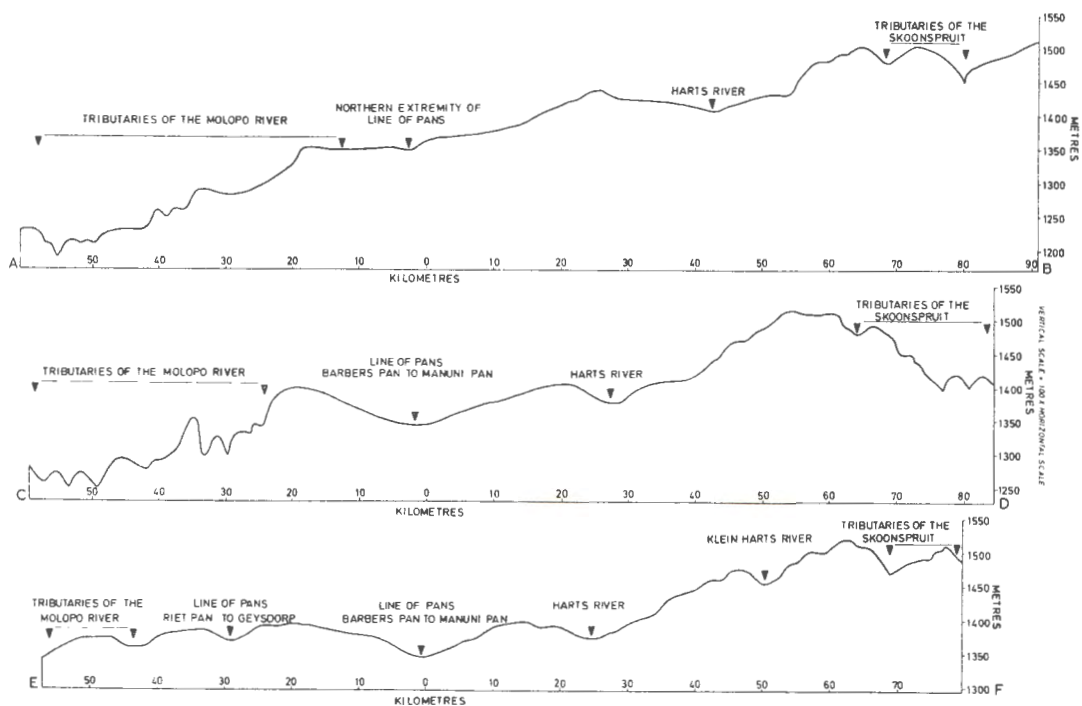


Fig. 5 Profiele oor die bo-lope van die Harts- en Molopo-riviere langs lyne A-B, C-D en E-F op Plaat IV.

Aangesien die panne van die twee rye tussen Barberspan en Manunipan en Rietpan en Geysdorp in breë oop, hoewel duidelike valleie, geleë is (Plaat IV en Fig. 5), was hulle in alle waarskynlikheid wel vroeëre prominente dreineringslope. Die topografiese profiel E-F (Fig. 5) wat reghoekig met betrekking tot die ry panne tussen Barberspan en Manunipan geteken is, toon egter dat die Barberspan-Manunipan-vallei langs hierdie profiel laer lê as die beddings van beide die Hartsrivier en die Rietpan-Geysdorp-vallei. Hierdie feit en ook die groter wydte in die dwarsprofiel van die Barberspan-Manunipan-vallei suggereer dat hierdie vallei ongetwyfeld deur 'n hoofrivier ingesny moes gewees het. Daarom word dit nou voorgestel dat die ry panne, tussen Barberspan en Manunipan, in die vallei van die eertydse hoofstroom van die paleo-Hartssisteem geleë is en dat die ry panne, tussen Rietpan en Geysdorp, in 'n vallei lê wat as een van die westelike sytakke van die paleo-sisteem gedien het. As dit so is, impliseer dit dat die huidige hoofstroom van die Bo-Hartsrivier tussen Lichtenburg en Barberspan, 'n oostelike sytak van die vroeëre of paleo-Hartssisteem was.

Om die huidige fisiografie van die gebied wes van die hoofstroom van die Bo-Hartsrivier (Plaat I) te verklaar, word daar verder voorgestel dat die eertydse hoofstroom van die Hartsrivier (die Barberspan-Manunipan-vallei) en sy westelike sytakke (waarvan een duidelike oorblyfsel die huidige Rietpan-Geysdorp-vallei is) in die stroomop-gedeeltes van hul lope onthoof is deur sytakke van die Moloporivier. Hierdie sytakke het deur hoofwaartse erosie energiek in 'n suidoostelike rigting teruggetrek en diep ingesny in die oppervlak wat deur die paleo-Hartssisteem gedreineer is. Dit word duidelik deur Plaat IV en figuur 5 (profile A-B en C-D) geïllustreer.

Die voorgestelde onthoofding van die stroomop-gedeeltes van die paleo-hoofstroom en van sy westelike sytakke was dus deels verantwoordelik vir die verskuiwing van die hoofdreinerings, van 'n stroomop-gedeelte van die vroeëre hoofstroom van die paleo-sisteem, na een van sy oorspronklike oostelike sytakke

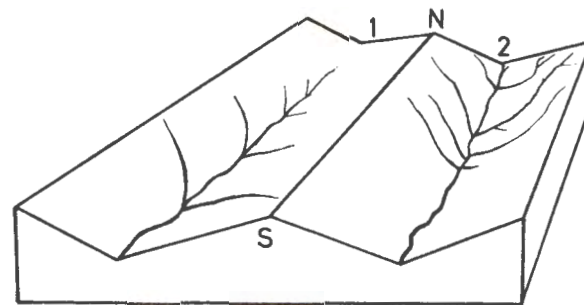
(naamlik die huidige Hartsrivier tussen Barberspan en Lichtenburg) asook vir die algemene degenerasie van die dreinerings noordwes van die huidige Bo-Hartsrivier. Die groter panne, wat vandag in bepaalde rye in die Delareyville-distrik voorkom, het waarskynlik uit 'n reeks stagnante poele ontwikkel wat in die stroomaf-gedeeltes van die hoofstroom van die paleo-Hartsrivier en sy westerlike sytakke, met lae gradiënte, aanwesig was. Tydens droë periodes het hierdie poele heel waarskynlik opgedroog en aan winderosie onderworpe geraak. Dit het aanleiding gegee tot hul geleidelike vergroting en die versameling van kalkhoudende materiaal wat uit hierdie holtes gewaai het om aan die suide- en suidoostekante van die panne lae ronde kalkheuweltjies te vorm. Die hoogte en die omvang van hierdie heuweltjies staan in 'n direkte verhouding tot die grootte van die panne (Von Backström, 1962, bl. 5).

Op 'n later stadium moes die hoofwaartse erosie van sytakke van die Moloporivier in 'n suidoostelike rigting ook sommige van die oostelike sytakke van die bo-lope van die paleo-Hartsrivier geroof het. Die fossielloop van die ou Diepholte-Welverdiend-Grasfontein-La Rys Stryd-rivier (Du Toit, 1951, bl. 6) word beskou as 'n oorblyfsel van een van die eertydse oostelike sytakke van die paleo-Hartssisteem. Volgens Du Toit (1951, bl. 7) is daar aanduidings dat die ou Diepholte-Welverdiend-Grasfontein-La Rys Stryd-rivier, wat in 'n suidwesterlike rigting gevloei het, se dreinerings op een tydstip verlê is sodat dit oor die plase Grasfontein 240, Elizabeth 215 en Grootfontein 81 gevloei het en moontlik verbind was met daardie loop wat verantwoordelik was vir die afsetting van die diamanthoudende gruieste in die Molopo-Tswanagebied naby Mafeking (Plaat III). Volgens Du Toit (1951, bl. 7) se voorstelling, was die rigting van vloei, van dié deel van die rivier wat verlê is, na die noordweste en dus in die rigting waarin sytakke van die Moloporivier vandag dreineer. Hierdie verskynsel verteenwoordig dus in alle waarskynlikheid die rowing van die ou Grasfontein-sytak van die paleo-sisteem deur 'n sytak van die Moloporivier. As dit so is, is dit moontlik dat die dreinerings langs die

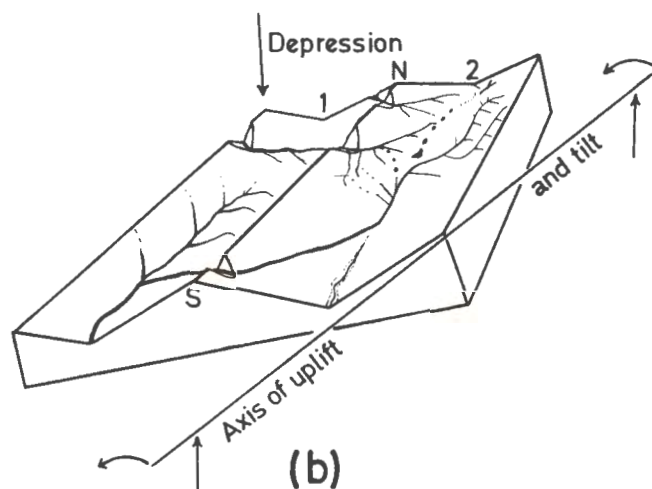
Diepholte-Grasfontein-loop eers in 'n laat stadium van die ontwikkeling van die dreinerings van die gebied plaasgevind het. Hierdie afleiding word gesteun deur die feit dat die droë, hoewel duidelik gedefinieerde, depressie van die Droë-Molopo oor die plaas Elizabeth 215 tot byna by La Rys Stryd gevolg kan word (Du Toit, 1951, bl. 10).

Die oorsake van die stroomrowing, die lae gradiënte noordwes van die huidige Hartsrivier en die hoër gradiënte en sytakpatroon suidoos daarvan, kan egter geredelik verklaar word as 'n kanteling van die dreineringskom van die paleo-Hartsrivier na die noordweste gepostuleer word. Hierdie kanteling sou ontstaan het as gevolg van 'n afbuiging van die gebied langs 'n liniêre as wat noordoos strek en suidoos van die huidige Hartsrivier geleë is. Om die invloed van so 'n kanteling op twee aangrensende dreineringsisteme te illustreer, word Fig. 6 aangebied. Fig. 6a is 'n diagrammatiese voorstelling van die dreineringskomme van die paleo-Droë-Harts- en paleo-Hartsriviere (1 en 2 in Fig. 6b respektiewelik) voor kanteling plaasgevind het, toe dié twee riviere waarskynlik nog twee aparte dreineringsisteme was. In Fig. 6b word die effek van 'n kanteling, skuins met betrekking tot die lengte van die twee dreineringskomme, geïllustreer. Hierdie kanteling het aanleiding gegee tot die aanmeekaarskakeling van die twee dreineringsisteme en die daaropvolgende ontwikkeling van hul dreineringspatrone.

Uit Fig. 6 is dit duidelik dat die voorgestelde skuinskanteling van die twee dreineringskomme, wat na die suide gedreineer het, die volgende uitwerking op die gradiënte van die twee hoofstrome en hul sytakke moes gehad het. As gevolg van die skuinskanteling sou die hoofstrome van die twee dreineringsstelsels, in ooreenstemming met die mate van kanteling, 'n sekere mate van reduksie of verlaging van hul gradiënte ondergaan het. Terselfdertyd sou die sytakke wat na die suidooste dreineer en aan die westekant van die twee hoofstrome voorkom selfs nog 'n hoër mate van gradiëntverlaging as die



(a)



(b)

Fig. 6 Diagrammatiese voorstelling van die uitwerking van skuinskanteling op die dreineringskomme van die paleo-Harts- en paleo-Droë-Hartsriviere.

hoofstrome ondergaan het en dit sou moontlik tot 'n totale stagnasie van die dreineringskomme langs hierdie lope gelei het. In teenstelling hiermee sou die gradiënte van die sytakke, wat aan die oostekant van die hoofstrome voorkom en na die suidweste dreineer, 'n toename ondergaan het en ^{sou hierdie sytakke} as gevolg daarvan verjong geword het met die gevolg dat hulle dieper sou ingesny het en meer energiek as te vore hoofwaarts sou teruggetrek het. As gevolg van die opwaartse kanteling van die oostelike hange van die twee dreineringskomme het 'n oostelike sytak van die paleo-Droë-Hartsrivier deur die waterskeiding tussen die paleo-Droë-Harts- en die paleo-Hartsrivier gesny en in 'n noordwestelike rigting teruggetrek om

uiteindelik die paleo-Hartsrivier noordoos van Schweizer-Reneke te bereik en in die ware sin van die woord te onthoof.

Die toename in die gradiënte van die hange aan die oostekante van die twee voorgestelde dreineringskomme (1 en 2 in Fig. 6) sou ook noodwendig die ontwikkeling van 'n sisteem van tersiêre sytakke beïnvloed het. Daardie tersiêre sytakke, wat voor kanteling die suidoostekante van die sekondêre sytakke gedreineer het, sou na die kanteling verjonging ondergaan het en dus prominent ontwikkel het. In teenstelling hiermee sou die gradiënte van daardie tersiêre sytakke, wat die suidoostekante van die sekondêre strome voor kanteling gedreineer het, na die kanteling verlaag geword het en sou hul gevolglik verarm geraak en mettertyd prominensie verloor het. Die gevolg hiervan sou gewees het dat tersiêre dreineringslope opvallend aan die suidoostekante van die sekondêre sytakke, soos in die geval van dreineringskom 2 (Fig. 6b), sou ontwikkel. Dit word dan ook aangebied as 'n verklaring vir die meer prominente ontwikkeling van "sekondêre" en "tersiêre" sytakke aan die suidoostekante van die Bo-Harts- en die Klein-Hartsrivier respektiewelik (Plate I en II).

Die tersiêre sytakke wat na die kanteling op die oostelike hange van die dreineringskomme byna reghoekig uit die sekondêre sytakke aan hul suidoostekante ontwikkel het, moes ook aanleiding gegee het tot die koppeling van sommige naburige sekondêre sytakke soos in die geval van dreineringskom 2 in Fig. 6b. Hierdie voorstelling word dan ook aangebied as 'n verklaring vir die reghoekige swenk van die Klein-Hartsrivier net voordat dit aansluit by die Bo-Hartsrivier (Plate I en II). Dit impliseer dat die Klein-Hartsrivier 'n vroeëre sekondêre sytak van die paleo-hoofstroom was, wat later deur 'n tersiêre sytak met die huidige Bo-Hartsrivier se hoofstroom verbind is.

Die diastrofisme wat die dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier versteur het, het moontlik ook die lokale versakkings van gruipe in hierdie

streek laat ontstaan. Die vulsel van die sogenaamde "potholes" van die Lichtenburgse diamantvelde kan moontlik as bewys hiervan gesien word. Du Toit (1951, bl. 11-27) beskrywe agt van hierdie versakkings en gee profiele van ses van hulle. Meeste van hierdie profiele vertoon die volgende stratigrafiese opeenvolging:

- 'n boonste sone van bleek gruis;
- 'n intermediêre sone van gruis;
- 'n onderste rooi gruissones;
- 'n basale wit laag.

In baie lokaliteite bestaan daar 'n klinodiskordansie tussen die boonste en die onderste sones. Daar is ook aanduidings dat hierdie afsettings nie in sinkgate gestort is nie maar dat hierdie holtes opgevol raak het namate hul geleidelik gesak het. Voortdurende versakking het in baie gevalle veroorsaak dat van die vroegste afsettings gekantel geraak het sodat hulle nou feitlik vertikaal staan.

Hierdie versakking kan moontlik verklaar word in terme van 'n algemene daling van die watertafel van die streek op 'n stadium toe oppervlaktreining op die dolomiet nog bestaan het. Teenswoordig word soortgelyke versakkings in die dolomiet van die Oberholzerkompartement kunsmatig bewerkstellig deur die pomp van water uit die Wes-Driefonteinmyn. Hierdie versakking in die Oberholzerkompartement vind egter baie vinniger plaas as dié wat die gevolg is van 'n verlaging van die regionale watertafel deur korsopheffing.

Daar word dus nou gepostuleer dat die ontwikkeling van die liniêre opheffing langs die Griekwaland-Transvaal-as gepaard gegaan het met 'n progressiewe daling van die watertafel in die dolomiet van die Lichtenburgomgewing. Die diastrofisme het ook aanleiding gegee tot 'n afname in die opvanggebied van die oostelike sytakke van die paleo-Hartsrivier omdat hul bo-lope afgesny is as

gevolg van die wegsakking van die Bosveldkom in die noordooste (Du Toit, 1933 bl. 11). Hierdie veronderstelling word gesteun deur die feit dat die boonste diskordante diamantdraende gruisafsetting in meeste van die versakkings 'n gebrek toon aan die agate wat so kenmerkend van die onderste gruis is en wat in alle waarskynlikheid uit die amandelsteensteenlawa van die Bosveld afkomstig is (Du Toit, 1951, bl. 30).

Ten slotte word daar voorgestel dat die Griekwaland-Transvaal-as, wat verantwoordelik was vir die ontwikkeling van die dreineringspatroon van die huidige Hartsrivier, op die waterskeiding tussen die Hartsrivier en die Skoonspruit in die Lichtenburgomgewing lê en dat dit die waterskeiding tussen die Harts- en die Vaalrivier in 'n suidwestelike rigting volg. Hierdie waterskeiding word ten nouste geassosieer met koepelagtige voorkomste van Argeïese graniet wat vanaf die omgewing van Lichtenburg tot verby Schweizer-Reneke in die suidweste gevolg kan word. Vanaf Lichtenburg tot by die granietkoepel tussen Johannesburg en Pretoria is daar soortgelyke hoewel kleiner blootstellings van Argeïese graniet wat met dagsome van die Swartrifserie geassosieer is. Aangesien hierdie dagsome van Argeïese graniet in werklikheid die kern uitmaak van 'n breë antiklien, met simmetries verdeelde Ventersdorp- en Transvaalgesteentes in die bene, kan dit in der waarheid as 'n ou Voorkambriese simatogeen beskou word. Dit was langs hierdie kenmerk dat 'n liniêre opheffing van die kors, wat gepaard gegaan het met 'n regionale afbuiging van die landoppervlak aan beide kante, waarskynlik in die periode laat-Tersiêr tot vroeg-Pleistoseen, plaasgevind het. In Fig. 4 word die voorgestelde verloop van die sentrale gedeelte van die Griekwaland-Transvaal-as vergelyk met Du Toit (1933) se posisie vir dié betrokke gedeelte van hierdie as.

C. Die paleo-Hartsrivier en
sommige ander noordelike
paleo-sytakke van die Vaalrivier

Volgens Du Toit (1933, bl. 12) verteenwoordig die verskeie droë poorte in die rand van die Bosveldkom, tussen Pretoria en Zeerust, oorgeblewe deurgange wat ingesny is deur riviere wat vroeër oor hierdie waterskeiding na die suide gevloei het. Daar moes dus, in die omgewing van die opvanggebied van die huidige Hartsrivier en die Witwatersrand, 'n suidwaartse regionale paleo-helling in die laat-Tersiêre periode bestaan het. Op hierdie regionale helling noord van die Vaalrivier, moes suidvloeiende sytakke van die paleo-Vaalrivier (die paleo-Nossob-, die paleo-Droë-Harts- en die paleo-Hartsrivier) hulself as konsekwente strome ingesny het (Fig. 7). Die presiese afstand wat hierdie sytakke van die paleo-Vaalrivier noordwaarts gereik het is nie bekend nie. Dit is heeltemal moontlik dat die paleo-Hartsdreineringsisteem 'n oorsprong in die noorde gehad het wat diep binne die gebied van Botswana gereik het. Hierdie afleiding is gebaseer op die skrywer se vertolking van die aanwesigheid van rolstene van krosidoliet en gebande jaspis in die Klipdamgruise (Cooke, 1946, bl. 247). Aangesien die gruisafsettings by Klipdam bokant die paleo-samevloeiing van die Droë-Harts- en Vaalriviere afgesit is, kon hul nie deur die Droë-Hartsrivier getransporteer gewees het nie. Dit is ook onwaarskynlik dat die rolstene van krosidoliet en gebande jaspis in die gruisafsettings uit die lokale Dwykatilliet afkomstig is aangesien die gebande ysterstene wat sulke rolstene kon lewer wes van die paleo-sisteem van die Hartsrivier geleë is en dus aan die leikant van die Dwykagletsers was. Gebande jaspis is in elk geval nog nie in die Dwykatilliet van die omgewing wat deur die Droë-Hartsrivier gedreineer word, aangetref nie (Du Toit, 1910, bl. 353). Die herkoms van die rolstene van krosidoliet en gebande jaspis kan dus slegs die gebande ysterstene in die omgewing van die grens tussen die Republiek van Suid-Afrika en Botswana wees. In hierdie lokaliteit is die noordelikste voorkoms van krosidoliet, wat bekend is, 'n blootstelling op die plaas Knapdaar (McConnel, 1955, bl. 8). Dit suggereer dus dat die hoofwaters

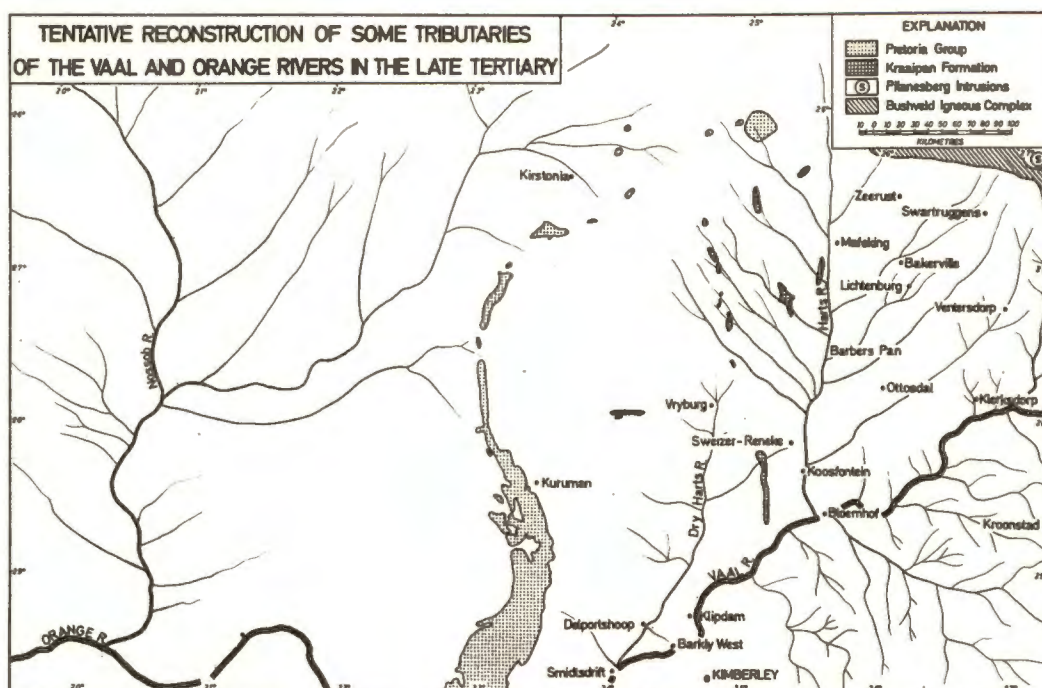


Fig. 7 Tentatiewe rekonstruksie van sommige sytakke van die Vaal- en Oranjeriviere in die laat-Tersiër.

van die westelike sytakke van die bo-lope van die paleo-Hartssisteen moontlik so ver wes soos in Fig. 7 voorgestel is, kon bereik het.

Die oostelike sytakke van die bo-lope van die paleo-Hartsrivier het in alle waarskynlikheid die hoë gebied wat deur die Bosveldkompleks gevorm is, gedreineer en hul opvanggebiede het waarskynlik oor die huidige waterskeiding tussen die Vaal- en die Krokodilrivier bereik. Dit word gesuggereer deur die litologie en die aard van die gruipe van die fossielloop van Diepholte-Welverdiend-Grasfontein-La Rys Stryd (Du Toit, 1951, bl. 6 en bl. 28-30) wat 'n sytak aan die oostekant van die paleo-Hartsrivier was.

Die middel-lope van die paleo-Hartsrivier was ook gekenmerk deur 'n dendritiese patroon van sytakke. Oorblyfsels van daardie sytakke wat van die noordweste af gedreineer het, word tans gesien as die rye panne wes van die huidige Hartsrivier tussen Barberspan en Schweizer-Reneke (Plaat III). Die

prominentste van hierdie rye is die een tussen Rietpan en Geysdorp.

Die geronde alluviale grui se op die plase Krompan 85 H0 en Kameelkuil 88 H0 (Van Eeden en andere, 1963, bl. 37) wat rolstone van die Kraaipanformasie bevat, word beskou as getuie nis van die vroeëre verlenging van die westelike sytakke van die middel-lope van die paleo-Hartsrivier vir 'n afstand van tenminste 40 km wes en noordwes van Barberspan waar gesteentes van die Kraaipanformasie tans blootgestel is. Aan die ander kant is die huidige Hartsrivier tussen Barberspan en Schweizer-Reneke en die Klein-Hartsrivier twee ou kenmerke wat oorspronklik 'n deel gevorm het van die patroon van oostelike sytakke van die middel-lope van die paleo-Hartssisteem.

Cooke (1946, bl. 250) het voorgestel dat die onderste loop van die paleo-Hartsrivier min of meer 'n koers gevolg het langs 'n lyn wat die huidige Hartsrivier vanaf 'n punt net bokant Schweizer-Reneke met die gruisafsettings van Koosfontein langs die spruit net wes van Bloemhof verbind het. Die diamantdraende gruisafsettings wat met die Bamboesspruit en die Makwassiespruit geassosieer is, is moontlik herafgesette gruis afkomstig van 'n oostelike sytak van hierdie onderste loop van die paleo-Hartsrivier (Fig. 7). Hierdie oostelike paleo-sytak is moontlik aanvanklik eers deur die hoofwaartse erosie van die Bamboesspruit onthoof en gedurende 'n later stadium is die geroofde hoofwaartse verlenging van die Bamboesspruit weer 'n keer eers deur die hoofwaartse erosie van die Makwassiespruit en daarna die Skoonspruit afgesny. Die suidwestelike neiging van die bo-lope van beide die Skoonspruit en die Bamboesspruit is moontlik twee paleo-kenmerke wat in verband staan met die suidwestelike koers van die vroeëre oostelike paleo-sytak van die onderste lope van die paleo-Hartsrivier. Voordat stroomrowing plaasgevind het, het hierdie oostelike paleo-sytak van die paleo-Hartsrivier waarskynlik by sy hoofstroom in die omgewing van Koosfontein aangesluit.

Die gruisafsettings van die paleo-Hartsrivier dui aan dat hierdie dreineringsstelsel 'n aansienlik hoër transportasievermoë moes gehad het. Goeie voorbeelde hiervan is die diamanthoudende gruisstrook van Diepholte-Welverdiend-Grasfontein-La Rys Stryd (Du Toit, 1951, bl. 7) en die gruisafsettings in die ou rivierbedding van die paleo-hoofstroom wat tans deur kalkkreet by Deelpan (Harmse, 1967, bl. 53) en Witpan (Von Backström en andere, 1953, bl. 24) bedek is.

As gevolg van die afwisselende opheffing, in die periode laat-Tersiër tot vroeg-Pleistoseen, het die dreineringspatroon van die paleo-sisteme Harts en Droë-Harts geleidelik verander. Een van die belangrikste gevolge van hierdie diastrofisme was die aanmeakaarskakeling van die twee paleo-riviersisteme as gevolg van die rowing van die hoofwaters van die paleo-Hartsrivier deur 'n oostelike sytak van die paleo-Droë-Hartsrivier. Dit was egter nie die enigste stroomrowing wat deur die Droë-Hartsrivier uitgevoer is nie. Naby sy onderende het een van sy ondergeskikte oostelike sytakke daarin geslaag om die Vaalrivier, wat op daardie tydstip van Pniel na Schmidtsdrift gevloei het, te verlê langs die dieper valleie van hierdie sytak en die onderende van die hoofloop van die paleo-Droë-Hartsrivier. Die verlate deel van die Vaalrivier word tans deur die Droogeveldt-gruise verteenwoordig (Cooke, 1946, bl. 247).

Die paleo-Droë-Harts- en die paleo-Hartssisteme was van 'n ander paleo-riviersisteme deur die Kurumanheuwels en die Asbesberge geskei. In hierdie sisteme het die Molopo- en Kurumanriviere as oostelike sytakke van die paleo-Nossobrivier ontwikkel. Hierdie rivier was op daardie tydstip met die Oranjerivier verbind deur 'n loop wat tans met sand toegewaaï is maar nog vanaf Abiquaspan in 'n suidelike rigting gevolg kan word tot waar dit by die Oranjerivier aansluit, etlike kilometer onderkant die Augrabieswaterval (King, 1963, bl. 242). Die effek wat die korsverbuiging oos van die paleo-Nossobrivier op sy dreineringsstelsel gehad het, was ongetwyfeld soortgelyk aan die invloed wat dit

op die paleo-Droë-Harts- en die paleo-Hartsrivier gehad het.

Die oostelike sytakke van die paleo-Nossobrivier, naamlik die Kuruman- en Moloporiviere, het hul lope deur hoofwaartse erosie in 'n suidoostelike rigting verleng. As gevolg van die liniêre opheffing langs die Griekwaland-Transvaal-as in die suidooste het 'n hele aantal tersiêre dreineringslope, naastenby reghoekig met betrekking tot die as van kanteling, uit die Kuruman- en Moloporiviere ontwikkel. Deur hoofwaartse erosie het hulle energiek in 'n suidoostelike rigting teruggetrek en diep in die ou erosie-oppervlak van die paleo-Hartssisteem ingesny. Die asimmetriese dreineringspatroon van die huidige Moloporivier is analoog met die asimmetriese dreineringspatroon van die Bo-Hartsrivier, maar die skaal waarop eersgenoemde ontwikkel het, is aansienlik groter. Dit is egter nie verbasend dat hierdie twee dreineringspatrone ooreenkomste toon nie aangesien hul verwant is aan 'n gemeenskaplike as van kanteling. Die enigste verskil is dat die een sisteem nader aan die as geleë is as die ander (Fig. 4 en Plaat III).

D. Die ouer hoë-vlak-gruise van die Vaalrivier en die pannesveld van die noordwestelike Oranje-Vrystaat

Die deel van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes is bekend vir die gruiise wat daarmee geassosieer is. Hierdie afsettings het in die verlede heelwat aandag ontvang, nie alleen op grond van hul ekonomiese belangrikheid as bron van diamante nie, maar ook omdat hul Steentydperkimplimente bevat.

Sedert die eerste waarnemings van hierdie gruisafsettings wat in 1872 deur Stow gemaak is (Cooke, 1946, bl. 243), is studies wat daarop gemik was om die oorsprong, stratigrafie en chronologie van hierdie afsettings te ontsyfer, deur Du Toit (1906), Söhne en Visser in samewerking met Van Riet Lowe (1937), Cooke (1946) en onlangs Partridge en Brink (1967), wat as 'n span saam met Mason⁽¹⁹⁶⁷⁾ gewerk het, gemaak.

Du Toit (1910, bl. 356) het geglo dat die oorsake van terrasvorming langs die Vaalrivier kompleks is, maar het voorgestel dat die belangrikste faktore afwissellende opheffing, klimaatwisseling en die blootstelling van weerstandbiedende rotsversperrings dwarsoor die rivierbedding was. Söhne en andere (1937) het tot die gevolgtrekking gekom dat klimaatveranderinge die belangrikste faktor vir die vorming van terrasse was. Cooke (1946, bl. 254) het gepostuleer dat die terrasse hul ontstaan te danke het aan die feit dat die Vaalrivier deur 'n sytak van die Hartsrivier geroof is, dat harde rotsversperrings deur die Vaalrivier blootgestel is en dat klimaatveranderinge ingetree het. Partridge en Brink (1967, bl. 35) lê klem op die feit dat hul geen getuienis vir klimaatveranderinge in die opeenvolging van terrasafsettings in die Windsortongebied kon vind nie. Hulle stel voor dat die terrasse ontwikkel het as gevolg van die gesamentlike uitwerking van al die faktore wat vroeër voorgestel is, met uitsondering van klimaatveranderinge.

Daar word nou voorgestel dat die vorming van terrasse langs die Vaalrivier en die gepaardgaande aggradasie, die laterale verskuiwing van die rivier en die ontwikkeling van knikpunte in die stroomprofiel, hoofsaaklik deur tektoniese bewegings beheer is.

Dit is begryplik dat die Vaalrivier gedurende die laat-Plioseen, voordat aggradasie 'n aanvang geneem het, 'n aansienlike hoeveelheid water van sy regterkantse sytakke (en moontlik ook van sy linkerkantse sytakke) moes ontvang het. Die volume water wat in die Vaalrivier gedreineer het moes aansienlik afgeneem het namate die Griekwaland-Transvaal-verbuiging ontwikkel het. In die laat stadium van die tektoniese ontwikkeling het die Vaalrivier nie alleen 'n aansienlike hoeveelheid water van die sisteme Harts en Droë-Harts verloor nie, maar ook die hoofwaters van die Skoonspruit en 'n gedeelte van dié van die Mooirivier as gevolg van stroomopkanteling van die bo-lope van hierdie paleo-sytakke na die wegsakking van die Bosveldkom. Die fossiel-

oorblyfsels van gedeeltes van die hoofwaartse verlengings van hierdie strome word tans as stroke van riviergruise, hoofsaaklik op die dolomiet, noord en noordoos van Ventersdorp, aangetref (Du Toit, 1951, bl. 6). Die voorgestelde afname in die vloei van water in die sytakke wat die Vaalrivier vanaf die regterkant tussen Vereeniging en Barkly-Wes binne gekom het, moes 'n daadwerklike effek op die volume water in dié betrokke deel van die Vaalrivier gehad het. Die invloed hiervan op die hidrologie van die Vaalrivier sou soortgelyk gewees het aan 'n geleidelike oorgang van die reënval van hoog na laag en dit sou aggradasie en 'n afname in die vloei van water in die Vaalrivier in die hand gewerk het.

Knikpunte wat in die profiel van die Vaalrivier tussen Barkly-Wes en Windsorton ontwikkel het, mag die ontstaan van sommige van die terrasse van alluviale gruiise van die Vaalrivier in die gebied verklaar (Cooke, 1946, bl. 249). Aangesien hierdie knikpunte ontstaan het toe die dreinerings van die Vaalrivier langs 'n gedeelte van die vallei van die diep ingesnyde Hartsrivier verlê is, staan hul ontwikkeling ook eintlik in verband met die invloed van tektonisme wat die primêre oorsaak van die stroomrooiing mag wees.

Diastrofisme word ook beskou as een van die faktore wat die laterale verskuiwing van die Vaalrivier in 'n suidoostelike rigting bevorder het en so doende die toestande vir die ontstaan van die terrasse op die regterkantse oewer van die Vaalrivier geskep het. Du Toit (1933, bl. 9) was egter van mening dat geen noemenswaardige afbuiging van die kors aan die suidekant van die Griekwaland-Transvaal-as plaasgevind het nie en het die hang aan die suidekant van die Griekwaland-Transvaal-as beskou as 'n oorspronklike kenmerk wat feitlik onversteurd gebly het. As die diastrofisme wat gekoppel word aan die Griekwaland-Transvaal-as egter beskou word as 'n isostatiese instelling in die vorm van 'n relatiewe nou rugvormige opheffing van die fondament of ondergrond in reaksie op die wegsakking van komvormige gedeeltes van die

kors aan beide kante, is dit logies om te verwag dat 'n afbuiging van die landoppervlak aan die suidekant van die as 'n graad van kanteling, vergelykbaar met dié aan die noordekant, sal besit. Hierdie veronderstelling word gesteun deur die feit dat Grootvloer en Verneukpan suid van die Griekwaland-Transvaal-as ontstaan het deur 'n verandering van die gradiënte van die Sak- en Olifantsriviere as gevolg van stroomop-kanteling (Du Toit, 1933, bl. 9-10). Die skrywer is van mening dat 'n afbuiging van die landoppervlak digby die ander uiteinde van die as, naamlik in die omgewing van Chrissiemeer, eweneens verantwoordelik mag wees vir die verskynsel van panne en stroomrowing (Wellington, 1955, bl. 477-478) in daardie omgewing.

Die voorgestelde nuwe posisie van die Griekwaland-Transvaal-as is in breë trekke parallel aan die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes (Fig. 4). 'n Effense kanteling van die landoppervlak aan die suidekant van hierdie as sou dus nie enige waarneembare uitwerking op die lengteprofiel van die rivier gehad het nie. Dit het egter wel 'n effek op sy dwarsprofiel gehad en tot so 'n mate dat die algemene helling van die suidoostelike hang van die vallei van die Vaalrivier verplat is terwyl die algemene helling aan die noordwestekant steiler geword het (Fig. 8). Die gevolglike toename ~~aan die noordwestekant~~ in die algemene helling van hierdie oppervlak, het aanleiding gegee tot die ontwikkeling van die prominente kort sytakke wat vanaf die suidekant van die Griekwaland-Transvaal-as in die Vaalrivier dreineer (Plaat III). Daar is reeds voorgestel dat die hoofwaartse terugtrekking van drie van hierdie sytakke gelei het tot die rowing van 'n oostelike sytak van die onderste gedeelte van die paleo-Hartsriviersisteem.

Daar word nou gepostuleer dat die linker- of suidoostekant van die Vaal-dreineringskom voor diastrofisme gekenmerk was deur 'n effens hellende gepe-diplaneerde vlakte wat vanaf terugtrekkende eskarpe in die verre suidooste tot teen die Vaalrivier gestrek het (Fig. 8b). Op hierdie oppervlak het 'n onbekende

aantal sytakke, waarvan sommige heelwaarskynlik langer en meer prominent as ander was, by die Vaalrivier aangesluit (Fig. 7). Na die afbuiging van

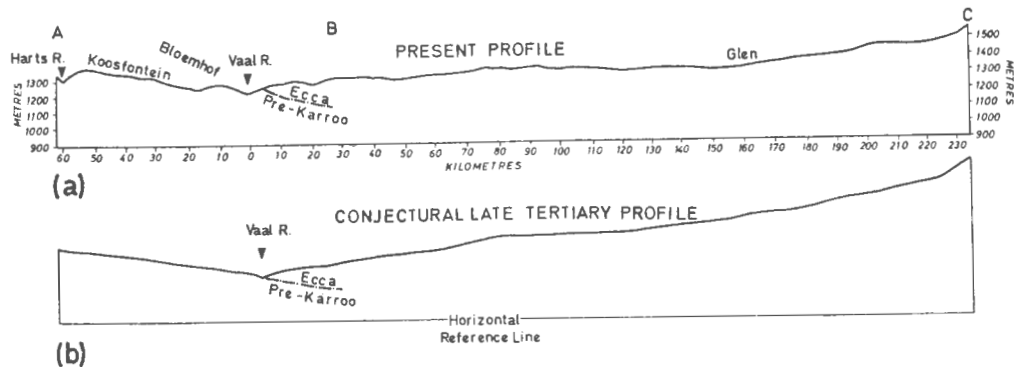


Fig. 8 Vergelyking van die huidige en voorgestelde laat-Tersiêre dwarsprofile van die Vaaldraineringskom in die omgewing van Bloemhof. A-B na aanleiding van Cooke (1946).

die landoppervlak aan die suidoostekant van die Griekwaland-Transvaal-as, is die matighellende landskap suidoos van die Vaalrivier omskep in 'n anomale plat gebied (Fig. 8a). Die kanteling van die landoppervlak het 'n versteuring van feitlik al die suidoostelike sytakke van die Vaalrivier tot gevolg gehad en slegs die langste en prominentste van hierdie sytakke, wat hul oorsprong in die hooglande gehad het, het as strome bly voortbestaan. Bo en behalwe die swak weerstandbiedendheid van gesteentes van die Karoosisteem en die aanwesigheid van eoliese sand in die gebied (Harmse, 1963), was die stagnering van die minder-prominente strome weens 'n gebrek aan gradiënt een van die belangrikste faktore wat daartoe bygedra het dat die panneveld van die noordwestelike Oranje-Vrystaat ontstaan het.

Waar die skrywer dan hier 'n korrelasie tussen tektonisme en die oorsprong van die pansone postuleer, wil hy geensins daarmee te kenne gee dat alle panne sonder uitsondering geneties gekoppel moet word aan korsbewegings nie. Dit bly 'n feit dat meeste panne sonder twyfel deflasiekomme is wat in maklik

erodeerbare materiaal ontstaan het, maar meeste skrywers oor die onderwerp is dit eens dat 'n essensiële voorwaarde vir panvorming "gelyke grond" is. Dit is egter twyfelagtig of daar onder toestande van normale riviererosie ooit 'n eindstadium van 'n vlak landskap waarop die dreinerings naderhand onbepaald word, diep in die binneland van 'n kontinent aangetref sal word. Sommige geomorfoloë gaan van die veronderstelling uit dat skiervlaktes met lae golwende reliëf by gebrek aan korsbeweging onder toestande van 'n humiede klimaat sal ontwikkel, mits die tyd voldoende is. Pedivlaktes wat saamgestel is uit geleidelik hellende vlakke wat vanaf terugtrekkende eskarpe na hoofdreineringsweë lei, is dan veronderstel om onder halfdor klimaatstoestande te vorm. Dit is slegs wanneer matige korsverbuigings in sulke gebiede voorkom dat dit moontlik is dat die dreinerings op sommige effens hellende vlakke tot so 'n mate versteur mag word as gevolg van die kanteling dat toestande vir die ontwikkeling van anomale dreineringskenmerke, in gebiede waar die prosesse van normale fluviële erosie heers, geskep kan word.

Ten slotte wil die skrywer daarop wys dat du Toit (1933, bl. 10) die waarneming gemaak het dat daar 'n noue assosiasie tussen die pansone van Suid-Afrika en die Griekwaland-Transvaal-as bestaan. Hy skrywe soos volg:

"The reason for such an arrangement (dit is naamlik die rangskikking van die pansone parallel aan die Griekwaland-Transvaal-as) is admittedly obscure. It cannot be wholly geological, for although such hollows favour the practically horizontal Karroo beds they have been equally developed upon several lithological divisions of the latter; nor can the existing climate be alone responsible, since the rainfall ranges from 35 inches in the east down to only 5 inches in the west. The predisposing if not determining factor was so far as can be judged, the existence of an extensive peneplain devoid of prominent drainage lines, which in turn implies very lengthy erosion without any crustal deformation".

E. Gevolgtrekking

Die huidige stroompatroon van die Hartsrivier, veral dié van sy bo-lope, en die geassosieerde paleo-fisiografiese kenmerke van die streek, naamlik die fossiel-dreineringslope van die Lichtenburgomgewing en die rye groot panne in die distrik Delareyville, lewer merkwaardige getuienis van 'n dreineringsstelsel wat ontwikkel het as reaksie op tektoniese bewegings in die laat-Tersiêre Periode. Hierdie diastrofisme (Du Toit, 1933) is egter nie slegs in die dreineringspatroon van die Hartsrivier weerspieël nie, maar was moontlik ook verantwoordelik vir die ontwikkeling van die fisiografiese kenmerke van 'n meer omvangryke streek rondom daardie segment van die Griekwaland-Transvaal-as wat tussen Lichtenburg en Barkly-Wes strek. Daar word ook van die veronderstelling uitgegaan dat die hoë-vlak-gruisafsettings langs die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes direk in verband met die verbuiging van die landoppervlak langs die Griekwaland-Transvaal-as gebring kan word. So ook is die panneveld van die noordwestelike Oranje-Vrystaat 'n kenmerk waarvan die oorsprong primêr toegeskrywe kan word aan die tektoniese ontwikkeling, afgesien van ander faktore wat die vorming daarvan sou kon bevorder.

In die verlede is sulke kenmerke soos fossiel-dreineringslope, panne en die hoë-vlak-gruisterrasse langs die Vaalrivier gekorreleer met 'n klimaatsverandering van nat na dor (Haughton, 1969, bl. 443). Afgesien hiervan is daar voorgestel dat verskeie pluviale fases afgewissel het met dor fases in die Pleistoseen (Cooke, 1946, bl. 257-258; Du Toit, 1954, bl. 473; Mason, 1959, bl. 6, en Söhngé en andere, 1937, bl. 46). Hierdie beskouing het in die afgelope aantal jare heelwat steun verloor en King (1947, bl. xlvii) stel dit soos volg: "there seems to be growing conviction among geologists that in South Africa fluctuations of the Pleistocene have been less in amount than was formerly conceded. The climate probably has not varied greatly from the semi-arid mean of today". Ook Clark (1959, bl. 35) glo dat die reënval selfs by die maksimum van 'n "pluviaal" of "interpluviaal" tydens die Pleistoseen nie noodwendig

veel van die huidige gemiddelde vir enige besonder lokaliteit verskil het
nie.

III. DIE SEDIMENTPETROLOGIE VAN DIE SANDGROND IN DIE GEBIED VAN DIE BO-HARTSRIVIER

Nadat slegs enkele grondmonsters uit die dreineringsgebied van die Bo-Hartsrivier in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville ondersoek is, het dit reeds duidelik geword dat, hoewel hierdie distrikte aan die Kalahari grens, hul sandgronde merkbaar verskil van die tipiese Kalaharisand wat verder na die noordweste net buite dié gebied aangetref word. Afgesien daarvan dat die sandgronde in die omgewing van Lichtenburg en Delareyville 'n wisselende maar opvallende hoë persentasie slik bevat (Bylae A), wat nie normaalweg 'n kenmerk van eoliese sand is nie (Bagnold, 1941, bl. 6; Dunbar en Rodgers, 1957, bl. 17), is hulle verder swak tot matig gesorteer, meestal sterk grofskeef (Plaat V) en oor die algemeen polimodaal. Laasgenoemde eienskap kan volgens Pettijohn (1957, bl. 46) aan verskeie oorsake toegeskrywe word, een waarvan die vermenging van twee groottes materiaal deur natuurlike agense is.

Dat die moedermateriaal waaruit die sandgronde ontwikkel het waarskynlik wel 'n veelvuldige herkoms het, het ook uit die mineralogiese ondersoek van 'n aantal aanvanklike monsters uit die gebied duidelik geword. Hierdie monsters het nie slegs swaarmineraalsoorte bevat wat in verband gebring kon word met die onderliggende gesteentes in die gebied nie (byvoorbeeld die hoekige epidoot, Plaat VI en Ventersdorplawa, Plaat II) maar ook minerale soos sirkoon, toermalyn, stouriet, rutiel en kianiet, wat andersyds tipies kenmerkend van die Kalaharisand van Rhodesië en Botswana is (Bond, 1948, bl. 307; Poldervaart, 1957, bl. 107).

Om die verwantskap tussen die onderskeie komponente waaruit die hibriediese sandgronde van die distrikte van Lichtenburg en Delareyville ontwikkel het, te probeer vasstel en om die omvang en patroon van verspreiding van die waarskynlik eoliese komponent te probeer bepaal, is 'n program van sistematiese

monsterneming van die sandgronde oor die hele gebied aangepak.

A. Kartering en keuse van monsterposisies

In die distrikte van Lichtenburg en Delareyville is dit die sanderige tipe grond wat hoofsaaklik vir die verbouing van mielies benut word. Vleigronde, panvloere en die vlak gronde in die omgewing van dagsome word normaalweg nie geploeg nie maar meestal vir die doel van weiding ongebruik gelaat. Hierdie feit het dit moontlik gemaak om geploegde grond (in teenstelling met nie-bewerkte grond) as kriterium te gebruik om daardie oppervlaktes in die gebied wat met sanderige grond bedek is op lugfoto's te delimiteer. Met behulp van hierdie lugfoto's kon 'n kaart saamgestel word wat die verspreiding van die sanderige grond, lope, vleie, panne en prominente dagsome in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville toon (Plaat I). Die oogmerk met die samestelling van hierdie kaart was om in die eerste plek die omvang van die sandgronde te probeer vasstel en tweedens om dit as basis te gebruik om die uitleg van monsterposisies in die gebied te beplan.

Die tegniek wat gebruik is om die kaart saam te stel, berus op die oordrag van gegewens van die lugfoto's na 'n basiskaart op 'n plaas-vir-plaas-grondslag. Met behulp van 'n stereoskoop is alle prominente dagsome, lope, vleie, panne en geploegde grond op die foto's gedelineer. Die buitelyne van hierdie gekarteerde eenhede en die grense van elke afsonderlike plaas is op deursigtige film van die foto's (skaal 1:60 000) af nagegetrek en daarna deur middel van 'n fotografiese vergroter op 'n basiskaart (skaal 1:200 000), waarop die buitelyne van plase reeds vooraf aangebring was, geprojekteer en oorgedra. Op hierdie wyse kon 'n planimetries korrekte kaart van die gegewens saamgestel word.

Aangesien dit die doel was om monsters van slegs die sandgronde van die gebied te neem, moes die ligging van dreineringskenmerke en rotsdagsome by die

beplanning van monsterposisies in ag geneem word. Die feit dat die gebied 'n dendritiese tipe dreineringspatroon besit (Plaa I), het dit onmoontlik gemaak om enige simmetriese vorm van roosterpatroon vir monsterneming te gebruik. Dit het meegebring dat monsterposisies op die tussenstroomse gebiede op so 'n wyse gekies moes word dat die sandgronde oor die hele gebied, sover as moontlik, eweredig bemonster sou word (Plaa II).

B. Monsterneming

Harmse (1963, bl. 30) het vir die doel van eenvormige monsterneming en die uitskakeling van die boonste gedeelte van die grondprofiel wat deur landbou-aktiwiteite versteur is, gebruik gemaak van 'n pedologiese horison wat op 'n bepaalde hoogte in die profiel van die eoliese sand van die noordwestelike Oranje-Vrystaat aanwesig is en gekenmerk word deur die aanwesigheid van yster-ryke konkresies en 'n effens hoër klei-inhoud. Hierdie horison ontstaan deur die illuviasie van klei in die sone van afwisselende versadiging net bokant die kontak van die onderliggende gesteentes met die oorliggende poreuse sand (Harmse, 1963, bl. 30). As sulks volg dit die topografie van die bedekte erosie-oppervlak redelik getrou na en vorm 'n gerieflike verwysingsvlak om monsters op 'n breë grondslag op min of meer dieselfde stratigrafiese hoogte te neem.

Vir die doel van hierdie ondersoek is monsters met behulp van 'n grondboor op so 'n wyse geneem dat elke monster 'n dikte van ongeveer 250 mm in die profiel net bokant die konkresiehorison verteenwoordig het. Omdat die sandgronde in die gebied, selfs op die tussenstroomse gebiede, in dikte van nul tot soveel as 2 m varieer (Fig. 3), moes monsters van die heel boonste laag in enkele gevalle noodgedwonge geneem word.

C. Granulometrie

Die versamelde monsters bestaan sonder uitsondering uit ongekonsolideerde sanderige materiaal met 'n lae gruisinhoud aan die een kant maar 'n hoë sliksentasie aan die ander kant (Bylae A). Sommige monsters wat relatief vlak geneem is, bevat ook 'n geringe hoeveelheid organiese materiaal en ysterkonkresies. Aangesien dit die primêre doel van die ondersoek was om die oorsprong van die materiaal waaruit die sanderige grond ontwikkel het, te bepaal, is die aandag uitsluitlik op 'n ondersoek van die sandfraksie toegespits.

Om die sandfraksie van elke monster te isoleer, is al die monsters na verdeling tot 'n geskikte grootte van tussen 100 en 120 gram met behulp van 'n monsterverdeler, eers vooraf ontslik. Die natsifmetode (Folk, 1966, bl. 21; Milner, 1962, bl. 173) wat ook deur Harmse (1963, bl. 35) gebruik is en volgens hom goeie herhaalbare resultate oplewer, is deurgaans gebruik om al die monsters te ontslik. Die voorskrifte van Folk (1966, bl. 21) om die monsters voor spoeling deur die sif eers met 'n dispersiemiddel te behandel, is gevolg. 'n Verskeidenheid van dispersiemiddels (Folk, 1966, bl. 19; Galehouse, 1971, bl. 71-72; Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 61-66) kan gebruik word om die sliks- en kleideeltjies van die monster te dispergeer. Harmse (1963, bl. 33) het goeie resultate met 0,2 N NaOH in die geval van die eoliese sand van die noordwestelike Oranje-Vrystaat verkry. Hoewel hierdie dispersiemiddel ook in die geval van sommige van die sandgrondmonsters van Suidwes-Transvaal bevredigende resultate gelewer het, is daar gevind dat 'n paar druppels gekonsentreerde NH_4OH sonder uitsondering meer suksesvol gebruik kon word.

Gedurende die ontslikkingsproses is die drywende gedeelte van die organiese materiaal wat in elke monster voorkom, verwyder deur dit af te skep of af te skink. In die meerderheid van gevalle is die oorblywende deel van die organiese materiaal (die nie-drywende gedeelte) egter nie verwyder nie

aangesien die massa daarvan, in vergelyking met die massa van die monster, gering is en dit dus geen noemenswaardige invloed op die korrelgrootte-analise van die sediment het nie. In enkele gevalle waar daar opvallend baie organiese materiaal in die monster aanwesig was, is die organiese materiaal wel met behulp van waterstofperoksied verwyder (Ingram, 1971, bl. 58; Kunze, 1965, bl. 573).

Na ontslikking is die monsters gedroog, geweeg en met 'n stapel 20-cm-Endecottsiwwe met $1/4\phi$ -intervalle vir 15 minute lank op 'n skudmasjien gesif. Die massas van die afsonderlike fraksies op elke sif is daarna bepaal.

D. Verwerking en voorstelling van die resultate

Die resultate van die korrelgrootte-analise wat op die sandfraksie van die grondmonsters uit die distrikte Lichtenburg en Delareyville uitgevoer is, is deur middel van 'n I.B.M.-1130-rekenaar en 'n Fortran-IV-program van Isphording (1970, bl. 626-628) verwerk. Afgesien van Folk en Ward se statistiese parameters (Folk, 1965, bl. 44-48; Folk en Ward, 1957, bl. 14) wat hier gebruik is (Bylae B), is die program so saamgestel dat dit ook Inman se statistiese mate (Inman, 1952, bl. 125-145) sowel as momentmate (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 239-254) vir elke monster bereken. Die program is van so 'n aard dat slegs die massas van die fraksies op die afsonderlike siwwe, die totale massa van die monster wat gesif is en die monsternommer in die rekenaar gevoer hoef te word.

Op Plaat VII word die regionale verspreiding van die gemiddelde korrelgrootte van die sandfraksie van die sanderige grond in die distrikte Lichtenburg en Delareyville, met behulp van gekontoerde waardes van M_z (Folk) voorgestel. Die kontoere van M_z , met 'n interval van $0,2\phi$, verteenwoordig terselfdertyd ook die grænse van sewe arbitrêre korrelgrootte-klasse wat op die kaart deur

simbole 1 tot 7 aangedui word. Die simbole 1 tot 7 verteenwoordig gevolglik oppervlaktes in die gebied wat met die grofste tot die fynste sanderige grond, respektiewelik, bedek is.

Indien die aantal korrelgrootte-klasse vir die sandfraksie van die grond in die twee distrikte, deur saamgroepering tot slegs drie klasse verminder word ($M_Z \phi = 1,00-2,50$; $2,50-2,90$ en $2,90-3,30$), word die verspreidingspatroon van die gemiddelde korrelgrootte van die sandgrond in die gebied aansienlik eenvoudiger (Fig. 9). Uit die patroon van korrelgrootte-verspreiding is dit duidelik dat die oppervlakte waaroor die relatief growwer sand in die gebied versprei is ($M_Z \phi = 1,00-2,50$, Fig. 9; korrelgrootte-klasse 1 - 3, Plaat VII), saamval met die bedekte noordoos-suidwesverlengde liggaam van Argeïese graniet tussen Coligny en Ottosdal (Plaat II) en ongetwyfeld 'n weerspieëling is van die bydrae van hierdie liggaam tot die growwe fraksie van die sandgrond.

In teenstelling hiermee is die fyner sandgrond in die gebied ($M_Z \phi = 2,90-3,30$, Fig. 9; korrelgrootte-klasse 6 en 7, Plaat VII) versprei oor oppervlaktes wat in vorm en rangskikking aanpas by die dreineringspatroon van daardie kenmerke in die omgewing wat waarskynlik van die paleo-Hartssisteem geërf is. Hierdie kenmerke is die dreineringslyn wat deur die ry panne tussen Barberspan en Manunipan gevorm word en daardie dele van die hooflope van die Bo-Hartsrivier en Klein-Hartsrivier wat in 'n suidelike en suidwestelike rigting dreineer.

Die feit dat die fyner sand op die kruingedeeltes van die waterskeidings tussen hierdie besondere kenmerke aangetref word en veral op dié dele waar na-Tersiêre erosie minder aktief was, word vertolk as 'n aanduiding dat dit minder-versteurde relikte verteenwoordig van 'n waarskynlik windgetranspoteerde sandafsetting waarin die paleo-Hartsrivier reeds in die laat-Tersiêre Periode ingesny was. Na kanteling van die gebied langs die Griekvaland-

Transvaal-as (Du Toit, 1933, bl. 9) in die laat-Tersiër, is hierdie afsetting van eoliese sand deur oppervlakerosie op verskillende wyses van plek tot plek in die omgewing gewysig en versteur toe die gebied binne gedring is deur die bo-lope van die Moloporivier en met die ontwikkeling van 'n jonger stel sytakke aan die suidoostekante van die Bo-Harts- en Klein-Hartsriviere. Hierdie

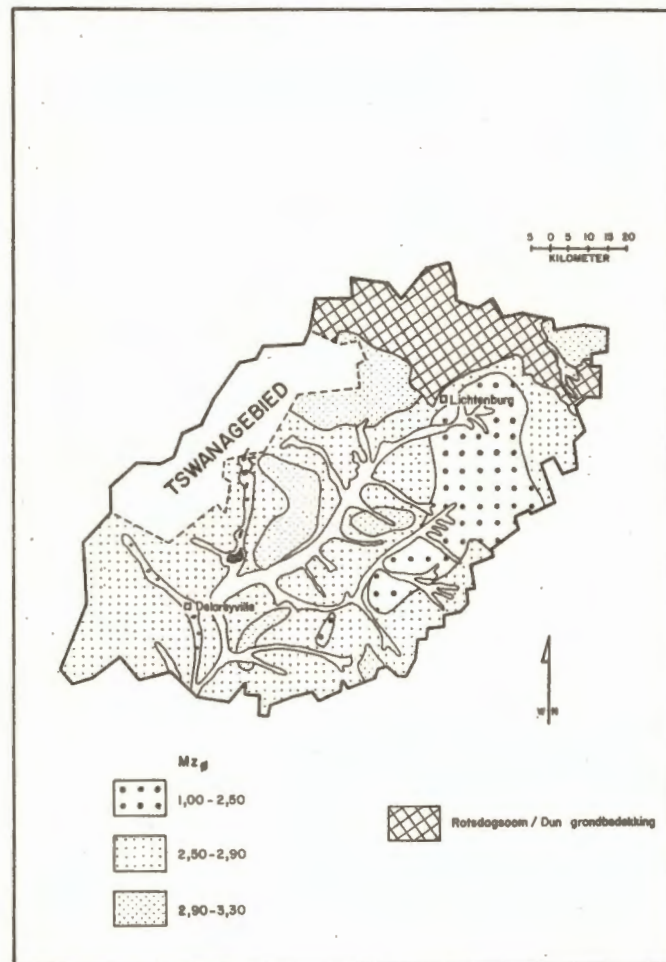


Fig. 9 Veralgemeende kaart van die verspreidingspatroon van die gemiddelde korrelgrootte van die sandgrond in die distrikte Lichtenburg en Delareyville.

aktiwiteite was egter nie die enigste wat bygedra het tot die erosie en versteuring van die eoliese sandlaag in die gebied nie, maar die verskillende prosesse van heuwelhangerosie (Holmes, 1965, bl. 481-495) en wind was waarskynlik ook daarvoor verantwoordelik dat die oorspronklike eoliese sand in die

gebied in verskillende mates met lokale saproliet vermeng geraak het. Die enigste uitsondering is moontlik die ondergeskikte voorkoms noordwes van Lichtenburg van sand wat baie fyn is (korrelgrootte-klas 7 op Plaat VII) en ook gekenmerk word deur 'n baie goeie sortering en byna simmetriese korrelgrootte-verdeling ("Sand van die Kalahari-tipe", Plaat V). Hierdie sand verteenwoordig waarskynlik òf 'n redelike suiwer deel van die oorspronklike eoliese sand van die gebied òf 'n jonger inkursie van eoliese sand vanuit die Kalahari.

Indien die sandgronde ontstaan het uit mengsels van 'n komponent van windaangevoerde sand en lokale materiaal, sou dit logies wees om te verwag dat die lokale materiaal afkomstig van die verskeidenheid van litologiese tipes in die gebied die tekstuur van die eoliese komponent op verskeie wyses sou beïnvloed as dit daarmee vermeng sou word.

Wat oppervlakverspreiding betref, is die Argeïese graniet en Ventersdorplawa die belangrikste gesteentetipes wat deur die sandgronde van die distrikte van Lichtenburg en Delareyville bedek word (Plaat II). Aangesien die gewone tipe Argeïese graniet oor die algemeen medium- tot grof- en gelykkorrelrig is (Von Backström, 1962, bl. 30), sal dit gedurende verwerking 'n redelike growwe arkosiese sand lewer wat na verwagting die korrelgrootte-verdeling van die eoliese sand hoofsaaklik na die grofskewe kant sal laat verskuiwe as dit daarmee vermeng sou word. Die Ventersdorplawa, aan die ander kant, wissel van kriptokristallyne tot grofkorrelrige diabaasagtige tipes. In sommige dele van die gebied, soos in die suidsentrale gedeelte, kom kwartsporfier voor wat soms ingelaag met lawa, tuf en tufagtige sedimente is. Sommige horisone in die lawa bevat amandelstene van minerale soos kwarts, chaledoon, kalsiet, agaat, chloriet en rooi jaspis. Oor die algemeen is die lawas egter fynkorrelrig, baie verander en in baie gevalle geëpidotiseer (Von Backström, 1962, bl. 19-20). Met intense verwerking sal die Ventersdorplawa, met uitsondering van die amandelsteenhouende en kwartsporfiertipes, dus materiaal lewer wat baie fynkorrelrig

is en wat hoofsaaklik as slik geklassifiseer kan word. Gevolglik behoort die verweringsprodukte van die fynkorrelrige lawa dus nie die sandfraksie van die eoliese komponent noemenswaardig te beïnvloed nie. Die amandelsteenhoudende tipes, kwartsporfiere en growwer klästiese sedimente sal egter, afgesien van hul verval na materiaal van 'n fyn slikgraad, ook growwe korrels vrystel wat waarskynlik 'n invloed sal hê op die growwe kant van die korrelgrootte-spektrum van die eoliese sand.

Dat hierdie veronderstelling basies korrek moet wees, kan afgelei word van die strooiingsdiagram op Plaat V wat daarop dui dat daar 'n aaneenlopende bereik in die asimmetrie van die korrelgrootte-verdelings van die sandfraksie van grondmonsters uit die distrikte van Lichtenburg en Delareyville na die grofskewe kant is. Hierdie verskynsel is waarskynlik toe te skrywe aan die vermenging van 'n komponent van fyn eoliese sand in verskillende verhoudings met lokale growwe verweringsmateriaal. Die toename in die asimmetrie van die korrelgrootte-verdelings van die sandfraksie van monsters gaan ook gepaard met 'n afname in die mate van hul sortering (Plaat V).

Dit is dus waarskynlik as gevolg van die bymenging van 'n hoofsaaklik growwe komponent van lokaalafgeleide materiaal dat die korrelgrootte-verspreidingspatroon van die eoliese komponent van die sandgrond in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville grootliks verbloem word. Verder is dit ook waarskynlik dat die korrelgrootte-spektra van die twee komponente slegs gedeeltelik ooreenstem. Met dit in gedagte is die rekenaar gebruik om 'n punt van afsnyding te probeer vind waar die weglating van die fraksies van die growwer korrelgrootte-klasse uit die berekening, die invloed daarvan op die gemiddelde korrelgrootte van die oorblywende fyner fraksie, wat verteenwoordigend van die eoliese sand is, die doeltreffendste sou uitskakel. Die sinvolste resultaat (Plaat VIII) is verkry as die gemiddelde korrelgrootte van slegs die gedeelte van die sandfraksie tussen 70- en 230-maas bereken is (Bylae C). Op Plaat VIII word die

verspreiding van hierdie waardes van $M_z \phi$ vir die fraksie van die sand tussen 70- en 230-maas met behulp van kontoere met 'n interval van $0,05 \phi$ voorgestel. Hierdie kontoere vorm die grense van tien arbitrêre korrelgrootte-klasse wat op die kaart op so 'n wyse voorgestel is dat die simbole 1 tot 10 'n progressiewe afname in korrelgrootte in die rigting van die groterwordende syfer aandui. Die verspreidingspatroon van $M_z \phi$ -waardes se opvallendste kenmerk (Plaat VIII) is die algemene neiging vir die gemiddelde korrelgrootte van die fyner deel van die sandfraksie van die grond om in 'n suidoostelike rigting fyner te word. Die grootste afwyking van hierdie patroon kom egter in die noordoostelike gedeelte van die gebied voor waar 'n tongvormige voorkoms van "growwe sand" in 'n suidwestelike rigting in die normale patroon uitwig. Die oorsaak vir hierdie verskynsel is waarskynlik toe te skrywe aan die feit dat die effek van bymenging van materiaal afkomstig van die Argeïese graniet nie effektief genoeg deur die afsnydingsprosedure uitgeskakel kon word nie.

Volgens Bagnold (1941, bl. 12) en Pettijohn (1957, bl. 531) kan 'n sistematiese afname in korrelgrootte in 'n bepaalde rigting vertolk word as 'n aanduiding van die transportasierigting van 'n sediment. Indien bogenoemde verskynsel van interferensie in die verspreidingspatroon van gemiddelde korrelgrootte dus buite rekening gelaat word, kan die geleidelike fynerwording van die fyn sandfraksie van die sandgrond in die twee distrikte, beskou word as 'n rekord van die paleo-vloeirigting van eoliese sand oor dié gebied. Hierdie rigting kom dan ook ooreen met die algemene rigting waarin eoliese sand in die Kalahari van Botswana (Poldervaart, 1957, bl. 114), in die suidwestelike Kalahari (Mabbut, 1957, bl. 124), en in die noordwestelike Oranje-Vrystaat (Harmse, 1963, bl. 43) versprei is.

E. Swaarmineraalondersoek

Oorspronklik is swaarminerale gedefinieer as alle detritale komponente met 'n soortlike gewig groter as 2,8 (Carver, 1971, bl. 434). Hierdie minerale vorm gewoonlik die ondergeskikte bestanddele van sedimente en maak selde meer as een persent van die massa van 'n sediment uit (Blatt en andere, 1972, bl. 286; Griffiths, 1967, bl. 200; Pettijohn, 1957, bl. 129). Ten spyte van hul lae konsentrasie is die swaarminerale van sedimente dikwels diagnosties van die bronmateriaal waaruit so 'n sediment ontstaan het (Carver, 1971, bl. 427; Griffiths, 1967, bl. 203; Pettijohn, 1957, bl. 514; Van Andel, 1950, bl. 44). Om hierdie rede en om verder inligting oor die regionale verspreidingspatroon van die sandgronde in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville in te win, is die swaarmineraal-assosiasie van hierdie gronde ondersoek.

1. Skeiding van die swaarminerale

Om die swaarminerale te kan bestudeer is dit nodig om hulle te konsentreer. Normaalweg berus alle standaard laboratoriumtegnieke vir swaarmineraalskeiding op massaskeiding van die swaarminerale met behulp van 'n swaarvloeistof soos bromoform en gewoonlik word hierdie skeiding tussen ligte en swaarminerale verkry deur òf swaarte-uitsakking òf sentrifugering van die monster in bromoform (Carver, 1971, bl. 439-445; Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 335-344; Milner, 1962, bl. 101-104; Tickell, 1965, bl. 44-46). Volgens Harmse (1963, bl. 56) bestaan daar geen betekenisvolle verskil in die doeltreffendheid van die skeiding van swaarminerale met behulp van die twee onderskeie metodes nie, mits die sand in eersgenoemde geval in die skeitregters vir twee ure gelaat word en elke 15 minute geroer word, of dit vir 15 minute lank in 'n sentrifugeerapparaat geswaai word.

Vanweë die eenvoud van die skeiding met skeitregters is hierdie metode egter deurgaans gebruik. 'n Battery van 10 skeitregters is opgestel en 250 ml bromoform is in elke skeitregter gebruik. Die bromoform wat normaalweg

na aftapping van die swaarminerale tussen die korrels van die ligte fraksie agterbly, is volgens die gewysigde metode van Harmse (1963, bl. 56-57) herwin deur telkens water in die plek van alkohol te gebruik om die bromoform uit die ligte fraksie te spoel. In plek daarvan om die bromoform te roer, is die skeitregters aan 'n vibrasie met 'n hoë frekwensie onderwerp met die doel om die swaarminerale uit die drywende ligte minerale te bevry en uitsakking te bevorder. Hierdie tegniek het nie net die tydsduur van die skeiding van twee ure na tien minute verkort nie, maar ook die doeltreffendheid van die skeidingsproses verhoog (Tabel 1). Die vibrasietegniek behoort dus ook die selektiewe retensie van swaarminerale in die drywende kors van ligte minerale (Koen, 1955, bl. 285) meer effektief teë te werk.

Die vibrasie van die skeitregters is verkry met 'n skudmasjien van die tipe wat siwwe skud deur die oordrag van 'n trilling na die blad waarop die siwwe gemonteer word. Die trilling word opgewek deur die momentum van 'n bandwiel met 'n eksentriese massaverdeling. Die regop stawe van die monteerblad, wat normaalweg gebruik word om die deksel oor die stapel siwwe op verskillende hoogtes, vas te klem, is as kolfstaanders gebruik om die skeitregters aan vas te heg. Deur die spoed van die motor te wissel kan die frekwensie van die trilling verander word. Dit is moontlik om 'n ideale instelpunt te kry waar die trilling die drywende mineraallaag net effektief in beweging hou.

Swaarminerale is onttrek uit monsters van die sandfraksie in die korrelgrootte-bereik $1,75 \phi$ tot $4,00 \phi$. Die spesifieke monster wat vir swaarmineraalskeiding gebruik is, is bekom deur die fraksies op die 60- tot 230-maas-siwwe na afloop van die meganiese analise van elke sandmonster, bymekaar te voeg, deeglik te meng en dan met behulp van 'n monsterverdeler af te kwarteer na 'n monstergrootte wat geskik is vir die onttrekking van genoeg swaarminerale om 'n korrelmontering te kan maak.

Tabel 1

Resultate van 'n eksperiment om die doeltreffendheid
te bepaal van die vibrasie- en die roertegniek
by swaarmineraalskeiding met behulp
van skeitregters

	Skeitreger vir 10 minute vibreer	Vloeistof elke 15 minute geroer tydens skeiproses van 2 ure	
Massa van steriele sand (gram)	10,0021	10,0516	10,0817
Swaarminerale by sand gevoeg (gram)	0,1046	0,1247	0,1135
Swaarmineraalinhoud (gewigspersent)	1,03	1,22	1,11
Swaarminerale herwin (gram)	0,0913	0,0889	0,0872
Swaarminerale herwin (gewigspersent)	87,3	71,3	78,6

Harmse (1963, bl. 55) het in die geval van die eoliese sand van die noord-
westelike Oranje-Vrystaat vyf gram beskou as die kleinste hoeveelheid waaruit
genoeg swaarminerale onttrek kan word vir die maak van 'n korrelmontering.
Die swaarmineraalinhoud van die sandgrond in die distrikte Lichtenburg en
Delareyville wissel egter aansienlik van plek tot plek. Sandgronde op die
Ventersdorpplawa het oor die algemeen 'n heelwat hoër swaarmineraalinhoud as
dié op die Argeëse graniet (Tabel 2).

Tabel 2

Vergelyking van swaarmineraalinhoud van sandgrond
op die Argeëse graniet en Ventersdorplawa
in die distrikte Lichtenburg en Delareyville

Monsters op Argeëse graniet		Monsters op Ventersdorplawa	
Monster	Gewigspersent	Monster	Gewigspersent
19	0,118	70	1,635
20	0,135	71	1,223
21	0,153	72	1,772
22	0,144	73	1,956
23	0,340	74	1,121
24	0,367	75	0,448
25	0,346	76	2,062
35	0,514	77	0,834

Vanweë die lae swaarmineraalinhoud van sandgronde op die Argeëse graniet, is die grootte van 'n monster vir swaarmineraalonttrekking op 10 gram gestel.

In alle gevalle is ysteroksiedaanslae op die sandkorrels eers verwyder voordat die swaarminerale onttrek is. Dit lewer helder swaarmineraalkorrels wat identifikasie vergemaklik en verhoed dat ligte minerale met korste van ysteroksied in die bromoform sink. Soutsuur kan oor die algemeen effektief gebruik word om karbonaatsement op te los en om ysteroksiedvlekke van korrels te verwyder (Carver, 1971, bl. 432; Doeglas, 1952, bl. 35; Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 314; Tickell, 1965, bl. 42; Twenhofel en Tyler, 1941, bl. 38). Die soutsuurmetode vereis egter dat die monsters in suur gekook moet word. Dit het die nadeel dat ongewenste suurdampe in die laboratorium vrygestel word en 'n trekkas dus beskikbaar moet wees. Sommige minerale soos apatiet en olivien los egter heeltemal in gekonsentreerde soutsuur op terwyl

andere soos biotiet en horingblende tot 'n mate deur gekonsentreerde sout-suur verkleur word (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 355; Van Andel, 1950, bl. 13).

'n Baie suksesvolle metode om ysteroksied te verwyder en wat die bogenoemde nadele uitskakel, is die natriumditioniet-sitraatprosedure (Kunze, 1965, bl. 574-576). Hierdie metode is tydens die ondersoek van die sandgronde gebruik om sandmonsters vir swaarmineraalonttrekking skoon te maak. Tien gram van elke sandmonster word in 'n 250-ml-beker geplaas. Ongeveer 80 ml 0,3 M natriumsitraat-oplossing en 10 ml 1 N natriumkarbonaat-oplossing word by elke monster gevoeg. Hierna word die monsters op 'n waterbad verhit en ongeveer 2 gram natriumditioniet ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) word in poeivorm by elkeen gevoeg. In die loop van die eerste minuut word die monsters goed geroer en daarna af en toe tydens die 15 minute wat toegelaat word vir die volledige oplossing van die ysteroksied op die sandkorrels. Tydens die skoonmaakproses tree die natriumsitraat op as 'n chelaat-agens vir die ferro- en ferrivorms van yster terwyl die natriumkarbonaat die oplossing buffer en die natriumditioniet die yster reduceer (Kunze, 1965, bl. 575). Na 15 minute word die vloeistof van elke monster afgeskink, word dit deeglik gewas en in die droogoond droog gemaak. As dit droog is, kan die sandkorrels met 'n rubberprop van mekaar los gevryf word en is die monsters gereed vir die swaarmineraalskeiding.

2. Montering van die swaarminerale:

In die meerderheid van gevalle was dit nodig om die swaarmineraalopbrengs, voordat 'n korrelmontering gemaak kon word, na kleiner fraksies met behulp van 'n mikroverdeler (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 357-359) te verdeel. Die fraksie wat so verkry is, is op die volgende wyse gemonteer (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 360; Swift, 1971, bl. 502; Tickell, 1965, bl. 55).

'n Glasplaatjie (48 x 28 mm) word een kant mat geslyp, met water gewas en verder skoon gemaak deur dit in alkohol te doop en dan met 'n rafelvrye

lap af te droog. Die plaatjie word op 'n warmplaat geplaas en ongeveer 10 druppels Kanadabalsem, opgelos in xilol, word op die matkant daarvan gedrup en eweredig oor 'n oppervlakte so groot soos die dekglasie, wat gebruik gaan word, versprei.

Die balsem op die glasplaatjie word by 'n temperatuur van 105° tot 115°C verhit om die oplosmiddel af te damp. Bokant 115°C is die xilol geneig om te vinnig af te damp en borreltjies in die balsem na te laat. Sodra die Kanadabalsem die toestand bereik waar dit bros raak as dit afkoel, is dit geskik vir die montering van die swaarmineraalkorrels. Hierdie toestand word vasgestel deur telkens 'n druppel van die balsem met 'n naald op te tel, dit te laat afkoel en dan met die vingernael vir brosheid te toets.

Sodra die balsem lank genoeg verhit is, word die swaarmineraalkorrels eweredig oor die balsembedekte gedeelte van die plaatjie gestrooi en toegelaat om in te sak. 'n Skoon dekglasie word regop tussen die duim en voorvinger gehou en met sy breë dimensie reghoekig ten opsigte van die lengte van die glasplaatjie teenaan die balsempoel op die plaatjie neergesit. Dit word 'n klein entjie inbeweeg teen die balsempoel sodat die balsem effens agter die dekglasie opdam. Met behulp van 'n naald met 'n fyn hakie word die dekglasie dan versigtig oor die balsempoel gekantel sodat dit geleidelik van die een kant na die ander oor die lang dimensie van die plaatjie in kontak met die balsem kom. Hierdie tegniek verhoed dat lugblasies onder die dekglasie vasgekeer word.

Die plaatjie word dan van die warmplaat afgehaal en druk word versigtig op die dekglasie uitgeoefen sodat die oormaat balsem uitgepers word. Na die plaatjie afgekoel het, word die balsem wat onder die dekglasie uitgepers is, met 'n warm mes afgeskraap en word die plaatjie eers met xilol en dan met bensien skoongemaak. Die nommer van die monster kan op die mat-geslypte deel van die plaatjie, wat onder die dekglasie uitsteek, met potlood geskrywe word.

3. Morfometriese ondersoek van die swaarminerale

Die korrelgroottes van epidoot, andalusiet, sirkoon, toermalyn, stouroliet en rutiel is bepaal. Die swaarmineraalfraksies van monsters 19 tot 23 is vir hierdie doel gebruik. Ongeveer twee-honderd korrels van elke mineraal is onder die mikroskoop met behulp van 'n gekalibreerde mikrometerokulêr gemeet en die deursnit van elke korrel, reghoekig met sy langste dimensie, is bepaal. Die deursneë is in nege klasse ingedeel en die frekwensie vir elke klas na persentasies omgewerk (Bylae D). Die resultate van hierdie korrelgrootte-metings is in die vorm van histogramme voorgestel (Plaat VI).

Die rondheid van elk van die minerale epidoot, andalusiet, toermalyn en sirkoon is bepaal terwyl rondheidswaardes vir 50 korrels elk van stouroliet en rutiel bereken is. Metings is op nagetekende projeksiebeelde van die onderskeie minerale met behulp van 'n elektroniese korrelgrootte-analiseerder van Zeiss (die TGZ-3-model) uitgevoer (Boggs, 1967) en rondheidswaardes is bereken deur Wadell se formule, $\text{rondheid} = \frac{N}{\sum \left(\frac{R}{r} \right)}$ (Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 285), te gebruik. Die berekeninge is met die hulp van 'n rekenaar uitgevoer wat tergelyke tyd ook die rondheidswaardes vir elke mineraal in tien rondheidsklasse ingedeel het en die frekwensies vir elke klas gegee het (Bylae E). Die resultate is in die vorm van frekwensievelhoeke voorgestel (Plaat VI).

4. Mineralogiese analise van die swaarmineraalfraksie en die voorstelling en interpretasie van die resultate

Die metode wat vir die analise van die swaarmineraalfraksies van die sandgronde van die distrikte Lichtenburg en Delareyville gevolg is en wat deur meeste petrograwe gevolg word om die relatiewe proporsies swaarminerale van 'n sediment te bepaal, is die telmetode (Griffiths, 1967, bl. 210; Krumbein en Pettijohn, 1938, bl. 469; Twenhofel en Tyler, 1941, bl. 99). Gewoonlik word die swaarminerale langs lynroetes of binne die veld van die mikroskoop getel (Griffiths, 1967, bl. 210; Van Andel, 1950, bl. 14). Die

lyntelmetode word oor die algemeen verkies omdat dit eenvoudiger en minder stremmend op die oog is. Met behulp van 'n meganiese tafel kan arbitrêre dog eweredig verspreide roetes oor die korrelmontering geneem word en die oog hoef hom slegs te bepaal by die korrels wat in die middel van die veld by die kruisdraad verby beweeg.

Om die relatiewe frekwensies van die verskillende swaarminerale as onderlinge persentasies uit te druk, het die Nederlandse skool van petrograwe die prosedure ontwikkel om die eerste honderd korrels wat in die montering teëgekom word, te identifiseer en in opake en nie-opake minerale te klassifiseer. Hierna word die opake minerale geïgnoreer en die telling van die nie-opake minerale word tot 'n honderd gebring (Griffiths, 1967, bl. 210). Onder die groep nie-opake minerale word ook daardie minerale getel wat wel deurskynend is, maar wat nie identifiseerbaar is nie omdat hulle òf aggregate van baie fyn minerale is òf deur verandering troebel geraak het. Van Andel, (1950, bl. 45-46; 1958, bl. 235) het die term "alteriet" vir hierdie groep minerale in gebruik gebring. Volgens Carroll (1957, bl. 111) is die gebruik van die term alteriet sonder kwalifikasie egter nie wenslik nie aangesien dit feite van mineralogiese betekenis mag verbloem. Daar behoort gevolglik 'n poging aangewend te word om veranderde mineraalkorrels sover moontlik te identifiseer.

In die geval van die swaarmineraalassosiasie van die sandgrond van die distrikte van Lichtenburg en Delareyville was dit moontlik om alle oorgange vanaf helder na veranderde epidootkorrels en epidootaggregate te herken. Om hierdie rede is daardie veranderde mineraalkorrels wat nie noodwendig opties identifiseerbaar was nie maar wel op grond van hulle voorkoms en assosiasie as veranderde epidoot en epidootaggregate herken kon word, afsonderlik van die ander alteriete, as "epidootalteriete" geklassifiseer. Hoewel hulle aanvanklik afsonderlik getel is (Bylae F), is hulle vir interpretasiedoeleindes saam

met die helder epidootkorrels (pistasiet en klinozoïsisiet) as minerale van die epidootgroep voorgestel (Plaat IXa).

Die tegniek om na die aanvanklike mineraalanalise 'n spesifieke deel van die mineraalassosiasie vir verdere telling af te sonder met die doel om dié groep se verhoudings in terme van persentasies te vind, is ook op die nie-opake mineraalassosiasie onderling toegepas. Die doel hiermee was om tussen daardie minerale met 'n lokale herkoms en dié wat in die gebied ingevoer is, te differensieer (Bylae G en H). In hierdie verband is epidoot op grond van sy hoekigheid en groter gemiddelde korrelgrootte (Plaat VI) eerstens uitgesonder as 'n mineraal wat hoofsaaklik van plaaslike gesteentes afkomstig moet wees. Daar bestaan dan ook min twyfel dat die brongesteentes van meeste van die epidoot lokale dagsome van Ventersdorplawa is wat, volgens Von Backström en andere (1953, bl. 14), in baie gevalle verander en geëpidotiseer is. Dat die voorkoms van epidoot as swaarmineraal in die sandgrond wel in verband gebring kan word met daardie dele van die gebied wat deur Ventersdorplawa onderlê word, blyk ook uit die verspreiding van die epidoot (vergelyk Plate IXa en II). Die groot variasie in die epidootinhoud van die sandgrond wat die Ventersdorplawa oorlê, is waarskynlik toe te skrywe aan 'n wisseling in die mate van vermenging van lokale en aangevoerde materiaal, wat weer afhanklik is van die aanwesigheid of afwesigheid van prominente dagsome in die nabyheid van die spesifieke punt waar die monster geneem is.

Om die groot verdunningseffek uit te skakel wat die bymenging van lokale epidootminerale op die res van die swaarminerale van die nie-opake assosiasie het, is 100 korrels van die nie-opake minerale aanvanklik getel waarna epidoot geïgnoreer is en die persentuele verhouding van die res van die minerale van die nie-opake assosiasie deur verdere telling bepaal is. Hierdie minerale is andalusiet, sirkoon, toermalyn, rutiel en stouroliet wat die belangrikste komponente van die versameling uitmaak en kianiet, horingblende en granaat wat

as ondergeskikte minerale slegs in sommige monsters voorkom en feitlik nooit twee persent oorskry nie (Bylae G).

Dat andalusiet ook 'n mineraal is wat, net soos epidoot, waarskynlik nie in die bogenoemde assosiasie tuishoort nie, word op grond van die growwer en polimodale korrelgrootte-verdeling, swakker afronding (Plaat VI) en verskillende verspreidingspatroon van hierdie mineraal vergeleke met dié van die ander minerale in die assosiasie (Plaat IX b - f) gepostuleer. Die feit dat 'n enkel andalusietkristal die enigste swaarmineraal in die heel growwe fraksie (tussen -1ϕ en $+2\phi$) van monster 60 was en dat Harmse (1973, persoonlike mededeling) ook growwe kristalle van hierdie mineraal in 'n sand naby Lichtenburg aangetref het, verleen steun aan die vermoede dat andalusiet, deur ander agense as wind, direk van sy bron, naamlik die andalusiethoringfelse van die westelike Bosveldkompleks, in die gebied ingevoer is. Gletsers wat tydens die Dwykaperiode van die hoogliggende gebied in die sentrale Transvaal in 'n suidwestelike rigting gevloei het (Stratten, 1970, bl. 485), kon verantwoordelik gewees het vir die invoer en verspreiding van andalusiethoudende materiaal oor die gebied. Die sistematiese afname in die andalusietinhoud van die sandgronde in 'n suidwestelike rigting in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville (Plaat IXb) is waarskynlik eerder verteenwoordigend van die tipe verspreidingspatroon wat geassosieer word met 'n transportasie-agens wat 'n laer viskositeit het as ys. Aangesien die oostelike sytakke van die paleo-Harts-rivier waarskynlik van die hoë gebied van die westelike Bosveldkompleks gedreineer het (Fig. 7), word daar nou gepostuleer dat hierdie dreineringsstelsel verantwoordelik was vir die aanvanklike verspreiding van die andalusiet in die gebied. Die andalusiet is waarskynlik ook deur ander paleo-dreineringsstelsels van die Tersiêre Periode, wat moontlik radiaal weg van die hoë gebied van die westelike Bosveldkompleks ook na die noorde en noordweste gedreineer het, vervoer en as 'n groot verspreidingskaduwee (Pettijohn, 1957, bl. 573) om die ooreool van die westelike Bosveldkompleks afgesit. Gedurende

periodes van droogte is die andalusiet waarskynlik verder versprei deur heersende noordwestewinde wat sand uit die lope van die dreineringsstelsels van die Tersiere Periode gewaai het. Hierdie voorstelling word ook aangebied as 'n moontlike verklaring vir die herkoms van die andalusietprovinsie van Poldervaart (1957, bl. 108) in die suidooste van Botswana.

Indien die andalusiet en epidoot buite rekening gelaat word, toon die ander minerale van die oorspronklike nie-opake assosiasie van die sandgronde van die distrikte Lichtenburg en Delareyville 'n hoë mate van ooreenkoms wat hul afronding, korrelgrootte-verdelings (Plaats VI) en verspreidingspatrone betref (Plaats IX, c - f). Op plaats IX verteenwoordig c, d, e en f die afsonderlike persentasies en verspreiding van toermalyn, sirkoon, stouroliet en rutiel respektiewelik, soos bepaal is deur die telling van 'n honderd van hierdie mineraalkorrels. Tydens hierdie telling is alle korrels van epidoot en andalusiet asook eievormige sirkoon en toermalyn, wat moontlik uit die Argeiese graniet in die gebied afkomstig is, geïgnoreer.

Indien toermalyn, sirkoon, stouroliet en rutiel dus aanvaar word as die vernaamste swaarminerale van die eoliese komponent van die sandgrond van die distrikte van Lichtenburg en Delareyville is die hoë mate van afronding (Plaats VI) en egaligheid van verspreiding wat hierdie minerale vertoon (Plaats IX c, -d, -e en -f), maklik verklaarbaar. Die geringe wisseling wat wel in die onderlinge persentasies van hierdie minerale voorkom, kan as toevallige variasies (Doeglas, 1952, bl. 50; Van Andel, 1950, bl. 9) beskou word.

F. Gevolgtrekking

Die sedimentpetrologie van die sandgronde van die distrikte Lichtenburg en Delareyville toon dat hierdie gronde hoofsaaklik mengsels in verskillende verhoudings is van 'n komponent van lokale oorsprong en eoliese sand wat in 'n suidoostelike rigting oor die gebied versprei het.

Omdat die eoliese komponent volledig in die grondprofiel opgeneem is, word die aanwesigheid daarvan in hierdie omgewing dus grootliks verberg.

Verder het die resultate van die sedimentpetrologiese en morfotektoniese ondersoek in die omgewing van die Bo-Hartsrivier ook betrekking op die probleem van die ouderdom en omvang van Kalaharisandverspreiding. Op die openingsitting van die Derde Pan-Afrikaanse Kongres in verband met Voorgeskiedenis te Livingstone in 1955 is algemeen aanvaar dat daar in Suidelike Afrika meer as een fase van afsetting van eoliese sand was. Volgens die besluite van hierdie kongres moet eerder verwys word na "sand van die Kalahari-tipe" as na "Kalaharisand" wanneer daar onsekerheid oor die korrelasie en omvang van enige sodanige fase van sandverspreiding bestaan (Clark, 1957, Resolusie 2, bl. xxxii). Volgens Poldervaat (1957, bl. 114) word die ouer oppervlakkige sande van die ware Kalahari gekenmerk deur 'n nie-opake swaarmineraalassosiasie bestaande uit sirkoon, toermalyn, stouroliet en rutiel terwyl die jonger herafgesette sand daarvan verskil vanweë die toevoeging by hierdie assosiasie van ander minerale soos epidoot, granaat, sillimaniet of andalusiet wat in sommige omgewings prominente proporsies mag aanneem.

Die vraag bestaan of hierdie kriterium geldig is vir die onderskeiding van die ouer eoliese afsettings van die jonger fases van sandverspreiding? Die waarskynlikheid dat die eoliese komponent van die andalusiehoudende sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville verteenwoordigend is van 'n baie ou fase van eoliese sandtransgressie oor die gebied, word gesteun deur die volledige mate van opname van die eoliese sand in die grondprofiel, die hoë slikinhoud daarvan en die verhouding wat dit tot die paleo-fisiografiese kenmerke van die omgewing het. Indien die geomorfologiese getuienis as dateringsfaktor aanvaar word, is die afsetting van eoliese sand in die distrikte van Lichtenburg en Delareyville 'n gebeurtenis wat die laat-Tersiêre diastrofisme in die gebied voorafgegaan het. Dat die eoliese sand ouer as laat Tersiêr is, is in ooreenstemming met Mabbutt (1957, bl. 124) se

gevolgtrekking aangaande die ouderdom van die eoliese sandbedekking van die suidwestelike Kalahari, wat op fisiografiese getuienis gegrond is.

IV. SAMEVATTING

In die distrikte van Lichtenburg en Delareyville dreineer die bo-lope van die Hartsrivier 'n gebied wat beskrywe kan word as 'n relatiewe plat vlakte met min opvallende reliëfkenmerke. Hierdie vlakte is 'n oorblyfsel van 'n ou erosieoppervlak waarop die paleo-Hartsrivier teen die einde van die Tersiêre Periode ingesny was. Hierdie paleo-rivierstelsel moes 'n groot gebied gedreineer het wat waarskynlik noordwaarts tot diep in Botswana gereik het. Na die weste het sytakke van die rivier moontlik oor 'n groot oppervlakte gestrek en daar is aanduidings dat die oostelike sytakke van die middel-lope van die stelsel waarskynlik in 'n noordoostelike rigting oor die huidige waterskeiding tussen die Vaal- en Krokodilriviere gereik het. Die oostelike sytakke van die paleo-Hartsrivier wat van die hoë gebied van die Bosveld-kompleks gedreineer het, het sediment vervoer waarin die vernaamste swaar-mineraal andalusiet afkomstig van die oueool van die westelike Bosveldkompleks was. Afgesien hiervan het hierdie dreineringsstelsel ook diamante vervoer. Die bron van hierdie diamante was waarskynlik die kimberliet: van Swartruggens.

Die paleo-Hartsrivier was toe waarskynlik, ten minste in sy middellope, gedeeltelik besig met die erosie van 'n Kalaharisandbedekking wat reeds voor die einde van die Tersiêre Periode as 'n aaneenlopende afsetting oor die gebied aanwesig was. Hierdie afsetting van eoliese sand, wat van die noordweste oor die gebied versprei is, is tans deeglik vermeng met lokale saproliet op die ou erosie-oppervlak soos afgelei kan word uit die sedimentpetrologie van die sandgronde wat in die distrikte Lichtenburg en Delareyville aangetref word.

Teen die einde van die Tersiêre Periode het 'n korsverbuiging langs 'n noordoos-suidwesstrekkende lyn (die Griekwaland-Transvaal-as) oor die dreinerings

van die onderste loop van die paleo-Hartsrivier ontwikkel. Hierdie korsverbuiging was in die vorm van 'n liniêre korsopheffing, vergesel van komvormige depressies aan beide kante en is afgedruk op 'n ou Voorkambriese simatogeen. Die as daarvan word tans verteenwoordig deur dagsome van verlengde koepelvormige liggame van Argeïese graniet van oos van Lichtenburg tot verby Schweizer-Reneke in die suidweste.

Die afbuiging van die landoppervlak aan die noordwestekant van die verbuigingsas het nie net die paleo-Hartsrivier van sy onderste loop afgesny nie, maar ook veroorsaak dat die bo-lope van die paleo-Hartsrivier en die dreineringsstelsel van die paleo-Droë-Hartsrivier, wat ook na die suide in die Vaalrivier gedreineer het, aanmekaar gekoppel geraak het. Hierdie stroomrowing van die bo-lope van die paleo-Hartsrivier deur 'n sytak van die paleo-Droë-Hartsrivier, was die direkte gevolg van die skuinskanteling, as gevolg van die korsverbuiging, van twee aangrensende paleo-dreineringskomme. Die effek van skuinskanteling op die paleo-Hartsdreineringskom word verder ook gemanifesteer in die hoofsaaklik eensydige ontwikkeling van jonger tersiêre sytakke aan die suidoostekant van twee van die oorspronklike oostelike sytakke van die middellope van die paleo-Hartsrivier, wat tans deur die huidige Bo-Hartsrivier tussen Barberspan en Lichtenburg en deur die Klein-Hartsrivier verteenwoordig word. In teenstelling hiermee verteenwoordig die ry groot panne wes van die Hartsrivier tussen Barberspan en Schweizer-Reneke, die oorblyfsels van sytakke wat aan die westekant van die paleo-Hartsrivier voorgekom het, terwyl die ry panne van Barberspan na Manunipan in 'n verlate stroomop-gedeelte van die hoofdal van die paleo-Hartsrivier voorkom.

Afgesien van die feit dat 'n verlaging in gradiënt as gevolg van die kanteling waarskynlik verantwoordelik was vir die stagnasie van die westelike sytakke en 'n deel van die ou hoofloop van die paleo-Hartsrivier, is hierdie lope ook van hul hoofwaters beroof deur sytakke van die Moloporivier wat

vanweë die afbuiging van die landoppervlak na die noordweste, energiek in 'n suidoostelike rigting in die ou erosie-oppervlak van die paleo-Hartsrivier teruggesny het. As gevolg van hul lae gradiënte en die afsnyding van hul hoofwaters, is hierdie lope tot diskontinue en stagnante poele gereduseer. Tydens droë periodes het hierdie poele heeltemal opgedroog en is hulle deur winderosie mettertyd vergroot om die groot panne te vorm.

Met verloop van tyd het 'n sytak van die Moloporivier ook een van die oostelike sytakke van die paleo-Hartsrivier bereik en dit verlê sodat dit westwaarts in die Molopo gedreineer het. Die oorblyfsels van hierdie loop en sy verlegging word deur die liniêre afsetting van diamantdraende gruis op die plase Diepholte, Welverdiend, Grasfontein en La Rys Stryd, noord van Lichtenburg en deur die gruis van die Moloporeserwe naby Mafeking, verteenwoordig.

Met geleidelike wegsakking van die Bosveldkom gedurende die laat-Tersiêr tot vroeë Pleistoseen, is die hoofwaartse dreinerings van die oostelike sytakke van die paleo-Hartsrivier ook mettertyd afgesny as gevolg van die effek van stroomop-kanteling. Tydens hierdie periode het versakkinge in die dolomiet ontstaan deurdat die grondwatertafel gedaal het namate die gebied geleidelik opgehef en verbuig is. Vanweë die geleidelike insakking is die ouer gruis in die lope op die dolomiet mettertyd deur die insakking gekantel sodat jonger gruis diskordant op die ouer gruis afgesit is.

Die rugvormige opheffing van die Griekwaland-Transvaal-as word nie alleen met die afbuiging van die landoppervlak aan sy noordwestekant vereenselwig nie, maar daar word ook 'n soortgelyke afbuiging van die kors aan die suidoostekant daarvan voorgestel. Dat so 'n kanteling van die landoppervlak aan die suidoostekant wel plaasgevind het, word weerspieël deur die asimmetrie van die dwarsprofiel van die dreineringskom van die Vaalrivier tussen Klerks-

dorp en Barkly-Wes. Hierdie asimmetrie van die profiel van die Vaaldreineringskom vind uitdrukking in die gradiëntverskille van die sytakke wat respektiewelik aan die noordweste- en suidoostekante van die Vaalrivier voorkom. Dit is duidelik dat die groter aantal relatief steiler en korter sytakke aan die noordwestekant van die Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes, "jeugdige" kenmerke is wat as gevolg van die Griekwaland-Transvaal-diastrofisme ontwikkel het. Die diamantdraende gruisafsetting wat met drie van hierdie lope, naamlik die Bamboesspruit, die Makwassiespruit en die Skoonspruit geassosieer is, word beskou as hergetransporteerde afsettings afkomstig van 'n ou oostelike sytak van die onderste loop van die paleo-Hartsrivier. Hierdie sytak het voor die ontwikkeling van die Griekwaland-Transvaal-as waarskynlik in die omgewing van Koosfontein (Naby Bloemhof) by die paleo-Hartsrivier aangesluit. As gevolg van hul hoofwaartse erosie, was dit eers die Bamboesspruit en later die Makwassiespruit en daarna die Skoonspruit wat daarvoor verantwoordelik was dat die dreineringsring van hierdie oostelike sytak van die paleo-Hartsrivier, respektiewelik, langs eers die een en toe die ander van hierdie dreineringskenmerke ver lê is.

In teenstelling met die hoër gradiënte wat op die hange aan die noordwestekant van die paleo-Vaalrivier ontwikkel het, is die gradiënte op die gepediplaneerde landoppervlak suidoos van die paleo-Vaalrivier aansienlik verminder deur die kanteling van sy dreineringskom as gevolg van die afbuiging van die kors aan die suidoostekant van die Griekwaland-Transvaal-as. Dit het meegebring dat gradiënte van strome wat hierdie kant van die Vaalrivier gedreineer het soveel verlaag is dat die dreineringsring oor die algemeen onbepaald in dié gebied geword het. Groot vlak mere of panne het as gevolg hiervan ontstaan en vorm tans deel van die panneveld van die noordwestelike Oranje-Vrystaat.

Die afname in omvang van die opvanggebied van sytakke aan die noordwestekant en die versteuring van die dreineringsring aan die suidoostekant van die

paleo-Vaalkom deur die Griekwaland-Transvaal-diastrofisme, het 'n merkbare effek op die afloop in die paleo-Vaalrivier tussen Klerksdorp en Barkly-Wes gehad. Hierdie versteuring van die dreineringsasook die versnelling van verskuiwing van die rivier na die suidooste en die ontstaan van 'n knikpunt in die lengteprofiel van die paleo-Vaalrivier deur die verlegging van sy loop langs 'n gedeelte van die dieper ingesnyde vallei van die paleo-Hartsvier, het die ontstaan van die ouer hoë-vlak-gruise tot gevolg gehad.

V. BEDANKINGS

Hiermee wens ek my hartelike dank en erkentlikheid uit te spreek teenoor prof. P.B. Ackermann van die Departement Geologie en prof. H.J. von M. Harmse van die Departement Bodemkunde van die Potchefstroomse Universiteit vir C.H.O. vir hulp, leiding, advies en belangstelling gedurende hierdie ondersoek.

Mej. M.M. du Plessis en mnr. E. Schulze word bedank vir hulp met die natrek en die fotografiese reproduksie van illustrasies.

VI. V E R W Y S I N G S

- BAGNOLD, R.A. (1941) The physics of blown sand and desert dunes. Methuen and Co., London, 266 pp.
- BLATT, H., MIDOLETON, G., and MURRAY, R. (1972) Origin of sedimentary rocks. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 634 pp.
- BOGGS, S. (1967) Measurement of roundness and sphericity parameters using an electronic particle-size analyzer. J. sediment. Pet., 37, 908-913.
- BOND, G. (1948) The direction of origin of the Kalahari sand in Southern Rhodesia. Geol. Mag., 85, 305-315.
- CARROLL, D. (1957) Use of the term "alterite". Amer. Miner., 42, 110-113.
- CARVER, R.E. (1971) Heavy mineral separation, 427-452 in Carver, R.E., ed., "Procedures in sedimentary petrology." John Wiley and Sons, Inc., New York, 653 pp.
- CLARK, J.D. (1957) Opening session, resolutions, xxxi-xxxiv in Clark, J.D., ed., 3rd Pan Afr. Congr. Prehistory. Chatto and Windus, London, 440 pp.
- _____ (1959) The prehistory of Southern Africa. Penguin Books Ltd., Middlesex, 341 pp.
- COOKE, H.B.S. (1946) The development of the Vaal River and its deposits. Trans. geol. Soc. S.Afr., 49, 243-259.
- DIXEY, F. (1956) Some aspects of the geomorphology of Central and Southern Africa. Trans. geol. Soc. S.Afr., 58 Annex., 1-58.

- DOEGLAS, D.J. (1952) Afzettingsgesteenten. Meijer's Boek- en Handelsdrukkerij N.V., Amsterdam, 173 bl.
- DUNBAR, C.O. and RODGERS, J. (1957) Principles of stratigraphy. John Wiley and Sons, New York, 356 pp.
- DU TOIT, A.L. (1906) "Geological Survey of the Eastern Portion of Griqualand West". Rep. geol. Comm. C.G.H., XI, 87-176.
- _____ (1910) The evolution of the river system of Griqualand West. Trans. roy. Soc. S.Afr., 1, 347-361.
- _____ (1933) Crustal warping as a factor in the geographical evolution of South Africa. S. Afr. geogr. J., 16, 3-20.
- _____ (1951) The diamondiferous gravels of Lichtenburg. Mem. geol. Surv. S. Afr., 44, Govt. Printer, Pretoria, 1-50.
- _____ (1954) The geology of South Africa, 3rd. ed., S.H. Haughton, ed. Oliver and Boyd, Edinburgh, 611 pp.
- FOLK, R.L. (1965) Petrology of sedimentary rocks. Hemphills, Austin, Texas, 154 pp.
- FOLK, R.L. and WARD, W.C. (1957) Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. J. sediment. Pet., 27, 3-26.
- GALEHOUSE, J.S. (1971) Sedimentation analysis, 69-94, in Carver, R.E. ed., "Procedures in sedimentary petrology". John Wiley and Sons, Inc., New York, 653. pp.

GRIFFITHS, J.C. (1967)

Scientific method in analysis of sediments. McGraw-Hill Book Co., New York, 508 pp.

HARMSE, H.J. von M. (1963)

The sedimentary petrology of the aeolian sands in the north-western Orange Free State. M.Sc. thesis (unpublished), Potchestroom University for C.H.E., 101 pp.

_____ (1967)

Soil genesis in the Highveld Region of South Africa. D.Sc. thesis (unpublished), Rijks University, Utrecht, 201 pp.

HAUGHTON, S.H. (1969)

Geological history of Southern Africa. Geological Society of South Africa, Johannesburg, 535 pp.

HOLMES, A. (1966)

Principles of physical geology. Thomas Nelson and Sons, London, 1288 pp.

INGRAM, R.L. (1971)

Sieve analysis, 49-67, in Carver, R.E., ed., "Procedures in sedimentary petrology." John Wiley and Sons, Inc., New York, 653 pp.

INMAN, D.L. (1952)

Measures for describing the size distribution of sediments. J. sediment. Pet., 22, 125-145.

ISPHORDING, W.C. (1970)

Fortran IV program for calculation of measures of central tendency and dispersion on IBM 360 computer. J. Geol., 78, 626-628.

- KING, L.C. (1947) Landscape study in Southern Africa. Proc. geol. Soc. S. Afr., 50, xxiii-lii.
- _____ (1961) Cymatogeny. Trans. geol. Soc. S. Afr., 64, 1-20.
- _____ (1963) South African Scenery, 3rd ed. Oliver and Boyd, Edinburgh, 308 pp.
- KOEN, G.M. (1955) Heavy minerals as an aid to the correlation of sediments of the Karroo System in the northern part of the Union of South Africa. Trans. geol. Soc. S. Afr., 58, 281-356.
- KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. (1938) Manual of sedimentary petrography. Appleton-Century Co., New York, 549 pp.
- KUNZE, G.W. (1966) Pretreatment for mineralogical analysis, 568-577 in Black, C.A., ed., "Methods of soil analysis", Part 1. American Society of Agronomy, Inc., Wisconsin, pp. 1-70.
- MABBUTT, J.A. (1957) Physiographic evidence for the age of the Kalaharisand of the south-western Kalahari, 123-126 in Clark, J.D., ed., "3rd Pan-Afr. Congr. Prehistory". Chatto and Windus, London, 440 pp.
- MASON, R.J. (1959) Later Pleistocene stratigraphy in the Transvaal and its relation to the East African sequence. S.Afr. Archeol. Bull., 14, 3-8.

- MASON, R.J. (1967) The archeology of the earliest superficial deposits in the lower Vaal Basin near Holpan, Windsorton district. S. Afr. geogr. J., 49, 39-56.
- McCONNELL, R.B. (1955) Annu. Rep. geol. Surv. Bech. Prot., 1955, Cape Times Ltd., Parow, 46 pp.
- MILNER, H.B. (1962) Sedimentary petrography, 4th ed., Thomas Murby and Co., Vo. 2, pp. 1-643.
- PARTRIDGE, T.C. and BRINK, A.B.A. (1967) Gravels and terraces of the lower Vaal River basin. S. Afr. geogr. J., 49, 20-38.
- PETTIJOHN, F.J. (1957) Sedimentary rocks, 2nd ed., Harper and Bros., New York, 718 pp.
- POLDERVAART, A. (1957) Kalahari sands, 106-114 in Clark, J.D., ed., "3rd Pan-Afr. Congr. Prehistory". Chatto and Windus, London, 440 pp.
- SÖHNGE, P.G.; VISSER, D.J.L. and VAN RIET LOWE, C. (1937) The geology and archaeology of the Vaal River basin. Mem. geol. Surv. S. Afr., 35, Govt. Printer, Pretoria, 9-59.
- STRATTEN, T. (1970) Tectonic framework of sedimentation during the Dwyka period in South Africa, 483-490 in "Second Gondwana Symposium, South Africa (1970) Proceedings and Papers", Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, 689 pp.

- SWIFT, D.J.P. (1971) Grain mounts, 499-510 in Carver, R.E., ed., "Procedures in sedimentary petrology". John Wiley and Sons, Inc., New York, 653 pp.
- THORNBURY, W.D. (1969) Principles of geomorphology, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 594 pp.
- TICKELL, F.G. (1965) The techniques of sedimentary mineralogy. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 220 pp.
- TWENHOFEL, W.H. and TYLER, S.A. (1941) Methods of study of sediments. McGraw-Hill Book Co., New York, 183 pp.
- VAN ANDEL, Tj.H. (1950) Provenance, transport and deposition of Rhine sediments. H. Veenman and Zonen, Wageningen, 129 pp.
- _____ (1958) A defence of the term alterite. J. sediment. Pet., 28, 234-235.
- VAN EEDEN, C.R.; DE WET, N.P. and STRAUSS, C.A. (1963) The geology of the area around Schweizer-Reneke. Explan. Sheets 2724B (Pudimoe) and 2725A (Schweizer-Reneke), Geol. Surv., Dep. Min. S. Afr., Govt. Printer, Pretoria, 76 pp.
- VON BACKSTRÖM, J.W.; SCHUMANN, F.W.; LE ROEX, H.D.; KENT, L.E. and DU TOIT, A.L. (1953) The geology of the area around Lichtenburg. Explan. Sheet 54, Geol. Surv., Dep. Min. S. Afr., Govt. Printer, Pretoria, 1-61.
- VON BACKSTRÖM, J.W. (1962) Die geologie van die gebied om Ottosdal, Transvaal. Toeligt. Blaaie 2625D (Barberspan) en 2626C (Ottosdal), Geol. Opn., Dep. Myn. S. Afr., Staatsdrukker, Pretoria, 63 bll.

WELLINGTON, J.H. (1955)

Southern Africa: a geographical
study, Vol. 1. University Press,
Cambridge, 518 pp.

VII. B Y L A E S

Bylae A

Variasie in die persentasie slik in die sandgrond
van die distrikte Lichtenburg en Delareyville

Monster	Slik %	Monster	Slik %
18	30	42	32
19	35	43	39
20	30	44	26
21	37	45	39
22	35	46	38
23	32	47	34
24	30	48	40
25	39	49	45
26	22	50	29
27	43	51	33
28	39	52	29
29	31	53	33
30	33	54	23
31	46	55	39
32	34	56	67
33	38	57	50
34	42	58	45
35	27	59	32
36	29	60	36
37	45	61A	47
38	33	61B	44
39	39	62	30
40	43	63	28
41	37	64	39

Bylae A (Vervolg)

Monster	Slik %	Monster	Slik %
65	35	92	34
66	36	93	35
67	30	94	40
68	24	95	27
69	37	96	32
70	36	97	26
71	28	98	25
72	25	99	37
73	26	100	38
74	33	101	40
75	25	102	36
76	36	103	28
77	37	104	36
78	44	105	25
79	32	106	30
80	41	107	16
81	35	108	22
82	29	109	30
83	46	110	25
84	28	111	35
85	36		
86	46		
87	31		
88	49		
89	34		
90	31		
91	35		

Bylae B

Statistiese parameters (Folk) van die sandfraksie
van die sandgrond van die distrikte Lichtenburg
en Delareyville

Monster	Gemiddelde korrelgrootte	Sortering	Skeefheid	Kurtose
18	2,15	1,55	-0,62	0,69
19	2,13	1,43	-0,61	0,69
20	2,31	1,36	-0,60	0,73
21	2,47	1,29	-0,62	0,82
22	2,23	1,38	-0,52	0,70
23	2,10	1,39	-0,59	0,66
24	2,03	1,49	-0,53	0,68
25	2,26	1,28	-0,52	0,75
26	2,15	1,43	-0,64	0,78
27	3,04	0,76	-0,50	1,98
28	2,87	0,94	-0,57	2,30
29	2,99	0,70	-0,33	2,73
30	2,70	0,66	-0,25	1,74
31	2,81	0,74	-0,35	1,65
32	2,87	0,83	-0,31	1,50
33	2,66	1,20	-0,57	1,04
34	-	-	-	-
35	2,36	1,36	-0,60	0,49
36	2,63	1,14	-0,58	1,55
37	2,88	0,99	-0,69	1,96
38	2,82	1,03	-0,53	2,24
39	2,95	0,90	0,50	2,12
40	2,81	1,04	-0,53	2,00
41	3,08	0,73	-0,34	1,95
42	3,07	0,68	-0,30	2,23
43	3,06	0,84	-0,37	1,95

Bylae 8 (Vervolg)

Monster	Gemiddelde korrelgrootte	Sortering	Skeefheid	Kurtose
44	3,01	0,81	-0,38	2,44
45	3,03	0,76	-0,34	1,89
46	2,75	0,96	-0,48	1,81
47	2,96	0,80	-0,38	1,78
48	2,59	1,17	-0,58	2,24
49	2,74	1,14	-0,55	1,52
50	2,17	1,46	-0,59	0,69
51	2,61	1,13	-0,53	0,88
52	1,92	1,62	-0,31	0,63
53	2,50	1,36	-0,56	0,78
54	2,50	1,30	-0,56	0,75
55	2,64	1,16	-0,58	1,14
56	2,79	1,09	-0,54	1,31
57	3,08	0,79	-0,36	1,92
58	2,61	1,20	-0,58	1,00
59	2,68	1,12	-0,56	1,36
60	2,79	0,92	-0,43	1,80
61A	3,20	0,56	-0,13	1,56
61B	3,18	0,59	-0,14	1,56
62	3,09	0,49	-0,07	1,39
63	3,09	0,52	-0,11	1,50
64	2,65	1,20	-0,58	1,53
65	2,57	1,25	-0,61	1,46
66	3,10	0,59	-0,19	1,91
67	2,70	1,05	-0,47	1,81
68	2,79	0,99	-0,44	1,71
69	2,56	1,14	-0,54	1,26
70	2,75	0,97	-0,48	1,74

Bylae B (Vervolg)

Monster	Gemiddelde korrelgrootte	Sortering	Skeefheid	Kurtose
71	2,75	1,01	-0,50	2,01
72	2,52	1,17	-0,51	1,18
73	2,78	1,03	-0,43	2,04
74	2,73	0,98	-0,44	1,55
75	2,66	1,08	-0,50	1,50
76	2,89	0,92	-0,45	1,96
77	2,79	1,03	-0,51	1,33
78	2,78	0,95	-0,50	1,50
79	2,70	1,63	-0,55	1,69
80	2,98	0,90	-0,42	1,80
81	2,76	1,13	-0,51	1,30
82	2,57	1,09	-0,46	1,12
83	3,07	0,79	-0,37	1,54
84	2,66	1,19	-0,54	1,03
85	2,77	1,07	-0,53	1,29
86	2,82	1,05	-0,52	1,25
87	2,21	1,56	-0,51	0,62
88	2,40	1,40	-0,61	0,74
89	2,98	0,92	-0,46	1,91
90	2,87	1,03	-0,51	1,67
91	2,61	1,25	-0,57	1,12
92	2,72	1,19	-0,56	1,24
93	2,80	1,08	-0,52	1,90
94	2,63	1,22	-0,58	1,29
95	2,42	1,39	-0,63	0,91
96	2,63	1,25	-0,57	1,52
97	2,61	1,15	-0,57	1,68
98	2,83	0,96	-0,46	2,11

Bylae B (Vervolg)

Monster	Gemiddelde korrelgrootte	Sortering	Skeefheid	Kurtose
99	2,10	0,75	-0,29	1,58
100	2,57	1,24	-0,54	1,04
101	3,04	0,37	-0,26	1,39
102	3,03	0,69	-0,21	1,36
103	2,86	0,90	-0,38	1,74
104	2,56	1,16	-0,50	1,25
105	2,76	0,97	-0,42	1,59
106	2,60	0,99	-0,50	1,44
107	2,51	1,20	-0,53	1,34
108	2,52	1,23	-0,54	1,78
109	2,57	1,08	-0,51	1,17
110	2,53	1,23	-0,54	1,18
111	2,67	0,87	-0,46	1,52

Bylae C

Die parameter Mz(Folk) van 'n gedeelte van die
sandfraksie tussen 70- en 230-maas van die
sandgrond van die distrikte Lichtenburg en
Delareyville

Monster	Mz	Monster	Mz
18	3,23	44	3,18
19	3,19	45	3,18
20	3,24	46	3,14
21	3,26	47	3,18
22	3,21	48	3,16
23	3,18	49	3,26
24	3,18	50	3,23
25	3,19	51	3,24
26	3,16	52	3,31
27	3,24	53	3,36
28	3,16	54	3,29
29	3,11	55	3,26
30	2,92	56	3,30
31	3,04	57	3,25
32	3,12	58	3,26
33	3,31	59	3,23
34	—	60	3,15
35	3,22	61A	3,25
36	3,22	61B	3,24
37	3,29	62	3,14
38	3,22	63	3,16
39	3,23	64	3,24
40	3,21	65	3,23
41	3,20	66	3,17
42	3,18	67	3,10
43	3,22	68	3,15

Bylae C (Vervolg)

Monster	Mz	Monster	Mz
69	3,16	97	3,19
70	3,14	98	3,16
71	3,17	99	3,18
72	3,15	100	3,23
73	3,15	101	3,19
74	3,15	102	3,17
75	3,17	103	3,17
76	3,20	104	3,17
77	3,25	105	3,14
78	3,20	106	3,11
79	3,24	107	3,15
80	3,27	108	3,14
81	3,25	109	3,15
82	3,14	110	3,19
83	3,29	111	3,09
84	3,29		
85	3,28		
86	3,31		
87	3,42		
88	3,32		
89	3,28		
90	3,28		
91	3,27		
92	3,36		
93	3,23		
94	3,27		
95	3,25		
96	3,25		

Bylae D

Korrelgrootteverdeling van die vernaamste swaarminerale in die
sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville.

Epidoot

Korrelgrootte klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	18	32	42	28	38	9	9	8	5
Persentasie	9,52	16,93	22,22	14,82	20,11	4,76	4,76	4,23	2,66

Andalusiet

Korrelgrootte klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	34	80	88	43	46	6	9	4	-
Persentasie	10,97	25,81	28,38	13,87	14,83	1,94	2,90	1,29	-

Sirkoon

Korrelgrootte klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	95	127	53	11	5	-	-	-	-
Persentasie	32,65	43,64	18,21	3,78	1,72				

Bylae D (Vervolg)

Toermalyn

Korrelgroot- te klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	33	94	86	39	21	2	-	-	-
Persentasie	12,00	34,18	31,27	14,18	7,64	0,73			

Stouroliet

Korrelgroot- te klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	42	82	83	32	12				
Persentasie	16,73	32,67	33,07	12,75	4,75				

Rutiel

Korrelgroot- te klasse in ϕ -eenhede	4,00-3,75	3,75-3,50	3,50-3,25	3,25-3,00	3,00-2,75	2,75-2,50	2,50-2,25	2,25-2,00	2,00-1,75
Frekwensie	66	92	36	8	4				
Persentasie	32,04	44,66	17,48	3,88	1,94				

Bylae E

Verspreiding van die rondheidswaardes van die vernaamste swaarminerale in die sandgrond van
die distrikte Lichtenburg en Delareyville

Epidoot

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,055	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	0	12	57	68	43	18	0	1	0	1
Persentasie	0,00	6,00	28,50	34,00	21,50	9,00	0,00	0,50	0,00	0,50

Andalusiet

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,055	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	0	7	25	51	47	33	16	12	6	3
Persentasie	0	3,50	12,50	25,50	23,50	16,50	8,00	6,00	3,00	1,50

Bylae E (Vervolg)

Sirkoon

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,055	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	1	0	12	25	51	47	40	16	3	5
Persentasie	0,05	0	6,00	12,50	25,50	23,50	20,00	8,00	1,50	2,50

Toermalyn

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,005	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	0	0	11	32	47	37	42	22	4	5
Persentasie	0,00	0,00	5,50	16,00	23,50	18,50	21,00	11,00	2,00	2,50

Bylae E (Vervolg)

Stouroliet

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,065	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	0	0	1	3	14	17	10	3	2	
Persentasie	0,00	0,00	2,00	6,00	28,00	34,00	20,00	6,00	4,00	

Rutiel

Rondheidsklasse	0,005-0,105	0,105-0,205	0,205-0,305	0,305-0,405	0,405-0,505	0,505-0,605	0,605-0,705	0,705-0,805	0,805-0,905	0,905-1,00
Klasmiddelpunt	0,065	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955
Frekwensie	0	0	0	2	10	11	14	10	2	1
Persentasie	0,00	0,00	0,00	4,00	20,00	22,00	28,00	20,00	4,00	2,00

Bylae F

Swearminerale van die nie-opake assosiasie in die sandgrond van die
distrikte Lichtenburg en Delareyville

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïsie	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
18	1	-	5	2	10	25	35	13	8	1	-	-
19	2	1	1	-	31	16	32	12	4	1	-	-
20	3	2	12	6	15	33	17	8	4	-	-	-
21	3	8	28	8	10	19	15	4	5	-	-	-
22	2	-	6	1	21	28	22	12	6	1	-	1
23	2	-	5	-	20	27	30	9	6	1	-	-
24	3	-	2	1	23	34	23	10	4	-	-	-
25	4	-	7	4	24	19	26	9	7	-	-	-
26	1	-	5	-	35	25	20	8	6	-	-	-
27	2	1	10	1	39	18	14	9	6	-	-	-
28	1	-	11	-	25	27	29	7	-	-	-	-
29	1	-	3	-	21	34	27	8	6	-	-	-
30	2	2	11	1	12	25	29	13	5	-	-	-
31	2	23	33	1	8	8	13	7	5	-	-	-
32	1	2	29	3	10	21	23	3	5	-	2	1

Bylae F (Vervolg)

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïsiet	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
33	7	2	17	6	7	23	22	12	4	-	-	-
34	1	4	30	8	7	16	18	11	4	1	-	-
35	4	-	16	2	13	20	37	5	3	-	-	-
36	3	1	8	2	15	21	31	17	1	-	1	-
37	4	11	27	7	13	11	21	5	1	-	-	-
38	-	3	18	1	12	36	19	8	3	-	-	-
39	5	9	49	9	9	7	8	2	2	-	-	-
40	2	22	29	3	8	18	10	5	3	-	-	-
41	1	3	8	2	11	31	29	13	2	-	-	-
42	3	1	12	-	20	26	22	12	4	-	-	-
43	3	2	11	3	12	29	23	13	4	-	-	-
44	1	9	11	5	15	21	21	12	4	-	1	-
45	3	4	18	1	12	18	30	7	6	-	1	-
46	1	4	35	4	8	11	22	13	2	-	-	-
47	5	2	27	1	15	13	26	5	4	2	-	-
48	3	15	51	5	2	7	12	4	1	-	-	-
49	-	9	47	14	7	5	10	6	2	-	-	-

Bylae F (Vervolg)

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïsiet	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
50	3	-	7	2	16	21	40	6	4	-	1	-
51	3	-	6	-	16	24	28	17	6	-	-	-
52	3	-	5	1	34	21	19	11	6	-	-	-
53	4	4	71	3	5	5	6	2	-	-	-	-
54	6	2	13	-	33	18	20	6	2	-	-	-
55	2	-	20	-	37	21	14	5	1	-	-	-
56	2	-	9	-	41	23	16	7	2	-	-	-
57	3	-	-	-	56	13	19	4	5	-	-	-
58	5	-	12	-	52	5	20	5	1	-	-	-
59	5	-	5	-	51	15	21	3	-	-	-	-
60	3	-	4	-	33	22	26	7	4	-	-	-
61A	4	-	1	-	35	23	25	8	4	-	-	-
61B	2	-	3	-	32	18	31	11	3	-	-	-
62	1	2	6	1	24	21	30	8	5	1	1	-
63	3	-	9	3	21	28	23	8	4	1	-	-
64	6	12	7	15	15	12	22	7	4	-	-	-
65	2	-	5	-	14	28	32	10	7	1	1	-
66	3	4	9	2	15	25	19	18	5	-	-	-
67	3	5	24	9	12	19	20	5	3	-	-	-

Bylae F (Vervolg)

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïsie	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
68	2	4	29	2	9	15	24	9	6	-	-	-
69	1	2	36	3	9	14	24	9	2	-	-	-
70	1	31	24	11	4	11	13	2	3	-	-	-
71	2	7	47	6	3	9	14	8	4	-	-	-
72	3	3	20	8	6	21	30	7	2	-	-	-
73	-	18	32	38	-	5	6	4	2	-	-	-
74	3	9	53	17	1	5	8	2	2	-	-	-
75	2	19	29	30	1	3	11	1	4	-	-	-
76	1	19	24	34	1	5	9	2	5	-	-	-
77	-	44	23	4	4	3	13	3	4	2	-	-
78	2	19	10	40	4	6	9	9	1	-	-	-
79	4	4	17	34	5	12	19	7	2	-	-	-
80	1	5	29	1	8	24	15	14	2	1	-	-
81	3	19	40	2	7	9	12	3	5	-	-	-
82	5	-	15	12	9	22	25	8	6	-	-	-
83	3	22	34	4	4	5	22	3	3	-	-	-
84	3	2	18	6	4	20	35	9	3	-	-	-
85	-	6	57	8	3	4	12	6	3	1	-	-

Bylae F (Vervolg)

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïsi- et	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
86	2	15	30	7	7	8	16	9	5	1	-	-
87	2	-	5	1	11	26	38	10	7	-	-	-
88	2	-	11	3	11	15	33	10	13	2	-	-
89	3	7	25	13	6	16	18	6	4	2	-	-
90	4	2	9	4	23	14	35	7	2	-	-	-
91	2	2	37	3	20	9	13	3	-	-	-	-
92	2	-	11	1	17	20	40	7	2	2	-	-
93	2	22	15	7	4	13	23	9	5	-	-	-
94	1	10	28	15	7	7	18	10	1	3	-	-
95	5	8	26	6	6	11	21	11	4	2	-	-
96	-	2	19	1	8	26	27	10	6	1	-	-
97	1	1	9	4	11	21	30	16	6	1	-	-
98	1	30	29	12	2	6	15	5	-	-	-	-
99	1	3	24	10	5	21	18	10	5	3	-	-
100	1	11	32	20	2	12	10	3	1	-	-	-
101	2	1	18	7	8	28	29	5	2	-	-	-
102	-	7	14	7	7	19	34	6	4	1	1	-
103	-	20	37	5	4	3	19	8	4	-	-	-

Bylae F (Vervolg)

Monster	Alteriet	Epidoot- alteriet	Epidoot	Klinozoïset	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horing- blende	Granaat
104	2	3	12	5	6	21	31	10	7	1	1	1
105	2	12	43	9	1	14	9	7	2	1	-	-
106	2	-	20	7	4	17	21	18	9	2	-	-
107	1	2	13	1	2	22	37	12	9	1	-	-
108	1	8	39	6	-	18	20	5	3	-	-	-
109	3	7	37	5	2	18	14	10	4	-	-	-
110	1	6	31	10	3	14	16	10	7	1	1	-
111	1	1	13	15	5	13	24	9	3	1	15	-

Bylae G

Andalusiet in verhouding tot die ander minerale
(uitgesonderd epidoot) van die nie-opake assosiasie
in sandgrond van die distrikte Lichtenburg en Delareyville

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
18	11	23	40	15	10	1	-	-
19	31	17	35	12	4	1	-	-
20	22	37	25	11	5	-	-	-
21	17	35	31	9	8	-	-	-
22	27	27	25	14	6	1	-	-
23	22	27	33	10	7	1	-	-
24	25	33	27	11	4	-	-	-
25	28	25	29	12	9	-	-	-
26	39	24	21	10	6	-	-	-
27	44	22	18	10	6	-	-	-
28	30	30	32	8	-	-	-	-
29	21	37	28	8	-	-	-	-
30	17	27	33	17	5	-	-	-
31	24	27	29	12	8	1	-	-
32	17	26	27	6	5	-	2	1

Bylae 3 (Vervolg)

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
33	10	32	30	17	10	-	-	-
34	7	31	28	18	10	2	-	-
35	21	23	46	6	4	-	-	-
36	16	25	38	19	1	-	1	-
37	29	20	36	10	5	-	-	-
38	15	43	27	9	5	-	-	-
39	23	33	31	8	4	-	-	-
40	19	21	31	21	7	-	1	-
41	11	39	34	14	1	-	1	-
42	21	29	30	14	5	-	1	-
43	15	30	35	16	4	-	-	-
44	17	23	37	15	6	-	1	-
45	17	19	44	11	7	-	1	-
46	13	21	40	19	6	-	-	-
47	21	15	47	11	4	2	-	-
48	9	24	46	18	3	-	-	-
49	14	23	45	12	5	1	-	-
50	19	24	45	6	4	-	1	-

Bylae G (Vervolg)

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
51	18	22	35	18	6	-	-	-
52	35	25	25	14	6	-	-	-
53	31	20	32	11	5	-	-	-
54	45	18	25	9	3	-	-	-
55	47	24	21	7	1	-	-	-
56	47	24	19	8	2	-	-	-
57	57	14	20	5	4	-	-	-
58	59	6	26	8	1	-	-	-
59	53	17	35	3	2	-	-	-
60	38	24	27	7	4	-	-	-
61A	36	23	28	9	4	-	-	-
61B	34	19	33	11	3	-	-	-
62	26	24	34	8	5	1	1	-
63	24	32	27	11	4	-	-	-
64	25	26	34	10	5	-	-	-
65	14	31	35	11	7	1	1	-
66	17	32	26	19	6	-	-	-
67	18	28	32	13	6	-	-	-

Bylae 3 (Vervolg)

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
68	17	23	44	12	6	—	—	—
69	11	22	43	14	7	2	2	—
70	8	28	41	16	6	—	—	—
71	10	27	36	17	7	4	—	—
72	8	29	44	14	2	1	—	1
73	6	29	38	19	8	—	—	—
74	4	32	41	13	10	—	—	—
75	8	21	45	14	8	1	2	—
76	7	24	39	14	14	—	2	—
77	18	15	42	14	9	2	—	—
78	11	22	40	20	6	1	—	—
79	15	26	36	17	5	1	—	—
80	17	31	25	22	4	1	—	—
81	21	17	39	15	8	—	—	—
82	12	30	38	10	10	—	—	—
83	8	18	51	13	8	1	1	—
84	7	22	51	15	4	—	—	—
85	11	22	43	19	4	1	—	—

Bylae G (Vervolg)

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
86	11	20	37	21	9	2	-	-
87	12	26	45	10	7	-	-	-
88	12	19	38	14	15	2	-	-
89	11	29	35	13	8	4	-	-
90	31	14	44	9	2	-	-	-
91	36	19	30	10	4	1	-	-
92	19	22	46	9	2	2	-	-
93	7	25	43	16	9	-	-	-
94	14	17	46	17	3	3	1	-
95	12	20	40	20	6	2	-	-
96	9	31	38	15	6	1	-	-
97	11	26	36	19	6	2	-	-
98	8	28	41	15	6	2	-	-
99	12	30	27	15	13	3	-	-
100	10	31	40	12	4	2	1	-
101	11	36	40	8	4	1	-	-
102	11	25	46	11	6	1	1	-
103	6	21	48	16	5	1	-	-
104	7	24	45	12	9	1	-	-

Bylae G (Vervolg)

Monster	Andalusiet	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel	Kianiet	Horingblende	Granaat
105	4	33	27	22	9	4	-	-
106	8	27	31	20	12	2	-	-
107	3	27	41	14	14	1	-	-
108	3	36	46	8	6	1	-	-
109	5	31	38	14	11	-	1	-
110	4	22	31	32	12	1	6	-
111	8	21	32	9	5	1	25	-

Bylae H

Onderlinge persentasies van die swaarminerale sirkoon
toermalyn, stouroliet en rutiel in die sandgrond van
die distrikte Lichtenburg en Delareyville

Monster	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel
18	25	47	18	10
19	26	51	15	8
20	42	31	19	8
21	42	38	12	8
22	42	33	18	7
23	34	41	14	11
24	43	34	17	6
25	34	39	18	9
26	44	32	15	9
27	40	37	17	6
28	40	42	16	2
29	45	35	13	7
30	32	41	20	7
31	33	42	16	9
32	34	40	12	14
33	35	34	20	11
34	36	34	20	10
35	30	55	8	7
36	28	47	21	3
37	24	51	20	5
38	53	28	11	8
39	42	40	12	6
40	28	42	22	8
41	45	39	15	1
42	35	40	16	9
43	37	40	18	5

Bylae H (Vervolg)

Monster	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel
44	30	45	18	7
45	25	52	15	8
46	26	47	20	7
47	19	60	16	5
48	27	52	18	3
49	29	51	14	6
50	29	56	9	6
51	27	47	19	7
52	34	40	20	6
53	33	44	18	5
54	33	47	16	4
55	40	44	13	3
56	43	35	15	7
57	36	35	18	11
58	24	54	14	8
59	33	54	10	3
60	38	42	11	9
61A	38	43	15	4
61B	35	43	16	6
62	34	45	15	6
63	41	38	14	7
64	34	43	17	6
65	35	42	15	7
66	37	33	21	9
67	33	43	15	9
68	29	50	14	7
69	29	46	18	7
70	29	45	19	7

Bylae H (Vervolg)

Monster	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel
71	32	41	20	7
72	33	48	16	3
73	33	39	20	8
74	34	42	13	11
75	27	48	16	9
76	27	42	17	14
77	22	48	20	10
78	26	45	22	7
79	31	41	19	9
80	35	32	24	9
81	23	49	19	9
82	30	43	13	14
83	22	53	17	8
84	23	54	18	5
85	23	50	20	7
86	25	43	23	9
87	30	50	12	8
88	24	42	18	16
89	34	37	19	10
90	19	63	16	2
91	28	46	19	7
92	31	55	11	3
93	26	46	18	10
94	23	52	21	3
95	22	49	22	7
96	33	42	17	8
97	31	41	21	7
98	31	47	16	6

Bylae H (Vervolg)

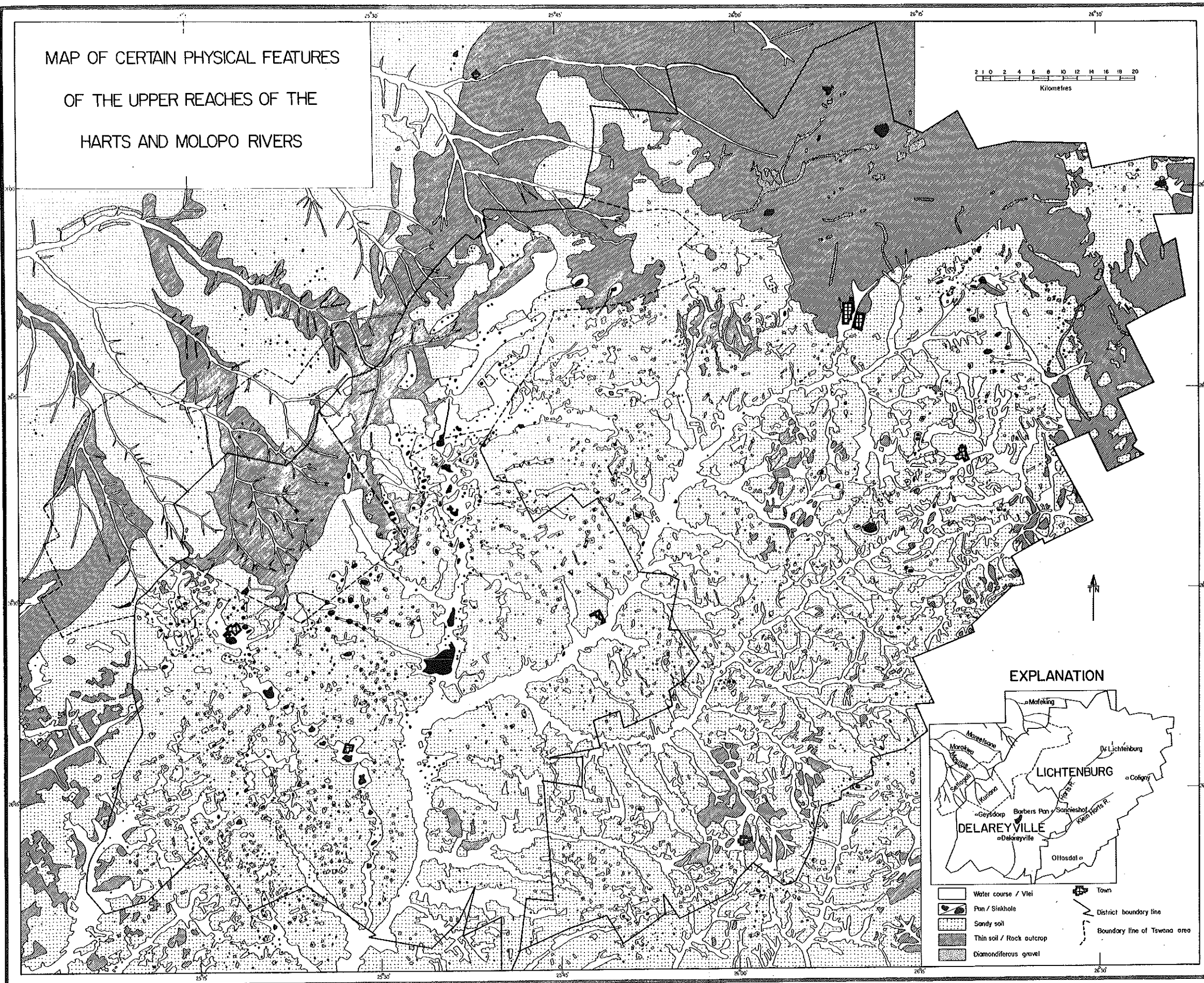
Monster	Sirkoon	Toermalyn	Stouroliet	Rutiel
99	33	35	16	16
100	33	49	14	4
101	40	47	9	4
102	29	49	15	7
103	24	53	16	7
104	26	52	13	9
105	35	31	23	11
106	30	36	22	12
107	28	43	15	14
108	38	47	8	7
109	34	38	16	12
110	25	36	26	13
111	25	37	25	13

PLAAT I

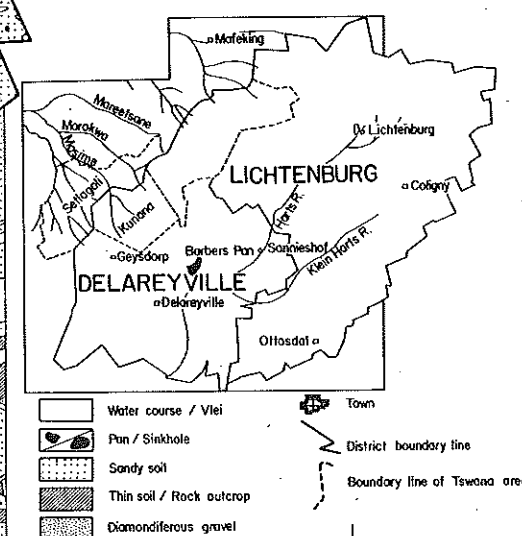
Kaart van sekere fisiese kenmerke van die bo-
lope van die Harts- en Moloporiviere.

MAP OF CERTAIN PHYSICAL FEATURES
OF THE UPPER REACHES OF THE
HARTS AND MOLOPO RIVERS

2 1 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
Kilometres

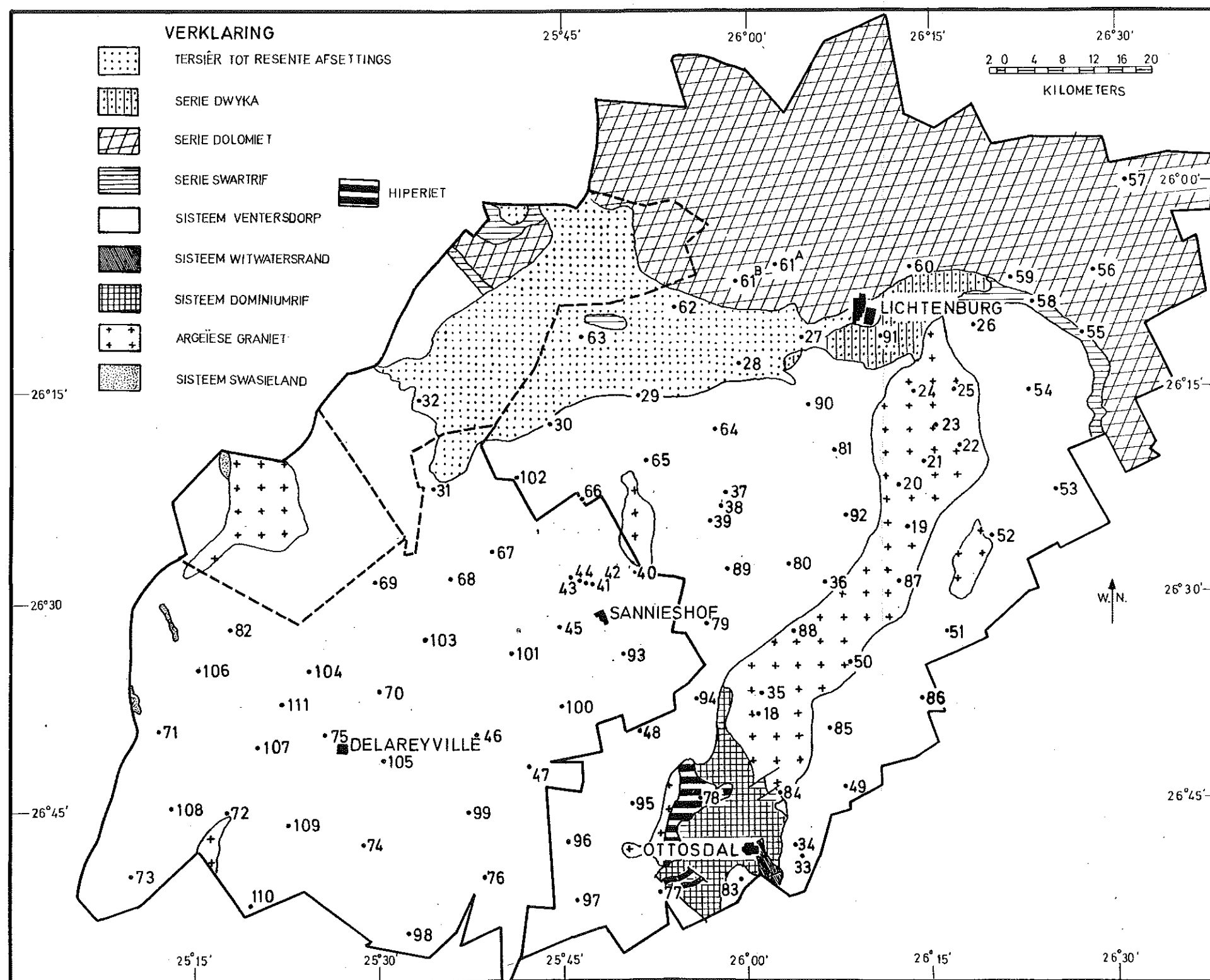


EXPLANATION



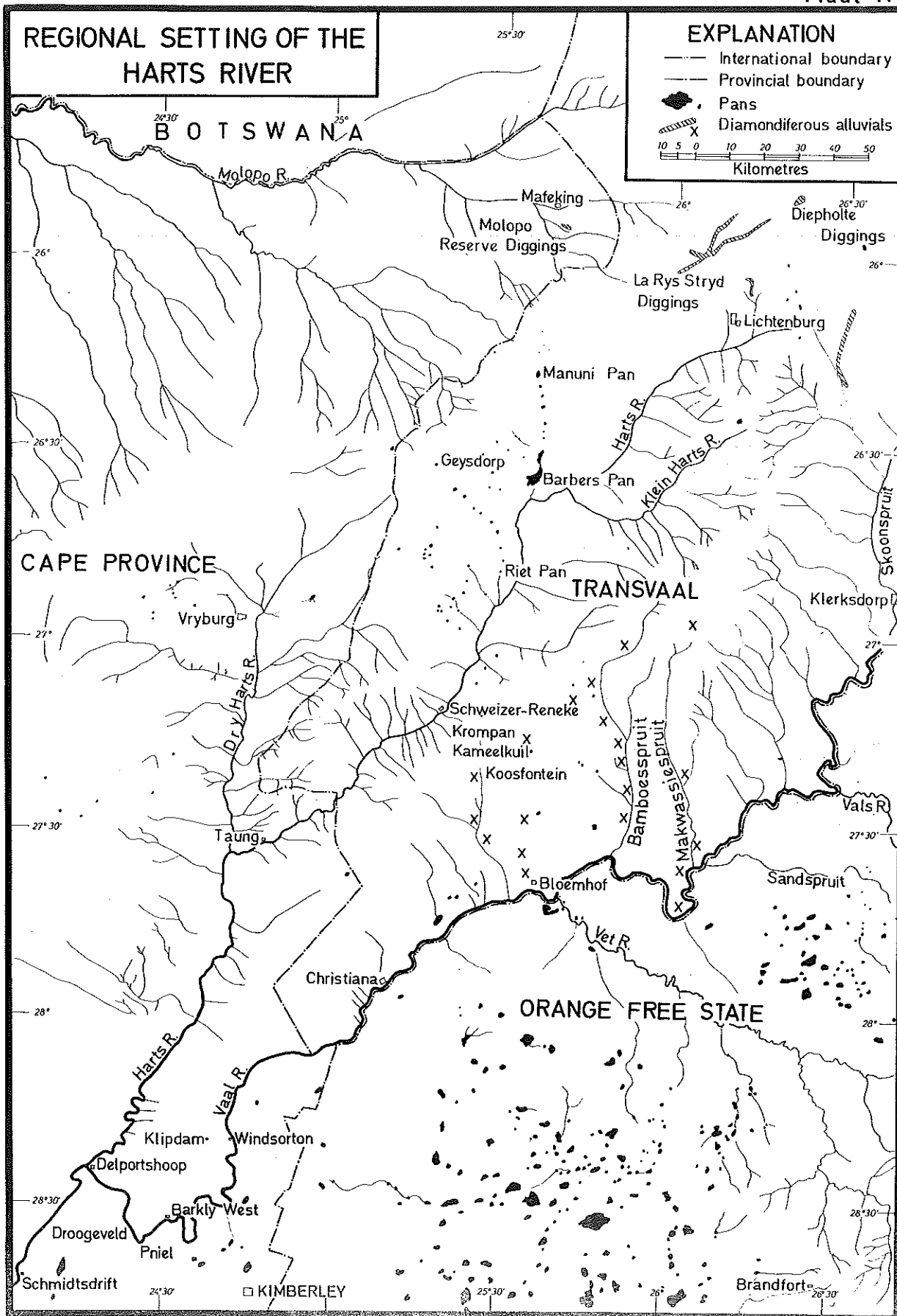
GEOLOGIESE SKETSKAART VAN DIE DISTRIKTE LICHTENBURG EN DELAREYVILLE MET UITLEG VAN MONSTERPOSISIES VAN SANDGROND

Plaat II



PLAAT III

Die regionale ligging van die Hartsrivier.



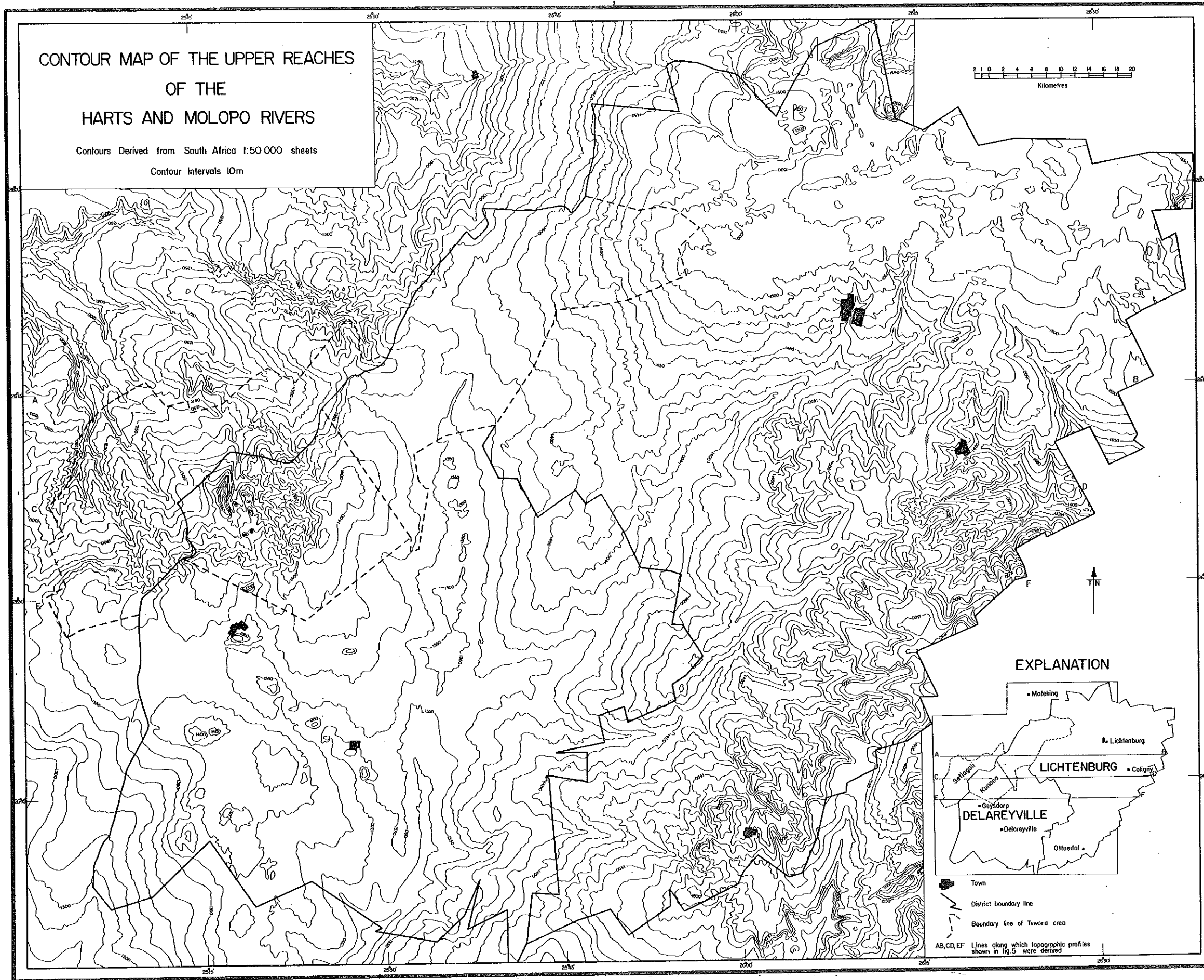
PLAAT IV

Kontoerkaart van die bo-lope van die
Harts- en Moloporiviere.

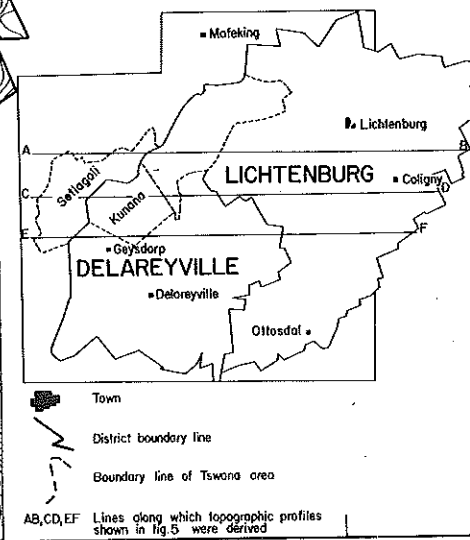
CONTOUR MAP OF THE UPPER REACHES OF THE HARTS AND MOLOPO RIVERS

Contours Derived from South Africa 1:50 000 sheets
Contour Intervals 10m

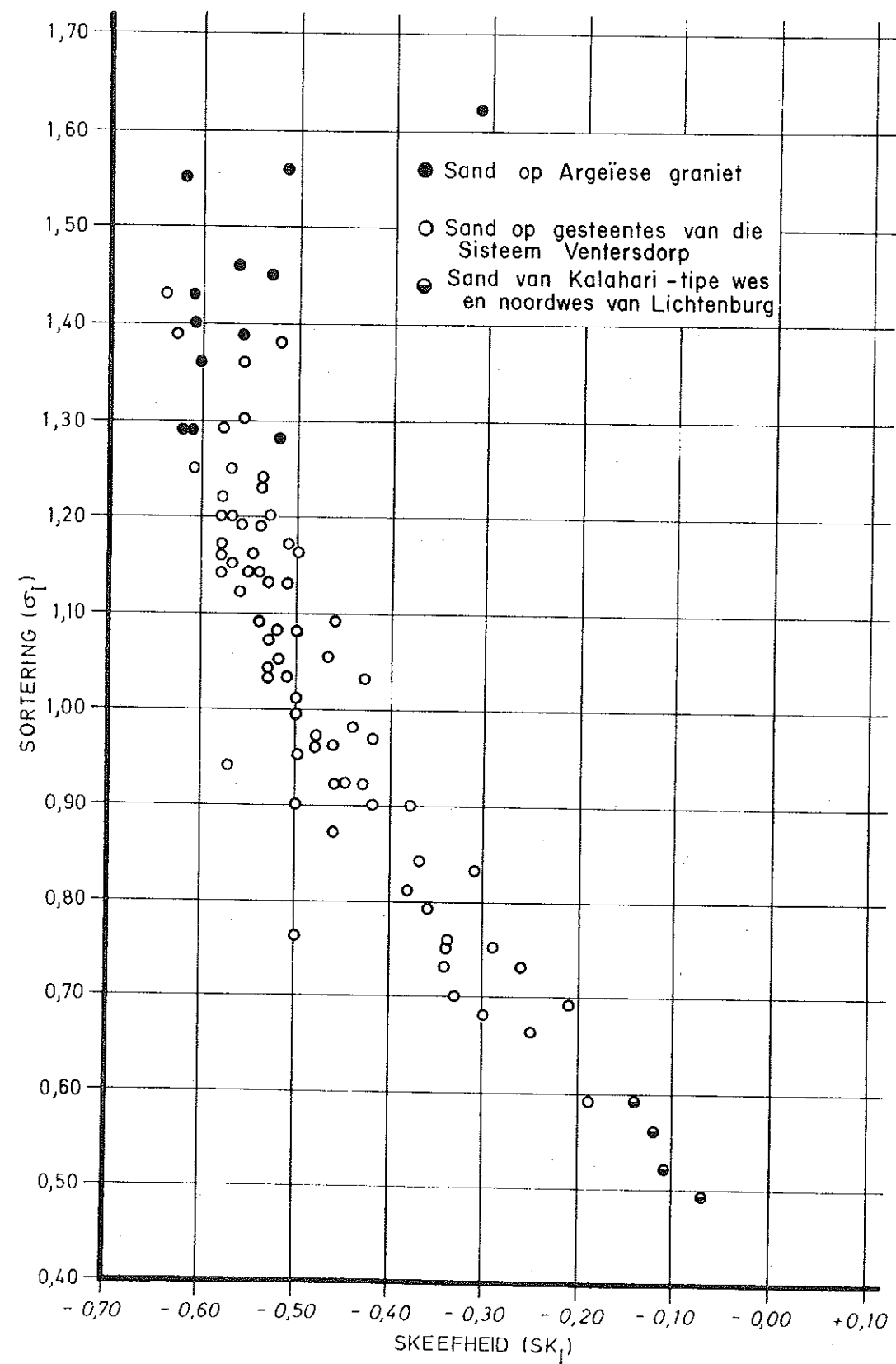
2 1 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
Kilometres



EXPLANATION



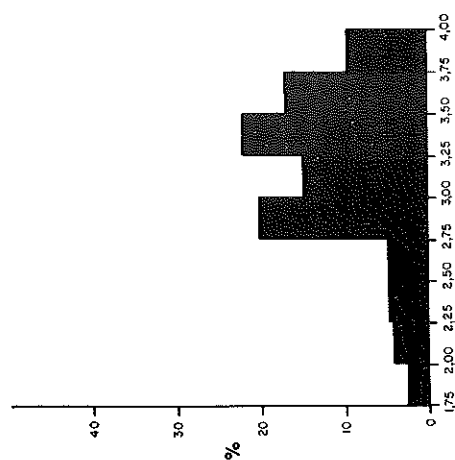
Plaat V



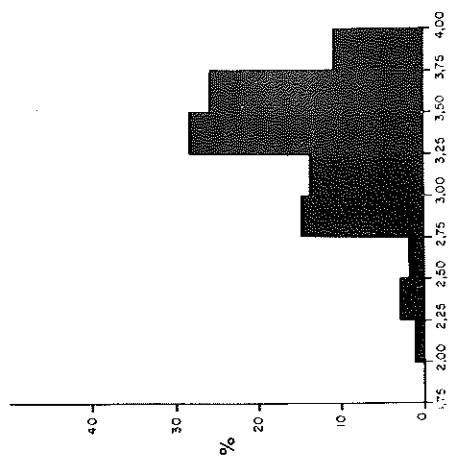
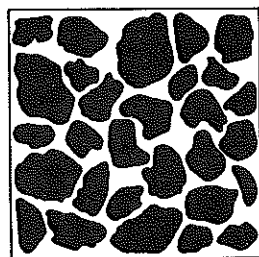
RONDHEID EN KORRELGROOTTE VAN SWAARMINERALE IN SANDGROND VAN DIE DISTRIKTE LICHTENBURG EN DELAREYVILLE

Plaat VI

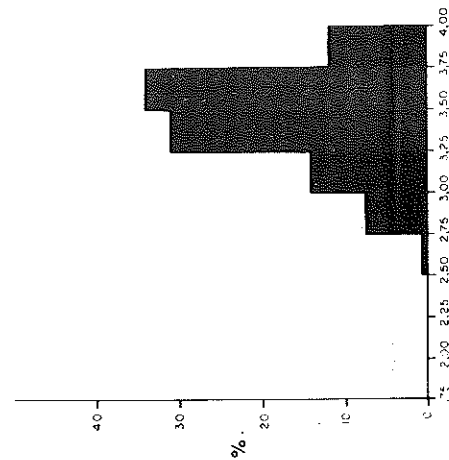
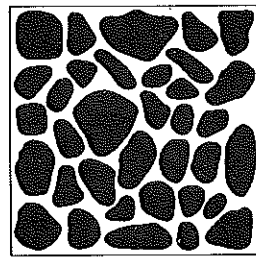
KORRELGROOTTE



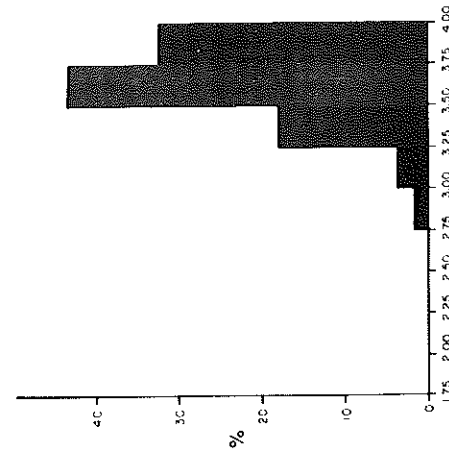
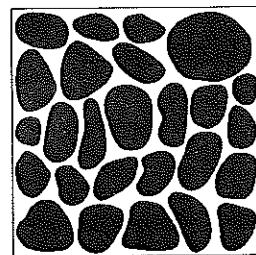
EPIDOOT



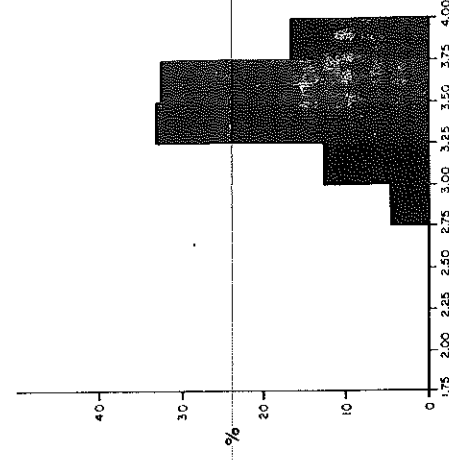
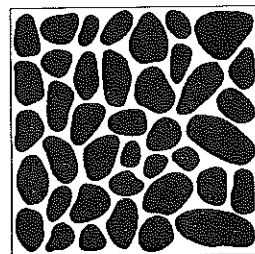
ANDALUSIET



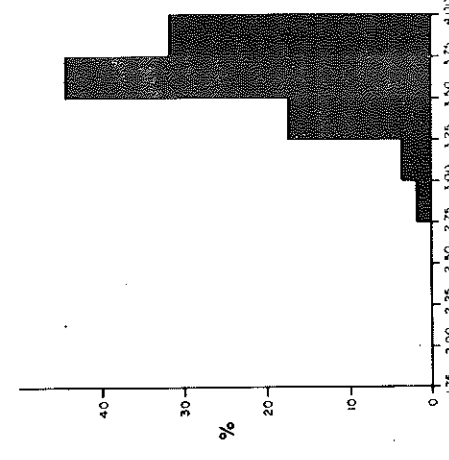
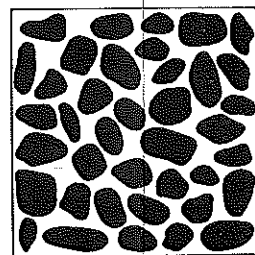
TOERMALYN



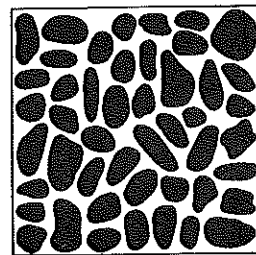
SIRKoon



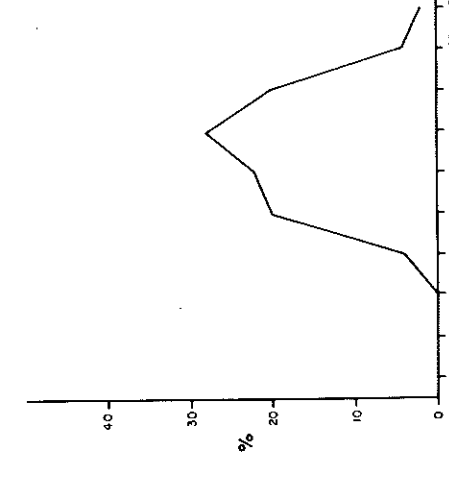
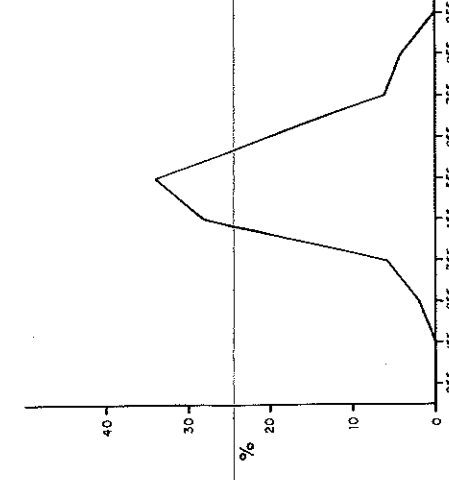
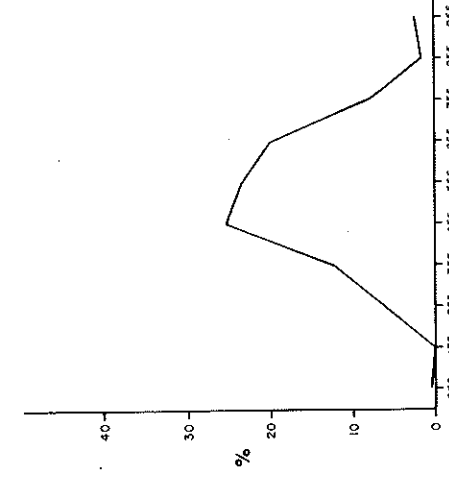
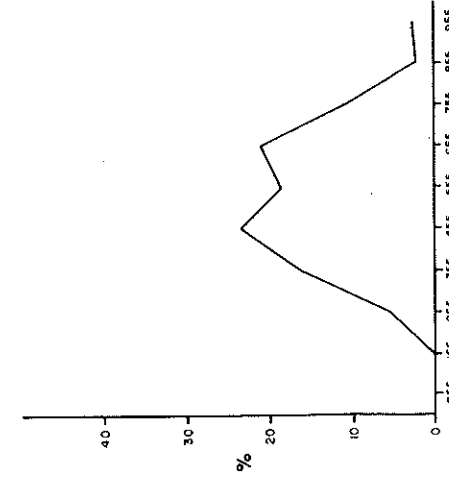
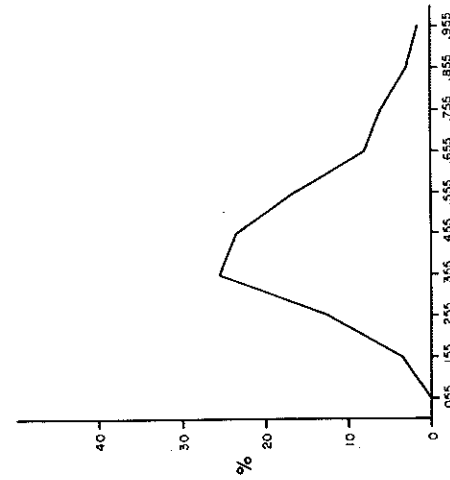
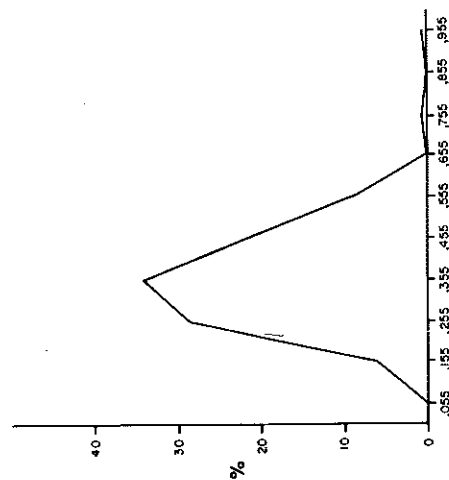
STOUROLIET



RUTIEL



RONDHEID

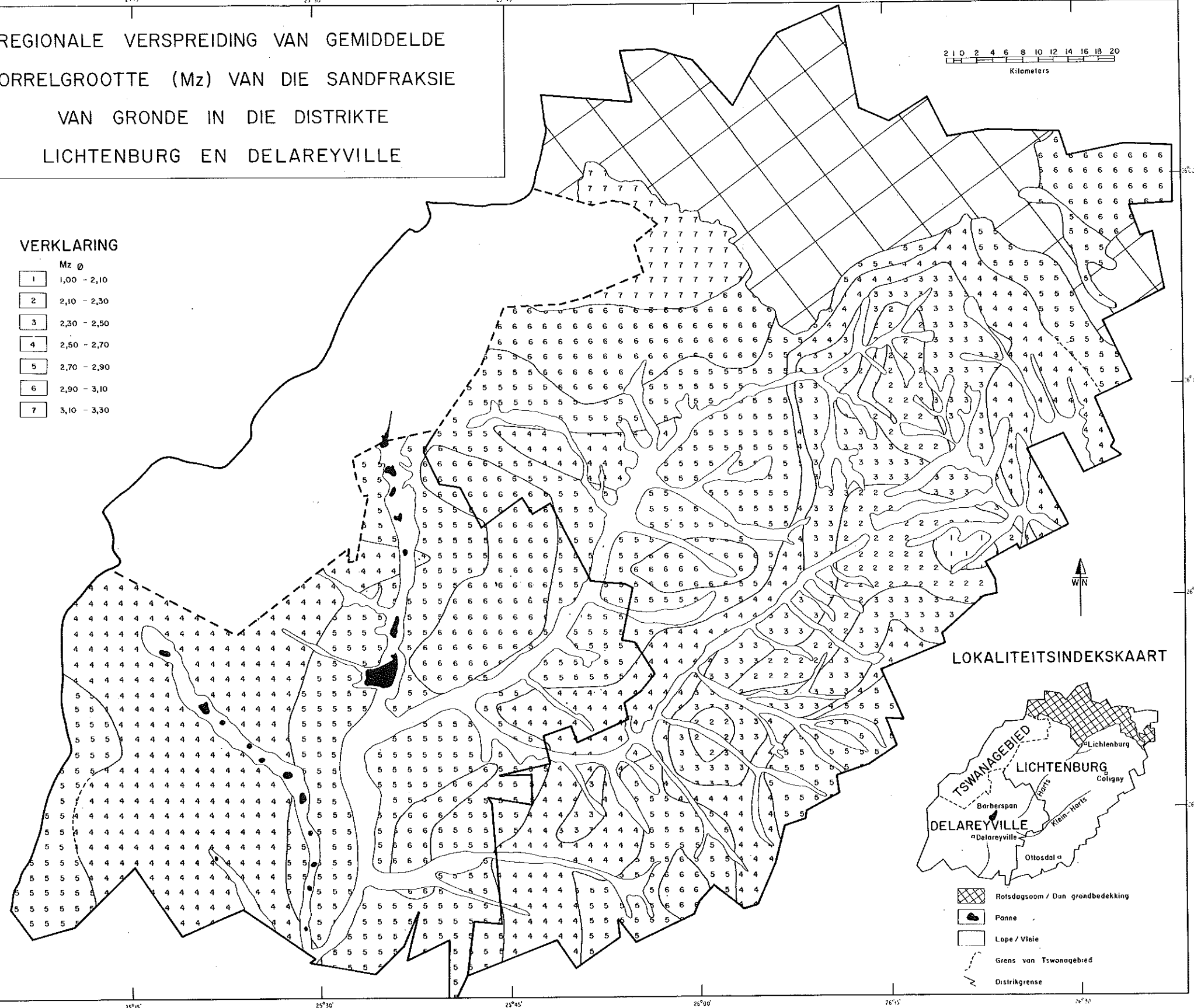


REGIONALE VERSPREIDING VAN GEMIDDELDE
KORRELGROOTTE (Mz) VAN DIE SANDFRAKSIE
VAN GRONDE IN DIE DISTRIKTE
LICHTENBURG EN DELAREYVILLE

2 10 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
Kilometers

VERKLARING

Mz ϕ	
1	1,00 - 2,10
2	2,10 - 2,30
3	2,30 - 2,50
4	2,50 - 2,70
5	2,70 - 2,90
6	2,90 - 3,10
7	3,10 - 3,30



LOKALITEITSINDEKSKAART



- Rotsdagsoom / Dun grondbedekking
- Panne
- Lope / Vleie
- Grens van Tswanagebied
- Distrikgrense

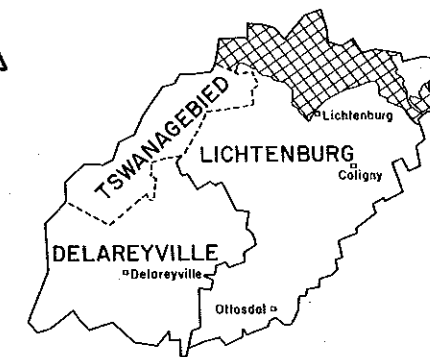
REGIONALE VERSPREIDING VAN GEMIDDELTE
KORRELGROOTTE (Mz) VAN DIE GEDEELTE
TUSSEN 70- EN 230-MAAS VAN DIE
SANDFRAKSIE VAN GRONDE IN DIE DISTRIKTE
LICHTENBURG EN DELAREYVILLE

VERKLARING

Mz	Ø
1	2,95 - 3,00
2	3,00 - 3,05
3	3,05 - 3,10
4	3,10 - 3,15
5	3,15 - 3,20
6	3,20 - 3,25
7	3,25 - 3,30
8	3,30 - 3,35
9	3,35 - 3,40
10	3,40 - 3,45

2 1 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
Kilometers

LOKALITEITSINDEKSKAART



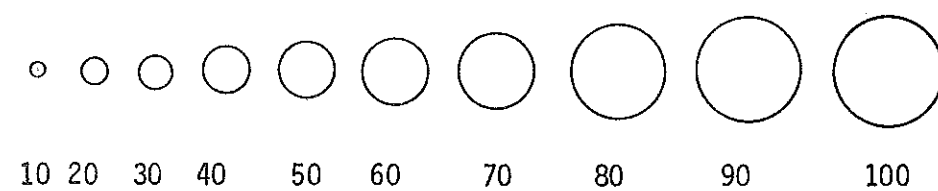
- Rotsdagsom / Dun grondbedekking
- Distrikgrense
- Grens van Tswanagebied

LEGENDE

V I R

P L A A T I X (A - F)

VERSPREIDING VAN VERNAAMSTE
SWAARMINERALE IN DIE SANDFRAKSIES
VAN GRONDE IN DIE DISTRIKTE
LICHTENBURG EN DELAREYVILLE



RELATIEWE PERSENTASIE

