

1981035397

U.O.V.S. - BIBLIOTEEK

198103539701220000019



**DIE SEDIMENTOLOGIE VAN DIE
SOUTPANSBERGSTEEKOOLVELD
MET SPESIALE VERWYSING NA
STEENKOOLVORMING**

DEUR

HENDRIK JACOBUS VAN DER BERG

1980

VERHANDELING VOORGELÊ TER VERVULLING VAN DIE VEREISTES VIR DIE
GRAAD MAGISTER SCIENTIAE IN DIE FAKULTEIT NATUURWETENSKAPPE AAN
DIE UNIVERSITEIT VAN DIE ORANJE-VRYSTAAT

STUDIELEIER: PROF. J.N.J. VISSER

Universiteit van die Oranje-Vrystaat
BLOEMFONTEIN

3-6-1981

T 553.24096826 BER

BIBLIOTEEK

UITTREKSEL

Die Karoolae noord van die Soutpansberg is geleë in die Tshipise-kom wat tydens vorming deur oos-wesverskuiwings beheer is. 'n Hoë rug in die vloer verdeel die kom in die weste in 'n suidelike en 'n noordelike trog wat onderskeidelik deur kwartsiet en lawa van die Soutpansberggroep en ouer tuf onderlê word. Die kom is waarskynlik met die swak sone, geskep deur die Limpopo Mobiele Gordel, geassosieer. Na-Karoooverskuiwings het 'n rol gespeel in die behoud van die Karoolae in die Tshipise-kom.

Die Karoo-opeenvolging is litologies in 6 sones verdeel en die sedimentasie van die sones is deur middel van vertikale siklusse bestudeer. Sone 1, aan die basis, bestaan uit 'n onderste Sanderige en 'n boonste Kleiige Diamiktieteenheid. Die Sanderige Diamiktieteenheid word opgebou uit oorwegend diamiktietlae bestaande uit fragmente, enkele geskraap en gefasetteer, van kwartsiet, lawa en tuf van wisselende grootte in 'n sanderige matriks. Dun warfagtige lae kom soms ook voor. Die eenheid word geïnterpreteer as 'n oorwegend fluvioglasiale afsetting, agtergelaat deur valleigletsers wat ooswaarts teruggetrek het. Fasiesveranderinge kom algemeen in 'n westwaartse rigting voor. Die Kleiige Diamiktieteenheid bestaan oorwegend uit koolstofryke, kleiige sedimente wat waarskynlik ook vanuit die ooste aangevoer is. Grofkorrelrige, sanderige materiaal was egter ook vanaf die sentrale rug in die weste afkomstig en is as kanaalafsettings tussen die kleiige lae afgeset. Langs die steil afsettingshellings het moddervloeië ontstaan en 'n vermenging van grofkorrelrige en kleiige materiaal het tot die kleiige diamiktietlae aanleiding gegee.

Sone 2 bestaan uit sandsteen, skalie-sliksteenassosiasie, moddersteen en steenkool, oorwegend in opwaarts fyner-wordende fluviale siklusse gerangskik. Die sedimente is hoofsaaklik deur meanderende riviere op die vloedvlakte as puntwal-, oewerwal- en deurbreekafsettings agtergelaat. Die sandsteen-skalieverhouding van die opeenvolging dui op 'n aanvoerrigting vanuit die noordooste. Tydens kort stabiele periodes het plantmateriaal in vloedkomme onder koel, reduserende toestande versamel en tot dun, afwisselende steenkoollae aanleiding gegee. Die baie wortelafdrukke, paleosols, tussen-

gelaagde skalie en siklisiteit van die steenkoollae dui op 'n oorewegend in situ oorsprong vir die steenkool.

Sone 3 volg diskordant op Sone 2 en bestaan uit 'n onderste grofkorrelrige Sandsteeneenheid, opgebou uit opwaarts fyner-wordende siklusse en is deur vlegstrome vanuit die suidooste afgeset. Dit gradeer in 'n Moddersteeneenheid bestaande uit dun opwaarts fyner-wordende sandsteensiklusse en dik, grys tot koolstofryke, kleiige gedeeltes. Die afsettingshelling het platter geword en die eenheid is afgeset deur meanderende riviere met wye vloedvlaktes.

Hoewel die litologie en sikliese ontwikkeling van Sone 4 presies met dié van Sone 2 ooreenstem, is die gesteentes van Sone 4 oorewegend rooi, pers en groen van kleur en plantmateriaal is afwesig, terwyl karbonaatrike knolle opwaarts in die sone meer algemeen word. Dit dui op afsetting deur meanderende strome vanuit die suide en suidooste tydens warm en droër klimaatstoestande. Sone 5 bestaan uit 'n middelkorrelrige, goedgesorteerde sandsteen. Sedimentêre strukture aan die basis dui op afsetting deur water, maar hoër op kom uitsluitlik grootskaalse wig- en tafelvormige kruisgelaagdheid voor en word die lae as 'n windafsetting geïnterpreteer. Woestyn-toestande het dus op daardie tydstop geheers en die heersende windrigting was vanuit die suidweste. Karosedimentasie is deur die uitvloei van basiese lawa (Sone 6) en die indringing van dolerietplate en -gange afgesluit.

Die Karoolae in die Tshipise-kom kan met dié in die hoof-Karookom gekorreleer word. (i) Die Sanderige Diamiktieteenheid word op grond van afsettingsomgewing en stratigrafiese posisie met die Dwykaformasie gekorreleer. (ii) Die Kleiige Diamiktieteenheid verteenwoordig 'n oorgangsfase, maar word saam met Sone 2, waarin fossiele van Glossopteris en Vertebraria algemeen voorkom, met die Eccagroep gekorreleer. (iii) Sone 3 word op grond van litologie en die voorkoms van Dicroidium sp. met die Moltenoformasie gekorreleer. (iv) Sone 4 word met die Elliotformasie gekorreleer. (v) Sone 5 word met die Clarensformasie gekorreleer. (vi) Sone 6 stem ooreen met die Drakensberggroep. Die Beaufortgroep is volgens hierdie indeling afwesig in die Tshipise-kom.

INHOUDSOPGAWE

	BLADSY
1. INLEIDING	
1.1 Algemeen	1
1.2 Ligging	1
1.3 Topografie	1
1.4 Dreinerings	3
1.5 Geomorfologie	3
1.6 Klimaat en Plantegroei	4
1.7 Vorige Werk	4
1.8 Huidige Studie	5
1.9 Nomenklatuur	6
2. ALGEMENE GEOLOGIE	8
3. KAROOVLOER	
3.1 Litologie	11
3.2 Karoovloertopografie	11
4. KAROO-OPEENVOLGING	
4.1 Sone 1	13
4.1.1 Inleiding	13
4.1.2 Sanderige Diamiktieteenheid	14
4.1.2.1 Regionale Beskrywing	14
4.1.2.2 Litologie	14
4.1.3 Kleiige Diamiktieteenheid	18
4.1.3.1 Regionale Beskrywing	18
4.1.3.2 Litologie	18
4.1.4 Strukture	19
4.1.5 Vertikale Siklusse	20
4.1.6 Fossiele	25
4.1.7 Fasiesveranderinge	25
4.2 Sone 2	25
4.2.1 Inleiding	25
4.2.2 Regionale Beskrywing	27

4.2.3	Litologie	27
4.2.4	Sedimentêre Strukture	30
4.2.5	Siklusse	32
4.2.6	Fossiele	35
4.2.7	Laterale en Vertikale Fasiesveranderinge	40
4.3	Sone 3	41
4.3.1	Inleiding	41
4.3.2	Sandsteeneenheid	41
4.3.2.1	Litologie	41
4.3.2.2	Sedimentêre Strukture	43
4.3.2.3	Siklusse	45
4.3.2.4	Fossiele	46
4.3.3	Moddersteeneenheid	50
4.3.3.1	Litologie	50
4.3.3.2	Sedimentêre Strukture	54
4.3.3.3	Siklusse	54
4.3.3.4	Fossiele	55
4.4	Sone 4	57
4.4.1	Inleiding	57
4.4.2	Regionale Beskrywing	59
4.4.3	Litologie	60
4.4.4	Sedimentêre Strukture	62
4.4.5	Siklusse	63
4.4.6	Fossiele	63
4.4.7	Fasiesveranderinge	68
4.5	Sone 5	69
4.5.1	Inleiding	69
4.5.2	Litologie	69
4.5.3	Strukture	69
4.5.4	Siklusse	71
4.5.5	Fossiele	71
4.5.6	Fasiesveranderinge en aanvoerrigtings	72
4.6	Sone 6	73
4.7	Intrusiewe Gesteentes	74

5.	AFSETTINGSTOESTANDE	
5.1	Algemeen	75
5.2	Sone 1	75
5.3	Sone 2	79
5.4	Sone 3	82
5.5	Sone 4	86
5.6	Sone 5	87
6.	STEENKOOLVORMING	89
7.	STRATIGRAFIESE KORRELASIE	96
8.	ONTSTAAN EN OPVULLING VAN DIE TSHIPISE-KOM	
8.1	Komvorming	101
8.2	Opvulling van die Tshipise-kom	107
8.2.1	Sone 1	107
8.2.2	Sone 2	108
8.2.3	Sone 3	109
8.2.4	Sone 4	110
8.2.5	Sone 5	112
8.3	Latere Vervorming	112
9.	AFSETTINGSMODEL VIR DIE TSHIPISE-KOM	115
	DANKBETUIGINGS	121
	LITERATUURVERWYSINGS	122

LYS VAN FIGURE

BLADSY

Fig. 1.	Lokaliseitskaart van die Tshipise-kom met die ligging van eksplorasieblokke en boorgate waarna verwys word.	2
Fig. 2.	Topografie in Blok A, gesien vanuit die ooste.	3
Fig. 3.	Karoo-opeenvolging in die Tshipise-kom en korrelasie met hoof-Karookom.	9
Fig. 4.	Kwarts in verweerde kraak in lawa van die Soutpansberggroep	12
Fig. 5.	Sanderige diamiktiet van Sone 1, suid van boorgat B16.	16
Fig. 6.	Gefasetteerde en geskraapte kwartsiet-fragment in sanderige diamiktiet suid van boorgat B16.	16
Fig. 7.	Warfagtige lae van Sone 1.	17
Fig. 8.	Kleiige diamiktiet met onreëlmatige kwartsfragmente in 'n kleiige matriks.	19
Fig. 9.	Onreëlmatige siderietryke knolle wat deur versakking ontstaan het, in kleiige diamiktiet.	21
Fig. 10.	Siklus in sanderige diamiktiet.	22
Fig. 11.	Siklus in sandsteen van Sone 1.	23
Fig. 12.	Siklus in moddersteen van Sone 1.	23
Fig. 13.	Siklus in kleiige diamiktiet.	24
Fig. 14.	Siklus in sandsteen van Blok A (Sone 1)	26

Fig. 15.	Skalie-sliksteenassosiasie met flaserge- laagtheid in Sone 2.	29
Fig. 16.	Afwisseling van steenkool- en kleiige lae/ lense in die proefgleuf in Blok A.	30
Fig. 17.	Uitdrogingskrake gevul met fynkorrelrige, sanderige materiaal in glimmerryke skalie- sliksteenassosiasie.	32
Fig. 18.	Tipiese opwaarts fyner-wordende siklus in sandsteen van Sone 2.	33
Fig. 19.	Tipiese siklus in fyn tot middelkorrelrige sandsteen van Sone 2.	34
Fig. 20.	Siklus in moddersteen van Sone 2.	34
Fig. 21.	Opwaarts growwer-wordende siklus in sand- steen van Sone 2.	35
Fig. 22.	Sikliese afwisseling van steenkool en moddersteen in Sone 2.	36
Fig. 23.	Afdruk van 'n breë <u>Glossopteris</u> -blaar uit Sone 2.	37
Fig. 24.	Afdruk van 'n smal <u>Glossopteris</u> -blaar in Sone 2.	37
Fig. 25.	Afdruk van <u>Vertebraria</u> sp. in sliksteen van Sone 2.	38
Fig. 26.	Afdruk van <u>Phyllothea</u> sp. in sliksteen van Sone 2.	38
Fig. 27.	Boomstamafdruk uit Sone 2. Proefgleuf in Blok A.	39
Fig. 28.	Wortelafdruk in bruinerige moddersteen onder- kant 'n steenkoollaag in Sone 2.	39
Fig. 29.	'n Enkellaag kwartsrolstene op 'n laagvlak in die Sandsteeneenheid van Sone 3.	43

- Fig. 30. Afwisselende sanderige en kleiige lagies op die oorgang tussen die Sandsteen- en Moddersteeneenheid in Sone 3. 44
- Fig. 31. Versteuring van gelaagdheid in die Sandsteeneenheid van Sone 3. Dit verteenwoordig moontlik ontwateringstrukture. 46
- Fig. 32. 'n Tipiese siklus in die onderste gedeelte van die Sandsteeneenheid. 47
- Fig. 33. 'n Tipiese siklus in die boonste gedeelte van die Sandsteeneenheid. 48
- Fig. 34. Horisontale en vertikale buise (Skolithos) in die Sandsteeneenheid van Sone 3. 50
- Fig. 35. Boomstamafdruk in sandsteen van Sone 3. 51
- Fig. 36. Afdrukke van Dicroidium sp. in slijksteen van Sone 3. 51
- Fig. 37. Modderfragmente met kwartskorrels tussenin aan die bokant van die Sandsteeneenheid in Sone 3. Boorgat B10. 53
- Fig. 38. Liesegang-verweringspatroon in ysterkarbonaatryke lense van Sone 3. 55
- Fig. 39. Tipiese moddersteensiklus met steenkoollagies aan die bokant in die Moddersteeneenheid van Sone 3. 56
- Fig. 40. 'n Moddersteensiklus met 'n skalie-slijksteen-assosiasie aan die basis. Moddersteeneenheid van Sone 3. 56
- Fig. 41. 'n Tipiese opwaarts fyner-wordende siklus in Moddersteeneenheid van Sone 3. 57
- Fig. 42, 43 en 44. Afdrukke van Dicroidium sp. op moddersteen van Sone 3. 58

- Fig. 45. Afdrukke van Phyllothea sp. op sliksteen van Sone 3. 59
- Fig. 46. Stam met radiale wortels gevind in situ in sliksteen in Sone 3, op die plaas Joan in Blok C. 60
- Fig. 47. 'n Opwaarts fyner-wordende siklus in Sone 4. 64
- Fig. 48. 'n Opwaarts growwer-wordende siklus in Sone 4. 65
- Fig. 49. Opwaarts fyner-wordende siklus in fyn- tot middelkorrelrige sandsteen van Sone 4. 66
- Fig. 50. Opwaarts fyner-wordende siklus in moddersteen van Sone 4. 66
- Fig. 51. Sandsteensiklus wat geen definitiewe patroon toon in Sone 4. 67
- Fig. 52. Buise van waarskynlik Skolithos in fyn- en middelkorrelrige sandsteen van Sone 4. 68
- Fig. 53. Dagsoom van die sandsteen van Sone 5. 70
- Fig. 54. Onreëlmatige "plooi"-strukture in die sandsteen van Sone 5 op die plaas Mt Stuart in Blok B. 71
- Fig. 55. Siklus in die onderste gedeelte van Sone 5. 73
- Fig. 56. Horisontale, pypvormige strukture min of meer parallel aan mekaar in die middelkorrelrige sandsteen van Sone 5. 72
- Fig. 57. 'n Siklus wat by die pyl begin met dun koolstofryke lagies in moddersteen wat hoër op deur bioverstoring vernietig is. 82
- Fig. 58. Posisie van vloedkomme tydens die afsetting van die gekorreleerde steenkoolhorison (Fig. 2) en die moontlike aanvoerrigting van die sedimente. 83

Fig. 59.	Vertikale variasie in inertiniethoud van die steenkool in die Tshipise-kom.	94
Fig. 60.	Vertikale variasie in vitriniethoud van die steenkool van die Tshipise-kom.	94
Fig. 61.	Geprojekteerde vloerkontoer van die Tshipise-kom met as datum 'n korreleerbare steenkool-horison.	102
Fig. 62.	Isopag van Sone 1.	103
Fig. 63.	Isopag van Sone 2.	104
Fig. 64.	Sandsteen-skalieverhouding in Sone 2.	105
Fig. 65.	Isopag van Sone 3.	106
Fig. 66.	Kruisgelaagdheidsrigtings in die Sandsteen-eenheid van Sone 3. Die lokaliteite en gemiddelde rigtings word in Fig. 65 met pyle aangedui.	111
Fig. 67.	Kruisgelaagdheidsrigtings in Sone 4.	113
Fig. 68.	Kruisgelaagdheidsrigtings in Sone 5.	113
Fig. 69.	Diagrammatiese voorstelling van afsettingsomgewing gedurende die afsetting van eerste megasiklus.	116
Fig. 70.	Diagrammatiese voorstelling van die afsettingsomgewing gedurende die afsetting van die tweede megasiklus.	118
Fig. 71.	Diagrammatiese voorstelling van die afsettingsomgewing gedurende die afsetting van die derde megasiklus.	119

LYS VAN TABELLE

		BLADSY
TABEL 1	Korrelgrootteklasse gebruik in huidige ondersoek.	6
TABEL 2	Klassifikasie van grootte van sedimentêre strukture in boorkerne.	7
TABEL 3	Stratigrafiese indeling van Karoo-opeen- volging in Tshipise-kom.	10
TABEL 4	Variasie in dikte van die tweede-orde siklusse in Sone 3.	49
TABEL 5	Stratigrafiese korrelasies.	97

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

Die Karoo-opeenvolging vorm een van die indrukwekkendste en ook mees wyd verspreide sedimentêre suksessies in die wêreld. Dit kom nie slegs oor groot dele van suidelike Afrika voor nie, maar word ook gekorreleer met soortgelyke Gondwana-opeenvolgings in Indië, Australië, Antarktika en Suid-Amerika. In die Tshipise-kom was voorheen min van die Karoolae bekend en daarom is 'n analise van dié geïsoleerde Karookommetjie 'n belangrike sleutel in ons kennis van die Gondwana-opeenvolgings. Danksy 'n uitgebreide boorprogram, was hierdie studie dus moontlik.

1.2 Ligging

Die gebied (Tshipise-kom) waarop hierdie studie betrekking het, lê tussen die Soutpansberge en die Limpoporivier in Noord-Transvaal (Fig. 1). Die Karoogesteentes tussen 22°25' en 22°55'SB en tussen 29°45' en 31°5'OL is ondersoek. Tshipise, 'n warmwaterbron en vakansieoord val in die gebied, terwyl 'n gedeelte in die noord-oostelike hoek van Venda lê en tot teen die Nasionale Kruger Wildtuin strek. Messina lê ten noorde van die gebied.

1.3 Topografie

In die suide word die gebied afgesluit deur die Soutpansberge, terwyl die Karoolae noord daarvan 'n relatief plat gebied vorm. Van die sandstene dagsoom egter as lae koppies, terwyl die "Holkranssandsteen" [Bosveldsandsteen van Du Toit (1966)] die enigste formasie is wat kranse in die gebied bou (Fig. 2).

Die basaltiese lawas aan die bokant van die Karoo-opeenvolging is redelik diep verweer en vorm plat vlaktes. Die algemene hoogte van die gebied bo seespieël wissel van 780 m in die weste tot 280 m in die ooste. Noord van die ondersoekte gebied vorm die vloergesteentes lae heuwels en vlak valleie tot aan die Limpoporivier.



Fig. 2. Topografie in Blok A, gesien vanuit die ooste. Die Soutpansberg (links) bestaan uit kwartsiet en die koppe (regs) uit sandsteen van Sone 5.

1.4 Dreinerings

Die gebied word van wes na oos deur die Sand-, Njelele-, Nwanedzi-, Mutale- en Levuvhuriviere gedreineer. Die riviere vloei in die algemeen noordwaarts maar toon 'n neiging om ooswaarts in die Karookom te draai totdat hulle langs poorte noordwaarts deur die boonste Karoosandsteen vloei om later by die Limpoporivier aan te sluit.

1.5 Geomorfologie

Die gebied onder bespreking val geomorfologies in die Noord-Transvaalse Laeveldstreek. Die noordelike glooiing van die Soutpansberge is aan die basis steiler as die hellings van die lae en dit gee, volgens King (1967), aanleiding tot die ontstaan van inselberge. Die Bosveldsandsteen toon 'n goed ontwikkelde eskarp en talushelling veral aan die suidekant.

Sodra die riviere die Soutpansberge verlaat, neem die gradiënt af en neig hulle om te meander, veral oor die Karoogesteentes waar die sandsteendagsoom aan die noordekant as 'n tydelike erosiebasis dien. Verstopping van rivierlope deur sand kom dikwels voor. Hier het die landskap dus die volwasse stadium bereik. Waar die riviere deur die sandsteen sny, vorm hulle dikwels diep, smal valleie soos in die geval van die Levuvhurivier, en die landskap toon dus 'n jeugdige stadium (King, 1967).

Volgens King (1967) verteenwoordig die gebied die na-Afrika pediplanasiesiklus. Visser en Coertze (Van Eeden e.a., 1956, p. 56) meen dat gedurende die Tersier riviergruis en rolstene op 'n ou skiervlakte afgeset is. Daarna het 'n opheffing van minstens 70 m plaasgevind. Riviere het dieper ingekerf en riviergruise en rolstene lê nou ver bokant die huidige rivierbedding. 'n Goë voorbeeld is gevind op die plaas Mt Stuart langs die Njelelerivier.

1.6. Klimaat en Plantegroei

Die gebied het 'n subtropiese klimaat met 'n gemiddelde reënval van 200 tot 375 mm per jaar. Die plantegroei op die Karoogesteentes bestaan oorwegend uit Colophospermum mopane met verspreide Adansonia digitata (Kremetart), Silerocarya caffra (Maroela) en Bunka africana (Wildesering). Die dik dolerietplate is begroei met veral Commiphora (Kanniedood-familie), Portulacaria afra (Spekboom), Dichrostachys cinerea (Sekelbos) en Acacia nigrescens (Knoppiesdoring) en word gekenmerk deur die afwesigheid van Colophospermum mopane.

1.7. Vorige Werk

Nog feitlik geen gedetailleerde studie is tot dusver in die gebied gedoen nie. In 1908 het Mellor en Trevor, na 'n verkenning van die noordwestelike dele van die Distrik Soutpansberg, enkele gesteentetipes asook hulle indrukke van die struktuur beskryf. In die Karoo-opeenvolging erken hulle vier onderafdelings, nl. 'n Glasiale konglomeraat, 'n Steenkool-serie, 'n Bosveldsandsteen-serie en 'n Bosveldse vulkaniese serie (Söhnge, 1946). Teen 1913 was 'n klein

steenkoolmyntjie op die plaas Cavan naby Lilliputstasie reeds in produksie (Wybergh, 1928), maar 'n paar jaar later is die myn egter gesluit. Die steenkool is deur die Messina-kopermyne gebruik. Dit is in die ooste van Blok D geleë. Net oos van die Mutalerivier in Blok B is 'n klein grafietmyntjie in 1943 begin (Wilke, 1969) en is nog in produksie. Die grafiet is waarskynlik die gevolg van drukspanning en hitte deur verskuiwings en dolerietgange veroorsaak.

In 1925 beskryf Rogers sekere aspekte van die geologie en verwys veral na die Karoobasalte (Söhnge, 1946). In 1941 karteer Van Eeden, Van Zyl en Wessels die westelike gedeelte van die gebied en in 1950 publiseer Van Zyl die gegewens vir 'n doktorsale proefskrif. Tussen 1948 en 1950 karteer Visser en Coertze die hele gebied, insluitend gedeeltes wat vroeër gekarteer is (Van Eeden e.a., 1956).

1.8 Huidige Studie

Hierdie studie is moontlik gemaak deur 'n uitgebreide eksplorasië-program wat in die Soutpansberg-steenkoolveld geloods is. Die doel was om die kookseienskappe en ontginningsmoontlikhede van die steenkool te ondersoek.

Die doel van hierdie studie is drieledig:

- (a) Om 'n analise van die Tshipise-kom te maak
- (b) Om steenkoolvorming te ondersoek
- (c) Om 'n sedimentasiemodel vir die Karoo-opeenvolging in die kom op te stel.

Weens die afwesigheid van goeie dagsome is uitsluitlik van die beskrywing van boorkerne gebruik gemaak tydens die navorsing. Sekere parameters soos die meet van kruisgelaagdheid moes egter van die beperkte dagsome verkry word.

'n Totaal van 535 boorgate is tot op datum in die gebied geboor. Die skrywer het tussen November 1975 en Oktober 1978, 130 van die gate se kern in detail ondersoek en hulle is so gekies dat 'n goeie verspreiding van gegewens verseker is. Weens die dikte van die Karoo-opeenvolging en die gepaardgaande hoë koste is geen boorgat deur die totale suksessie geboor nie. As gevolg van die beperkte

inligting hoër op in die opeenvolging, kon slegs 'n algemene beskrywing van die boonste eenhede gegee word. Hoewel die meeste boorgate net onder die steenkoolsone gestaak is, was die gegewens egter voldoende om 'n redelike gedetailleerde studie van die onderste eenhede te maak.

In die ontleding van die resultate is van stratigrafiese kaarte, roosdiagramme, sedimentêre modelle en steenkoolanalises gebruik gemaak om 'n geïntegreerde beeld te bekom.

1.9 Nomenklatuur

Die korrelgrootte van die gesteentes is visueel geskat deur vergelyking met 'n standaard skaal. Die klassifikasie word in Tabel 1 weergegee.

TABEL 1 - Korrelgrootteklasse gebruik in huidige ondersoek

Benaming	Korrelgrootte (mm)
Konglomeraat	> 4
Grintsteen	4 - 2
Grofkorrelrige sandsteen	2 - 0,5
Middelkorrelrige sandsteen	0,5 - 0,25
Fynkorrelrige sandsteen	0,25 - 0,06
Slik	0,06 - 0,004
Skalie	$< 0,004$

Die grootte van sedimentêre strukture is geklassifiseer volgens 'n skaal wat gerieflik gebruik kan word in die beskrywing van boorgatkerne (Tabel 2). Hoewel dit nie internasionale standaard is nie, het praktiese ondervinding die nut van dié klassifikasie by boorgatkerne aangetoon.

TABEL 2 - Klassifikasie van grootte van sedimentêre strukture in boorkerne

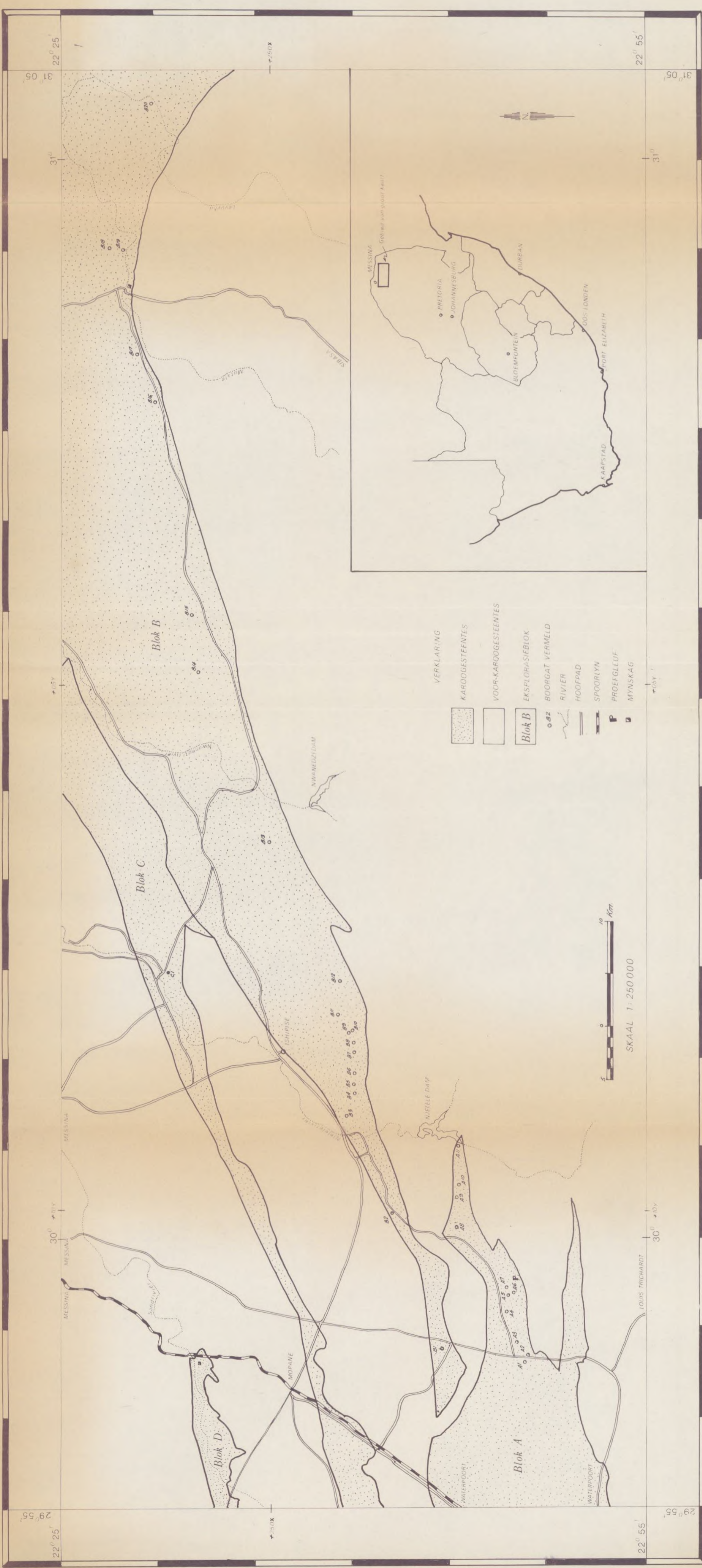
Benaming	Dikte (cm)
Lamel	$< 0,5$
Kleinskaalse riffelkruisgelaagdheid	< 1
Grootskaalse riffelkruisgelaagdheid	1 - 3
Kleinskaalse kruisgelaagdheid	< 5
Middelskaalse kruisgelaagdheid	5 - 200
Grootskaalse kruisgelaagdheid	> 200

2. ALGEMENE GEOLOGIE

Die onderste gesteentes van die Karoo-opeenvolging in die Tshipise-kom dagsoom baie swak weens hulle kleiige aard, asook weens puinbedekkings afkomstig vanaf die Soutpansberge. Die sandstene wat hoër op voorkom, veral dié in Sone 3 (Fig. 2), vorm plat koppies, terwyl die "Holkranssandsteen" prominente koppe bou en, veral aan die suidekante, feitlik loodregte kranse vorm. Die lawa aan die bokant van die opeenvolging vorm gewoonlik plat vlaktes. Doleriete is meestal intens verweer en gange vorm dikwels poorte deur die rante.

Die stratigrafiese opeenvolging in die kom word in Tabel 3 en Fig. 3 aangetoon. Op grond van litologie, sedimentêre siklusse en fossiele, is die opeenvolging in 6 sones verdeel. 'n Sekere steenkoolhorison wat oor die hele gebied gekorreleer kan word, word met 'n gebroke lyn aangedui. Die moontlike korrelasie met die hoof-Karookom word in Fig. 3 aangedui en in Hoofstuk 7 bespreek en stem tot 'n mate ooreen met Van Zyl (1950, p. 27) se indeling van die stratigrafie van dié gebied. Dit is belangrik dat hy alreeds op daardie stadium tot die gevolgtrekking gekom het dat die Beaufort-opeenvolging hier ontbreek en wat ook deur Du Toit (1966) bevestig is. Bewyse hiervoor is in die huidige studie gevind en sal later bespreek word. Van Eeden (Van Zyl, 1950, p. 29) het afdrukke van Gangamopteris in die steenkoolsone gevind wat die chronologiese korrelasie van die lae met die Ecca-opeenvolging van die hoof-Karookom bewys. Van Zyl korreleer ook die sogenaamde Bosveldsandsteen (Sone 5) met die "Holkranssandsteen" (Clarensformasie) van die hoofkom.

Die Karoogesteentes kom voor as 'n reeks parallelle oos-wesstreckende dagsome, min of meer in lyn met die sogenaamde Limpopo Mobiele Gordel. Die voorkomste is vir verwysingsdoeleindes as Blokke A, B, C en D genommer (Fig. 1). Die Karoolae hel van 3° tot 18° noordwaarts. Die lae word aan die noordekant deur afskuiwings met verplasings van 1 000 m en meer teen die vloergesteentes afgeskuiw. Intensiewe boorwerk het aan die lig gebring dat daar meestal ook 'n konsentrasie van kleiner verskuiwings aan die suidekant van die blokke bestaan. Die kleiner verskuiwingsblokke toon



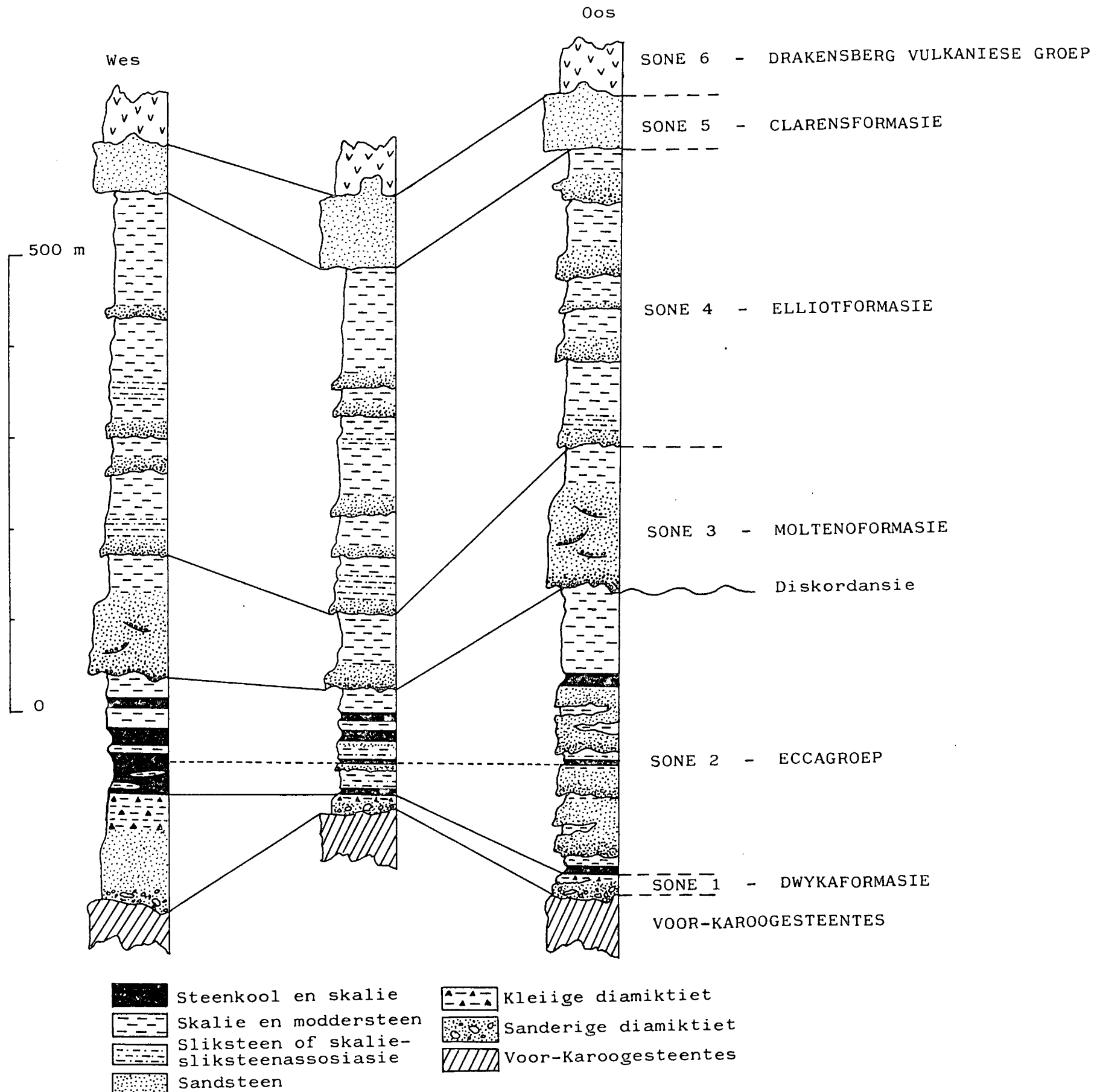


Fig. 3. Karoo-opeenvolging in die Tshipise-kom en korrelasie met hoof-Karookom.

TABEL 3 - Stratigrafiese Indeling van Karoo-opeenvolging in Tshipise-kom

Dikte (m)	Stratigrafiese Indeling	Litologie
>1 000	Sone 6	Lawa (limburgiet en olivienryke basalt)
40 - 120	Sone 5	Middelkorrelrige, goedgesorteerde sandsteen, grootskaals kruisgelaagd.
325 - 403	Sone 4	Rooierige, gevlekte moddersteen met verspreide karbonaatryke knolle en afwisselende groenerige slik- en sandsteenlae en -lense.
16 - 204	Sone 3	Wit, kruisgelaagde, grofkorrelrige sand- en grintsteen met dun rolsteenlagies. Die sandsteen gradeer opwaarts na grys tot koolstofryke moddersteen.
DISKORDANSIE		
11 - 348	Sone 2	Grys tot koolstofryke, kleiige lae afgewissel deur steenkoollae en sandsteenlense.
1 - 162	Sone 1	Sanderige diamiktiet met afwisselende sandstene gevolg deur 'n afwisseling van kleiige diamiktiet, moddersteenlae en sandsteenlense.

dieselfde eienskappe as die regionale patroon en hulle hel ook noordwaarts. Feitlik al die verskuiwings is afskuiwings en dit is duidelik dat die gebied na afsetting van die Karoolae onder rekspanning verkeer het. Aan die oostekant van Blok B waar die strekking van die kom na noord-suid verander, is die Karoo-opeenvolging intensief deur verskuiwings in relatief klein blokke opgebreek. Gegewens dui daarop dat die oorspronklike kom heelwat groter in omvang was as die huidige dagsoomgordel, wat as gevolg van trapverskuiwings bewaar gebly het. Die verskuiwings is volgens King (1967) van Jura- en Krytouderdome.

3. KAROOVLOER

3.1 Litologie

Oor die grootste gedeelte van die ondersoekte gebied bestaan die vloer uit pienk kwartsiet van die Soutpansberggroep, maar lokaal kom ook stollingsgesteentes wat ouer as die kwartsiet is (Brandl, persoonlike mededeling), voor. Dié gesteente is in plekke grofkristallyn met plagioklaaskristalle wat volgens die Karlsbadwet vertweeling is en het moontlik 'n basaltiese samestelling. Tekens van verskillende lawa-uitvloeiings is in die boorkern onderskei. Die boonste kontak van die lawa is intens verweer tydens die periode voor Karoosedimentasie en waar die basale Karoolae uit kleiige gesteentes bestaan, is die kontak dikwels nie baie duidelik nie. Sekondêre kwarts kom in die verweerde lawa voor (Fig. 4).

In die westelike gedeelte van Blok A word die Karoogesteentes ook deur pienk sandsteen onderlê, maar dit is heelwat minder gesilisifiseerd as in die ander gebiede. Dun, kleiige lagies, ook pienk tot rooi van kleur, is algemeen en die gesteentes is deurgaans glimmerryk.

In die ooste van Blok C en in Blok D rus die Karoogesteentes op metamorfe gesteentes wat as tuf geïdentifiseer is.

3.2 Karoo-vloertopografie

Weens die teenwoordigheid van 'n groot aantal verskuiwings waarvan die omvang van die verplasing nie bekend is nie, is dit onmoontlik om 'n presiese vloerkontoerkaart te rekonstrueer, hoewel 'n tentatiewe kontoerkaart, gebaseer op 'n steenkoolhorison, in Hoofstuk 8 weergegee word. Verskillende faktore dui egter daarop dat die Karoovloer onreëlmatig was. In Blok A is daar 'n skielike afname in dikte van die basale gedeelte van die Karoo-opeenvolging wes- en noordwaarts. Soms verdwyn die onderste eenhede geheel en al sodat dit nie slegs as 'n fasiesverandering gesien kan word nie. In Blokke B en C is dieselfde tendens waargeneem, hoewel die variasie in dikte heelwat kleiner is en lokaal voorkom. In Blok D knyp die onderste eenhede suidweswaarts teen die vloergesteentes uit en die hoër eenhede oorvleuel die onderste eenhede.

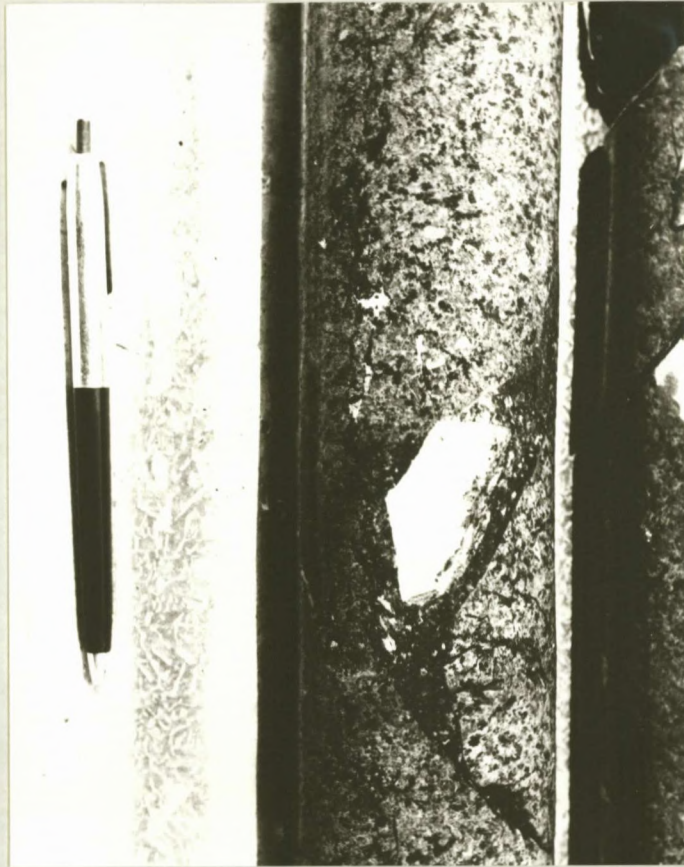


Fig. 4. Kwarts in 'n verweerde kraak in lawa van die Soutpansberggroep.

Dit skyn asof die lawagedeeltes van die vloer as "hoë" gebiede voor-gekom het, omdat die heel onderste Karoolae dikwels afwesig is waar die vloer uit lawa bestaan. Dit lyk teenstrydig deurdat die lawa voor-Karoooverwering ondergaan het, terwyl die kwartsiet heelwat meer weerstandbiedend moes gewees het. Dit kan moontlik aan voor-Karoooverskuiwings asook verskuiwings aktief tydens sedimentasie toegeskryf word.

4. KAROO-OPEENVOLGING

4.1 Sone 1

4.1.1 Inleiding

Sone 1 kom aan die basis van die Karoo-opeenvolging voor en rus oor die grootste gedeelte van die ondersoekte gebied diskordant op die voor-Karoo-gesteentes. In gebiede waar die basalte van die vloer verwerking ondergaan het voor Karoo-sedimentasie begin het, is die kontak soms moeilik definieerbaar, veral waar die basale Karoo-gesteentes oorwegend kleiig is.

Die boonste kontak van die sone is by die eerste prominente steenkoolontwikkeling geneem. Aangesien enkele dun steenkoolagies wel bo in die sone voorkom, is die boonste kontak dus oorganklik.

Kleiige diamiktiet wat kenmerkend van die sone is, kom egter nie bo die voorgestelde kontak voor nie.

Die dikte van die sone wissel tussen 1 en 162 m. Dit sal in 'n latere hoofstuk verder bespreek word.

Die gesteentes dagsoom swak, aangesien die gebied gewoonlik deur 'n dik laag puin, bestaande uit meestal kwartsietfragmente en -rolstene in 'n matriks van grond, bedek word. Du Toit (1966) beskryf glasiale gesteentes in Blok C naby die huidige nasionale pad. Die volgende ander dagsome is gevind: Op die plaas Nakab in Blok B dagsoom 'n kleiige diamiktiet met growwe sand- en grintsteenlense in 'n rivierbedding aan beide kante van die grootpad. Na die ooste in Blok B, suid van boorgat B16, is 'n sanderige diamiktiet besonder goed blootgestel langs die grootpad. Op Solitude in Blok C oorlê 'n kleiige diamiktiet sporadies die voor-Karoo-vloer. Na aan die suidwestelike hoek van die plaas Voorburg in Blok D is 'n sanderige diamiktiet goed blootgestel. In al die gevalle is die Karoo-vloer verweer en is dit nie moontlik om enige glasiale strukture daarop te identifiseer nie.

Sone 1 bestaan meestal uit twee prominente litologiese eenhede, nl. 'n basale sanderige diamiktiet- en 'n boonste oorwegend kleiige diamiktieteenheid.

4.1.2 Sanderige Diamiktieteenheid

4.1.2.1 Regionale Beskrywing

Die sanderige diamiktiet rus diskordant op die Karoovloer. Regionaal kom 'n konglomeraat met 'n versteurde raamwerk en 'n sanderige matriks aan die basis voor. Dit gaan gewoonlik opwaarts oor in 'n growwe, swakgesorteerde sandsteen. Aan die bokant kom afwisselende kleiige of warfagtige lae voor. Die onderste eenheid kan dus regionaal as 'n opwaarts fyner-wordende siklus beskryf word.

Die basale eenheid is feitlik oor die hele ondersoekte gebied ontwikkel, maar is lokaal soms afwesig en dan rus die kleiige diamiktieteenheid direk op die voor-Karogesteentes. Dit is opvallend dat dit gewoonlik afwesig is waar die ouer gesteentes uit basalt bestaan.

In die oostelike gedeelte van Blok A (van die Njeleledam tot na aan die westelike grens van die plaas Lukin) verskil die voorkomstes van die res van die gebied. Hier gradeer 'n swak ontwikkelde sanderige diamiktiet na 'n goedgesorteerde, skoon, roomkleurige, middelkorrelrige sandsteen met warfagtige lae aan die bokant.

Die normale ontwikkeling van die basale eenheid wissel van 0 tot 51 m in dikte met relatief klein variasies oor kort afstande. Daarenteen het die roomkleurige sandsteen in Blok A 'n dikte van 94 m en dit verdun tot 15 m oor 'n afstand van 2 km. Slegs enkele boorgate is deur hierdie sandsteen geboor sodat die regionale dikte-verspreiding nie heeltemal vasgestel kon word nie.

4.1.2.2 Litologie

Die sanderige diamiktiet bestaan uit fragmente van pienk kwartsiet ^{in 'n sanderige matriks} wat wissel van klein tot 2 m in deursnee (Fig. 5). Fragmente van pienk skalie, fynkorrelrige sandsteen, grys sandsteen asook verweerde voor-Karobasalt is waargeneem, maar is gewoonlik klein en selde meer as 8 cm in deursnee. In Blokke C en D is fragmente van tuf algemeen. Dit is belangrik dat tot nog toe geen fragmente van tuf in Blokke A en B gevind is nie, terwyl kwartsietfragmente (maksimum

5 cm in deursnee) wel in die sanderige diamiktiet in Blokke C en D voorkom.

Die fragmente is hoekig, maar die kleiner swerfstene veral is soms redelik afgerond. Gefasetteerde swerfstene is gevind, maar die fasette toon nie 'n definitiewe polering nie. In die dagsoom suid van B16 is egter twee voorbeelde gevind waarop lineêre groewe duidelik op die faset onderskei kon word (Fig. 6).

Die fragmente toon geen duidelike sortering of oriëntering nie, ^{maar} daar is soms 'n neiging dat hulle toeneem in grootte na onder. Daar is ook gevind dat die onderste 10 tot 30 cm van 'n diamiktietlaag gewoonlik uit relatief klein fragmente opgebou word. In die kern van boorgat B15 is gevind dat die langwerpige swerfsteentjies 'n skubstruktuur lewer. Die fragmente is in 'n sanderige matriks afgeset. Die sortering in die matriks is swak en die tekstuur wissel van fyn tot grof (± 2 mm in deursnee). Baie fyn, liggrys, melkerige kleideeltjies kom as bindstof voor. Dié materiaal vorm soms dun, onreëlmatige lamelle in die diamiktiet. Die lamelle besit 'n interne mikrogelaagdheid en buig soms oor of onderom 'n fragment, maar word selde onderbreek. Hierdie verskynsel is moontlik die gevolg van kompaksie.

Die sandstene is gewoonlik grofkorrelrig (± 2 mm in deursnee), maar word gewoonlik fyner na bo, hoewel fynkorrelrige sandstene en sliksiene min voorkom. Sortering in die sandsteen is middelmatig tot swak. Korrels bestaan gewoonlik uit kwarts terwyl veldspaat ook voorkom. Modderfragmente is met grofkorrelrige sandsteen- en grintsteenlae geassosieer en dui op erosie en meesleuring. Die sandstene het dieselfde ligkleurige, kleiige bindstof as die sanderige diamiktiet.

Die roomkleurige sandsteen in die oostelike gedeelte van Blok A is middelkorrelrig (0,5 mm) tot fynkorrelrig, suiwer en baie goed gesorteer. Die bindstof bestaan uit fyn, wit, kleiige materiaal, maar die korrels is oorwegend kwarts. Swak ontwikkelde opwaarts fynerwordende siklusse is teenwoordig, hoewel korrelgrootte oor groot diktes feitlik geen variasie toon nie. Die sikliese ontwikkeling is meer opvallend aan die bokant van die sandsteensone waar soms 'n



Fig. 5. Sanderige diamiktiet van Sone 1, suid van boorgat B16.
Die kwartsietblok onder die hamer het 'n langas van 2 m.



Fig. 6. Gefasetteerde en geskraapte kwartsietfragment in sanderige
diamiktiet suid van boorgat B16.

"warweskalie" in die fyner gedeeltes van die siklusse ontwikkel is. Die warfagtige skalielae is parallelgelaagd en die eenhede is lig-grys en growwer aan die basis en gradeer na 'n fyner en donkerder gesteente aan die bokant. Beide die kontakte is skerp en eenhede wissel van ± 5 tot 30 mm in dikte (Fig. 7).



Fig. 7. Warfagtige lae van Sone 1.

4.1.3 Kleiige Diamiktieteenheid

4.1.3.1 Regionale Beskrywing

Die kleiige diamiktieteenheid bestaan uit diamiktietlae tussenge-laagd met moddersteen, sanderige moddersteen, sandsteen en grintsteen. Swak ontwikkelde steenkoollagies kom soms hoog op in die sone voor. Die kontak met die onderliggende sanderige diamiktiet is meestal oorganklik, maar skerp waar 'n kleiige diamiktietlaag direk op die onderste lae rus.

Hierdie kleiige sone is oor die algemeen minder goed ontwikkel, en het die dikste voorkoms oor die westelike gedeelte van die gebied, veral min of meer waar die basale roomkleurige sandsteen ontwikkel is. Hier het dit 'n maksimum dikte van 68 m. Soms is die eenheid slegs 1 m dik en waar dit so swak ontwikkel is, bestaan dit gewoonlik slegs uit 'n sanderige moddersteen wat opwaarts gradeer na moddersteen.

4.1.3.2 Litologie

Die kleiige diamiktiet bestaan uit fragmente en korrels van aarkwarts asook enkele sandsteen-swerfstene en modderbrokstukke in 'n donker-grys, kleiige matriks (Fig. 8). Fragmente wissel van uiters klein tot 5 cm in deursnee en is gewoonlik hoekig. Geen sortering kom voor nie. In die massiewe diamiktiet is gradering afwesig, maar soms is daar 'n duidelike afname in hoeveelheid en grootte van fragmente en korrels na bo. Beide die kontakte van die diamiktiet is gewoonlik skerp, hoewel die onderste een soms versakking toon. Groot siderietkonsentrasies tot 10 cm in deursnee, asook verspreide klein knolletjies, kom in die diamiktiet voor.

Modderstene is grys tot donkergrys en soms baie koolstofryk met dun steenkoollagies en -lamelle daarin ontwikkel. Siderietknolletjies is algemeen met die meer koolstofryke gedeeltes geassosieer.

Die sandstene het 'n kleiige matriks en is dikwels koolstofryk. 'n Algemene verskynsel is sandsteen- of grintsteenlae met beide kontakte skerp, baie swak sortering en feitlik geen gradering nie.

Kenmerkend van die sandstene en grintstene is die voorkoms van onreëlmatige kleilagies en -lensies wat dikwels heeltemal deur versakking versteur is. Kontakte van die kleilagies is gewoonlik skerp.

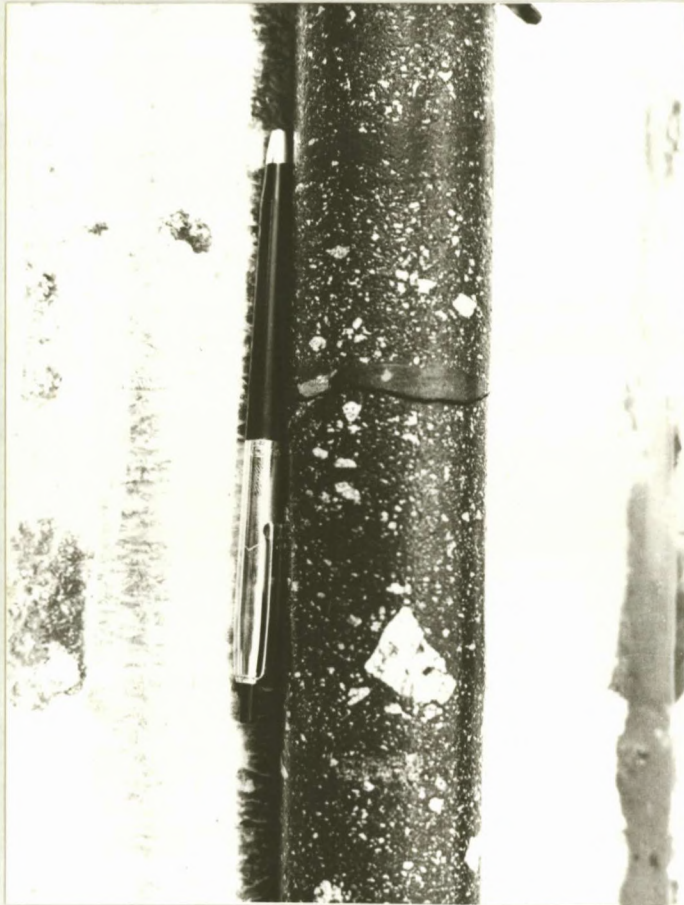


Fig. 8. Kleiige diamiktiet met onreëlmatige kwartsfragmente in 'n kleiige matriks.

4.1.4 Strukture

Die sanderige diamiktiet is massief en die enigste vorm van gelaagtheid daarin is die voorkoms van onreëlmatige, kleiige lamelle, soms heeltemal vervorm deur versakking of kompaksie.

Die grofkorrelrige sandstene en grintstene vertoon dikwels massief, maar swak tot goed gedefinieerde kruisgelaagdheid is aangetref. Hellings wissel van 15° tot 29° en eenhede is tot 50 cm dik. Kleiige lamelle in beide die sandstene en grintstene maak soms hoeke met mekaar en skep die idee van kruisgelaagdheid. Bal-en-kussingstrukture kom algemeen in die onderliggende kleiige lae voor.

Die middelkorrelrige sandstene is gewoonlik parallelgelaagd of kleinskaals kruisgelaagd. Riffelkruisgelaagdheid kom selde voor en is met parallelgelaagde, fynkorrelrige sandstene en sliksiene geassosieer. In die roomkleurige sandsteen van Blok A is groot gedeeltes massief met soms swak gedefinieerde kruisgelaagdheid wat deur kleiige laagvlakke beklemtoon word.

In die warfagtige skalie is die eenhede parallelgelaagd en besit soms 'n interne mikrogelaagdheid. In die boonste gedeelte van die warfagtige lae is die gelaagdheid soms onreëlmatig en versteur, en is waarskynlik die gevolg van afsetting van die daaropvolgende growwe siklus. Klein verskuiwings in die "warfskalie" is kenmerkend.

Die kleiige diamiktiet is massief en slegs versakkingstrukture het ontwikkel. Laasgenoemde word dikwels deur siderietkonsentrasies beklemtoon (Fig. 9). Ook in die modderstene is versakkingstrukture dikwels teenwoordig.

4.1.5 Vertikale Siklusse

In die sanderige diamiktiet kan 'n aantal tweede-orde siklusse onderskei word. Hoewel sortering grootliks afwesig is, is daar tog soms 'n neiging dat die fragmente kleiner word na bo, die gesteente gradeer in 'n sandsteen en in enkele gevalle is 'n dun kleiige laag aan die bokant van die sandsteen ontwikkel (Fig. 10). Hoër op in die basale sone is die opwaarts fyner-wordende siklusse redelik goed ontwikkel (Fig. 11). Die dikte van die siklusse wissel van 0,3 tot ongeveer 6 m. In sommige gevalle is die diamiktiese lae nie ontwikkel nie en rus die sandsteensiklus direk op die Karoovloer.

In enkele gevalle is ook gevind dat 'n sandsteen direk op die vloer voorkom met die sanderige diamiktiet eers hoër op ontwikkel. Dikwels is siklusse nie volledig ontwikkel nie en word deur

die oorliggende siklus afgesny.



Fig. 9. Onreëlmatige versakkingstrukture in siderietryke knolle in die kleiige diamiktiet.

In die kleiige diamiktieteenheid is die tweede-orde siklusse nie so goed ontwikkel nie en bestaan dit meestal uit afwisselende lae van kleiige diamiktiet, grintsteen, sandsteen, sanderige moddersteen en moddersteen in enige volgorde (Fig. 13). Sekere voorkeur-opeenvolgings is egter wel aangetref en word in Fig. 11 en 12 weergegee. In hierdie eenheid wissel die growwer eenhede van enkele sentimeters tot sowat 4 m in dikte. Die moddersteenlae wissel van enkele sentimeters tot 10 m en soms meer in dikte. Onvolledige en afgesnyde siklusse is dikwels aanwesig (Fig. 13).

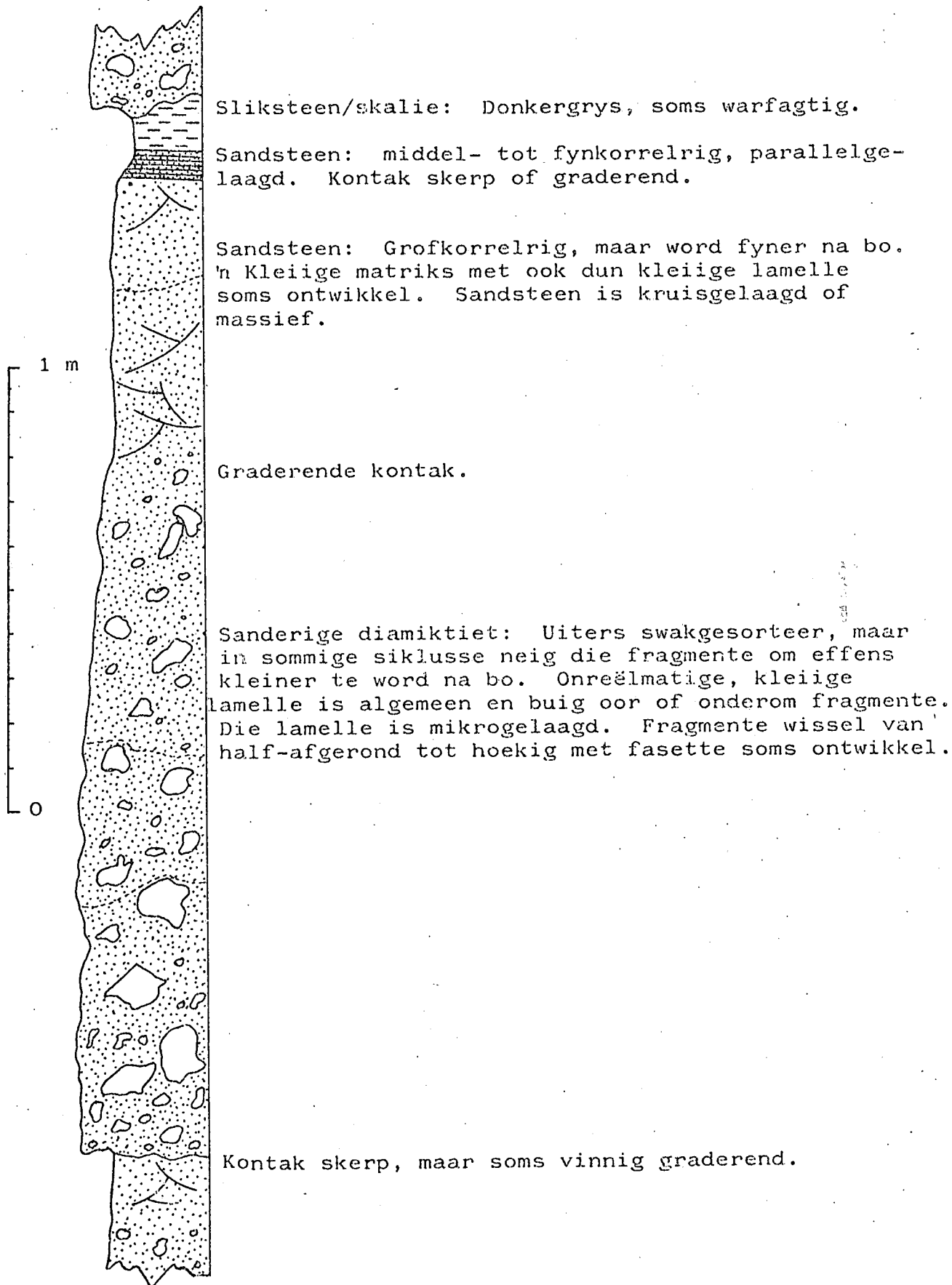


Fig. 10. Siklus in sanderige diamiktiet.

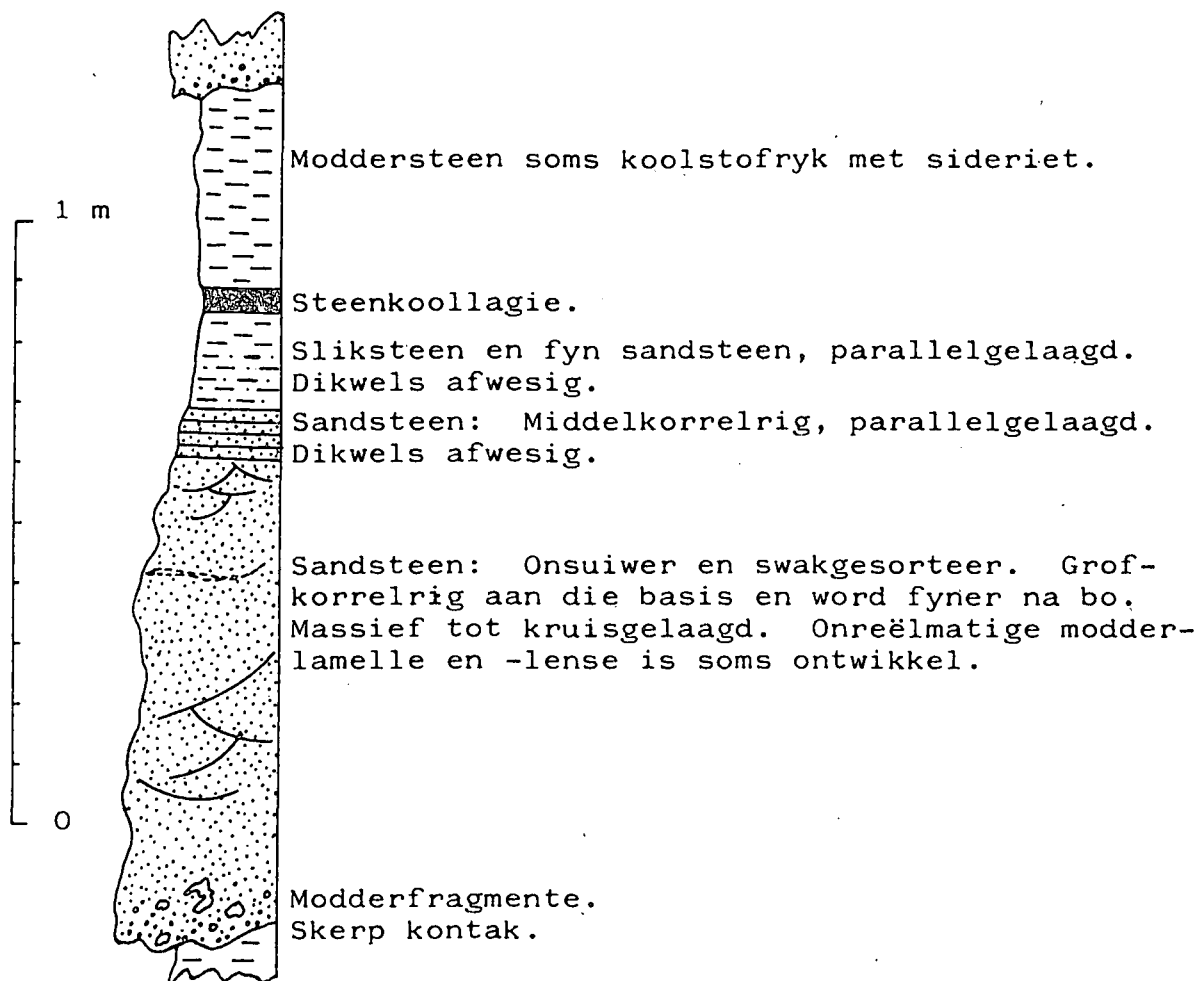


Fig. 11. Siklus in sandsteen van Sone 1.

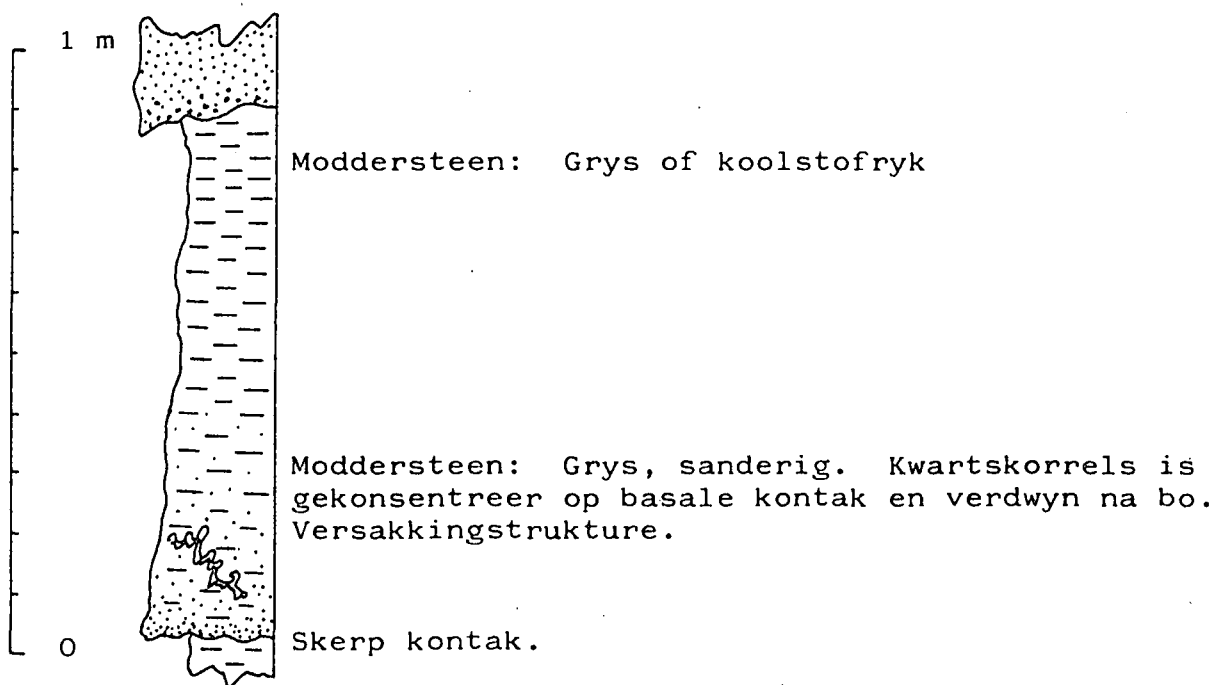


Fig. 12. Siklus in moddersteen van Sone 1.

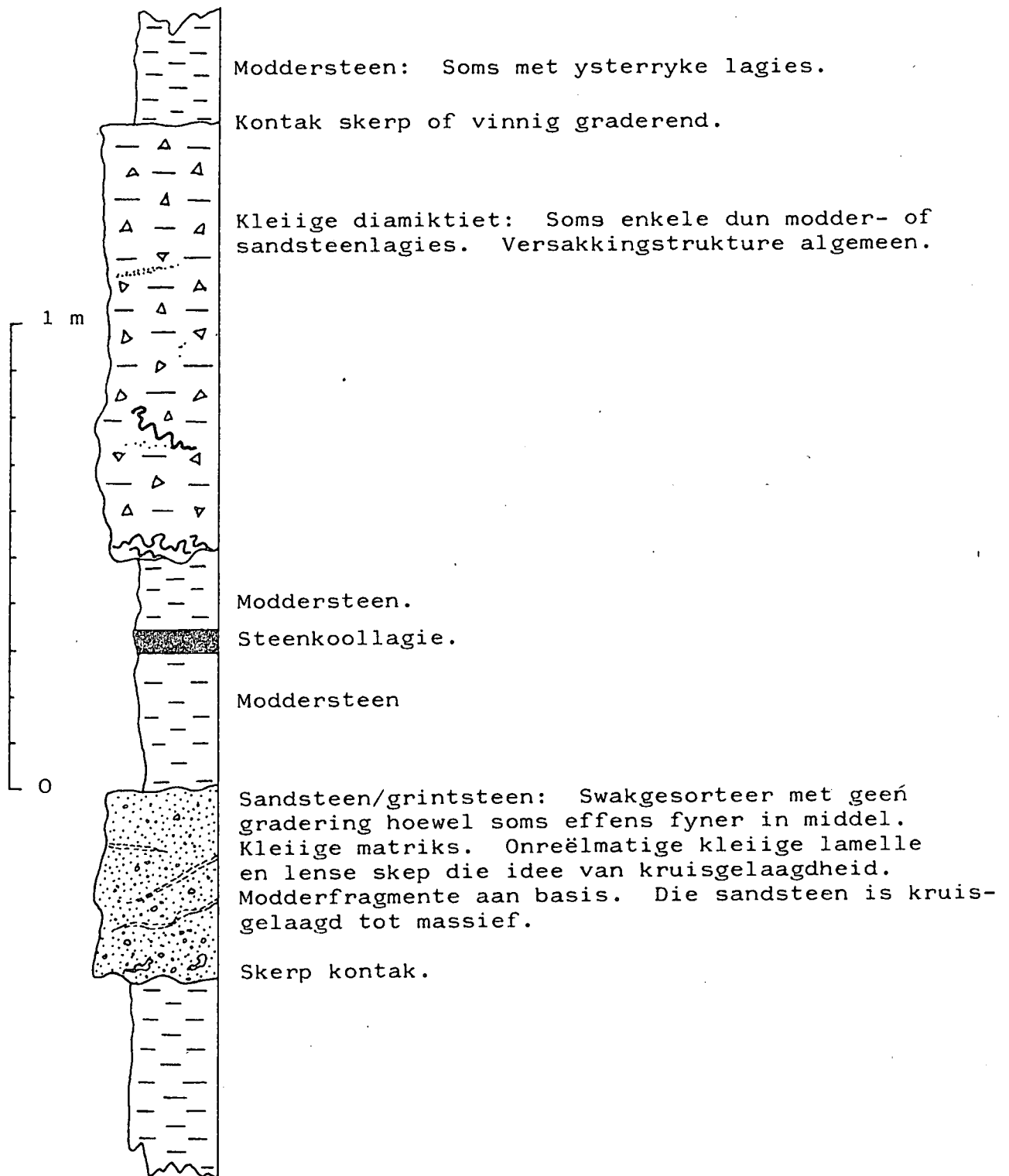


Fig. 13. Siklus in kleiige diamiktiet.

In die roomkleurige sandsteen van Blok A is sikliese ontwikkeling veral bo in die eenheid herkenbaar (Fig. 14).

4.1.6 Fossiele

Hoewel koolstofryke gedeeltes algemeen voorkom en dun steenkoollagies ontwikkel is, is plantafdrukke skaars. Slegs enkele blaaraafdrukke van Glossopteris is gevind. Wortelmerke kom onder die steenkoollagies in die modderstene voor, terwyl, ^{afdrukke van} houtfragmente meer algemeen aangetref is. In die roomkleurige sandsteen van Blok A is daar in die kern van boorgat A10 strukture gevind wat moontlik vertikale wurmbuise kan wees.

4.1.7 Fasiesveranderinge

Die sanderige diamiktiet toon min variasie oor die gebied hoewel dit op plekke glad nie ontwikkel is nie. Daar is egter 'n geringe regionale afname in die grootte van die fragmente weswaarts sowel as noordwaarts. Die samestelling van die fragmente verskil ook noordwaarts soos reeds genoem.

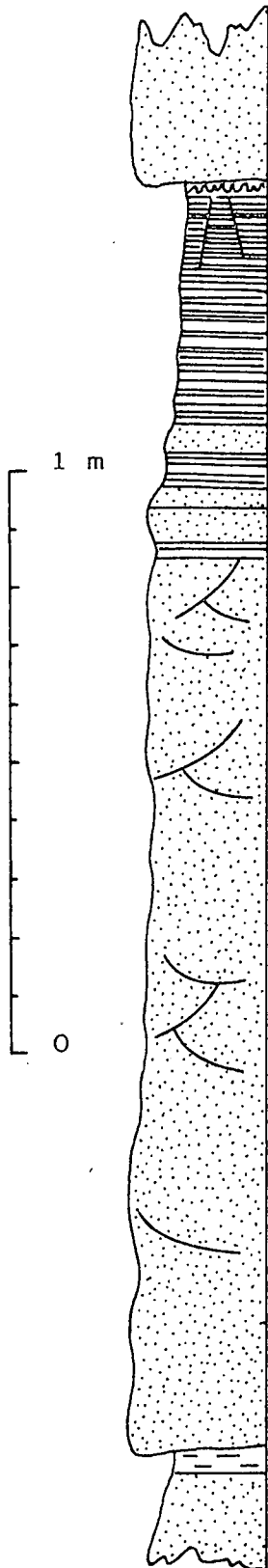
Die basale roomkleurige sandsteen is oor 'n relatief klein gebied ontwikkel en verdwyn skielik noord- en weswaarts. In die ander rigtings is dit nie ondersoek nie.

Siderietknolletjies kom algemeen voor in die weste van die gebied waar groot konsentrasies soms ontwikkel is, maar toon ooswaarts 'n afname en verdwyn later geheel en al. Daar is ook 'n opwaartse toename in sideriet.

4.2 Sone 2

4.2.1 Inleiding

Hierdie sone is uit 'n ekonomiese oogpunt die belangrikste gedeelte van die Karoo-opeenvolging in die ondersoekte gebied. Die rede hiervoor is die goeie steenkoolontwikkeling in sommige plekke. Die sone dagsoom baie swak, en dit is slegs in die ooste van Blokke



Skalie warfagtig. Die laag is aan die bokant ver-
steur en klein verskuiwings is algemeen. Hierdie
interval is dikwels afwesig of baie dun.

Afwisseling van sandsteen- en skalielagies parallel-
gelaagd. In die meeste gevalle word die siklus in
hierdie stadium deur die daaropvolgende siklus
afgesny.

Sandsteen: Roomkleurig, suiwer, goedgesorteer en
middelkorrelrig. 'n Geringe afname van korrel-
grootte na bo is soms waarneembaar. Oor groot
diktes is daar dikwels geen variasie in korrel-
grootte nie. Die sandsteen vertoon meestal massief.
maar duidelike tekens van kruisgelaagdheid kom
verspreid voor.

Skerp of graderende kontak.

Fig. 14. Siklus in sandsteen van Blok A (Sone 1).

B en C waar daar voorkomste van glimmerryke sandstene in rivierbeddings is. Steenkooldagsome is in die ooste van Blok B in die bedding van die Levuvhurivier, in Blok C op die plaas Solitude, in 'n sytak van die Njelelerivier en in Blok D, wes van Lilliputstasie, teen die helling van 'n koppie gevind. By laasgenoemde lokaliteit is daar ook die skag van die ou steenkoolmyn.

4.2.2 Regionale Beskrywing

Die basale kontak van die sone is geneem by die eerste prominente steenkoolafwisseling. Hierdie grens kan feitlik deurgaans sonder moeite in boorgatkerne herken word. In enkele boorgate was die onderste steenkool egter afwesig weens sekere afsettingstoestande. Die boonste kontak is aan die basis van 'n growwe, wit, veldspatiese sandsteen (Sone 3) geneem. Hierdie kontak is skerp, diskordant en maklik karteerbaar.

Die sone bestaan regionaal uit 'n sikliese opeenvolging van sanderige lae, kleiige eenhede en steenkollagies. Weswaarts is daar 'n fasiesverandering en kom kleiige lae met dun, sanderige lensies/lagies of slegs 'n lagie met verspreide kwartskorrels in 'n kleiige matriks in die plek van die sandstene voor. Selfs laasgenoemde is sporadies afwesig. Die dikte van die sone wissel van 11 tot 348 m.

4.2.3 Litologie

Die sandstene wissel van fyn (0,125 - 0,25 mm) tot baie grofkorrelrig (3 mm) met enkele kwartsrolstene tot 1 cm in deursnee soms aan die basis van growwe sandstene. Enkele grintsteenlae met korrels tot 6 mm in deursnee is aangetref. Die sandstene is middelmatig gesorteer en sortering verbeter effens met 'n afname in korrelgrootte. Die korrels bestaan oorwegend uit kwarts met ondergeskikte veldspaat. Modderfragmente kom geassosieer met die growwe sandsteen en grintstene voor. Die middel- en fynkorrelrige sandstene is gewoonlik baie glimmerryk. Die matriks bestaan meestal uit grys, kleiige materiaal en daarom het die sandstene gewoonlik 'n vuilgrys voorkoms. Koolstofryke materiaal gee die sandsteen soms 'n swarterige kleur. Die matriksmateriaal neem dikwels toe met 'n afname in korrelgrootte

en dan gradeer die sandsteen soms na 'n sanderige moddersteen.

Ware slikstene kom nie voor nie, maar 'n assosiasie van lamelle en lense van sliksteen, skalie en fyn sandsteen word gewoonlik aangetref, terwyl grofkorrelrige sandsteenlensies (1 mm tot enkele sentimeters dik) en verspreide growwe kwartskorrels algemeen met die ontwikkeling geassosieer is. Die hoeveelheid slik- en sandlamelle varieer sodat die gesteente meestal as 'n skalie met verspreide slik- en sandsteenlense en -lamelle beskryf kan word en gevolglik word die term "skalie-sliksteenassosiasie" gebruik (fig. 15). Die slikstene en fynkorrelrige sandstene is gewoonlik baie glimmerryk. Die sliksteen, maar veral die skalielamelle, is soms koolstofryk. Bruin ysterkarbonaatryke lense kom dikwels in hierdie assosiasie voor en kontakte is meestal graderend. Die sliklamelle is dikwels in sekere sones digter gekonsentreer en die onderste kontak van so 'n sone is soms skerp, terwyl dit gradeer na oorwegend skalie bo. Verspreide grofkorrelrige, swakgesorteerde sand- en grintsteensones tot 30 cm dik, met basale kontak skerp en boonste kontak vinnig graderend, is aangetref.

Moddersteen verteenwoordig die grootste gedeelte van die kleiige sedimentêre gesteentes in Sone 2. Skalielae kom minder algemeen voor, is gewoonlik geassosieer met die steenkool en toon 'n gebandheid. Die kleiige lae wissel van grys tot swart in kleur en kan soms as "koolskalie" beskryf word. Verspreide siderietknolletjies is gewoonlik met meer koolstofryke gedeeltes geassosieer. Bruin ysterkarbonaatryke lense kom egter ook in die grys modderstene voor en is geneig om lokaal op min of meer dieselfde horison te ontwikkel. In die kleiige lae is soms bruinerige gevlekte gedeeltes onder 'n steenkoollaag ontwikkel. Hierdie gedeeltes wissel van 2 tot 10 cm in dikte en is besonder hard. Dié gedeeltes word gewoonlik deur fyn wortelafdrukke gekenmerk.

Die steenkool bestaan hoofsaaklik uit vitriniet. Petrografiese ontleding van die dryffraksie by 'n relatiewe digtheid van 1,40 toon die volgende samestelling: \pm 88% vitriniet, \pm 5% inertiniet, \pm 5% minerale, \pm 1% re-aktiewe semifusiet en minder as 1% eksiniet. Die steenkoollaag wissel van dun verspreide lamelle en lensies tot 1,6 m in dikte (Fig. 16). Die laag besit 'n interne gelaagdheid wat

meestal uit vitriet, fusiet en kleiige lagies en lense bestaan.



Fig. 15. Skalie-sliksteenassosiasie met flasergelaagdheid in Sone 2. Let op die riffelkruisgelaagdheid in sommige van die dikker sliklense.

Hoewel dun steenkoollae in enkele gevalle tussen redelike grofkorrelrige sandstene voorkom of soms met skerp kontakte op 'n sandsteen rus, is dit gewoonlik met moddersteen en skalielae geassosieer, maar geen prominente steenkoolontwikkeling is in die skalie-sliksteenassosiasie aangetref nie. Kontakte van die steenkoollae is graderend tot skerp. Daar is gevind dat graderende kontakte gewoonlik gepaard gaan met 'n toename in tussengelaagde, kleiige lamelle en terselfdertyd 'n afname in die koolstofinhoud van die lagies weg vanaf die steenkool. Siderietknolletjies kom soms in die steenkoollae voor. In die boonste steenkoollae is soms dun karbonaatryke lense met keël-in-keël-strukture daarin ontwikkel. Opvallend is dat die oorgang van steenkool deur koolskalie na skalie

vinniger aan die onderkant as aan die bokant van die laag geskied. Dit strook met Tavener-Smith (1962, p. 55) se bevinding vir die Karoogesteentes van die Middel-Zambezivallei.



Fig. 16. Afwisseling van steenkool- en kleiige lae/lense in die proefgleuf in Blok A. Die drom, regs bo, dien as skaal.

4.2.4 Sedimentêre Strukture

Kruisgelaagdheid is gewoonlik met die grofkorrelrige sandstene geassosieer. Die dikte van die kruisgelaagde eenhede wissel van 5 tot 40 cm en volgens boorgatkerne hel die kruislae van 12° tot 30° . Kruisgelaagdheid word dikwels gedefinieer deur 'n baie dun, kleiige lagie wat op die laagvlakke afgeset is. Kruisgelaagde eenhede word oor die algemeen kleiner met 'n afname in korrelgrootte en graderingsgelaagdheid is dikwels met die kruisgelaagdheid geassosieer. Geedertes van fyn-, middel- en grofkorrelrige sandstene is soms massief en by die middel- en fynkorrelrige sandstene kan dit dikwels aan intense bio-verstoring toegeskryf word. In die grofkorrelrige geedertes is dit waarskynlik slegs 'n gebrek aan goeie definisie van die

gelaagdheid.

Die grys modderstene, veral aan die bokant van die sone, is massief, vlekkerig met onreëlmatige, donker, aaragtige strukture en het 'n blokvormige breuk. Die onderste modderstene in die sone besit 'n skulpvormige breuk en die aaragtige strukture is afwesig. Kleiige lae vorm dikwels lense tussen twee steenkoollae en wissel van 40 cm tot 5 m in wydte, tot 20 m en meer in lengte, en die dikte wissel van enkele sentimeters tot 70 cm. Hierdie tipe voorkoms is veral in die onderste gedeelte van die sone ontwikkel (Fig. 16).

Riffelkruisgelaagdheid is in fyn- tot middelkorrelrige sandstene ontwikkel. Die hoogte van die riffels wissel van enkele millimeters tot sowat 2 cm. Parallellegelaagdheid is in die middel- en fynkorrelrige sandstene ontwikkel, maar is veral oorwegend in die skalie-sliksteenassosiasie waar ook flasergelaagdheid voorkom. Dikwels is gevind dat wanneer 'n slikslagie 'n meer konstante dikte besit, daar 'n interne opwaarts fyner gradering in die lagie voorkom om dit 'n warfagtige voorkoms te gee. Hoewel die sandsteen in die skalie-sliksteenassosiasie lensagtig is, kon 'n sandsteenlagie met dikte van 2 tot 7 mm oor 'n afstand van 10 m in die uitgraving op Fripp in Blok A gevolg word. Verder is 'n kleiige sone van ongeveer 30 cm dik met enkele grofkorrelrige lagies daarin oor gebiede van etlike km² gekorreleer.

Klein uitspoelkanaaltjies gevul met grofkorrelrige, sanderige materiaal kom algemeen in die skalie-sliksteenassosiasie voor. Fyn modderkrakies gevul met ligkleurige, effens growwer materiaal is dikwels in die skalie-sliksteenassosiasie aangetref. Die struktuurtjies is 0,5 tot 1 mm wyd en 1 tot 2 cm hoog. Vertikaal gesien is die krakies onreëlmatig en kronkelend maar in plan is die strukture redelik linieër (Fig. 17).

Onreëlmatige versakkingstrukture wat onder andere bal-en-kussingstrukture insluit, kom deur die hele sone voor, maar is veral volop in die skalie-sliksteenassosiasie. Kronkelgelaagdheid word ook in dieselfde gesteentes aangetref. Stiloliete is soms in die sandstene ontwikkel. Die sandsteen weerskante van die stiloliet is gewoonlik baie gesilisifiseer. Kleiige materiaal vorm dikwels 'n

donker lagie op die oplossingsvlak.



Fig. 17. Uitdrogingskrake gevul met fynkorrelrige, sanderige materiaal in glimmerryke skalie-sliksteenassosiasie.

4.2.5 Siklusse

Die siklusse wissel in dikte van ongeveer 20 cm tot 12 m. Hoewel daar 'n groot aantal kombinasies van siklusse op grond van litologie en sedimentêre strukture aangetref is, is dit tog moontlik om sommige saam te groepeer en 'n ideale siklus vir elke groep saam te stel (Fig. 18, 19, 20, 21 en 22). Die siklus in Fig. 18 kom die volopste voor. Opvallend is die feit dat al die siklusse behalwe Fig. 21 'n fyner opwaartse gradering besit. Die siklusse in Fig. 19, 20 en 22 maak dikwels deel uit van die siklus in Fig. 18, maar kom ook as onafhanklike eenhede voor. Siklusse soos uitgebeeld in Fig. 21 kom sporadies oor die hele gebied voor maar is selde dikker as 2 m.

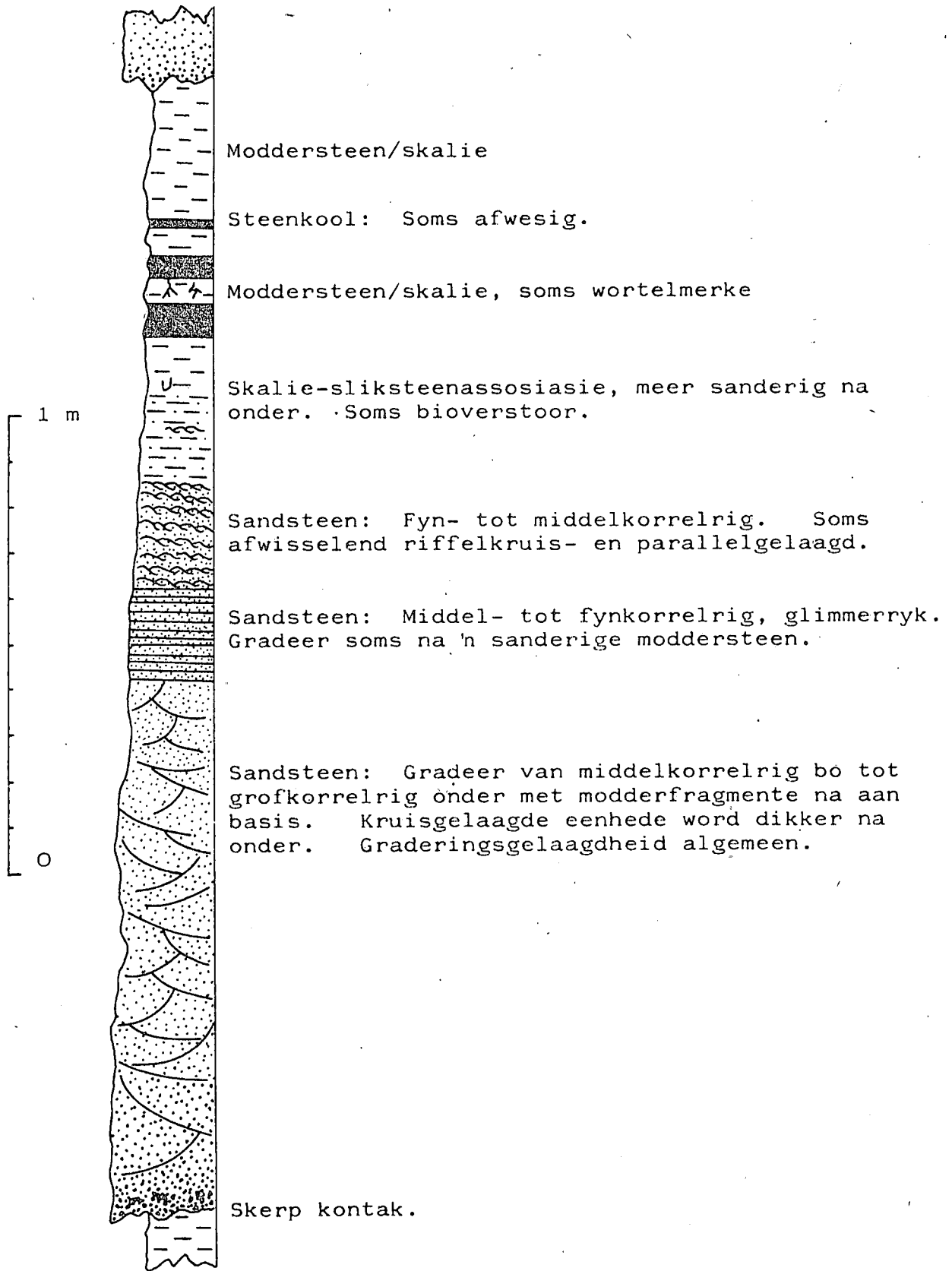


Fig. 18. Tipiese opwaarts-fynerwordende siklus in sandsteen van Sone 2.

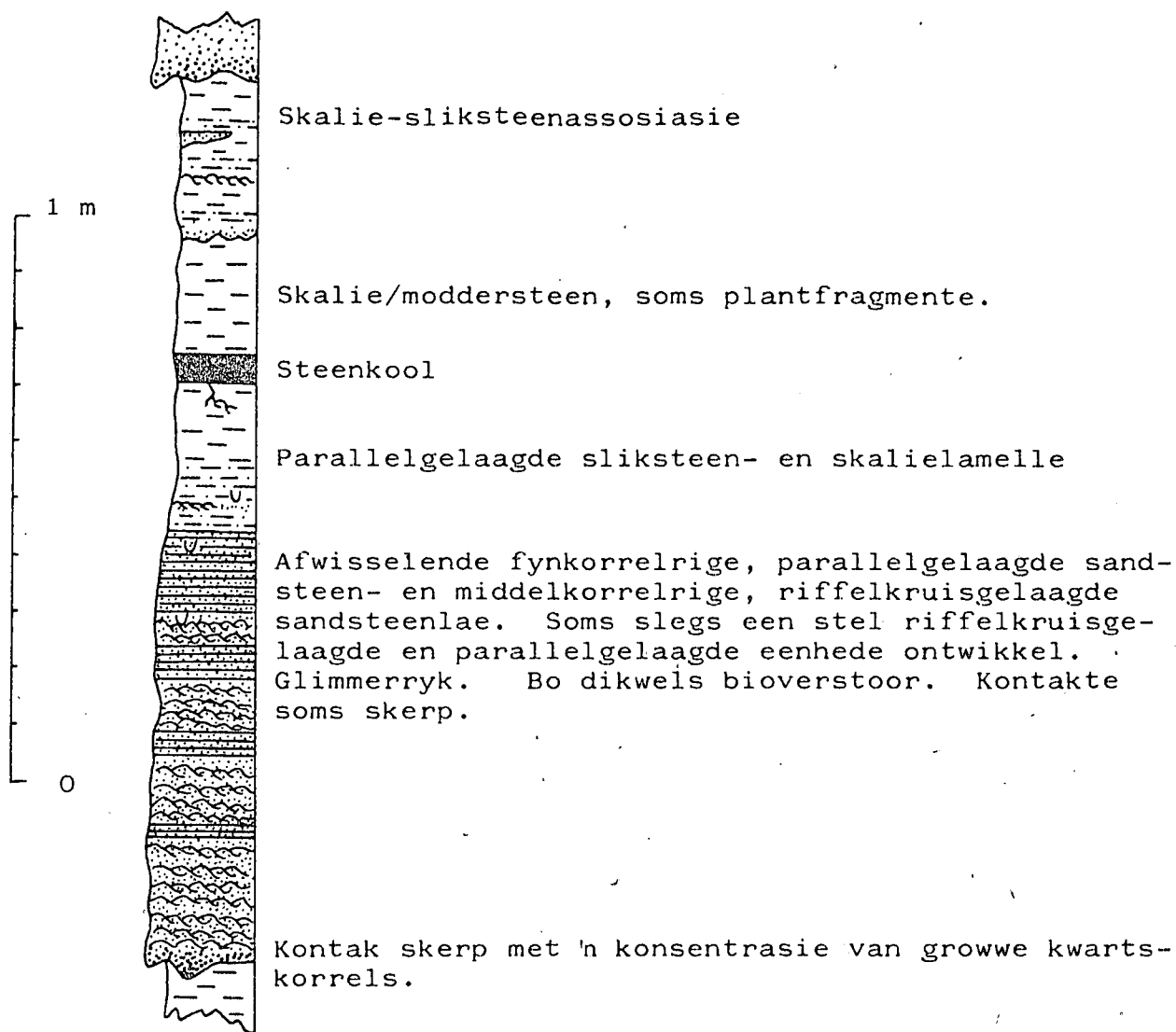


Fig. 19. Tipiese siklus in fyn- tot middelkorrelrige sandsteen van Sone 2.

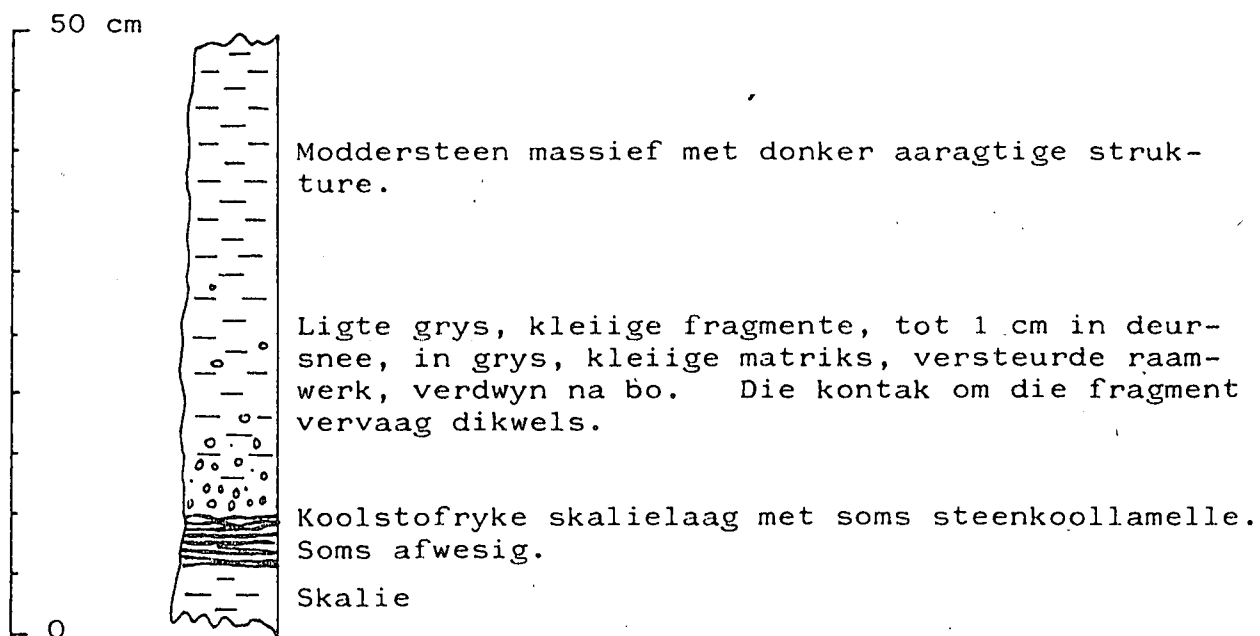


Fig. 20. Siklus in moddersteen van Sone 2.

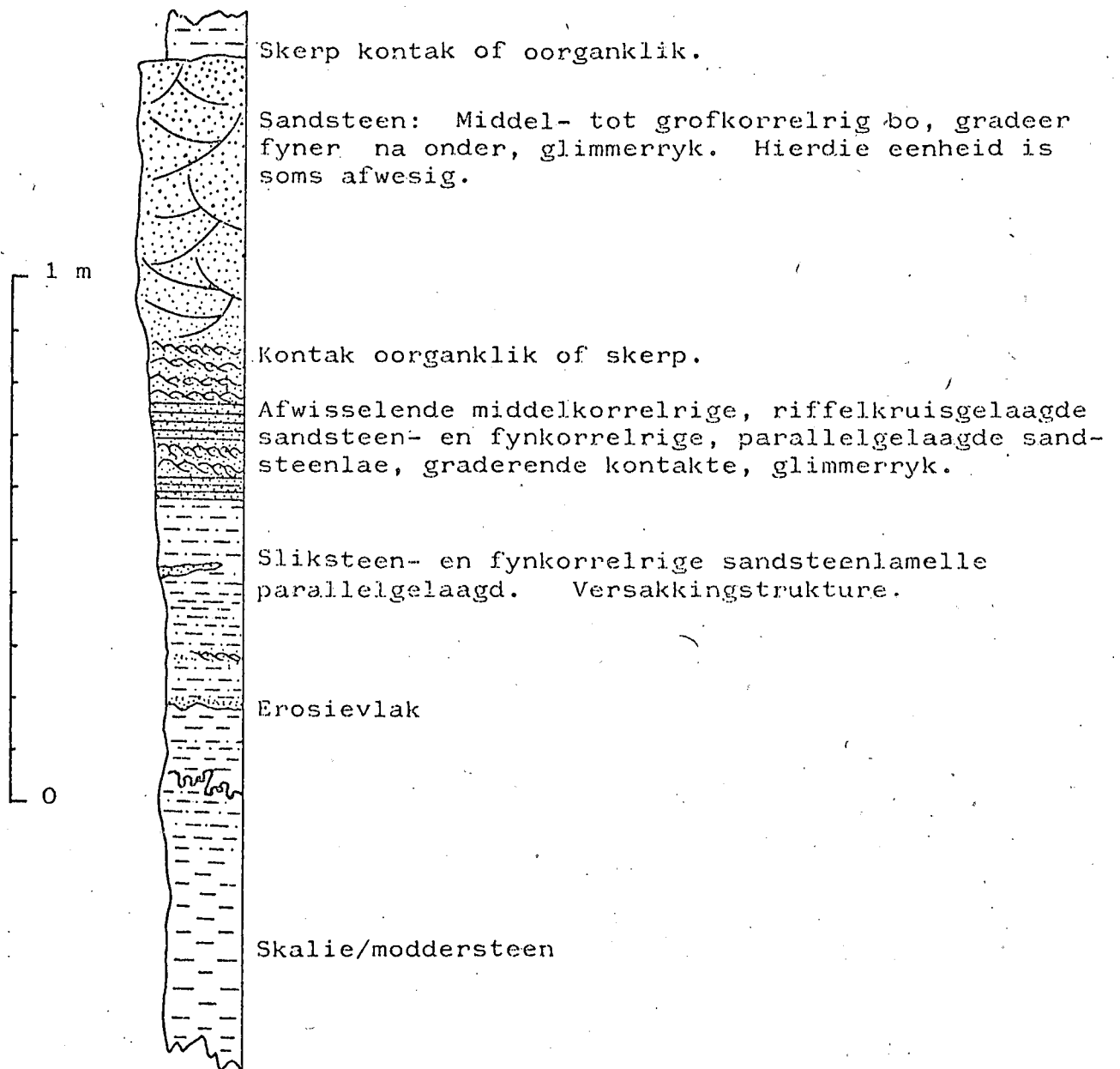


Fig. 21. Opwaarts grower-wordende siklus in sandsteen van Sone 2.

4.2.6 Fossiele

Blaarafdrucke van Glossopteris, hoewel skaars, is gevind (Fig. 23, 24), veral in die skalie-sliksteenassosiasie. Die mees algemene plantfossiel in die sone is Vertebraria (Fig. 25) waarvan afdrucke ook in die steenkoollae herken is. Enkele afdrucke van Phyllothea (Fig. 26) is ook gevind, terwyl afdrucke van stamme

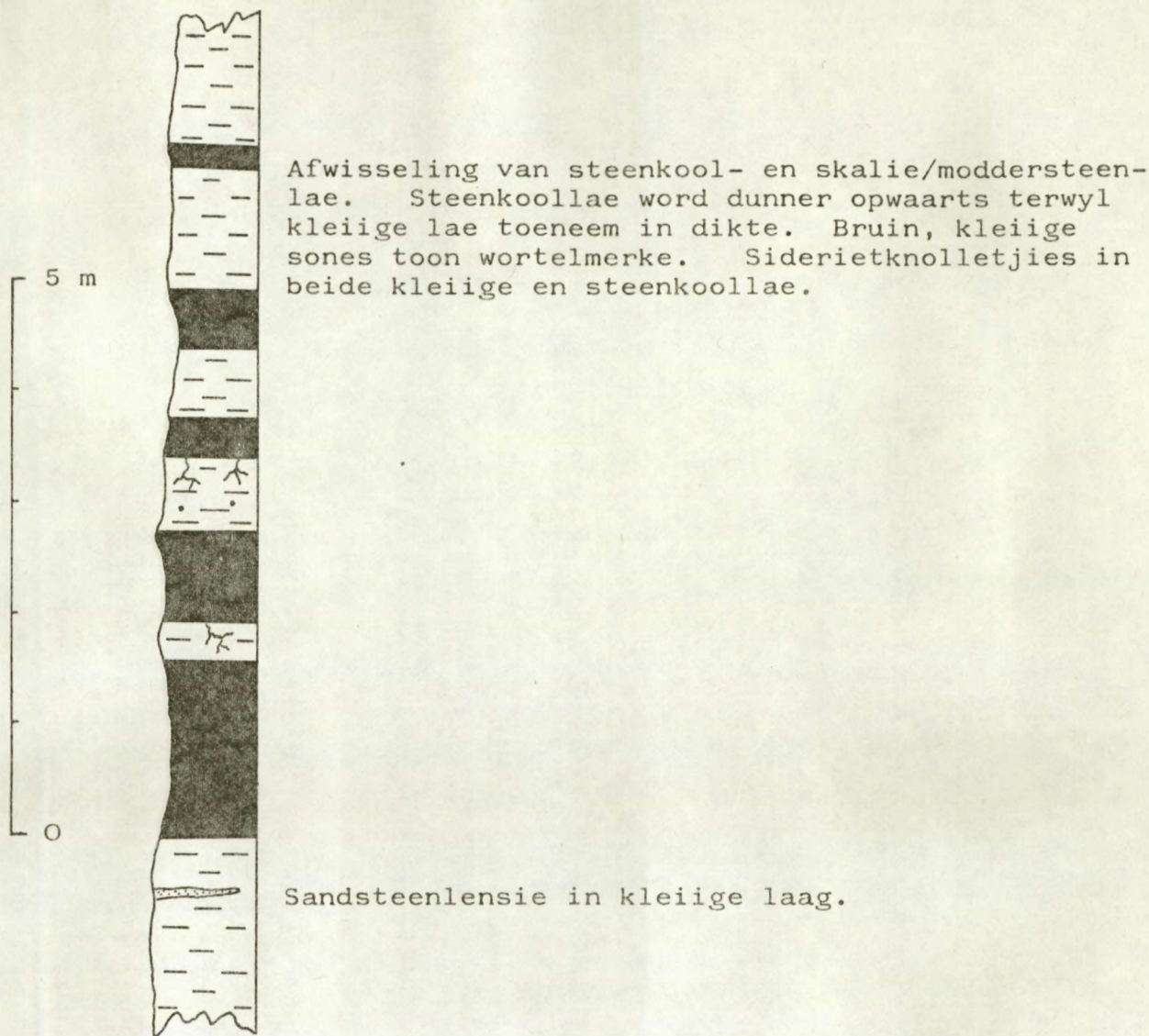


Fig. 22. Sikliese afwisseling van steenkool en moddersteen in Sone 2.

(Fig. 27) en houtfragmente in die steenkoollae, waar dit voorkom as dun fusietlagies, asook in skalie, moddersteen en soms in sandsteenlae aangetref is. Vlekkerige, bruin sones onder steenkoollae verteenwoordig waarskynlik 'n paleosol of vloerlei. Dit word gewoonlik deur fyn wortelmerke (Fig. 28), waarvan sommige tot 6 mm in deursnee is, deurkruis. Indien aanvaar word dat 'n steenkoollaag tot so min as $\frac{1}{30}$ van die oorspronklike dikte van plantemateriaal verteenwoordig, kan die onreëlmatige steenkool-lamelle en -lense wat soms in kleiige lae voorkom, moontlik dikker

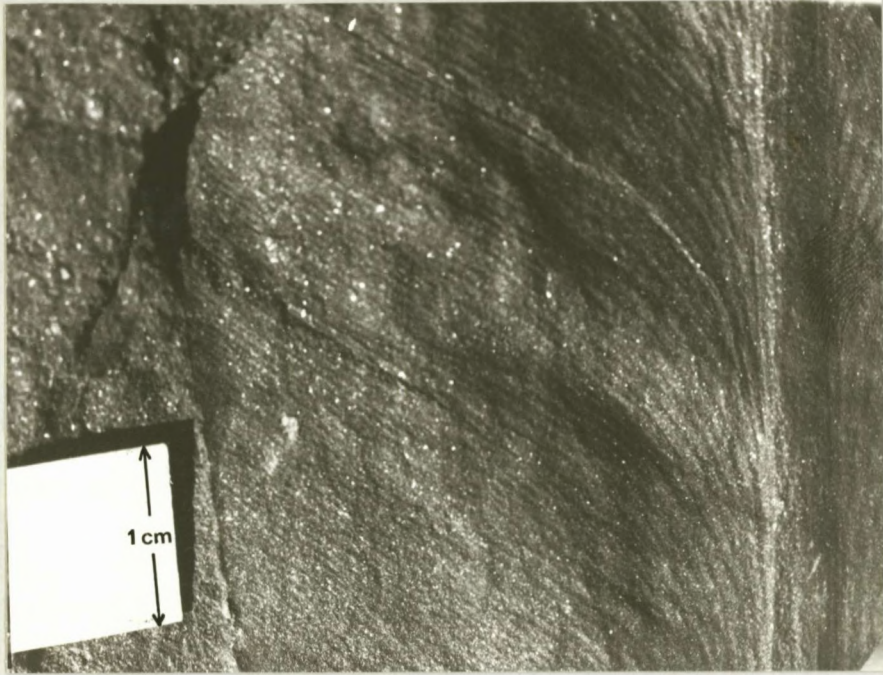


Fig. 23. Afdruk van 'n breë Glossopteris-blaar uit Sone 2.



Fig. 24. Afdruk van 'n smal Glossopteris-blaar in Sone 2.

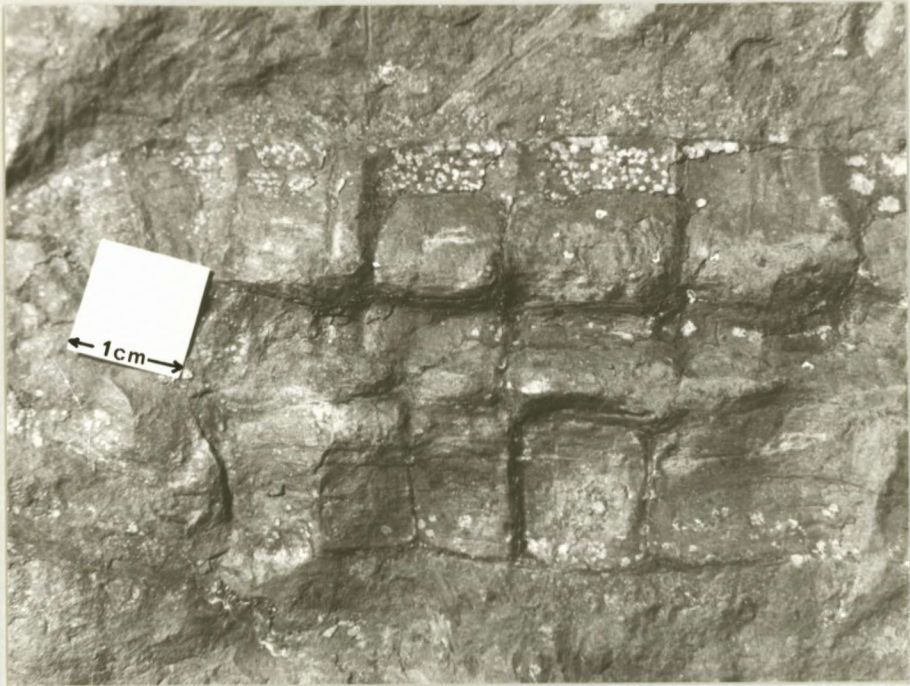


Fig. 25. Afdruk van Vertebraria sp. in sliksteen van Sone 2.



Fig. 26. Afdruk van Phyllothea sp. in sliksteen van Sone 2.



Fig. 27. Boomstamafdruk uit Sone 2. Proefgleuf in Blok A.



Fig. 28. Wortelafdruk in bruinerige moddersteen onderkant 'n steenkoollaag in Sone 2.

wortels en selfs stamme verteenwoordig. Bewyse hiervoor is in die proefgleuf gevind en moontlike wortels of stamme tot 20 cm wyd is waargeneem.

Bioverstoring kom algemeen voor in die middel- tot fynkorrelrige sandstene en sliksiene. Duidelike wurmbuise, vertikaal sowel as horisontaal is in die minder verstoorte gedeeltes herken. Moontlike bioverstoring kom ook bo in die sone voor in die vorm van ligter fragmente in 'n grysmatriks. Die fragmente verdwyn opwaarts (Fig. 20).

4.2.7 Laterale en Vertikale Fasiesveranderinge

Die mees opvallende fasiesverandering is die toename in sandsteen van wes na oos (Fig. 3). In die weste is sandsteen feitlik afwesig en kom enkele dun lensies en lagies of soms sones tot 20 cm dik van verspreide kwartskorrels in 'n kleiige opeenvolging voor. In die ooste kom oorwegend grofkorrelrige sandsteenlae voor. Die opeenvolging in die weste bestaan dus meestal uit siklusse soos aangetoon in Fig. 22. Verder ooswaarts word die grofkorrelrige siklusse beter ontwikkel terwyl die tipe siklus in Fig. 22 verdwyn. 'n Opvallende verskynsel is dat dik, kleiige lae dikwels bo afgesluit word met 'n ontwikkeling van skalie-sliksteenassosiasie waarop die volgende grofkorrelrige eenheid dan diskordant rus.

Die algemene steenkoolontwikkeling neem af van wes na oos, dit is dus in ooreenstemming met die toename in grofkorrelrige materiaal. In die steenkoolryke sones neem die steenkoollae opwaarts af in dikte, terwyl die hoeveelheid kleiige materiaal toeneem (Fig. 22). Aan die onderkant van die sone in Blok A is die neiging egter omgekeerd. Steenkoollae is deurgaans dun, maar kom wyer verspreid na onder voor.

Die koolstofinhoud van die kleiige lae neem in die algemeen toe na onder in die sone en aan die basis is soms gedeeltes wat as "koolskalie" beskryf kan word, ontwikkel.

Die voorkoms van siderietknollétjies neem af van wes na oos, waar feitlik geen sideriet in die steenkool of kleiige lae ontwikkel is nie. In die weste is daar ook 'n afname in sideriet opwaarts in die

sone, wat omgekeerd is ten opsigte van siderietvoorkomste in Sone 1.

4.3 Sone 3

4.3.1 Inleiding

Hierdie sone bestaan uit een groot siklus (megasiklus) met 'n basale Sandsteeneenheid wat opwaarts gradeer na moddersteen (Fig. 3). Beide die eenhede, maar veral die sandsteen, kan verder in tweede-orde siklusse onderverdeel word. Feitlik alle siklusse is opwaarts fyner-wordend. Fynkorrelrige, klastiese lae is dun en ondergeskik in die sandsteen, terwyl growwe materiaal slegs sporadies voorkom en afwesig is in die Moddersteeneenheid.

Die Sandsteeneenheid rus diskordant met 'n baie skerp kontak op die boonste grys moddersteen van Sone 2. In Blok D is hierdie moddersteen afwesig (waarskynlik weens afsnyding deur die sandsteen) en rus die sandsteen direk op koolstofryke skalie- of steenkoollae. Rolstene van aarkwants tot 3 cm in deursnee en grys tot koolstofryke modderfragmente kom algemeen bo die kontak voor. Die basale 5 tot 10 cm van die sandsteen is feitlik deurgaans piriethoudend en die piriët is gewoonlik in 'n fyn verdeelde vorm teenwoordig.

Die boonste kontak van die sone word aan die basis van die eerste groen sandsteen-sliksteenlaag geneem. Hierdie kontak is skerp waar growwe sandstene ontwikkel is, maar waar die kontak tussen moddersteen en sliksteen is, is dit soms swak gedefinieer weens bioverstoring.

Die dikte van die sone wissel van 16 tot 204 m, maar dit is suidwaarts in die Nasionale Kruger Wildtuin afwesig. Hierdie aspek sal in 'n latere hoofstuk in meer detail bespreek word.

4.3.2 Sandsteeneenheid

4.3.2.1 Litologie

Die sandsteen wissel in dikte van 8 tot 125 m en rus diskordant op Sone 2. Die oorgang na die oorliggende Moddersteeneenheid is oor-

ganklik en bestaan uit 'n afwisseling van opwaarts fyner-wordende siklusse, waarin die fynkorrelrige eenhede opwaarts toeneem in dikte. Die sandsteen vorm prominente dagsome, is regoor die gebied teenwoordig en maklik identifiseer- en karteerbaar. Daarom is dit 'n handige merkerlaag.

Die eenheid bestaan oorwegend uit wit, grof- tot middelkorrelrige veldspatiese sandsteen en grintsteen met dun rolsteenlagies. Fynkorrelrige sandsteen, skalie, sliksteen en moddersteen is ondergeskik en dun steenkoollagies is slegs in enkele boorgate aangetref. Hoër op in die suksessie word fyner, klastiese lae meer prominent.

Die rolsteentjies kom meestal voor in 'n enkele lagie op laagvlakke (Fig. 29). Waar dit aan die basis van 'n siklus voorkom, is die konglomeraatlagie tot 10 cm dik. Die rolstene is in die algemeen goed afgerond, soms staafvormig en tot 3 cm in deursnee. Die mees algemene grootte is egter tussen 1 en 1,5 cm in deursnee. Die rolstene bestaan deurgaans uit aarkwars en wissel van wit tot ligpienk en donkergrys in kleur. Die pakkingsdigtheid van die rolstene wissel.

Die grofkorrelrige sandsteen en grintsteen is relatief suiwer en wit van kleur. Dit bestaan oorwegend uit helder kwartskorrels (> 75%), terwyl kaoliniet die tussen-korrelruimtes vul. Verspreide growwe kaolinietkorrels wat waarskynlik veranderde veldspaat verteenwoordig, kom ook voor. Rotsfragmente is feitlik afwesig. Die sandsteen is middelmatig gesorteer en die korrels is redelik hoekig, maar beide afronding en sortering verbeter met afname in korrelgrootte. Opvallende openinge kom soms in die baie growwe gedeeltes tussen die korrels voor.

Die middelkorrelrige sandsteen is wit en veldspaties, maar in die boonste siklusse bestaan die grondmassa uit grys tot koolstofryke, kleiige materiaal. Dié sandstene is soms glimmerryk.

Skalie-, sliksteen- en fynkorrelrige sandsteenlae kom altyd saam voor en is gewoonlik koolstof- en glimmerryk. Modderstene is grys van kleur en gewoonlik sanderig. Die oorgangsones tussen die Sandsteen- en Moddersteeneenheid bestaan uit 'n afwisseling van dun, kleiige en sanderige lagies wat wissel van enkele millimeters tot 5 cm in dikte



Fig. 29. 'n Enkellaag kwartsrolstene op 'n laagvlak in die Sandsteeneenheid van Sone 3.

en korrels tot 0,5 mm in deursnee bevat. Die kontakte tussen die lagies is gewoonlik vaag gedefinieer en die sanderige lagies het 'n kleiige matriks. In enkele boorgate (bv. B4) is 'n afwisseling van dun (enkele sentimeters) siklussies op die oorgang ontwikkel (Fig. 30).

4.3.2.2 Sedimentêre Strukture

Kruisgelaagdheid is die mees algemene sedimentêre struktuur in die sandsteen. Veral die growwer gedeeltes is oorwegend kruisgelaagd. Die mees algemene tipe is trogvormige kruisgelaagdheid, hoewel tafelvormige eenhede ook voorkom. Die dikte van die kruisgelaagde eenhede wissel tussen 10 en 80 cm aan die basis van siklusse, maar neem na bo af in dikte tot 3 cm in die middelkorrelrige sandsteen. Hellings van die kruislae wissel tussen 10° en 32° met 'n modus van ongeveer 24° . Die rigtings van die kruisgelaagde eenhede toon 'n groot variasie, maar die implikasie daarvan sal later bespreek word. Dun, kleiige lamelle kom dikwels op laagvlakke voor. Hierdie ver-

skynsel help om gelaagdheid in 'n andersins skoon sandsteen te definieer.

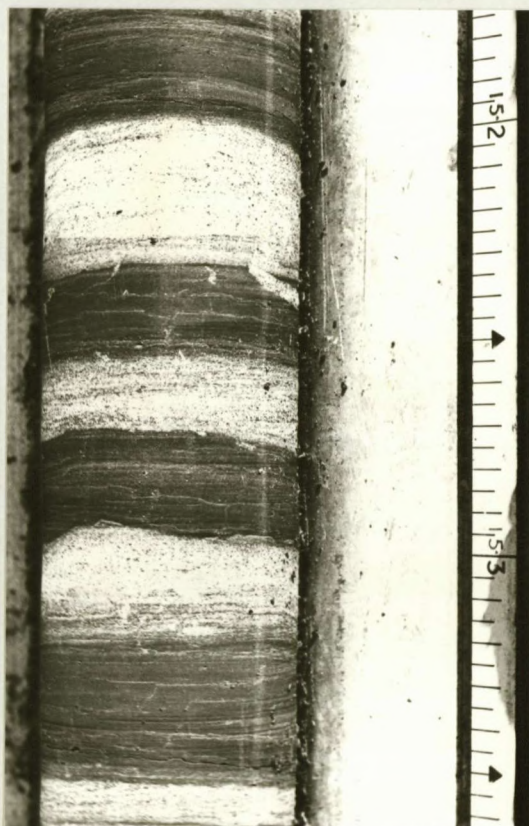


Fig. 30. Afwisselende sanderige en kleiige lagies op die oorgang tussen die Sandsteen- en Moddersteeneenheid in Sone 3. Let op na die oorganklike sowel as skerp kontakte. Boorgat B4.

Graderingsgelaagdheid is baie algemeen in die grofkorrelrige sandsteen en kom ook in kruisgelaagde eenhede voor. Siklussies wissel van enkele millimeters tot sowat 5 cm in dikte. Kontakte is gewoonlik vaag maar eenhede met skerp kontakte is ook ontwikkel.

Groot gedeeltes van die sandsteen vertoon massief. Die teenwoordigheid van dun koolstoflensies in 'n andersins wit, massiewe sandsteen skep 'n struktuur wat ooreenstem met wat deur Murchison en Westoll

(1968) as "skary post" beskryf is. 'n Goeie voorbeeld hiervan is in boorgat A9 waargeneem.

Parallele gelaagdheid is algemeen in die middelkorrelrige sandsteen, terwyl die fynkorrelrige gesteentes feitlik deurgaans parallelle fyngelaagdheid toon. Slik- of fyn sanderige lagies is effens lensagtig (flasergelaagdheid) waar dit afwisselend in skalie voorkom.

Riffelkruisgelaagdheid is soms teenwoordig in die middelkorrelrige sandsteen, maar dié struktuur is meer algemeen in fynkorrelrige gesteentes, veral waar fynkorrelrige sandsteen en sliksteen as lense in skalie voorkom. In boorkerne is dit moeilik om die vorm van die riffels te bepaal.

Versteuring van die normale gelaagdheid deur versakking is algemeen. Dit vorm relatief klein strukture in die fynkorrelrige gesteentes, maar in die sandsteen is die strukture tot enkele meters in deursnee. Strukture wat in snit as 'n tregtervormige opbuiging van die gelaagdheid, met die skerp punt na bo vertoon, is algemeen verteenwoordig (Fig. 31). Dit het waarskynlik deur konsentrasies van water wat onder druk vinnig opwaarts ontsnap het, ontstaan.

4.3.2.3 Siklusse

Die Sandsteeneenheid bestaan uit 'n opeenvolging van tweede-orde opwaarts fyner-wordende siklusse. Hulle besit gewoonlik skerp basale kontakte, hoewel dit soms effens graderend is waar growwe siklusse mekaar direk opvolg. In die onderste siklusse is skalie, slik- en moddersteenlae feitlik afwesig of slegs enkele sentimeters dik. Fynkorrelrige lae word egter meer prominent na bo in die opeenvolging. 'n Uitsondering is egter in die omgewing van boorgat A4 waar daar bo die onderste sandsteensiklus 'n moddersteenlaag tot 20 m dik ontwikkel is.

'n Voorbeeld van 'n volledige siklus wat die volopste voorkom, word in Fig. 32 aangetoon. Die dikte van die basale growwe gedeelte wissel van 20 cm tot 7 m. Die bokant van die siklus bestaan uit 'n dun sliksteen/skaliesone. 'Siklusse hoog op in die Sandsteeneenheid (Fig. 33) verskil aansienlik van dié nader aan die onderkant.

Moddersteen is meer volop in hierdie siklusse. Oor die algemeen is die siklusse onvolledig weens onvolledige ontwikkeling, asook erosie tydens afsetting van die daaropvolgende siklus. Die dikte van die tweede-orde siklusse wissel van 40 cm tot 8 m.



Fig. 31. Versteuring van gelaagdheid in die Sandsteeneenheid van Sone 3. Dit verteenwoordig moontlik ontwateringstrukture.

Volgens Tabel 4 wil dit voorkom asof die aantal siklusse vir 'n bepaalde posisie min of meer direk eweredig is aan die dikte van die Sandsteeneenheid. Daar kan ook verder afgelei word dat die gemiddelde dikte van die siklusse, volgens die lopende gemiddeldes, eers effens toeneem in 'n oostelike rigting en daarna 'n vinnige afname toon verder ooswaarts. Ooswaarts neem die aantal siklusse ook merkwaardig toe.

4.3.2.4 Fossiele

Wurmboorsels (Skolithos) as horisontale en veral vertikale buise kom in die sandsteen voor. Dit vertoon as ronde wit spikkels wat effens

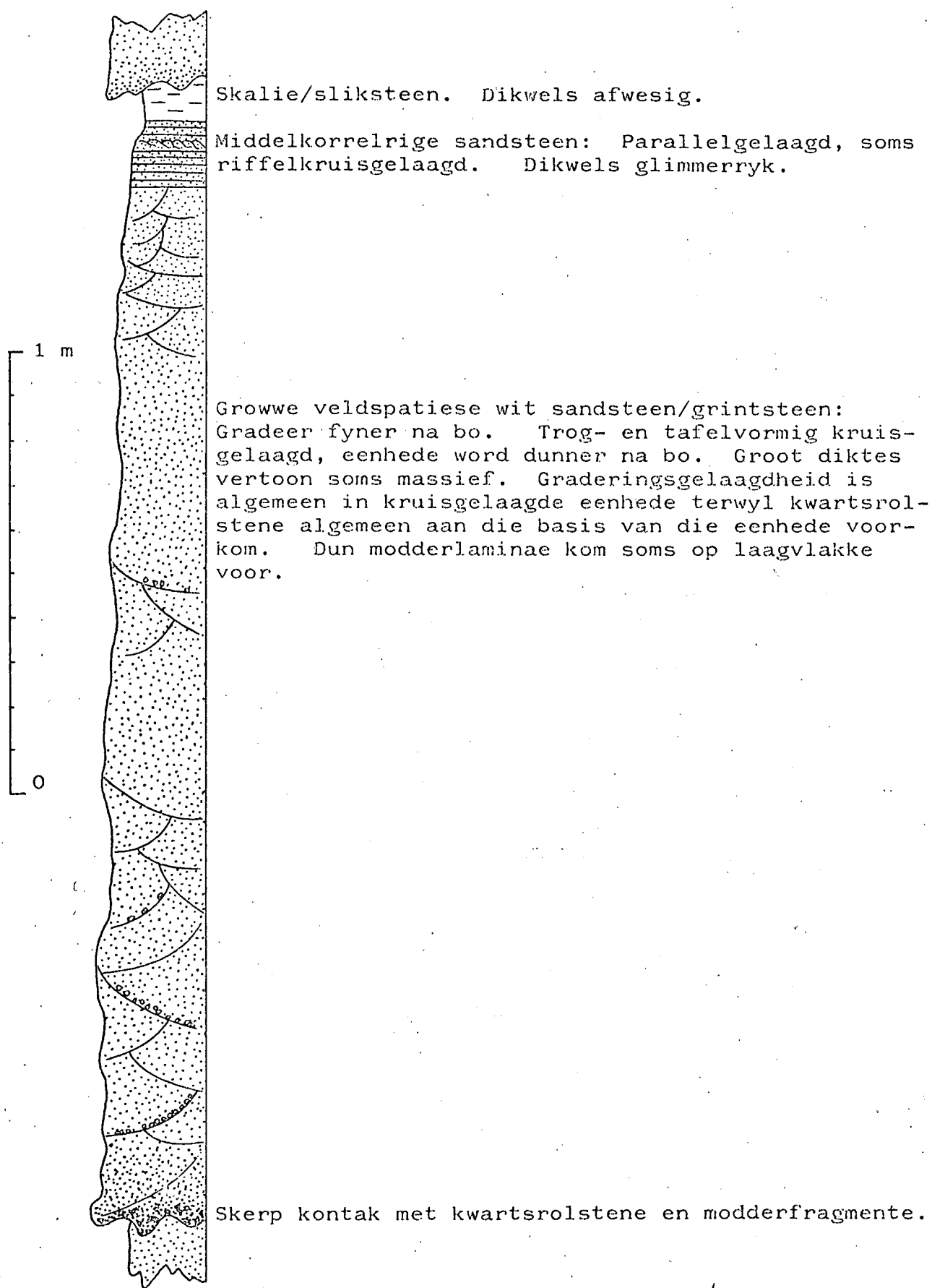


Fig. 32. 'n Tipiese siklus in die onderste gedeelte van die Sandsteeneenheid.

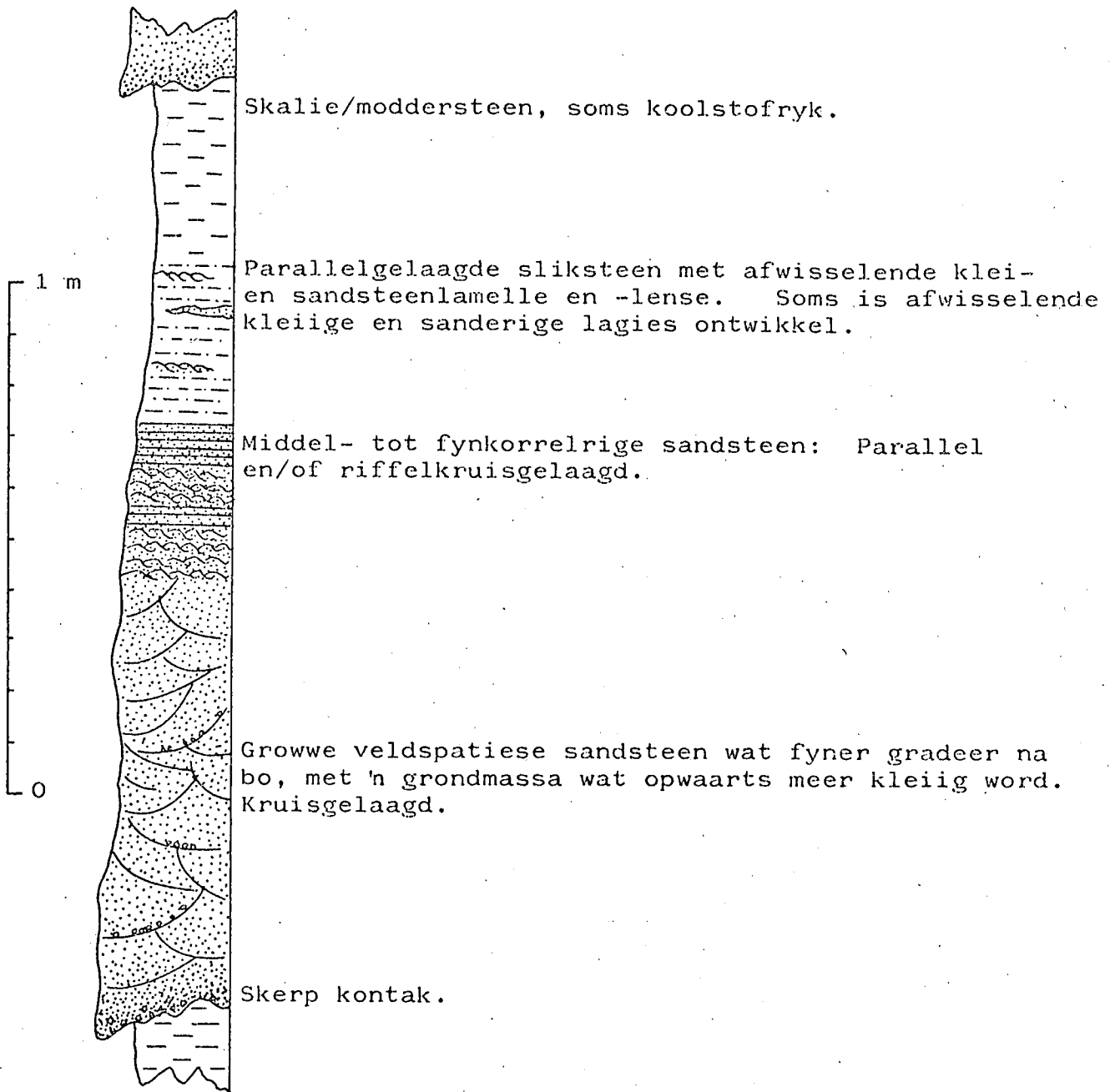


Fig. 33. 'n Tipiese siklus in die boonste gedeelte van die Sandsteeneenheid.

TABEL 4 - Variasie in dikte van die tweede-orde siklusse in Sone 3.

BOORGATNO.	DIKTE (M) VAN SANDSTEENEENHEID	AANTAL SIKLUSSE	GEMIDDELDE DIKTE SIKLUS	LOPENDE GEMIDDELDE
WES				
A2	32	9	3,55	
A1	36	15	2,40	2,79
A3	51	21	2,42	2,92
A6	63	16	3,93	3,38
A5	125	33	3,78	3,40
A7	124	50	2,48	3,01
A9	25	9	2,77	3,00
A11	30	8	3,75	2,84
B2	12	6	2,00	3,77
B4	28	5	5,56	3,60
B5	26	8	3,25	3,77
B6	25	10	2,50	2,40
B7	19	13	1,46	1,99
B8	32	16	2,00	1,76
B9	29	16	1,81	2,00
B11	44	20	2,20	2,09
B12	34	15	2,26	1,82
B13	78	77	1,01	1,47
B14	103	91	1,13	1,21
B15	76	51	1,49	1,80
B16	97	35	2,77	2,00
B17	82	47	1,74	1,87
B19	98	89	1,10	1,27
B18	76	79	0,96	1,05
B20	112	103	1,09	
OOS				

uitstaan op verweerde oppervlakke (Fig. 34) met 'n deursnee wat wissel tussen 8 en 12 mm. Afdrukke van plantstamme (Fig. 25) en takkies is algemeen in die sandsteen. In die slijksteen- en skalielae is blaar-afdrukke van Dicroidium gevind (Fig. 36).



Fig. 34. Horisontale en vertikale buise (Skolithos) in die Sandsteeneenheid van Sone 3.

4.3.3 Moddersteeneenheid

4.3.3.1 Litologie

Die Moddersteeneenheid wissel in dikte van 4 tot 122 m. Die onderste kontak is, soos reeds beskryf, konkordant met die Sandsteeneenheid. Die oorgang tussen die Sandsteen- en die Moddersteeneenheid bestaan dikwels uit 'n afwisseling van dun sandsteen- en moddersteenlagies. Kontakte is gewoonlik vaag maar in enkele boorgate bv. B4 en B1 is 'n afwisseling van klein opwaarts fyner-wordende sowel as opwaarts growwer-wordende siklusse met skerp kontakte aangetref.



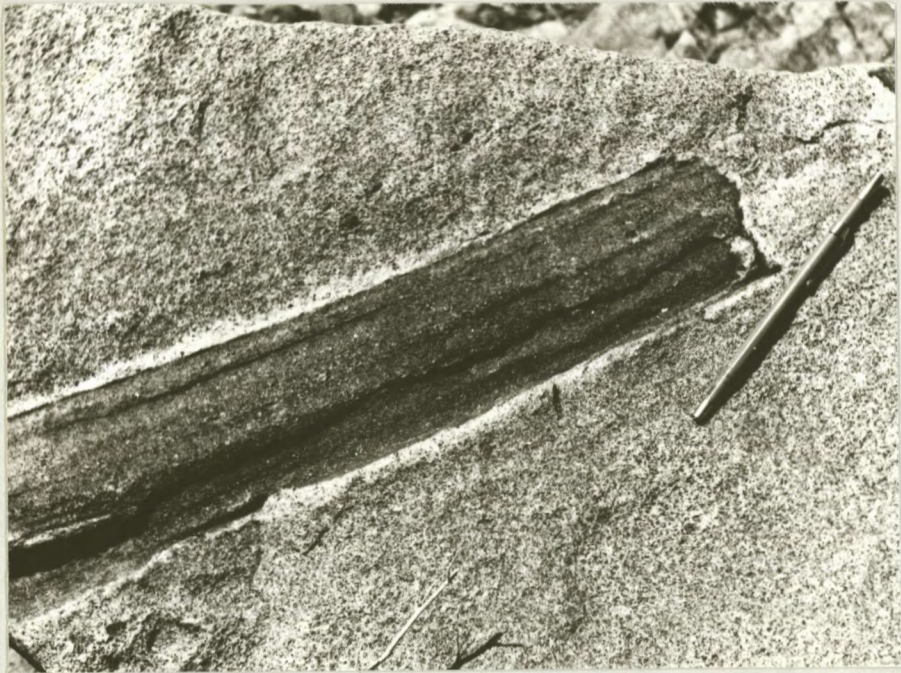


Fig. 35. Boomstamafdruk in sandsteen van Sone 3.



Fig. 36. Afdrukke van Dicroidium sp. in sliksteen van Sone 3.

Die eenheid bestaan regionaal uit 'n basale gedeelte van grys tot koolstofryke moddersteen, wat opwaarts gradeer na 'n rooi of pers en grys-gevlekte moddersteen. In enkele boorgate, veral in Blok A, is 'n dun modderrolsteenlaag of 'n sandsteen met 'n skerp basale kontak tussen die onderste grys en boonste pers-gevlekte gedeeltes ontwikkel. Lokaal kom ondergeskikte lagies van skalie, steenkool, skalie-sliksteenassosiasie en sandsteen voor.

Die moddersteen vertoon massief, maar die vlekkerige geaardheid daarvan is waarskynlik die gevolg van intense bioverstoring. Duidelike tekens hiervan is gevind. Onreëlmatige aaragtige strukture met 'n donkergrys kleimineraal gevul, is algemeen en is waarskynlik die rede waarom die moddersteen onreëlmatige blokkies vorm wanneer dit blus. Die moddersteen is glimmerryk op plekke terwyl lense van ysterkarbonaat (sideriet) volop in die onderste gedeelte van die eenheid is. Hierdie lense wissel van enkele sentimeters tot \pm 10 m in wydte en is tot 80 cm dik. Die ysterryke gedeeltes is redelik weerstandbiedend teen verwering en vorm geel tot donkerbruin limonitiese dag-some wat baie soos 'n ysterhoed lyk. Verspreide kwartskorrels is soms in die moddersteen aanwesig.

Koolstofryke skalielae met soms steenkoollamelle en enkele dun steenkoollagies is algemeen in die onderste gedeelte van die eenheid. Siderietknolletjies is dikwels met die koolstofryke gedeeltes geassosieer.

Drie tipes modderrolsteenlae is in die moddersteen onderskei:

(i) Modderfragmente ongeveer 1 cm in deursnee, met 'n versteurde raamwerk en 'n kleiige matriks. Die fragmente is redelik hoekig en wissel van liggrys tot donkergrys in kleur. Die kontakte van die lagies is graderend in dié sin dat die fragmente yler versprei raak en verdwyn. Hierdie tipe afsetting word altyd direk bo 'n koolstofryke laag aangetref en die oorsprong daarvan word aan bioturbasie toegeskryf. (ii) Diggepakte rolstene van modder wat wissel van baie klein tot 2 cm in deursnee in 'n matriks van kleimateriaal en kwartskorrels tot 3 mm in deursnee. Die gesteente is grys tot swart (koolstofryk) en die modderrolstene is dikwels verleng in 'n horisontale rigting, moontlik weens kompaksie. Die basale kontak is skerp maar bo is dit graderend. Hierdie tipe voorkoms is die gevolg van

erosie en afsetting. (iii) Lense van modderfragmente bv. in boorgat B17 waar dit 11 m dik is en in B10 waar dit 27 m dik is (Fig. 37). Die fragmente is tot 80 cm in deursnee. In B10 is die boonste fragmente grys terwyl die onderste oorwegend koolstofryk is. Enkele steenkoolfragmente kom ook voor. Die matriks is kleiig met verspreide kwartskorrels. Vervorming van die fragmente is algemeen. In beide die gevalle kom die fragmente direk bo die Sandsteeneenheid voor. In boorgat B17 het die modderfragmente in die boonste sandsteenlaag versak. Boorgate 500 m vanaf B10 het geen teken van sodanige afsetting getoon nie en 'n logiese verklaring is inkerwing deur 'n stroom met 'n daaropvolgende instorting van die walle.



Fig. 37. Modderfragmente met kwartskorrels tussenin aan die bokant van die Sandsteeneenheid in Sone 3. Boorgat B10.

Suiwer sliksiene kom weer eens nie voor nie en die gesteente is altyd geassosieer met veral skalielamelle hoewel sandlagies en -lense ook voorkom. Gevolglik word die term "skalie-sliksteen-assosiasie" weer gebruik. Die skalielamelle is dikwels koolstofryk. Glimmer is algemeen teenwoordig. Die sandlagies wissel van fyn- tot middelkorrelrig en het 'n kleiige matriks. Individuele kwartskorrels wat soms op laagvlakke voorkom, is tot 3 mm in deursnee.

Die meer prominente sandsteenlae word gewoonlik fyner na bo en wissel van grinterig aan die basis tot fynkorrelrig bo. Die sandsteen is veldspaties, onsuier en het 'n kleiige en soms koolstofryke matriks. Sortering is middelmatig. Glimmer kom voor in die fyner gedeeltes, terwyl modderfragmente algemeen in die growwer gedeeltes is.

4.3.3.2 Sedimentêre Strukture

Die skalie-sliksteenassosiasie is oorwegend parallelgelaagd met riffelkruisgelaagdheid en parallelle gelaagdheid in die fyn- tot middelkorrelrige sanderige lagies. Soms vertoon die sandsteen egter massief, terwyl klein uitspoelkanaaltjies en erosievlakke onderskei kan word. Kronkelgelaagdheid is algemeen in die skalie-sliksteenassosiasie. Die grofkorrelrige sandsteenlae wissel van massief tot kruisgelaagd met eenhede tot 40 cm dik en hellings tussen 18° en 27°.

Uitdrogingskrake gevul met sanderige materiaal is algemeen. In die moddersteen is die krake tot 1 cm wyd en etlike sentimeters diep, maar in die skalie-sliksteenassosiasie is die strukture baie kleiner. Lae van ysterkarbonaatryke, kleiige materiaal vertoon 'n tipiese mosafek of Liesegang-verweringspatroon (Fig. 38), bestaande uit konsentriese blokke of driehoekige opgebou uit lagies met verskillende kleurskakerings. Versakkingstrukture is volop in die gelaagde gesteentes.

4.3.3.3 Siklusse

Die Moddersteeneenheid bestaan ook uit tweede-orde siklusse maar in dié geval is die kleiige gedeeltes oorwegend. Verskillende tipes van siklusse is herken. Die eerste tipe het verspreide kwarts-

korrels in die basale gedeelte, terwyl in 'n ander geval hoofsaaklik modderrolsteentjies aan die basis voorkom (Fig. 39). 'n Ander tipe siklus begin met 'n skalie-sliksteenassosiasie aan die basis (Fig. 40). Organiese strukture is volop, terwyl kronkelgelaagdheid ook voorkom. Die laaste tipe siklus (Fig. 41) het 'n sanderige sone aan die basis en toon 'n kenmerkende opwaarts fyner-wordende tekstuur. Die dikte van die siklusse wissel van 40 cm tot 56 m.



Fig. 38. Liesegang-verweringspatroon in ysterkarbonaatryke lense van Sone 3.

4.3.3.4 Fossiele

Groot gedeeltes van die Moddersteeneenheid is intens bioverstoort en goedbewaarde wurmbuise, waarskynlik Skolithos, is gevind. Die kenmerkendste plantafdruk in die lae is dié van Dicroidium (Fig. 42, 43, 44), terwyl Phyllothea (Fig. 45) en Lepidopteris ook geïdentifiseer is. ^{Afdrukke van} houtfragmente kom ook voor. Op die plaas Joan in Blok C is die basis van vertikale stammetjies + 1 cm in deursnee met 'n radiale wortelsisteam daarom (Fig. 46) in situ gevind. Wortelafdrukke in die kleiige gesteentes onderkant steenkoollae is algemeen.

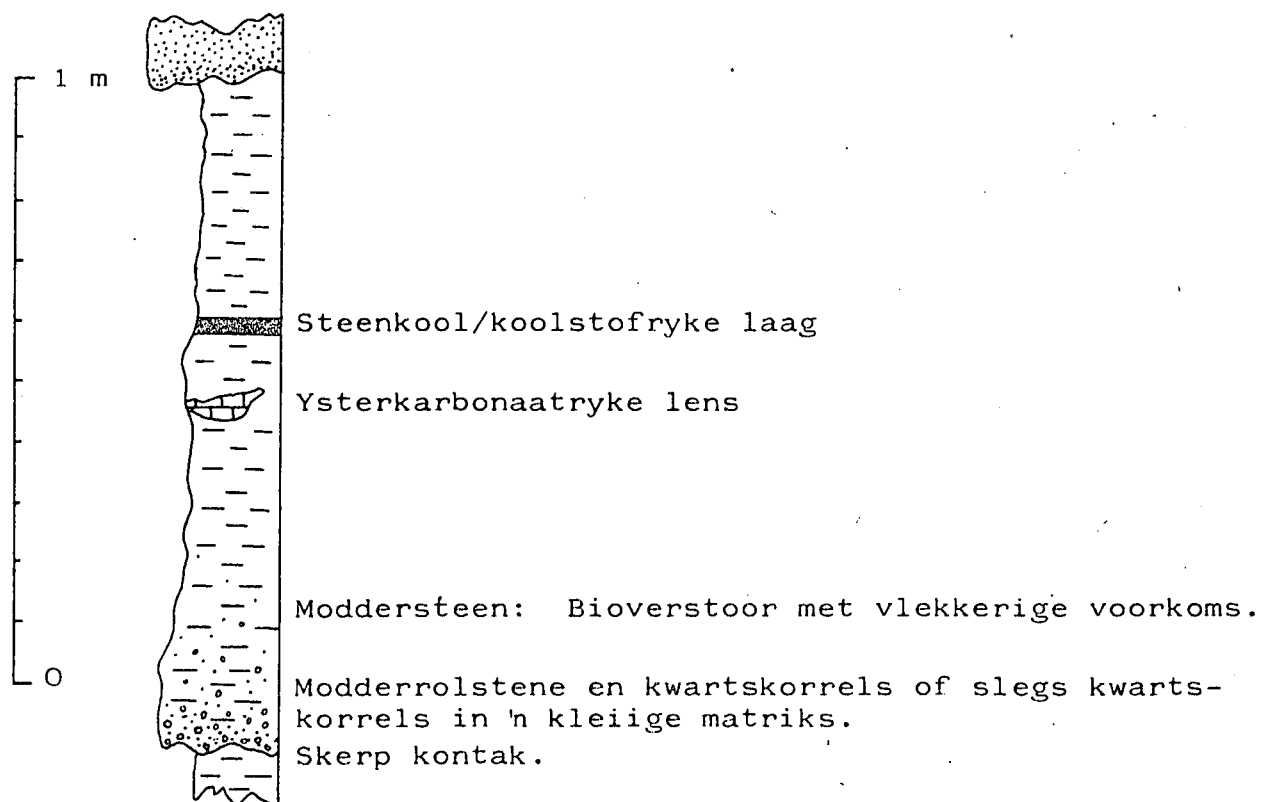


Fig. 39. Tipiese moddersteensiklus met steenkoollagies aan die bokant in die Moddersteeneenheid van Sone 3.

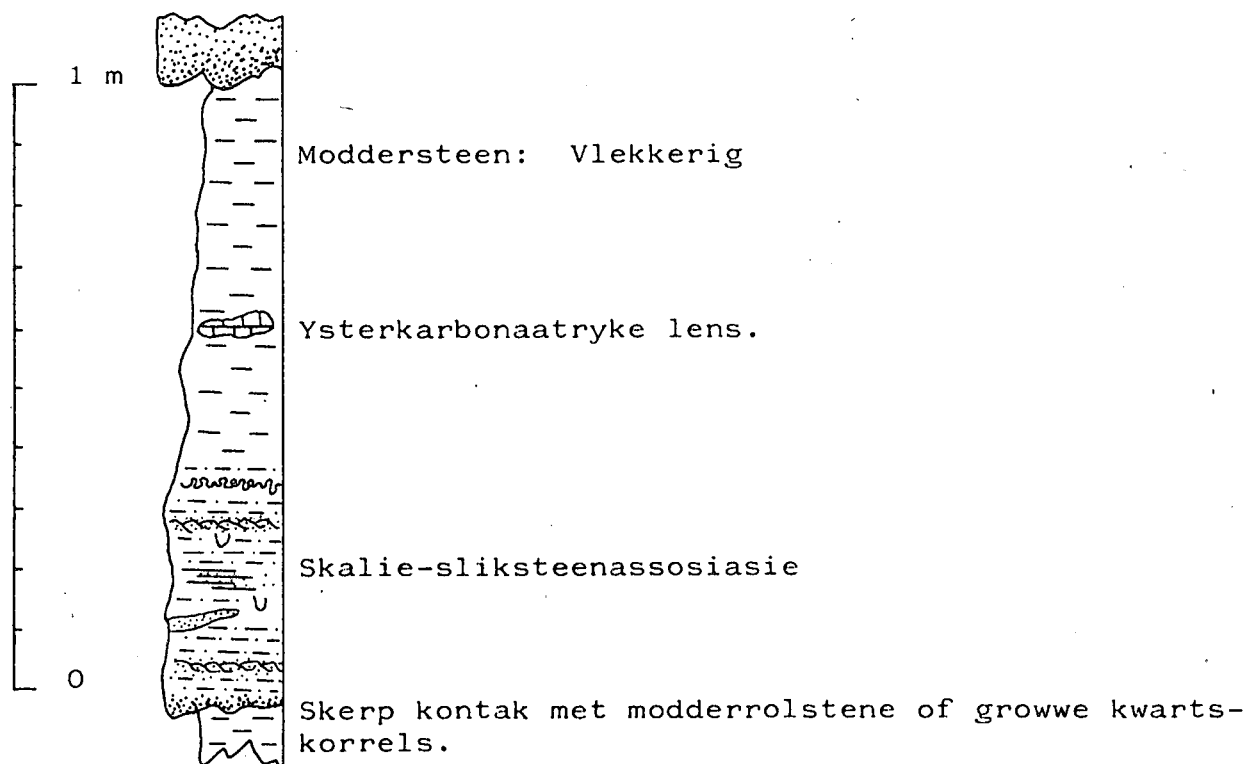


Fig. 40. 'n Moddersteensiklus met 'n skalie-sliksteenassosiasie aan die basis. Moddersteeneenheid van Sone 3.

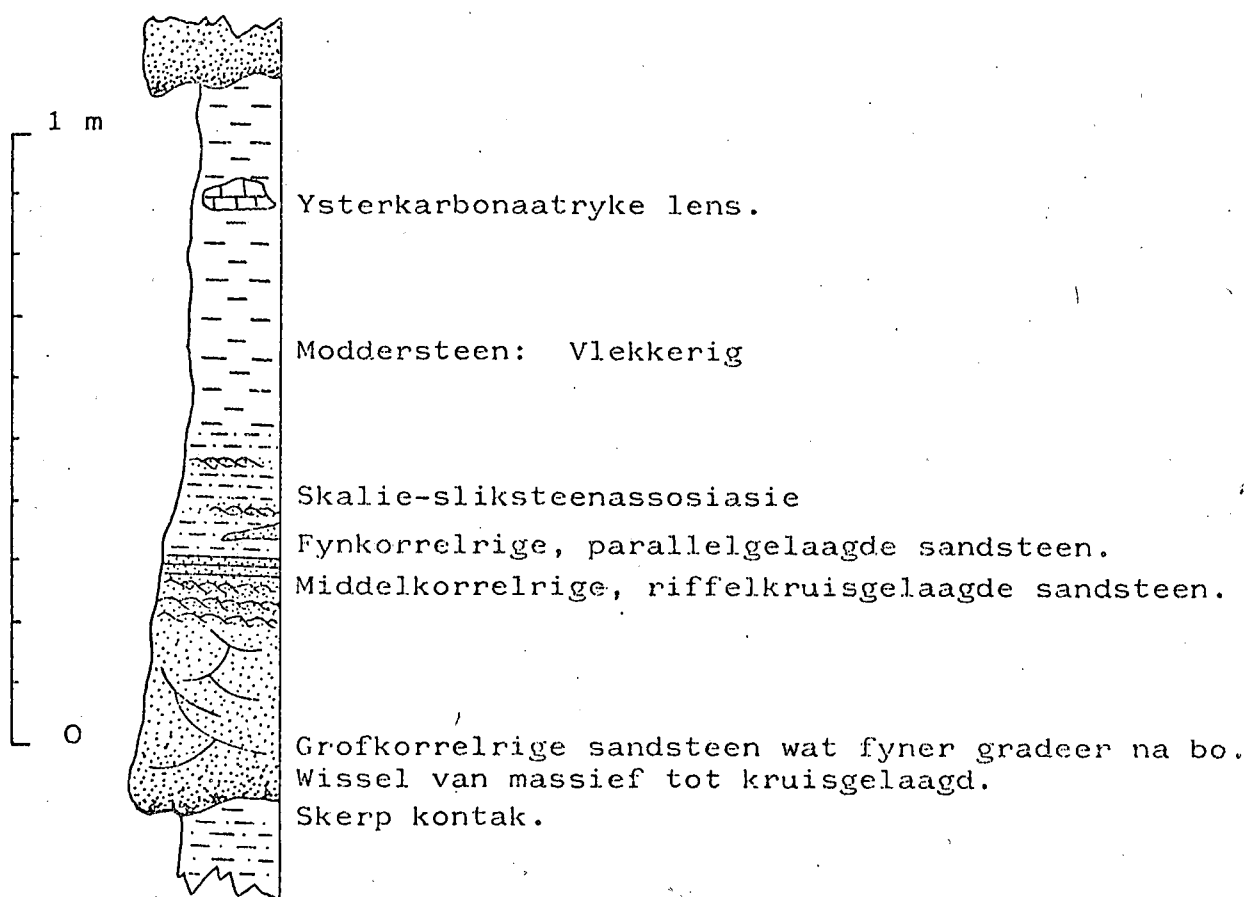


Fig. 41. 'n Tipiese opwaarts fyner-wordende siklus in Moddersteen-eenheid van Sone 3.

4.4 Sone 4

4.4.1 Inleiding

Sone 4 dagsom oor die algemeen swak. In die westelike gedeelte van die gebied is dagsome meestal in rivierbeddings en uitgrawings aanwesig, maar ooswaarts word die dagsome meer. In die verre ooste dagsom verskeie sandsteenhorisone.

In slegs een boorgat (B3) is deur die volledige opeenvolging geboor. Boorgate A8 en E18 begin aan die basis van Sone 5, maar die kontak tussen Sones 4 en 5 kon nie ondersoek word nie, omdat geen kern herwin is nie. Weens onvoldoende inligting is hierdie gedeelte dus nie so volledig ondersoek as wat die geval is met die voorafgaande sones nie. Die dikte van die sone wissel van 403 m in boorgat A8, tot

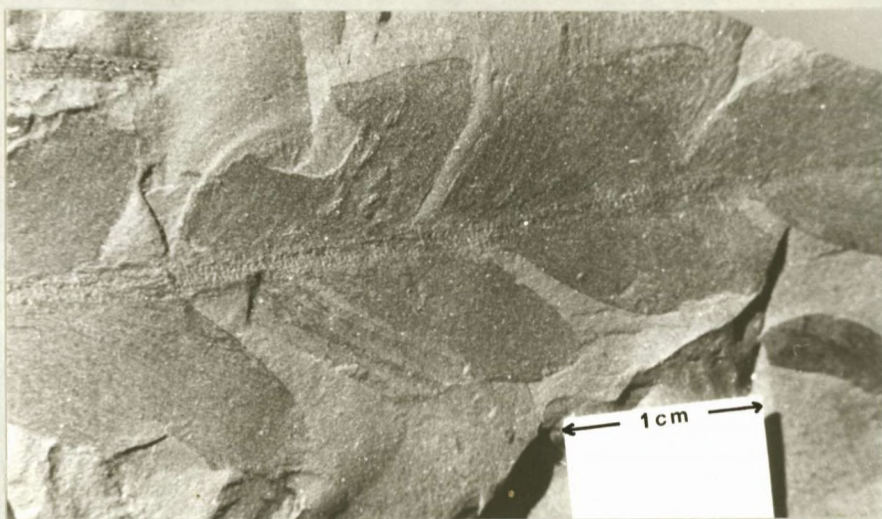


Fig. 42, 43 en 44. Afdrukke van Dicroidium sp. op moddersteen van Sone 3.

382 m in B3 en 325 m in B18. Suidwaarts in die Nasionale Kruger Wildtuin verdun Sone 4 tot minder as 100 m.

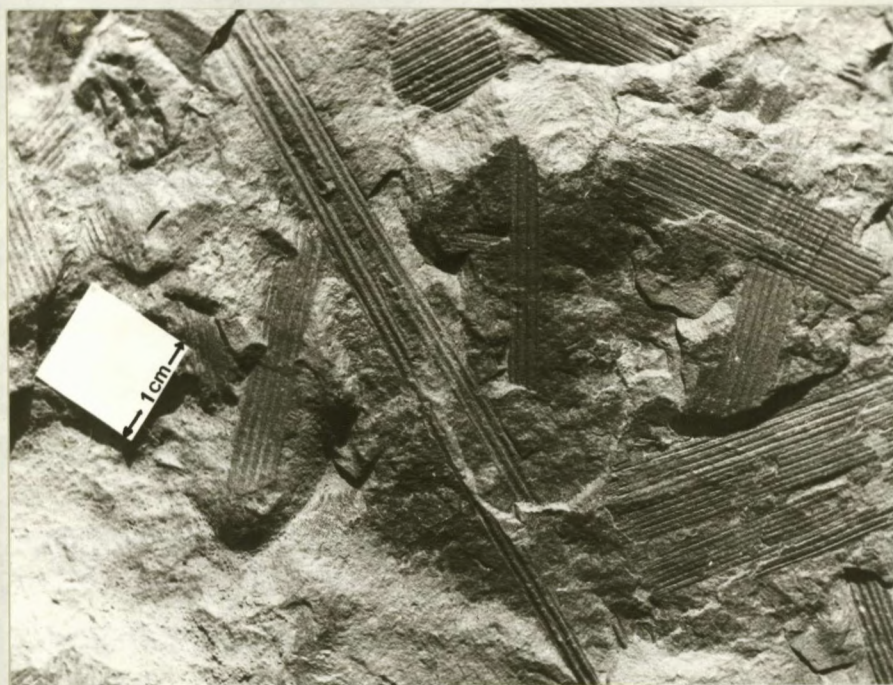


Fig. 45. Afdrukke van Phyllothea sp. op sliksteen van Sone 3.

4.4.2 Regionale Beskrywing

Die onderste kontak van Sone 4 is aan die basis van die eerste groenrige sandsteen- of sliksteenlaag geneem. Waar 'n sandsteen aanwesig is, is die kontak skerp, maar sliksteen daarenteen vorm meestal 'n graderende kontak, behalwe waar 'n dun modderrolsteenlagie aan die basis ontwikkel is. Die slikstene is dikwels intens bioverstoort en dan is die kontak vernietig. Die boonste kontak van die sone kon in slegs een boorgat ondersoek word. In Blok A langs die nasionale pad in 'n uitgraving op die plaas Bekaf is die kontak redelik blootgestel. Die oorgang van Sone 4 na 5 is nie skerp nie, maar bestaan uit 'n sikliese afwisseling van kleiige en fyn- tot middelkorrelrige sandsteenlae waarvan die hoeveelheid opwaarts toeneem tot dat die kleiige lae verdwyn. Vir die doel van hierdie studie is die boonste kontak van Sone 4 aan die bokant van die boonste moddersteenlaag geneem. Hierdie kontak wissel van skerp tot oorganklik en is

soms deur bioverstoring vernietig.

Die sone bestaan oorwegend uit pers, rooi en grys gevlekte modderstene met afwisselende sliksteen-, sandsteen-, grintsteen- en konglomeraatlae.



Fig. 46. Stam met radiale wortels gevind in situ in sliksteen in Sone 3, op die plaas Joan in Blok C.

4.4.3 Litologie

Die moddersteen aan die onderkant is pers en grys gevlek, maar opwaarts verdwyn die grys vlekke en word dit meer rooi van kleur. Grofkorrelrige sandsteenlagies tot 10 cm dik en gedeeltes met verspreide groot kwartskorrels kom algemeen voor. Onreëlmatige, karbonaatryke knolle wat wissel van klein tot sowat 5 cm in deursnee

is algemeen hoër op in die sone ontwikkel. Gedeeltes van die moddersteen vertoon grys-groen en is gewoonlik hard en meer gesilifiseerd. Die moddersteenlae wissel van enkele sentimeters tot sowat 65 m in dikte.

Sliksteenlae bestaan uit afwisselende lagies en lense van sliksteen en fynkorrelrige sandsteen met ondergeskikte skalie-lamelle. Soms is middelkorrelrige sandsteenlensies ook ontwikkel. Die slikstene is gewoonlik groen met die growwer lagie ligter van kleur. Die groen kleur is te wyte aan groot hoeveelhede chloriet in die matriks. Fyn glimmervlokkies is ook soms teenwoordig. Die sliksteenlae wissel van 30 cm tot 10 m in dikte. Die skalie-sliksteenassosiasie is ook ontwikkel en lyk dieselfde as in Sone 2, behalwe dat groot gedeeltes massief vertoon omdat die gelaagdheid deur organismes vernietig is en die kleur oorwegend pers tot rooi is.

Die sandstene wissel van fyn- tot grofkorrelrig. Die fyn- en middelkorrelrige tipes is groen of rooi van kleur afhangende van die matriksmateriaal en die lae is tot 6 m dik. Roomkleurige, goedge-sorteerde, middelkorrelrige sandsteenlae kom soms na aan die boonste kontak voor. Die grofkorrelrige sandstene wissel van pers tot groen en is grys-groen in kleur en bestaan uit oorwegend kwarts met ondergeskikte veldspaat en granietfragmente. Modderfragmente is ook met die growwer sandstene geassosieer. Die voorkoms van rooierige kwartskorrels in die sandsteen hoër op is opmerklik aangesien dit in die onderste sones feitlik afwesig is, terwyl pienk kwartsiet-fragmente ook in die boonste grofkorrelrige sandstene aangetref is. Die grofkorrelrige sandstene is middelmatig tot swak gesorteer, terwyl die middel- tot fynkorrelrige sandstene veral hoog op in die sone, soms goed gesorteer is. Die sandstene is gewoonlik onsuiver met 'n grys, pers of groen kleiige matriks. Onreëlmatige sliklamelle is dikwels in die grofkorrelrige sandsteenlae ontwikkel. Die grofkorrelrige sandsteenlae is tot 3 m dik.

Die grintsteenlae is swak gesorteer en korrels wissel van klein tot 7 mm in deursnee. Modderfragmente tot 3 cm in deursnee kom soms voor. Korrels bestaan uit kwarts (deursigtig en rooi), veldspaat, granietfragmente en karbonaatrike en kleiige materiaal, gewoonlik

in 'n matriks van pers tot grys-groen kleiige materiaal. Die dikte van die lae wissel van enkele sentimeters tot 60 cm.

Drie tipes konglomeraatlae is waargeneem. Die modderrolsteen-konglomeraat wat selde dikker as 10 cm is, bestaan uit fragmente van kleiige materiaal in 'n kleiige matriks. Kwartskorrels tot 2 mm in deursnee kom dikwels tussen die fragmente voor. Die tweede tipe konglomeraat bestaan uit rolsteentjies van karbonaatryke materiaal in 'n kleiige of fyn sanderige matriks. Die klaste is gewoonlik nie groter as 1,5 cm in deursnee nie, en wissel van redelik afgerond tot hoekig. Die lagies is tot 30 cm dik. Hierdie tipe is tot die boonste gedeelte van die sone beperk. Die laaste tipe konglomeraat bestaan uit kwartsrolstene tot 2 cm in deursnee, gewoonlik goed afgerond maar swak gesorteer, saam met grinterige materiaal in 'n kleiige grondmassa. Die dikte wissel van enkele sentimeters tot 35 cm.

4.4.4 Sedimentêre Strukture

Kruisgelaagdheid kom in die middel- tot grofkorrelrige sandstene voor. Helling van kruislae wissel van 10° tot 30° en die dikte van die eenhede van 3 tot 35 cm. Die dikte van die eenhede neem gewoonlik af met 'n afname in korrelgrootte. Graderingsgelaagdheid is soms met die kruisgelaagdheid wat dikwels deur die voorkoms van dun, kleiige lagies op laagvlakke beklemtoon word, geassosieer, veral in die grofkorrelrige sandstene. Dit is opvallend dat die grofkorrelrige sandsteenlae dikwels in die middel fyner is as onder en bo.

Parallele gelaagdheid asook riffelkruisgelaagdheid kom in die middel- en fynkorrelrige sandstene voor. 'n Afwisseling van riffelkruisgelaagde en parallelgelaagde eenhede is algemeen met die riffelkruisgelaagde gedeeltes gewoonlik effens meer grofkorrelrig. Klein-skaalse trogkruisgelaagdheid is ook soms in die middelkorrelrige sandstene ontwikkel en eenhede is tot 4 cm dik.

Massiewe gedeeltes kom dikwels in die grofkorrelrige sandsteen- en grintsteenlae voor. Waar die middel- en fynkorrelrige sandstene massief vertoon, is daar gewoonlik tekens van intense bioverstoring.

Die sliksteen is gewoonlik goed gelaagd en die dun slik- en skalie-lagies toon parallelle of golwende gelaagdheid, terwyl die afwissel-

ende fynkorrelrige sandsteenlagies riffelkruisgelaagd is. Die riffs is soms slegs enkele millimeters hoog. Kleinskaalse trogkruisgelaagdheid is soms in die sandsteenlagies ontwikkel. Flaser-gelaagdheid is in enkele gevalle waargeneem.

Die modderstene is massief, maar vertoon soms 'n onreëlmatige mosaïekpatroon weens fyn donker krakies. Oor klein intervalle in die kern is daar tekens van parallelle gelaagdheid.

In veral die sliksteen-, maar ook in die sandsteenlae, kom versakingstrukture volop voor. In die slikstene is kronkelgelaagdheid ook opgemerk. Bal-en-kussingstrukture kom dikwels onderkant sandstene in die kleiige lae voor. Uitdrogingskrake gevul met sanderige of kleiige materiaal is in die modderstene en soms in die slikstene ontwikkel.

4.4.5 Siklusse

Die sone is uit 'n verskeidenheid van vertikale siklusse wat wissel van 30 tot 70 cm in dikte opgebou. Die dik siklusse bestaan oorewegend uit moddersteen. Die mees algemene tipe siklus word in Fig. 47 aangetoon en verteenwoordig 'n opwaarts fyner-wordende siklus. Opwaarts growwer-wordende siklusse (Fig. 48) word ook aangetref, terwyl siklusse soos uitgebeeld in Fig. 49 en 50 alleen of in assosiasie met die tipe in Fig. 47 voorkom. Die siklus uitgebeeld in Fig. 51 verskil van die ander deurdat daar geen gradering in die sandsteen voorkom nie en beide kontakte skerp is.

4.4.6 Fossiele

Bioverstoring is deur die hele sone aanwesig. Sliksteenlae is dikwels so intens verstoor dat niks van die oorspronklike gelaagdheid daarin onderskei kan word nie. Gewoonlik neem die bioverstoring af na onder in 'n sliksteenlaag, veral wanneer die gesteente gradeer na sandsteen, en kan individuele buise (Skolithos) onderskei word. Die buise wissel van vertikaal tot horisontaal en is enkele millimeters tot 1 cm in wydte (Fig. 52). Geen afdrucke of ander fossielmateriaal is gevind nie.

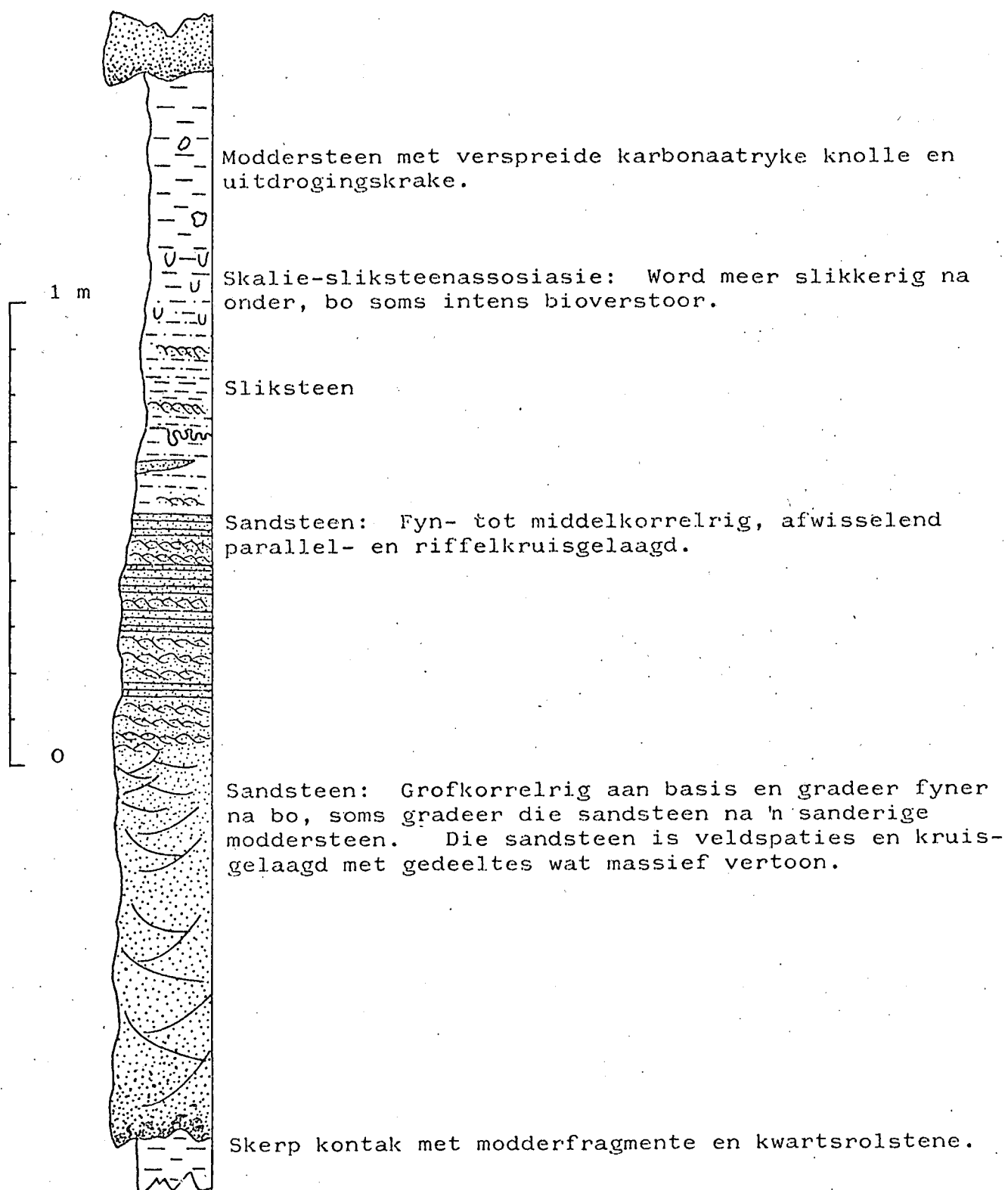


Fig. 47. 'n Opwaarts fyner-wordende siklus in Sone 4.

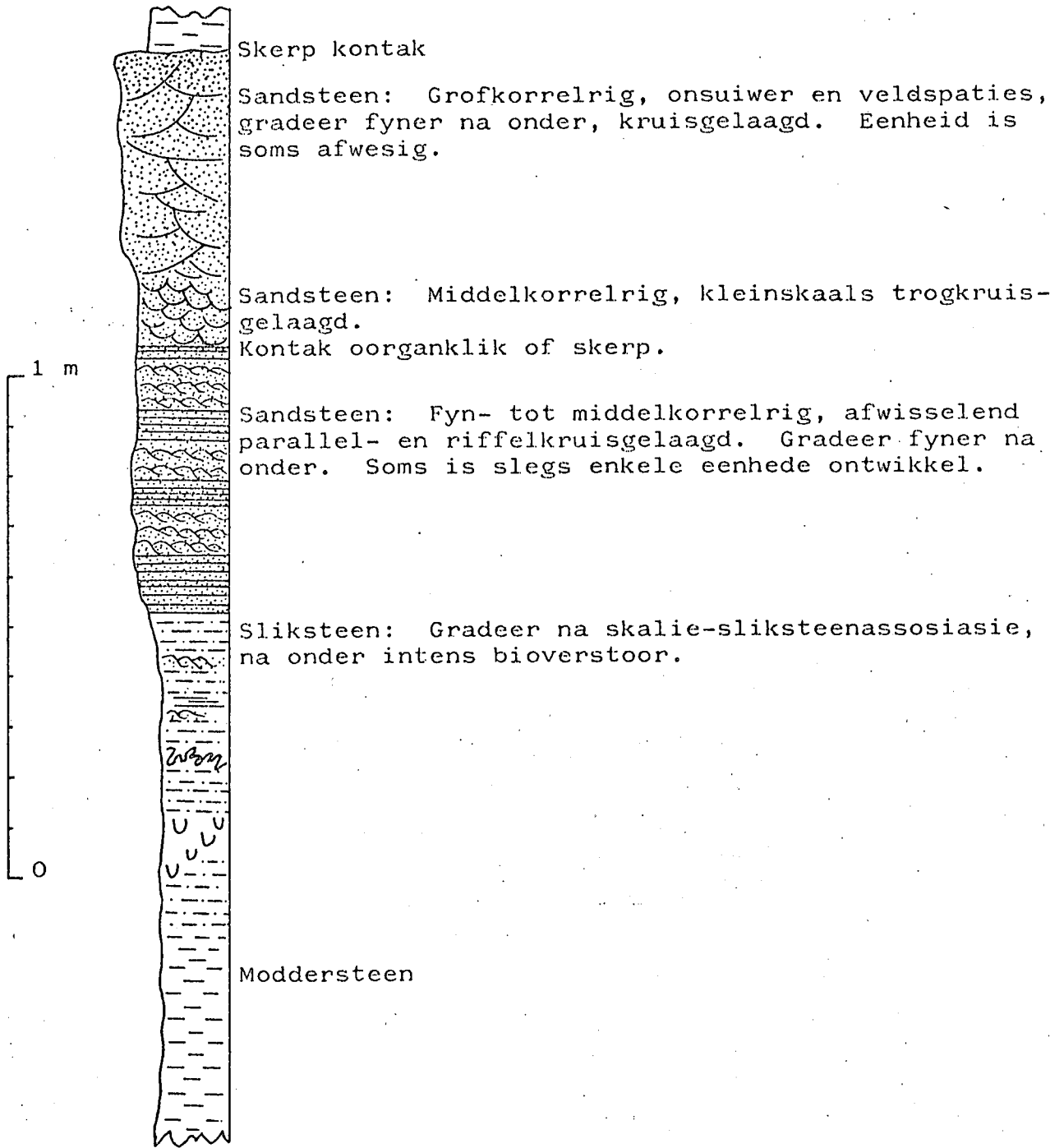


Fig. 48. 'n Opwaarts growwer-wordende siklus in Sone 4.

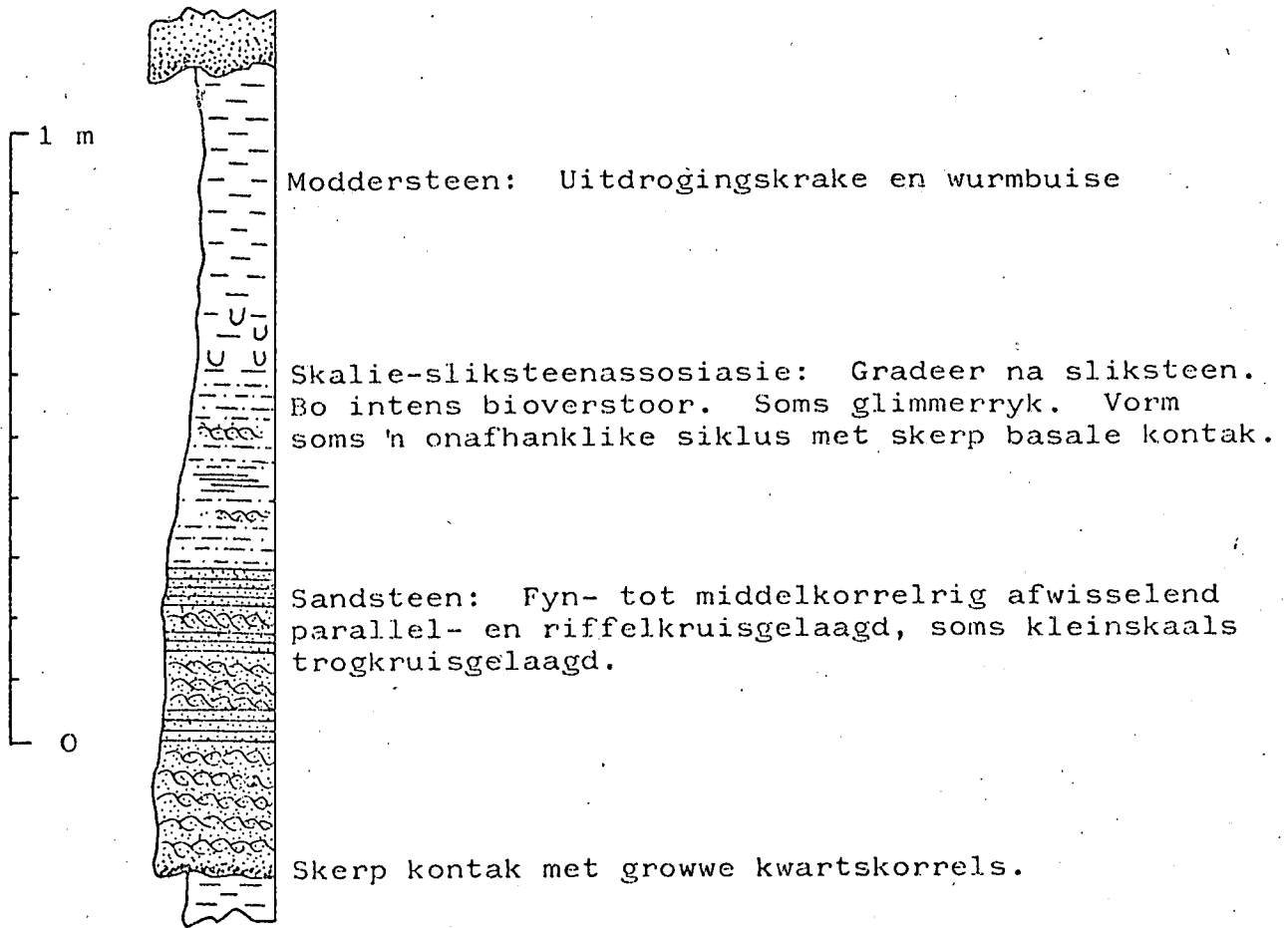


Fig. 49. Opwaarts fyner-wordende siklus in fyn- tot middelkorrelrige sandsteen van Sone 4.

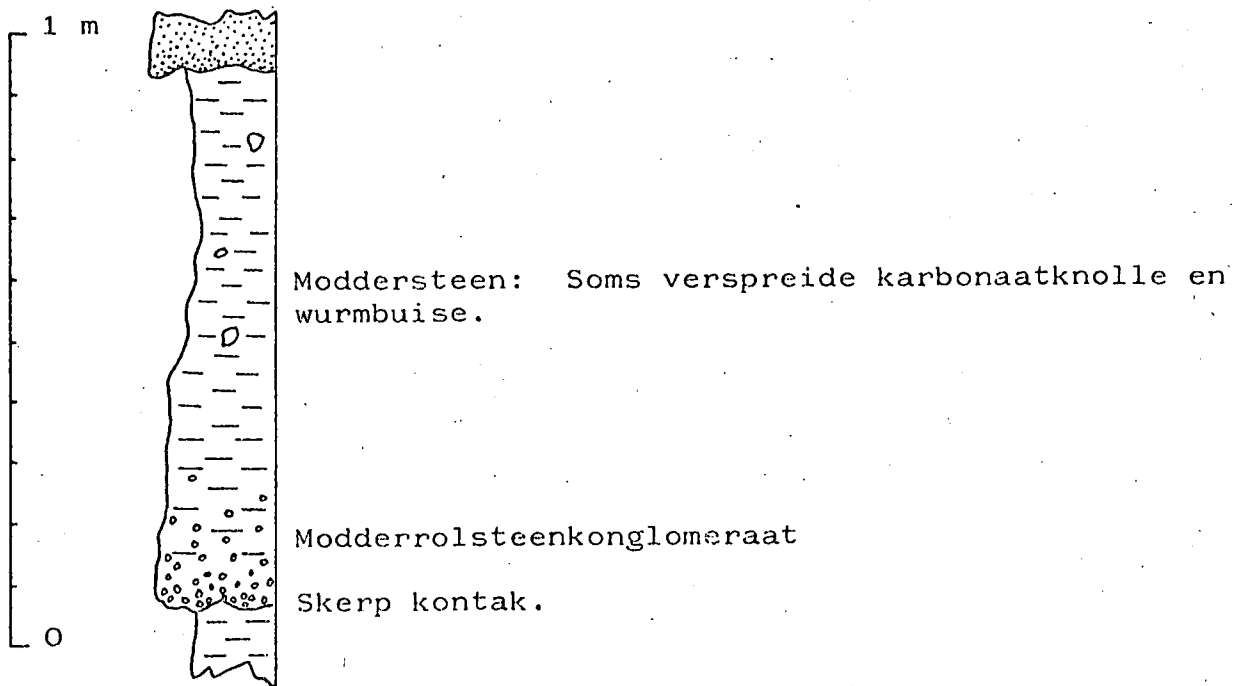


Fig. 50. Opwaarts fyner-wordende siklus in moddersteen van Sone 4.

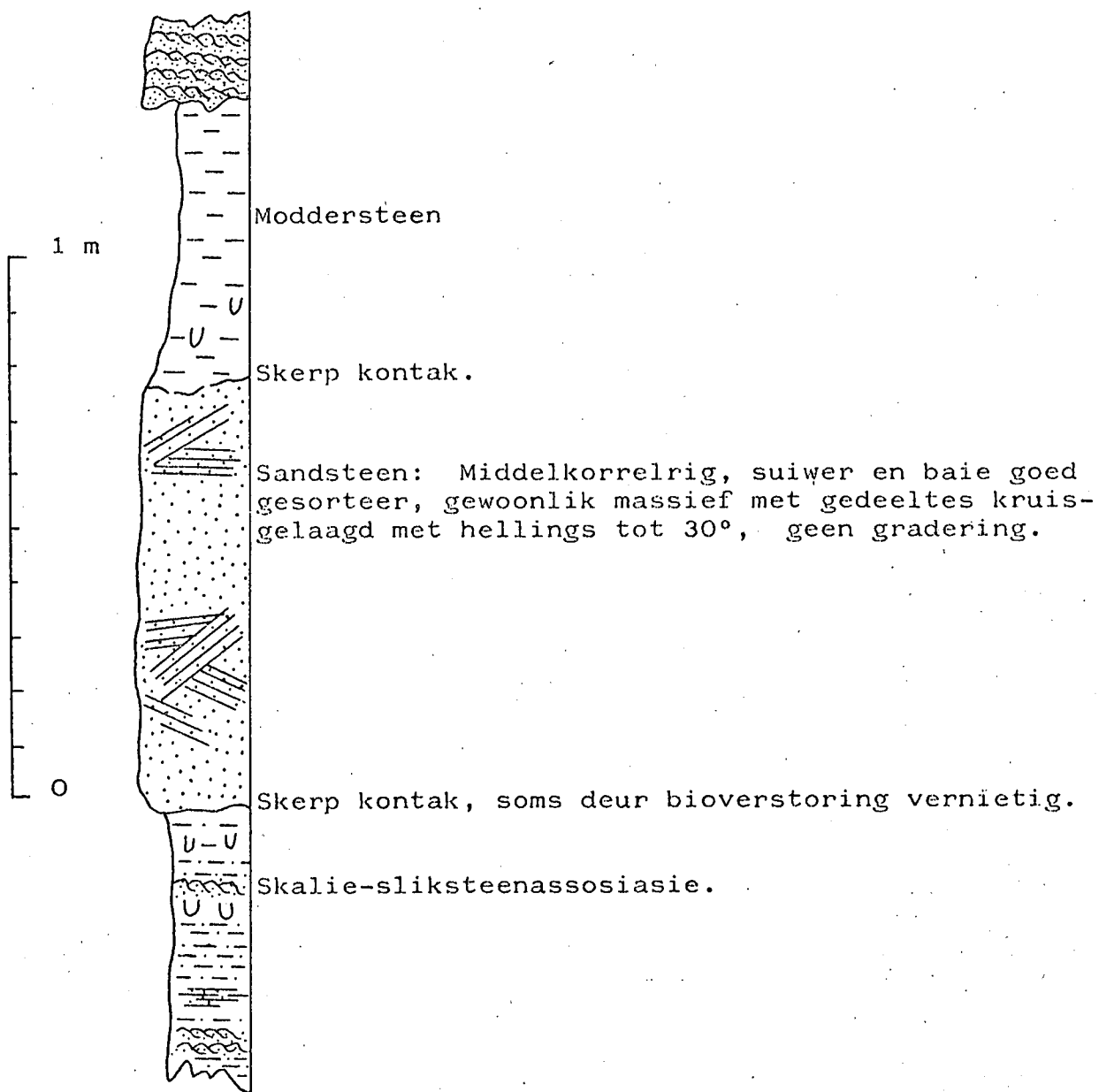


Fig. 51. Sandsteensiklus wat geen definitiewe patroon toon in Sone 4.



Fig. 52. Buise van waarskynlik Skolithos in fyn- en middelkorrelrige sandsteen van Sone 4.

4.4.7 Fasiesveranderinge

Weens die beperkte inligting is dit moeilik om fasiesveranderinge in die sone vas te stel. Dit wil egter voorkom asof die boonste gedeelte van die sone in die weste uit oorwegend moddersteen bestaan, terwyl daar in die verre ooste redelike dik, grofkorrelrige sandsteenhorisonne hoog op in die suksessie ontwikkel is. Een van hierdie sandsteenlae vorm 'n prominente eskaarp en trogkruisgelaagtheid dui op 'n moontlike aanvoerrigting vanuit die suidooste.

Uit dagsome op die plaas Solitude in Blok C is dit duidelik dat die oorgang tussen Sones 4 en 5 wisselend van aard is. Roomkleurige, goedgesorteerde, middelkorrelrige sandsteenlae kom afwisselend met groen of rooi sandstene en modderstene voor. Hierdie sandstene (roomkleurig) is afwesig in die res van die sone.

Daar is 'n definitiewe verandering in kleur van pers en grys onder na rooi bo en die oorgang is geleidelik. Dit is opvallend dat karbonaatryke knolle meestal in die rooi moddersteen ontwikkel is en na onder verdwyn.

4.5 Sone 5

4.5.1 Inleiding

Slegs een boorgat is in Sone 5 begin en in geen geval is deur die volledige sone geboor nie. Daar is dus 'n minimum gegewens beskikbaar en die beskrywing is hoofsaaklik op dagsome toegespits.

Die onderste kontak van die sone is direk bo die boonste rooi moddersteen geneem, en wissel van skerp tot oorganklik. As gevolg van bioverstoring is die kontak soms nie baie duidelik nie. Ondersoeke het getoon dat hierdie kontak feitlik deurgaans saam val met die voet van die krans wat deur die sandsteen van Sone 5 opgebou word. Die boonste kontak is aan die basis van die lawa wat die sone oorlê, geneem. Die maksimum dikte van die sone word op 120 m beraam.

4.5.2 Litologie

Sone 5 bestaan uitsluitlik uit roomkleurige, middelkorrelrige, goedgesorteerde, suiwer sandsteen, wat aan die basis van die sone effens groenerig van kleur is. Verweerde oppervlakke wissel van geel tot rooibruin en donkergrys. Die korrels is besonder dig gepak en matriks is feitlik afwesig. Korrels bestaan meestal uit helder kwarts, hoewel rooierige en grys korrels ook verspreid voorkom. Sandstene in die onderste gedeelte van die sone is soms effens fyner as die res en is ook goed gesorteer, maar die grondmassa is effens chlorities. In sekere gedeeltes is die sandsteen geneig om te verpoeier, waarskynlik weens 'n tekort aan die nodige bindstof. Die oop holtes wat so ontstaan, wissel van 1 cm tot etlike meters in deursnee en vorm kenmerkende holkranse. Ronde knolle bestaande uit sandsteen wat effens meer gesilisifiseerd is as die omliggende gesteente is algemeen. Weens die afwesigheid van kleiige lae en die digte pakking van die korrels is die sandsteen redelik weerstandbiedend ondanks die lae persentasie bindstof, en bou dit hoogliggende gebiede (Fig. 53).

4.5.3 Strukture

Die basale gedeelte van die sone (groenerige sandsteen) toon middel-

tot kleinskaalse kruisgelaagdheid met hellings tot 20° en eenhede 4 tot 20 cm dik. Parallel- en riffelkruisgelaagde gedeeltes is ook waargeneem.



Fig. 53. Dagsoom van die sandsteen van Sone 5. Die kruisgelaagde eenheid met die pyl gemerk, is 12 m hoog.

Groot gedeeltes vertoon egter vlekkerig of massief met tekens van intense bioverstoring.

Die roomkleurige sandsteen wissel van massief tot gedeeltes wat middel- tot grootskaals tafel- en wigvormig kruisgelaagd is. Kruisgelaagde eenhede tot 12 m dik is aangetref (Fig. 53). Groot trogvormige eenhede is ook lokaal ontwikkel. Hellings wissel van baie laag tot 30° .

Onreëlmatige "plooi"-strukture kom algemeen in die boonste gedeelte van die sone voor en bestaan gewoonlik uit wye, boogvormige strukture waarin lokaal intensief vervormde gedeeltes voorkom (Fig. 54). Hierdie verskynsel word as moontlike vloeistrukture in die ongekonsolideerde sand geïnterpreteer. Eienaardige horisontale, pypvormige strukture tot 2 cm in deursnee is in die Nasionale Kruger Wildtuin



Fig. 54. Onreëlmatige "plooi"-strukture in die sandsteen van Sone 5 op die plaas Mt Stuart in Blok B.

en op die plaas Mt Stuart in dagsome van die sandsteen waargeneem (Fig. 56).

4.5.4 Siklusse

In die boorkern wat ondersoek is, is 'n effens opwaarts fyner-wordende siklus in die onderste gedeelte van die sone herken (Fig. 55). In die boonste gedeelte kon geen siklusse onderskei word nie en kom slegs 'n afwisseling van grootskaalse kruisgelaagde eenhede voor.

4.5.5 Fossiele

Groot konsentrasies van wurmboorsels is aan die basis van die sone aangetref, sodat die primêre strukture soms heeltemal vernietig is. Die buise is selde dikker as 5 mm en wissel van vertikaal tot horisontaal.

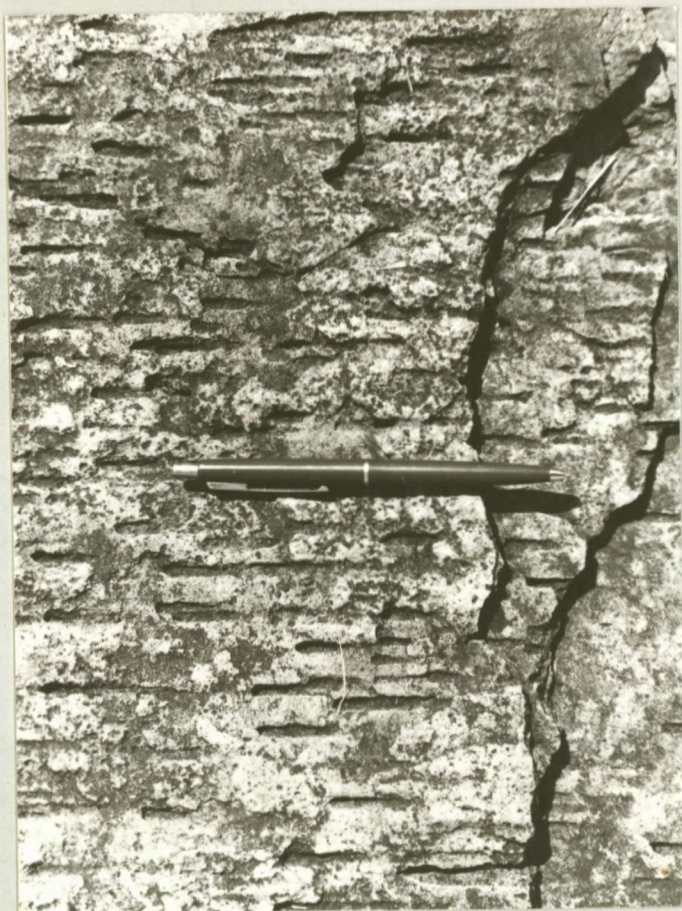


Fig. 56. Horisontale, pypvormige strukture min of meer parallel aan mekaar in die middelkorrelrige sandsteen van Sone 5. Die voorkoms is op die plaas Mt Stuart in Blok B.

4.5.6 Fasiesveranderinge en Aanvoerrigtings

Geen fasiesverandering is oor die gebied waargeneem nie, behalwe 'n lokale wisseling in die dikte van die sone.

Kruisgelaagdheid in die sone dui op 'n aanvoer van die sedimente vanuit die suidweste. Die variasie in aanvoerrigting is ongeveer 140° (36 lesings).

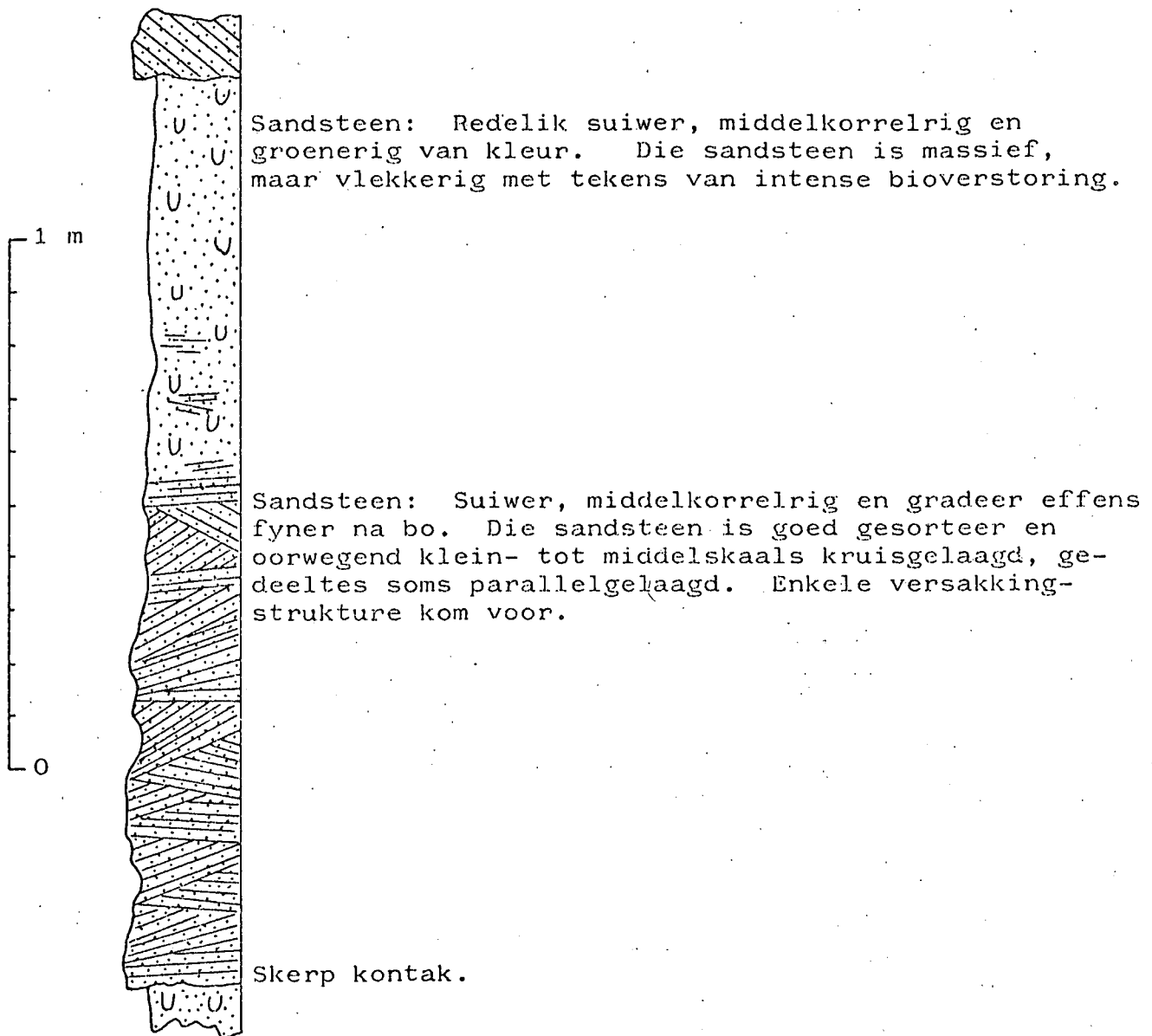


Fig. 55. Siklus in die onderste gedeelte van Sone 5.

4.6 Sone 6

Die sone bestaan uit basiese tot ultrabasiese amandelhoudende lawa wat die sandsteen van Sone 5 oorlê. Die kontak met Sone 5 is skerp en die vloer waarop die lawa uitgevloei het, was onreëlmatig. Dit word gestaaf deurdat die onderliggende sandsteen lokaal deur die lawa steek. Dieselfde gevolgtrekking is deur Du Toit (1966) gemaak. Daar is ook gevind dat die lawas nie gewone basalte is nie, maar in werklikheid limburgiete (Van Zyl, 1950, p. 29 en Du Toit, 1966, p. 314).

4.7 Intrusiewe Gesteentes

Die Karoogesteentes word deur doleriet en diabaasgange en -plate deurkruis. Die intrusies wissel baie in dikte en wydte. In die sentrale gedeelte van Blok B kom 'n dolerietplaat met 'n dikte van tot 200 m voor en dit sny trapsgewys opwaarts deur die Karoo-suksessie tot in Sone 6. Die moontlikheid dat van die gange en plate as voerkanale vir die lawa gedien het, is nie uitgesluit nie, veral in die lig daarvan dat geen vulkaniese pype of nekke tot nog toe in die gebied geïdentifiseer is nie.

Die intrusiewe gesteentes is gewoonlik besonder olivienryk en die dik plate is gewoonlik grofkristallyn. Verskillende periodes van indringing het ook voorgekom aangesien gange en plate van effens verskillende samestelling en tekstuur soms binne 'n dikker eenheid aanwesig is.

5. AFSETTINGSTOESTANDE

5.1 Algemeen

Vanweë die beskikbaarheid van moderne voorbeelde kan sedimentêre gesteentes ten opsigte van samestelling, teksture, strukture en sikliese afwisseling in duidelike verband met vervoer, afsetting en klimaat gebring word. Deur aan te neem dat die prosesse wat vandag op die aardkors in werking is, dieselfde was in die verlede, kan die geskiedenis van sedimentêre gesteentes gerekonstrueer word. By die rekonstruksie van afsettingsomgewings kan van twee uitgangspunte gebruik gemaak word (Reineck en Singh, 1975, p. 160). Eerstens kan 'n studie van die laterale fasiesveranderinge gemaak word. Daar word dus gekonsentreer op 'n dun stratigrafiese eenheid oor 'n groot oppervlakte wat gedurende dieselfde periode afgeset is. 'n Tweede uitgangspunt is die studie van vertikale fasiesveranderinge wat interpretasie oor 'n langer periode moontlik maak. Walther is in 1894 waarskynlik die eerste persoon wat die belangrikheid van vertikale profiele beklemtoon het (Reineck en Singh, 1975). Volgens Walther kan slegs omgewings wat lateraal geografies geassosieer is, in 'n vertikale opeenvolging voorkom.

Vir die doeleindes van hierdie studie is dus hoofsaaklik van vertikale profiele en siklusse gebruik gemaak. Daar moet egter daarop gelet word dat in die praktyk siklusse selde volledig voorkom, en dat een of meer eenhede dikwels ontbreek.

5.2 Sone 1

Hierdie sone bestaan oorwegend uit grofkorrelrige gesteentes van problematiese oorsprong. Soortgelyke gesteentes aan die basis van die Karoo-opeenvolging is deur Bond (1952, p. 3 - 9) in die Singwariviervallei en langs die Chifucheziarivier in Zimbabwe-Rhodesië beskryf. Die konglomeraat en geassosieerde warfagtige gesteentes bevat geskraapte en gefasetteerde swerfstene en hy beskou die gesteentes as van glasiale oorsprong (talus of moreenafsetting). Bond (1952, p. 8) vind ook dat die "moreen"-materiaal nie 'n konstante aaneenlopende laag vorm nie, maar in verspreide kolle voorkom. Hy meen dat dit dus waarskynlik deur valleigletsers afgeset is. Tavener-Smith (1962, p. 46 - 52) het ook soortgelyke gesteentes aan die basis van die Karoo-opeenvolging in die Middel-Zambezi-

vallei in Zambië beskryf.

Die eienskappe en voorkoms van die Sanderige Diamiktieteenheid in die Tshipise-kom stem presies ooreen met die basale Karoogesteentes in Zimbabwe-Rhodesië en Zambië soos deur Bond (1952) en Tavener-Smith (1962) beskryf. Hoewel swerfstene met skrape daarop skaars is, is dit 'n bewys dat die materiaal wel van glasiële oorsprong was. Cillié en Savage (1961) het ook gevind dat geskraapte swerfstene skaars is in die Dwykatilliet in die Vereeniging-Clydesdalegebied. Die voorkoms van fyngelaagde, kleiige lamelle in die sanderige diamiktiet dui op lokale vloei van vlak water vir kort periodes gedurende die afsetting van die diamiktiet. Dieselfde liggrys, kleiige materiaal vorm ook die bindstof tussen die korrels en verteenwoordig waarskynlik rotsmeel. In dagsoom vertoon die sanderige diamiktiet soms groot ooreenkomste met alluviale puinafsettings asook moontlike moddervloeië soos deur Steel (1974, p. 338) en Reineck en Singh (1975, p. 256) in 'n alluviale waaier beskryf. Op grond egter van die enkele geskraapte swerfstene en die stratigrafiese posisie van die lae word die sanderige diamiktiet as van glasiële oorsprong beskou.

Die relatief grofkorrelrige sandstene wat tussengelaagd met die diamiktiet voorkom en die groot mate van afronding van die kleiner swerfstene dui op 'n groot hoeveelheid smeltwater en die herwerking van moreenmateriaal. Twee tipes vertikale siklusse is in die Sanderige Diamiktieteenheid beskryf en word soos volg geïnterpreteer: Die eerste siklus (Fig. 10) begin aan die basis met 'n sanderige diamiktietlaag wat diskordant op die onderste gesteentes rus. Hierdie gedeelte word as 'n grondmoreen (Eng.: lodgement till) geïnterpreteer. Die grofkorrelrige, kruisgelaagde sandsteen wat opwaarts fyner gradeer dui op 'n kanaalafsetting in 'n vlegstroom-omgewing (Reineck en Singh, 1975, p. 232 - 242). Fluvioglasiale strome is feitlik altyd gevleg weens die oorfloedige beskikbaarheid van materiaal (Miall, 1977, p. 7 en Blatt e.a., 1972, p. 199). Grofkorrelrige, swakgesorteerde, kruisgelaagde tot massiewe sandsteen is volgens Adeleye (1974) en Anderson (1976) kenmerkend van sediment-oorlaaide gevlegte strome. Die dun, kleiige eenhede is ook 'n kenmerk van hierdie afsettingsproses (Jones, 1972, p. 180) en is moontlik in afgesnyde kanale afgeset. Die siklus bestaan dus

uit 'n basale moreenafsetting opwaarts gevolg deur 'n vlegstroomafsetting. Afsetting het langs 'n redelike steil helling aan die voorkant van 'n gletsers tydens seisoenale vloede plaasgevind. Hierdie tipe siklus kom oorwegend in die onderste gedeelte van die Sanderige Diamiktieteenheid voor. Die siklisiteit van die afsettings dui daarop dat die gletsers herhaaldelik teruggetrek en dan weer oor die gebied beweeg het. Versteurde gelaagdheid in die gesteentes kon as gevolg van spanning onder die bewegende ys ontstaan het. Die gletsers het waarskynlik vanuit die ooste weswaarts beweeg. Dit word afgelei van die afname in grootte van swerfstene weswaarts en die vorm van die vloerkontouerkaart (Fig. 61). Hierdie afleiding sal later in meer detail bespreek word.

Aan die bokant van die Sanderige Diamiktieteenheid neem die persentasie kleiige lae in die siklusse toe (Fig. 11). Die energie van die strome het afgeneem en meanderende riviere met vloedvlaktes, waarop sporadiese plantegroei aanleiding tot dun steenkoollagies en koolstofryke, kleiige lae gegee het, het voorgekom. Die voorkoms van verspreide, dun, warfagtige lae dui op lokale vlak meertjies, soms slegs 1 km in deursnee, waarin smeltwater versamel het. Flint (Bond, 1952, p. 8) het bewys dat warwes net in redelike vars water kan vorm aangesien die opgeloste soute in seewater voorkom dat fyn kleideeltjies lank in suspensie bly. Nadat die gletsers finaal teruggetrek het, is 'n relatief plat vallei met meanderende strome, wye vloedvlaktes en talryke klein mere agtergelaat. Die afwesigheid van swerfstene in die warwes is 'n bewys dat die ys reeds so ver teruggetrek het, dat geen drywende ysblokke die mere bereik het nie.

Die beskrywing van die Siankondobo-sandsteen van die Karoo-opeenvolging in Zambië (Money en Drysdall, 1975, p. 253) stem ooreen met dié van die roomkleurige, goedgesorteerde sandsteen van Blok A. Die Siankondobo-sandsteen wat hulle met die onderste Wankie-sandsteen korreleer, interpreteer hulle as 'n produk van toenemende stabiliteit tydens 'n duidelike seisoenale klimaat. Bond (1967, p. 179) beskou die sandsteen in die Wankie-gebied as 'n produk van strome wat moreen- en fluvioglasiale materiaal van 'n na-gletserslandskap afgestroop het en in 'n na-glasiale meer afgeset het. Tavener-Smith (1962, p. 70) stem met hierdie afleidings saam, maar is van mening dat die sand-

steen langs strande verder gewas en gesorteer is. Die algemene opwaarts fyner graderende siklusse in die roomkleurige sandsteen (Fig. 14) dui op fluviële toestande. Die groot sandsteendikte, feitlik konstante korrelgrootte, gepaardgaande massiewe voorkoms, die teenwoordigheid van oorwegend parallelle gelaagdheid met slegs ondergeskikte kruisgelaagdheid en die feitlike afwesigheid van vloedvlaktesafsettings, bring mee dat vlegstrome en 'n seisoenale klimaat die beste verklaring vir die afsetting bied. Reineck en Singh (1975, p. 238) en Adeleye (1974) het dieselfde eienskappe gevind in vlegstroomafsettings wat deur hulle ondersoek is. Hierdie materiaal is waarskynlik vanaf die terugtrekkende gletsers in die ooste aangevoer.

Die Kleiige Diamiktieteenheid word gekenmerk deur 'n afwisseling van diamiktietlae en oorwegend kleiige sedimente asook dun sandsteenlae (Fig. 13). Die kleiige diamiktiet besit die voorkoms van 'n tilliet, maar Kröner en Rankama (1972, p. 5) meld dat dit uiters moeilik is om tussen 'n tilliet en 'n moddervloei^{-afsetting} te onderskei. Die ondergeskikte, dungelaagde sedimente en die skynbare afwesigheid van dryfyswerfstene dui eerder op 'n moddervloei en dit word deur die teenwoordigheid van versakkingsstrukture, dikwels in die vorm van balle en kussings (Harrison, 1975) gestaaf. Die onderste kontak van die kleiige diamiktietlae is dikwels 'n erosievlak en versteuring in die kleiige laag direk daaronder dui op 'n mate van sleur tydens die afsetting van die diamiktiet. Die fragmente en korrels is van dieselfde samestelling as dié van die sandsteen- en grintsteenlae en volgens Steel (1974) hou die samestelling van fragmente in moddervloei direk verband met die lokale geologie. Die voorkoms is verder lensagtig en die rolstene "dryf" in 'n kleiige matriks. 'n Onstabiele, waterversadigde sediment kan met geringe versteuring (bv. hidroplastiese vloei tydens 'n aardkok) in 'n moddervloei omskep word (Williamson, 1967, p. 43 en Conybeare en Crook, 1968). Wanneer die gewig van die korrels of fragmente die sterkte van die matriks tydens die moddervloei oorskry (Blatt e.a., 1972) sak die groter korrels en fragmente eerste uit en 'n mate van gradeering ontstaan (Fig. 12). Hierdie tipe siklus kan egter ook as 'n deurbreekafsetting (Eng.: Crevasse splay deposit) op 'n vloedvlakte geïnterpreteer word.

Kanaalsiklusse (Fig. 11) kom redelik algemeen in die Kleiige Diamiktieteenheid voor, terwyl die dik, kleiige lae as vloedvlakte-afsettings geïnterpreteer word. Grofkorrelrige sand- en grintsteenlae (Fig. 13), dikwels met beide kontakte skerp, wat tussengelaagd met die kleiige gesteentes voorkom, word geïnterpreteer as die skielike invoer van growwe materiaal oor die vloedvlakte tydens seisoenale vloede.

Gedurende die afsetting van die Kleiige Diamiktieteenheid het die ys reeds ver teruggetrek en oorwegend kleiige materiaal is deur slingerende riviere met 'n lae energie op breë vloedvlaktes afgeset. Die aanvoerrigting was waarskynlik vanuit die ooste soos in 'n latere hoofstuk bespreek sal word. Plantmateriaal wat lokaal in moerasse versamel het, het aanleiding tot dun steenkoollae gegee. Die oorsprong van die growwe materiaal wat in die grintsteen- en kleiige diamiktietlae voorkom, skep egter 'n probleem selfs al word aanvaar dat dit gedurende vloede die vloedvlakte ingedra is. Die materiaal besit ook geen afronding soos verwag kan word van materiaal wat reeds ver deur vlak slingerende strome vervoer is nie. Hierdie materiaal het dus waarskynlik nie dieselfde oorsprong as die kleiige materiaal nie. 'n Lokale hoë gebied in die weste van die ondersoekte gebied met dreinerings noord en suidwaarts word as moontlike bron vir die grofkorrelrige materiaal gesien. Hierdie aanname sal in Hoofstuk 8 in detail bespreek word. Die sande en gruis wat op die onstabiele, kleiige materiaal afgeset is, het as gevolg van versakking soos reeds bespreek, 'n gemengde afsetting van growwe en kleiige materiaal of kleiige diamiktiet, gevorm.

5.3 Sone 2

In die ooste van die gebied bestaan die sone uit afwisselende sandsteen-, sliksteen- en skalielae met ondergeskikte horisonne van steenkool. In die weste verdwyn die sandsteenlae en bestaan die opeenvolging uit afwisselende kleiige en steenkoollae. Die sandrige gesteentes in hierdie sone toon opwaarts fyner-wordende siklusse wat op 'n periodieke wisseling van stroomsnelheid en diepte in 'n fluviële afsettingsomgewing dui (Gosh, 1975, p. 224). Die dik afsettings van kleiige materiaal dui op 'n lae reliëf en meanderende riviere (Selley, 1973, p. 22 - 23).

Die vloedvlakte, wat 'n sub-omgewing van die fluviale omgewing is, word deur Reineck en Singh (1975, p. 229 - 253) beskryf as die gebied waar beide grof- en fynkorrelrige materiaal gedurende oorstromings afgeset word en die vloedkom as die laagste gedeelte wat gewoonlik swak gedreineer en plat is en waar uitsluitlik kleiige, gesuspendeerde materiaal afgeset word. In 'n meer vogtige klimaat is dié gebied gewoonlik dig begroei en is moerasse, waarin organiese materiaal kan versamel om later steenkoollae te vorm, dikwels ontwikkel.

Die skalie-sliksteenassosiasie bestaande uit oorwegend skalie met sliklamelle en dun, fyn- tot grofkorrelrige sandsteenlae en -lense, baie erosievlakke, uitdrogingskrake en kronkelgelaagdheid word as vloedvlakte-afsettings geïnterpreteer (gedeeltes van Fig. 18 en 19). Die afwisseling van steenkool en kleiige lae het in die vloedkom ontstaan. Die sikliese neiging in die voorkoms van die steenkool- en moddersteenlae (Fig. 22) kan aan verskille in stabiliteit of klimaatswisselinge toegeskryf word. 'n Voorbeeld van 'n soortgelyke tipe vloedvlakte-vloedkomassosiasie is die Sydney-kom in Nova Scotia (Dapples en Hopkins, 1969, p. 148).

Die tipe siklus soos in Fig. 18 uiteengesit, kom die volopste voor en is ook die mees komplekse siklus. Die siklus stem ooreen met die ideale fluviale puntwalmodel (Allen, 1970, p. 311 en Reineck en Singh, 1975, p. 240) en is soortgelyk aan dié wat deur Casshyap (Füchtbauer, 1974) in die Gondwana-steenkoolopeenvolging in Indië beskryf is. Die kruisgelaagde, grofkorrelrige sandsteen aan die basis verteenwoordig 'n kanaalafsetting (puntwal) wat opwaarts gradeer na die oewerwalomgewing met vloedvlakte-sedimente daarbo, terwyl die steenkool- en kleiige lae in die vloedkom afgeset is. Soms volg 'n skalie-sliksteenassosiasie diskordant op die vloedkomafsetting (Fig. 19). Die kanaal het heel waarskynlik in die rigting van die vloedkom geswaai sodat vloedvlakte-afsettings op vloedkom-sedimente rus. Dit word gestaaf deur die voorkoms van kanaalafsettings direk op die skalie-sliksteenassosiasie.

Siklusse soos in Fig. 19 toon 'n besondere goeie ooreenkoms met die oewerwalsiklus (Reineck en Singh, 1975, p. 245). Die siklus gradeer weer deur vloedvlakte- en vloedkomafsettings opgevolg deur vloedvlakte-

en kanaalafsettings. In sommige gevalle is die onderste kontak van die skalie-sliksteenassosiasie graderend. Die swakgesorteerde sand- en grintsteenlae wat soms in die vloedvlakte-sedimente voorkom, verteenwoordig bodemvragafsettings in afgesnyde meanders wat later deur vloedvlakte-afsettings opgevolg is (Selley, 1973, p. 24) en daarom is beide kontakte gewoonlik skerp.

Die opwaarts growwer-wordende siklusse (Fig. 21) verteenwoordig moontlik klein "deltas" wat ontstaan waar deurbreekafsettings (Hobday, 1973, p. 311 - 316 en Horne e.a., 1978, p. 2394) in moerasse en klein mere eindig. Daar is 'n toename in die voorkoms van die tipe siklus weswaarts oor die sentrale gedeelte van die gebied.

Die siklus in Fig. 20 verskil van die ander siklusse deurdat dit nie deur sedimentasie nie, maar sekondêr deur die werking van organismes, wat van organiese materiaal gelewe het, gevorm is. Die boonste gedeelte van die koolstofryke laag word deur bioverstoring vernietig en vertoon gevlek (Fig. 57). Bioverstoring verdwyn egter opwaarts met 'n gepaardgaande afname in organiese materiaal en die moddersteen vertoon normaal.

Weens swak ontwikkelde dagsome kon geen rigtingduidende strukture in Sone 2 gemeet word nie en afleidings moes op grond van fasiesveranderinge gemaak word. Die sandsteen-skalieverhoudingskaart (Fig. 64) wat later in meer detail bespreek sal word, toon 'n regionale afname van sandsteen weswaarts, hoewel die waardes lokaal heelwat varieer en bied die interpretasie van 'n bron in die ooste of noordooste die beste verklaring vir die verskynsel. Hierdie postulasie gekoppel aan 'n groot meanderende rivierstelsel, sal inpas by die teenwoordigheid van vloedkomme in die ooste en weste (Fig. 58) tydens die afsetting van die gekorreleerde steenkoolhorison (Fig. 3).

Die afsetting van Sone 2 kan kortliks soos volg saamgevat word. Na die afsetting van die glasiale en fluvioglasiale afsettings het die paleo-afsettingshelling vinnig afgeneem en het 'n meanderende riviersisteem die afsettingsgebied oorheers. In die begin was vloedvlakte-afsettings oorheersend en is min grofkorrelrige materiaal vanaf die noordooste ingevoer. Ondergeskikte steenkollae is afgeset. Opheffing in die noordooste en ooste het aanleiding gegee dat meer growwer

materiaal, veral in die ooste, ingespoel is en tipiese puntwalafsettings kom saam met die vloedvlakte-sedimente (skalie, moddersteen, sliksteen en steenkool) voor. Een prominente periode van opheffing in die ooste en progradasie van growwe materiaal weswaarts het gedurende die afsetting van Sone 2 plaasgevind. Namate die brongebiede weggeïrodeer is, is weer oorwegend vloedvlakte-sedimente oor die gebied afgeset.

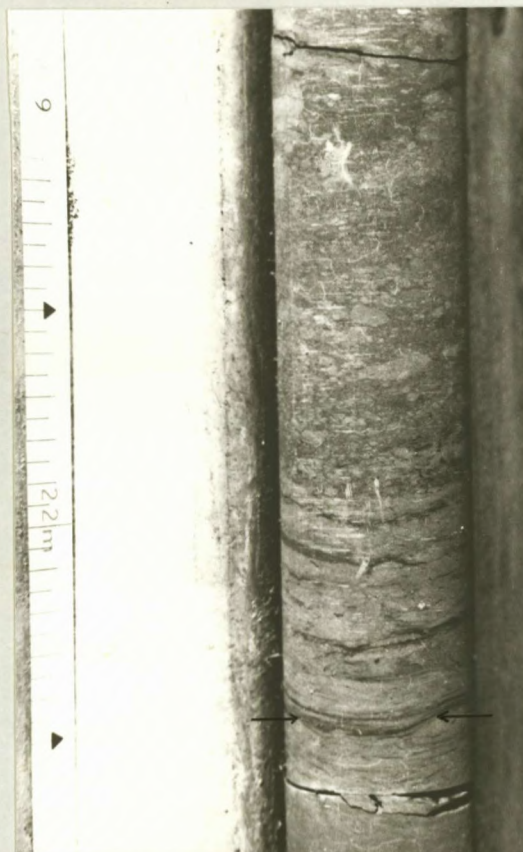


Fig. 57. 'n Siklus wat by die pyl begin met dun koolstofryke lagies in moddersteen wat hoër op deur bioverstoring vernietig is.

5.4 Sone 3.

Die sone bestaan litologies uit 'n onderste Sandsteeneenheid wat gradeer na 'n boonste Moddersteeneenheid. Die sone word opgebou uit

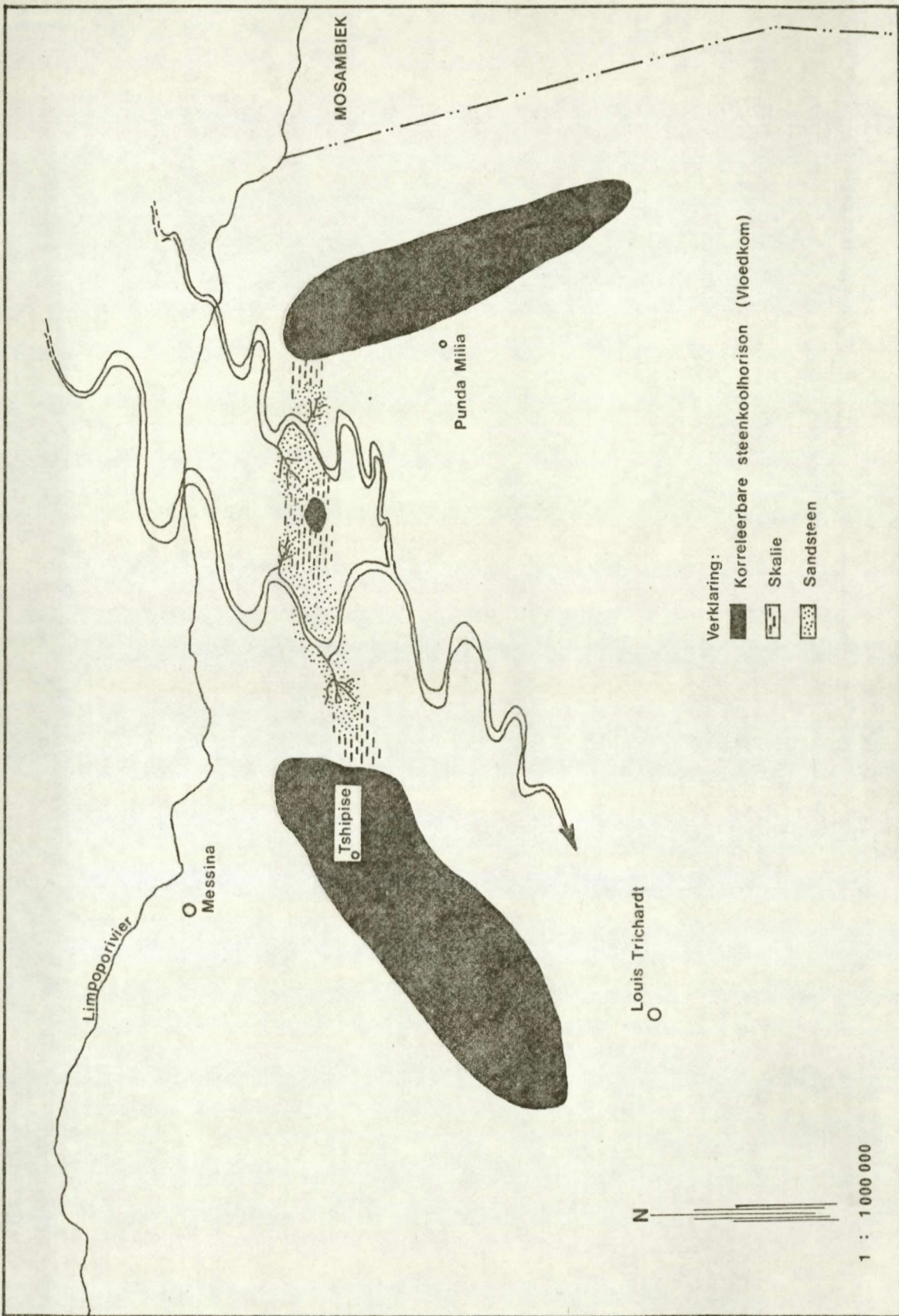


Fig. 58. Posisie van vloedkomme tydens die afsetting van die gekorreleerde steenkoolhorison (Fig. 2) en die moontlike aanvoerrigting van die sedimente.

opwaarts fyner-wordende siklusse. In die Sandsteeneenheid is die siklusse dikwels moeilik onderskeibaar van mekaar omdat korrelgrootte oor groot diktes dieselfde bly. In die Moddersteeneenheid is die kontras in korrelgrootte groter en is die siklusse duideliker gedefinieer.

Die Sandsteeneenheid bestaan grotendeels uit siklusse soos uitgebeeld in Fig. 32 en hulle word as vlegstroomafsettings (Reineck en Singh, 1975, p. 241 en Williams, 1971) geïnterpreteer. Die tekstuur, sedimentêre strukture en swak ontwikkelde, kleiige eenhede van die Sandsteeneenheid pas ook goed by vlegstroomafsettings soos deur Gosh (1975, p. 226), Fuchtbauer (1974, p. 104), Jones (1972, p. 180), Miall (1977, p. 30), Anderson (1976, p. 438), Picard en High (1973, p. 159), Mc Gowen en Garner (1970), Allen (1965), Eynon en Walker (1974), Coleman (1969), Rust (1972), Mrakovich en Coogan (1974) en Tongiorgi e.a. (1977) beskryf.

Die kleiige lae word dikker na bo in die Sandsteeneenheid en die afname in korrelgrootte is meer prominent in die siklusse, terwyl siklusse soos in Fig. 33 beskryf, oorwegend word. Hierdie tipe siklus toon 'n goeie ooreenkoms met die puntwalmodeel (Allen, 1970, p. 311; Reineck en Singh, 1975, p. 240). Dit is duidelik dat riviere verander het van oorwegend bodemvrag- na gemengdevragstrome (McGowen en Garner, 1970) namate die gradiënt afgeneem het. Die riviere het meer prominente vloedvlaktes gevorm waarop kleiige materiaal afgeset is en was oorwegend slingerend in plaas van gevleg.

In die Moddersteeneenheid is ook verskeie tipes siklusse beskryf: Die siklus soos uitgebeeld in Fig. 41 word geïnterpreteer as 'n proksimale deurbreekafsetting geassosieer met vloedvlakte-afsettings. Die ysterryke afsettings kan op die voorkoms van moerasse op die vloedvlakte dui. Die siklus in Fig. 40 word gesien as 'n distale deurbreekafsetting wat opwaarts in 'n vloedvlakte-afsetting gradeer. Die siklus in Fig. 39 is kenmerkend van vloedkomafsettings met steenkoollae en ysterryke lense wat onder reduserende toestande in moerasse afgeset is. Tydens vloede het deurbreekafsettings voorgekom en distale gedeeltes hiervan (Fig. 39) kom tussen die vloedkom-sedimente voor. Gedurende die proses is half-gekonsolideerde, kleiige materiaal opgeruk en voordat dit kan disintegreer, is dit as modderrol-

steentjies afgeset. Soms is 'n bietjie grofkorrelrige, klastiese materiaal aan die basis afgeset. Nader aan die kanaal sou meer sanderige afsettings voorgekom het. Gedurende die afsetting van die Moddersteeneenheid was die gradiënt baie plat en die riviere vlak en meanderend. Oorwegend kleiige materiaal is uit suspensie op vloedvlaktes en in vloedkomme afgeset.

Die dik opeenvolging (27 m) van groot modderfragmente wat in enkele boorgate net bo die Sandsteeneenheid aangetref is, is waarskynlik deur 'n aktiewe stroom wat in 'n kleiige afsetting ingekerf het, gevorm. In die proses het van die walle ingestort en onreëlmatige fragmente van verskillende grootte gevorm. Sommige van die fragmente het egter 'n mate van afronding in die stroom ondergaan (Fig. 37).

Die Sandsteeneenheid bevat veldspaatkorrels wat tans na kaoliniet verander is. Navorsing (Kuenen, 1960) het getoon dat hoewel veldspaat sagter is en 'n beter splyting as kwarts het, dit tog 'n relatief groot weerstand teen abrasie in water het en slegs twee keer vinniger as kwarts gewig verloor. Volgens Barton en Krynine (Krumbein en Garrels, 1952) bly veldspaat nie net in 'n koue of droë klimaat behoue nie, maar kan dit ook in warm, vogtige klimaat behoue bly indien erosie, vervoer en afsetting vinnig plaasvind. Dit is 'n verdere bewys ter ondersteuning van 'n vlegstroomafsetting aangesien vlegstrome op relatief steil alluviale vlaktes voorkom (Fuchtbauer, 1974, p. 104).

Onreëlmatige versteurings en tregtervormige strukture in die gelaagdheid (Fig. 31) kom dikwels in die Sandsteeneenheid voor en verteenwoordig ontwateringsstrukture. Grofkorrelrige sedimente wat vinnig afgeset is, is baie los gepak en kan heelwat kompaksie ondergaan waartydens water uitgedryf word om versteurings van die gelaagdheid te gee (Burne, 1970, en Lowe, 1975).

Die afsettingstoestande van Sone 3 kan soos volg saamgevat word: Rigtings van kruisgelaagdheid in die Sandsteeneenheid en die neiging van sommige isopaglyne van die sone (Fig. 65) dui daarop dat die materiaal vanuit die ooste en suidooste aangevoer is. Hierdie aspekte sal in Hoofstuk 8 volledig bespreek word. Na opheffing van

die land aan die ooste- en suidoostekant van die gebied, het gevlegte strome langs 'n steil wes- en noordweswaartse paleohelling afgevloei. As gevolg van inkerwing word 'n duidelike diskordansie met die onderliggende sedimente van Sone 2 gevorm. Met verloop van tyd het die gradiënt afgeneem en die riviere het begin meander. Tydens die afsetting van die Moddersteeneenheid, wat ook vanuit die suidooste aangevoer is, was strome stadig vloeiend en het breë vloedvlaktes waarop moeras- en lakustriene toestande geheers het, voorgekom. In die weste van die gebied het afsetting hoofsaaklik in moerasse in die vloedkom plaasgevind.

5.5 Sone 4

Die sone bestaan hoofsaaklik uit rooi, pers en grys moddersteen met ondergeskikte grys, groen en rooi grintsteen-, sandsteen- en sliksteenlae. Die gesteentes is gerangskik in 'n verskeidenheid van vertikale siklusse met opwaarts fyner-wordende siklusse in die meerderheid.

Die siklus in Fig. 47 is feitlik in alle opsigte dieselfde as die siklus in Fig. 18 en word ook geïnterpreteer as 'n puntwalafsetting wat opwaarts gradeer deur oewerwal tot by vloedkomsedimente. In hierdie geval ontbreek die steenkoollae egter en verspreide koolnaatknoles kom voor, veral in die siklusse hoër op in die sone, wat op relatief droë toestande dui (Reineck en Singh, 1975, p. 252).

Die siklus in Fig. 49 vergelyk goed met dié in Fig. 19 en word dus ook gesien as 'n oewerwalafsetting wat met 'n erosiekontak op vloedvlakte-sedimente rus. Opwaarts gradeer die siklus weer na vloedkomsedimente soos deur die teenwoordigheid van volop wurmbuise en uitdrogingskrake aangetoon word. Die siklus in Fig. 50 toon 'n goeie ooreenkoms met dié in Fig. 39 en verteenwoordig die distale gedeelte van 'n deurbreekafsetting op 'n vloedvlakte. Die siklus in Fig. 48 is soortgelyk aan dié in Fig. 21 en word geïnterpreteer as 'n deurbreekafsetting wat in 'n klein meertjie op 'n vloedvlakte geëindig het. Die siklus uitgebeeld in Fig. 51 kom slegs hoog op in die sone voor. Die goedgesorteerde, suiwer, middelkorrelrige, kruisgelaagde sandsteen word as 'n windafsetting (Selley, 1973, p. 59 - 61; Reineck en Singh, 1975, p. 196) wat moontlik 'n kanaal vul of as 'n duin in 'n vlak meer-

tjie inbeweeg het, geïnterpreteer. Geen gradering bestaan nie en die kontakte met die kleiige sedimente is skerp. Geen teken van bioverstoring is in die sandsteen opgemerk nie, hoewel dit redelik algemeen in die kleiige sedimente voorkom.

Sone 4 is dus afgeset deur slingerende riviere wat oor 'n lae gradiënt gevloei het. Afsetting het hoofsaaklik op breë vloedvlaktes waar oorwegend kleiige sedimente afgeset is, plaasgevind. Die aanvoerrigting van die sedimente was waarskynlik ook vanuit die ooste.

Uit bostaande interpretasie is dit duidelik dat daar 'n goeie ooreenkoms tussen die afsettingsomgewings van Sones 2 en 4 bestaan. Die belangrikste verskille is die rooi en pers kleur van veral die kleiige sedimente in Sone 4, wat op oksiderende toestande dui (Reineck en Singh, 1975, p. 132) teenoor die grys tot swart gekleurde kleiige sedimente van Sone 2 wat onder reduserende toestande afgeset is. Die afwesigheid van steenkool- of koolstofryke lae in Sone 4 is 'n belangrike verskil en dit word toegeskryf aan 'n klimaatsverandering. Reeds aan die bokant van Sone 3 is daar 'n duidelike afname in plantmateriaal terwyl die kleiige sedimente meer pers gevlek is. Hierdie verandering word meer intens totdat die gesteentes aan die bokant van Sone 4 uitsluitlik rooi van kleur is en karbonaatryke knolle, wat afwesig is aan die onderkant van die sone, voorkom. Bo in die sone kom ook tekens van windafsetting voor. Die meertjies hoër op in die sone was waarskynlik meer kenmerkend van playas of sabkhas waarin ook karbonaatryke materiaal neergeslaan is. Van die karbonaatryke materiaal kan egter ook paleokalkrete verteenwoordig.

5.6 Sone 5

Hierdie sone bestaan oorwegend uit middelkorrelrige, goedgesorteerde sandsteen. Middel- tot kleinskaalse trog- en tafelvormige kruisgelaagdheid asook riffelkruisgelaagdheid kom veral aan die basis van die sone voor. Bioverstoring, waarskynlik Skolithos is volop in die onderste gedeelte. Die boonste gedeelte is oorwegend grootskaals wig- en tafelvormig kruisgelaagd.

'n Effens opwaarts fyner-wordende siklus (Fig. 55) is na aan die basis van die sone aangetref. Die siklus verteenwoordig 'n windgewaaide sand, maar bioturbasie het waarskynlik veroorsaak dat die boonste

gedeelte massief voorkom. Die moontlikheid bestaan ook dat die boonste gedeelte sande verteenwoordig wat in 'n vlak pan ingewaai het. Hierdie laaste moontlikheid is die waarskynlikste aangesien tekens van riffelkruisgelaagdheid nog waargeneem kan word.

Hoër op in die sone kom oorwegend grootskaalse kruisgelaagde eenhede in die goedgesorteerde, middelkorrelrige sandsteen voor, wat op afsetting deur wind dui (Reineck en Singh, 1975, p. 196 - 199; Beukes, 1969). Trogvormige kruisgelaagde eenhede is in enkele gevalle aangetref en kan op 'n verandering in windrigting dui (Reineck en Singh, 1975). Hierdie skrywers verklaar ook die onreëlmatige "plooi"-strukture in die sandsteen (Fig. 54) as ongekonsolideerde sand wat teen die steil lykant van die duin afgegly het.

Hoewel toestande aan die begin van Sone 5 reeds baie droër was, het vlak panne, gekenmerk deur seisoenale vloede nog voorgekom. Hoër op in die sone is woestyntoestande oorheersend en oorwegend duine word gevorm. Die algemene windrigting was vanuit die suidweste. Kruisgelaagde rigtings wat gemeet is, sal later bespreek word. Die Karoo-sedimentasie is deur die uitvloei van lawas (Sone 6) afgesluit.

6. STEENKOOLVORMING

In die suidelike halfgrond is die studie van steenkoolvorming heelwat minder gevorderd as wat die geval in die noordelike halfgrond is. Die steenkool in suidelike Afrika, Indië, Australië, Antarktika en Suid-Amerika (Gondwanaland) toon 'n besondere goeie ooreenkoms met mekaar, maar verskil baie van die steenkool in Europa, Brittanje en Noord-Amerika (Plumstead, 1966, p. 187). Die verskille is deur skrywers soos Lamplugh en Lightfoot (Watson, 1958, p. 169) geïnterpreteer as 'n bewys dat die steenkool van die noordelike halfgrond sonder twyfel in situ gevorm het, teenoor die ^{allochtone} oorsprong van die Gondwana-steenkool.

Die belangrikste bewyse ter staving van bogenoemde stelling is die volgende:

- (i) Die skynbare afwesigheid van wortelafdrukke en vloerklai onder die Gondwana-steenkoollae en die afwesigheid van boomstamme wat nog in situ is (Watson, 1958, p. 169; Bond, 1967, p. 185; Gosh, 1975, p. 226; Francis, 1961, p. 11).
- (ii) Die hoë asgehalte van die Gondwana-steenkool wat tussen 9 en 25 persent wissel (Money en Drysdall, 1975, p. 259 - 264), is 'n belangrike bewys vir die "dryf"-teorie (Gosh, 1975, p. 226; Watson, 1958, p. 169).
- (iii) Die regionale variasie in dikte en gehalte van die steenkoollae.
- (iv) Die verdeling en vertakking van steenkoollae as gevolg van klastiese lense en lae.
- (v) Die skaarste aan blaarafdrukke in die kleiige laag direk bo die steenkool (Gosh, 1975, p. 226).

Verskeie skrywers is egter ten gunste van 'n oorwegend allochtone of in situ oorsprong vir die Gondwana-steenkool. In die steenkoolsone in Indië is wortelafdrukke gekry (Gosh, 1975, p. 226), terwyl in die Vaalrivier by Vereeniging 'n fossielwoud tydens 'n droogte blootgelê is (Plumstead, 1966, p. 191; Du Toit, 1966, p. 287), en in die Wankie-steenkoolveld fyn wortelmerke gevind is (Bond, persoonlike

mededeling). Verdere stawende bewyse hiervoor kom in die Tshipise-kom voor:

(a) Wortelmerke en Paleosols:

In die Tshipise-kom is fyn wortelafdrukke (Stigmaria) dikwels onder steenkoollae ontwikkel (Fig. 28). Dun steenkoollense met fyn wortels wat daaruit vertak en waarskynlik dikker wortels verteenwoordig, is gevind. 'n Paar sentimeter onder 'n steenkoollaag kom gevlekte bruin lae, wat besonder hard is en altyd met fyn wortelafdrukke deurkruis is, algemeen voor en kan as 'n tipe vloerklei beskryf word (Dapples en Hopkins, 1969, p. 137). Watson (1958, p. 170) is van mening dat 'n dwergtipe plantegroei nie 'n groot loogeffek op grond het nie en dus 'n minder opvallende tipe vloerklei tot gevolg sal hê. Dit is waarskynlik die geval in die Tshipise-kom asook in die res van die Gondwana-steenkoolopeenvolgings as in ag geneem word dat die steenkoolvormende plantegroei kort na 'n ysperiode ontstaan het en die klimaat waarskynlik nog redelik koud was. Daarenteen het die steenkool in die noordelike halfrond gevorm uit 'n welige, tropiese plantegroei (Money en Drysdall, 1975, p. 268). Die teenwoordigheid van 'n seisoenale klimaat tydens die afsetting van die Gondwana-steenkool word gestaaf deurdat die boomstamme duidelike jaarlinge toon (Plumstead, 1966, p. 189).

(b) Tussengelaagde Skalie:

Die hoë klei-inhoud en gepaardgaande hoë asgehalte van die Gondwana-steenkool dui volgens Lightfoot (Watson, 1958, p. 169) daarop dat die klei en plantemateriaal saam ingespoel is. Dit is egter net so moontlik dat tydens oorstromings grofkorrelrige materiaal naaste aan die kanaal afgeset sal word, terwyl slegs gesuspendeerde kleie die vloedkom en moerasse sal bereik, waar dit dan stadig uitsak en tussen die in situ plantemateriaal beland om sodoende as dun lagies en ook gedissemineerd in die steenkool voor te kom. In die Tshipise-kom wissel die asinhoud van die dryffraksie by 'n relatiewe digtheid van 1,60 tussen 12 en 25 persent met 'n gemiddelde waarde van 18 persent wat, volgens Money en Drysdall (1975, p. 265) as hoog geklassifiseer word. Volgens hulle staan die verspreiding van aswaardes in direkte verband met die afsettingsomgewing. In die geval van die Tshipise-kom toon die waardes van 'n gekorreleerde horison (Fig. 3) 'n onreëlmatige verspreiding en dui waarskynlik op 'n lokale oor-

ströming van die moerasse. Veral waar 'n seisoenale klimaat voorkom, soos reeds bevind is vir die Suid-Afrikaanse steenkool, kan vloedkomme maklik oorstroom word en moet verwag word dat gesuspendeerde klastiese materiaal tussen die in situ plantegroei sal voorkom. Dit sal dan die skalielagies en hoë asgehalte in die in situ gevormde steenkool kan verklaar.

(c) Steenkoolkontakte:

Die feit dat die onderste kontak van die meeste steenkoollae in die Tshipise-kom baie skerper is as die boonste, dui daarop dat toestande vinnig gunstig geword het vir plantegroei en vir 'n tyd lank so gebly het sodat genoeg materiaal kon versamel om 'n steenkoollaag te vorm. Aan die bokant van die laag dui die geleidelike oorgang daarop dat, ten spyte van herhaaldelike oorstromings van die moerasse, plantegroei vir 'n lang periode nog voortbestaan het voordat slegs kleiige materiaal afgeset is (Du Toit, 1966, p. 287; Watson, 1958, p. 173; Van Krevelen, 1961; Tavener-Smith, 1962). Hierdie tipe ontwikkeling word gesien as 'n moontlike verdere bewys vir die in situ oorsprong vir die steenkool.

(d) Steenkoolfasies:

In Blok A is gevind dat die dikte van die steenkoollae in die onderste helfte van die sone meer wisselend is, terwyl die boonste lae in dikte en voorkoms oor groot gebiede gekorreleer kan word. Tussenge-laagde, kleiige lense kom ook slegs in die onderste helfte van die steenkoolsone voor en dit dui op 'n naderliggende (proksimale) fasies aan die kanaal wat die fyn klastiese materiaal voorsien het (Gosh, 1975, p. 227). Daar is gevind dat hierdie proksimale steenkool-skaliiefasies lateraal oorgaan in sandstene, geassosieer met aktiewe kanaal- en deurbreekafsettings in die ooste van Blok A en in die sentrale gedeeltes van Blok B. Hoër op in die opeenvolging skuif die sanderige fasies ooswaarts (Fig. 3) en die hoër liggende steenkoollae toon 'n meer konstante ontwikkeling en dikte in Blok A.

In 1922 maak Wybergh (Money en Drysdall, 1975, p. 268) die stelling dat Suid-Afrikaanse steenkoollae so uitgestrek en so dik is dat 'n allogene oorsprong onwaarskynlik is. Hierdie stelling word deur Watson (1958, p. 173 - 174) ondersteun en hy wys daarop dat selfs die beroemde vlot van plantmateriaal wat deur Le Conde in die

Mississippirivier beskryf is en ongeveer 16 km by 0,8 km in omvang was en dikwels as die ideale voorbeeld vir 'n allogene oorsprong van steenkool aangehaal word, slegs 'n steenkoollaag van 'n aantal sentimeters dik sou gevorm het. In die Tshipise-kom word steenkoollae, soos reeds genoem, meer konstant opwaarts in die sone en in Blok A kan 'n laag soms oor 'n afstand van 10 km gekorreleer word en selfs in die onderste gedeelte kan 'n sekere interval (Fig. 3) oor feitlik die hele kom gekorreleer word. Hierdie aaneenlopendheid van die steenkoolfasies dui eerder op 'n in situ oorsprong as op aangespoelde materiaal.

(e) Siklisiteit van steenkoolafsetting:

Vir die behoud van organiese materiaal vir steenkoolvorming is dit nodig dat dit gou na afsetting deur sedimente bedek en dat suurstof uitgesluit moet word, anders vind oksidasie en disintegrasie van die materiaal plaas. Vir voortdurige veenvorming is dit dus nodig dat 'n perfekte balans tussen die tempo van daling en die opeenhoping van materiaal moet bestaan (Francis, 1961, p. 6). Die watervlak moet min of meer met die afsettingsvlak saamval of net daarbo wees. Vind daling in die kom vinniger as afsetting plaas, word die water te diep vir plantegroei en reeds versamelde organiese materiaal word deur klastiese sedimente bedek. Vind afsetting egter vinniger as daling plaas, word die organiese materiaal aan die lug blootgestel en deur oksidasie vernietig (Francis, 1961, p. 6). Uit bogenoemde is dit duidelik dat veral steenkool wat in situ gevorm het, 'n direkte weerspieëling van die stabiliteit van die kom is (Tavener-Smith, 1962, p. 56). Afwisselende steenkool- en kleiige lae dui op 'n wisseling in die tempo van daling, terwyl dik steenkoollae lang periodes van ewewig tussen daling en afsetting verteenwoordig. Die siklisiteit in die steenkoolopeenvolging, in veral Blok A (Fig. 22), kan dus dien as 'n direkte bewys vir die outigene oorsprong van die plantmateriaal. Relatief klein skommelings van die watervlak as gevolg van klimaatsveranderinge (Gosh, 1975, p. 227) of verandering in die tempo van daling het 'n direkte invloed op plantegroei en gevolglik op die dikte van steenkoollae. Indien die plantmateriaal allogeen van oorsprong was, is dit onwaarskynlik dat klein skommelings in waterdiepte so 'n eweredige invloed op die afsetting van die materiaal sou gehad het en sou siklusse oor 'n groot gebied nie so duidelik ontwikkel het nie.

Bostaande gegewens dien as afdoende bewys dat die steenkool in die Tshipise-kom in situ in oorsprong is. Hierdie afleiding het belangrike implikasies op die model wat voorgestel sal word vir die steenkoolvorming. Voordat 'n model egter bespreek word, moet sekere aspekte van die afsettingstoestande (klimaat, reduserend, ens.) bespreek word.

Die teenwoordigheid van sideriet kan op reduserende toestande in 'n varswateromgewing dui waar 'n lae Eh as gevolg van die anaerobiese bakteriële ontbinding van organiese materiaal voorkom (Berner, 1971, p. 199). Postma (1977) meen dat sideriet in Europa gewoonlik in moerasse, wat met 'n glasiële omgewing geassosieer is, voorkom as geïsoleerde lense en is gewoonlik tussengelaagd met en parallel aan die veenlae (Postma, 1977; Murchison en Westoll, 1968, p. 63). Hierdie bevinding stem ooreen met die voorkoms van sideriet in die Tshipise-kom (Fig. 9) en dui ook op 'n koel klimaat tydens afsetting van die steenkoolsone.

Een van die opvallendste petrografiese kenmerke van die steenkool in die Tshipise-kom is die hoë persentasie vitriniet. 'n Petrografiese ontleding van die dryffraksie by 'n relatiewe digtheid van 1,40 lewer 'n vitrinietinhoud van gemiddeld 90 persent, terwyl inertiniet en minerale elk ongeveer 5 persent, en eksiniet gewoonlik minder as 1 persent uitmaak. Volgens Money en Drysdall (1975, p. 268) vorm vitriniet slegs wanneer lug uitgesluit is (anaerobiese toestande), terwyl inertiniet op sterk aerobiese toestande dui. Murchison en Westoll (1968, p. 344) meen dat 'n hoë vitrinietinhoud op 'n hoë reënval en hoë watertafel dui. Dus dui beide die hoë vitriniet- en lae inertinietinhoud op reduserende toestande wat waarskynlik deur die koue toestande bevorder is. Die vitrinietinhoud van die steenkoolopeenvolging toon verder 'n toename opwaarts (Fig. 59 en 60) met 'n gepaardgaande afname in inertiniet. Dit wil dus voorkom asof die klimaat moontlik later natter geword het, en die afname in siderietinhoud opwaarts dui moontlik op 'n warmer klimaat.

Horne e.a. (1978, p. 2402) beweer dat steenkool wat onder brakwater-toestande vorm 'n swawelinhoud van hoër as 2 persent besit, terwyl dié wat in varswater (bv. op 'n vloedvlakte) vorm 'n swawelinhoud laer as 1 persent het. In die algemeen is die swawelinhoud van die steenkool

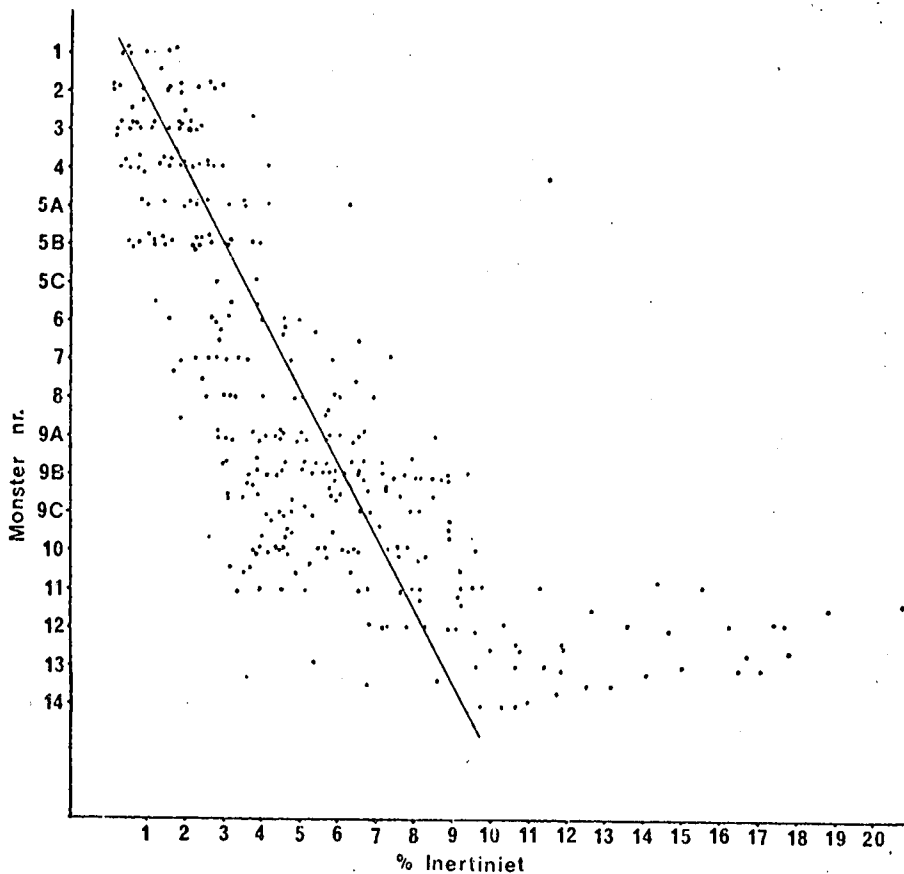


Fig. 59. Vertikale variasie in inertinietinhoud van die steenkool in die Tshipise-kom.

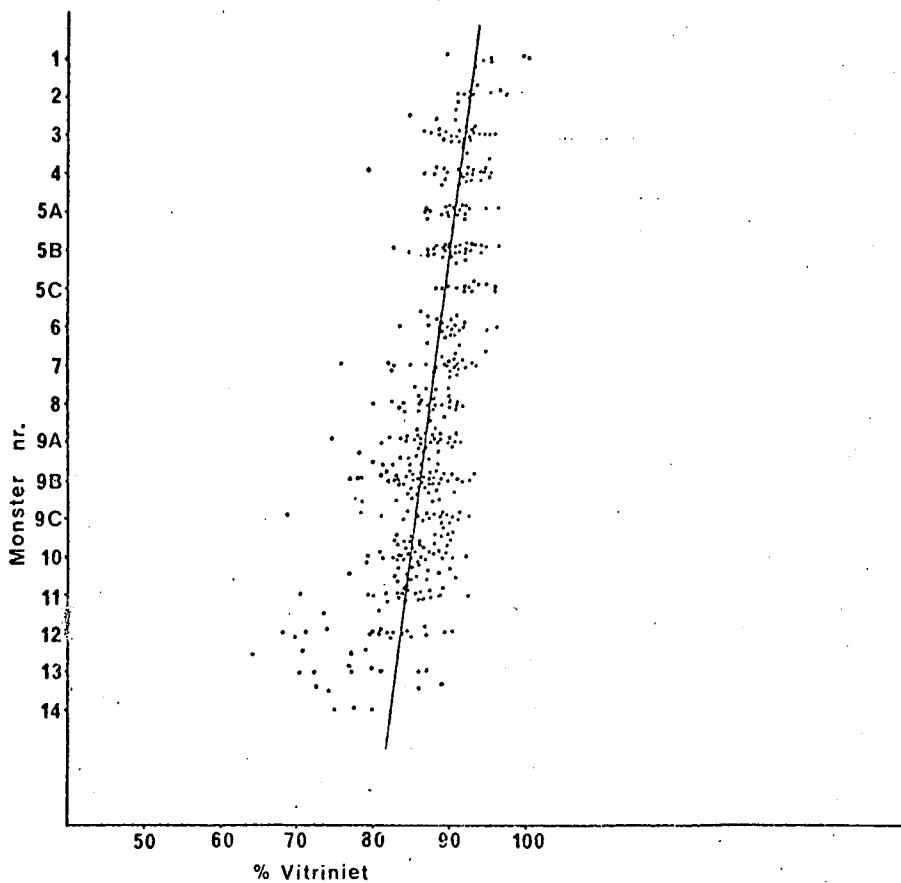


Fig. 60. Vertikale variasie in vitrinietinhoud van die steenkool van die Tshipise-kom.

in die Tshipise-kom laer as 1 persent, hoewel waardes tot 2 persent en selfs hoër ook voorkom. Die afleiding kan dus gemaak word dat die steenkool in die Tshipise-kom oorwegend in 'n varswateromgewing afgeset is.

Op grond van bogenoemde stellings en afleidings word die volgende afsettingsmodel vir die steenkool in die Tshipise-kom voorgestel: Weens 'n lae reliëf is klastiese materiaal deur suidweswaarts meanderende riviere die kom ingevoer. Plante het op die breë vloedvlaktes gegroei en in moerasse, veral in die weste, het plantmateriaal onderreuserende toestande oorwegend in situ versamel om later steenkool-lae te vorm. Gedurende periodieke oorstromings van die vloedkomme is fyn klastiese materiaal ingevoer en as kleiige lae tussengelaagd met die organiese lae afgeset. Waar die rivier relatief naby die moerasse geleë was, is 'n proksimale steenkoolfasies gevorm en die onreëlmatige toevoer van kleiige materiaal blyk duidelik uit die voorkoms van klastiese lense en lae van wisselende dikte. In die geval van die distale steenkoolfasies was die kanaal verder weg van die vloedkom en kleiige materiaal is meer eweredig verspreid sodat lae van meer konstante dikte en ontwikkeling afgeset is. Die plante was oorwegend van die Glossopteris-familie en waarskynlik dwergagtig weens 'n redelike koel klimaat. Die reënval was redelik hoog, maar dit wil voorkom asof die klimaat later warmer en die reënval nog hoër geword het.

Die afsettingsomgewing en -toestande in die Tshipise-kom stem volkome ooreen met die model vir Gondwana-steenkoolvorming in Indië (Gosh, 1975, p. 227), asook vir die steenkool in die Sydney-kom in Nova Scotia (Dapples en Hopkins, 1969, p. 151). Moderne voorbeelde waarmee die afsettingsmodel vir die Tshipise-kom vergelyk kan word, is die Okefenokee-moeras in Georgia, V.S.A. (Leydet, 1974, p. 168 - 175) en moerasse in die "Big Thicket" van Texas (Moser, 1974, p. 526 - 527)..

7. STRATIGRAFIESE KORRELASIE

Die litologiese en chronologiese korrelasie van gesteentes in geïsoleerde komme bly 'n probleem en is dikwels op aannames en veronderstellings gegrond. Tog sou 'n studie van die Karoogesteentes in die Tshipise-kom sonder om dit in verband met die Karoo-opeenvolging in die res van suidelike Afrika en veral met die hoofkom te probeer bring, 'n leemte laat. In Tabel 5 word die korrelasie van die Tshipise-opeenvolging met dié van die hoof-Karookom en die Zambezi-kom uiteengesit, terwyl 'n nuwe stratigrafiese indeling vir die Karoo-opeenvolging in Noordoos-Transvaal soos deur die Geologiese Opname voorgestel, ook bespreek word.

Die teenwoordigheid van gesteentes in die noordelike Soutpansberggebied en Zimbabwe-Rhodesië wat met die Dwykaformasie gekorreleer kan word, is in die verlede deur skrywers soos Van Zyl (1950, p. 27), Lightfoot (Bond, 1952, p. 2) en Thompson (1975, p. 9) in twyfel getrek. Bond (1952, p. 1 - 11) vind egter duidelike bewyse van glasiale en fluvioglasiale afsettings aan die basis van die Karoo-opeenvolging in Zimbabwe-Rhodesië, terwyl Money en Drysdall (1975, p. 253) dieselfde interpretasie aan die basale Karoogesteentes in Zambië gee. In die Tshipise-kom is die Sanderige Diamiktieteenheid van Sone 1 duidelik onder fluvioglasiale toestande afgeset en so ook die goedgesorteerde, roomkleurige sandsteen in Blok A. Dus word die gesteentes op grond van afsettingsomgewing en stratigrafiese posisie met die Dwykaformasie gekorreleer. Die Kleiige Diamiktieteenheid besit sekere assosiasies wat op afsetting onder fluviële en lakustriene toestande tydens 'n meer gematigde klimaat dui. Hierdie gedeelte verteenwoordig 'n oorgangstydperk vanaf die glasiale toestande en die kontak tussen die Dwykaformasie en Eccagroep is dus oorganklik. In hierdie studie is dit dus net die onderste gedeelte van Sone 1 wat met die Dwykaformasie gekorreleer word (Tabel 5).

Die teenwoordigheid van reste van Glossopteris en Gangamopteris (Van Eeden e.a., 1956, p. 45) en die voorkoms van volop Vertebraria-afdrukke in Sone 2 plaas die afsetting van die steenkoolhoudende formasie bo alle twyfel in die laat-Karboon tot Perm en is daarom chronologies korreleerbaar met die Eccagroep (Plumstead, 1969, p. 38 - 49). Die

TABEL 5 - Stratigrafiese korrelasies.

Tshipise-kompeen- volging	Hoof-Karookom	Zambezi-kom	Stratigrafiese in- deling volgens Geologiese Opname	Voorgestelde stra- tigrafiese indeling
SONE 6	DRAKENSBERGGROEP	Batokabasalt	Letabaformasie	Letabaformasie
SONE 5	CLARENSFORMASIE	"Forest"-sandsteen	(Tshipiselid) Clarensformasie (Nakablid)	Castle Koppies- formasie
SONE 4	ELLIOTFORMASIE	Rooi sand- en moddersteen	Klopperfontein- formasie	Solitudeformasie
(Moddersteeneenheid)			Solitudeformasie	Joanformasie
SONE 3 (Sandsteeneenheid)	MOLTENOFORMASIE	"Escarpment"- grintsteen	Frippformasie	Frippformasie
EROSIEDISKORDANSIE	BEAUFORTGROEP	Madumabisa-modder- steen	Mikambeniformasie	
SONE 2 (Steenkoolsonne)	ECCAGROEP	Gwembe-steenkool- formasie	Madsaringwe- formasie	Lilliputformasie
(Kleilige Diamik- tieteenheid)				Salaitaformasie
SONE 1 (Goedesorsteerde sandsteen en Sanderige Diamiktieteenheid)	DWYKAFORMASIE	Basale konglome- raat	Tshidziformasie	Tshidziformasie

massiewe moddersteenlaag aan die bokant van Sone 2 is grootliks onder lakustriene toestande afgeset in teenstelling met die fluviale omgewing waarin die res van die sone gevorm het. Weens die kontinuïteit tussen die onderste gedeelte en die moddersteenlaag, en die teenwoordigheid van sporadiese dun steenkool- en koolstofryke lae in die moddersteen, word Sone 2 as 'n eenheid beskou en met die Eccagroep gekorreleer. In Zimbabwe-Rhodesië en Zambië word 'n soortgelyke moddersteeneenheid (Madumabisa-moddersteen) met die onder-Beaufortgesteentes gekorreleer (Money en Drysdall, 1975, p. 253; Bond, 1967, p. 175).

In Sone 3 is afdrucke van Dicroidium in beide die Sandsteen- en Moddersteeneenhede geïdentifiseer wat die sone volgens Plumstead (1969, p. 51 - 54) in die vroeg- tot middel-Trias plaas. Sone 3 word daarom met die Moltenoformasie van die hoof-Karookom en die "Escarpment Grit" van die Karoo-opeenvolging in Zimbabwe-Rhodesië en Zambië (Bond, 1967, p. 177) gekorreleer. Die kenmerkende glinster-effek van die Moltenosandstene is nie so goed ontwikkel nie, maar kan tog waargeneem word. Die afsetting van die lae deur vlegstrome en die swak ontwikkelde steenkoollae toon 'n verdere ooreenstemming met die Molteno-opeenvolging van die hoofkom. Die onderste kontak van Sone 3 verteenwoordig 'n baie duidelike erosievlak en dit kan die afwesigheid van die Beaufortgroep, wat reeds deur Van Zyl (1950) waargeneem is, verklaar.

Hoewel geen fossiele tydens die huidige ondersoek in Sone 4 gevind is nie, dui die stratigrafiese posisie en litologiese beskrywing daarop dat dit met die Elliotformasie gekorreleer kan word. Volgens Van Eeden e.a. (1956, p. 53) is daar op die plaas Pelham in die ooste van Blok C fossiele van Euskelosaurus, Gryponyx en Melanorosaurus readi gevind wat die korrelasie van die gesteentes met die Elliotformasie (Rooilae) bevestig. Bogenoemde skrywers beskou egter die onderste gedeelte van Sone 4 as deel van die Beaufortgroep wat volgens hierdie studie nie korrek is nie. Ekwivalente gesteentes kom in Zimbabwe-Rhodesië bokant die "Escarpment Grit" voor.

Sone 5 (Bosveldsandsteen van Du Toit, 1966) word volgens litologie, afsettingsomgewing en stratigrafiese posisie met die Clarensformasie (Holkranssandsteen) gekorreleer wat in ooreenstemming is met indelings

deur De Jager (1976, p. 377) en Van Eeden e.a. (1956). Hiervolgens is Sone 5 dan ook ekwivalent aan die "Forest Sandstone" in Zimbabwe-Rhodesië (Bond, 1967). Die lawas, hoewel meer olivienryk, word met die Drakensberglawas van die hoofkom (De Jager, 1976, p. 376) en die Batokabasalt van Zimbabwe-Rhodesië (Bond, 1967) gekorreleer.

Die Geologiese Opname van Suid-Afrika het in 1979 'n stratigrafiese indeling en name vir die Karoo-opeenvolging in die Soutpansberggebied en Nasionale Kruger Wildtuin voorgestel (Tabel 5). Hierdie indeling is egter nog aan veranderings onderhewig. Enkele voorstelle deur die skrywer is ook in hierdie indeling ingesluit, hoewel daar sekere aspekte bestaan waarmee nie saamgestem word nie. Op grond van die huidige studie wil dit voorkom asof die voorgestelde indeling dikwels nie vir die hele gebied geld nie, en daarom word die volgende veranderinge voorgestel.

Die Tshidziformasie is die naam wat gegee is aan die Sanderige Diamiktieteenheid van Sone 1 en verteenwoordig dus die glasiële en fluvioglasiale afsettings. Aangesien die middelkorrelrige, roomkleurige, goedgesorteerde sandsteen van Sone 1 in Blok A waarskynlik 'n fasiesverandering in die fluvioglasiale afsettings verteenwoordig en warwes aan die bokant daarvan voorkom, word voorgestel dat hierdie gedeelte, wat deur die Geologiese Opname in die indeling weggelaat is, ook by die Tshidziformasie ingesluit word.

Die Kleiige Diamiktieteenheid van Sone 1 is slegs in die weste van die gebied goed ontwikkel, en die lae is litologies so opvallend anders en gedeeltes daarvan besit waarskynlik 'n ander brongebied en aanvoerrigting (Sien Hoofstuk 8) as die res van die opeenvolging dat die benaming Salaitaformasie vir dié eenheid voorgestel word. Op die plaas Salaita 188MT (Blok A) is die Kleiige Diamiktieteenheid die beste ontwikkel in 'n boorgatseksie. Dagsome van die eenheid is baie swak.

Sone 2 word deur die Geologiese Opname in twee formasies ingedeel nl. die Madsaringwe- en Mikambeniformasies. Hierdie indeling geld egter net in die ooste van die gebied en is nie toepaslik waar die sandstene weswaarts verdwyn nie. In die ooste, waar die indeling gedoen is, geld dieselfde tipe afsettingsomgewing, klimaat en plantegroei vir beide die formasies en geen prominente tydsgaping kan gevind word nie.

Die skrywer stel dus voor dat die twee formasies (Sone 2 of die "steenkoolsone") as 'n eenheid beskou word en dat die naam Lilliput-formasie gebruik word. Dit is die naam van die stasie naby die plek waar steenkool die eerste keer in die gebied ontdek en gemyn is.

Die Sandsteeneenheid van Sone 3 word deur die Geologiese Opname die Frippformasie genoem, maar die Moddersteeneenheid word by die Solitudeformasie gevoeg. Hoewel die twee gedeeltes 'n chronologiese eenheid verteenwoordig soos deur die tipe plantfossiele aangetoon, is hulle twee afsonderlike litostratigrafiese formasies. Die benaming Frippformasie vir die sanderige gedeelte is in orde, maar die naam Joanformasie word vir die kleiige eenheid voorgestel.

Sone 4 word deur die Geologiese Opname in drie dele verdeel nl. die Solitude- en Klopperfonteinformasies en die Nakablid van die Clarensformasie. Die Klopperfonteinformasie bestaan net in die verre ooste waar dit 'n grofkorrelrige sandsteenhorison wat weswaarts verdwyn, verteenwoordig. Die afsettingsomgewing en klimaat van die Solitude- en Klopperfonteinformasies is deurgaans min of meer dieselfde, terwyl die Nakablid 'n oorgang tussen Sone 4 en 5 verteenwoordig. In hierdie studie is die boonste kontak van Sone 4 bo die laaste rooi moddersteenlaag geneem. Hierdie kontak val meestal saam met die voet van die kranse wat deur die sandsteen van Sone 5 gevorm word, is maklik karteerbaar en verteenwoordig 'n verandering in afsettingsomgewing. Sone 4 kan as 'n eenheid oor die hele gebied herken word en daar word voorgestel dat dit slegs die naam "Solitudeformasie" moet kry. Lokaal kan fyner onder-indelings gedoen word.

Sone 5 of die Tshipiselid van die Clarensformasie verteenwoordig gesteentes wat hoofsaaklik deur wind afgeset is. Net soos in die geval van die ander sonas, is die korrelasie van hierdie gedeelte met die Clarensformasie van die hoof-Karookom korrek, maar soos vir die res van die opeenvolging word voorgestel dat 'n lokale naam daaraan gegee word, nl. die Castle Koppiesformasie. Op die plaas Castle Koppies 652MS in die weste van die gebied vorm die formasie kenmerkende dagsome. Die naam Letabaformasie vir die lawas van Sone 6 word aanvaar.

8. ONTSTAAN EN OPVULLING VAN DIE TSHIPISE-KOM

8.1 Komvorming

Die rede vir die vorming van 'n geïsoleerde Karookom in hierdie gebied hou waarskynlik verband met die teenwoordigheid van die Limpopo Mobiele Gordel. Weens rekspanning in 'n noordwes-suidoostelike rigting het verskuiwings langs hierdie swak sone ontstaan en blokke het afgeskuif om die kom te vorm. Die algemene rigting van die verskuiwings is parallel aan die gordel en dit staaf hierdie afleiding. Van Zyl (1950, p. 18) en Söhnge (1946, p. 108) meen dat 'n periode van intensiewe deformatsie in die gebied voor die afsetting van die Karoogesteentes plaasgevind het. Die Karoolae is daarna in die valleie afgeset.

As gevolg van die veelvuldigheid van na-Karoooverskuiwings in die gebied, is dit moeilik om die vorm en grense van die kom vas te stel. Deur 'n steenkoolhorison wat oor feitlik die hele gebied ontwikkel is as datumlyn te gebruik, is gepoog om die vorm van die Tshipise-kom en die topografie van die Karoovloer te rekonstrueer (Fig. 61). Die algemene rigting van die kontoerlyne (Fig. 61) en die isopaglyne van die verskillende litologiese sones (Fig. 62 - 65) is min of meer parallel aan die hoofverskuiwingsrigtings in die gebied. Sommige van hierdie verskuiwings was dus reeds voor en tydens afsetting van die Karoogesteentes aktief en het nie net die daling nie, maar ook die vorm van die kom bepaal.

Uit die vloerkontoere (Fig. 61) is dit duidelik dat die kom in die weste deur 'n hoë rug in 'n noordelike en suidelike trog verdeel is. Die rug vorm 'n neus wat ooswaarts laer en smaller word sodat die trôe inmekaar loop waar die neus verdwyn. Die rug word deur verskuiwings begrens en verteenwoordig waarskynlik 'n blok wat nie teen dieselfde tempo as die res van die kom gedaal het nie. Die as van die suidelike trog was waarskynlik nie ver suid van die huidige dag-some nie en waarskynlik parallel aan die strekking van die Karoo-blokke. Die kontoerlyne van die suidelike helling van die rug is baie onreëlmatig en die lyne is soms baie dig opmekaar. In hierdie omgewing was die trog besonder diep en die hellings soms baie steil.

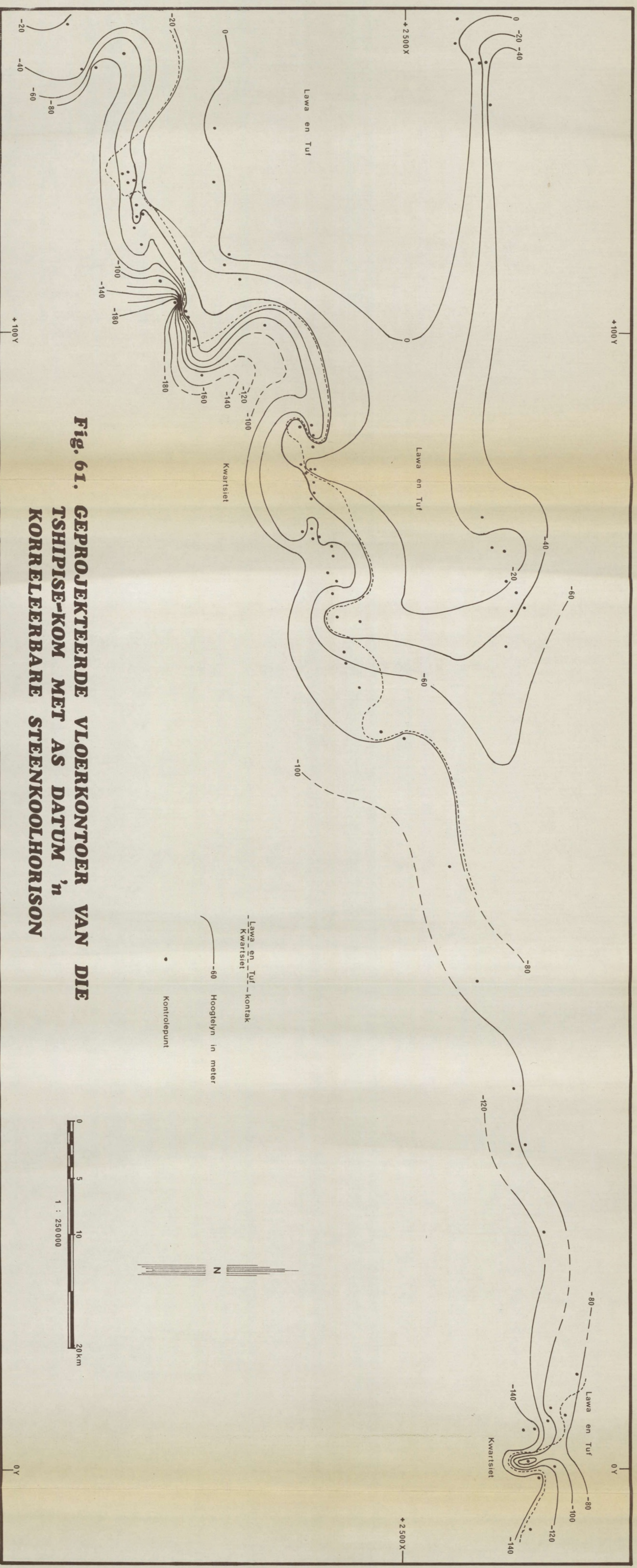


Fig. 61. GEPROJETTEERDE VLOERKONTOER VAN DIE TSHIPISE-KOM MET AS DATUM 'n KORRELEERBARE STEENKOO LHORISON

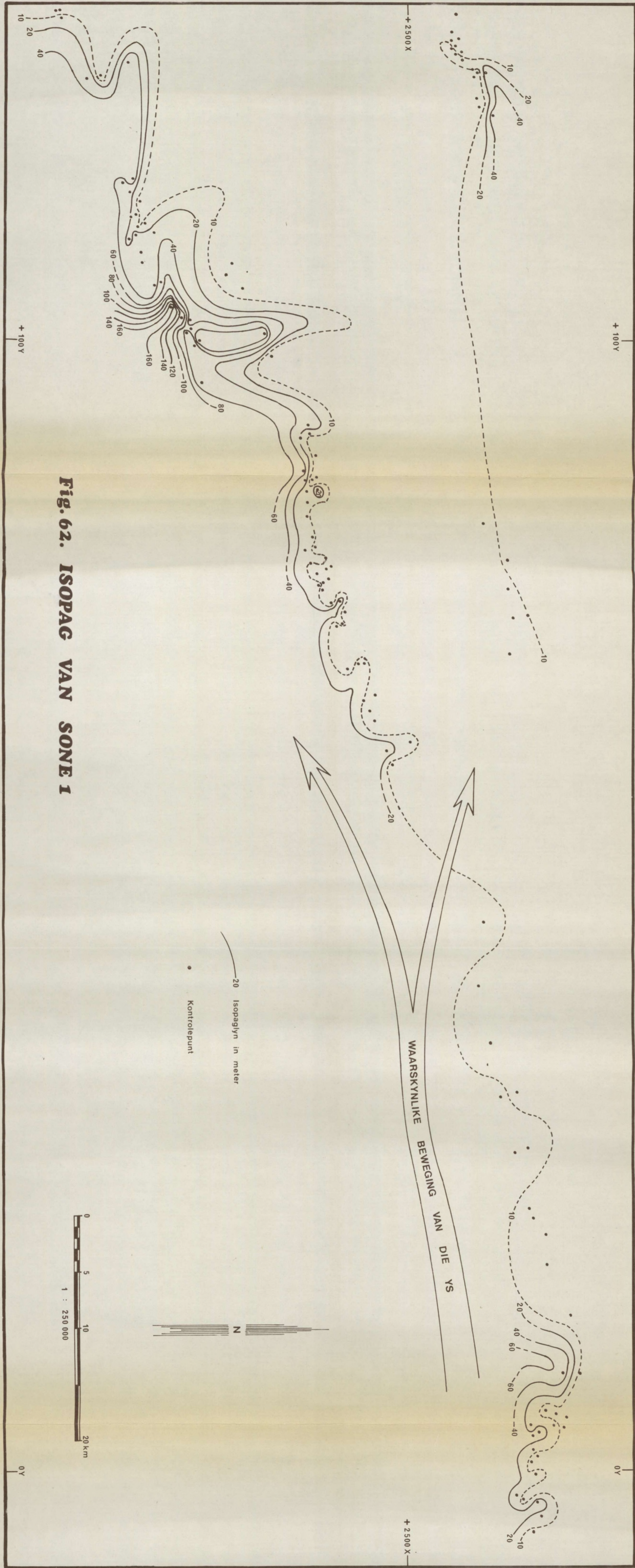


Fig. 62. ISOPAG VAN SONE I

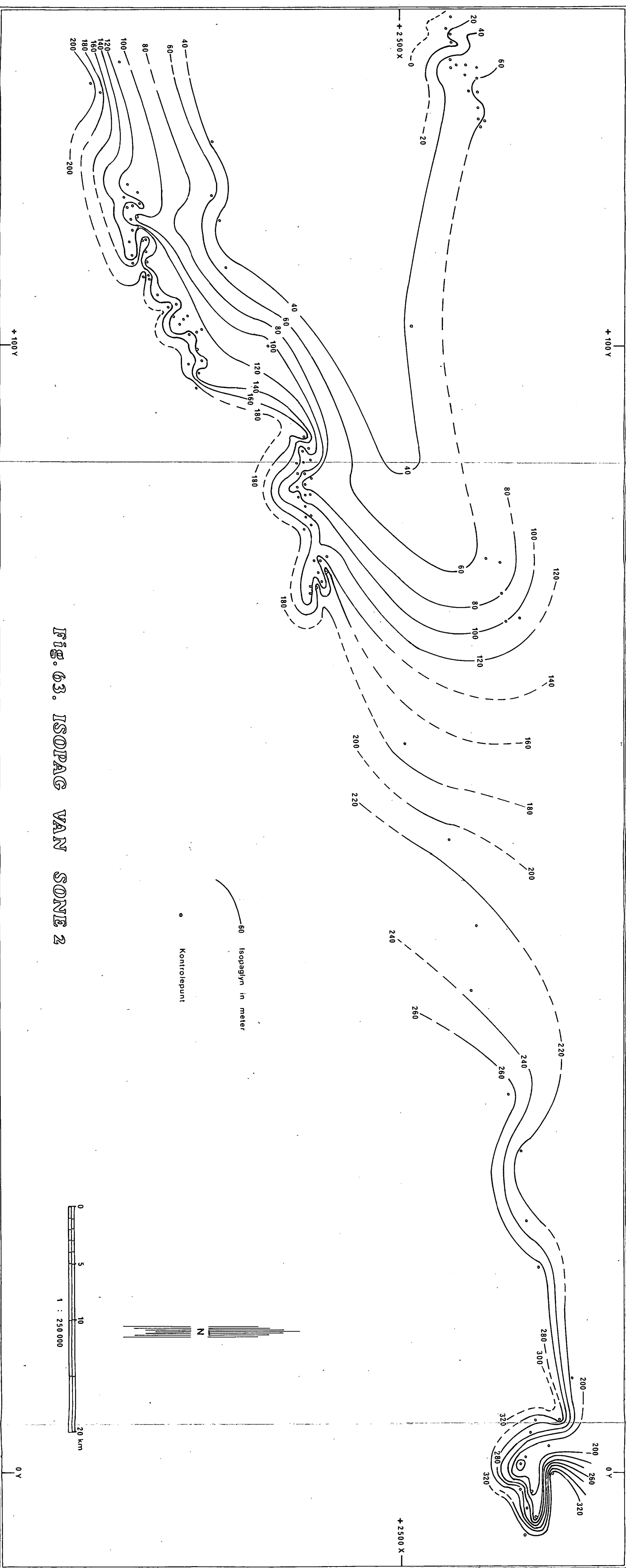


Fig. 63. ISOPAG VAN SONE 2

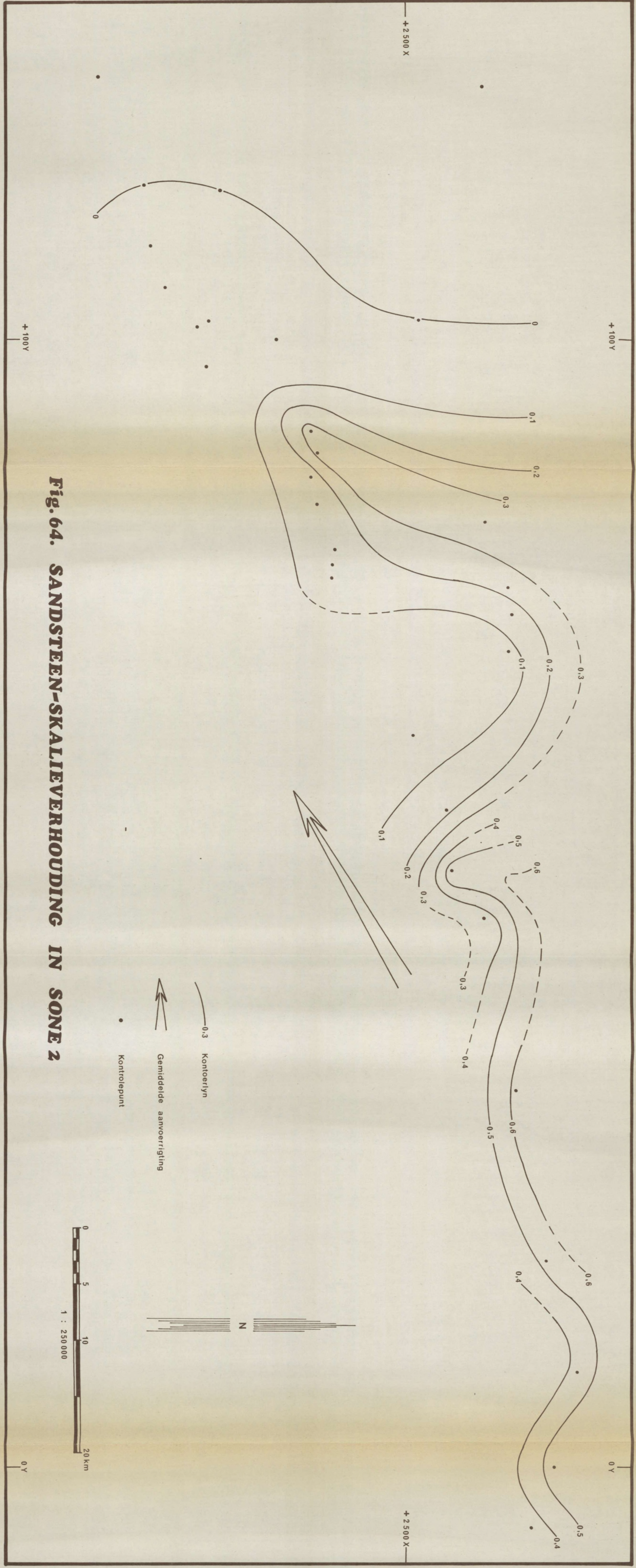


Fig. 64. SANDSTEEN-SKALIEVERHOUDING IN SONE 2

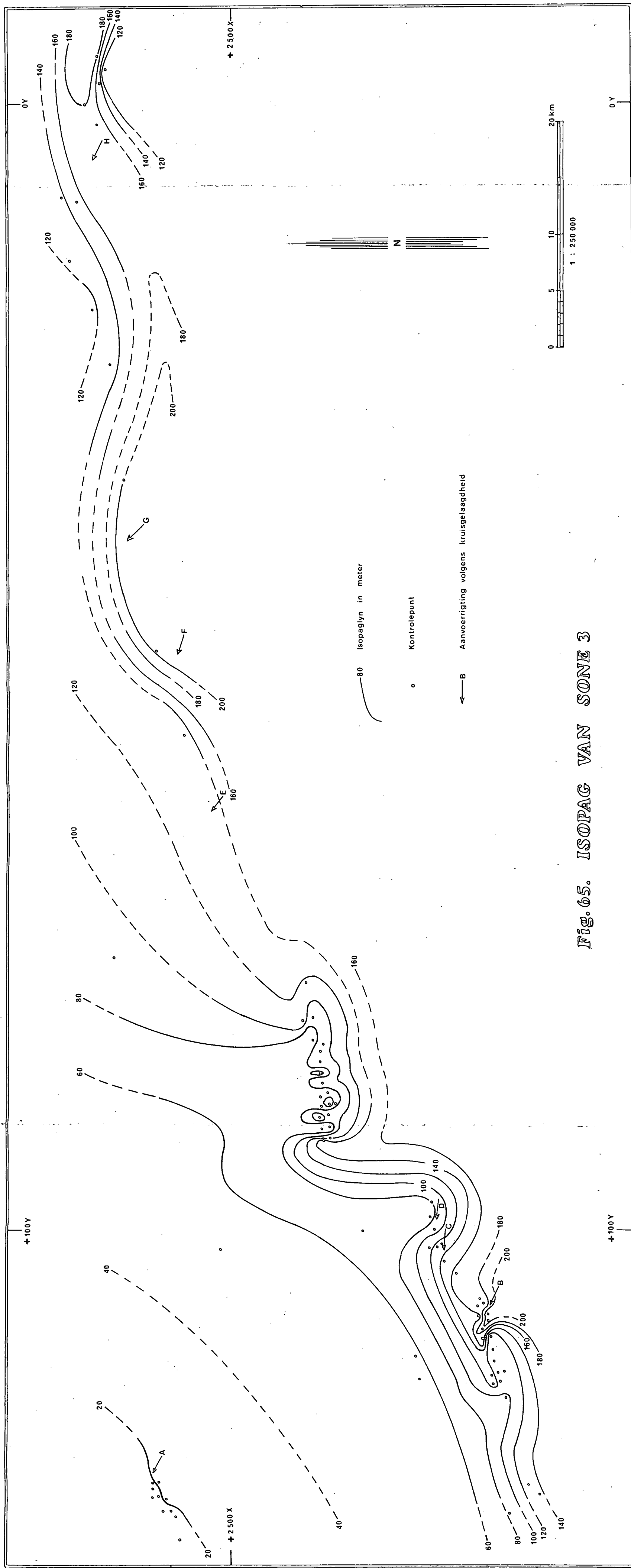


FIG. 65. ISOPAG VAN SONE 3

Dit kan moontlik toegeskryf word aan oorblyfsels van verskuiwings-eskarpe of die wande van gletservalleie.

Die diepste gedeeltes van die suidelike trog word deur kwartsiet, wat tot die boonste gedeelte van die Soutpansberggroep behoort, onderlê. Die rug word deur lawa van die onderste gedeelte van die Soutpansberggroep (Brandl, persoonlike mededeling) en die noordelike trog deur nog ouer tuf onderlê. Hierdeur word die verskille in verplasing van die blokke beklemtoon. Op die hoë gedeelte waar die eroderende invloed van die ys minder was, het die lawas behoue gebly. Terselfdertyd kan verwag word dat kwartsiete onder baie koue toestande vinniger as lawas sal verbreek ("Frost shattering").

Die kom was dus veel groter as die gebied wat deur die huidige Karoo-gesteentes beslaan word, en die geïsoleerde voorkomste verteenwoordig slegs gedeeltes van die kom wat as gevolg van latere na-Karootrap-verskuiwings erosie tot nog toe vrygespring het.

8.2 OPVULLING VAN DIE TSHIPISE-KOM

8.2.1 Sone 1

Die Sanderige Diamiktieteenheid van Sone 1 bestaan uit fragmente van pienk kwartsiet, lawa en tuf. Al hierdie gesteentes vorm op een of ander stadium 'n deel van die vloer van die Tshipise-kom. In boorgate is gevind dat wanneer die vloer uit lawa en tuf bestaan, die boonste gedeelte gewoonlik intens verweer is, maar dat nogtans groot hoeveelhede kwarts in die verweerde materiaal teenwoordig is (Fig. 4). Hierdie kwarts het ook as die bron vir die sand- en grintstene gedien. Die verweerde lawas is gewoonlik baie ysterryk wat ook die teenwoordigheid van ysterkarbonaatryke lense in die kleiige gesteentes verklaar.

Die algemene neiging van die isopaglyne vir die sone (Fig. 62) is ook parallel aan die strekking van die hoofverskuiwings. In die weste is die invloed van die rug duidelik sigbaar en die sone word noord-en suidwaarts dikker. Die onreëlmatigheid van die kontoere aan die suidekant van die rug is waarskynlik die gevolg van valleie wat deur materiaal opgevul is.

Die aanvoerrigting van die Sanderige Diamiktieteenheid was waarskynlik vanuit die ooste. Dit word bevestig deurdat fragmente weswaarts afneem in grootte. Hierdie rigting stem min of meer ooreen met die rigting van gletserskrape wat by Tafelberg aan die Palalarivier in Noordwes-Transvaal gemeet is (Du Toit, 1966, p. 315 en Stratten, 1970, p. 483) en pas ook by die patroon vir glasië in Zimbabwe-Rhodesië (Frakes en Crowell, 1970) aan.

Die roomkleurige sandsteen wat ook in hierdie sone in Blok A voorkom, is deur gevlegte strome redelik ver voor die gletser afgeset en is dus ook uit die ooste aangevoer. Die strome was tot die laagste gedeelte van die gletservalleie beperk en die grootste gedeelte van hierdie afsetting was waarskynlik suid van die ondersoekte gebied geleë.

Die daaropvolgende Kleiige Diamiktieteenheid is onder lakustriene toestande afgeset. Vlak mere het na die terugtrekking van die gletsers en die vlegstrome in die valleie ontstaan en die kleiige materiaal is ook vanuit die ooste aangevoer. Die materiaal van die sandsteen-, grintsteen- en kleiige diamiktietlae wat ook in die eenheid ontwikkel is, is deels vanaf die sentrale rug afkomstig en is noord- en suidwaarts in die trêe ingevoer. Die steiler hellings hier het veroorsaak dat moddervloeië algemeen voorgekóm het.

8.2.2 Sone 2

Die sone bestaan uit 'n afwisseling van steenkool-, skalie-, moddersteen-, sliksteen- en sandsteenlae. Die sandstene is deurgaans veldspaties, die kwartskorrels is redelik helder en glimmer is volop teenwoordig wat dus op 'n moontlike granitiese brongebied dui. Uit die isopaglyne van Sone 2 (Fig. 63) is dit duidelik dat die vorm van die kom in die ondersoekte gebied regionaal nog dieselfde was as tydens die afsetting van Sone 1, behalwe dat die klein valleie aan die suidelike helling van die hoë gebied waarskynlik grootliks deur sedimente van Sone 1 opgevol is, aangesien die isopagte meer die algemene strekking van die rug volg. Verder ooswaarts is die verspreiding van die kontrolepunte baie lineêr en afleidings is onbetroubaar, maar dit wil voorkom asof die sone noordwaarts dunner word. In die verre ooste is die invloed van 'n lokale uitloper vanaf die hoër-

liggende noordelike gedeelte duidelik waarneembaar.

Uit Fig. 64 is dit duidelik dat die sandsteen-skalieverhouding afneem in 'n suidwestelike rigting. Die materiaal is dus vanaf 'n hoë granitiese gebied in die noordooste aangevoer en die vloeirigting van die hoofstrome was weer eens min of meer parallel aan die hoofverskuiwings wat steeds die vorm en daling van die kom beheer het.

Gedurende die afsetting van Sone 2 was die kom so ver opgevolg dat 'n gedeelte van die rug in die weste bedek was en sedimente bo-oor aangevoer is. Dit word gestaaf deur die voorkoms van 'n hoë sandsteenverhouding in die weste van die gebied (Fig. 64). Aan die einde van Sone 2 het slegs 'n klein westelike gedeelte van die rug nog bo die Karoogesteentes uitgesteek.

Gedurende die hele afsettingsperiode het 'n toestand van ewewig tussen daling en afsetting langs die flanke van die rug bestaan, soos deur die ontwikkeling van 'n dik opeenvolging steenkoollae met slegs kleiige lae tussen-in, aangedui word. Hoewel die rug ook stadige daling ondervind het, was die verskil tussen daling en sedimentasie so gering in vergelyking met die res van die gebied, dat 'n baie stabiele gebied waar moerasse met digte plantegroei tot dik steenkoollae aanleiding gegee het, ontstaan het. 'n Verdere afleiding wat gemaak kan word, is dat die rug aan die einde van die afsetting van Sone 1 relatief laag was en gedurende die afsetting van Sone 2 nooit hoog bo die landskap uitgesteek het nie. As gevolg hiervan is geen growwe materiaal vanaf die rug na die moerasse en meertjies gevoer soos in die geval van Sone 1 nie.

8.2.3 Sone 3

Die sone bestaan uit 'n onderste Sandsteeneenheid en 'n boonste Moddersteeneenheid. Die teenwoordigheid van veldspaat en glimmer in die sandsteen dui op 'n granitiese brongebied. Dieselfde eienskappe is in die sandstene van die Moddersteeneenheid aangetref en dié is dus van dieselfde tipe brongesteente afkomstig.

Die isopagkaart van Sone 3 word in Fig. 65 weergegee en daaruit kan afgelei word dat die kom steeds 'n wyer omvang gehad het as die huidige dagsoomgebied. Maksimum daling was nog steeds langs 'n lineêre oos-

wessone, aan die suidekant van die rug, wat toe te skryf is aan verskuiwings wat aktief was tydens sedimentasie.

Kruisgelaagdheidsrigtings wat op verskillende punte in die Sandsteeneenheid gemeet is (Fig. 66) word in Fig. 65 met pyle aangedui, en toon 'n aanvoer vanuit die ooste en suidooste. Korrelgrootte bly van wes na oos min of meer konstant, maar daar is tog 'n geringe afname noordweswaarts. Die materiaal van die Sandsteeneenheid is dus vanaf 'n granitiese hoogland in die suidooste aangevoer en is deur vlegstrome afgeset. Dit was die gevolg van 'n relatief groot en vinnige opheffing van die granitiese brongebied wat groot volumes materiaal gelewer het sodat die vloeirigtings van die strome geensins deur lokale hoë gebiede in die sentrale kom beïnvloed is nie. Die onreëlmatigheid in die isopagte is moontlik toe te skryf aan verskillende kanaalstelsels en onreëlmatige insnyding in Sone 2.

Aan die einde van die afsetting van die Sandsteeneenheid was die reliëf heelwat laer en die gradiënt van die strome platter sodat die Moddersteeneenheid oorwegend deur meanderende riviere met wye vloedvlaktes waarop vlak mere voorgekom het, afgeset is. Die kleie van hierdie eenheid is waarskynlik ook vanuit die suidooste en ooste aangevoer deurdat dit deel van dieselfde riviersiklus gevorm het. Volgens die isopagkaart (Fig. 65) lyk dit of die noordelike rand van die kom op hierdie tydstip waarskynlik na aan die noordwestelike hoek van die ondersoekte gebied geleë was.

8.2.4 Sone 4

Hierdie gedeelte bestaan uit grintsteen-, sandsteen-, slikssteen- en moddersteenlae wat veldspaat, rotsfragmente van graniet, rooi kwartskorrels en rooierige kwartsietfragmente bevat. Chloriet kom in die moddersteen en matriks van die sandsteen voor, terwyl glimmer deurgaans in die fyner sandstene en sliksstene aanwesig is. Die belangrikste brongesteente van Sone 4 was weer eens granities van aard en die chloriet verteenwoordig moontlik veranderde biotiet (Berry en Mason, 1959, p. 261) wat moontlik vanaf lawas afkomstig is. Die kwartsietfragmente en rooierige kwartskorrels is waarskynlik afkomstig van die kwartsiete van die Soutpansberggroep, wat relatief min

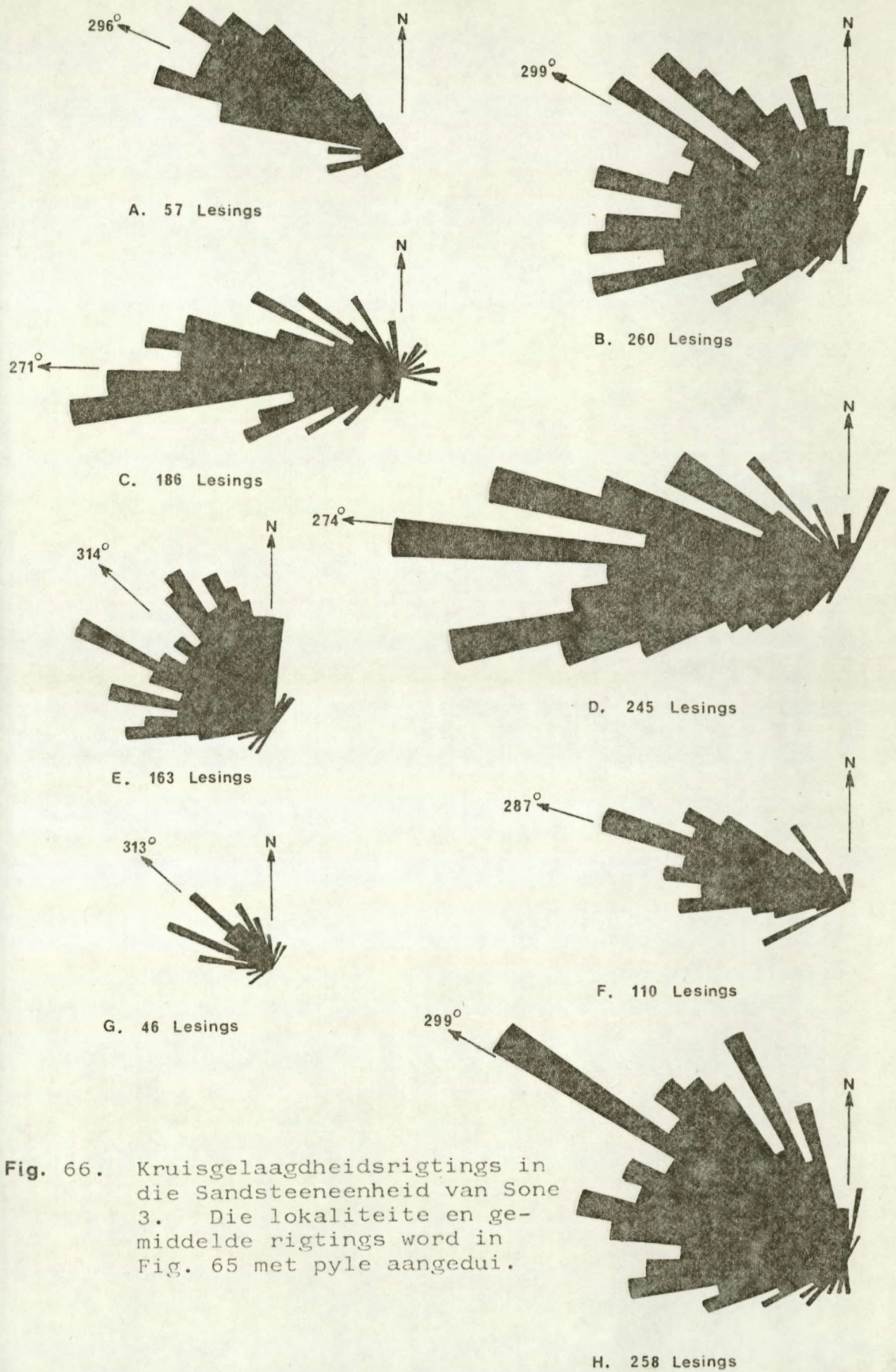


Fig. 66. Kruisgelaagdheidsrigtings in die Sandsteeneenheid van Sone 3. Die lokaliteite en gemiddelde rigtings word in Fig. 65 met pyle aangedui.

materiaal tydens sedimentasie van Sones 2 en 3 gelewer het. Hierdie bevinding is teenstrydig met die stelling van Plumstead (1966, p. 188) en Van Zyl (1950, p. 18) dat die huidige Soutpansberglandskap in wese 'n replika van die voor-Karoolandskap is. Isopagte toon dat die kom veel verder suidwaarts gestrek het en dit is eers tydens latere sedimentasie dat 'n meer suidelike en suidoostelike aanvoerrigting ingetree het. Die opheffing van die Soutpansberge was dus, deels 'n na-Karooverskynsel.

Baie min gegewens oor die volledige Sone 4 is beskikbaar en geen isopag of sinvolle sandsteen-skalieverhoudingskaart kon saamgestel word nie. Daar is egter 'n afname in die hoeveelheid sandstene weswaarts en 'n beperkte aantal kruisgelaagdheidsmetings (Fig. 67) dui op 'n aanvoerrigting vanuit die suide tot suidooste. Afsettingshelling was laag en riviere oorwegend slingerend met wye vloedvlaktes sodat afgelei kan word dat die opheffing in die suide redelik stadig plaasgevind het.

8.2.5 Sone 5

Die samestelling van die brongesteente van hierdie gedeelte wat bestaan uit 'n goedgesorteerde, middelkorrelrige sandsteen is onbekend. Geen volledige boorgatinligting is ook beskikbaar nie, sodat geen afleidings aangaande die kom gemaak kan word nie. Grootskaalse kruisgelaagdheid dui egter op 'n aanvoerrigting na die noordooste (Fig. 68), maar aangesien dit 'n windafsetting is, beteken dit nie noodwendig 'n groot ommeswaai in paleo-afsettingshelling in die kom nie.

8.3 Latere Vervorming

Die Karoosedimentasie is afgesluit met die uitvloei van die basiese en ultrabasiese lawas van Sone 6, wat 'n periode van regionale vulkanisme verteenwoordig. Swak sones en verskuiwings het as voerkanale vir die lawa gedien en gange en plate van tot 200 m dik het tussen die Karoolae ingedring.

Hierna volg 'n periode van vervorming en 'n reeks trapverskuiwings het parallel aan die Limpopo Mobiele Gordel ontstaan. Die verskuiwings

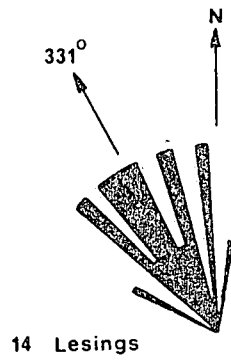


Fig. 67. Kruisgelaagdheidsrigtings in Sone 4.

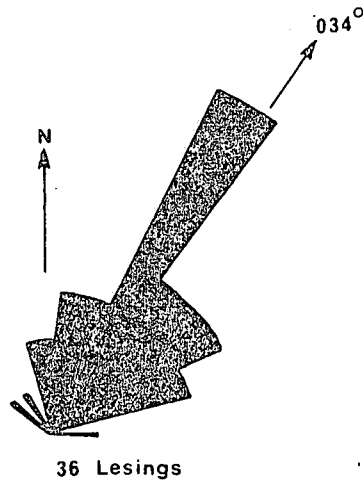


Fig. 68. Kruisgelaagdheidsrigtings in Sone 5.

is feitlik almal afskuiwings wat deur rekspanning ontstaan het. Sommige van die verskuiwings was egter alreeds aktief tydens Karoo-sedimentasie en het tot die komvorming bygedra, terwyl die nuwes meestal parallel aan die oues gevorm het. Dit is egter duidelik dat die indringing van die meeste dolerietgange en -plate voor hierdie beweging plaasgevind het en min gange sny oor die verskuiwings, hoewel gange in beide die Karoo- en vloergesteentes voorkom. Die suidelike gedeelte van die kom was geleë oor die gebied wat tans deur die Soutpansberge beslaan word. Erosie tydens opheffing van hierdie blokke het die Karoolae verwyder sodat kwartsiet en lawa van die Soutpansberggroep nou die bergreeks bou. Laastens het ooswaartse kanteling plaasgevind sodat stratigrafiese horisonne in die ooste van die gebied ongeveer 400 m laer as in die weste lê. Hierdie beweging was waarskynlik redelik recent aangesien gesteentes van Sones 5 en 6 nog nie in die opgehefde westelike gedeelte deur erosie verwyder is nie.

9. AFSETTINGSMODEL VIR DIE TSHIPISE-KOM

Die Tshipise-kom is van tektoniese oorsprong en kan as 'n intrakratoniese verskuiwingskom (Krumbein en Sloss, 1963, p. 414 - 427) geklassifiseer word. Die kom is gevul oorwegend deur 'n klastiese opeenvolging wat drie groot megasiklusse verteenwoordig. Hoewel kleiner siklusse ook teenwoordig is, is hulle van sedimentêre oorsprong, terwyl die megasiklusse tektonies in oorsprong is. Hierdie siklusse is nou gekoppel aan opheffing in die brongebied en daling in die kom, sodat die paleo-afsettingshelling beïnvloed is. Dit het ooreenkomstig 'n effek op die tipe strome wat materiaal ingevoer het, asook op die samestelling van die sedimente gehad. Hulle verteenwoordig dus almal tipies opwaarts fyner-wordende megasiklusse.

Die begin van die eerste megasiklus val saam met die Dwykavergletsering. Daar is geen aanduidings van 'n yskap nie, sodat afsetting deur nat-basis valleigletsers plaasgevind het. Die gletsers was gewoonlik geassosieer met redelike topografie en daar kan dus aangeneem word dat opheffing van die brongebiede in die ooste plaasgevind het. Die hoë gebiede het dus as die ontspringplekke vir die gletsers gedien, wat weswaarts beweeg en groot volumes materiaal saamgevoer het. In die afsettingsgebied is dele van die onegalige topografie deur 'n kombens van glasiële afsettings bedek.

Die ooswaartse terugtrekking van die ys het 'n steil paleohelling agtergelaat waarop hoë energie vlegstrome hoofsaaklik weswaarts gevloei het. Van die glasiële afsettings is deur die strome herwerk en langs die laer lope afgeset (Fig. 69), terwyl die heel fynste materiaal in mere in die laagste gedeelte van die valleie versamel het. Namate die ys al verder ooswaarts teruggetrek het, het die afsettings ook lateraal ooswaarts geskuif en is selfs dun steenkoollagies in die moerasse en laer vloedvlaktes afgeset. Vanaf 'n lokale hoë rug in die westelike gedeelte van die gebied is grofkorrelrige materiaal noord- en suidwaarts die kom ingevoer en lokaal tussen die fynkorrelrige materiaal afgeset (Fig. 69). Hiermee is die eerste siklus afgesluit.

Die tweede siklus het weer eens met vinnige opheffing van die brongebiede in die ooste en noordooste begin, maar die omvang daarvan was

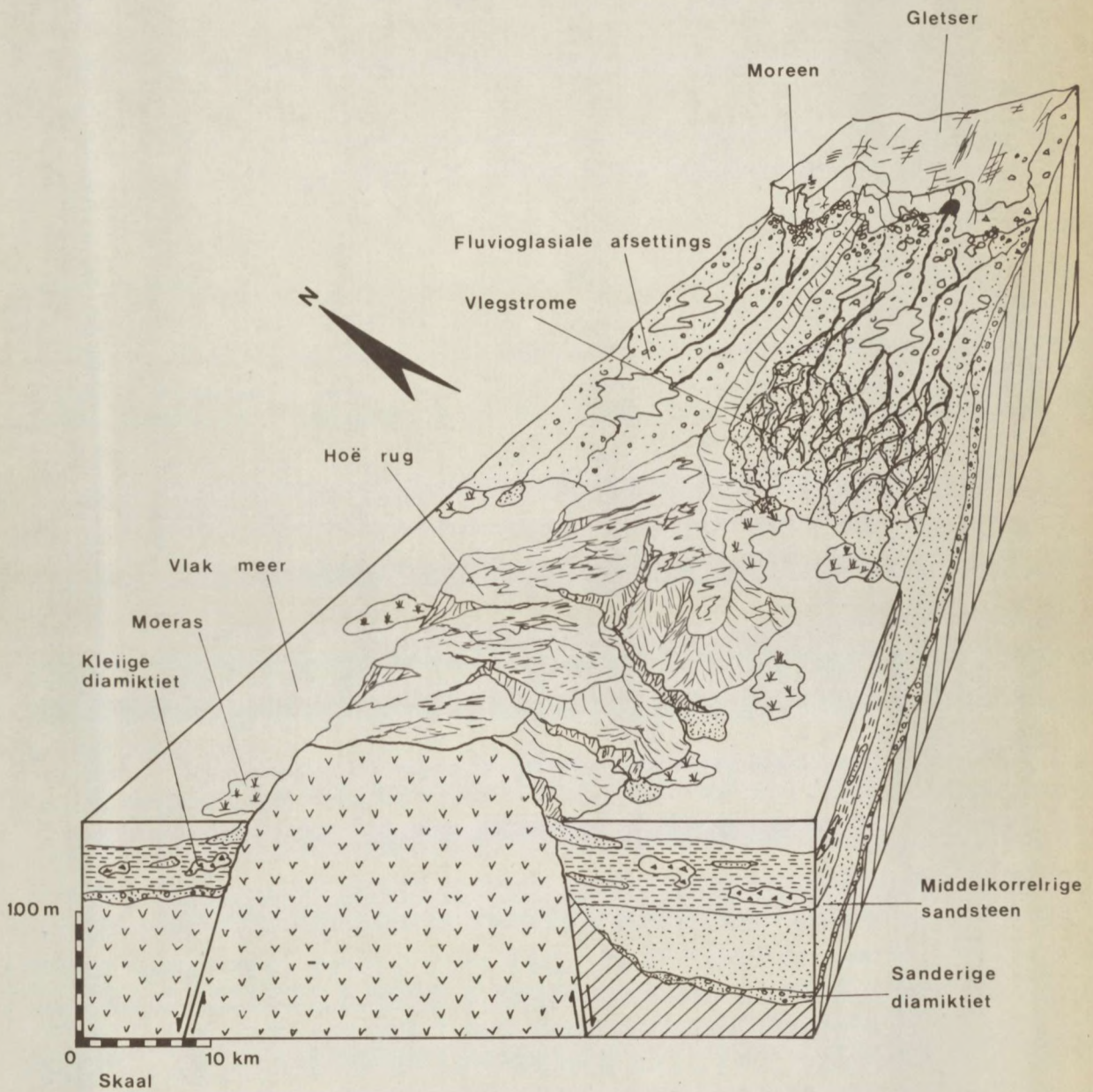


Fig. 69. Diagrammatiese voorstelling van afsettingsomgewing gedurende die afsetting van eerste megasiklus.

beperk en die basale gedeelte van die siklus is in die weste van die gebied afwesig. Grofkorrelrige materiaal is deur laagslingerende riviere (oorgang tussen gevlegte en meanderende) die kom ingevoer vanuit die ooste. Plantegroei was egter welig tydens die gematigde klimaat in die kom en dun steenkoollae is tussen die sande en kleiige lae van hierdie fase afgeset behalwe gedurende 'n kort stabiele periode in die verre ooste waartydens 'n steenkoolhorison ongeveer 4 m dik afgeset is (Fig. 70). In die weste waar uitsluitlik vloedkomtoestande geheers het, is steenkool- en kleiige lae afwisselend afgeset (Fig. 70). Namate die afsettingshelling afgeneem het, het hoogsslingerende riviere met wye vloedvlaktes grootliks voorgekom en uitgebreide steenkoolafsettings is oor die hele gebied afgeset. Later het hoofsaaklik vloedkomafsettings voorgekom, maar klimaats-toestande moes skynbaar begin verander het, want die afsetting van steenkoollae het feitlik opgehou. Hierdie plat opge vulde landskap het die einde van die tweede siklus verteenwoordig.

Die derde tektoniese siklus het begin met intense opheffing van die brongebiede in die ooste en suidooste. Die paleo-afsettingshelling het versteil en inkerwing deur hoë energie vlegstrome in die onderliggende steenkoolhoudende formasies het voorgekom. Grofkorrelrige materiaal is noordweswaarts die kom ingevoer en 'n sanderige eenheid is diskordant oor die ouer gesteentes oor die hele kom afgeset. Namate die paleo-afsettingshelling afgeneem het, het die vlegstrome plek gemaak vir meanderende strome met groot vloedvlaktes waar, in die begin, selfs nog dun steenkoollagies, maar van 'n ander plantpopulasie as in die vorige siklus, afgeset is (Fig. 71). Die klimaat het egter heelwat warmer geword en die kleur van die kleiige lae word opwaarts oorwegend rooi en pers, wat die aanwesigheid van warm oksiderende toestande aandui. Aan die einde van die siklus het weer eens oorwegend vloedkomafsettings plaasgevind.

Die klimaat het sodanig verander dat woestyntoestande ingetree het en duinsande afgeset is. Die winde het vanuit die suidweste gewaai, maar die bron van die sande is onbekend. 'n Verdere opheffing in die suide het waarskynlik plaasgevind en seisoenale strome (wadi's) het die sedimente noordwaarts gevoer waar dit deur die wind herwerk en afgeset is. Die sande kon selfs ook van herwerkte vloedvlaktes afsettings van Siklus 3 afkomstig wees. Geen verklaarbare antwoord

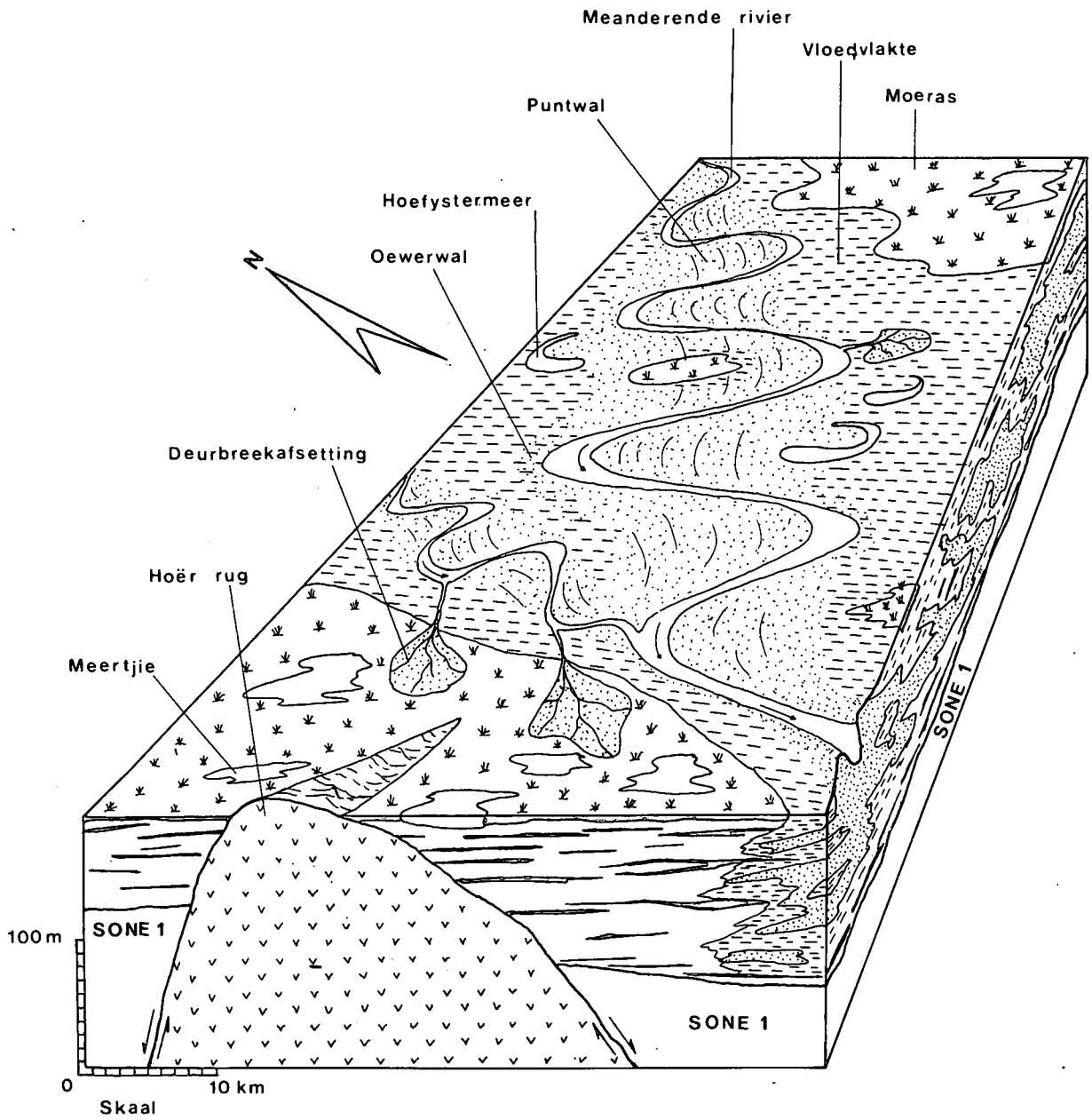


Fig. 70. Diagrammatiese voorstelling van die afsettingsomgewing gedurende die afsetting van die tweede megasiklus.

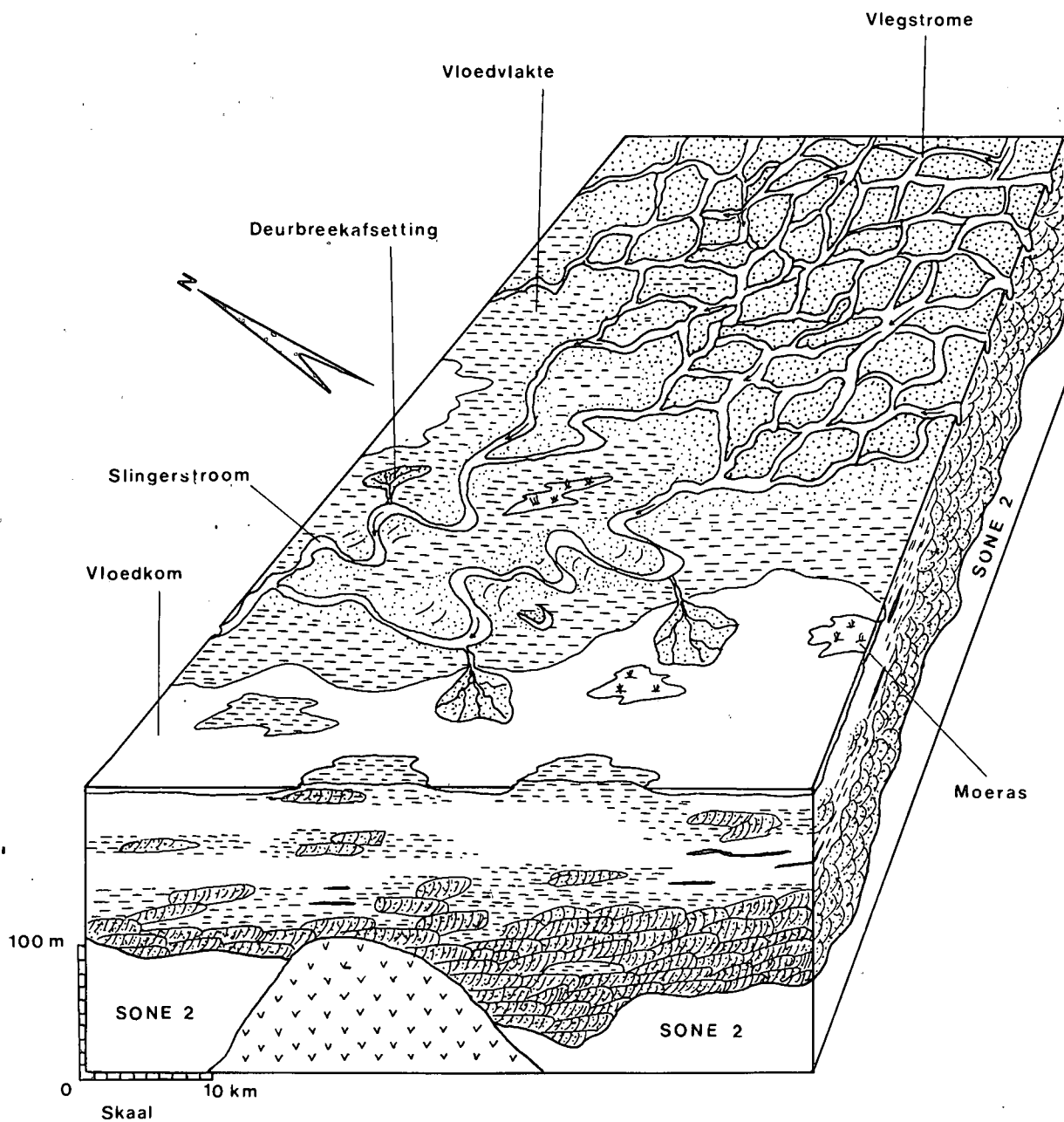


Fig. 71. Diagrammatiese voorstelling van die afsettingsomgewing gedurende die afsetting van die derde megasiklus.

kan egter op hierdie stadium vir die model van windafsetting verskaf word nie. Afsetting in die kom is beëindig met die uitvloei van platolawa en die indringing van magma as gange en plate in die lae.

DANKBETUIGINGS

Die skrywer betuig hiermee graag sy opregte dank en waardering aan:

Die Almagtige Skepper vir die geleentheid, krag en insig om hierdie studie te kon doen.

Prof. J.N.J. Visser, my studieleier, vir sy hulp, bekwame leiding en geduld gedurende die studie.

Prof. B.J.V. Botha vir sy aanmoediging.

Die S.A. Yster en Staal Industriële Korporasie by naam mnr. M.J. Deats, Afdelingshoofbestuurder (Mynbou) en in besonder die Eksplorasiestuurder, mnr. R.A.G. Cuipers en die Hoofgeoloog (Steenkool), mnr. B.F. Liebenberg vir die toestemming tot gebruik van eksplorasië-inligting en hulp met die kopiëring van die tesis.

Mnr. H.F. Joubert, Streeksgeoloog (N.T.V.L.) vir sy positiewe bystand.

Ansie vir haar aanmoediging en hulp tydens 'n lang, ongerieflike studieperiode.

Dr. J.W. Kitching wat in oorleg met dr. E.P. Plumstead die plant-fossiele geïdentifiseer het.

My ouers, skoonouers en vriende vir hul opregte belangstelling.

Mev. S. Robbertze vir haar vriendelike samewerking tydens die tikwerk.

Mnr. D.L. Roets vir die bekwame afdruk van die foto's.

LITERATUURVERWYSINGS

- Adeleye, D.R., 1974. Sedimentology of the fluvial Bida Sandstone [Cretaceous], Nigeria. *Sediment. Geol.*, 12, 1 - 24.
- Allen, J.R.L., 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5, 89 - 191.
- Allen, J.R.L., 1970. Studies in fluvial sedimentation : A comparison of fining-upwards cyclothems, with special reference to coarse-member composition and interpretation. *J. sediment. Petrol.*, 40, 298 - 323.
- Anderson, T.A., 1976. Depositional environment of the Sharon Conglomerate Member of the Pottsville Formation in Northern Ohio : Discussion. *J. sediment. Petrol.*, 46, 438.
- Berner, R.A., 1971. Principles of Chemical Sedimentology. McGraw-Hill Book Co., New York. 240 pp.
- Berry, L.G. en Mason, B., 1959. Mineralogy. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 630 pp.
- Beukes, N.J., 1969. Die sedimentologie van die étage Holkranssandsteen, Sisteem Karoo. Ongepubl. M.Sc. - verhandeling, Univ. O.V.S., Bloemfontein. 138 pp.
- Blatt, H., Middleton, G. en Murray, R., 1972. Origin of Sedimentary Rocks. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 634 pp.
- Bond, G., 1952. Evidence of glaciation in the lower part of the Karroo System in Southern Rhodesia. *Trans. geol. Soc. S. Afr.*, 55, 1 - 11.
- Bond, G., 1967. A review of Karroo sedimentation and lithology in Southern Rhodesia, in *Reviews prepared for the first symposium on Gondwana stratigraphy*. IUGS, Mar del Plata, Argentine, 173 - 195.

- Rust, D.R., 1972. Structure and process in a braided river. *Sedimentology*, 18, 221 - 245.
- Burne, R.V., 1970. The origin and significance of sand volcanoes in the Bude Formation [Cornwall]. *Sedimentology*, 15, 221 - 228.
- Cillié, J.F. en Savage, W.H.D., 1961. Die Steenkoolveld Vereeniging-Clydesdale. *Mem. Geol. Opn. S.Afr.*, 50-4, 133 pp.
- Coleman, J.M., 1969. Brahmaputra River : Channel processes and sedimentation. *Sediment. Geol.*, 3, 129 - 239.
- Conybeare, C.E.B. en Crook, K.A.W., 1968. Manual of sedimentary structures. *Bull. Austr. Bur. Mineral Resour. Geol. Geophys.*, 112, 327 pp.
- Dapples, E.C. en Hopkins, M.E., 1969. Environments of coal deposition. *Spec. Pap. geol. Soc. Amer.*, 114, 204 pp.
- De Jager, F.S.J., 1976. Steenkool, in Coetzee, C.B. [Samest]. Delfstowwe van die Republiek van Suid-Afrika. *Handb. geol. Opn. S. Afr.*, 7, 363 - 404.
- Du Toit, A.L., 1966. Geology of South Africa. Oliver and Boyd, London. 611 pp.
- Eynon, G. en Walker, R.G., 1974. Facies relationship in Pleistocene outwash gravels, southern Ontario : a Model for bar growth in braided rivers. *Sedimentology*, 21, 43 - 70.
- Frakes, L.A. en Crowell, J.C., 1970. Late Paleozoic Glaciation : 2, Africa exclusive of the Karroo Basin. *Bull. geol. Soc. Am.*, 81, 2261 - 2286.
- Francis, W., 1961. Coal. Edward Arnold [Publishers] Ltd., London. 663 pp.
- Füchtbauer, H., 1974. Sediments and sedimentary rocks. 1. Sedimentary Petrology, Part 3. John Wiley and Sons, Inc., New York. 464 pp.

- Gosh, P.K., 1975. The environment of coal formation in the Peninsular Gondwana Basins of India, in Campbell, K.S.W. [Ed.]. Gondwana geology. Australian National University Press, Canberra, 221 - 231.
- Harrison, S.S., 1975. Turbidite origin of glaciolacustrine sediments, Woodcock Lake, Pennsylvania. *J. sediment. Petrol.*, 45, 738 - 744.
- Hobday, D.K. 1973. Middle Ecca deltaic deposits in the Muden-Tugela Ferry area of Natal. *Trans. geol. Soc. S. Afr.*, 76, 183 - 320.
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Caruccio, F.T. en Baganz, B.P., 1978. Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian region. *Am. Assoc. Petroleum Geologists*, 62, 2379 - 2411.
- Jones, P.C., 1972. Quartzarenite and Litharenite facies in the fluvial foreland deposits of the Trenchart Group [Westphalian], Forest of Dean, England. *Sediment. Geol.*, 8, 179 - 198.
- King, L.C., 1967. South African Scenery. Oliver and Boyd, Edinburgh. 308 pp.
- Kröner, A. en Rankama, K., 1972. Late Pre-Cambrian glaciogenic sedimentary rocks in South Africa. *Bull. Precambrian Res. Unit, Univ. Cape Town*, 11, 1 - 37.
- Krumbein, W.C. en Garrels, R.M., 1952. Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *J. Geol.*, 62, 207 - 248.
- Krumbein, W.C. en Sloss, L.L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 660 pp.
- Kuenen, H., 1960. Sand. *Scientific American*, 202 [4], 94 - 110.
- Leydet, F., 1974. Okefenokee, the magical swamp. *National Geographic*, 145, 168 - 175.
- Lowe, D.R., 1975. Water escape structures in coarse grained sediments. *Sedimentology*, 22, 157 - 204.

- McGowen, J.H. en Garner, L.E., 1970. Physiographic features and stratification types of coarse grained bars : modern and ancient examples. *Sedimentology*, 14, 77 - 111.
- Miall, A.D., 1977. A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*, 13, 1 - 62.
- Money, N.J. en Drysdall, A.R., 1975. The geology, classification, palaeogeography and origin of the Mid-Zambezi coal deposits of Zambia, in Campbell, K.S.W. [Ed.]. Gondwana geology. Australian National University Press, Canberra, 249 - 270.
- Moser, D., 1974. Big Thicket of Texas. *National Geographic*, 146, 504 - 529.
- Mrakovich, J.V. en Coogan, A.H., 1974. Depositional environment of the Sharon Conglomerate Member of the Pottsville Formation in Northeastern Ohio. *J. sediment. Petrol.*, 44, 1186 - 1199.
- Murchison, D.G. en Westoll, T.S., 1968. Coal and coal-bearing strata. Oliver and Boyd, London. 418 pp.
- Picard, M.D. en High, L.R. [jr.], 1973. Sedimentary structures of ephemeral streams. Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 223 pp.
- Plumstead, E.P., 1966. The story of South Africa's coal. *Optima*, 16, 186 - 202.
- Plumstead, E.P., 1969. Three thousand million years of plant life in Africa. *Alex. L. du Toit Memor. Lect. geol. Soc. S. Afr.*, 11, 1 - 72.
- Postma, D., 1977. The occurrence and chemical composition of recent Fe-rich mixed carbonates in a river bog. *J. sediment. Petrol.*, 47, 1089 - 1098.
- Reineck, H.-E. en Singh, I.B., 1975. Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, Heidelberg. 439 pp.
- Selley, R.C., 1973. Ancient sedimentary environments. Chapman and Hall Ltd., London. 237 pp.

- Söhnge, P.G., 1946. Die geologie van die Messina-kopermyne en die omliggende gebied. Mem. geol. Opn. S. Afr., 40, 1 - 300.
- Steel, R.J., 1974. New Red Sandstone floodplain and piedmont sedimentation in the Hebridean Province, Scotland. J. sediment. Petrol., 44, 336 - 357.
- Stratten, T., 1970. Tectonic framework of sedimentation during the Dwyka period in South Africa. Proc. Pap. sec. Gondwana Symp., S. Afr., 483 - 490.
- Tavener-Smith, R., 1962. Karroo sedimentation in 'n part of the Mid-Zambezi valley. Trans. geol. Soc. S. Afr., 65, 43 - 74.
- Thompson, A.O., 1975. The Karroo rocks in the Mazunga Area, Beit-bridge district. Rep. Rhod. geol. Surv., 40, 79 pp.
- Tongiorgi, M., Rau, A. en Martini, I.P., 1977. Sedimentology of Early-Alpine, fluviomarine, clastic deposits [Verrucano, Triassic] in the Monti Pisani [Italy]. Sediment. Geol., 17, 311 - 332.
- Van Eeden, O.R., Visser, H.N., Van Zyl, J.S., Coertze, F.J. en Wessels, J.T., 1956. Die geologie van die Oostelike Soutpansberg en die Laeveld ten noorde daarvan. Toel. van Blad 42, Geol. Opn. S. Afr., 1 - 128.
- Van Krevelen, D.W., 1961. Coal. Elsevier Publishing Co., Amsterdam. 514 pp.
- Van Zyl, J.S., 1950. Aspects of the geology of the Northern Soutpansberg area. Ann. Univ. Stell., 26A, 1 - 96.
- Watson, R.L.A., 1958. The origin of Wankie coal. Trans. geol. Soc. S. Afr., 61, 167 - 181.
- Wilke, D.P., 1969. Grafietafsettings noord van die Soutpansberg, Transvaal. Bull. geol. Opn. S. Afr., 51, 1 - 60.
- Williams, G.E., 1971. Flood deposits of the sand-bed, ephemeral streams of sentral Australia. Sedimentology, 17,

1 - 40.

Williamson, I.A., 1967. Coal mining geology. Oxford University Press, London. 266 pp.

Wybergh, W.J., 1928. The coal resources of the Union of South Africa. Mem. geol. Surv. S. Afr., 19[3], 181 pp.

