

**GEOTEGNIESE ONDERSOEKE VIR DORPSONTWIKKELING IN
DOLOMIETGEBIEDE**

deur

PAUL ROUX

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die
vereistes vir die graad D.Sc.
in die Fakulteit Wis- en Natuurkunde
Universiteit van Pretoria

PRETORIA

SAMEVATTING
GEOTEGNIESE ONDERSOEKE VIR DORPSONTWIKKELING IN
DOLOMIETGEBIEDE

deur

PAUL ROUX

PROMOTOR: PROF. A. VAN SCHALKWYK
DEPARTEMENT: GEOLOGIE
GRAAD WAARVOOR PROEFSKRIF INGEDIEN IS: D.Sc.

Groot gedeeltes van die Provinsie Transvaal waar stedelike ontwikkeling reeds plaasgevind het en vir toekomstige ontwikkeling oorweeg kan word, word deur dolomiet van die Groep Chuniespoort beslaan. Na aanleiding van die sinkgate wat in die Verre Wes-Rand gedurende die vroeë sestiger jare gevorm het word alle nuwe dorpe voor proklamasie, onderhewig aan regulasie 24(b) van Ordonnansie 25 van 1965, geotegnies ondersoek.

Planmatige geotegniese ondersoek van 'n voorgestelde terrein kan slegs geskied met 'n grondige kennis van kartsvorming. Die aspekte van belang vir die ingenieursgeoloog word ondersoek en die verband wat bestaan tussen die tipe verwering en die verskillende formasies van die Groep Chuniespoort word aangetoon.

Die gebied voorgestel vir stedelike ontwikkeling in die Pretoria-Witwatersrand-Vaaldriehoek-gebied, beslaan deur dolomiet suid van Pretoria word as studiegebied geneem. 'n Groot verskeidenheid faktore wat 'n rol speel in die omlýning van stabiele gebiede, waar die risiko vir sinkgatvorming toelaatbaar is, word gedek.

Die beskikbare tegnieke vir die geotegniese ondersoek van oplosbare gesteentes, plaaslik en oorsee, is nagevors en geëvalueer. Dit is bevind dat chert weens sy willekeurige verspreiding in die deklaag meeste van die tegnieke wat oorsee inslag gevind het kortwiek. Mangaanaarde, die finale residu van die uitloging van dolomiet bied eweneens ernstige probleme vir die ondersoeker. 'n Verskeidenheid boortegnieke word geëvalueer en toepassingsgebiede afgebaken. 'n Standaardtegniek vir die beskrywing van druklugboorsel van dolomietgebiede word gegee. Die resultaat van die geotegniese ondersoek van 'n voorgestelde dorpsgebied op dolomiet moet 'n sonering vir gebruike omlýn – riglyne word in hierdie verband verskaf.

Ter bevordering van die sistematiese uitvoering van ondersoek word die verdeling in twee stadia gemotiveer; die verkenning- en beplanningstadium. By laasgenoemde is die geotegniese ondersoek na funderingstoestand vir beplanningsdoeleindes ingesluit. Bou- en hersteltegnieke soos van toepassing op dolomitiese gebiede word toegelig. Aanbevelings ter verbetering van die bestaande prosedures en ondersoekmetodes word gemaak.

ABSTRACT

GEOTEGNIESE ONDERSOEKE VIR DORPSONTWIKKELING IN
DOLOMIETGEBIEDE

by

PAUL ROUX

PROMOTER: PROF. A. VAN SCHALKWYK

DEPARTMENT: GEOLOGY

DEGREE FOR WHICH DISSERTATION IS SUBMITTED: D.Sc.

Large portions of the Transvaal Province, where urban development has taken place and which may be considered for future development, are underlain by dolomite of the Chuniespoort Group. In response to the sinkholes which formed in the Far West Rand during the early sixties, subject to regulation 24(b) of Ordinance 25 of 1965, all proposed new townships situated on or potentially affected by dolomite are geotechnically investigated before proclamation.

Systematic geotechnical investigation of a proposed township site can only be conducted with a sound knowledge of karst formation. The aspects of importance to the engineering geologist are investigated and the relationship between the type of weathering and the various formations of the Chuniespoort Group are demonstrated.

The study area considered is the area suggested for urban development in the Pretoria-Witwatersrand-Vaal Triangle area underlain by dolomite south of Pretoria. A large variety of factors which play a part in the delineation of stable areas where the risk of sinkhole formation is allowable, are covered.

The techniques available, locally and overseas, for the geotechnical investigation of soluble rocks were researched and evaluated. Chert was found to be a major disturbing factor for most techniques applied overseas due to its random distribution in the residuum. Wad, the final residue of the solution of dolomite causes serious problems for the investigator. A variety of drilling techniques are evaluated and applications delineated. A standard technique for the description of pneumatic drill samples is given. Guidelines for the zoning of potential uses, based on the results of geotechnical investigations, of proposed sites for township development are given.

In order to promote systematic investigation the division into two stages of investigation, the reconnaissance and planning stages, is motivated. The investigation of foundation conditions for planning purposes is included in the latter. Building and repair techniques as applied to dolomitic areas are illustrated. Recommendations aimed at improvement of procedures and investigation methods are made.

INHOUDSOPGAWE

	Bladsy
HOOFSTUK 1	
INLEIDING	1
1.1 LIGGING VAN DOLOMIETGEBIEDE TEN OPSIGTE VAN HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING	1
1.2 INVLOED VAN DOLOMIET OP DORPSONTWIKKELING ...	1
1.3 WETLIKE ASPEKTE	4
1.4 DOEL MET PROEFSKRIF	5
HOOFSTUK 2	
DIE STUDIEGEBIED SUID VAN PRETORIA	7
2.1 LIGGING EN TOPOGRAFIE	7
2.2 HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING	7
2.3 GEOLOGIE	7
2.3.1 Stratigrafie	7
2.3.2 Struktuurgeologie	13
2.3.3 Mineralogie van dolomiet	14
2.3.4 Verwering van dolomiet	25
2.3.5 Grondwatertoestande	26
2.4 SINKGATE EN VERSAKKINGS	26
2.4.1 Die meganisme van versakking en sinkgatvorming ..	26
2.4.2 Geologiese faktore	35
2.4.2.1 Verwering van die dolomiet	35
2.4.2.2 Bodemrotsprofiel	39
2.4.2.3 Aard van die bodemrots	39
2.4.2.4 Aard van die deklaag	39
2.4.2.5 Grondwatertoestande	40
2.4.3 Eksterne faktore wat die voorkoms van sinkgate en versakkings beïnvloed	41
2.5 OPNAME VAN PROBLEME MET DOLOMIET	48
2.5.1 Gevolgtrekkings	50
2.5.2 Toepassing op ander gebiede	51
HOOFSTUK 3	
BEGINSELS EN EVALUASIE VAN GEOTEGNIESE ONDERSOEK- METODES	53
3.1 AFSTANDWAARNEMINGSMETODES	53
3.1.1 Lugfotografie	53
3.1.2 Infrarooi lugfotografie	59

	Bladsy	
3.1.3	SLAR "Side-Looking Airborne RADAR"	60
3.1.3.1	Evaluasie	60
3.1.4	Termiese infrarooilynaftasting	61
3.1.4.1	Beginsels van termiese infrarooilynaftasting	61
3.1.4.2	Interpretasie van termiese infrarooilynaftastings- beelde	65
3.1.4.3	Praktiese probleme in die toepassing van termiese infrarooilynaftastingsopnames	69
3.1.4.4	Interpretasie van die termiese infrarooilynaftastings- opname van die gebied suid van Pretoria	71
3.1.4.5	Vergelyking van afstandwaarnemingsmetodes	72
3.1.4.6	Gevolgtrekkings	81
3.2	KARTERING	81
3.2.1	Gevolgtrekkings	81
3.3	GEOFISIESE ONDERSOEKTEGNIKE	81
3.3.1	Gravitasie-opname	87
3.3.1.1	Beginsels	87
3.3.1.2	Toepaslike gravitasiekorreksies	89
3.3.1.3	Historiese oorsig	93
3.3.1.4	Die rol van gravitasie in die ondersoek van voor- gestelde dorpe	95
3.3.1.5	Tipiese resultate	97
3.3.1.6	Evaluasie	100
3.3.1.7	Gevolgtrekkings	100
3.3.2	Seismiese opnames	100
3.3.2.1	Beginsels	100
3.3.2.2	Gevolgtrekkings	102
3.3.3	Die SHRIMP-tegniek	102
3.3.3.1	Beginsels	102
3.3.3.2	Teoretiese agtergrond en literatuurstudie	104
3.3.3.3	Gevolgtrekkings	105
3.3.4	Elektriese weerstandsmetodes	105
3.3.4.1	Beginsels	105
3.3.4.2	Literatuurstudie	110
3.3.4.3	Gevolgtrekkings	111
3.3.5	Elektromagnetiese metode	111

	Bladsy
3.3.5.1	Beginsels 111
3.3.5.2	Evaluasie 117
3.3.5.3	Gevolgtrekkings 117
3.3.6	RADAR 117
3.3.6.1	Beginsels 117
3.3.6.2	Evaluasie 118
3.3.6.3	Gevolgtrekkings 119
3.3.7	Geofisiese boorgatsonderingstegnieke 119
3.3.7.1	Beginsels 119
3.3.7.2	Gevolgtrekkings 120
3.4	BOORTEGNIEKE 121
3.4.1	Diamantboorwerk 121
3.4.2	Stampboor 122
3.4.3	Awegaarbore 123
3.4.4	Drukklugbore 123
3.4.4.1	Wabore 124
3.4.4.2	Drukklugbore 124
3.5	BOORSELBESKRYWING 131
3.6	TEGNIEKE VAN TOEPASSING OP ONDERSOEKE NA FUNDERINGSTOESTANDE VIR BEPLANNINGSDOELEIN- DES 144
3.6.1	Grondprofielering 144
3.6.2	Monsterneming 144
3.6.3	Laboratoriumtoetse 146
3.6.4	<i>In situ</i> toetse 147
HOOFSTUK 4	
PROSEDURE BY TERREINONDERSOEKE VIR DORPSONTWIK- KELING 149	
4.1	VERANTWOORDELIKHEDE VAN VERSKEIE INSTANSIES 149
4.2	VERTOLKING VAN RESULTATE 151
4.3	BEPALING VAN STABILITEIT 153
4.4	SONERING EN AANBEVELINGS 158
4.5	OPSOMMING 159
4.6	STADIA VAN ONDERSOEK 162
4.6.1	Verkenningsondersoek 164
4.6.1.1	Terreinverkenning 166
4.6.2	Beplanningsondersoek vir dolomitiese stabiliteit 168

4.6.3	Ondersoek na funderingstoestande vir beplannings- doeleindes	170
4.7	VERSLAG EN TEKENINGE	170
4.7.1	Verkeningsverslag	171
4.7.2	Beplanningsverslag	171
4.8	BEOORDELING EN GOEDKEURING	174
HOOFSTUK 5		
	VOORSORGMAATREËLS, BOU- EN HERSTELTEGNIKE	175
5.1	VOORSORGMAATREËLS TER VERMINDERING VAN RISIKO	175
5.2	BOUTEGNIEKE	177
5.3	HERSTELTEGNIKE	184
HOOFSTUK 6		
	GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS	187
6.1	GEVOLGTREKKINGS	187
6.2	AANBEVELINGS	189
	DANKBETUIGINGS	191
	VERWYSINGS EN BIBLIOGRAFIE	193

BYLAE

Bladsy

BYLAAG 1	
DIE WYSIGINGSORDONNANSIE OP DORPSBEPLANNING EN DORPE, 1974	207
BYLAAG 2	
VERWOERDBURG POSVRAEELYSOPNAME	211
BYLAAG 3	
TEORETIESE AGTERGROND EN LITERATUURSTUDIE OOR VERSKEIE GEOTEGNIESE ONDERSOEKTEGNIEKE	241
3.1 GRAVITASIE-OPNAMES	241
3.1.1 Teoretiese agtergrond	241
3.1.2 Gravitasie-opnames in die praktyk	247
3.2 SEISMIESE OPNAMES	254
3.2.1 Teoretiese agtergrond	254
3.2.2 Toepassings	255
3.2.3 Bronne van geraas in seismiese opnames	257
3.2.4 Geologiese vereistes	259
3.2.5 Opstellingsvereistes	259
3.2.6 Hoofbeperkings van enkelkanaaltoerusting	259
3.2.7 Hoofvoordele van seinverrykende toerusting	260
3.2.8 Deurlopende seismiese refraksiemetode	260
3.2.9 Toepassing op oplosbare gesteentes	260
3.3 RADAR-TEORETIESE AGTERGROND EN LITERATUURSTUDIE	262
3.4 GEOFISIESE BOORGATSONDERINGSTEGNIEKE – TEORETIESE AGTERGROND	270
3.4.1 Elektriese weerstandstegniese	270
3.4.2 Kernstraaltegniese	270
3.4.3 Gammastraalsonde	270
3.4.4 Neutronsonde	271
3.4.5 Gamma-gammasonde	271
3.4.6 Soniese tegniese	272
3.4.7 Diverse sondes	272
3.4.7.1 Meetpassersonde	272
3.4.7.2 Televisie-boorgatsonde	273
3.4.7.3 RADAR-sonde	273
3.4.7.4 Elektromagnetiese-sonde	274
3.4.8 Opmerkings	274

	Bladsy
3.4.9 Verslaggewing	276
3.5 VLEK- EN ANDER TOETSE	277
3.6 MONSTERINGSTEGNIEK	278
3.6.1 Blokmonsters	278
3.6.2 Buismonsters	278

FIGURE

		Bladsy
FIGUUR 1.1	Verspreiding van dolomiet van die groep Chuniespoort in die Transvaal (Volgens Brink, 1979)	2
FIGUUR 1.2	Verspreiding van nuwe dorpe en monsterposisies vir chemiese ontleding, op die Groep Chuniespoort	8
FIGUUR 2.3.1.1	Groep Chuniespoort : afgelei vanaf termiese infra-rooilynaftasting	10
FIGUUR 2.3.3.1	Veralgemeende omgewingsmodel met die voorkomsones van die karbonaattipes	16
FIGUUR 2.3.3.2	Eh-Ph Diagram vir watervrye ysterverbinding (Volgens Krauskopf, 1957)	19
FIGUUR 2.3.3.3	Eh-Ph Diagram vir watervrye mangaanverbinding (Volgens Krauskopf, 1957)	20
FIGUUR 2.4.1.1	Ondergrondse toestande tydens die vorming van sinkgate en versakkings aan die Verre Wes-Rand (Volgens Brink, 1965)	29
FIGUUR 2.4.1.2	Verlaging van die grondwatervlak bevorder uitdroging en afwaartse beweging van die puin in die holtes in die bodemrots. Twee verskynsels ontstaan naamlik versakking bo die egalige bodemrots, sinkgate bokant gebiede met toringrotsverwering (Volgens Foose, 1967)	32
FIGUUR 2.4.3.1	Kumulatiewe maandelikse reënval (mm) vir die tydperk Jan. 1971 tot Des. 1981	42
FIGUUR 2.4.3.2	Kumulatiewe maandelikse sinkgatvoorkoms vir die tydperk Jan. 1971 tot Des. 1981	42
FIGUUR 2.4.3.3	Regressieontleding van kumulatiewe maandelikse reënval en die aantal sinkgate per maand (Voortrekkerhoogte weerstasie no. 227)	43
FIGUUR 2.4.3.4	Sinkgatvorming as gevolg van onverseëde boorgat .	46
FIGUUR 3.1.4.1	Die elektromagnetiese spektrum en sommige sensors wat dit benut (Volgens Spectral Africa, 1977)	62
FIGUUR 3.1.4.2	Atmosferiese absorpsie in die 0 tot 15 μm termiese golflengtebereik. Let op die teenwoordigheid van atmosferiese vensters in die 3 tot 5 μm en 8 tot 14 μm termiese golflengtebereik (Volgens Lillesand en Kiefer, 1979)	63
FIGUUR 3.1.4.3	Skema van 'n termiese radiometer (Volgens Lillesand en Kiefer, 1979)	63

Bladsy

FIGUUR 3.1.4.4	Daaglikse stralingstemperatuurkrommes (diagrammaties) vir tipiese materiale (Volgens Sabins, 1978)	67
FIGUUR 3.1.4.5	Die verband tussen termiese inersie en digtheid van gesteentes en water (11) (Volgens Sabins, 1978) ..	68
FIGUUR 3.2.1	Geologiese kartering vanaf panchromatiese lugfoto's	82
FIGUUR 3.2.2	Interpretasie van termiese infrarooilynaftastingsopname	83
FIGUUR 3.3.1.1	Die effek van topografie op die gravitasie by 'n punt S_3 (Volgens Garland, 1965)	92
FIGUUR 3.3.1.2	Die klein bydrae van geologiese strukture tot die aarde se totale gravitasieveld veroorsaak slegs punt-tot-punt variasie wat gekarteer en geïnterpreteer kan word	94
FIGUUR 3.3.1.3	Residuele gravitasiekontoerkaart (Volgens Kleywegt en Enslin, 1973)	98
FIGUUR 3.3.1.4	Dwarssnit langs A–A : verband tussen waargenome en teoretiese (geïnterpreteerde) gravitasiedwarssnitte en geologiese dwarsnit (Volgens Kleywegt en Enslin, 1973)	99
FIGUUR 3.3.3.1	Skematiese voorstelling van die SHRIMP-metode om holtes op te spoor	103
FIGUUR 3.3.4.1	Elektriese weerstandsprofiele oor 'n vertikale kontak met (a) Wenneropstelling en (b) Schlumbergeropstelling (Volgens Telford <i>et al</i> , 1978)	108
FIGUUR 3.3.5.1	Die elemente van 'n elektromagnetiese golf waar: \vec{E} = elektriese vektor \vec{H} = magnetiese vektor (Volgens Beck, 1981)	112
FIGUUR 3.3.5.2	'n Illustrasie van hoe klein die normale bedryfstand tussen die sender (Tx) en die ontvanger (Rx) is in vergelyking met die golflengte van elektromagnetiese golwe van frekwensies <3000 Hz; dus kan die voortplantingseffekte geïgnoreer word (Volgens Beck, 1981)	114
FIGUUR 3.5.1	Gewaste kolluviummonster 1) Ferrikreetknolletjies 2) Verweerde chert (onder die stereo binokulêre mikroskoop is die sogenaamde suikerstektuur waarneembaar) 3) Aarkwarts. Skaal 3:1	132

FIGUUR 3.5.2	<p>Gewaste Karooskaliemonster</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Ligte gelerige-oranje skalie. Die boorsel is effens afgerond deur abrasie en saltasie soos dit deur die saamgeperste lug na bo in die boorgat vervoer is. 2) Kwartsietspoelklippie (kontaminasie) 3) Chert (kontaminasie) 4) Ferrikreetknolletjies (kontaminasie vanaf 'n vlak nader aan die oppervlak. <p>Skaal 3:1</p>	133
FIGUUR 3.5.3	<p>Gewaste monster met verweerde chert en mangaanoksied.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Vars chert 2) Verweerde chert. Dit is nog hard genoeg om gewone ruitglas te krap 3) Mangaanoksied 4) Ysteroksied aankorstring (rooibruin kleur) op mangaanoksied 5) Aarkwarts. <p>Skaal 3:1</p>	134
FIGUUR 3.5.4	<p>Gewaste monster, hoofsaaklik vars chert.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Vars chert, let op die tipiese skulpvormige breukvlak 2) Kwartsietspoelklippie 3) Aarkwarts 4) Ferrikreetknolletjies 5) Chert met heuningkoektetektuur <p>Skaal 3:1</p>	134
FIGUUR 3.5.5	<p>Gewaste monster, hoofsaaklik vars chert.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Verweerde chert 2) Aarkwarts 3) Mangaanoksied met verweerde chert 4) Mangaanoksied 5) Mangaanoksied met ysteroksied aankorstring <p>Skaal 3:1</p>	136
FIGUUR 3.5.6	<p>Gewaste monster, verweerde stollingsgesteente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Hoogs verweerde stollingsgesteente het 'n kleiige voorkoms 2) Magnetietknolletjies 3) Aarkwarts 4) Ferrikreetknolletjies (kontaminasie) <p>Skaal 3:1</p>	136
FIGUUR 3.5.7	<p>Gewaste monster, verweerde stollingsgesteente met enkele varser stukkie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Vars stollingsgesteente 2) Matig verweerde stollingsgesteente 3) Hoogsverweerde stollingsgesteente 4) Vars chert boorsel (kontaminasie) <p>Skaal 3:1</p>	138

Bladsy

FIGUUR 3.5.8	Gewaste monster, relatiewe vars stollingsgesteente 1) Vars stollingsgesteente 2) Ferrikreetknolletjies (kontaminasie) 3) Verweerde stollingsgesteente Skaal 3:1	138
FIGUUR 3.5.9	Gewaste monster, vars dolomietrots 1) Vars dolomietrots 2) Ferrikreetknolletjies (kontaminasie) 3) Vars chert Skaal 3:1	140
FIGUUR 3.5.10	Boorgatstaat	145
FIGUUR 4.5.1	Vloediagram van geotegniese ondersoek vir dorps- ontwikkeling in dolomietgebiede	160
FIGUUR 4.5.2	Skematiese voorstelling van die verband tussen die koste van 'n geotegniese ondersoek op dolomiet en die afname in risiko	162
FIGUUR 5.2.1	Vlotfondament op pylers in dolomiet (Volgens Jennings, 1966)	177
FIGUUR 5.2.2	Die basiese begrip van bykomstige versakking as gevolg van swigting van die korrelstruktuur (Volgens Jennings en Knight, 1975)	179
FIGUUR 5.2.3	Swigbare en nie-swigbare loes (Volgens Holtz en Hilf, 1961)	181
FIGUUR 5.2.4	Deurlopende voetstukontwerp vir swigbare grond (Volgens Zeevaert, 1972)	181

BYLAAG 2

FIGUUR 2.1	Frekwensiediagram : vraag 5 Hoelank is u in hierdie huis woonagtig?	212
FIGUUR 2.2	Frekwensiediagram : vraag 6. Afstand in meter tussen huis/buitegeboue en naaste tuinplante wat in grond (nie in potte of bakke nie) geplant is	214
FIGUUR 2.3	Frekwensiediagram : vraag 7. Afstand in meter tussen huis/buitegeboue en naaste grasperk	214
FIGUUR 2.4	Frekwensiediagram : vraag 8. Wanneer u die tuin en struik natlei hoe vinnig trek die water in die grond in?	215
FIGUUR 2.5	Frekwensiediagram : vraag 9. Gedurende watter jare is die huis gebou waarin u tans woon?	215
FIGUUR 2.6	Frekwensiediagram : vraag 10. Kom daar rotse aan die grondoppervlak of op vlak diepte (teen- gekom in voorbereiding van blombeddings, ens.) op u erf voor?	217

	Bladsy
FIGUUR 2.7	Frekwensiediagram : vraag 11. Het daar reeds enige sinkgate op die erf waar u tans woon gevorm? 217
FIGUUR 2.8	Frekwensiediagram : vraag 12. Het daar al ooit 'n versakking (insinking) van die grond op die erf waar u tans woon plaasgevind? 219
FIGUUR 2.9	Frekwensiediagram : vraag 13. Is die huis/buitegebou vry van barste groter as 3 mm in breedte? 219
FIGUUR 2.10	Frekwensiediagram : vraag 14. Is u bewus van enige sinkgate of versakking in u voorstad? 222
FIGUUR 2.11	Frekwensiediagram : vraag 15. Het u al ooit krané gehad wat buite langs die huis/buitegeboue of in die tuin gelek het, of vergeet om die tuinslang oornag toe te draai? 222
FIGUUR 2.12	Frekwensiediagram : vraag 16. Het daar al ooit 'n waterpyp op u erf gelek? 225
FIGUUR 2.13	Frekwensiediagram : vraag 17. Het daar al ooit 'n rioolpyp op u erf gelek of gebreek? 225
FIGUUR 2.14	Frekwensiediagram : vraag 18. Is daar 'n swembad op u erf? 228
FIGUUR 2.15	Frekwensiediagram : vraag 19. Het u reeds by die munisipale spoelriolskema aangesluit? 228
FIGUUR 2.16	Frekwensiediagram : vraag 20. Hoe ver (tot die naaste meter) is die stapelriool van u huis geleë. Indien u reeds by die spoelrioleringskema aangesluit het, hoever is u huis van die ou stapelriool? 230
FIGUUR 2.17	Frekwensiediagram : vraag 21. Het enige deel van die huis of buitegebou reeds gekraak of pleister van die mure afgeval? 230
FIGUUR 2.18	Frekwensiediagram : vraag 22. Watter soort grond kom die meeste in u tuin voor? 232
FIGUUR 2.19	Frekwensiediagram : vraag 23. Wat is die kleur van die grond op u erf? Merk asseblief die kleur wat die grond die beste beskryf? 234
FIGUUR 2.20	Frekwensiediagram : vraag 24. Kan oppervlakwater of reënwater op enige deel van u erf tydelik opdam? 234

BYLAAG 3

FIGUUR 3.1	Die afwykende massas se middelpunte is op dieselfde vlak maar die massas verskil. Die amplitude van die anomalieë wissel volgens die grootte van die massas maar die anomaliebreedtes bly konstant (Volgens Hays, 1975) 245
------------	---

		Bladsy
FIGUUR 3.2	Wanneer die afwykende massas se grootte wissel maar die diepte tot die boonste punte daarvan konstant is, wissel die amplitude en breedte van die anomalie (Volgens Hays, 1976)	245
FIGUUR 3.3	Die veranderlikes soos vorm, grootte en digtheidskontras word konstant gehou behalwe die diepte van die oneindige horisontale silinder, sodoende kan die effek van diepte op die gravitasie-anomalie gepeil word (Volgens Hays, 1976)	246
FIGUUR 3.4	Wanneer alle faktore behalwe die digtheidskontras konstant gehou word en laasgenoemde neem toe, vergroot die amplitude van die gravitasie-anomalie maar die breedte bly konstant (Volgens Hays, 1976)	246
FIGUUR 3.5	Liggame met ongeveer dieselfde massa met dieselfde effektiewe digtheidskontras en 'n konstante diepte tot die boonste vlak van die liggaam veroorsaak verskillende gravitasie-anomalieë volgens die liggaam se stand (Volgens Hays, 1976)	248
FIGUUR 3.6	Gravitasie-effek van holtes (Colley, 1963)	252
FIGUUR 3.7	Verhouding tussen diepte van bedekking en die straal van 'n silindriese holte met 'n veronderstelde gravitasie-effek van 0,2 mgal. Digtheid van die omringende rots 2500 kg/m ³ (Colley, 1963)	252
FIGUUR 3.8	Straalbane en looptyd-krommes vir 'n hellende re-fraktor waar: x = afstand f_r = omgekeerde looptyd f_{lop} = looptyd teen helling op f_{laf} = looptyd teen helling af (Volgens Telford <i>et al</i> , 1976)	256
FIGUUR 3.9	Die effek van afwaartse afname in snelheid op die straalbane en die looptyd-kromme (Volgens Griffiths en King, 1969)	258
FIGUUR 3.10	Blokprofiel van die GSSI grondsonderende RADAR-stelsel (Volgens Morey, 1974)	265
FIGUUR 3.11	Definisie en variasie van die herwinningsverhouding gedurende monsterneming. a) Voor penetrasie b) Monster losgemaak deur penetrasie A1 c) Monster verdig deur wandwrywing A1 (Volgens Kezdi, 1980)	279

TABELLE

		Bladsy
TABEL 2.3.1.1	Stratigrafiese opeenvolging van die Groep Chuniespoort	11
TABEL 2.3.3.1	Katione bepaal in dolomiet suid van Pretoria	14
TABEL 2.3.3.2	Oplosbaarheid van karbonate	17
TABEL 2.3.3.3	Ontleding van vier dolomietmonsters	17
TABEL 2.3.3.4	Chemiese ontledings van dolomiet van die Groep Chuniespoort	21
TABEL 2.3.3.5	Benaming van karbonaatgesteentes	23
TABEL 2.3.3.6	Chemiese ontleding op dolomiet van die Formasie Lyttelton	24
TABEL 2.3.3.7	Gemiddelde Ca/Mg massaverhouding vir die Groep Chuniespoort	24
TABEL 2.5.1	Verspreiding van respondente	49
TABEL 3.1.4.1	Termiese eienskappe van geologiese materiale en water by 20°C	69
TABEL 3.1.4.5.1	Samevatting van filmvermoë vir terreinont- leding (Volgens Hunter, 1970)	74
TABEL 3.1.4.5.2	Gemiddelde rangordes van die sukses met terreinontleding	75
TABEL 3.1.4.5.3	Materiaalkodes	77
TABEL 3.1.4.5.4	Materiale: Supergroep Swaziland	77
TABEL 3.1.4.5.5	Materiale: Lae-reliëf dolomiet	78
TABEL 3.1.4.5.6	Materiale: Matige-reliëf dolomiet	79
TABEL 3.1.4.5.7	Materiale: Supergroep Witwatersrand	80
TABEL 3.1.4.5.8	Materiale: Totale frekwensieverhoudings	80
TABEL 3.3.4.1	Tipiese elektriese weerstand van natuurlike materiale	106
TABEL 3.4.4.1	Vergelyking tussen top- en bodemhamer- boormasjiene	125
TABEL 3.4.4.2	Vergelyking van die doeltreffendheid van ses slag- en een druklughamerboor	127

Bladsy

TABEL 3.4.4.3	Tipiese drukke in druklugboorwerk	127
TABEL 3.4.4.4	Gemiddelde penetrasietempo's vir tipiese dolomitiese materiale	130
TABEL 4.5.1	Verband tussen terreingrootte, oppervlakaan- duidings en ondersoektegnieke	160
TABEL 4.6.1	Inligtingsbronne	165
TABEL 5.2.1	Swigpotensiaalwaardes	182
TABEL 5.2.2	Metodes vir die behandeling van swigbare gronde (Clemence en Finnbar, 1981)	184

BYLAAG

		Bladsy
TABEL 2.1	Vergelyking van huistaal	211
TABEL 2.2	Openbare kennis van sinkgate in Verwoerdburg	216
TABEL 2.3	Openbare kennis van versakkings in Verwoerdburg	218
TABEL 2.4	Voorkoms van barste groter as 3 mm in geboue in Verwoerdburg	220
TABEL 2.5	Bewustheid van sinkgate of versakkings in verskillende voorstede	221
TABEL 2.6	Lekkasië van krane in Verwoerdburg	223
TABEL 2.7	Lekkasië van waterpype in Verwoerdburg	224
TABEL 2.8	Lekkasië van rioolpype in Verwoerdburg	226
TABEL 2.9	Verspreiding van swembaddens in Verwoerdburg	227
TABEL 2.10	Voorkoms van krake in geboue in Verwoerdburg	231
TABEL 2.11	Verspreiding van grondtipes in Verwoerdburg	233
TABEL 2.12	Korrelasië tussen grondsoort en syfering	233
TABEL 2.13	Verspreiding van swak dreinerings in Verwoerdburg	235
TABEL 2.14	Sensus van waterboorgate in Verwoerdburg	236
TABEL 2.15	Verspreiding van waterboorgate in Verwoerdburg	236
TABEL 2.16	Verspreiding van waterboorgate in Verwoerdburg wat gepomp word	237
TABEL 2.17	Reaksië ten opsigte van betonstrook rondom geboue	238
TABEL 2.18	Sensus ten opsigte van sogenaamde dolomiet assuransië	238
TABEL 3.1.1	Formules vir drie anomalieklasse	243
TABEL 3.1.2	Ruitnetinterval/aantal waarnemingspunte/hektaar	249

		Bladsy
TABEL 3.3.1	Benaderde baie hoë frekwensie elektromagnetiese parameters van tipiese aardmateriale	266
TABEL 3.3.2	Verswakking in decibel/meter	266
TABEL 3.3.3	Benaderde elektromagnetiese parameters vir rotse en gronde by 100 MHz (Volgens Darracott <i>et al</i> , 1981)	269
TABEL 3.3.4	Voorspelling van penetrasiediepte vanaf geleiding	269

HOOFSTUK 1

INLEIDING

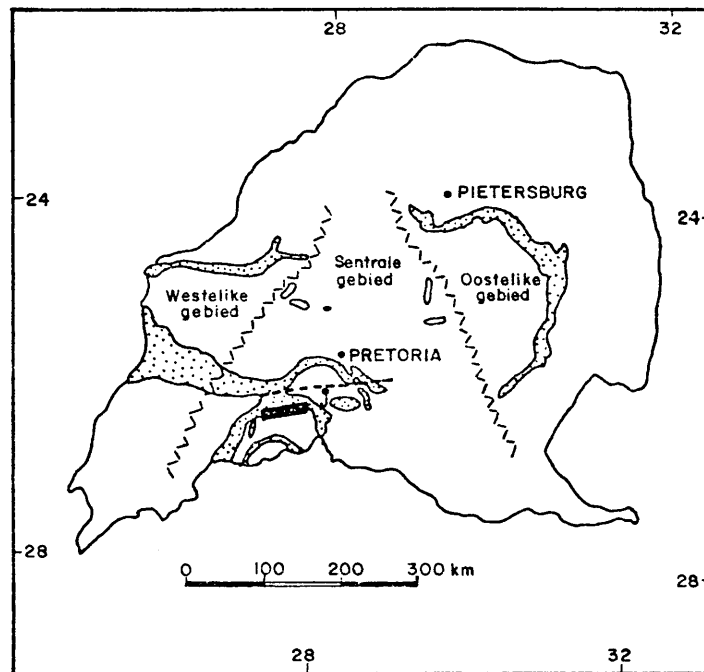
1.1 LIGGING VAN DOLOMIETGEBIEDE TEN OPSIGTE VAN HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

Groot gedeeltes van die Provinsie Transvaal en meer spesifiek die Pretoria-Witwatersrand-Vaaldriehoek-gebied (PWV-gebied) word deur dolomiet van die Groep Chuniespoort beslaan (Fig. 1.1). Sowat 14 persent van die oppervlakte van die PWV-gebied, wat in sy geheel meer as 20 persent van die RSA se totale bevolking huisves (Kantoor van die Eerste Minister, 1981), word deur dolomitiese gesteentes beslaan. Die studiegebied dek die dolomietgebied suid van Pretoria en noord van die Halfweghuisgranietkoepel. Die ondersoek is beperk tot daardie gedeelte van die dolomiet wat deur die PWV-ontwikkelingsvoorstelle vir dorpsontwikkeling beskikbaar gestel word (Fig. 1.2). Die studiegebied sluit onder meer die regsgebied van die Verwoerdburgse munisipaliteit in waarvan die grootste gedeelte (sowat 20 000 hektaar of 95 persent) op dolomiet geleë is. Gedurende die laat sestiger jare en die dekade 1970 tot 1980 het hierdie gebied ongekende groei ondervind.

Volgens skatting is daar sowat twee miljoen mense op dolomiet in die gebied suid van Pretoria, Oos-, Suid-, en Verre Wes-Rand, Stilfonteinomgewing, Lichtenburg, Thabazimbi en die Graskop-Pelgrimsrus-Sabie-omgewing woonagtig. Toekomstige ontwikkeling, volgens die PWV-voorstelle vereis 'n groei-as langs die Ben Schoemansnelweg oor Halfweghuis om Pretoria en Johannesburg tot 'n metropolitaanse gebied te verbind. Dit is dus duidelik dat daar groot druk vir ontwikkeling langs dié strook is. Die oos-, suid-, en westwaartse uitbreiding van die Witwatersrand beweeg onvermydelik uit op dolomiet. In hierdie omgewings word die ontwikkeling deur gestaakte, huidige en toekomstige mynbou-aktiwiteite beïnvloed. Die groeiende nywerheidsontwikkeling plaas steeds groter druk op behuising, veral vir swartes en anderskleuriges.

1.2 INVLOED VAN DOLOMIET OP DORPSONTWIKKELING

Die eerste geologiese kaart van die Pretoriagebied soos opgestel deur A.L. Hall, (1905) dui reeds die posisies van sinkgate aan. Vanaf die veertiger jare het ontwikkeling in die gebied suid van Pretoria begin versnel. Sinkgate wat verband gehou het met Staatsontwikkelingsprojekte is sedertdien gereeld deur personeel van die Geologiese Opname waargeneem en beskryf maar min inligting oor sinkgatvorming in ander gebiede is bekend. Die goudmynbedryf aan die Verre Wes-Rand het aansienlik uitgebrei en teen 1956 is met ontwatering van dolomitiese grondwaterkompartemente begin. Katastrofiese sinkgate soos



VERKLARING

☐ Dolomiet (Groep CHUNIESPOORT)

FIG. I.I VERSPREIDING VAN DOLOMIET VAN DIE GROEP CHUNIESPOORT IN DIE TRANSVAAL. (BRINK, 1979)

die een waarby 29 swart werkers in 1962 die lewe gelaat het (Jennings, 1966), en indrukwekkende versakkings het in die Carletonvillegebied gevorm. Hierdie voorvalle, tesame met gepaardgaande publisiteit het die bestaande en toekomstige ontwikkeling van die dolomietgebiede in die weegskaal geplaas.

Volgens Raath, (1981) word dit nie as "redelik" geag vir 'n gewone lid van die publiek om kennis te dra van wat onder die grond op sy eiendom aangaan nie. In die besef hiervan, naamlik dat die verantwoordelikheid vir veilige ontwikkeling in wese by die owerheid berus, het die Administrateur van die Provinsie Transvaal die Tak Geologiese Opname versoek om as spesialisraadgewer vir die Provinsie op te tree.

Sedert 1966 tot die middel van 1981 is aansoeke om dorpsstigting vir 419 voorgestelde dorpe, waarvan die stabiliteit moontlik deur die teenwoordigheid van dolomiet van die Groep Chuniespoort benadeel kan word, deur die Geologiese Opname ontvang. Onderseke van 307 van die voorgestelde terreine is tot middel 1981 deur verskillende raadgewers voltooi en verslae van nog 112 word ingewag. In die gebied suid van Pretoria was daar oor dieselfde tydperk 53 aansoeke om dorpsstigting ontvang waarvan 37 afgehandel en die verslae aanvaar is terwyl verslae vir die oorblywende 16 nog uitstaande is.

Lewensverlies as gevolg van sinkgatvorming in die gebied suid van Pretoria tot op hede is beperk tot drie munisipale werkers wat die lewe gelaat het terwyl hulle besig was om 'n sinkgat te probeer stabiliseer (Roux, 1981a).

Die verlies aan eiendom in die studiegebied in terme van verbeterings bedra etlike miljoene Rand. Geboue wat gesloop is, sluit in 'n multiverdieping militêre gebou en sewe huise. Volgens die jongste sensus is daar sowat 50 militêre geboue beskadig of selfs ondiensbaar weens versakkings of sinkgate. Die skade, siviël en militêr, het grotendeels voorgekom op terreine wat nie voor ontwikkeling geotegnies ondersoek is nie. In alle genoemde gevalle is die los, lae-digtheid materiaal wat in skeure in die dolomiet of naby die grondoppervlak voorkom, verswak of uitgespoel deur watersypeling afkomstig van oneffektiewe dreinerings, lekkasie uit waterdraende dienste of stapelriole en het dit tot versakking of sinkgatvorming aanleiding gegee (Roux, 1981c). Ten einde sodanige verliese te probeer voorkom, word alle bekombare geotegniese inligting in die ondersoek en beoordeling van 'n voorgestelde terrein oorweeg om die geskiktheid daarvan te bepaal.

Die invloed van dolomiet op dorpsontwikkeling kan uiteenlopend van aard wees :

- (a) Dit kan aanleiding gee tot probleme as gevolg van die vorming van sinkgate en/of versakkings wat volgens Van Schalkwyk, (1981) soos volg verder onderverdeel kan word:

- (i) verliese aan menselewens – gewoonlik veroorsaak deur skielike sinkgatvorming
 - (ii) koste aan herstelwerk (geboue, paaie, ens.) – genoodsaak as gevolg van skade deur sinkgatvorming of versakking
 - (iii) verliese aan benutbare grond deur sinkgatvorming en koste om skade aan grond te herstel
 - (iv) verliese aan inkomste omdat grond nie optimaal benut kan word nie en verliese as gevolg van daling in grondwaarde – veroorsaak deur die teenwoordigheid van dolomiet en vererger deur sinkgate of versakkings by of naby die betrokke persele
 - (v) koste aan voorsorgmaatreëls teen sinkgatvorming of teen skade aan strukture.
- (b) Verhoogde uitgawes as gevolg van die beplanningsonderzoek soos vereis deur die *Ordonnansie 25 op Dorpsbeplanning en Dorpe*, 1965, sien Bylae 1 in vergelyking met die onderzoek vir nie-dolomitiese dorpe.
- (c) Die oorspronklike beplanning soos deur die ontwikkelaar gevisualiseer word soms ingrypend verander, dikwels met gepaardgaande verlies aan grond wat vir ontwikkeling beplan was.
Hierdie begrip oorvleuel skynbaar met (a iv) maar het spesifiek op nuwe dorpe betrekking.
- (d) Ontwikkelingskoste is hoër veral weens die hoër standaard van dienste en materiale wat vereis word.

1.3 WETLIKE ASPEKTE

Alle aansoeke om dorpstigting by die Transvaalse Provinsiale Administrasie is sedert 1965 na die Geologiese Opname verwys ten einde die voorgestelde dorpe wat op dolomiet geleë is of waarvan die stabiliteit deur die aanwesigheid van dolomiet, onder bedekking van ander gesteentes, benadeel kan word, uit te ken en aanbevelings ten opsigte van die onderzoek daarvan te doen.

Volgens regulasie 24(b) van Ordonnansie 25 van 1965, wat op 1 Januarie 1966 in werking getree het (sien Bylaag 1) moet die ontwikkelaar onder andere verslag doen oor :

die geskiktheid van die terrein ten opsigte van die gebied, ligging, watertoevoer, grond, uitsig, kontoere, vloedwaterskade, die aanwesigheid van dolomietrots, moontlikheid van uitbreiding, helling van strate, toeganklikheid en enige ander omstandighede wat die voorstel om 'n dorp te stig kan raak;

Die ondersoek wat deur die ontwikkelaar of sy aangestelde raadgewer uitgevoer word, het as hoofdoel, die bereiking van sinvolle beplanning deur omlyning van die gebiede wat geskik is vir die verskillende tipes ontwikkeling en selfs die gebiede wat as ongeskik vir ontwikkeling bewys is. Die verslag deur die raadgewer word deur die Direkteur van Plaaslike Bestuur van die Transvaalse Provinsiale Administrasie na die Geologiese Opname vir kommentaar verwys. Waar moontlik, word onderskei tussen gebiede geskik vir spesiale woonerf, algemene woonerf en nywerheidsontwikkeling. Daar word dikwels terreine gevind wat nie binne hierdie klassifikasie inpas nie en ook nie geskik is vir sport of oop ruimtes nie – dit word dan as onontwikkelbaar beskou en aangedui as 'n spesiale erf met geen gebruiksregte nie. So 'n erf mag egter later in groter detail deur die ontwikkelaar ondersoek word en indien die resultate belowend is, mag aansoek gedoen word om hersonering vir 'n alternatiewe gebruik. Die verslag oor die gedetailleerde ondersoek word ook na die Geologiese Opname vir kommentaar verwys. Dit mag gebeur dat meer gevorderde grondmeganiese toetsresultate 'n gebied vir ontwikkeling geskik kan bewys.

1.5 DOEL MET PROEFSKRIF

Deur sy jarelange ondervinding met die ondersoek van sinkgate en versakking in die gebied suid van Pretoria, sowel as aan die Verre Wes-Rand, en sy noue verbintenis met die ondersoek van talle dorpsgebiede op dolomiet, beskik die skrywer oor inligting wat moontlik van nut kan wees vir andere wat met soortgelyke probleme gemoed is. Die doel van die proefskrif kan derhalwe soos volg opgesom word :

- (a) Om 'n waardebeplanning te maak van die huidige toestand ten opsigte van voorkomende maatreëls wat getref is en skade ondervind in 'n bestaande dorp suid van Pretoria.
- (b) Om 'n literatuurstudie te onderneem oor alle moontlike toepaslike ondersoek- tegnieke.
- (c) Om die faktore wat sinkgatvorming beïnvloed te identifiseer.
- (d) Om leiding te verskaf ten opsigte van die verskillende ondersoek- tegnieke soos dit in die verskillende verweringsomgewings van toepassing is.

- (e) Om leiding te verskaf in verband met die sonering van gebiede geskik vir: spesiale woonerwe, algemene woonerwe, nywerheidsgebruik, parke of oop ruimtes en spesiale erwe met geen gebruiksregte tot die teendeel met meer gedetailleerde ondersoek bewys is.

HOOFSTUK 2

DIE STUDIEGEBIED SUID VAN PRETORIA

2.1 LIGGING EN TOPOGRAFIE

Die studiegebied word gedefinieer as die gebied deur dolomiet beslaan wat deur die Pretoria/Witwatersrand/Vaaldriehoek-kompleks (PWV)-ontwikkelingsvoorstelle vir dorpsstigting gesoneer is. Die gebied word deur lengtegrade $28^{\circ}05'$ en $28^{\circ}16'$ Oos en breedtegrade $25^{\circ}47'$ en $25^{\circ}58'$ Suid begrens (Fig. 1.2). Hierbinne is Verwoerdburg die grootste munisipaliteit.

Die topografie van 'n dolomietgebied se grootste belang is in verband met die bevordering van goeie oppervlakwaterdreinerings sonder om omliggende ontwikkeling in gevaar van oorstroming te stel. Goeie dreinerings is egter nie 'n algehele versekering teen sinkgatvorming nie aangesien daar reeds etlike sinkgate bo-op koppies gevorm het. 'n Ligging langs 'n natuurlike dreineringskanaal soos 'n spruit of rivier kan probleme as gevolg van ongunstige funderingsmateriaal soos uitswellende kleie of swigbare sande veroorsaak. Die nabyheid van spruite mag 'n aanduiding wees van 'n vlakliggende grondwatervlak wat ten alle koste so stabiel moontlik gehou moet word om grondonstabiliteit te verhoed.

Die Sesmyspruit-Hennopsrivier is die hoofdreineringskanaal van die studiegebied; dit is sentraal langs die strekking oor die gebied geleë. Die Riet- en Olifantspruite voed die Hennopsrivier vanuit die suide. Die insnyding waarlangs die dreinerings geskied het tot gevolg dat koppies soos Signal Hill, Picket Hill, Swartkop en Dumbbell Hill duidelike landmerke vorm. Die noordelike en oostelike grens van die gebied word eweneens deur 'n duidelike insnyding gekenmerk waar die noordelike en oostelike randjie deur die Formasie Timeball Hill kwartsiet gevorm word. Die ontwikkelde gedeeltes van die studiegebied beskik grootliks oor hellings wat effektiewe dreinerings bevorder.

Nabygeleë mynbouaktiwiteite hetsy ondergronds of deur middel van oop groewe kan die grondwatervlak potensieel op enige stadium in die toekoms versteur.

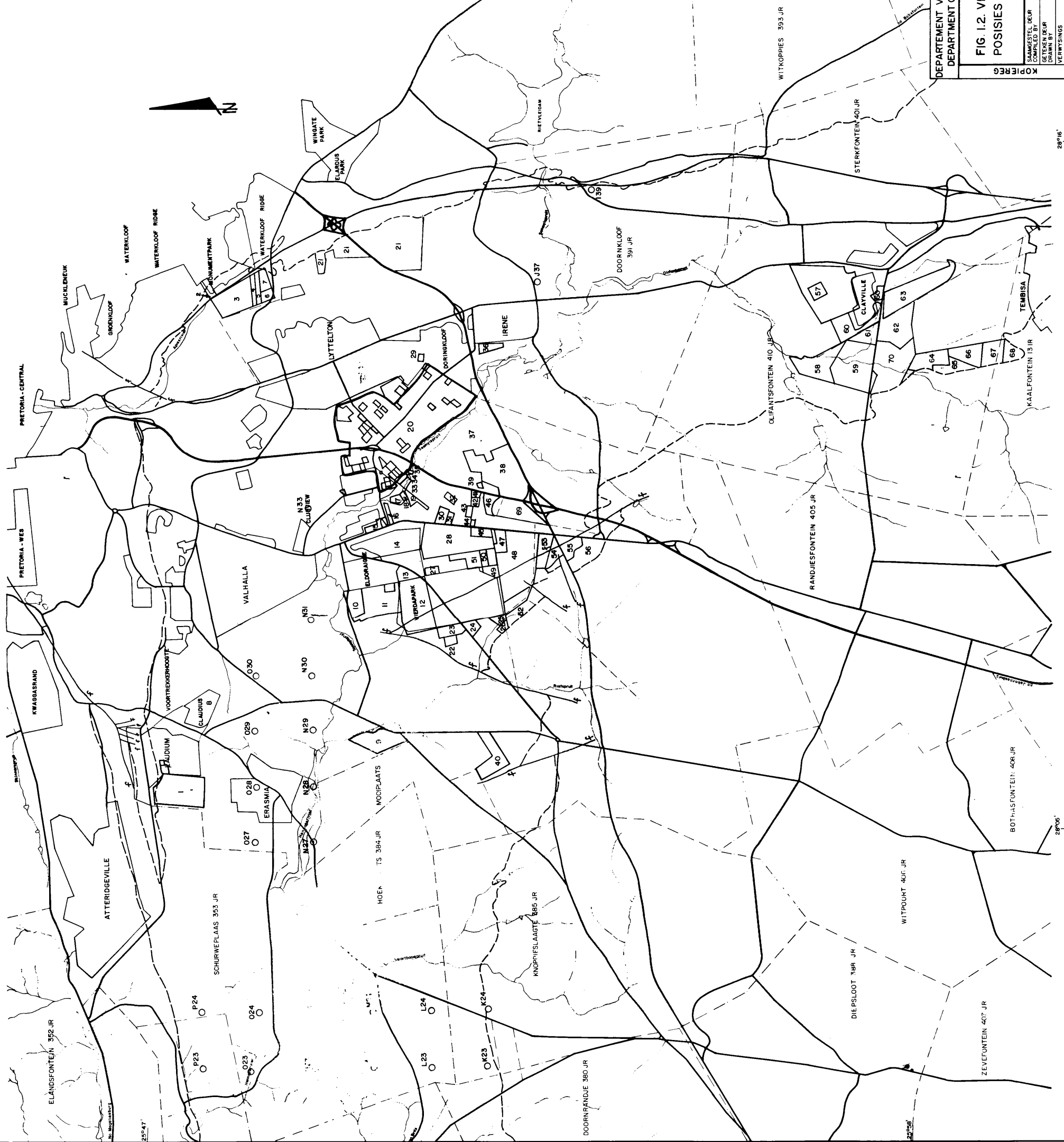
Die meer onlangse dorpsontwikkeling het op grond geskied wat vroeër vir akkerbou aangewend is. Hierdie gebiede is almal tot 'n groot mate deur siëniëplate onderlê.

VERKLARING

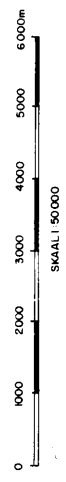
NOMMER

- 1 LAUDIUM UITB. 1
- 2 MONUMENTPARK UITB. 5
- 3 MONUMENTPARK UITB. 2
- 4 MONUMENTPARK UITB. 3
- 5 MONUMENTPARK UITB. 4
- 6 MONUMENTPARK UITB. 9
- 7 MONUMENTPARK UITB. 7
- 8 CLAUDIUS
- 9 SUNDERLAND RIDGE
- 10 EL DORAIGNE UITB. 7
- 11 WIERDAPARK UITB. 11
- 12 WIERDAPARK UITB. 1
- 13 EL DORAIGNE UITB. 2
- 14 EL DORAIGNE UITB. 1
- 15 CLUBVIEW UITB. 24
- 16 CLUBVIEW UITB. 27
- 17 CLUBVIEW UITB. 16
- 18 CLUBVIEW UITB. 18
- 19 ZWARTKOP UITB. 8
- 20 DIE HOEWES (LYTTELONLANDBOUHOEWES)
- 21 PIERRE VAN RYNEVELD
- 22 CELTISDAL UITB. 1
- 23 WIERDAPARK UITB. 6
- 24 CELTISDAL UITB. 6
- 25 CELTISDAL
- 26 CELTISDAL UITB. 2
- 27 EL DORAIGNE UITB. 13
- 28 EL DORAIGNE UITB. 3
- 29 LYTTELON MANOR UITB. 5
- 30 MARIANAPARK
- 31 HENNOFSPARK UITB. 9
- 32 HENNOFSPARK UITB. 4
- 33 CLUBVIEW UITB. 27
- 34 CLUBVIEW UITB. 10
- 35 CLUBVIEW UITB. 12
- 36 IRENE UITB. 3
- 37 VERWOERBURG
- 38 ZWARTKOP UITB. 8
- 39 ZWARTKOP UITB. 2
- 40 HONEY PARK
- 41 HENNOFSPARK UITB. 8
- 42 HENNOFSPARK UITB. 6
- 43 HENNOFSPARK UITB. 10
- 44 HENNOFSPARK UITB. 3
- 45 EL DORAIGNE UITB. 4
- 46 HENNOFSPARK UITB. 15
- 47 WIERDAPARK UITB. 3
- 48 WIERDAPARK UITB. 2
- 49 WIERDAPARK UITB. 5
- 50 WIERDAPARK UITB. 9
- 51 EL DORAIGNE UITB. 6
- 52 EL DORAIGNE UITB. 14
- 53 ROOIHUISKRAAL UITB. 2
- 54 ROOIHUISKRAAL UITB. 11
- 55 ROOIHUISKRAAL
- 56 ROOIHUISKRAAL UITB. 1
- 57 CLAYVILLE UITB. 12
- 58 CLAYVILLE UITB. 2
- 59 MONTAMI
- 60 CLAYVILLE UITB. 15
- 61 MONTAMI UITB. 3
- 62 MONTAMI UITB. 4
- 63 CLAYVILLE UITB. 11
- 64 VOORPARK
- 65 VOORPARK UITB. 1
- 66 VOORPARK UITB. 4
- 67 VOORPARK UITB. 5
- 68 VOORPARK UITB. 6
- 69 HENNOFSPARK UITB. 7
- 70 MONTAMI UITB. 1

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- 58
- 59
- 60
- 61
- 62
- 63
- 64
- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70



OJ 37 MONSTERPOSISIES VIR CHEMIESE ONTLEDING



DEPARTMENT OF MINES	GEOLOGIESE OPNAME	AFDELING/DIVISION
DEPARTMENT OF MINES	GEOLOGICAL SURVEY	INGENIEURSGEOLOGIE
FIG. 1.2. VERSPREIDING VAN NUWE DURPE EN MONSTER POSISIES VIR CHEMIESE ONTLEDING, OP DIE GROEP CHUNIESPOORT.		
KOPEREK	TEGNIESE KONTROLE	KLASSIFIKASIE/CLASSIFICATION
SKEMESTEL DEUR P. ROUX	TECHNICAL CONTROL	P. ROUX
GETEKEN DEUR V. PEER	DRAWN BY	V. PEER
VERWYSINGS	DATE	APRIL 1984
REFERENCES	NR.	NO.

2.2 HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

Tans beslaan die ontwikkeling van die Verwoerdburgse regsgebied sowat 200 km², die van Pretoria 585 km² en Clayville/Olifantsfontein, wat deel vorm van Midrand, ongeveer 10,5 km².

Die ontwikkelingsmoontlikhede van die Pretoria munisipale gebied op dolomiet is beperk tot die onmiddellike omgewing van Erasmia aangesien dit elders beperk word deur Staatsontwikkeling (militêr) en groepsgebiede.

Die ontwikkeling van Verwoerdburg geskied hoofsaaklik na die suide, suid-weste en weste van die bestaande verstedeliking. Daar was, in Verwoerdburg, sover vasgestel kon word teen die einde van 1983 nog 16 nuwe dorpe in die stigtingsproses betrokke.

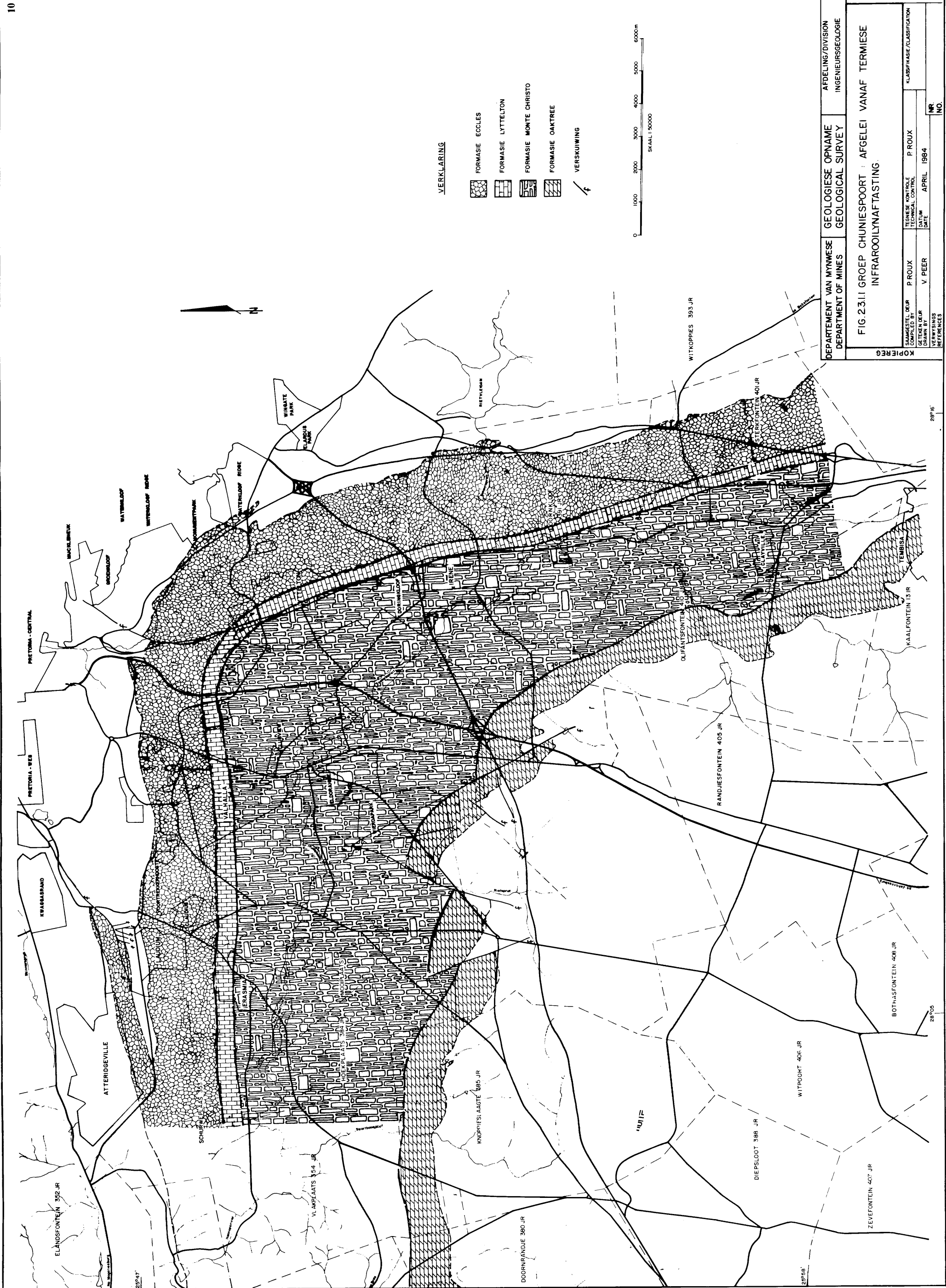
Die ontwikkelingsmoontlikhede vir die Clayville/Olifantsfontein gebied is grootliks beperk deur onder andere 'n rookmisgordel vanaf Tembisa, bewese ongunstige toestande op die dolomiet in die onmiddellike omgewing van die bestaande ontwikkeling waar etlike aansoeke om dorpsstigting reeds geotegnies ondersoek en ongunstig bewys is, mynbouaktiwiteite en groepsgebiede.

2.3 GEOLOGIE

Die gebied suid van Pretoria verteenwoordig 'n gedeelte van die sentrale verspreidingsgebied van gesteentes van die Groep Chuniespoort, Opeenvolging Transvaal. Hierdie groep gesteentes is saamgestel uit dolomiet met tussengelaagde chert, skalie en kwartsiet. Die dolomiet is algemeen grysblou met seldsame ligroos en wit variëteite, 'n bruin kleur na aan die basis word volgens Jansen (1977) aan 'n hoër mangaaninhoud toegeskryf.

2.3.1 Stratigrafie

Die stratigrafiese opeenvolging van die Groep Chuniespoort verskyn in Tabel 2.3.1.1 en Fig. 2.3.1.1



VERKLARING

- FORMASIE ECCLES
- FORMASIE LYTTELTON
- FORMASIE MONTE CHRISTO
- FORMASIE OAKTREE
- VERSKUIVING



DEPARTMENT OF MINES AFDELING/DIVISION INGENIEURSGEOLOGIE	GEOLOGIESE OPNAME GEOLOGICAL SURVEY	AFDELING/DIVISION INGENIEURSGEOLOGIE
FIG. 2.31.1 GROEP CHUNIESPOORT : AFGELEI VANAF TERMIESE INFRAROOLYNAFTASTING.		
SAMGESTEL DEUR COMPILED BY P. ROUX	Tegniese Kontrole TECHNICAL CONTROL P. ROUX	Klassifikasie/Klassification CLASSIFICATION
OSKREWE DEUR DRAWN BY V. PEER	Datum DATE APRIL 1984	NR NO.
VERWYSINGS REFERENCES		

TABEL 2.3.1.1
STRATIGRAFIESE OPEENVOLGING VAN DIE GROEP CHUNIESPOORT

SACS (1980)		Eriksson en Truswell (1974)	
Formasie	Dikte (m)	Formasie	Dikte (m)
Eccles	380	Hennopsrivier	388
Lyttelton	150	Lyttelton	155
		Krokodilrivier	154
		Zwartkrans	269
Monte Christo	700	Rietspruit	41
		Tweefontein	163
		Rietfontein	82
Oaktree	200	Oaktree	176
TOTAAL	1 430		1 428

Formasie Oaktree

Die Formasie Oaktree volg op die Formasie Swartrifkwartsiet wat diskordant op 'n afgeskuurde granietvlak afgesit is. Aan die basis van die Formasie Oaktree is daar 'n 300 mm dik laag dolomiet wat aan die onderkant sandig is. 'n Skalielaag kom in die dolomiet voor 16 tot 30 meter bokant die basis; dié laag wissel in dikte van 16 tot 30 meter. Die skalielae in die formasie verweer baie maklik en word dus nie gereedlik in die veld waargeneem nie. 'n Uitstaande kenmerk van die dolomiet is dat dit chertvry is. Die sjokolade kleur wat ontstaan by verwerking is tipies. In die studiegebied is die formasie ingedring deur 'n aantal konkordante siënetplate. Die helling van die gelaagdheid wissel tussen 5 en 8 grade weg van die granietkoepel af.

Formasie Monte Christo

Die Formasie Monte Christo volg konkordant op die Formasie Oaktree en word onderskei as 'n chertryke dolomiet met groot koepelvormige stromatoliete. Die dolomiet het 'n ligter kleur as die onderliggende formasie en is oölities aan die basis. Dié formasie is die dikste met 'n geskatte stratigrafiese dikte van sowat 700 meter (Tabel 2.3.1.1). Vanaf die middel van die formasie neem die helling van die gelaagdheid opwaarts vinnig toe tot ongeveer 15 grade. Die meeste dorpsontwikkeling het dusver op hierdie formasie plaasgevind (Fig. 1.2 en Fig. 2.3.1.1).

Formasie Lyttelton

Die derde lid van die Groep Chuniespoort is die Formasie Lyttelton wat bestaan uit chert-arm donkerkleurige dolomiet met kenmerkende lang hoopvormige stromatoliete. Die dolomiet is besonder suiwer en word op verskeie plekke ontgin vir metallurgiese gebruik en as aggragaat. Die formasie dagsoom in die omgewing van Lyttelton, Erasmia en Irene. Die ontwikkeling van naatpatrone is op die termiese infrarooilynaftastingsopname duidelik sigbaar.

Formasie Eccles

Die Formasie Eccles is die jongste en is saamgestel uit chertryke dolomiet met groot en klein stromatoliete. Die chertlae is weer eens soos in die geval van die Formasie Monte Christo die beherende faktor in grotvorming. Groot karststrukture is met verkitte chertbreksie ingevul tot dieptes groter as 30 meter.

Jonger gesteentes

Die Formasie Rooihoogte van die Groep Pretoria se basale chertbreksie is op die erosievlak van die Formasie Eccles afgeset. Hierdie breksie is die sogenaamde Reuse Chert van die verouderde stratigrafiese kolom en verteenwoordig, volgens Jansen (1977), die chertpuin van vorige erosiesiklusse wat deur silisifisering van die matriksmateriaal van plek tot plek verkit is. Button (1969) en Visser (1969) is ook van mening dat die chertbreksie 'n residuele afsetting is wat *in situ* op die onreëlmatige karsttopografie gevorm het. Die verkitte chertbreksie in die studiegebied bied een van die betroubaarste funderingsmateriale naas vaste dolomietrots. By verskeie lokaliteite gradeer die chertbreksie in Bevetse konglomeraat, maar in ander areas is die Bevetse konglomeraat transgressief op 'n duidelike diskordansievlak afgeset. Die chertbreksie bevat soms selfs sandsteen en skalielense. Volgens Visser (1969), wissel die dikte van die chertbreksie tussen 0 en 60 meter in die Pretoria-omgewing. In die omgewing van Radio Uitkyk, in die suid-weste van Voortrekkerhoogte, is die breksie meer as 30 meter dik.

Skalie van die Formasie Rooihoogte word as loslappe op verskeie plekke op die chertbreksie aangetref soos byvoorbeeld suidwes van Generaal Kempheuwel, naby die Lugmaggedenkteken en in die omgewing van die uitbreidings van Monumentpark, wes van die snelweg na Jan Smutslughawe. Die skalie word maklik in die veld van dié van die Formasie Vryheid onderskei as gevolg van die rooi kleur wat aan ysteroksied toegeskryf word.

Loslappe van die Formasie Vryheid, bestaande uit skalie en ondergeskikte sandsteen, is op die Formasies Monte Christo en Eccles waargeneem. Die skalie se ouderdom is met behulp

van fossielafdrukke bepaal. Die ligkleurige, vaalbruin en wit skalie is dikwels van hoogstaande gehalte en word dan vir die vervaardiging van vuurvaste artikels aangewend. Loslappe op die Formasie Monte Christo kom voor by die Lugmagbasis Swartkop, die Militêre Lugvaartgeneeskundige Instituut en die bekende ekonomiese afsetting by Olifantsfontein. Voorkomste op die Formasie Eccles is dié by die Lugmagbasis Waterkloof, suid van Pierre van Ryneveld en oos van Olifantsfontein.

Intrusiewe stolrotse se ouderdomme strek vanaf die Transvaal in die geval van die Transvaaldiabaas, siënië (moontlik van Pilanesberg ouderdom), tot doleriet van ongeveer middel-Jura ouderdom. Hierdie gesteentes is hoofsaaklik intrusief in die Formasie Oaktree, die oorgangssone na die Formasie Monte Christo en basale gedeelte van die Formasie Monte Christo, hoër in die stratigrafiese kolom is dié intrusies meer seldsaam.

Geen sinkgatvorming is bekend waar konkordante stolrotsplate voorkom nie, selfs al oordek dit mangaanaarde in 'n posisie waar die grondwatervlak op aansienlik groter diepte is. Die verklaring hiervoor moet moontlik in die kleiige aard en dus relatief lae deurlatendheid van die verweerde stolrots geleë wees.

2.3.2 Struktuurgeologie

Na-Transvaalvervorming word hoofsaaklik toegeskryf aan die koepelwelwing van die Halfweghuisgraniet. Dit behels skuifskewing van die graniet onder die Formasie Swarttrif en verskuiwing van die oorliggende Opeenvolging Transvaal. Die effekte van die tektoniese aktiwiteit is veral langs die noordoostelike rand van die Halfweghuisgranietkoepel sigbaar. 'n Aantal verskuiwings word in die gebied tussen Voortrekkerhoogte en Lyttelton vermoed maar tot dusver is slegs een met kartering vir beplanningsdoeleindes bevestig. Buitengewone diep verwerking van meer as 60 meter langs lineêre sones in hierdie gebied bevestig die vermoede maar detailgegewens om die teenwoordigheid van 'n verskuiwing te bevestig ontbreek.

'n Prominente oorskuiwing wat duplisering van die Groepe Chuniespoort en Pretoria tot gevolg het, kom buite die oostelike grens van die gebied voor. Aan die noordelike grens van die gebied, noord van Laudium is daar 'n soortgelyke strekkingsverskuiwing op 'n kleiner skaal wat ook verdubbeling van dieselfde gesteentes as hierbo genoem tot gevolg het. Die isopagkaart opgestel deur Visser (1969) van verskeie litostratigrafiese onderverdelings van die Opeenvolging Transvaal toon 'n oorspronklike landoppervlak wat nie naastenby dieselfde vorm as die huidige koepel het nie. Isopagte van die Groep Chuniespoort strek dwarsoor die koepel en 'n rug met lae waardes word oos na wes langs die Witwatersrand uitgewys.

2.3.3 Mineralogie van dolomiet

Die struktuur van dolomiet kan volgens Bradley, *et al* (1953) voorgestel word as afwisselende lae CaCO_3 (kalsiet) en MgCO_3 (magnesiet). Die vervanging van Mg deur byvoorbeeld Fe^{2+} lei tot 'n vergroting van die eenheidsel. Dit is egter nie net Fe^{2+} wat Mg vervang nie maar ook talle ander katione soos blyk uit Tabel 2.3.3.1 gebaseer op die chemiese ontleding van 40 monsters wat deur die skrywer in die gebied suid van Pretoria geneem is.

TABEL 2.3.3.1
KATIONE BEPAAL IN DOLOMIET SUID VAN PRETORIA

Element	Oksidasie-toestand	Ioonstraal nm	Gemid. D.P.M.	Standaard afwyking	Aantal monsters
Mangaan	2+	0,080	6800	7700	40
Yster	2+	0,076	5700	9200	40
Barium	2+	0,134	55	48,61	17
Kobalt	2+	0,072	24	4,79	4
Strontium	2+	0,112	13	7,73	17
Vanadium	2+	0,088	12	5,02	17

Die ionstraalwaardes is verkry uit Weast (1968). Vir die 40 monsters in die bostaande tabel is die laagste en hoogste ysterinhoud 1100 en 61100 d.p.m. en vir mangaan is die ooreenstemmende waardes 2200 en 39800 d.p.m. Van die resultate van die 40 monsters se MnO – teenoor FeO -waardes is 'n korrelasiekoëffisiënt van 0,74 verkry. Daar bestaan dus 'n redelike goeie korrelasie tussen MnO - en FeO -waardes in die dolomietgebied suid van Pretoria wat op redelike bestendige afsettingstoestande dui. Langs die strekking van enige stratigrafiese horison is daar groot variasie in samestelling ten opsigte van die FeO en MnO moontlik. Verder weswaarts in die rigting van die Johannesburg-Pelindabapad is waardes van 2500 en 2200 d.p.m. respektiewelik vir FeO en MnO bepaal. Hieruit kan slegs afgelei word dat die pH- en Eh-toestande langs die strekking van 'n bepaalde horison of stratigrafiese verwysingsvlak verskil het gedurende en na afsetting van die oorspronklike kalksteen. Die dolomiet van die Groep Chuniespoort is die produk van dolomitisasie (Brink, 1979). Die lae chertinhoud, bepaal as SiO_2 , in die Formasie Lyttelton is tipies en deurgaans laer as 1,0 persent.

Werk gedoen deur Eriksson (1972), en Eriksson en Trusswell (1974) het bewys dat die dolomiet van die Groep Chuniespoort volgens die model van Irwin (1965) in 'n epikonti-

mentale vlak see afgeset is (sien Fig. 2.3.3.1). Met sy studie van die sikliese sedimentasie van die Subgroep Malmani in die Potchefstroomsinklinorium, kon Eriksson, (1972) siklusse van transgressie en regressie van die kuslyn bewys. Die oorsprong van die chert word deur Eriksson (1972), verklaar deurdat dit volgens die normale gang van verwerking in oplossing vervoer en in die epikontinentale see afgeset is. Mason (1962), wys daarop dat silika oplosbaar is by hoë pH-waardes en presipiteer by lae pH-waardes. Die geskikte toestande vir die presipitasie van silika heers volgens Illing (1965), in die sabkha (soutvlakte) in die tussengetygebied.

Die primêre bron van sedimente afgeset op die getyvlak is die mariene omgewing (Lucia, 1972). Die wyse waarop die getystrome heen en weer oor die getyvlakte vloei, word in die kenmerke van die gesteentes wat op die getyvlakte afgeset is gereflekteer. Daar word twee tipes vloei onderskei naamlik die normale aanspoeling van die gety en die kanalisering van die gety in kanale. Die kanale kan baie wissel in grootte vanaf 'n paar sentimeter tot etlike honderde meter wyd.

Die huidige insig in die vormingsproses van dolomiet is te danke aan die baanbrekerswerk van persone soos Alderman (1959), Taft (1961), Wells (1962), Curtis *et al* (1963), Skinner (1963), Illing (1964), en Lucia *et al* (1964). Die tegnieke om die ou afsettingsomgewings uit te ken is hoofsaaklik deur Shaw (1964) en Irwin (1965) uitgewerk. Volgens Deffeyes *et al* (1965) vorm dolomiet uit seewater deur 'n proses van verdamping waardeur die oplossing aan gips versadig word. Wanneer die gips presipiteer, vorm 'n dolomitiserende oplossing. Die swaar hipersoutoplossing syfer dan deur die supragetyoppervlak en dolomitiseer die onderliggende sedimente. Die kuslyn baken die omgewing wat gedolomitiseer word af van die wat nie sodanig beïnvloed word nie.

Dolomiet is die minste oplosbaar van die vier bekende karbonate te wete aragoniet, kalsiet, dolomiet en magnesiet. Die oplosbaarheid van die onderskeie karbonate by 25°C en 100 kPa totale druk word in Tabel 2.3.3.2 gegee.

Digitised by the Department of Library Services in support of open access to information, University of Pretoria, 2021

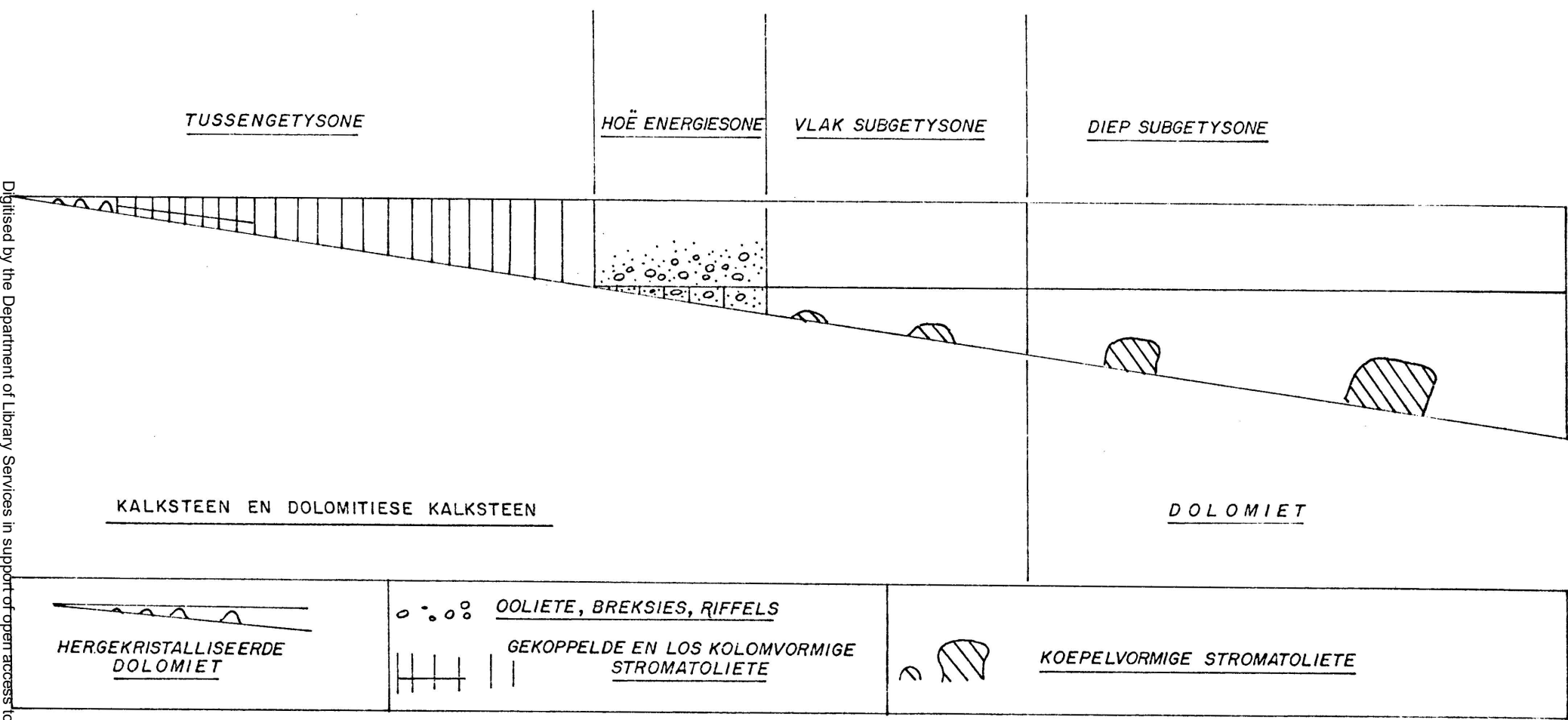


FIG.2.3.3.1. VERALGEMEENDE OMGEWINGSMODEL MET DIE VOORKOMSSONES VAN DIE KARBONAATTIPES
 (VOLGENS ERIKSSON ET AL, 1975).

TABEL 2.3.3.2
OPLOSBAARHEID VAN KARBONATE

Mineraal	Chemiese formule	Oplosbaarheids- produk*	Verwysing
Kalsiet	CaCO ₃	3,98 x 10 ⁻⁹	Langmuir, 1968
Aragoniet	CaCO ₃	5,62 x 10 ⁻⁹	Langmuir, 1964
Dolomiet	CaMg(CO ₃) ₂	10 ⁻¹⁷	Hsu, 1967
Magnesiet	MgCO ₃	7,9 . x 10 ⁻⁹	Langmuir, 1965

*Die oplosbaarheidsproduk word gedefinieër as die produk van die ioonkonsentrasies van 'n bestanddeel in 'n versadigde oplossing van die verbinding

Van die suiwerste dolomiet bekend is gemonster by Haley in Ontario, Kanada (Harker en Tuttle, 1955). In die onderstaande Tabel 2.3.3.3 word dit vergelyk met die ontledings van drie plaaslike dolomietmonsters (Brink, 1979) :

TABEL 2.3.3.3
ONTLEDINGS VAN VIER DOLOMIETMONSTERS

Element as oksied	Harker & Tuttle	Brink 1	Brink 2	Brink 3
FeO	0,22	2,75	2,19	1,85
MnO	0,00	1,54	3,76	3,17
MgO	21,12	19,63	19,46	19,53
CaO	31,27	26,75	29,65	30,49
CO ₂	47,22	49,34	44,95	44,96
TOTAAL	99,97	100,01	100,01	100,00
Ca/Mg	1,48	1,36	1,52	1,56

Die FeO- en MnO-waardes is opvallend hoër in die geval van Brink (1979) se ontledings. Eriksson *et al* (1975) vind dieselfde by Boetsap. Die dolomiet van die Groep Chuniespoort is meer as 2,2 x 10⁹ jaar oud en is een van die oudste sodanige opeenvolgings. Die bemonsteringslokaliteite vir Brink (1979), se monsters was langs die Johannesburg- Ventersdorppad. Hulle is van mening

dat die hoër persentasies divalente Fe en Mn in die Groep Chuniespoort se dolomiet daarop dui dat dit in ewewig met die atmosfeer was op die tydstip toe dit gepresipiteer is. Dit dui op 'n laer suurstofinhoud en hoër CO₂-inhoud in die Voorkambriese atmosfeer soos voorgestel deur Holland (1962) en Cloud (1972). Dit is ook 'n aanduiding dat presipitasie onder die oksidasie-reduksiegrens plaasgevind het (Figure 2.3.3.2 en 2.3.3.3) aangesien yster by 'n gegewe pH by 'n laer Eh as mangaan presipiteer. Aangesien daar nie oksiede van Fe en Mn in die dolomiet gevind is nie, lei Eriksson *et al* (1975) af dat die teenwoordigheid van hierdie elemente in die gesteente bepaal word deur die karbonaatewewig. Uitgaande van krommes wat die samestellings van versadigde oplossings van FeCO₃, MnCO₃ en CaCO₃ as 'n funksie van P_{CO₂} (parsiele koolsuurgasdruk) en pH voorstel en die aanname dat die kalsiuminhoud van die riviere in die vroeë Proterosoikum nie veel van vandag verskil het nie, moes Fe en Mn in riviere wat 'n pH van 6,6 gehad het in oplossing gewees het. Waar die riviere in die see uitmond, was die pH hoër as 7,5 wat ook van die P_{CO₂} afhanklik is. In hierdie omgewing sou ysterkarbonaat en 'n kleiner hoeveelheid mangaankarbonaat presipiteer. Hierdeur sou sedimente met 'n hoër Fe/Mn verhouding gevorm het. Onder versadigde toestande met verwysing na divalente Fe, Ca en Mn kan vervanging van Ca deur ander divalente katione plaasvind in plaas van die afsonderlike presipitasie van verskillende karbonate. Hieruit blyk dit dus dat daar 'n verband bestaan wat soos volg voorgestel kan word :

$$[\text{metaal}] = \frac{K [\text{H}^+]^2}{P_{\text{CO}_2}} \quad (\text{Eriksson } et \text{ al, } 1975)$$

Waar :

[metaal] = metaalionkonsentrasie

K = konstante bepaal deur die ewewigskonstantes vir die ontbinding van die karbonaat en die oplosbaarheidsproduk van die metaalkarbonaat.

[H⁺] = waterstofioonkonsentrasie

P_{CO₂} = parsiele koolsuurgasdruk

Die parsiele druk van 'n spesifieke gas in 'n houer wat met 'n gasmengsel gevul is, is die druk wat die genoemde spesifieke gas sou uitoefen indien dit op sy eie die volume gevul het.

Volgens Deer *et al* (1963) gee abnormale groot hoeveelhede Mn aanleiding tot 'n ligroos kleur in die dolomiethandmonster. Lae MnO-waardes dui op vlak sub- en tussengetyvlak afsettingsomgewings en die dolomiet wat tussengelaagd is met skalie, is aanduidend van 'n vlak subgetyvlakomgewing. Die tussengelaagde dolomiet en skalie aan die basis van die Formasie Oaktree is dus tipies van so 'n afsettingsomgewing.

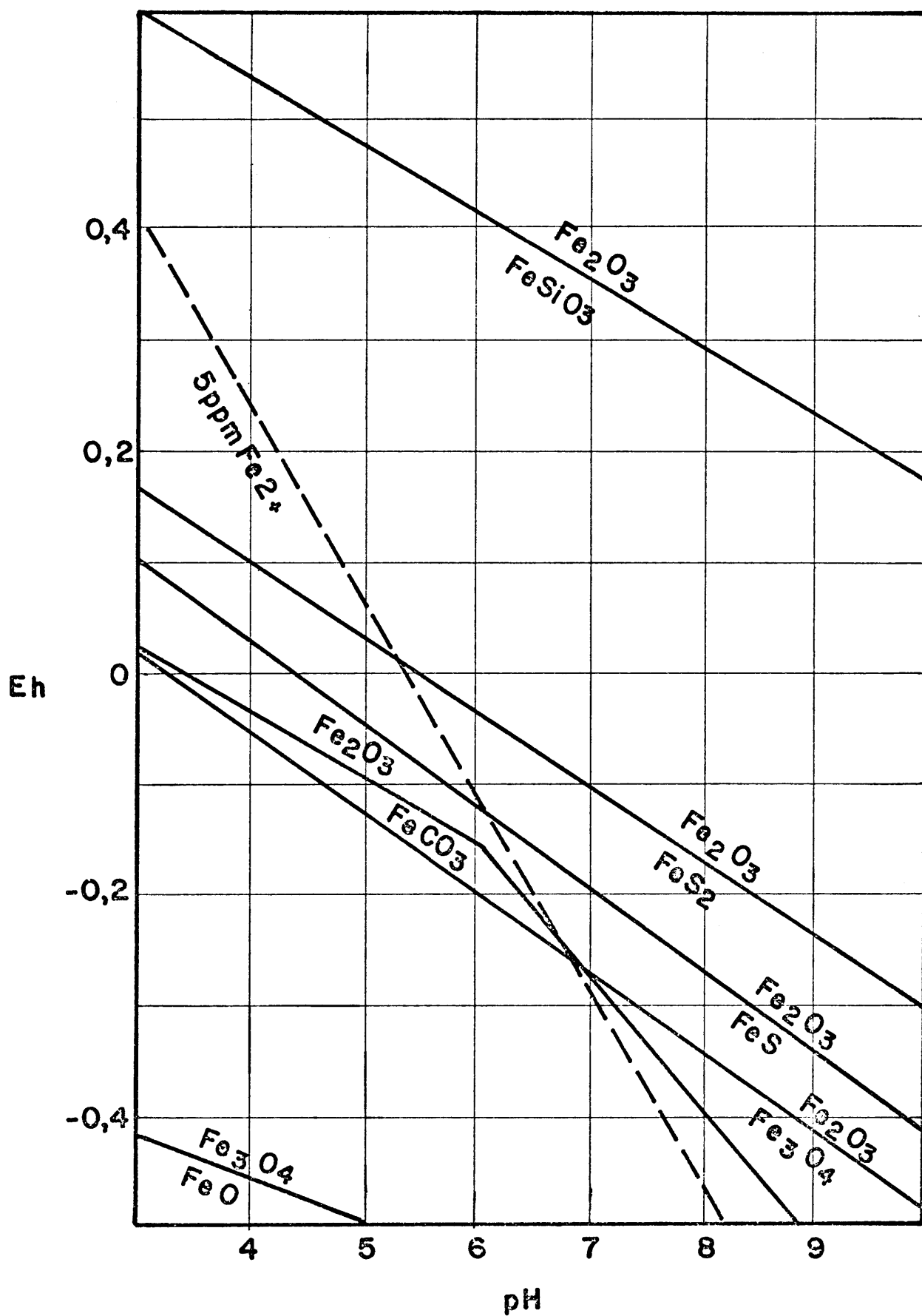


FIG.23.32 Eh - pH DIAGRAM VIR WATERVRYE YSTER =
VERBINDINGS. (VOLGENS KRAUSKOPF, 1957).

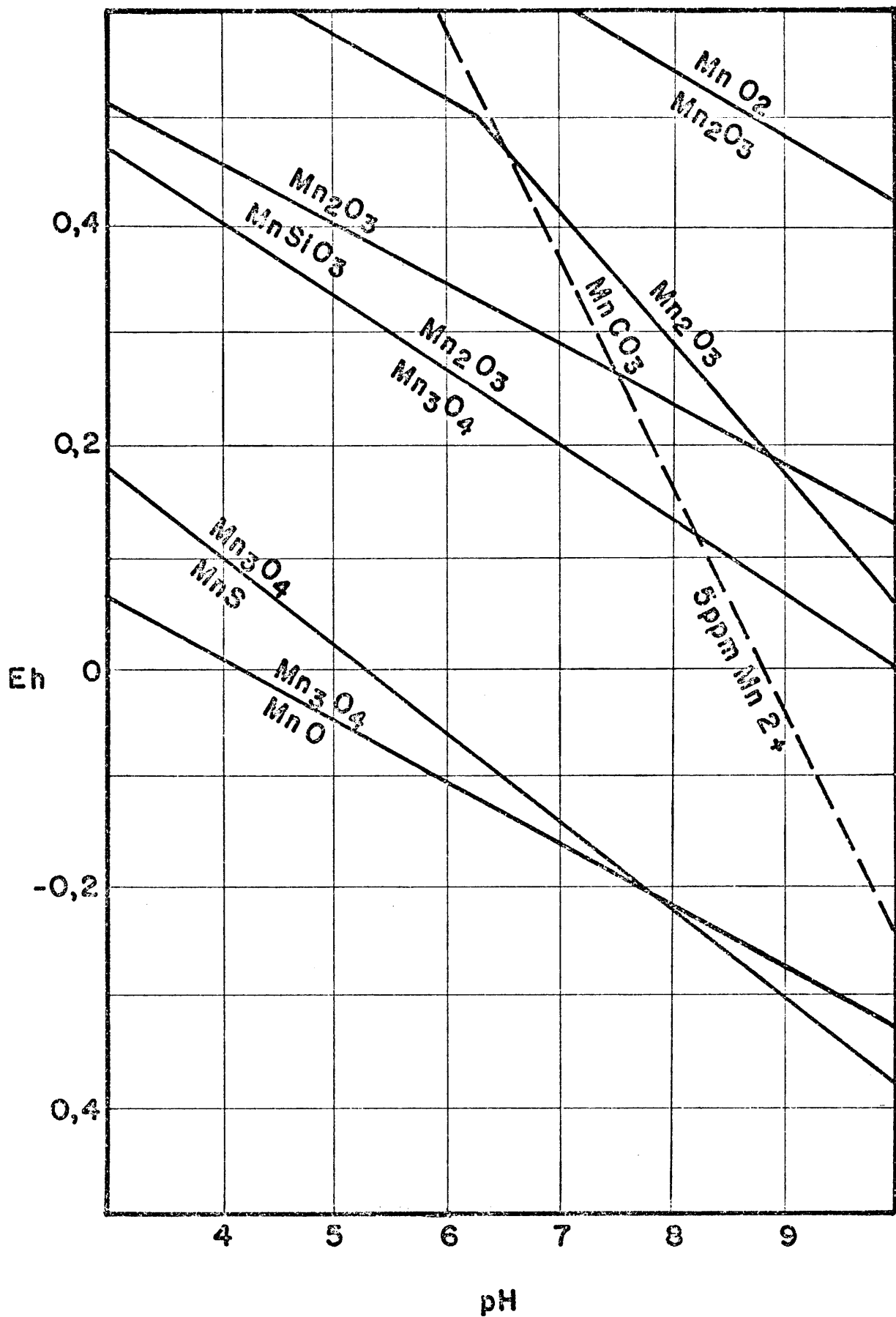
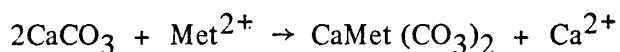


FIG.23.3.3 Eh - pH - DIAGRAM VIR WATERVRYE MANGAAN =
VERBINDINGS. (VOLGENS KRAUSKOPF, 1957).

Volgens Eriksson *et al* (1975) is dolomitisasie 'n eenvoudige proses van ionuitruiling met die oplossing wat deursyfer volgens die reaksie :



waar Met^{2+} enige van die volgende kan wees Mg^{2+} , Fe^{2+} of Mn^{2+} .

Die onderstaande (Tabel 2.3.3.4) is 'n aantal chemiese ontledings (deur NIM tans MINTEK) van die Groep Chuniespoort in die gebied suid van Pretoria gedoen op monsters wat deur die skrywer versamel is. Die lokaliteite word op Fig. 1.2 aangedui.

TABEL 2.3.3.4
CHEMIESE ONTLEDINGS VAN DOLOMIET VAN DIE GROEP CHUNIESPOORT

Formasie Oaktree

Element as oksied	Monsternommer	
	K23	K24
FeO	1,36	0,86
MnO	3,72	1,04
MgO	19,65	20,88
CaO	30,22	30,19
CO ₂	45,05	47,03
TOTAAL	100,00	100,00
FeO/MnO	0,37	0,83
MgO/MnO	5,28	20,08
CaO/MgO	1,54	1,45

Formasie Monte Christo

Element as oksied	Monsternommer					
	H37	L23	L24	M23	M24	N23
FeO	0,38	0,35	0,53	0,23	0,09	0,59
MnO	0,74	0,28	0,56	0,34	0,45	0,65
MgO	21,31	22,13	21,06	22,06	19,81	21,47
CaO	30,45	30,12	30,11	30,04	32,84	30,74
CO ₂	47,07	47,12	47,14	47,32	46,80	46,55
TOTAAL	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00
FeO/MnO	0,51	1,25	0,95	0,68	0,20	0,91
MgO/MnO	28,86	79,04	38,68	64,88	44,04	33,03
CaO/MgO	1,43	1,36	1,43	1,36	1,66	1,43

Element as oksied	Monsternommer					
	N24	N27	N28	N29	N30	N33
FeO	0,12	0,37	0,44	0,30	0,54	0,44
MnO	0,50	0,33	0,38	0,45	0,41	0,24
MgO	22,20	22,27	21,95	21,88	22,07	22,19
CaO	30,49	30,65	30,43	30,75	30,27	30,08
CO ₂	46,69	46,38	46,80	46,62	46,71	47,05
TOTAAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
FeO/MnO	0,24	1,12	1,16	0,67	1,32	1,83
MgO/MnO	44,40	67,48	57,76	48,62	53,83	92,46
CaO/MgO	1,37	1,38	1,39	1,41	1,37	1,36

Formasie Lyttelton

Element as Oksied	Monsternommer					
	J37	N31	O27	O28	O29	O30
FeO	0,81	0,44	0,42	0,42	0,48	0,53
MnO	0,75	0,35	0,84	0,39	0,74	0,98
MgO	21,51	21,81	21,41	21,51	21,44	21,50
CaO	30,48	30,39	30,47	30,76	30,41	30,30
CO ₂	46,45	47,01	46,85	46,92	41,93	46,69
TOTAAL	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00
FeO/MnO	1,08	1,26	0,50	1,08	0,65	0,54
MgO/MnO	28,68	62,31	25,49	55,15	28,97	21,94
CaO/MgO	1,42	1,39	1,42	1,43	1,42	1,41

Formasie Eccles

Element as oksied	Monsternommer				
	I39	O23	O24	P23	P24
FeO	0,59	0,67	0,32	0,86	0,67
MnO	0,48	0,55	0,52	0,83	0,72
MgO	21,75	21,48	21,98	21,31	20,90
CaO	30,82	30,26	30,27	30,86	30,95
CO ₂	46,36	47,04	46,90	46,13	46,76
TOTAAL	100,00	100,00	99,99	99,99	100,00
FeO/MnO	1,23	1,22	0,62	1,04	0,93
MgO/MnO	45,31	39,05	42,27	25,67	29,03
CaO/MgO	1,42	1,41	1,38	1,45	1,48

Volgens Wolf *et al* (1967) het stromatoliete heelwaarskynlik gevorm deur alge wat die kalkerige debris met hulle filamente en selle vasgevang het. Meer onlangs is Groves *et al* (1981) van mening dat dit nie noodwendig net alge is wat die kalkerige materiaal vasvang nie maar dat bakterieë ook in die verlede 'n rol kon gespeel het. Hulle verklaar die vorming van chert as 'n tweeledige proses. Eers word die sand en ander vlakwaterafsettings afgesit. Op 'n later stadium sirkuleer silikaryk water deur die poreuse sediment wat die oorspronklike minerale oplos en met silika vervang wanneer die temperatuur en pH gunstig is.

Die hoë silika-inhoud van die water word verklaar deur die afwesigheid van organismes soos sponse en diatome wat hulle skelette uit silika opbou. In die Voorkambrium is daar geen silikafikserende organismes bekend nie. Die silika in oplossing was volgens Groves *et al* (1981) uit vulkaniese gesteentes deur vulkanies verhitte water uitgeloog. Stromatoliete vorm onder moderne toestande by Sharkbaai in Wes-Australië deur sianobakterieë. Dit is bakterieë wat fotosinteer en vroeër blougroen alge genoem is, wat daar floreer (Groves *et al*, 1981).

Volgens Deer *et al* (1963) is die geïdealiseerde Ca/Mg verhouding op atoombasis 1:1 of 1,67 : 1 op 'n massabasis. Bisell en Chilingar (1967) stel die volgende benamings wat op die Ca/Mg verhouding gebaseer is, voor : (Tabel Tabel 2.3.3.5) :

TABEL 2.3.3.5
BENAMING VAN KARBONAATGESTEENTES

Gesteentenaam	Ca/Mg Massaverhouding
Hoogsdolomitiese kalksteen	4,74 – 16
Dolomitiese kalksteen	16 – 60
Effens dolomitiese (of magnesiese) kalksteen	60 – 105
Kalsitiese kalksteen	> 105

Die besonder suiwer dolomiet van Harker en Tuttle (1955) se Ca/Mg massaverhouding is 1,48. Vergelyk in hierdie verband in (Tabel 2.7) die meer volledige chemiese ontleding van dolomiet van die Formasie Lyttelton wat deur die skrywer gemonster is :

TABEL 2.3.3.6
CHEMIESE ONTLEDING OP DOLOMIET VIR DIE FORMASIE LYTTTELTON

Monster 030	Bestanddeel	Persentasie
	SiO ₂	0,71
	Al ₂ O ₃	<0,02
	Fe ₂ O ₃	0,07
	FeO	0,52
	MgO	21,13
	CaO	29,78
	Na ₂ O	0,08
	K ₂ O	0,05
	CO ₂	45,89
	TiO ₂	<0,02
	P ₂ O ₅	<0,02
	MnO	0,96
	Totaal	99,25
	Ca/Mg	1,41
	Fe/Mn	0,54

Dit volg dus dat die dolomiet van die Formasie Lyttelton gebaseer op Bissell en Chilingar (1967) se klassifikasie sonder twyfel dolomiet is. Die gemiddelde Ca/Mg massaverhouding vir die onderskeie formasies in die Groep Chuniespoort suid van Pretoria word in Tabel 2.3.3.7 gegee :

TABEL 2.3.3.7
GEMIDDELDE Ca/Mg MASSAVERHOUDING VIR DIE GROEP CHUNIESPOORT

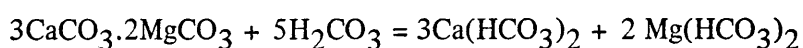
Formasie	Gemiddelde Ca/Mg massaverhouding	Standaard- afwyking
Oaktree	1,5	0,06
Monte Christo	1,41	0,08
Lyttelton	1,41	0,07
Eccles	1,43	0,04

Al bogenoemde gesteentes kan derhalwe as dolomiet geklassifiseer word.

2.3.4 Verwering van dolomiet

Dolomiet is 'n digte, ondeurlatende gesteente wat volgens Brink (1979), 'n poreusheid van minder as 0,3 persent het. Die verwering van dolomiet is 'n chemiese oplossingsproses wat gekonsentreerd langs diskontinuiteite soos nate en verskuiwings plaasvind.

Die swak-suur grondwater wat deursyfer los dolomiet soos volg op :



Dolomiet + Koolsuur = Kalsiumbikarbonaat + Magnesiumbikarbonaat

Die hoogsoplosbare bikarbonate word in oplossing weggevoer. Die relatief minder oplosbare oksiede en hidroksiede van mangaan en yster word agtergelaat en staan as mangaanaarde bekend.

Sparks (1972) heg groot waarde aan die feit dat lug wat in die grondporieë voorkom tot 25 persent CO_2 , op 'n volumebasis kan bevat in teenstelling met die lae waarde van 0,03 persent CO_2 wat as gemiddeld vir die atmosfeer aanvaar word. Die opname van CO_2 deur die vadose water vergroot diskontinuiteite deur oplossing totdat die water versadig is aan die bestanddele van dolomiet. Hierdie proses lei uiteindelik tot die vorming van toringrotse met hulle kenmerkende afgeronde voorkoms.

In die chertvrye horisonne word mangaanaarde gevorm wat, afhangende van die moedergesteente se litologiese samestelling, ook sand en klei kan bevat. Die chertbevattende horisonne verweer tot 'n vermenging van chert en mangaanaarde. Waar die chertlagies met dun lagies dolomiet tussengelaagd is, vorm 'n tipiese chertryke residuum.

Vadose water wat die freatiese sone aanvul is dus as gevolg van die oplossingsproses reeds aan die bestanddele van dolomiet versadig. Die freatiese grondwater kan onversadig ten opsigte van dolomiet word deur bymenging van vars water, tydens vloede of as gevolg van temperatuurverlaging wanneer meer CO_2 in oplossing gehou kan word (Thraikill, 1968). Freatiese water wat onversadig is aan kalsium en magnesium sal in staat wees om grotvorming te bevorder.

2.3.5 Grondwatertoestande

'n Vlak dolomitiese grondwatervlak kan vir die doel van dorpsstigting aanvaar word om minder as 30 m vanaf die grondoppervlak te wees.

Verhewe grondwatervlakke in Karooloslappe in gebiede wat aan ontwatering onderhewig is of in die toekoms ontwater mag word moet nie toegelaat word om te dreineer nie, dit word bereik deur boorgate van voering te voorsien. Indien ontwatering sou plaasvind sal konsolidasie met daarmee gepaardgaande differensiële versakking en skade aan strukture en dienste intree. Ontwatering van die Karooskalie kan met behulp van piësometers gemonitor word om die waterdruk te meet.

2.4 SINKGATE EN VERSAKKINGS

Die term karst is ontleen aan die Karstgebied in Joego-Slawië, dit beskryf die kenmerkende verwerking van kalksteen en dolomiet deur uitloging. Tipiese kenmerke is sinkgate, geslote versakkings, grotvorming en ondergrondse riviere. Suid-Afrikaanse karst verskil van die in Joego-Slawië vanweë die stolrots gange wat grondwaterkompartemente vorm.

2.4.1 Die meganisme van versakking en sinkgatvorming

'n Sinkgat is 'n steilkantige opening wat in die deklaag vorm deur die instorting of invloeing van die deklaag in 'n erosie- of oplossingsholte.

Die vorming van sinkgate en versakkings is deel van die karstontwikkelingsproses. Voor dat karst ten volle kan ontwikkel is daar, volgens Thornbury (1969) vier voorwaardes waaraan voldoen moet word :

- 1) 'n Oplosbare gesteente, verkieslik kalksteen moet naby aan die oppervlak teenwoordig wees.
- 2) Die oplosbare gesteente moet dig wees, hoogs genaat en verkieslik dungelaagd. Hierdie toestande begunstig uitloging langs die nate in plaas van dreinerings deur die hele rotsmassa, analoog aan 'n spons.
- 3) Die topografie moet bestaan uit hooglande met ingesnyde valleie wat deur goed genate oplosbare gesteente onderlê is. Hierdie toedrag van sake bevorder afwaartse dreinerings deur die oplosbare gesteente.
- 4) Die gebied moet minstens 'n matige reënval hê.

Die voorkoms van sinkgate is sedert die vroeë jare in die omgewing suid van Pretoria bekend (Hall, 1905). Die vroegste gepubliseerde beskrywing oor die vorming van sinkgate in die Groep Chuniespoort suid van Pretoria is dié van Enslin (1951). 'n Insiggewende waarneming is dat die meeste sinkgate in die boonste 30 tot 60 m van die Groep Chuniespoort in die chertryke sone, wat vandag as die Formasie Eccles bekend staan, voorkom. Ten einde die ontwikkeling van gedagtes oor die meganisme van versakking en sinkgatvorming te illustreer, word 'n aantal aanhalings uit verslae en publikasies van gesaghebbende persone hieronder weergegee :

Alle sinkgate vorm as gevolg van 'n oormaat water wat insyfer en die ewewig van 'n krities gebalanseerde boog los materiaal aan die grondoppervlak versteur (Enslin en Smit, 1955).

Die gebied onder bespreking is dié suid van Pretoria. Die oormaat water kan afkomstig wees van lekkende pype, reservoirs wat lek, stapelriole, oppervlakversameling van stormwater en selfs die oorbenatting van tuine. Volgens Enslin en Smit (1955) vorm sinkgate wanneer daar aan die volgende vereistes voldoen is :

- 1) Ondergrondse holtes moet bestaan waarin die los oppervlakpuin kan instort, die holtes moet naby aan die grondoppervlak wees. Die holtes het gevorm deur die oplossing van dolomiet deur grondwater. Die bewegingstempo van die water is hoër bo die grondwatervlak en dit is vanselfsprekend dat die voginhoud net bo die grondwatervlak kan wissel. Sinkgate is dus meer algemeen in 'n gebied waar die grondwatervlak diep is.
- 2) Skielike instorting van die los materiaal met versteuring van die ewewig deur oormaat water is net moontlik as die stutte van die boog wat gewoonlik toringrotse of soliede dolomietwande is, amper tot aan die oppervlak reik en dus gladde vlakke vorm waarlangs glyding kan plaasvind.

Indien die dolomiet oor 'n redelike groot oppervlakte en tot dieptes van 15 m of meer met chertrotsblokke, puin of grond bedek is, sal versakking van die los materiaal in die dieper holtes hoogstens 'n stadige sakking aan die oppervlak veroorsaak (Enslin en Smit, 1955).

Volgens Donaldson (1963) word daar vier voorwaardes onderskei waaraan sinkgatvorming onderhewig is :

- 1) Daar moet holtes beskikbaar wees waarin die geërodeerde materiaal kan inspoel, in dié geval is dit oop skeure en holtes in die dolomiet.
- 2) Daar moet 'n sterk genoeg vloei van water wees om die materiaal te erodeer. Hierdie vereiste kan eintlik in twee verdere vereistes onderverdeel word :

2.1) Daar moet 'n bron van water wees.

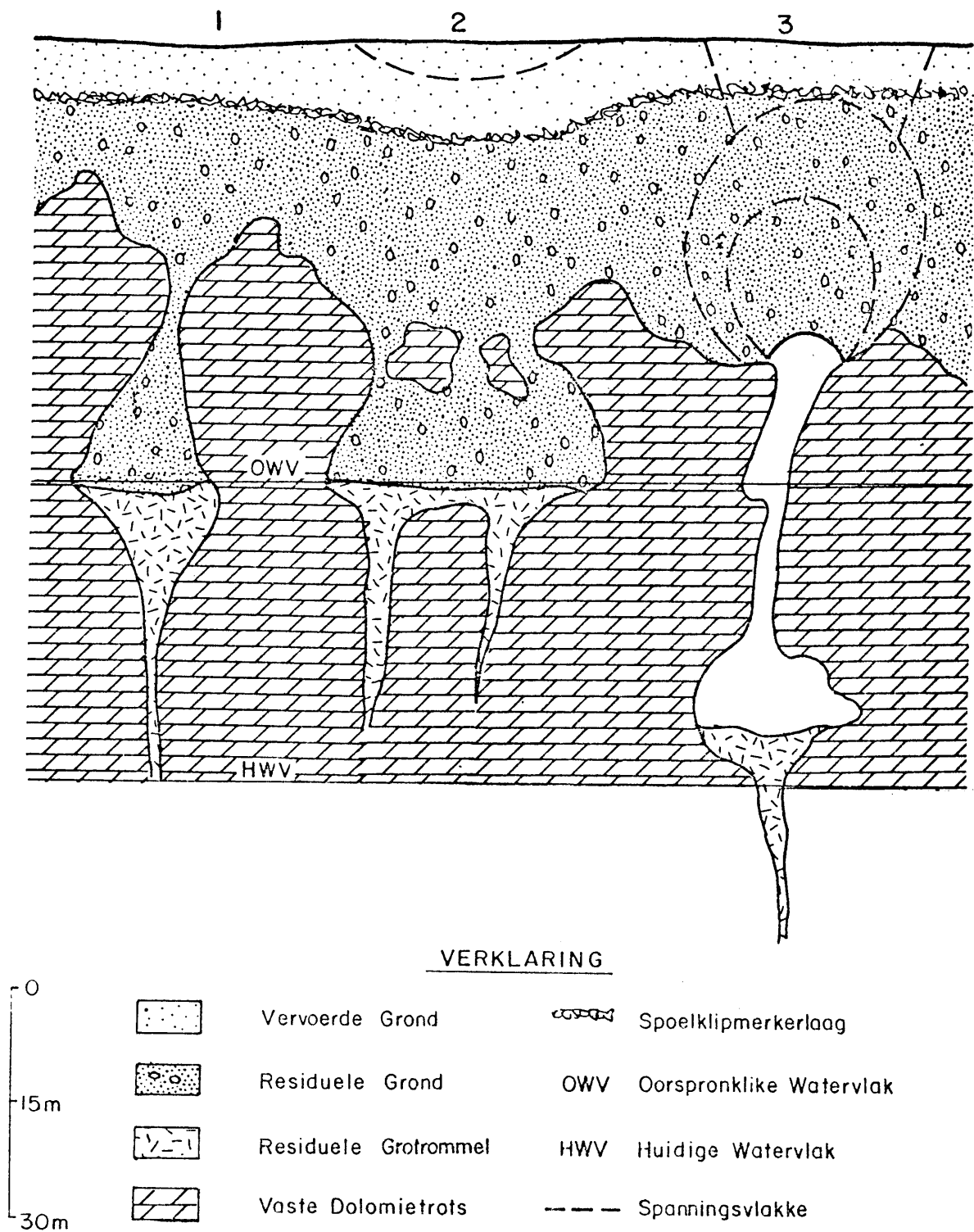
- 2.2) Die deurlatendheid van die grond moet sodanig wees dat dit 'n sterk genoeg vloei sal verseker om erosie te bewerkstellig.
- 3) Nou verwant aan die tweede vereiste is die veronderstelling dat die grond wel deur water geërodeer kan word. Verweringsprodukte van dolomiet soos fyn sand en chertpuin, is beide materiale wat deurlatend en nieklewend is en dus maklik erodeer.
- 4) Die grond moet genoeg inherente sterkte besit om 'n tydelike dak oor die geërodeerde gedeelte te kan vorm.

Aangesien die grond volgens Donaldson (1963) nie 'n filter in sigself is nie, sal 'n hidrouliese gradiënt wat hoog genoeg is, die fyner partikels laat uitwas en die grond se struktuur sal dan swig. Die toestande in die gebied suid van Pretoria stem ooreen met die toestand waar die grondwatervlak reeds diep afgetrek is soos deur Brink *et al* (1965), voorgestel (Fig. 2.4.1.1).

Die potensiële gevaar wat sinkgate vir die publiek en algemene ontwikkeling inhou is onderstreep deur die gebeure aan die Verre Wes-Rand wat met ontwatering van die dolomitiese grondwaterkompartemente aldaar in verband staan. Die probleme aan die Verre Wes-Rand is gedokumenteer in onder andere artikels deur De Kock (1964); Brink en Partridge (1965); Jennings *et al* (1965); Jennings (1965); Bezuidenhout en Enslin (1969); Kleywegt en Enslin (1973).

Foose (1953) beskryf sinkgate wat in die Hersheyvallei in Pennsylvanië net na ontwatering gevorm het. Die sinkgate het begin vorm gedurende die tweede maand nadat ontwatering in die Spring Creekvallei deur 'n myn begin is. Die gate het gewissel van 0,3 tot 6,0 m in deursnit en 0,6 tot 3,0 m diep. Al die sinkgate het steil wande gehad asof die bodem skielik uitgetrek is en die grond sonder ondersteuning dan vinnig na onder ingegly het. Dit is volgens Foose (1953) wat in werklikheid wel gebeur het. Na die ontwatering het daar meer sinkgate gevorm as wat tot op daardie stadium in die omgewing bekend was.

In die omgewing van Bankstasie aan die Verre Wes-Rand was die grondwatervlak op 14,25 m diepte voor ontwatering. Tydens die ontwatering het die eerste twee sinkgate gevorm toe die watervlak 6,5 m afgetrek is. Die onttrekking van water het besonder groot versakkings laat vorm weens konsolidasie van die saamdrukbaar residuum wat hoofsaaklik uit mangaanaarde saamgestel is, (Brink, 1965). Gedurende die 18 maande nadat ontwatering van die Bankkompartement begin het, het 65 sinkgate gevorm. Met 30 m ontwatering het 83 persent van die totale aantal sinkgate, ten opsigte van die aantal sinkgate aan die einde van 1972, reeds gevorm. Sinkgate met relatief kleiner diameters het nader aan



FIGUUR 2.4.1.1 ONDERGRONDSE TOESTANDE TYDENS DIE VORMING VAN SINGKATE EN VERSAKKINGS AAN DIE VERRE WES-RAND.

1. Stabiele toestande geen oppervlakverandering nie
2. Toestande by versakking
3. Toestande vir katastrofiese sinkgatvorming (volgens A.B.A. Brink 1965)

die Wonderfonteinspruit gevorm en slegs enkeles, maar wat aansienlik groter is, nader aan die Gatsrand (gevorm deur die Formasie Timeball Hill ten suide van Westonaria en Carletonville met heuwelglooiing na die noorde).

Die ondergrondse toestande aan die Verre Wes-Rand tydens die vorming van sinkgate word volgens Brink *et al* (1965) soos volg verklaar (Fig. 2.4.1.1) :

- 1) Stabiele toestande heers waar die grondwater nie tydens ontwatering deur konsolideerbare materiaal afgetrek word nie, die vaste rots naby aan die oppervlak en bo- kant die oorspronklike grondwatervlak is en die opening in die vaste dolomietrots relatief nou is.
- 2) Vaste dolomietrots is gemiddeld dieper geleë as in die eerste geval en die grond- watervlak word dus tydens ontwatering deur konsolideerbare materiaal in 'n rela- tief wye vallei tussen die vaste rots afgetrek. Die resultaat is stadige versakking.
- 3) Toestand 3 is ook 'n geval waar die vaste dolomietrots relatief diep geleë is maar met die groot verskil dat daar 'n ondergrondse holte bestaan wat die deklaagpuin van die grondboog kan bevat indien dit sou instort. Spanningsvlakke strek vanaf die vaste rots tot aan die oppervlak en deur stelselmatige afskilfering van die boog vind verswakking plaas totdat die boog instort en die sinkgat aan die oppervlak deurbreek.

Jennings *et al* (1965) onderskei vyf interafhanklike toestande wat noodsaaklik is alvorens 'n sinkgat vorm :

- 1) Daar moet aanliggende stywe (star) materiaal wees om as stut vir die dak oor die holte te kan dien. Die funksie word gewoonlik deur toringrotse verrig. Die span moet nie sodanig wees dat die sterkte van die dakmateriaal oorskry word nie.
- 2) 'n Toestand van boogvorming moet in die residuum ontwikkel, dit wil sê 'n deel van die vertikaalwerkende eie gewig moet deur die boë na die stutte oorgedra word. Volledige boogvorming sou ingetree het wanneer die vertikale spanning langs die intrados van die boog nul is.
- 3) 'n Holte moet in die residuum onder die boog vorm. Die holte mag klein wees, byvoorbeeld 'n horisontale kraak wat nie deur boorwerk ontsluit kan word nie.
- 4) 'n Reservoir (opening/holte) moet in die bodemrots onder die boog bestaan waar- in die materiaal kan beweeg om die holte te vergroot. 'n Meganisme vir die ver- voer van die puin soos byvoorbeeld water is noodsaaklik.

- 5) Wanneer 'n holte van voldoende afmetings in die puin ontstaan het, moet daar 'n versteurende middel intree om die dak te laat instort. Die holte sal progressief na bo beweeg in die rigting van die oppervlak. Water is gewoonlik die middel wat die instorting van stapel stuur. Dit veroorsaak of verlies aan sterkte of spoel kritiese bindende of sluitende materiaal uit.

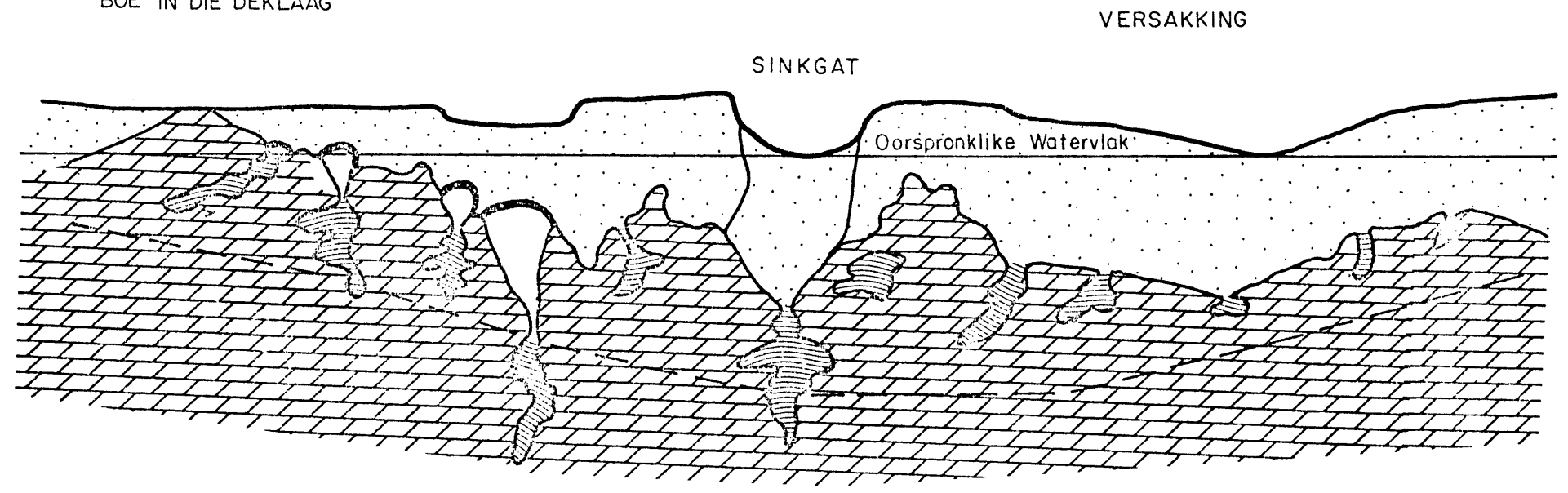
Jennings (1966) onderskei vier snellermeganismes wat sinkgatvorming laat plaasvind :

- 1) Oormatige benatting van die boogmateriaal wat 'n verlies aan sterkte tot gevolg het. Dit is die mees algemene snellermeganisme.
- 2) Aardbewings wat vertikale en horisontale versnellings veroorsaak wat dus die materiaal in die boog kan beïnvloed.
- 3) Grondbewegings veroorsaak deur versakking wat met mynbou geassosieer is. Hierdie bewegings mag onreëlmatig wees en aanleiding gee tot differensiële beweging wat die boog kan vervorm.
- 4) Oppervlakbelading van 'n vibrerende aard, veral waar die vibrasie-energie groot en aanhoudend is.

Die basiese aanname dat daar 'n holte van toereikende afmetings moet wees waarin die puin kan stort, het 'n probleem geskep in die geval van die besonder groot sinkgate wat aan die Verre Wes-Rand gevorm het. Die probleem is hoofsaaklik daarin geleë dat die nie prakties moontlik is om 'n dak in puin daar te stel met die ordegrootte span wat deur die omstandighede vereis word nie. Eksperimentele werk deur K. Knight (Foose, 1967) suggereer ook dat die holte in die puin met 'n diameter gelyk aan die van die sinkgat wat gevorm het nie die oorheenliggende deklaagdruk sou kon weerstaan nie. Foose stel voor dat 'n aantal kleiner holtes, oorspan deur kleiner boë tussen die toringrotse, naby genoeg aan mekaar voorkom sodat, wanneer die holte deur die aaneenskakeling van die kleiner holtes vergroot, hulle skielik in een groot holte wat dan te groot is vir die vrag wat dit moet dra kan saamsmelt en ineens stort. Eksperimentele studies deur K. Knight op aandrang van Foose (1967), het bewys dat dit nie net moontlik is nie maar dat die teorie ook die mees aanvaarbare verklaring vir die reuse sinkgate bied. Dit sal, volgens Foose (1967), ook help om die groot hoeveelheid bestaande holtes waarin die puin kan stort, asook die spoed waarmee die puin deur die veelvuldige openinge afbeweeg, te verklaar (Fig. 2.4.1.2). Kleywegt en Enslin (1973) aanvaar nie net horisontale verspreiding van holtes nie maar ook vertikale verspreiding.

Brink (1979) stem nie saam met Foose (1967) nie, veral omdat die eksperiment deur Knight, toestande nie getrou naboots nie aangesien die bykans altyd teenwoordige ferri-

ONTWIKKELING VAN VEELVULDIGE
BOË IN DIE DEKLAAG



FIGUUR.2.4.1.2 VERLAGING VAN DIE GRONDWATERVLAKE BEVORDER UITDROGING EN AFWAARTSE
BEWEGING VAN DIE PUIN IN DIE HOLTES IN DIE BODEMROTS. TWEE VERSKYNSELS
ONTSTAAN. NAAMLIK VERSAKKING BO DIE EGALIGE BODEMROTS. SINKGATE BOKANT GEBIEDE
MET TORINGROTSVERWERING . (VOLGENS FOCSE, 1967)

kreetlaag nie in aanmerking geneem is nie. Brink is van mening dat die ferrikreetlaag aansienlik bydra tot die sterkte van die boog, hy onderskryf sy argument deur te verwys na die feit dat alle groot sinkgate sirkelvormig is. Die voortgesette afwaartse beweging van die ingestorte puin verklaar Brink (1979) deur die feit dat die werklike keel van die sinkgat verberg is en dat die los materiaal wat dit aanvanklik bedek het mettertyd vassak. Die skrywer ondersteun hierdie mening aangesien dit dikwels gebeur dat die keel op 'n later stadium deur water oopgespoel word.

Die jongste opsomming van die faktore wat van belang is by die vorming van sinkgate is dié deur Kleywegt (1980). Drie opeenvolgende faktore is onderskei :

- 1) Daar moet 'n moontlikheid bestaan vir boogvorming in die deklaag. Die vertikale las van die deklaag moet deur stewige stutte gedra word en die vertikale spanning aan die onderste oppervlak van die boog moet nul wees. (Analoog aan Jennings *et al* (1965) se tweede voorwaarde).
- 2) 'n Holte van afdoende afmetings moet bestaan onder die boog vorm om die materiaal van bo af te ontvang en bevat. (Jennings *et al* (1965) vyfde voorwaarde).
- 3) Die materiaal wat die holte oorbrug moet kohesie verloor en die dak of boog of gedeelte daarvan moet instort. (Gedeeltelik ooreenstemmend met Jennings *et al* (1965) vyfde voorwaarde).

Versakkings

Volgens Williams (1969) kan daar tussen drie tipes versakking onderskei word :

- 1) *Oplossingsversakking*
Hierdie tipe versakking vorm as gevolg van stadige oplossing langs nate in die vaste rots waardeur vassakking en verlaging van die grondoppervlak plaasvind. Aan die oppervlak vertoon dit as 'n geslote versakking. (Dit is die tipe versakking wat suid van Pretoria vorm).
- 2) *Alluviale versakkings*
Daar bestaan 'n sterk ooreenkoms met die voorafgaande tipe. Deur oplossing oor geologiese tydperke heen word die nate in die rots sodanig vergroot dat die oppervlakmateriaal daarin stort om koniese krateragtige komme te vorm. Plaaslik sal hierdie soort versakking as 'n sinkgat vertolk word.

3) *Swigtingsversakking*

Dit is welbekende versakkings, soms van baie groot omvang (dit kan etlike hektaar beslaan) wat tydens ontwatering aan die Verre Wes-Rand gevorm het. Volgens Brink (1979), (Fig. 2.4.1.1, toestand 2), is die grondwatervlak afgetrek deur mangaanaarde wat dan gekonsolideer het as gevolg van die oorbelasting wat ingetree het.

Uit die voorafgaande bespreking blyk eenstemmigheid oor die volgende drie vereistes vir sinkgatvorming :

- 1) 'n Boog (dak) wat deur stewige stutte ondersteun word, moet gevorm word.
- 2) 'n Holte met 'n groot genoeg volume om die boogmateriaal te bevat moet beskikbaar wees.
- 3) 'n Voldoende watervloei moet plaasvind om die dak te verswak.

Die skrywer is van mening dat die voorwaarde van hoë deurlatendheid en erodeerbaarheid van die grond soos gestel deur Donaldson (1963), 'n betekenisvolle toevoeging tot bogenoemde vereistes is. Die kohesie van die materiaal wat die dak saamstel en wat as sodanig vir die eerste keer deur Kleywegt (1980) aangevoer is, is 'n ander belangrike parameter.

Die skrywer se ondervinding in die gebied suid van Pretoria is dat die vereiste vir 'n bestaande holte in die residuum nie in alle gevalle van toepassing is nie. Aangesien die grondwatervlak oor die grootste gedeelte van die gebied dieper as 30 meter is, moet die deurlatendheid en erodeerbaarheid van die dolomitiese residuum en kolluvium in die verweerde nate en verskuiwings asook paleosinkgate 'n baie belangrike rol speel. In die militêre gebied is daar baie sterk aanduiding dat oormatige watervloei, mangaanaarde so vinnig kan erodeer dat die vorming van die holte en instorting van die dak deur dieselfde benattingsgebeurtenis veroorsaak kan word.

In die geval van algehele oorversadiging van die oppervlak, speel boogvorming beslis 'n ondergeskikte rol. Veral in die geval van 'n paleosinkgat word die hele vulling, wat oor hoë deurlatendheid beskik, egalig deurweek en swigting tree in by oorskryding van 'n kritiese voginhoud wanneer interne erosie van die materiaal tot algehele instorting van die grondprisma lei. Dit gebeur omdat die materiaal vloeibaar word en dan in bestaande of erosiegevoerde holtes instort. Inspeksie van sinkgate in gebiede waar mangaanaarde nie 'n oorwegende rol by sinkgatvorming gespeel het nie, het in die meeste gevalle getoon dat daar 'n grotsisteam bestaan wat in die rigting van die grondwatervlak dreineer. Hierdie afleidings word ook gemaak na aanleiding van die gebrek aan enige tekens van voorafgaande beweging of progressief opwaartse (uieskil) afdopping van die dakboogmateriaal.

In die geval van 'n sinkgat in kunsmatig gekompakteerde grond of waar 'n sinkgat gedeeltelik onder 'n geteerde straat gevorm het, is daar dikwels waargeneem dat 'n gedeelte van die boog behoue bly. Die boog moet tot aan die grondoppervlak deur benatting verswak wees om ook te kan instort. Onder hierdie omstandighede het die oorbenatting meesal sy oorsprong in lekkasie vanuit 'n natdiens gehad. Hoë reënval of langdurige oorbenatting bevorder verswakking van waterdraende dienste omdat die swak of ongekompteerde materiaal in die slote waarin die dienste gelê is, water absorbeer, interne erosie ondergaan en geleidelik vassak. Sodoende word die pype onder spanning geplaas wat hulle uiteindelik laat buig of breek waarna lekkasie vrylik geskied.

Die vereistes vir die vorming van 'n sinkgat is na die skrywer se mening die volgende :

- (i) oorbenatting (oorversadiging) van die deklaag en/of die dolomitiese residuum
- (ii) die materiaal bo-oor die vaste rots of in skeure daartussen moet oor hoë deurlatendheid en interne erodeerbaarheid beskik
- (iii) die grondwatervlak moet dieper as 20 meter onder die grondoppervlak wees (gebaseer op ondervinding aan die Verre Wes-Rand)
- (iv) daar moet 'n bestaande holte van genoegsame volume in die bodemrots of residuum wees om die oorheenliggende vulmateriaal te bevat of die holte moet deur interne erosie of ineenstorting van 'n los struktuur in byvoorbeeld mangaanaarde geskep word.
- (v) die sentrale grondprisma stort in die holte in sodra 'n kritiese voginhoud oorskry word
- (vi) vir die holte om deur te breek na die oppervlak, moet die kohesie van die gekompakteerde deklaag oorskry word. Spanningskrake wat vorm bevorder verdere toevloei van water
- (vii) deur sirkelwrigting beweeg omringende materiaal in die sinkgat in. Hierdie stadium is afhanklik van die mate van tensiekraakvorming om die sinkgat.

2.4.2 Geologiese faktore

2.4.2.1 Verwering van die dolomiet

Vervolgens word die verwering van die verskillende formasies van die Groep Chuniespoort in die gebied suid van Pretoria bespreek :

Formasie Oaktree

Die dolomiet van die Formasie Oaktree is chert-arm en het 'n stratigrafiese dikte van sowat 200 meter (Brink, 1979) waarvan die basale gedeelte uit tussengelaagde dolomiet en skalie bestaan. Die relatief hoë Fe en Mn inhoud (Tabel 2.3.3.4) gee aanleiding tot 'n sjokoladekleurige verweringsprodukt wat hoofsaaklik uit mangaanaarde bestaan. Manganokreet is 'n pedogene materiaal wat slegs op hierdie formasie waargeneem is. Die Fe gee aanleiding tot die vorming van ferrikreet wat 'n stabiliserende invloed het ten opsigte van die risiko vir sinkgatvorming soos byvoorbeeld by Rooihuiskraal Uitbreiding 1 (skrywer se waarneming). Daar is tans nog geen bewys van enige sinkgate of ernstige versakkings op hierdie formasie nie en die verklaring wat daarvoor aangebied word is die gekombineerde stabiliserende effekte van die plat helling van tussen 5° en 8° , ferrikreetvorming, die tussengelaagde skalie en konkordante stollingsintrusies.

In die meeste goedgedreineerde gronde bly yster in die vaste fase behoue. Alhoewel yster in die tweewaardige oksidasietoestand baie beweeglik is, word dit maklik tot die driewaardige oksidasietoestand wat baie min oplosbaar is geoksideer (Fig. 2.3.3.2). Wanneer Fe^{++} en Mn^{++} by pH-toestande van tussen 7 en 8,5 kom soos in kalkerige gronde waar die Eh in die omgewing ongeveer 0 is, word dié oksiede ge-oksideer en as Fe^{+++} en Mn^{+++} -oksiede gepresipiteer (vergelyk Eh- en pH-diagramme vir Fe en Mn in Fig. 2.3.3.2 en Fig. 2.3.3.3). Ongeag die tipe oksied wat vorm, presipiteer yster steeds makliker as mangaan (Van Breemen *et al*, 1976). Aangesien hierdie elemente se verbindings in mangaanaarde van kolloïdale grootte is, kan dit maklik in water dispergeer. Volgens Krauskopf (1967) beskik kolloïdale MnO_2 oor 'n negatiewe lading en $Fe(OH)_3$ gewoonlik oor 'n positiewe lading maar is soms ook negatief gelaai. Die oppervlakte van gehidroksileerde ysteroksiede adsorbeer baie maklik addisionele water volgens Schwertmann en Taylor (1977).

Tydens 'n poging om die gradering van mangaanaarde met behulp van 'n sedimentasiemassameter te bepaal, het sowat 'n derde van die mangaanaarde vir meer as drie weke gedispergeer in die gedeïoniseerde water wat as medium gebruik is, voorgekom. Dit dui heelwaarskynlik daarop dat kolloïede gevorm het.

In die natuur kom mangaanaarde onder verskillende toestande van kompaksie voor. Die bekende waardes, soos deur die Geologiese Opname bepaal strek vanaf 80 kg/m^3 ('n monster afkomstig vanaf 'n grotwand) tot so hoog as 1540 kg/m^3 . Die laasgenoemde waarde dui op 'n hoë mate van natuurlike kompaksie.

Mangaanaarde bestaan uit submikroskopiese knolletjies wat in die klam toestand die plastiese gedrag van klei naboots omdat die knolletjies oormekaar rol om die gevoel van glyende

kleiplaatjies na te boots. Mangaanaarde, as die finale verweringsprodukt van dolomiet, kan met ander materiale soos klei en sand en in die geval van chertyke formasies met chertbreksie vermeng wees.

Die twee tipes mangaanaarde wat deur Day (1981) onderskei word het volgens die skrywer se mening *in situ* gevorm. Die struktuurlose mangaanaarde het van suiwer dolomiet gevorm terwyl die gestruktureerde tipe nog dun lagies chert en skalie vertoon. Hierdie chert- en skalielagies is, inteenstelling met Day (1981) se mening, nie vervoerde onsuiverhede nie maar materiale wat wel in dolomiet voorkom. Ongelukkig het Day (1981) nie die geologiese formasie geïdentifiseer, (dit is vermoedelik Oaktree), of 'n detailbeskrywing van die materiale wat aan horisontale plaatbelasting onderwerp is, gegee nie. 'n Mineralogiese studie van die mangaanaarde wat hy getoets het sou insiggewend gewees het veral ten opsigte van die tipe klei teenwoordig om die verband daarvan met die 9 persent lineêre krimpingsindeks te probeer verklaar.

Sinkgatvorming gaan gewoonlik gepaard met die teenwoordigheid van hoogs erodeerbare mangaanaarde. Die mangaanaarde wat aan die basis van die Formasie Oaktree vorm, is volgens Day (1981), verbasend styf met 'n elastisiteitsmodulus van 20 MPa. Monsters van hierdie mangaanaarde vertoon geen neiging om in water te dispergeer nie. Eksperimente in die laboratorium om die deurlatendheid te bepaal, het die gebrek aan dispersie bevestig (Mnr D.B. Buttrick, persoonlike mededeling, 1983). 'n Eksperiment analoog aan die sogenaamde "pinhole" toets het geen dispersie of interne erosie veroorsaak nie. Hierdie bevindinge mag dus 'n rede wees waarom daar geen natuurlike sinkgate in hierdie omgewing bekend is nie.

Formasie Monte Christo

Hierdie Formasie bestaan uit 'n chertyke dolomietrots en is volgens Brink (1979) sowat 700 meter dik. Wierdapark is die dorpsgebied wat tans die verste suid op hierdie formasie geleë is. Die meeste dorpe suid van Pretoria, insluitend onder andere gedeeltes van Erasmia, die geheel van Valhalla, Club View en sy uitbreidings, Hennospark en uitbreidings, Wierdapark en Eldoraïne en hul uitbreidings, Cranbrookvale, Bronberrik, gedeeltes van Lyttelton, Doringkloof, Irene, Olifantsfontein en Clayville is op die Formasie Monte Christo ontwikkel. Die voorgestelde stadsentrum bekend as Verwoerdburg op Dumbbellhewel is ook in dieselfde sone geleë. Intrusiewe stolrotsliggame wat konkordant met die gelaagdheid van die dolomiet is, groot oppervlakte beslaan en op vlak diepte voorkom, oefen in die geval van Verwoerdburg 'n stabiliserende invloed uit.

In die suidelike gedeelte van hierdie stratigrafiese sone en in die omgewing van Wierdapark en Eldoraïne is die helling van die gelaagdheid minder as 10° . Die vlakhellende konkordante intrusiewe siënië- en diabaasplate lewer 'n groot bydrae tot die stabiliteit van hierdie gebied. In Wierdapark en sy uitbreidings is die diepste verwering in die dolomiet slegs sowat 6 meter. Vanaf die noordelike helfte van Eldoraïne noordwaarts is daar wel sinkgate bekend. Die gebied waarin die sinkgate voorkom word ook gekenmerk deur 'n toename in die stratigrafiese helling na die noorde vanaf ongeveer 10° tot meer as 20° .

Die tussengelaagde chert is bevorderlik vir grotvorming omdat die dolomiet veral langs vertikale nate tydens verwering in oplossing weggevoer word en die chertlae oor sulke verweringsholtes heen span.

Tydens die verwering van chert speel ou krimpingskrake weer 'n belangrike rol wanneer die chertlagies langs dié geërfde swak plekke verbrokkel. Paleosinkgate word dikwels deur chertbreksiedagsome omlyn en as sodanig op lugfoto's uitgeken.

Formasie Lyttelton

Volgens Brink (1979) het hierdie formasie wat chert-arm is, 'n stratigrafiese dikte van 150 meter. Alle dolomietgroewe suid van Pretoria is op hierdie horison geleë.

Die verwering geskied langs nate en verskuiwings in die dolomiet met die tipiese olifantsvel verweringsoppervlakke, toringrotse en verweringsplete (Eng. "slots", Brink, 1979). Die teenwoordigheid van yster en mangaan in die rots gee aanleiding tot die vorming van mangaanaarde by verwering. Talle sinkgate is bekend in hierdie formasie.

Formasie Eccles

Die jongste formasie van die Groep Chuniespoort is in hierdie omgewing volgens Brink (1979) sowat 380 meter dik. Die helling na die noorde is redelik steil en waardes so hoog as 30° is bekend.

Hierdie chertryke horison se verwering en daaropvolgende gedrag stem ooreen met dié van die Formasie Monte Christo. Die volgende dorpe te wete Laudium, Claudius, Voortrekkerhoogte, Monumentpark en uitbreidings, Pierre Van Ryneveld en uitbreidings, dele van Kloofzicht en Lyttelton is daarop geleë.

Beide natuurlike en ontwikkelingsgeïnduseerde sinkgate is baie bekend in hierdie gebiede. Met inagneming hiervan kan die sogenaamde Reuse Chert in die Formasie Eccles, wat in

wese 'n verkitte breksie is, wat in oersinkgate gestort het verklaar word. Daar is van hierdie breksieliggame bekend wat meer as 30 meter dik is. Volgens die litostratigrafiese indeling van SACS (1980) is hierdie breksie die oudste lid van die Formasie Rooihogte.

Verwering van die dolomietrots tot so diep as 90 meter met onbekende wydte is in die Formasie Eccles bekend.

2.4.2.2 Bodemrotsprofiel

Gebiede met verspreide dagsome en relatief vlakliggende bodemrots met minder as 15 meter deklaag kan onderhewig wees aan sinkgatvorming indien die bodemrots smal skeure bevat, hoofsaaklik as gevolg van swak oppervlaktreinerings en lekkasie vanuit natdienste.

Waar diep verwering oor groot gebiede (etlike hektaar) voorkom, kan dolines vorm indien die grondwatervlak verlaag word of 'n grootskaalse lekkasie van 'n natdiens plaasvind soos byvoorbeeld 'n hoofwaterpylyn in 'n gebied waar die grondwatervlak reeds diepliggend is.

2.4.2.3 Aard van die bodemrots

In die konteks van dorpsstigting op dolomitiese gebiede kan Karooloslappe dikker as 20 meter, vaste dolomiet asook stolrotsintrusies as bodemrots beskou word.

Dit is bekend dat kleiner sinkgate met 'n diameter van ongeveer 3 meter in die dunner wigvormige sedimente langs die kante van Karooloslappe voorkom. Karooloslappe mag klei met 'n ekonomiese potensiaal bevat wat vir verdere dorpsontwikkeling bevries mag wees of word om dit as 'n strategiese reserwe te bewaar.

Gebiede met vaste dolomietdagsome met nate wat tot 'n geringe mate uitgeloog is, sowat 2 meter breed, kan vir nywerheidsontwikkeling oorweeg word.

Gebiede waar die dolomiet 'n helling van minder as 10 grade het en deur konkordante stolrotsintrusies ingedring is word baie veilig geag vir woondorpsontwikkeling.

2.4.2.4 Aard van die deklaag

Die deklaag is die los grond, slik, gruis en ander ongekonsolideerde materiaal wat die vaste bodemrots oordek; dit kan of vervoerde of in plek gevormde materiaal wees.

Uit die definisie volg dit dat die deklaag windvervoerde sand of slik mag wees, of chertgruis, chertbreksie of mangaanaarde. Waardes vir versakking in die nat en droë toestande word met die konsolidasietoets in die laboratorium verkry.

Die erodeerbaarheid van die deklaag is van belang waar dit as los materiaal, saamgestel uit graderings kleiner as gruisgrootte (2 mm), in skeure of oersinkgate voorkom. Die ruimteverhouding is die verhouding tussen die volume van die ruimtes en die volume van die vaste deeltjies; dit word altyd as 'n desimaal gegee. Materiaal met 'n hoë ruimteverhouding, hoër as 0,6, beskik oor 'n lae massadigtheid wat een van die faktore is wat swigbaarheid bevorder en die materiaal mag ook meer vatbaar wees vir interne erosie. Die moontlikheid van versnelde interne erosie waardeur die grondpartikels afwaarts na die dieperliggende grondwatervlak meegesleur word is as gevolg van die hoë ruimteverhouding besonder sterk. Die gebied suid van Pretoria word gekenmerk deur 'n grondwatervlak wat benede die vaste dolomietbodemrots is; dus word afwaartse erosie van die grondpartikels begunstig.

Die sterkte van die deklaag berus hoofsaaklik op die relatiewe hoeveelhede mangaanaarde in die deklaagprofiel asook die dikte van die kolluviale grond. Vir elke dolomitiese omgewing (wat binne 'n bepaalde klimaatstreek geleë is) bestaan daar 'n tipiese dikte kolluviale materiaal, paleotopografie en posisie relatief tot diep uitlogingsverskynsels. Kennis van hierdie tipiese dikte is noodsaaklik om die ondersoeker in staat te stel om oersinkgate, wat 'n potensieel gevaarlike toestand is, te help identifiseer.

Intrusiewe stolrotse, onder verwerkingstoestande geskik vir die vorming van smektitiese kleiminerale, kan aanleiding gee tot probleme met uitsetbaarheid van die grond. Smektitiese kleiminerale sluit in montmorilloniet, beideliet, nontroniet, saponiet, hektoriet en saukoniet (Deer *et al*, 1971). Hierdie kleie kan almal water of organiese vloeistowwe tussen hulle strukturele lae opneem en almal besit opvallende katioonuitruilingseienskappe. Hierdie mineraalgroep ontstaan deur die verwerking van basiese stollingsgesteentes onder toestande van swak dreinerings waar magnesium nie verwyder word nie (Deer *et al*, 1971). Gunstige toestande vir die vorming van swelkleiminerale op dolomietgebiede is seldsaam, die enigste geval bekend, in die gebied suid van Pretoria, is op 'n diabaasplaat by die Vee- en Suiwel Navorsingsinstituut, Irene.

2.4.2.5 Grondwatertoestande

'n Vlak dolomitiese grondwatervlak wat aan seisoenskommelings van minder as 3 meter onderhewig is bied geen risiko nie. Daar moet egter geen moontlikheid bestaan dat 'n grondwatervlak op byvoorbeeld 14 m met meer as 6 meter afgetrek kan word nie. Die ontwateringsgeskiedenis aan die Verre Wes-Rand het bewys dat ontwatering met 'n grond-

watervlak binne 30 m vanaf die grondoppervlak aanleiding gee tot 83 persent van alle sinkgate wat binne die eerste 18 maande vanaf die aanvang van ontwatering vorm (Kleywegt en Enslin, 1973). Binne dolomietgebiede is watervlakke suksesvol met behulp van dobberwatervlakmeters gemeet en rekords oor jare heen saamgestel.

2.4.3 Eksterne faktore wat die voorkoms van sinkgate en versakkings beïnvloed

Afgesien van die ondergrondse toestande wat tot die vorming van sinkgate en versakkings kan lei, is daar 'n aantal eksterne faktore wat hierdie prosesse beïnvloed.

Reënval

Die toename in voorkoms van sinkgate gedurende die reënseisoen word algemeen aanvaar. Reënvalsifers versamel by die Voortrekkerhoogteweerstasie en die voorkoms van sinkgate is gesommeer om kumulatiewe syfers vir reënval en sinkgate wat gevorm het teenoor elke maand te verkry (Fig. 2.4.3.1 en Fig. 2.4.3.2). Vervolgens is 'n regressielyn bereken om die korrelasie te toets (Fig. 2.4.3.3). Die lyn se vergelyking is soos volg :

$$y = 0,0079x + 2,3951$$

Die korrelasiekoëffisiënt $r = 0,8586$ dui op 'n sterk verband tussen reënval en voorkoms van sinkgate.

Deur die maandelikse kumulatiewe waardes oor 'n tien jaar periode te bestudeer, word die effek van eenmalige katastrofes, soos die gevalle waar tot tien sinkgate oornag binne 'n klein gebied as gevolg van die lekkasie van 'n Randse Waterraadhoofpyplyn en 'n beskadigde brandkraan gevorm het, tot 'n groot mate uitgestryk.

Die verspreiding om die regressielyn dui daarop dat reënval nie die enigste faktor in sinkgatvorming is nie. Dit volg uit $100 \cdot r^2$ (Freund en Williams, 1965), dat 73,72 persent van die variasie in reënval met sinkgate gekorrelleer kan word. Die skrywer is van mening dat die grootste persentasie sinkgate wat vorm as gevolg van lekkasie uit waterdraende dienste, verband hou met die langdurige versakking veroorsaak deur insyfering van reënwater. Die algemene praktyk is om slote waarin dienste gelê is, nie gekontroleerd te kompakteer nie maar met los materiaal terug te vul. Die langdurige effek van reën op so 'n sloot wat soos 'n stapelriool reageer is geleidelike ondergrondse erosie en versakking. Hierdeur word die koppelings van asbessementhoofwaterleidings en rioolpype tot so 'n mate verswak of gebreek dat versnelde versakking as gevolg van die oorbenatting deur lekkasie bevorder word.

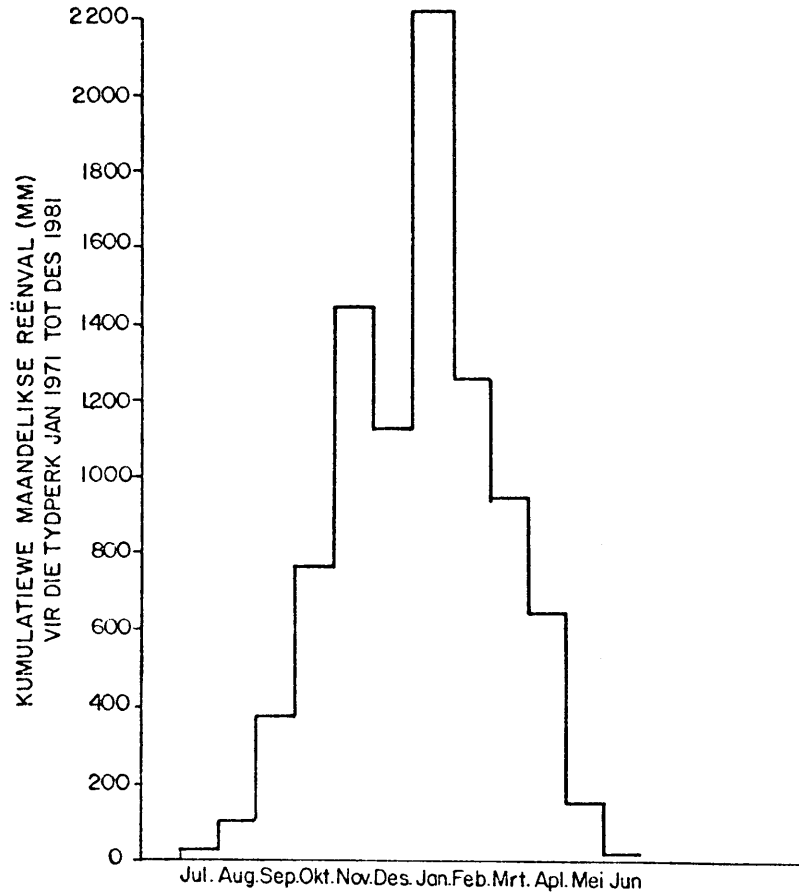


FIG. 2.4.3.1 KUMULATIEWE MAANDELIKSE REËNVAL (mm) VIR DIE TYDPERK JAN. 1971 TOT DES. 1981.

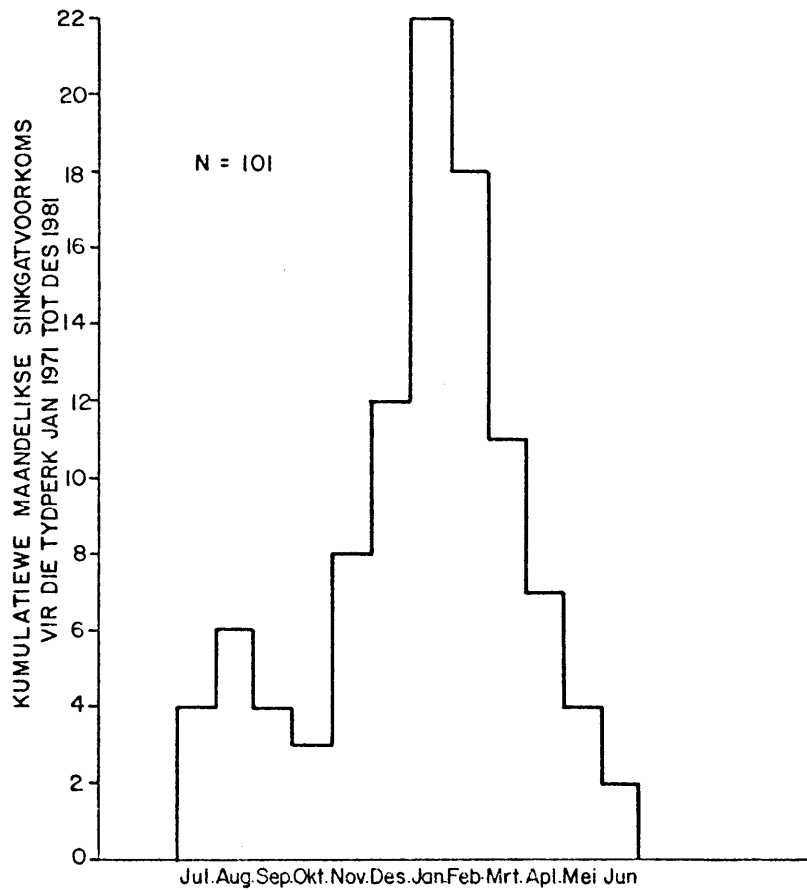
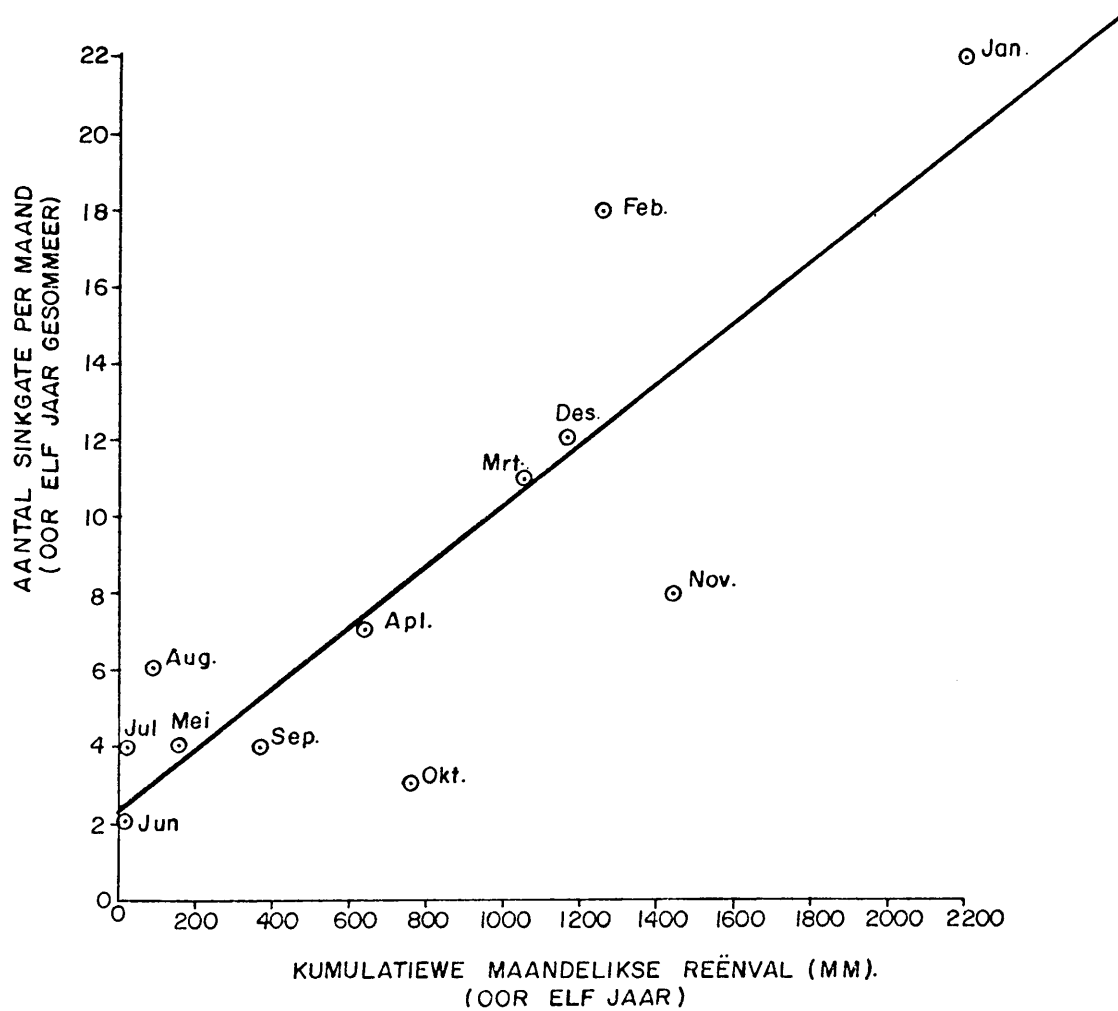


FIG. 2.4.3.2 KUMULATIEWE MAANDELIKSE SINGKATVOORKOMS VIR DIE TYDPERK JAN. 1971 TOT DES. 1981.



FIGUUR. 2.4.3.3. REGRESSIEONTLEDING VAN KUMULATIEWE MAANDELIKSE REËNVAL EN DIE AANTAL SINGKATE PER MAAND. (VOORTREKKERHOOGTE WEERSTASIE NO.227) (VIR ELF JAAR VANAF 1971-1981)

Waar so 'n sloot oor 'n spleet in die bodemrots wat met los materiaal gevul is, gegrawe word, kan 'n sinkgat dus vorm aangesien die ondergrondse erosie bevorder is.

Versteuring van die grondoppervlak

Versteuring van die boonste sowat 300 mm bolaag wat tot 'n mate deur ontwikkelingsaktiwiteite soos slote vir die lê van dienste, fondamente, ens. gekompakteer is, versteur 'n natuurlike ewewigstoestand. Oppervlakwater soos byvoorbeeld stormwater, leiwater en 'n gebreekte waterdraende diens se water kan maklik insyfer en onder gunstige omstandighede die vorming van sinkgate tot gevolg hê. Die bekendste voorbeelde is seker dié vele gevalle waar sinkgate wat in pas-gegraafde stormwaterslote en rioolpypslote gevorm het. In Verwoerdburg het daar by een geleentheid drie sinkgate binne een straatblok lengte in 'n sloot wat vir die lê van 'n stormwaterpyp gegrawe is gevorm. Die sinkgate wat in en langs snelwegroetes suid van Pretoria gevorm het, het 'n meer waaksame beleid vir die beplanning van nuwe padroetes tot gevolg gehad.

Oneffektiewe dreinerings

Dreinerings is 'n aspek wat in alle ontwikkeling op dolomiet baie sterk beklemtoon word, aangesien 'n groot aantal sinkgate in die verlede as gevolg van 'n gebrek aan effektiewe dreinerings gevorm het.

Oneffektiewe dreinerings van 'n gebied, soos in die geval van 'n stormwatersloot wat met leiklip bestraat was, het sowat 36 sinkgate in die onmiddellike omgewing tot gevolg gehad. Oneffektiewe dreinerings langs paaie in die studiegebied het etlike sinkgate gevorm, hoofsaaklik in die Formasies Lyttelton en Monte Christo. Binne die militêre gebied is daar 'n groot aantal sinkgate bekend wat as gevolg van die opdamming van stormwater gevorm het. 'n Militêre brandstofopgaartenk moes as gevolg van die voorkoms van klein sinkgate (gemiddelde diameter van minder as drie meter) en ernstiger versakking, verskuif word.

'n Sinkgat, ongeveer drie meter in diameter het onder die hoek van 'n huis, in 'n posisie waar stormwater uit die agterplaas ingesyfer het, gevorm. 'n Dakgeutafliepyp het in dieselfde gebied water gestort. Daar was ook 'n nabygeleë tuinkraan en blombeddings tot teenaan die fondamentmuur. Die stormwaterpyp in die straat het onklaar geraak, 'n klein sinkgat het langs die straat gevorm en 'n versakking het in die rigting van die huis uitgebrei tot waar die groter sinkgat onder die hoek van die huis gevorm het.

Ontoereikende dreinerings van strate wat nie van stormwaterdreinerings voorsien is nie, het ten minste tien sinkgate in die gebied suid van Pretoria oor die periode 1970 tot ongeveer

einde 1975 tot gevolg gehad. 'n Huis is oor die rand van 'n ou gevulde sinkgat opgerig sonder dat die munisipaliteit dit besef het. Die eienaar was vir minder as 'n jaar in die huis woonagtig toe die steeds groter wordende kraake in mure en vloere optrede geregtig het. 'n Geotegniese ondersoek het aan die lig gebring dat die huis oor die rand van 'n ou sinkgat gebou is. Die huis is uitgekoop en gesloop. Die skrywer is van mening dat differensiële versakking van die opvulling rondom die rioolpyp en uiteindelijke lekkasie en verdere versakking vir die beskadiging van die huis verantwoordelik was.

Boorgate

Boorgate wat nie behoorlik teruggevul en verseël is nie bied direkte toegang vir oppervlaktwater tot die erodeerbare dolomitiese residuum en lei dikwels tot die vorming van sinkgate.

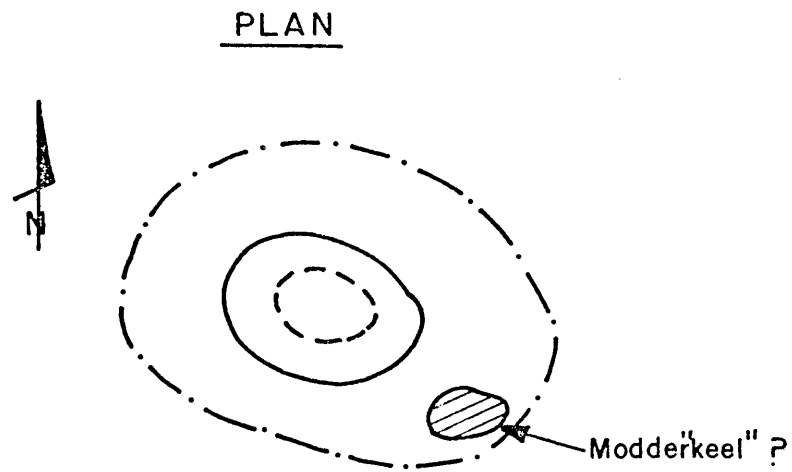
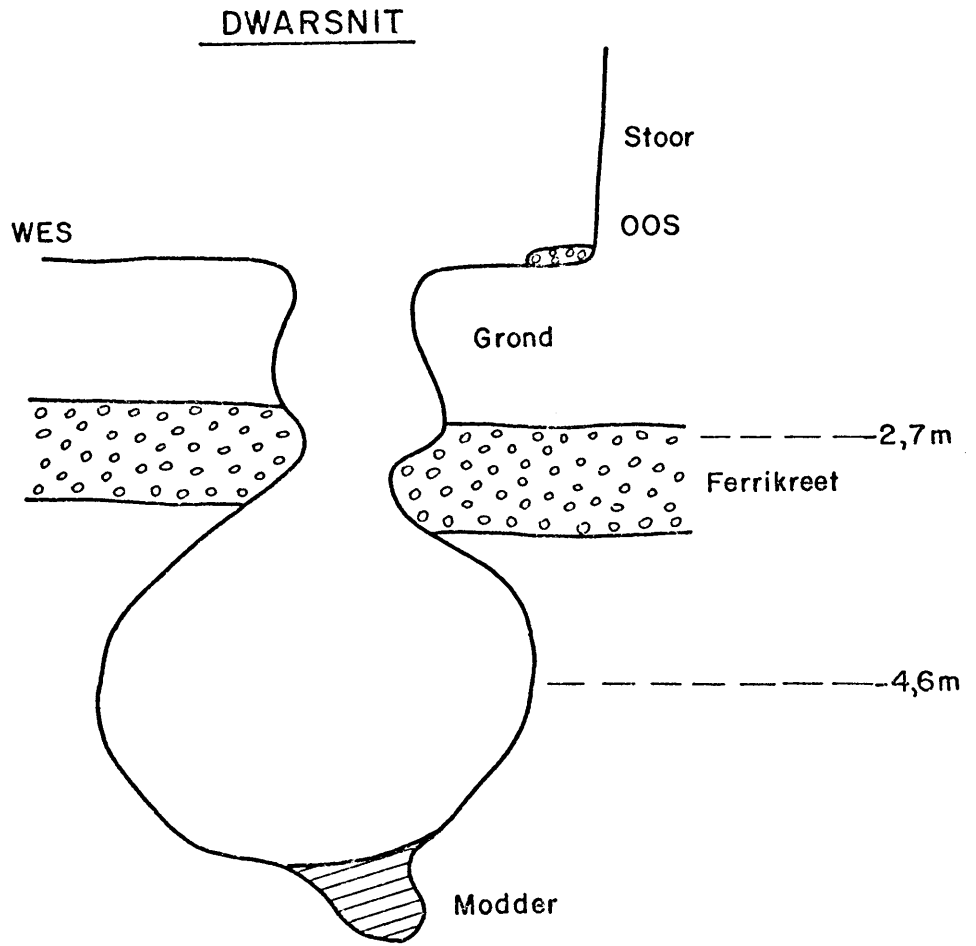
'n Jong seun het in 1980 aan die Verre Wes-Rand sy lewe verloor in 'n sinkgat wat rondom 'n boorgat gevorm het. In 'n industriële gebied suid van Pretoria het 'n sinkgat gevorm nadat stormwater tydens 'n wolkbreuk tussen 'n sylyn en 'n kantoorgebou oor die posisie van 'n ou boorgat (Fig.2.4.3.4) opgedam het. 'n Ferrikreetlaag, ongeveer 0,85 m dik, aan die oppervlak was besonder hard maar het nogtans uitgespoel om 'n gat met deursnit van sowat 0,6 m te vorm.

Alle boorgate in dolomietgebiede moet derhalwe behoorlik teruggevul en verseël word om sinkgatvorming te voorkom.

Swembaddens

Swembaddens in dolomietgebiede veroorsaak soms ook probleme deur kraakvorming wat tot lekkasie, differensiële versakking en sinkgate aanleiding kan gee.

Dit is nie net privaatwembaddens wat in die slag bly nie maar ook groter openbare badens. Daar is reeds drie militêre swembaddens (waarvan twee tot niet gemaak is), een hoërskool se swembad van olimpiese standaard en minstens twee private swembaddens beskadig. Die skoolswembad was spesiaal ontwerp met 'n swaar gewapende betonstruktuur wat so star was dat dit as geheel gekantel het ten spyte van die vals bodem wat 'n integrale eenheid met die bad gevorm het. Die bad was ook nog voorsien van 'n sinkput. Dit wil dus voorkom asof die ontwerper wel deeglik bewus was van die omgewing waarin die bad gebou is. Die sinkput was met 'n pomp toegerus maar dit het na 'n paar jaar in onbruik verval na 'n verandering in toesig. Die sinkput moes êrens 'n kraak ontwikkel het waarlangs water kon uitlek om die direk onderliggende mangaanaarde te versadig en saam te druk en moontlik selfs ook intern te erodeer.



Skaal 1cm=1m Horisontale skaal = Vertikale skaal

————— Oppervlakkontoer

----- -2,7 m Kontoer

-.-.-.- -4,6 m Kontoer

FIG.2.4.34 SINKGATVORMING AS GEVOLG VAN ONVERSEËLDE BOORGAT.

Riolering

Stapelriole is ongewens in dolomietgebiede waar die standplase kleiner as 4 000 m² is. Twee sinkgate het reeds baie na aan woonhuise gevorm as gevolg van stapelriole. Die een sinkgat was sowat drie meter in diameter gedeeltelik onder die huis in ten spyte van 'n betonplaveisel daaroor. Die ander sinkgat was binne vier meter van die huis af en sowat sewe by vyf meter in diameter en ongeveer 4,5 meter diep.

Selfs 'n suigtenkstelsel bied nie noodwendig 'n veilige oplossing nie; dit is nog steeds 'n stelsel waarin 'n groot hoeveelheid water opgegaar word en wat lekkasie tot gevolg kan hê. Daar is minstens drie voorkomste van sinkgate wat met suigtenks verband gehou het gedurende die afgelope tien jaar opgeteken. Die geval by 'n winkelkompleks het 'n baie duur geotegniese ondersoek en herstelmaatreëls genoodsaak.

Lekkasie van waterdraende (nat) dienste

Lekkasie uit waterdraende dienste is ongetwyfeld die belangrikste enkele faktor wat tot ontwikkelingsgeïnduseerde sinkgate aanleiding gee soos blyk uit die volgende voorbeelde.

In 1981 het dit ondermeer 'n sinkgat van 10 m met 'n omringende versakking van 20 m diameter op 'n atletiekbaan veroorsaak. Ten ooste van die ou militêre hospitaal in Voortrekkerhoogte het 'n 19 mm waterpyp gelek nadat vier huise wat onveilig verklaar is, gesloop is. Oornag het 'n sinkgat van 38 m in diameter en 19 m diep gevorm. Op 'n naasliggende terrein het 'n dienspligtige 'n paar jaar later per ongeluk 'n brandkraan met 'n stootskrapeer afgebreek – daar het tien sinkgate oornag gevorm, die grootste waarvan met 'n diameter van sowat 30 meter. Die Randse Waterraadpyplyn wat Pretoria-Wes bedien het 'n lekkasie by 'n koppeling ontwikkel en oornag het daar tien sinkgate ontstaan.

Grondwatervlak

In die studiegebied suid van Pretoria speel die grondwatervlak nie 'n groot rol nie aangesien dit deurgaans in die reeds ontwikkelde gebiede meer as 17 meter diep is. Tot op hede kon geen klein grondwaterkompartemente wat beheer oor die grondwaterontwikkeling regverdig onderskei word nie. Indien sodanige kompartemente onwater sou word sal probleme verwag word sodra die grondwatervlak met meer as ses meter verlaag is. Volgens ontdekking aan die Verre Wes-Rand sou sinkgate kon vorm in gebiede waar die oorspronklike grondwatervlak binne 30 m vanaf die grondoppervlak is.

Tuinbou

Tuinbou te na aan huis- en geboufondamente is bevorderlik vir oorversadiging van die funderingslaag.

2.5 OPNAME VAN PROBLEME MET DOLOMIET

'n Posvraelysopname is van die Verwoerdburgse munisipalegebied gedoen. Die stadsklerk, mnr. P.J. Geers en sy personeel was behulpsaam met die adressering en versending van die vraelys. Personeel van die Raad vir Geesteswetenskaplike Navorsing het baie waardevolle advies gegee met die opstel van die vraelys om veral dubbelsinnighede te voorkom en dus eenduidige beantwoording te bevorder. Die rekenaarverwerking is ook deur die R.G.N. gedoen. Die vraelys en verwerking verskyn in Bylaag II.

Die doelstellings met die vraelysopname was die volgende :

- 1) Om vlugtige inligting oor die voorkoms van sinkgate binne die Verwoerdburggebied as inset vir die samestelling van 'n kaart met alle bekende sinkgatposisies vir die gebied suid van Pretoria te bekom.
- 2) Om 'n skatting te maak van die mate waartoe daar reeds deur die inwoners uit eie beweging voorkomende maatreëls getref word ten opsigte van stormwaterdreinerings om effektiewe dreinerings van die perseel te bewerkstellig en vir beveiliging van die fundamente teen syfer- en reënwater.
- 3) Om die verspreiding van privaatboorgate vir die benutting van grondwater te bepaal.
- 4) Om te bepaal tot watter mate die inwoners assurancesdekking geniet ten opsigte van beskadiging van hulle eiendom deur ernstige versakking en/of sinkgatvorming en wat die gemiddelde premiekoers is.
- 5) Om 'n skatting te maak tot watter mate daar reeds skade ondervind is as gevolg van grondversakking, sinkgatvorming en/of differensiële beweging.

Die vraelys het twee stelle vrae bevat om die geloofwaardigheid van die respondente te peil, naamlik :

- 1) Vrae 11 en 14 — 'n JA- of NEE-antwoord in beide gevalle behoort geloofwaardigheid te bewys.

- 2) Vrae 13 en 21 – die reaksie op hierdie vrae moet ooreenstem om geloofwaardig te wees.

Die terugvoering vanaf die verskillende dorpe verskyn in Tabel 2.5.1 :

TABEL 2.5.1
VERSPREIDING VAN RESPONDENTE

Dorp	Frekwensie	Kumulatiewe Frekwensie	Persentasie
Bronberrick	90	90	3,1
Clubview	276	366	9,6
Cranbrookvale	7	373	0,2
Doringkloof	400	773	13,9
Eldoraigne	275	1048	9,5
Hennospark	84	1132	2,9
Irene	226	1358	7,8
Kloofsig	110	1468	3,8
Lyttelton	796	2264	27,6
Pierre Van Reyneveld	4	2268	0,1
Raslouw	28	2296	1,0
Rooihuiskraal	25	2321	0,9
Simarlo	7	2328	0,2
Tamarapark	11	2339	0,4
Wierdapark	541	2880	18,8
TOTAAL			100,0

Soos te verwagte is met ondersoek van hierdie aard het sommige respondente hulle ouderdomme verswyg wat ongelukkig tot gevolg het dat moontlike bydraes wat hulle tot die opvolgingsfase van die vraelys kon lewer nie meer moontlik is nie. Dit is verkieslik om ouer persone wat reeds vir geruime tyd in Verwoerdburg woonagtig is te nader vir byvoorbeeld inligting oor die voorkoms van sinkgate. Daar was ook respondente wat nie bewus is van die verwysingsnommer van die erf waarop hulle woonagtig is nie. Hierdie probleem is maklik opgelos deur verwysing na die grootskaalkaarte van die verskillende dorpe binne Verwoerdburg. Alle respondente se erwe is op die bogenoemde grootskaalkaarte gestip en oorgedra op 'n kleiner skaalkaart waaruit dit duidelik blyk dat 'n verbasende eweredige verspreiding met die beantwoording van die vraelys bereik is.

Daar is 10 000 vraelyste uitgestuur waarvan 2880 terug ontvang is. Met inagneming van die sensitiewe aard van die vraelys word 28,80 persent as 'n hoë persentasie beskou.

2.5.1 Gevolgtrekkings

Die poging om vlugtige inligting oor die voorkoms van sinkgate in te samel was nie geslaag nie – slegs vier sinkgate is vermeld. Die verklaring hiervoor is moontlik geleë in die klein persentasie (23 persent) persone wat langer as 13 jaar in die huis wat deur die vraelys gedeek is, woonagtig was. Dit is gedurende hierdie tydperk dat die hoogste frekwensie van sinkgatvorming wat grootliks saamgeval het met die aanbring van dienste soos spoelriolering en stormwaterdreinerings, voorgekom het. Aangesien hierdie spesifieke vraag so sensitief is kan daar beswaarlik 'n beter terugvoering verwag word.

Die peiling ten opsigte van die voorkomende maatreëls het aan die lig gebring dat daar baie ruimte vir verbetering is in tuinboupraktyke waar beddings en struikete na aan strukture is, aanbring van betonstroke om huise en buitegeboue, algemene verbetering van dreinerings en waterdigting van natdienste.

Veilige residensiële dorpsontwikkeling op dolomiet word bevorder deur nakoming van 'n aantal maatreëls :

- 1) Handhawing van 'n 4 m afstand tussen die fondamentmuur en naaste struikete of bome.
- 2) Aanbring van 'n 1,5 m wye betonstrook rondom die huis en buitegeboue, wat dig sluit teen die fondamentmuur.
- 3) Gebruik van spoelriolering.

Assuransie ten opsigte van grondbeweging as gevolg van dolomitiese terrein word aanbeveel ter vermindering van finansiële risiko.

Die meeste differensiële beweging het in Doringkloof, Irene en Lyttelton, wat op die boonste gedeelte van die Formasie Monte Christo geleë is, voorgekom.

Die respondente is nie in staat om tussen sinkgate, versakking en vassakking te onderskei nie. Daar word deur respondente beweer dat sinkgate in byvoorbeeld Wierdapark gevorm het terwyl dit glad nie die geval is nie.

'n Insiggewende gevolgtrekking word bereik wanneer data vir Lyttelton, Irene en Doringkloof, langs dieselfde strekking in dieselfde formasie vergelyk word. Daar is 'n hoër frekwensie ten opsigte van lekkasie vanuit natdienste met meegaande kraakvorming, dit wil sê differensiële beweging, met die meeste sinkgate in Lyttelton. Die dorp was langer as Doringkloof sonder spoelriolering, stormwaterdreinerings en teerstrate. Hierdie verbeterings is ongeveer dieselfde tyd in Irene en Lyttelton aangebring. Lyttelton het gedurende die afgelope 14 jaar die meeste sinkgate gehad, naamlik sowat 30 teenoor die sowat drie vir Irene en een vir Doringkloof. Die normale erf in Irene se oppervlakte is sowat 4460 m² en dié van Lyttelton ongeveer die helfte daarvan. Dit wil dus voorkom asof dit nie sinvol is om erwe onder te verdeel nie. Sover vasgestel kon word was alle ander faktore dieselfde.

Die privaat waterboorgate wat gepomp word is hoofsaaklik in Simarlolandbouhoewes en Bronberrik wat deur intrusiewe siënetplate beslaan is, gekonsentreer.

Die inwoners is, soos blyk uit die resultate van die vraelys, swak ingelig wat die sogenaamde dolomietassuransie betref. Die skrywer se eie navrae het aan die lig gebring dat besonder hoë premies betaal word. Algemene dekking op dolomitiese terrein is na die skrywer se mening noodsaaklik maar dan beslis volgens 'n realistiese premie.

2.5.2 Toepassing op ander gebiede

Die toepassing van die resultate verkry met die vraelysopname op ander gebiede is afhanklik van die identifikasie van 'n aantal faktore naamlik :

- 1) Die eiening van die stratigrafiese horison waarop die dorp geleë is.
- 2) Soortgelyke klimaat.
- 3) Die mate waartoe die terrein aan strukturele vervorming onderworpe was. Dit is byvoorbeeld nie sinvol om 'n horst of graben met 'n relatief min versteurde terrein soos dié van Verwoerdburg te vergelyk nie.
- 4) Die standaard van dienste en ouderdomme van die dorpe moet vergelykbaar wees.

Die geskiedenis van die studiegebied bewys, volgens vertroulike inligting deur die Geologiese Opname versamel, dat die frekwensie van sinkgatvorming drasties verminder met toepassing van die tans gebruiklike voorsorgmaatreëls. Ongeveer 30 sinkgate het gemiddeld per jaar in die studiegebied gevorm vanaf 1970 tot 1975. Daarna het die frekwensie baie skerp gedaal tot minder as 3 per jaar teen 1980.

HOOFSTUK 3

BEGINSELS EN EVALUASIE VAN GEOTEGNIESE ONDERSOEKMETODES

3.1 AFSTANDWAARNEMINGSMETODES

Afstandswaarneming impliseer die meet of inwin van inligting met betrekking tot 'n spesifieke eienskap van 'n voorwerp, materiaal of verskynsel deur middel van 'n opnametegniek wat nie fisies met die voorwerp, materiaal of verskynsel wat bestudeer word, kontak maak nie. Die tegniek benut aparate soos kamera's, infrarooi detektore, mikro- en radiogolfontvangers, RADAR, ens.

3.1.1 Lugfotografie

Panchromatiese lugfoto's, ook bekend as swart-wit lugfotografie, is die bekendste tegniek. Dit dek die golflengtegebied vanaf 4,0 tot 6,9 μm in ooreenstemming met die omvang van sigbare lig (Slater, 1975).

Volgens Lattman (1965) het die tegniek in kalksteengebiede met 'n vogtige klimaat slegs beperkte toepassing en verskaf net inligting ten opsigte van bestaande oop sinkgate, versakkings en die verspreiding van rots aan die oppervlak. Hierdie bevindings stem ooreen met die van Lueder (1959). Reeves *et al* (1975) wys op die verskillende verweringspatrone van kalkstene onder verskillende klimaatstoestande. In die praktyk het die skrywer plaaslik gevind dat oordeelkundige interpretasie van die gryskakerings die onderskeid tussen rotsdagsome en verskillende grondtipes moontlik maak. Veral in 'n gebied waar die karsttopografie onder dun grondbedekking is kan sinvolle interpretasie gedoen word om die diep verweerde en potensieel gevaarlike sones te onderskei deur die identifikasie van oersinkgate en verweringsloepe.

Daar is verskeie standaardwerke oor die interpretasie van lugfoto's beskikbaar (Lattman, 1965; Lueder, 1959; Reeves, 1975; Sabins, 1978; Lillesand en Kiefer, 1979; Siegal en Gillespie, 1980). Volgens Estes (1975) is daar nege belangrike elemente in beeldinterpretasie :

Binokulêre visie

Binokulêre visie word in die alledaagse lewe as vanselfsprekend aanvaar maar die fototolk moet dit grondig verstaan en doelbewus benut. Versigtige oriëntasie van die stereoskopiese fotopaar voor bestudering sal 'n duidelike beeld lewer wat vermoënis van die oë sal ver-

minder. Die korrekte plasing van vertikale lugfoto's wat met 'n lensstereoskoop bestudeer word, word soos volg gedoen :

- a) Die meetkundige middelpunt soos verkry vanaf die referensiepunte op die middel van elke sy van die foto word met 'n klein duidelike kolletjie op die kruispunt gemerk.
- b) Die middelpunte van naasliggende foto's word op mekaar oorgedra. Die lyn wat dié middelpunte verbind is die vluglyn wat die vliegtuig gevolg het.
- c) Twee foto's ('n stereopaar) word volgens die vluglyn gerangskik sodat hulle effens oorvleuel. Die foto's word dan langs die x-lyn van mekaar weggeskuif totdat ooreenstemmende beelde 'n afstand ongeveer gelyk aan die fototolk se oogbasis, dit wil sê, ongeveer 50 mm verwyder is.
- d) Die stereoskoop word oor die beelde geplaas sodat die lense op die vluglyn bo die foto's is. Indien 'n spieëlstereoskoop gebruik word moet die foto's 'n afstand gelyk aan die middel van die kantspieëls van mekaar verwyder wees. Nader aan die kante van die foto's sal herinstelling nodig wees om stereoskopiese visie te verkry.

'n Geoefende fototolk kan 'n paar stereofoto's korrek opstel sonder om die middelpunte van die foto's en die vluglyne, soos hierbo uiteengesit, te bereken. Terwyl die fototolk deur die stereoskoop kyk sal die foto's versigtig heen-en-weer geskuif en roteer word totdat hy die korrekte beeld verkry.

Grootte

Die grootte van 'n voorwerp of verskynsel is een van die waardevolste leidrade tot die vasstelling van die identiteit daarvan. Deur die onbekende voorwerp of verskynsel op die lugfoto op te meet, kan die fototolk 'n hele groep moontlikhede by die identifikasie uitskakel. Veral wanneer die vliegtuig se hoogte nie konstant is nie en die skaal dus gedurig wissel, behoort daar gereelde metings van voorwerpe of verskynsels van belang geneem te word. In hierdie verband moet die belangrikheid om skadulengtes te meet onderstreep word; daar word veral hieraan gedink in verband met die bepaling van die diepte van versakkings en sinkgate.

Vorm

Die fatsoen of vorm van baie voorwerpe of verskynsels is so tiperend dat dit in baie gevalle net daaraan uitgeken kan word. Dit is byvoorbeeld bekend dat beginners dit moeilik vind om die bo-aansig van die gebou waarin hulle werksaam is, met lugfotointerpretasie te herken.

Die vermoë om 'n voorwerp in planaansig te sien moet aangeleer word soos 'n nuwe taal. Wanneer hierdie vermoë verkry is, is dit dikwels afdoende aanduiding van die struktuur, samestelling en funksie van die voorwerp wat bestudeer word. Die waarde van vorm vir die fototolk is dat dit onmiddellik die voorwerpe wat oorweging kan geniet afbaken in klasse en dikwels onweerlegbare identifikasie en begrip van die belangrikheid en funksie van die voorwerp in die hand werk.

Skaduwee

Skaduwee kan vir die fototolk 'n bate of las wees in die identifikasie van 'n voorwerp en dit kan ook detail verberg. Dit gebeur dikwels dat die skaduwee 'n tipe profielaansig van die voorwerp bied wat identifikasie vergemaklik. Skaduwees is veral van hulp wanneer die voorwerpe klein is of daar 'n gebrek aan toonkontras met die omgewing is. Onder hierdie omstandighede kan voorwerpe wat op die grens van herkenning is, geëien word. Dit is gebruiklik om lugfoto's binne twee uur vanaf 12h00 te neem om skaduwees te beperk en die maksimum inligting uit grondtoestande te verkry. Afhangende van die terrein word lugopnames vir geologiese gebruik soms teen 'n lae sonhoek gedoen om baie klein oppervlakhoogteverskille te aksentueer.

Toon en kleur

Wanneer die fototolk die faktore wat fotografiese toon en kleur beïnvloed verstaan, slaan hy besondere ag op die toon en kleur van voorwerpe as hoofleidrade tot hulle identifikasie. Kleurpersepsie is 'n belangrike element van omgewingsgewarting. Verskillende voorwerpe reflekteer, of gelei verskillende golflengtes.

Hierdie verskille word vasgelê as toon, kleur of digtheidsverskille, op die beeld. Met swart-wit fotografie kan 'n watermassa soos byvoorbeeld 'n dam as 'n skakering van wit tot swart, afhangende van die hoek waarteen die son vanaf die water of golwe na die kameralens gereflekteer word, waargeneem word. In byna alle gevalle is dit die verskille in toon of kleur tussen die agtergrond en die kant van die voorwerp wat bepaal of die voorwerp waargeneem kan word of nie.

Tekstuur

Tekstuur op 'n foto is die herhaling van toon in groepe voorwerpe wat te klein is om as individuele entiteite te onderskei. Dit gee die visuele effek van grofheid of gladheid en bied sodoende leidrade tot identifisering van die voorwerp of verskynsel. Tekstuur is veral merkbaar in die geval van landerye, plantasies en grondtipes en soms in die geval van sekere gesteentes.

Patroon

Patroon of herhaling is 'n kenmerk van mensgemaakte voorwerpe en verskynsels en soms ook van natuurlike terreineienskappe. Die dagsoompatroon gee aanduiding van die geologiese struktuur, litologie en grondtekstuur. Volgens Lillesand en Kiefer (1979) gee die naatpatroon in kalkstene, veral wanneer dit sterk ontwikkel is, sterk aanduiding van die dreineringspatroon. Op hierdie wyse kan die posisie van dagsome vasgestel word wat baie kan help met die plasing van voetstukke vir geboue (Lillesand en Kiefer, 1979; Brink, 1979).

Terreineienskappe

Die plasing of lokaliteit van voorwerpe of verskynsels ten opsigte van terreineienskappe is soms handig en in ander gevalle van kardinale belang. Uitsig, topografie, geologie, grond, plantegroei en die menigvuldige veranderings aangebring deur die mens se teenwoordigheid is onderskeidende faktore wat bestudeer moet word wanneer 'n terrein ondersoek word. Die relatiewe belangrikheid van elkeen van hierdie faktore sal wissel na gelang van plaaslike omstandighede en sal tot 'n groter of kleiner mate belangrik wees.

Assosiasie

Party voorwerpe en verskynsels word so algemeen met mekaar geassosieer dat waarneming van die een geneig is om die ander se teenwoordigheid te bevestig of aan te dui. So is 'n sirkelvormige of elliptiese gebied met hoër voggehalte as die onmiddellike omgewing aanduidend van 'n versakkingsgebied en wanneer daar 'n eksentriese kol met nog hoër voggehalte waarneembaar is, dui dit op 'n potensiële sinkgat. Op hierdie wyse word geassosieerde brokkies inligting saam oorweeg om tot 'n sinvolle besluit en identifikasie te raak.

Resolusie (Oplosvermoë)

Resolusie is afhanklik van 'n aantal parameters maar plaas in alle gevalle 'n beperking op die interpretasie wat gemaak kan word. Dit mag wees dat die voorwerp te klein is om waargeneem te kan word. Selfs wanneer die voorwerp groot is, mag identifikasie belemmer word deur 'n gebrek aan kontras met die agtergrond. Die eerste vereiste waaraan voldoen moet word, is dat daar voldoende energieverkil by die filmvlak waargeneem kan word. Soos in enige fotografiese sisteem, is die resolusie direk afhanklik van die kwaliteit van die lens, die spektrale sensitiwiteit van die filmemulsie en die eindige grootte van die silwerhaliedkorreltjies in die emulsie. Oplosvermoë is 'n geldige maat om beeldkwaliteit mee te yk maar verskaf nie altyd 'n ware aanduiding van die inligtingsinhoud van 'n beeld nie. Die oplosvermoë kan op drie maniere aangedui word, naamlik eerstens die opgeloste grondafstand, tweedens in lynpare per millimeter of derdens as 'n modulاسie oordragfunksie. Basies

is die fototolk daarin geïnteresseerd of hy die voorwerp kan waarneem en van die agtergrond kan onderskei. Die ruimtelike oplosvermoë van enige afstandswaarnemingsstelsel is direk eweredig aan die volgende :

- a) die helderheid van die voorwerp wat opgelos moet word in kontras met die agtergrond waarteen dit verskyn,
- b) die beeldverhouding, dit is die verhouding van die voorwerp se lengte tot die voorwerp se breedte,
- c) die reëlmatigheid van die voorwerp se vorm,
- d) die aantal voorwerpe wat die patroon saamstel wat opgelos moet word,
- e) die eenvormigheid van die agtergrond waarteen die voorwerpe verbeeld is en
- f) die laterale uitbreiding van die agtergrond waarteen die voorwerpe verbeeld is.

Die oplosvermoë van 'n stelsel is omgekeerd eweredig aan :

- a) die greinagtigheid van die film,
- b) die mate van beeldbeweging tydens die oomblik van beligting relatief tot die film en
- c) die hoeveelheid atmosferiese wasigheid wat versteuring tussen die voorwerp en die kameralens binne die spektrale gebied waarmee die beeld gevorm word, veroorsaak.

Die opspoor van versakkingsgebiede met behulp van fotogeologiese interpretasie is ondersoek deur Norman *et al* (1975). Die toepassing van hierdie tegniek moet, volgens die skrywers op die volgende kriteria berus :

- a) Donkerkleurige vlekke met duidelike skerp kante, gewoonlik gerond.
- b) Sentripetale dreineringspatrone oor 'n baie klein area.
- c) 'n Klein plaaslike depressie, veral wanneer dit 'n onderbreking in die normale hellingsglooiing verteenwoordig.
- d) Die skielike ondergrondse verdwyning van stroompe en riviere.
- e) Gekromde konsentriese krake in die grond.

- f) Klein trappies in die grond of rots wat min of meer konsentries is en daal in die rigting van die versakking.
- g) Wisseling in die kleurskakering of reliëf patroonveranderings wat in verband gebring kan word met mynbouaktiwiteite.
- h) Versakkingsdammetjies.

Vir plaaslike toestande kan die volgende by die bostaande lys bygevoeg word :

- i) Vaste rotsdagsome wat sirkel- of ellipsvormig of 'n gedeelte van sodanige geometriese vorm beskryf, en egalig met plante begroei is.
- j) 'n Bos witstikhoutbome of 'n alleenstaande boom, nie noodwendig in 'n versakking nie, dui gewoonlik op diep rooi of rooibruin slykige tot kleiige sand, 'n sogenaamde oersinkgat, of 'n bestaande sinkgat.
- k) Elliptiese of verlengde elliptiese versakkings (aangesien die meeste van die groter sinkgate met groot strukturele reknate of verskuiwings gekoppel kan word).

Die skaalgrootte van die fotografie wat vir stereografiese interpretasie gebruik moet word, word gestel tussen 1 : 2 000 en 1 : 10 000 (met 1 : 5 000 as die ideaal volgens Norman *et al* (1975)). In die R.S.A. is die standaard lugfoto skaalgrootte wisselend tussen ongeveer 1 : 20 000 tot 1 : 50 000. Om dieselfde gebied op skaal 1 : 10 000 te dek sal die opnamekoste verveelvoudig. Hoë kwaliteit is gebiedend noodsaaklik wanneer 1 : 5 000 skaal lugfotografie gebruik word, om maksimale benutting in verhouding tot die hoë koste te verwesenlik.

Die skrywer het ook soos Edwards (1969) gevind dat panchromatiese en infrarooi lugfotografie aanvullend tot mekaar in die ondersoek van versakkingsgebiede is. Vir enige fotografiese tegniek is die seisoen waarin die opname gemaak is, van groot belang. Die drie maande April, Mei en Junie dit wil sê net na die reënseisoen en voor die middel van die winter word as die ideale tydperk vir infrarooi en termiese infrarooilynaftastingsopnames beskou.

Lugfotografie vind sedert die vroeë sestiger jare toepassing in die uitkenning van die tipe oppervlakmateriaal. Tomlinson (1962) het bepaal dat daar binne 'n breë klimatologiese klassifikasie van bostipes 'n verwantskap bestaan tussen 'n aantal bos spesies en hulle omgewing om sodoende 'n betroubare indikator van die tipe oppervlakmateriaal, asook die dreineringsstoestand en soms ook die rotstipe te wees. Daar is bevind dat geoloë, ingenieurs en ander fototolke die uitkenning van die sleutelspesies vinnig aanleer en betroubaar kan

toepas. Die skaal van die lugfoto's wat vir hierdie doel in Kanada gebruik word, is 1 : 36 000. Heel tereg word die noodsaaklikheid vir deeglike veldkontrole van sodanige studies duidelik onderstreep.

3.1.2 Infrarooifotografie

Volgens Fischer *et al* (1975) is die vroeë geskiedenis van die tegniek wat vandag as kleur-infrarooi bestaan, nie in die literatuur opgeteken nie. Die ontwikkeling van infrarooi-sensitiewe film vir gebruik in lugfotografie is in 1931 deur die Verenigde State se weermag gedoen. Teen 1941 was die gebruik van infrarooi film vir die deurdringing van mis reeds standaardpraktyk. Dit is ook tydens die Tweede Wêreldoorlog dat vasgestel is dat infrarooifilm vir die opsporing van kamoeflering gebruik kan word. Die kennis van die spektrale weerkaatsingseienskappe van die natuurlike omgewing, die beskikbaarheid van prakties bruikbare infrarooi-emulsies en die ontwikkeling van kleurfilms wat in die veld geprosesseer kon word, is alles omstreeks 1942 bereik. Kleurinfrarooifilm het sy oorsprong aan militêre behoeftes te danke maar is deur die jare ontwikkel tot 'n baie bruikbare medium in die bestudering van landbougewasse, plantegroei en grondvogstudies.

Volgens Kodak (1976) word 'n wye reeks infrarooisensitiewe materiale wat die hele sigbare spektrum dek met 'n boonste spektrale sensitiviteitslimiet van $0,9 \mu\text{m}$, vir praktiese fotografiese gebruik vervaardig. Die beste filter vir plantegroei studies wat aanduidend van versakkingsgebiede kan wees, is die Wratten nr. 12 filter (Kodak, 1977). Omdat plantegroei die beskikbaarheid van water aandui, is dit moontlik om met infrarooi lugfotografie langdurige plaaslike vogkonsentrasies te omlin. Die seisoen waartydens die opname gemaak word, is dus van kardinale belang; dit volg vanselfsprekend dat die reënseisoen nie geskik is nie. In gebiede waar sinkgate besig is om te vorm of versakking plaasvind, kan sogenaamde plantegroei spanning duidelik waargeneem word volgens Newton (1976). Murtha (1976) waarsku teen die algemene oorskatting van beskadigde plante wat met infrarooitegnieke bepaal word. Deeglike veldkontrole is dus gebiedend noodsaaklik. Tydens Newton (1976) se ondersoek is sinkgate, gebiede van waterverlies in sinkgate, en lineamente asook plantegroei spanning suksesvol omlin. Dit spreek vanself dat die droë seisoen wanneer die plante rustend is die beste sal wees.

Kleur- en infrarooifilms bestaan uit drie emulsielae naamlik geel, magenta en siaan wat respektiewelik vir blou, groen en rooi in kleurfilm sensitief is en vir groen, rooi en infrarooi in infrarooifilm gevoelig is. Alle lae van infrarooifilm is sensitief vir blou lig wat die gebruik van 'n minus-blou filter (Wratten nr. 12) noodsaaklik maak. Groot aanpassings in kleurbalans kan met gelatienfilters in kleurfilm gemaak word. Beligting van die kleur-

positieseffilm is baie meer krities as vir negatieweffilm en eersgenoemde bied 'n beeld wat effens skerper is. Die meeste lugfotografiekameralense is ontwerp vir gebruik met panchromatiese film en die Wratten nr. 12 filter. Die effek van die onderliggende grond neem geleidelik af soos die plante wasdom bereik. Infrarooi word aanbeveel om klamsones te onderskei. Deur gebruik te maak van die B-reeks kleurkorreksiefilters (CCB) is dit moontlik om spektrale metings te doen van laag tot laag op een stuk film (Worsfold, 1976).

3.1.3 SLAR "Side-Looking Airborne RADAR"

Die dogtertegniek van RADAR bekend as SLAR ("Side-Looking Airborne Radar") is sedert die vroeë jare vyftig vir militêre verkenning gebruik. SLAR is reeds gebruik om binne beperkte tyd inligting in te samel oor mineraalbronne, gronde, plantegroei en grondgebruik van die Amasonevallei en noordoostelike gebiede van Brasilië, (Van Roessel, 1971). Dit is selfs moontlik om met die huidige tegnologie, mosaïekkaarte op skaal 1 : 250 000 met 'n gemiddelde kwadraatwaardefout van 261 meter na konforme transformasie saam te stel en selfs so min as 142 meter na die mees geslaagde polinoompassing. Om hierdie mate van akkuraatheid te bereik is 'n redelike plat terrein 'n voorvereiste (Derenti, 1974). Hierdie tegniek is besonder suksesvol in die uitbeelding van oppervlaktopografie en strukturele verskynsels soos nate en verskuiwings. Volgens Colwell (1975) is SLAR besonder aantreklik as 'n verkenningshulpmiddel en lewer dikwels meer inligting oor die geomorfologie op as normale lugfotografie. Die transmissie karakteristieke van die seine van enige RADAR-sisteem word deur twee primêre faktore beïnvloed naamlik die golflengte en die polarisasie van die energiepuls wat gebruik word. Die mate waartoe die RADARsein deur die atmosfeer verswak of gedispergeer word, word deur die golflengte bepaal. Golflengtes korter as 3 cm word ernstig deur atmosferiese effekte benadeel. Verswakking neem toe met afname in golflengte en die invloed van wolke en reën is veranderlik. RADAR as sodanig word min deur wolke beïnvloed maar die ego's afkomstig van swaar reënval kan aansienlik wees. Volgens Lillesand en Kiefer (1979) kan die RADARsein ten opsigte van transmissie en ontvangs of horisontaal/horisontaal of vertikaal/vertikaal gepolariseer wees of horisontaal/vertikaal of vertikaal/horisontaal om gekruiste polarisasie te gee. Drie tipes reflektors word onderskei naamlik diffuus, spieël of hoektype na gelang van die topografie en samestellende materiaal. Een maatstaf van 'n voorwerp se elektriese karakter is die diëlektriese konstante. Hierdie parameter is 'n aanduiding van die reflektiwiteit en geleiding van verskeie materiale. Meesal is die veranderinge in die RADARsein gekoppel aan die voginhoud en nie so seer afhanklik van die tipe materiaal nie (Lillesand en Kiefer, 1979).

3.1.3.1 Evaluasie

Die SLAR-tegniek vereis 'n redelike plat terrein wat selde in Suid-Afrika en beslis nie in die studiegebied voorkom nie. Die tegniek lewer selde beelde op 'n skaal groter as 1:125 000

(Lillesand en Kiefer, 1979), dus kan daar nie veel inligting van nut vir die ondersoek van terreine vir voorgestelde dorpe verwag word nie.

3.1.4 Termiese infrarooilynaftasting

3.1.4.1 Beginsels van termiese infrarooilynaftasting

Die infrarooigebied van die elektromagnetiese spektrum (Fig.3.1.4.1) word begrens tussen die golflengtes 0,7 tot 300 μm . Slegs die gedeelte tussen 0,7 en 0,9 μm kan deur infrarooisensitiewe film in beeld vasgelê word. Infrarooistraling met golflengtes vanaf 3 tot 14 μm staan bekend as die termiese infrarooigebied. Termiese infrarooistraling word deur die glas-lense van normale kameras geabsorbeer en kan volgens Sabins (1978), buitendien nie met fotografiese film waargeneem word nie. Om hierdie probleem te bowe te kom, word daar van spesiale detektors en optomeganiese aftasters gebruik gemaak.

Daar bestaan twee sogenaamde atmosferiese vensters waarby infrarooistraling met golflengtes tussen 3 tot 5 μm en 8 tot 14 μm deurgelaat word. Binne 'n bepaalde venster kan die atmosfeer effek hê op straling wat die detektor meet as gevolg van absorpsie, verstrooiing en uitstraling wat in die atmosfeer plaasvind. Die kromme van die persentasie transmissie teen golflengte in meter is getand weens die absorpsie effekte, sien Fig.3.1.4.2. Wolke en mis is essensieel ondeursigtig vir termiese straling. Stof, koolstofpartikels, rook en fyn watersproei kan termiese metings vervorm. Dit is normale onsuiverhede in die lug waarvan die konsentrasie wissel van plek tot plek met hoogte, tyd en plaaslike weersomstandighede.

Ons belangstelling is gesetel in die straling afkomstig van spesifieke terreinkenmerke. Die energie wat deur 'n terreinkenmerk uitgestraal word, is gewoonlik die resultaat van die energie wat op die voorwerp ingeval het. Invallende energie kan geabsorbeer, gereflekteer of voortgeplant word deur die voorwerp wat dit tref. Ten opsigte van 'n terreinelement kan die volgende vergelyking (Lillesand en Kiefer, 1979), geformuleer word:

$$\alpha(\lambda) + \rho(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

Waar :

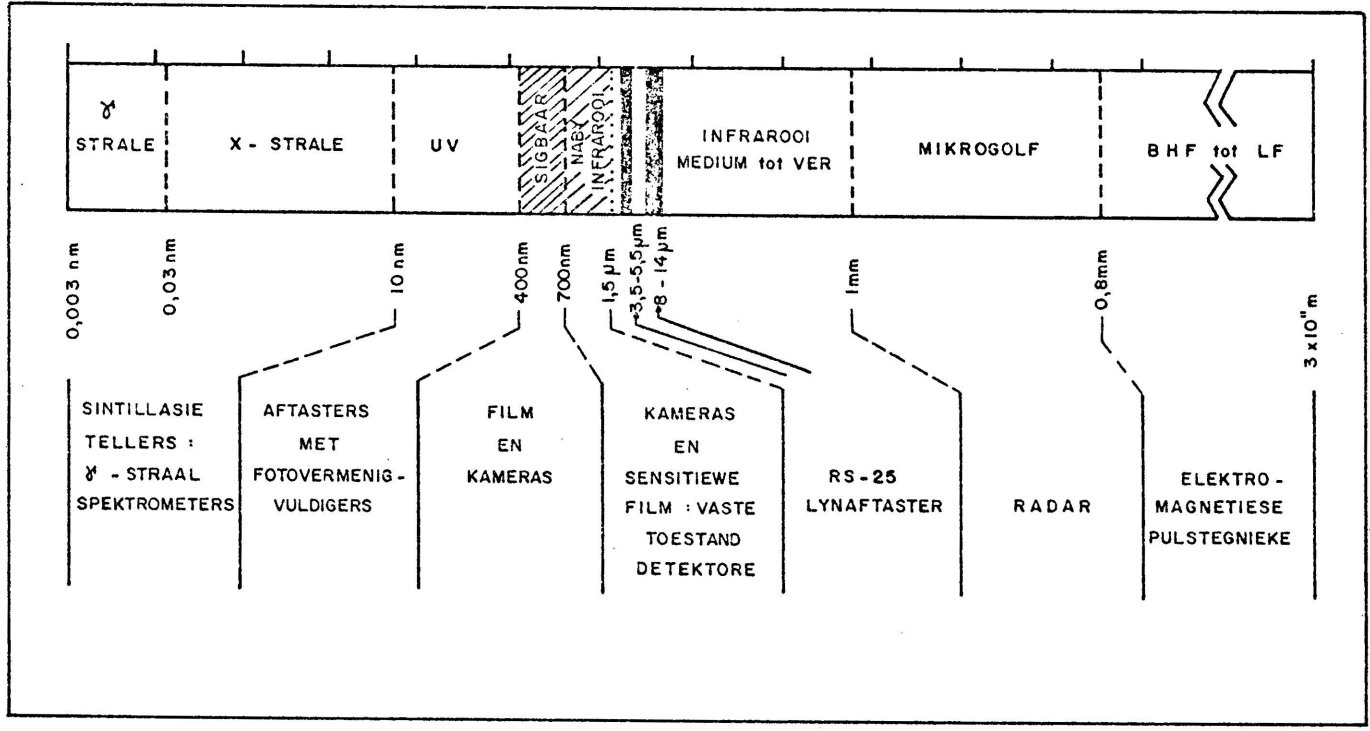
$\alpha(\lambda)$ = absorpsie van die terreinelement

$\rho(\lambda)$ = weerkaatsing van die terreinelement

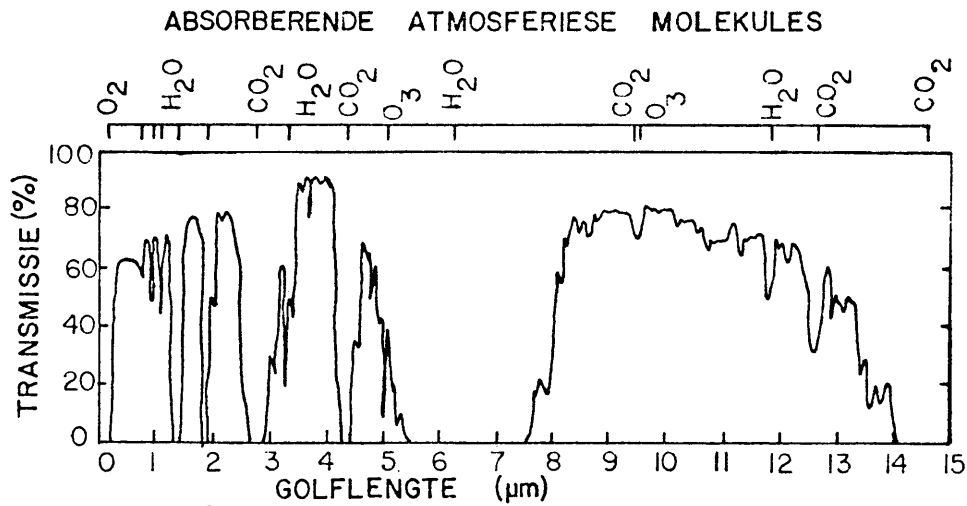
$\tau(\lambda)$ = warmtevoortplanting van die terreinelement

Kirchoff se stralingswet bepaal dat 'n voorwerp se spektrale uitstraling $\varepsilon(\lambda)$ gelyk moet wees aan die voorwerp se spektrale absorpsie, dus is goeie absorbeerders ook goeie uitstralers :

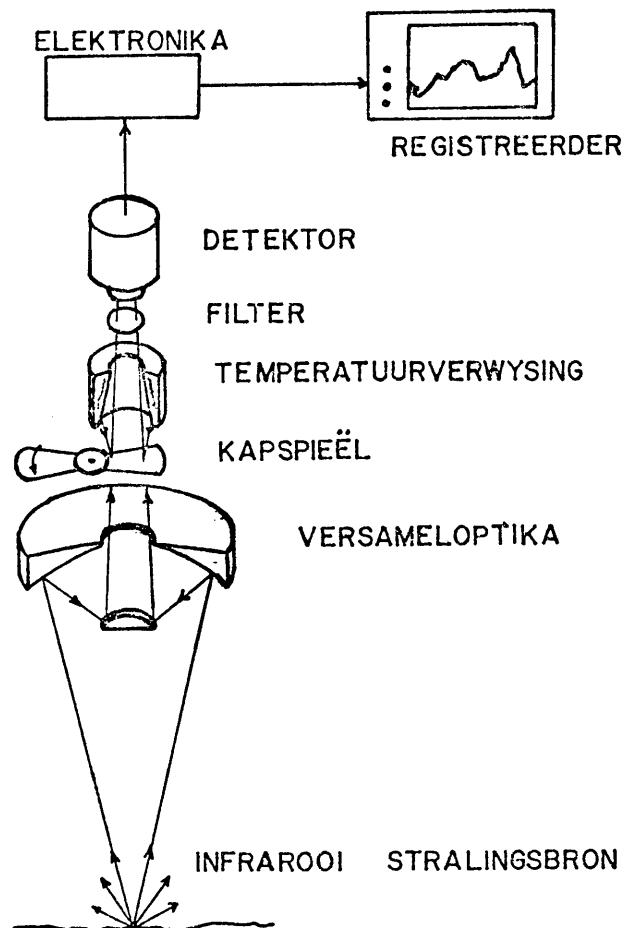
$$\varepsilon(\lambda) = \alpha(\lambda)$$



FIGUUR.3.1.4.1 DIE ELEKTROMAGNETIESE SPEKTRUM EN SOMMIGE SENSORS WAT DIT BENUT. (VOLGENS SPECTRAL AFRICA,1977)



FIGUUR 3.1.4.2
ATMOSFERIESE ABSORPSIE IN DIE 0 TOT 15 μm GOLFLENGTE BEREIK. LET OP DIE TEENWOORDIGHEID VAN ATMOSFERIESE VENSTERS IN DIE 3 TOT 5 μm EN 8 TOT 14 μm TERMIESE GOLFLENGTEBEREIK, (VOLGENS LILLESAND EN KIEFER, 1979).



FIGUUR 3.1.4.3
SKEMA VAN 'N TERMIESE RADIOMETER. (VOLGENS LILLESAND EN KIEFER, 1979).

Die vergelyking hierbo sien nou soos volg daaruit :

$$\varepsilon(\lambda) + \rho(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

In die praktyk is die meeste voorwerpe wat waargeneem word, ondeursigtig dus word $\tau(\lambda) = 0$ en vereenvoudig die vergelyking na :

$$\varepsilon(\lambda) + \rho(\lambda) = 1$$

Hierdie vergelyking illustreer die direkte verwantskap tussen 'n voorwerp (terreinelement) se uitstraling en sy weerkaatsing in die termiese gebied van die spektrum.

Dit volg uit bostaande vergelyking dat hoe hoër 'n terreinelement se weerkaatsing, des te laer is sy warmte uitstraling. Water se weerkaatsing in die termiese spektrum is weglaatbaar klein dus is die uitstraling byna gelyk aan 1. Die detektors wat gebruik word is besonder akkuraat en hulle gevoeligheid is nie 'n funksie van die golflengte nie. 'n Groot nadeel van die detektors is hulle lang responstyd. Die grootste nadele van so 'n sisteem is die klein bandwydte van die detektor en die noodsaaklikheid om dit afgekoel te hou by temperature naby absolute nul om optimum werkverrigting te verkry. Die detektor word in 'n Dewarflask gehou wat met óf vloeibare helium óf vloeibare stikstof afgekoel word.

Die termiese radiometer (Fig. 3.1.4.3) is saamgestel uit die volgende komponente :

1. Versamelende optika – dit konsentreer die stralingsenergie van die area waaroor die meting gedoen is (reflekerende spieëls word gebruik).
2. Filter – om die spektrale omvang van die instrument te beperk.
3. Detektor – dit omvorm die straling wat deur die optiese en filtersisteme deurgelaat is na 'n elektriese sein.
4. Elektronika – versterk die sein van die detektor.
5. Uitleeseenheid – registreer en vertoon die detektorseine. Die detektorseine word gewoonlik op magneetband vasgelê vir latere elektroniese verwerking en omsetting na 'n fotografiese beeld. Dit kan ook aan boord van die vliegtuig in die vorm van 'n strookkaart verwerk word, sien Fig. 3.1.4.3.

Die kommersiële stelsel wat plaaslik gebruik word vir hierdie tipe opnames maak gebruik van 'n roterende spieël om alternatief die terreinelement en die verwysingsbron ('n swart liggaam) waar te neem. Dit volg dus dat die detektor nie 'n aaneenlopende beeld waarneem

nie maar op 'n gegewe tydstip 'n area waarneem wat gedefiniëer word as die oombliklike gesigsveld. Die oombliklike gesigsveld, β , van 'n radiometer is deur die optiese sisteem en die grootte van die detektorelement bepaal en dus eie aan 'n spesifieke apparaat. Die waarnemingsveld van die radiometer is gewoonlik 'n sirkel met deursnit D wat soos volg bepaal is :

$$D = H\beta$$

Waar H die vlughoopte is.

Die deursnit D staan as die ruimtelike oplossingsvermoë van die radiometer bekend. Die gebruiklike vlughoopte vir opnames van dolomitiese gebiede is 500 meter bo die grondoppervlak. 'n Texas Instruments RS-25 apparaat is gebruik vir die opnames suid van Pretoria; die instrument het 'n oombliklike gesigsveld van 1,5 milliradiaale. Die deursnit D is dus :

$$\begin{aligned} D &= 500 \times (1,5 \times 10^{-3}) \\ &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

3.1.4.2 Interpretasie van termiese infrarooilynaftastingsbeelde

Termiese infrarooilynaftastingsbeelde het alreeds 'n wye toepassingsveld vanaf die oorspronklike gebruik om militêre teikens deur middel van kwantitatiewe metings waar te neem (Fischer, 1975). Sedertdien was die toepassings veelvuldig soos ondermeer :

- 1) Opspoor van brande in steenkoolmyne (Greene *et al*, 1969).
- 2) Die naspoor van besoedeling vanaf kragentrales (Sabins, 1978).
- 3) Energiebesparing in geboue (Thermosense I, 1978; Thermosense II, 1979).
- 4) Onderskeiding van bome wat verwelk (Rohde en Olson, 1970).
- 5) Bepaling van grondvoggehalte en deurlatendheid (De Loor, 1969).
- 6) Hidrologiese toepassings om oppervlaktemperatuur en vloeipatroon van water te bepaal (Hesketh *et al*, 1967; Robinove, 1967).
- 7) Potensiële sinkgatgebiede (Coker *et al*, 1969; Warren en Wielchowsky, 1973).
- 8) Geologiese kartering (Spectral Africa, 1978; Goetz en Rowan, 1981; Quiel, 1975; Wolfe, 1971; Lattman, 1963; Warwick *et al*, 1979; Hartopp, 1978; Siegal, 1980).

Aangesien die opnames oor 'n tydskuur van sowat een tot twee uur voor sonop gedoen word, is die vermoë van die gesteentes en materiale om hitte te stoor baie belangrik. Al-

vorens die termiese stoorkapasiteit van gesteentes vergelyk kan word moet daar op 'n paar definisies gelet word :

Termiese geleiding,

K , is die tempo waarteen warmte deur 'n materiaal sal beweeg in $\text{joule.m}^{-1} .\text{s}^{-1} .\text{.}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Die termiese geleiding vir enige spesifieke rotstipe mag met soveel as 20 persent wissel. Indien die materiaal poreus is mag die wisseling soveel as 200 persent wees.

Termiese kapasiteit,

c , is die vermoë van 'n materiaal om hitte op te gaar (stoor), en word gemeet as $\text{joule} .\text{g}^{-1} .\text{.}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Soos duidelik blyk uit die tabel van die termiese eienskappe van geologiese materiale en water by 20°C , het water die hoogste termiese kapasiteit van alle materiale. Die produk van die termiese kapasiteit en die digtheid bepaal hoeveel $\text{joule.m}^{-3} .\text{.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ in elke materiaal-tipe gestoor kan word.

Termiese inersie,

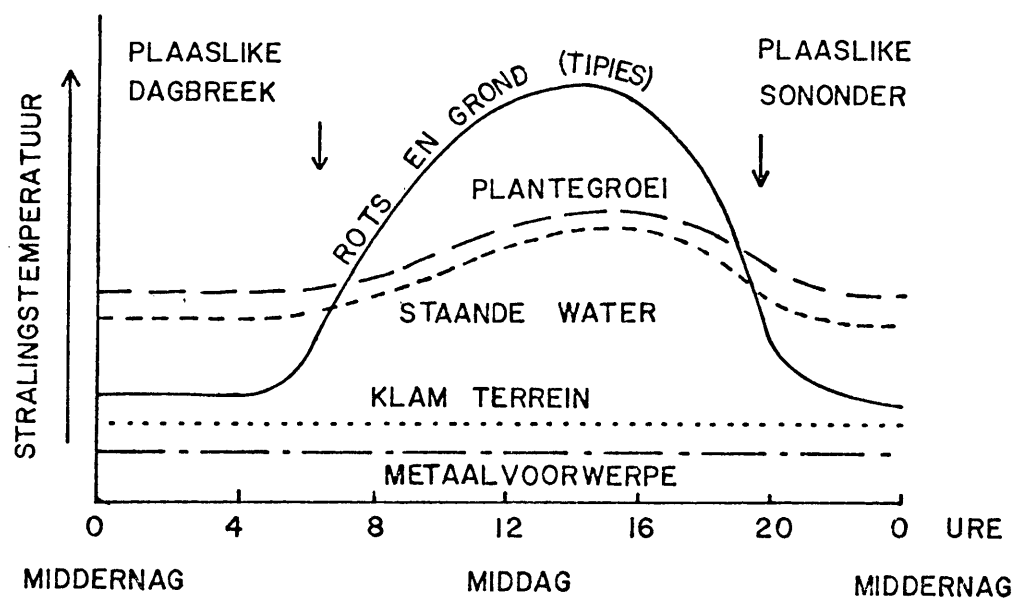
is die tempo waarteen 'n materiaal temperatuursverandering kan ondergaan en word as $\text{joule} .\text{m}^{-2} .\text{s}^{-\frac{1}{2}} .\text{.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ aangegee. 'n Materiaal met lae termiese inersie soos byvoorbeeld skalie bereik gedurende die dag 'n relatief hoë temperatuur aan die oppervlak en gedurende die nag koel dit relatief ver af. In teenstelling hiermee sal sandsteen en basalt gedurende die dag nie so warm word nie maar gedurende die nag relatief warmer voorkom omdat die laasgenoemde twee materiale hoër termiese inersie het (Tabel 3.1.4.1 en Fig. 3.1.4.4).

Termiese diffusiwiteit,

k , bepaal die tempo waarteen temperatuur binne 'n materiaal wissel en word bereken vanaf die verhouding

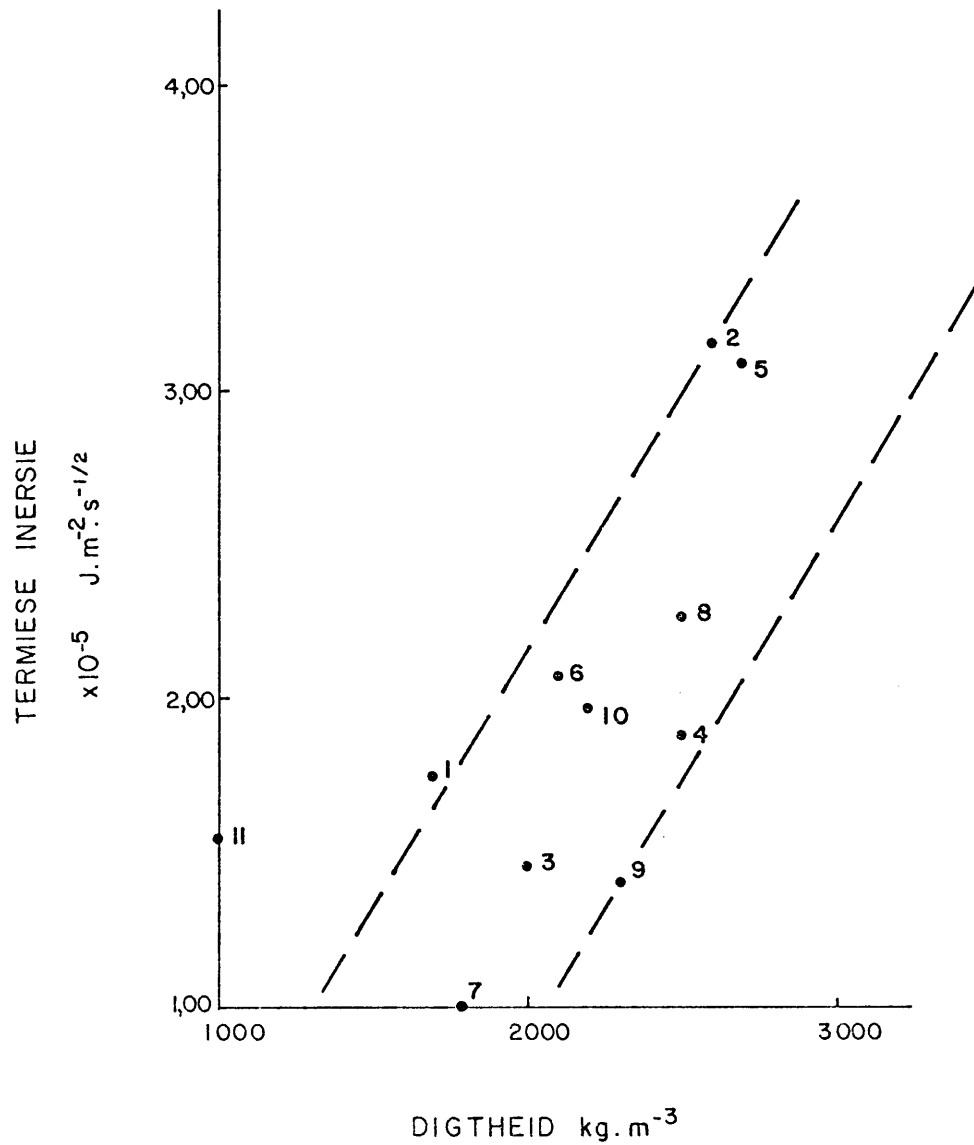
$$k = \frac{K}{c\rho} \quad \text{m}^2 .\text{s}^{-1}$$

Die termiese enersie van water is met die van rots en grond vergelykbaar aangesien dit gedurende die dag 'n koeler oppervlaktemperatuur het as rots en snags 'n hoër temperatuur (Fig.3.1.4.5). Die rede hiervoor is in die konveksiestroming wat in die water plaasvind geleë. Indien die water, byvoorbeeld 'n dam, 'n warm beeld vertoon, was die termiese opname gedurende die nag gemaak anders sou die dam 'n relatief koel beeld vertoon. Bedags en snags is klam grond koeler as droë grond weens die afkoelende effek van verdamping. Klam gebiede langs damme en riviere asook die gebiede wat onlangs natgereën het vertoon koel beelde.



FIGUUR. 3.1.4.4

DAAGLIKSE STRALINGSTEMPERATUURKROMMES (DIAGRAMMATIES)
VIR TIPIESE MATERIALE (VOLGENS SABINS, 1978).



FIGUUR.3.1.4.5. DIE VERBAND TUSSEN TERMIESE INERSIE EN DIGTHEID VAN GESTEENTES EN WATER.(II). (VOLGENS SABINS, 1978).

Groen bladwisselende bome en plantegroei sal snags 'n warm beeld vertoon. Gedurende die dag word die blare se temperatuur deur verdamping verlaag sodat die beeld bedags koel vertoon.

Droë gras in die oop veld sal snags 'n warm beeld vertoon omdat dit die hitte in die grond isoleer.

TABEL 3.1.4.1
TERMIESE EIENSKAPPE VAN GEOLOGIESE MATERIALE EN WATER BY 20°C

Geologiese materiale	K Termiese geleiding $\text{joule} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	ρ Digtheid $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	c Termiese kapasiteit $\text{joule} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	k Termiese diffusiteit $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	p Termiese inersie $\times 10^{-5}$ $\text{joule} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-\frac{1}{2}} \cdot \text{°C}^{-1}$	ρc
1. Klei (klam)	0,0013	1700	0,0015	50	1,76	2,55
2. Dolomiet	0,0050	2600	0,0008	260	3,14	2,08
3. Gruis	0,0013	2000	0,0008	80	1,38	1,60
4. Kalksteen	0,0020	2500	0,0007	110	1,88	1,75
5. Kwartsiet	0,0050	2700	0,0007	260	3,09	1,89
6. Sanderige gruis	0,0025	2100	0,0008	140	2,09	1,68
7. Sanderige grond	0,0006	1800	0,0010	30	1,00	1,80
8. Sandsteen (kwarts)	0,0050 0,0026	2500	0,0008	130	2,26	2,00
9. Skalie	0,0018 0,0013	2300	0,0007	80	1,42	1,61
10. Siënië	0,0032 0,0018	2200	0,0010	90	1,97	2,20
11. Water	0,0005	1000	0,0042	10	1,55	4,20

Volgens Sabins, (1978).

3.1.4.3 Praktiese probleme in die toepassing van termiese infrarooilynaftastingsopnames

Wanneer sodanige opnames in die praktyk by terreinondersoeke gebruik word, moet daar deeglik van die onderstaande tekortkomings van die tegniek kennis geneem word :

1. Die tangensiale distorsie wat ontstaan as gevolg van die konstante hoekversnelling van die spieël wat die beeld op die detektor werp. Die oombliklike gesigsveld van die detektor vergroot soos dit vanaf die nadir, (punt op grond loodreg) onder die vliegtuig, na buite uit beweeg; hierdie verwringing kan kunsmatig tydens die elektroniese prosessering van die beelde reggestel word om 'n beeld met normale fotografiese distorsie te lewer.
2. Foute wat onvermydelik met die swaaibeweging van die spieël verband hou, is die verlaging in sensitiwiteit van die detektor soos die oombliklike gesigsveld vergroot weg van die nadir af.
3. Eendimensionele reliëfverplasing weens die sywaartse gesigsveld van die lynaftaster. Dit het soms belemmering van die gesigsveld tot gevolg sodanig dat belangrike voorwerpe nie gesien kan word nie.
4. Beeldverwringing as gevolg van vlugprobleme, soortgelyk aan die normale lugfotografie naamlik roldistorsie, verwringing as gevolg van skeef vlieg te wyte aan 'n dwarswind en duik-en-wip van die vliegtuig.
5. Elektroniese versteuring wat streperige patrone op die beeld veroorsaak.
6. Oppervlakwind wat 'n smeereffek op die beeld tot gevolg het.
7. Wolkbedekking van die terrein wat maklik as plantegroei geïnterpreteer word.
8. 'n Baie lastige verwringing van die beeld word waargeneem in swak opnames waar die verwysingsvlak van die detektor nie stabiel is nie.
9. Swak ontwikkeling van die negatiewe en fotografiese beelde. Alle fotografiese prosesseringsprobleme is 'n inherente deel van die tegniek.
10. Die radiometriese kalibrasie van die lynaftaster is belangrik – die volgende metodes is beskikbaar :
 - (i) in-vlug radiometerverwysing
 - (ii) interne swartliggaamverwysingsbron
 - (iii) lug-tot-grond korrelasie
 - (iv) herhaaldelike dekking van die ondersoekgebied.

Die eerste twee tegnieke neem nie die effek van die tussenliggende atmosfeer in ag nie, maar die laaste twee wel. Die tegniek onder (i) hierbo, word gewoonlik gebruik wanneer die data tydens vlug op magneetband opgeneem word. Die kalibrasie-akkuraatheid wat so verkry word, is vir die meeste gewone toepassings aanvaarbaar (Lillesand en Kiefer, 1979; Sabins, 1978; en Reeves, 1975). Die werklike teenoor die voorspelde temperatuurverskille is gewoonlik minder as $0,3^{\circ}\text{C}$ vir waarnemings tot en met 'n vlughoogte van 600 meter mits daar op 'n baie helder droë dag gevlieg word.

11. Die sogenaamde terreinaffek (Wolfe, 1971) is baie belangrik waar die terrein nie gelyk is nie. Onder hierdie omstandighede word vals anomalieë van skynbaar vogtige of "koue"-gebiede waargeneem wat in werklikheid skadugebiede is.
12. Die effek van plantegroei geniet gewoonlik nie veel aandag nie (Sabins, 1978). In 'n terreinondersoek in die Wes-Transvaal waar hierdie tegniek toegepas is, het daar "omgekeerde" anomalieë voorgekom wanneer die termiese beelde met die boorgatstate vergelyk is. Die anomalieë, in hierdie geval ook 'n dolomitiese gebied, is eers verklaar nadat 'n korrelasie tussen die beelde, boorgatstate en plantegroei uitgevoer is.

Vir die samestelling van 'n termiese beeldmosaïek, moet daar minstens 60 persent oorvleueling tussen die opeenvolgende beeldstroke wees. Met die opname van die gebied suid van Pretoria was dit ongelukkig nie die geval gewees nie. Die groot oorvleueling help baie om veral terreineffekte maar ook distorsie tydens die interpretasiefase uit te skakel.

3.1.4.4 Interpretasie van die termiese infrarooilynaftastingsopname van die gebied suid van Pretoria

Die opname is gedurende Mei en Junie 1980 uitgevoer om die hele gebied wat deur die PWV-ontwikkelingsvoorstelle vir stedelike ontwikkeling op dolomiet goedgekeur is vanaf Erasmia in die weste tot Olifantsfontein in die suide te dek. Die doel van die opname was om inligting in te win wat die stabiliteitsondersoeke van staatsgrond te bespoedig en so-doende sinvolle beplanning te bevorder.

Soos reeds genoem, is die oorvleueling tussen opeenvolgende vluglyne ontoereikend in die opname van die dolomietgebied suid van Pretoria. Deur die interpretasie volgens die vlugstroke te doen, kan 'n groot mate van Oos-Wes kontinuïteit verseker word. Vir die huidige doel is alleenlik die termies-"koue"-gebiede onderskei as sou dit 'n aanduiding van moontlike dieper verwerping wees aangesien die poreuse materiaal in staat is om vog te behou. Deur vergelyking van die interpretasie van die "koue" gebiede met bestaande geologiese inligting

is daar ses stroke met konsentrasies van “kouer” gebiede wat met die geologiese strekking ooreenstem, waargeneem.

- 1) Formasie Oaktree – slegs enkele “kouer”-gebiede wat in die meeste gevalle met verskuiwings verband hou.
- 2) Formasie Monte Christo – hier word daar drie sones onderskei
 - 2.1) Die onderste sone stem ooreen met die konkordante siënië- en diabaas-intrusies aan die basis van hierdie formasie.
 - 2.2) Die middelste sone is in die omgewing van die Hennopsrivier-Sesmylspruit. Die sinkgate wat langs die rivier gevorm het, kon op grond van die inligting voorspel gewees het.
 - 2.3) Die boonste sone in hierdie formasie stem ooreen met talle bekende sinkgate en moontlike toekomstige sinkgatlokaliteite.
- 3) Die Formasie Lyttelton kon met ’n mate van sekerheid met behulp van die “kouer” gebiede en kennis van die ligging van die dolomietgroewe nagevolg word. Sinkgate is algemeen in hierdie formasie en weer eens is die korrelasie redelik.
- 4) Die Formasie Eccles is ’n gebied wat in geheel gekenmerk word deur termies “kouer” gebiede en dit met inagneming van die terreineffekte. By geleentheid van ’n beperkte terreinondersoek in die militêre gebied is ’n klein paleosinkgat met behulp van boorwerk opgespoor en later op die termiese opname bevestig as ’n “kouer” gebied. Die gebied was te klein om met behulp van ’n gravitasie-opname met ’n spasiëring van 30 m as ’n anomalie op te spoor. Binne ontwikkelde gebied is daar reeds ’n beskadigde stormwatervangput opgespoor. Laasgenoemde moet egter as ’n uitsondering beskou word en nie die reël nie.

3.1.4.5 Vergelyking van afstandwaarnemingsmetodes

Volgens ’n vergelykende studie tussen kleur, infrarooi en panchromatiese lugfotografie, word fyn detail die beste deur laasgenoemde weergegee (Haack, 1962). ’n Soortgelyke meer onlangse studie deur Minnett *et al* (1979) het bevind dat termiese infrarooilynaf-tasting die beste is om tussen dagsoomgebiede, verskillende teksture en geologiese struktuur onder dun grondbedekking te onderskei. Hierdie tegniek word deur ’n verskeidenheid faktore beïnvloed soos onder termiese infrarooilynaf-tasting bespreek.

Die vergelykende studie deur Minnett *et al* (1979) is beswaar ten gunste van termiese infrarooilynaftasting aangesien al die opnames gedurende die winter gedoen is. Die inligting bewys dat termiese infrarooilynaftasting in die winter die mees suksesvolle tegniek behoort te wees mits die terrein gelyk is. Tydens veldkontrolle moet die anomalieë met die plantegroei en materiale gekontroleer word.

Die ondersoek van Minnett *et al* (1979) het bevind dat panchromatiese lugfotografie die swakste vaar gevolg deur kleurfotografie en dan tweede laaste, infrarooi swart-en-wit en kleur op gelyke voet. Laasgenoemde was ook die mees bestendige tegniek met die minste beïnvloeding deur hoë reliëf.

Deur die jare is daar 'n verskeidenheid vergelykende studies ten opsigte van die verskillende fotografiese tegnieke gedoen. Die vergelyking van Fischer (1962) moet hier vermeld word. In hierdie studie is Aero Ektachrome kleurpositiewe met gewone swart-en-wit lugfoto's wat met die gebruikelike sogenaamde minus-blou filter geneem is, vergelyk. Volgens sy waarnemings kon vlak sinkgate beter met kleurfilm opgespoor word. 'n Insiggewende aanpassing van swart-en-wit lugfotografie deur die neem van foto's met behulp van spesiale filters om kleurverskille te bevorder, word beskryf. Die oordeelkundige gebruik van filters om die korrekte kleurbalans wat, per slot van sake, die verskille is wat die menslike oog kan waarneem word deur Hunter (1970) beskryf. Die fisiese faktore wat die finale fotografiese beeld beïnvloed is die volgende :

- 1) Die spektrumsamestelling van die invallende sonradiasie.
- 2) Die film-filterkombinasie en prosessering, insluitende die fotografiese afdrukproses indien kleurpositiewe nie gebruik word nie.
- 3) Die kameralens, fokusering en beligting wat toegepas word.
- 4) Die terrein- (omgewings-) eienskappe en weerkaatsingseienskappe met verwysing na die seisoen.
- 5) Die tempo waarteen die projek afgehandel moet word, sodat die beste weersomstandighede vir die opname benut kan word.

In Tabel 3.1.4.5.1 verskyn 'n samevatting van Hunter (1970) se bevindinge ten opsigte van terreinontleding. Die getalle dui die relatiewe geskiktheid aan, met 1 as die beste.

TABEL 3.1.4.5.1
 SAMEVATTING VAN FILMVERMOË VIR TERREINONTLEDING
 (Volgens Hunter, 1970)

(Optimum atmosferiese toestande word aanvaar).

	Panchro- matis	Kleur- infrarooi	Kleur
1. Fotografies			
a) Beelddefinisie	1	3	2
b) Skadudeurdringing	2	1	3
c) Skadunadruk	2	3	1
d) Misdeurdringing	2	3	1
e) Geskiktheid vir gebruik deur nie- tegniese personeel	3	1	2
2. Plantegroei			
a) Spesie-identifikasie	3	2	1
b) Opspoor van verlies aan groeikrag	3	2	1
c) Kartering	3	2	1
3. Blootstelling: Grond en Rots			
a) Topografie	2	1	1
b) Makroreinerings	3	2	1
c) Mikroreinerings	3	2	1
d) Voginhoud	3	2	1
e) Grondkartering	2	1	2
f) Grondswigting	3	2	1
g) Nate in rots	3	2	1
h) Uitkenning van dagsome	3	2	1
4. Water			
a) Penetrasie	2	1	3
b) Absorpsie	2	3	1
c) Oppervlakwater plantegroei	3	2	1
d) Plantegroei onder die wateroppervlak	3	1	2
e) Besoedeling	3	2	1
5. Sneeu en Ys			
a) Diepte en dikte	2	3	1
b) Smeltwater akkumulاسie	2	3	1
c) Dryfselpatrone	2	3	1
6. Stedelik			
a) Grondbenutting	3	1	2
b) Verkeerstudies	3	1	2
c) Plaveiselstudies	3	2	1

Gemiddelde rangordes (Tabel 3.1.4.5.2) van die sukses met terreinontleding is soos volg :

TABEL 3.1.4.5.2
GEMIDDELDE RANGORDES VAN DIE SUKSES MET TERREINONTLEDING

	Panchro- matis	Kleur infrarooi	Kleur
1. Fotografies	2	2,2	1,8
2. Plantegroei	3	2	1
3. Blootstelling: Grond en Rots	2,38	1,75	1,13
4. Water	2,6	1,80	1,60
5. Sneeu en Ys	2	3	1
6. Stedelik	3	1,33	1,67
TOTALE GEMIDDELDE	2,5	2,01	1,37

Hierdie ontleding bewys duidelik dat kleur oor die algemeen die beste en gewone panchromatiese lugfotografie die swakste tegniek is. Dit strook nie met Minnett *et al* (1979) se bevinding nie. Specht (1970) het in 'n onafhanklike ondersoek waarby infrarooi en panchromatiese film vergelyk is, bewys dat eersgenoemde die beste mistigheidspentrasievermoë besit. In 'n studie van 24 grondserieë en vermengde landtipes is bevind dat stereostelle kleur en infrarooi-foto's meer akkuraat is as swart-wit foto's (Kuhl, 1970). Die opspoor van die verlies aan groei-krag 2(b) in Tabel 3.1.4.5.1 is deur Ulliman (1977) ook die beste gevind met infrarooi-kleur-film.

Die gevolgtrekkings van Minnett *et al* (1979) oor opnames wat in die winter gedoen is kan soos volg saamgevat word :

- 1) Panchromatiese lugfotografie is algemeen die swakste. Dagsoomgebiede is selfs swak gedefinieër en uiterste teksturele klasse word verkeerd geïnterpreteer. Hierdie probleme is skynbaar die ergste in akkerbougebiede en gebiede met lae reliëf.
- 2) Normale (gewone) kleurfotografie is die volgende swakste. By die interpretasie van kleurfoto's is die dagsoomgebiede dikwels oordryf en die growwer teksture verkeerd geïnterpreteer. Hierdie probleme is die meeste ondervind in gebiede met hoë reliëf en plantegroei-kontraste wat neig om die spektrale aanduiding te verbloem.
- 3) Die swart-wit en kleur infrarooi films het baie soortgelyke verrigting. Laasgenoemde het veral in gebiede met hoë reliëf, 'n klein voorsprong. Hierdie twee tegnieke

verskaf die betroubaarste beelde maar daar word nog met verspreide dagsome en uiterste teksturele klasse se identifikasie probleme ondervind.

- 4) Termiese infrarooilynaftasting is ongetwyfeld die beste om dagsoomgebiede, asook die teksturele klasse en die geologiese struktuur onder dun grondbedekking soos byvoorbeeld gange en nate te onderskei. Die meer uiterste teksturele klasse word meer sentraal geklassifiseer, dus nie besonder goed of swak nie, veral in die gebiede met hoër reliëf word 'n verlies aan definisie ondervind.

'n Aangepaste klassifikasiestelsel vir materiale, ontleen aan die P.W.V.-karteringsprojek soos gedoen vir die Transvaalse Provinsiale Administrasie deur 'n konsortium, is deur Minnett *et al* (1979) gebruik. Met verwysing na Minnett *et al* (1979) se tabel wat die interpretasie van die Supergroep Swaziland dek, is 42 ooreenstemmende punte in die veld gekontroleer en die korrektheid van die onderskeie tegnieke was soos volg :

Panchromaties	Swart-Wit Infrarooi	Kleur	Kleur Infrarooi	Termiese Infrarooi- lynaftasting
14/42	17/42	17/42	17/42	15/42

Uit bostaande volg dat wat die panchromatiese lugfotografie betref die interpretasie vir 14 van die 42 veldkontrolepunte korrek was. Aangesien Minnett *et al* (1979) die tegnieke ten opsigte van al 42 veldkontrolepunte vergelyk kan die respons ten opsigte van die verskillende materiale nie gepeil word nie. 'n Verdere nadeel van hulle ontleding is dat die tegnieke nie suksesvol onderskei kan word nie. Die skrywer het Minnett *et al* (1979) se data ten opsigte van die verskillende materiaalkodes ontleed deur die korrektheid vir elke tegniek ten opsigte van die verskillende materiaalkodes afsonderlik te bereken. Vir verspreide rotsdagsoom (RIO, sien Tabel 3.1.4.5.3) vir die Supergroep Swaziland is die volgende verkry:

Materiaalkode	Panchro- Kontrolepunte	Swart-Wit Infrarooi	Kleur	Kleur Infrarooi	Termiese Infrarooi- lynaftasting
RIO	11	6 (0,5)	8 (0,7)	6 (0,5)	7 (0,6)

Sodanig dat vir panchromaties $6/11 = 0,5$ ensovoorts.

Die verklaring vir die simbole gebruik deur Minnett *et al* (1979) verskyn in Tabel 3.1.4.5.3.

TABEL 3.1.4.5.3
MATERIAALKODES

Materiaalkode	Beskrywing
RO	Rotsdagsoom (meer as 75 persent van oppervlakte met rotsdagsoom bedek),
RIO	Verspreide rotsdagsoom, dagsoom bedek minder as 75 persent van oppervlakte
B	Rotsblokke groter as 60 mm in deursnit in ongespesifiseerde matriks
G	Gruis (rotsfragmente 2 tot 60 mm diameter)
S	Sand (ongekonsolideerde matriks)
Si	Slik (0,002 tot 0,06 mm)
C	Ongekonsolideerde materiaal fyner as 0,002 mm
SC	Sandige klei
exp C	Potensieel uitswellende klei
CS	Kleiige sand

Wanneer die verrigting van die verskillende tegnieke vir die verskillende materiaalkodes vergelyk word, sien die resultate (Tabel 3.1.4.5.4) so daaruit :

TABEL 3.1.4.5.4
RANGORDES VIR DIE SUPERGROEP SWAZILAND

Materiaal	Aantal kontrole punte	Panchro- maties	Swart-Wit infrarooi	Kleur	Kleur infrarooi	Termiese infrarooi- lynaftasting
Exp C (+G)	2	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50
SC	8	0,63	0,75	0,63	0,75	0,50
RIO	11	0,55	0,55	0,73	0,55	0,64
B + G	10	0,30	0,20	0,10	0,20	0,10
CS	2	0	0	0	0	0
RO	1	0	0	0	0	0
S	4	0,25	0	0,25	0,50	0
RIO gang	2	0,50	0	0,50	0,50	0,50
B gang	1	0	0	0	0	0
Totale Frekwensie- verhouding		2,73	2,50	3,21	3,00	2,24

Uit hierdie verwerking is dit duidelik dat kleur lugfotografie, in die geheel gesien, vir die Supergroep Swaziland die beste vertoon met kleurinfrarooi die tweede beste. Die oorspronklike interpretasie kon nie tussen die bruikbaarheid van swart-wit infrarooi, kleur en kleurinfrarooi onderskei nie.

Vir gebiede met lae-reliëf dolomiet, is daar 22 punte gekontroleer met suksesvolle voorspellings soos volg :

Panchr.	Swart-Wit Infrarooi	Kleur	Kleur Infrarooi	Termiese Infrarooi-lynaftasting
6/22	10/22	9/22	10/22	10/22

Weer eens is daar drie tegnieke wat nie onderskei kan word wanneer die algehele verrigting inaggeneem word nie. Wanneer die verrigting van die verskillende tegnieke vir dieselfde materiaal vergelyk word, sien die Tabel 3.1.4.5.5 soos volg daaruit :

TABEL 3.1.4.5.5
MATERIALE : LAE-RELIËF DOLOMIET

Materiaal	Aantal kontrolepunte	Panchromaties	Swart-Wit infrarooi	Kleur	Kleurinfrarooi	Termiese infrarooilynaftasting
Si	4	0,50	0,50	0,75	0,50	1,00
RIO	8	0,50	0,63	0,50	0,75	0,50
G	6	0	0,33	0	0	0,17
B + G	2	0	0	0	0,50	0
S	1	0	0	1,00	0	0
RO	1	0	1,00	0	1,00	1,00
Totale Frekwensieverhouding		1,00	2,46	2,25	2,75	2,67

Dit is insiggewend dat op die lae-reliëf dolomietgebied die kleurinfrarooi lugfotografie weer eens die beste is maar in hierdie geval neem termiese infrarooilynaftasting die tweede plek in. Swart-Wit infrarooi blyk ook nie te swak te wees nie.

In die gebied met matige reliëf dolomiet en die eskarp gevorm deur gesteentes van die Supergroep Witwatersrand het Minnett *et al* (1979) 27 punte gekontroleer en soos volg verwerk :

Panchr.	Swart-Wit Infrarooi	Kleur	Kleur Infrarooi	Termiese Infrarooi-lynaftastig
12/27	11/27	10/27	12/27	15/27

Volgens Minnett *et al* (1979) is termiese infrarooilynaftasting die beste met panchromatiese en kleurinfrarooilugfotografie gelyk, die tweede beste.

Die verwerking van Minnett *et al* (1979) se gegewens volgens materiaaltipe en die aanduidings van die verskillende tegnieke (Tabel 3.1.4.5.6) is soos volg :

TABEL 3.1.4.5.6
MATERIALE : MATIGE-RELIËF DOLOMIET

Materiaal	Aantal kontrolepunte	Panchromaties	Swart-Wit infrarooi	Kleur	Kleur-infrarooi	Termiese infrarooi-lynaftasting
B + G	8	0,38	0,13	0,38	0,13	0,38
S	7	0,57	0,43	0,71	0,57	0,71
RIO	1	0	0	0	1,00	1,00
Si	3	0,33	0,33	0	0,33	1,00
RIO + Sh	2	0	0	0	0	0
RO - dol + chert	2	0,50	0,50	0	0	0
RIO - dol	3	0,67	1,0	0	0	0
RO - dol	1	0	0	0	1,0	0
Totale Frekwensieverhouding		2,45	2,39	1,09	3,03	3,09

In ooreenstemming met Minnett *et al* (1979) se evaluasie is termiese infrarooilynaftasting die beste maar kleur infrarooilugfotografie is baie duidelik beter as panchromatiese lugfotografie.

Op die Supergroep Witwatersrand het Minnett *et al* (1979) 23 punte gekontroleer met die volgende evaluasie :

Panchr.	Swart-Wit Infrarooi	Kleur	Kleur Infrarooi	Termiese Infrarooi-lynaftasting
11/23	11/23	8/23	12/23	12/23

Hiervolgens is termiese infrarooilynaftasting gelyk beste met kleurinfrarooi en panchromaties en Swart-wit infrarooilugfotografie is gelyk tweede keuse.

Wanneer die suksesfrekwensieverhouding volgens materiaaltype ontleed word is die resultate (Tabel 3.1.4.5.7) soos volg :

TABEL 3.1.4.5.7
MATERIALE : SUPERGROEP WITWATERSRAND

Materiaal	Aantal kontrole- punte	Panchro- maties	Swart-Wit infrarooi	Kleur	Kleur- infrarooi	Termiese infrarooi- lynaftasting
RIO	7	0,29	0,29	0,43	0,43	0,71
B + G	3	0	0	0	0	0
RO	3	1,00	1,00	0,33	0,67	0,33
S/Fe	1	0	0	0	0	0
S	8	0,63	0,63	0,38	0,63	0,50
G	1	1,00	1,00	0	1,00	1,00
Totale Frekwensie- verhouding		2,92	2,92	1,14	2,73	2,54

Die Supergroep Witwatersrand is die enigste formasie waar panchromatiese lugfotografie die beste gevaar het, in hierdie geval saam met swart-wit infrarooilugfotografie. Besonder insiggewend is die feit dat kleur infrarooilugfotografie weer eens die tweede beste is. Ongelukkig het Minnett *et al* (1979) nie die koste-effektiwiteit van die onderskeie tegnieke vir die gebied wat gedek is vergelyk nie. Die resultate kan in 'n Tabel 3.1.4.5.8 vergelyk word volgens die totale frekwensieverhoudings se somme vir die verskillende formasies wat met die eksperiment gedek is.

TABEL 3.1.4.5.8
MATERIALE : TOTALE FREKWENSIEVERHOUDINGS

Formasie	Tegniek	Frekwensieverhouding				Termiese infrarooi- lynaftasting
		Panchro- maties	Swart-Wit infrarooi	Kleur	Kleur- infrarooi	
Supergroep Swaziland		2,73	2,50	3,21	3,00	2,24
Lae Reliëf Dolomiet		1,00	2,46	2,25	2,75	2,67
Matige Reliëf Dolomiet		2,45	2,39	1,09	3,03	3,09
Supergroep Witwatersrand		2,92	2,92	1,14	2,73	2,54
TOTAAL		9,10	10,27	7,69	11,51	10,54
Rangorde		4	3	5	1	2

3.1.4.6 Gevolgtrekkings

Volgens die skrywer se ontleding het Minnett *et al* (1979) se ondersoek in werklikheid bevind dat kleur infrarooi die eerste keuse, termiese infrarooilynaftasting die tweede en swart-en-wit infrarooi die derde keuse is. Die vergelyking was gedoen onder toestande wat hoofsaaklik die termiese infrarooilynaftastingstegniek begunstig het aangesien dit in die droë seisoen gedoen is.

SLAR word ten beste soos termiese infrarooilynaftasting op gelyk terrein toegepas. Die tegniek het veral toepassing in geomorfologiese studies. Die tegniek is so ver vasgestel kon word nie plaaslik beskikbaar nie.

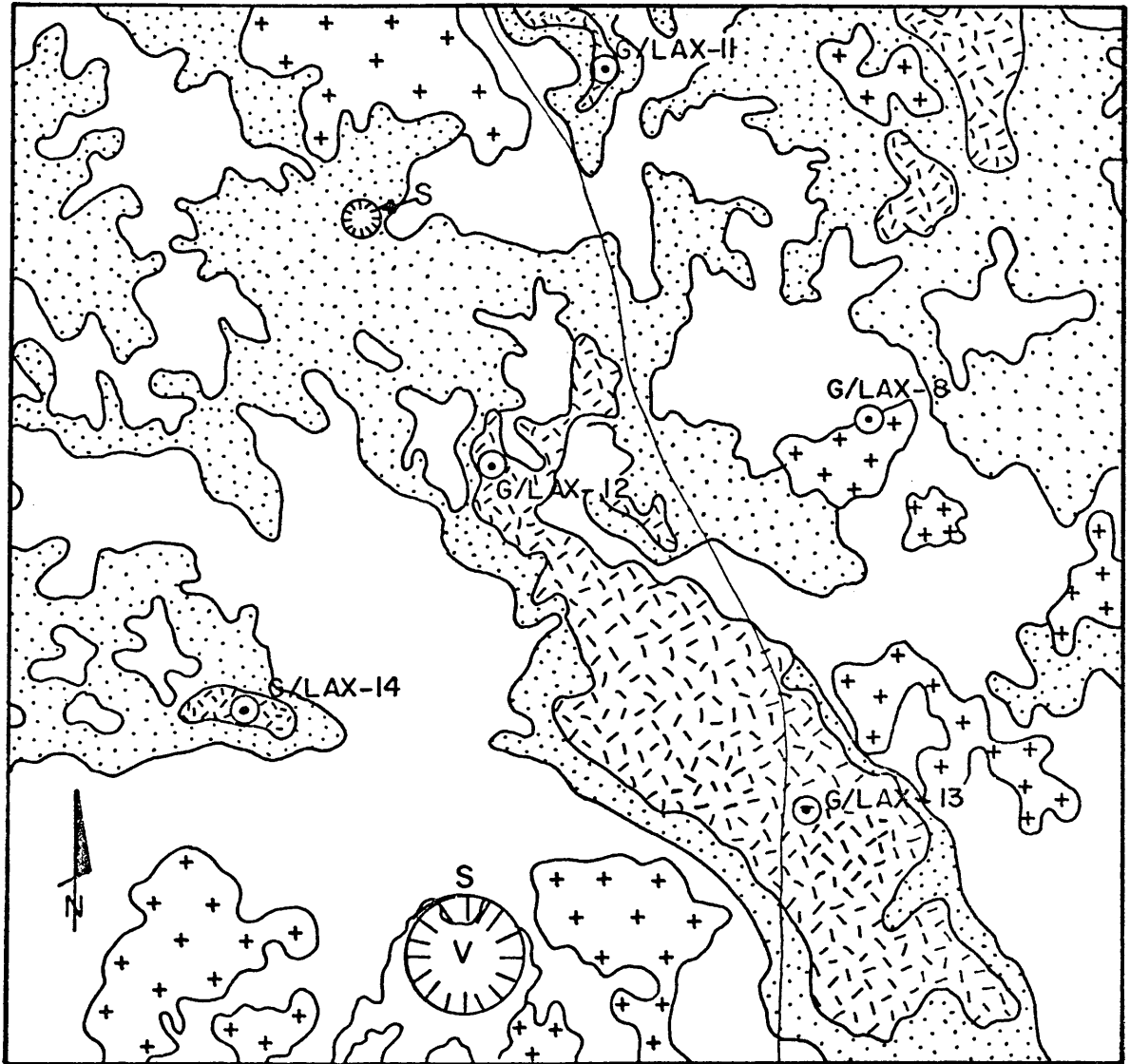
Die skrywer is van mening dat die algemeen beskikbare panchromatiese lugfoto's, wat die goedkoopste is, eerste probeer moet word. Indien die projek verdere uitgawe regverdig kan kleur infrarooi oorweeg word. Termiese infrarooilynaftasting kan slegs oorweging geniet indien die opname volgens streng voorskrifte in die middel van die droë seisoen, voor sonop gedoen word en minstens 60 persent oorvleueling verskaf word, gebiede met vlak dolomiet geniet voorkeur.

3.2 KARTERING






Die soort kartering wat tans in die ondersoek van terreine in gebiede met verspreide dagsome uitgevoer word is grotendeels geologies van aard. Om ingenieursgeologiese kartering in die streng sin van die woord, waar die werklike diktes van die onderskeibare materiaal-tipes gekarteer moet word, uit te voer sal te duur wees vir gewone dorpsontwikkeling.

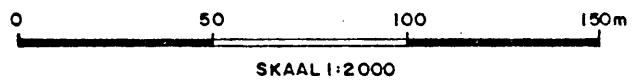
Die karteringstegniek is wel aangepas om die klem op die identifikasie van die verskillende materiale volgens hulle ingenieurseienskappe te plaas. Die tegniek word verder by die heersende toestande op die terrein aangepas. Die voorbeeld (Fig.3.2.1) wat hier aangehaal word, dek 'n gebied met verspreide chertdagsome in die Formasie Eccles, suid van Pretoria. Die materiale is in vyf kategorieë ingedeel en versakkings en sinkgate is ook gekarteer. Die basis vir die kaart is verkry vanaf 1 : 20 000 skaal panchromatiese lugfotografie wat tien keer vergroot is tot 1 : 2 000. Boorgatposisies is op die kaart oorgedra.

Die karteringstegniek het in die bogenoemde geval groter sukses as die gravitasiemetode of termiese infrarooilynaftastingsopnames (Fig. 3.2.2) in die omlyning van potensieel onstabiele gebiede gehad.

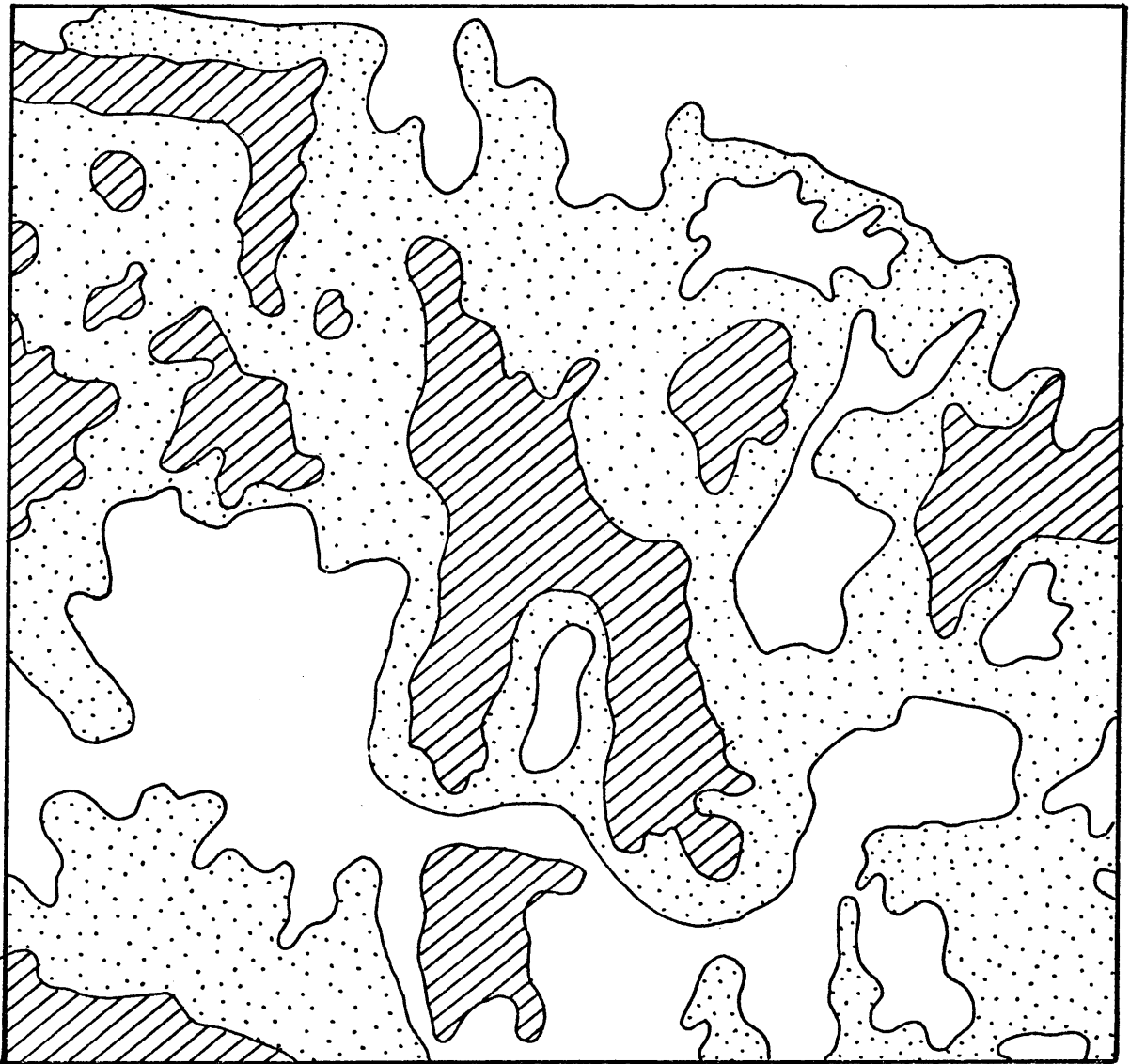


VERKLARING




-  Chertbrokstukke en grond
-  Chertdagsome
-  Gruis en grond (afkomstig van chert met minder as 10% chertbrokstukke)
-  Grond (verweringsprodukt van chert met minder as 10% gruis)
- V** Versakking
- S** Sinkgat
-  Boorgatposisie



FIGUUR 3.2.1 **GEOLOGIESE KARTERING VANAF PANCHROMATIESE LUGFOTO'S**



VERKLARING

- | | |
|---|--------------------------|
|  | TERMIESE "WARM"-GEBIED |
|  | TERMIESE "MATIGE"-GEBIED |
|  | TERMIESE "KOE"-GEBIED |

0 50 100 m

Skaal 1:2000

FIG. 3.2.2. INTERPRETASIE VAN TERMIESE INFRAROOI LYNAFTASTINGS-OPNAME.

3.2.1 Gevolgtrekkings

Dié karteringstegniek is slegs van toepassing in gebiede waar dolomiet of chert dagsoom of as verspreide dagsome voorkom. Die tegniek moet steeds met 'n boorprogram opgevolg word alvorens uitsluitel oor die terrein se stabiliteit gegee kan word.

3.3 GEOFISIESE ONDERSOEKTEGNIKE

Geofisiese ondersoektegnieke bied 'n groot verskeidenheid maniere om die fisiese eienskappe soos digtheid, elektriese soortlike weerstand en geleiding van rots en verweringsprodukte mee te meet. Toepassing van hierdie tegnieke kan 'n groot kostebesparing in die ondersoek van 'n voorgestelde dorpsterrein teweegbring veral ten opsigte van die boorwerk, wat sonder twyfel die grootste enkele uitgawe is, deur die aantal boorgate drasties te verminder sonder om skade te ly aan die gehalte van die inligting waarop beslissings gebaseer moet word.

Die "Special sub-committee on research into water, underground cavities and surface subsidence in dolomitic areas" is in die vroeë jare sestig in die lewe geroep met die volgende doelstellings :

- 1) om die ondergrondse toestande deur oppervlakwaarnemings te bepaal
- 2) om die grootte, vorm en diepte van die ondergrondse holtes te bepaal
- 3) om die meganismes te identifiseer waarvolgens holtes en oppervlakversakkings vorm
- 4) om tegnieke te ontwikkel om die geologiese en fisiese eienskappe van die strata in die dolomietgebiede te bestudeer en te interpreteer.

Die komitee was saamgestel uit persone getrek uit 'n verskeidenheid instansies soos die Bernard Price Institute for Geophysical Research, die W.N.N.R., Anglo American, Rand Mines, prof. J.E. Jennings van die Universiteit van die Witwatersrand en dr J.F. Enslin van die Departement van Waterwese (later van die Departement van Mynwese, Tak Geologiese Opname).

Jennings (1964) was van mening dat sinkgate ook buite verskuiwings en ganggebiede vorm. Hy beveel aan dat 'n metode gevind word om die holtes te definieer en die moontlikheid dat dit tot sinkgatvorming aanleiding kan gee te ondersoek. Volgens sy kennis het onlangse sinkgate slegs in puin gevorm en stel hy voor dat :

- 1) 'n gebied soos die ontwaterde deel van die Verre Wes-Rand wat reeds met gravitasie-opnames gedek is, geselekteer word.

- 2) vyf holtes moet gevind en getoets word om te sien hoe sinkgate vorm
- 3) alle tegnieke moet gebruik word om die holtes te probeer opspoor en omlyn
- 4) indien nodig moet selfs gepoog word om 'n skag te grawe en 'n observasiekamer te bou
- 5) daar moet fisies gepoog word om die holte te laat instort.

Die terrein waar bogenoemde navorsing gekonsentreer het was die Pulikgrotte wat in 1964 ontdek is. Die doelstellings van die eksperimente wat daar uitgevoer is was die volgende :

- 1) om die hipotese te toets dat boorweerstand 'n aanduiding van die aanwesigheid van boogvorming of dan die afwesigheid daarvan in ondergrondse materiale kan gee
- 2) om oppervlakkbeweging waar te neem terwyl versakking plaasvind. Vorm krake aan die grondoppervlak? Is dit sirkelvormige krake wat vorm en kan dit as 'n waarskuwing van 'n potensiële sinkgat beskou word?
- 3) om die gedrag van teleskopiese hoogtemerkeres waar te neem; om te bepaal of dit aanduiding gee van ondergrondse instorting. Dit kan deur verlenging van die vertikale spanningslyne in die grond geskied of deur volledige instorting. Om te bepaal watter gebiede bo-oor die instortende holte beïnvloed word
- 4) om te bepaal hoedanig die volume van die holte tydens instorting verander
- 5) om vas te stel of geofisiese tegnieke gebruik kan word om die holtes en die nagevolge van instorting op te spoor (Jennings, 1966).

Sover vasgestel kon word het hierdie komitee wat later as die "Panel of Underground Cavities and Subsidence in Dolomitic Areas" bekend gestaan het in Desember 1967 ontbind. Die metodes wat ondersoek is, sluit die volgende in :

- 1) 'n verskeidenheid seismiese tegnieke :
 - i) 'n seismiese resonanstegniek bestudeer deur Anglo American, B.P.I., en die W.N.N.R.
 - ii) 'n seismiese staandegolftegniek deur B.P.I.
 - iii) 'n seismiese oppervlakkgolftegniek deur B.P.I.
 - iv) seismiese refraksie deur die Sweedse firma A.B.E.M. en 'n *ad hoc* komitee

- v) 'n seismiese tegniek met 'n lugskokaktiveringsmeganisme deur B.P.I.
 - vi) 'n heimasjien en 'n vallende gewig is deur die W.N.N.R. getoets as 'n energie-bron en onbevredigend gevind
- 2) 'n elektromagnetiese stralingsmetode (radiogolwe) is deur Rand Mines op die proef gestel
 - 3) 'n drietal elektriese weerstandstegnieke is deur die W.N.N.R. beproef :
 - i) die Wennermetode
 - ii) die Schlumbergermetode en 'n
 - iii) enkelpooltegniek wat suksesvol was in die omlyning van die Pulikgrotte maar om 'n onverklaarbare rede nie verder opgevolg is nie
 - 4) die TURAM elektromagnetiese metode
 - 5) fotografiese tegnieke
 - i) lugfotointerpretasie
 - ii) fotografiese tegniek vir die opmeting van holtes deur middel van 'n spesiaal aangepaste kamera met behulp van boorgate deur die W.N.N.R. Die tegniek is suksesvol en word vandag nog gebruik
 - iii) infrarooitegnieke
 - 6) temperatuurtegnieke
 - 7) metodes om holtes mee te ondersoek :
 - i) optiese tegnieke deur die W.N.N.R.
 - ii) akoestiese tegnieke deur die W.N.N.R.
 - 8) ontwikkeling van die gravitasietegniek deur Anglo American onder leiding van dr P.G. Gane.

Na deeglike oorweging is bevind dat die gravitasiemetode die beste geofisiese tegniek is om dolomietbodemrotskonfigurasie te bepaal wat saam met die oorspronklike water-vlaktiepte in 'n mate verband hou met die voorkoms van sinkgate en veral gebruik kan word om grondversakking met ontwatering te voorspel.

3.3.1 Gravitasië-opname

3.3.1.1 Beginsels

Die doel met gravitasië-opnames is om ondergrondse strukture wat die aarde se gravitasië-veld versteur op te spoor. Die tegniek berus op Newton se gravitasiewet wat bepaal dat elke deeltjie 'n aantrekkingskrag op 'n ander deeltjie uitoefen. Die aantrekkingskrag is eweredig aan die produk van die massas en omgekeerd eweredig met die kwadraat van die afstand tussen hulle :

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

Waar:

F = aantrekkingskrag

m_1 en m_2 = massa van deeltjies

r = afstand tussen deeltjies

G = universele gravitasiekonstante

$$6,672 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

Die aantrekkingskrag tussen tweek sferiese liggame elk met massa 1 kg met 'n 1 m afstand tussen die middelpunte is :

$$m_1 = 1 \text{ kg} \quad m_2 = 1 \text{ kg} \quad r = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{G m_1 m_2}{r^2} \\ &= 6,672 \times 10^{-11} \times \frac{1 \text{ kg} \times 1 \text{ kg} \cdot \text{N}}{(1 \text{ m})^2} \\ &= 6,672 \times 10^{-11} \text{ N} \end{aligned}$$

Volgens Newton se tweede bewegingswet word die versnelling a van 'n liggaam met massa m_1 as gevolg van die aantrekking van massa m_2 gegee deur :

$$a = \frac{F}{m_1} = \frac{G \cdot m_2}{r^2}$$

Die algemene verband tussen gravitasie en die aarde se gemiddelde digtheid ρ word soos volg afgelei, indien aangeneem word dat die aarde sferies is :

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \\ &= \frac{M}{\frac{4}{3} \pi R^3} \\ &= \frac{3M}{4 \pi R^3}\end{aligned}$$

Waar:

$$\begin{aligned}M &= \text{massa van die aarde, en} \\ R &= \text{straal van die aarde is.}\end{aligned}$$

maar

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

en

$$M = \frac{gR^2}{G}$$

dus

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{3gR^2}{G4\pi R^3} \\ &= \frac{3g}{4\pi RG} \\ &= 5,52 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}\end{aligned}$$

Gravitasieversnelling is primêr afhanklik van twee veranderlikes naamlik R en ρ .

Die aarde is nie sferies nie maar effens afgeplat by die pole. Die afplatting f word gedefinieër as :

$$\begin{aligned}f &= \frac{\text{ewenaarstraal} - \text{poolstraal}}{\text{ewenaarstraal}} \\ &= \frac{1}{297}\end{aligned}$$

Dus sal die waarde van g volgens breedtegraad wissel. Die Internasionale Gravitasie Formule soos aanvaar deur die International Union of Geodesy and Geophysics (1967) bepaal die g- waarde by seevlak volgens breedtegraad ϕ as volg :

$$g_{\phi} \text{ of } g_{\text{teoreties}} = 978,0318 (1 + 0,005 3024 4 \sin^2 \phi - 0,000 005 8 \sin^2 2 \phi) \text{ gal}$$

Waar ϕ die breedtegraad van die waarnemingspunt is (I.G.S.N., 1971) ϕ word in radiale gemeet met π radiale = 180° . Hieruit volg dus die noodsaaklikheid vir 'n breedtegraadkorreksie in gravitasie-opnames.

3.3.1.2 Toepaslike gravitasiekorreksies

Daar word by die interpretasie van gravitasiegegevens tussen vyf tipes korreksies toegepas :

1) *Breedtegraadkorreksie*

Die breedtegraadkorreksie word toegepas om die effek van die afplatting by die aarde se pole op die gravitasiewaarde asook die rotasie-effek van die aarde uit te skakel. Volgens Nettleton (1971) is die toename vanaf die ewenaar na die pole 5172 mgal. Die gradiënt van die effek is $1,307 \sin 2\phi$ mgal/myl of in SI eenhede $0,812 \sin 2\phi$ mgal/km.

Volgens Gordon-Welsh (1981) is die breedtegraadkorreksie by 30° Suiderbreedte = $7,0410517 \times 10^{-4}$ mgal per meter ewenaarwaarts. Die verskil in die veranderingstempo oor 'n afstand van meer as 100 km ($1,375826 \times 10^{-5}$ mgal per m) is duidelik van min belang vir 'n gravitasie-opname wat 'n oppervlak van maksimaal 'n paar kilometer vierkant dek.

2. *Elevasiekorreksie*

Die elevasiekorreksie moet gedoen word om die verandering van gravitasie met verandering in elevasie in berekening te bring. Dit is nodig want 'n waarnemingspunt wat hoog geleë is, is verder van die middelpunt van die aarde af as 'n punt wat laer geleë is en het dus 'n laer gravitasie g-waarde. Die gravitasie word ook beïnvloed deur die materiaal wat onderkant aan die waarnemingspunt geleë is. Daar kan drie effekte in die korreksie vir elevasie onderskei word naamlik :

- 2.1 Luglaagkorreksie
- 2.2 Bouguerkorreksie
- 2.3 Topografie- of terreinkorreksie

2.1 Luglaagkorreksie

Volgens Nettleton (1971) is die luglaageffek die effek van die vertikale gradiënt van die gravitasie. Dit is dus die gravitasievermindering met toename in elevasie soos die waarnemingspunt verder weg beweeg van die middelpunt van die aarde af. Hierdie luglaagkorreksie neem nie die aantrekking van die rotsmassa tussen die waarnemingspunt en die sferoïde in berekening nie, maar korrigeer die waargenome gravitasiewaardes asof daar 'n laag lug tussen die waarnemingspunt en die sferoïde is. Vandaar die benaming vir die

luglaagkorreksie. Gravitasiewaarnemings waarop die breedtegraad- en luglaagkorreksies toegepas is, staan bekend as die luglaaganomaliewaardes.

Luglaaganomalie = g (waargeneem) + $0,3086H - g\phi$ mgal . m^{-1} waar g ϕ die gravitasiewaarde op die sferoïde oppervlak sou wees.

Waar ϕ = Breedtegraad

H = Hoogte bo gemiddelde seevlak in meter

2.2 Bouguerkorreksie

Die Bouguerkorreksie neem die aantrekkingskrag van die massa tussen die waarnemingspunt en die geoïedevlak, in berekening. In die berekening word aanvaar dat die blad tussen die waarnemingspunt en die seevlak horisontaal is met dikte H . Die gravitasie-aantrekking van 'n oneindige horisontale blad beskryf deur die vergelyking :

$$\Delta g = 2\pi \gamma \rho H$$

Waar

Δg = die gravitasie-aantrekking van die blad

γ = die gravitasiekonstante

ρ = die digtheid van die blad

H = die elevasie van die waarnemingspunt bo seevlak

Dus is:

$$\Delta g = 2\pi \times 6,672 \times 10^{-6} \times \rho \times H \text{ mgal (H in meter)}$$

$$\Delta g = 4,192141237 \times 10^{-6} \times \rho \times H \text{ mgal } \rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Hierdie effek vergroot die waarde van die gravitasie-aantrekking by die waarnemingspunt en word dus van die waargenome gravitasiewaarde afgetrek.

Die luglaagkorreksie en die Bouguerkorreksie word gewoonlik gekombineer as een korreksie vir beide effekte soos volg :

$$\text{Elevasiekorreksie} = (4,192141237 \times 10^{-5} \times \rho) - 0,3086 \text{ mgal per m}$$

Dus is die elevasiekorreksie vir 'n digtheid van 2670 kg/m^3 , wat as tipies van aardkorsmateriaal beskou kan word :

$$\begin{aligned} \text{Elevasiekorreksie} &= (4,192141237 \times 10^{-5} \times 2670) - 0,3086 \text{ mgal per m} \\ &= -1,9666983 \times 10^{-1} \text{ mgal per m} \end{aligned}$$

Gereduseerde gravitasiewaardes wat gekorrigeer is vir breedtegraad, Luglaag- en Bouguer-effekte word Bouguer-anomaliewaardes genoem.

$$\text{Bougueranomalie} = g(\text{wrn}) - g(\phi) + \text{Elevasiekorreksie}$$

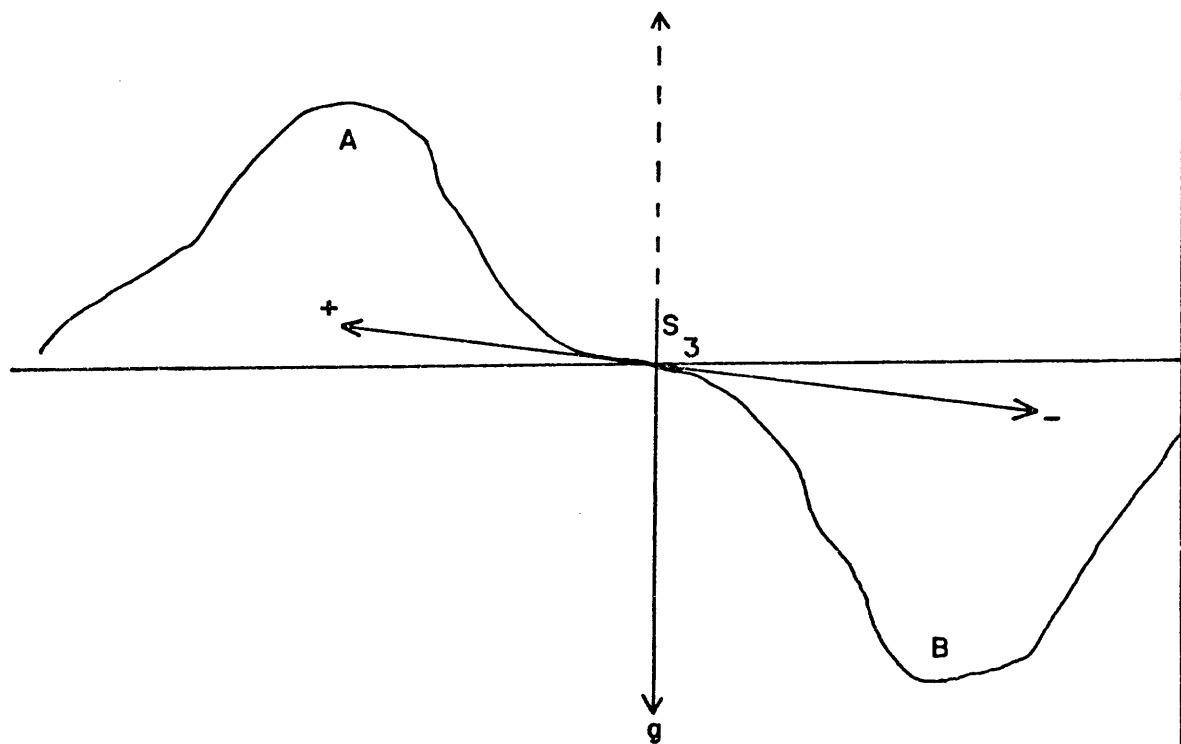
2.3 Topografie- of terreinkorreksies

Terreinkorreksies word toegepas wanneer daar aansienlike verskille in topografie lokaal om 'n waarnemingspunt is. (Nettleton, 1971). Die Bouguerkorreksie aanvaar 'n blad materiaal van eenvormige dikte tussen die seevlak en die waarnemingspunt en bied dus nie 'n oplossing vir die verskille in gravitasie-aantrekking as gevolg van berge en diep klowe nie. Om die korreksie te doen word 'n topografiese kaart in sones en radiale sektore opgedeel. Die radiale sektore word op hul beurt in kompartemente opgedeel en die effek van elke kompartement word vanaf 'n geskikte tabel bereken. Sonder die gebruik van 'n groot elektroniese rekenaar is hierdie korreksie se berekening 'n langdradige en vervelige taak (Nettleton, 1971).

Die effek van topografie word doeltreffend verduidelik aan die hand van Fig. 3.3.1.1 (Garland, 1965). Die effek van topografie op die gravitasie-aantrekking by die waarnemingspunt S3 word geïllustreer. Die verskillende gravitasie-aantrekkingskragte word as vektore aangedui. Die heuwel A se aantrekking word as positief aangedui. Die netto aantrekkingskrag is dus opwaarts by S3 en as gevolg daarvan word die gravitasie-aantrekking by S3 verlaag. Die vallei by B kan vertolk word as sou daar 'n aantrekkingsmassa verwyder wees. Die vallei oefen dus 'n "negatiewe"-aantrekkingskrag uit op waarnemingspunt S3. Die netto effek van die vallei by punt S3 is dus ook 'n opwaartse aantrekking en die waarde van g is laer as wat dit waargeneem sou word indien daar geen vallei was nie. Om die effekte van topografie te elimineer moet die nodige korreksie dus altyd bygetel word om die g -waarde te vergroot na wat dit sou gewees het as die topografie gelyk en plat was.

2.4 Dryfkorreksies en getykorreksies

Volgens Hays (1976) korrigeer hierdie korreksie vir die aantrekkingseffekte van die son en maan en korrigeer ook die instrument se natuurlike dryf. Dit korreksie word gemaak deur periodieke lesing van 'n basiswaarnemingspunt terwyl die gravitasie-opname gedoen word. Alle lesings geneem by die waarnemingspunte word dan gekorrigeer na die eerste lesing wat by die basiswaarnemingspunt geneem is. Dit word gedoen deur die variasie in gravitasie-aantrekking teen tyd te stip. Rekord word ook gehou van die tye wanneer die basiswaarnemingspunt gelees is. Die korreksie vir elke waarnemingspunt word deur interpolasie vanaf die dryfkromme verkry. Aardgetykaarte word ook gebruik in regionale gravitasie-opnames.



FIGUUR . 3.3.1.1

DIE EFFEK VAN TOPOGRAFIE OP DIE GRAVITASIE BY 'N PUNT S_3
(VOLGENS GARLAND, 1965).

Volgens Nettleton (1971) is die grootste enkele bron vir foute in gravitasiekaarte van die hoogtemetings afkomstig. Gravitasiekaarte van gebiede met groot en relatief skerp topografiese reliëf is selde glad of egalig selfs wanneer die hoogtemetings akkuraat is. Dit is die geval omdat die terreinkorreksies nie volmaak is nie en lokale wisselings in die digtheid nie deur die Boguerkorreksie in ag geneem word nie.

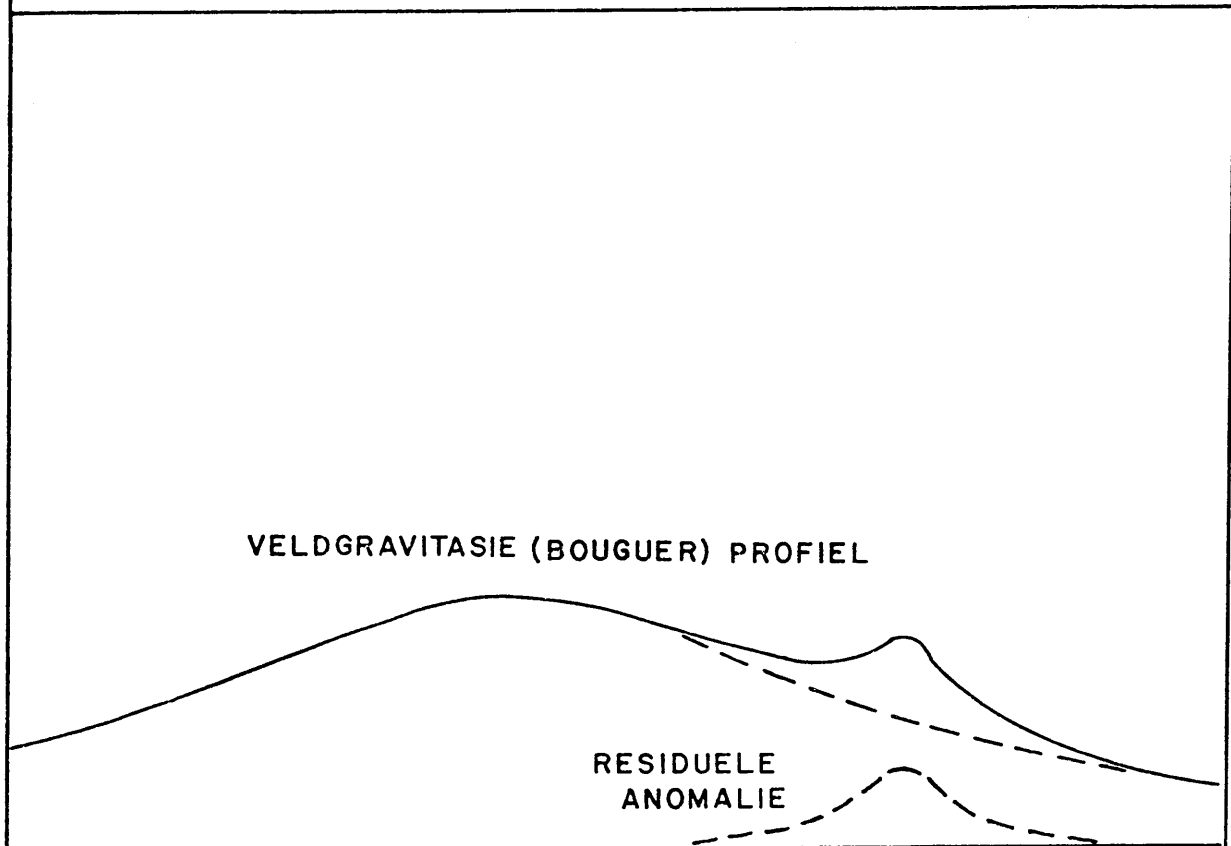
Elke gravitasiemeting by enige waarnemingspunt is die som van al die effekte op daardie punt. Dit is dus begryplik dat geen gravitasiekaart ooit werklik eenvoudig kan wees nie aangesien daar soveel veranderlikes is wat 'n bydrae tot die waargenome g-waarde maak. Vir die doel van interpretasie moet daar tussen die verskillende bydraes 'n onderskeid gemaak kan word. Die metodes wat gebruik word om die regionale effek te verwyder kan aan filteringsprosesse gelyk gestel word. Dit is dus altyd wenslik om van 'n sogenaamde residuele gravitasiekaart waarin die regionale effek verwyder is, gebruik te maak vir interpretasiedoeleindes. In Fig. 3.3.1.2 word die klein bydrae van punt-tot-punt variasies deur geologiese strukture wat gekarteer en geïnterpreteer kan word tot die aarde se totale gravitasieveld geïllustreer. Die teoretiese agtergrond tot die gravitasiemetode word in Bylaag 3 gedek.

3.3.1.3 Historiese oorsig

Geofisiese metodes speel sedert die vroeë-veertiger jare die belangrikste rol in die ondersoek van dolomitiese gebiede in 'n poging om gevaarsones waar sinkgate moontlik kan vorm en/of ernstige versakking kan plaasvind te omlyn (Enslin, 1951). Die gravitasiemetode is gebruik om 'n voorgestelde vliegveld mee te ondersoek. Op daardie stadium is nog nie van boorwerk gebruik gemaak om die geofisiese interpretasies teen te kontroleer nie.

Later steun Enslin en Smit (1955) hoofsaaklik op gravitasie maar nou met 'n ondersteunende boorprogram. Die boorgate is spaarsaam gebruik om die gravitasiegegevens mee te interpreteer. Die destydse gravitasie-opname het 'n Bougueranomaliëkaart opgelewer wat gebaseer is op beide 18,29 m (60 vt) en 36,58 m (120 vt) roosterintervalle vir verskillende gebiede. Die relatiewe akkuraatheid is $\pm 0,03$ mgal en dit is as standaard aanvaar vir roetine-opnames. Daar word vier gravitasie-anomaliepatrone deur Enslin en Smit (1955) onderskei en soos volg in die gebied suid van Pretoria geïnterpreteer :

- 1) Die hoofkenmerk is 'n regionale positiewe anomalie wat op die noordwaartse verdikking van die digte dolomiet en sedimente asook die intrusiewe stollingsgesteentes van die Groep Pretoria dui.



FIGUUR. 3.3.1. 2.

DIE KLEIN BYDRAE VAN GEOLOGIESE STRUKTURE TOT DIE AARDE SE TOTALE GRAVITASIEVELD VEROORSAAK SLEGS PUNT-TOT-PUNT VARIASIE WAT GEKARTEER EN GEINTERPRETEER KAN WORD; (VOLGENS HAYS, 1976).

- 2) Komvormige negatiewe en positiewe anomalieë wat oorheenliggend is op die regionale anomalie. Eersgenoemde dui op loslappe gesteentes van die Formasie Vryheid of verweerde komme in dolerietintrusies en die laasgenoemde op vaste dolerietrots of vaste dolomietrots.
- 3) Die derde kenmerk is 'n digte spasiëring van die gravitasiekontoerlyne wat dui op steil gradiënte van die gravitasie. Wanneer sodanige sones redelik reglynig is dui dit op verskuiwings en wanneer dit slinger, omlyn dit die rand van vaste dolomietmassas.
Die vroeë afleidings geld vandag nog in die omlyning van potensiële gevaargebiede. Die skielike toename in die intensiteit van verwering dui op 'n steil kontak tussen vaste rots en residuum waarlangs versnelde ondergrondse erosie kan plaasvind (Donaldson, 1963).
- 4) Waar die gravitasiekontoerlyne wat wyd gespasiëer is, aanpas by die regionale gradiënt en ongeveer parallel is met die geologiese strekking, dui dit op gebiede wat met 'n dik laag chert of chertpuin en grond oordek is. Sulke gebiede word as veilig vir ontwikkeling geïnterpreteer. Hierdie afleiding van Enslin en Smit (1955) is nie noodwendig op alle terreine van toepassing nie.

Die teoretiese agtergrond tot die gravitasiemetode word in Bylaag 3.1.1 gedek.

3.3.1.4 Die rol van die gravitasiemetode in die ondersoek van voorgestelde dorpe

Wanneer die terrein vir 'n voorgestelde dorp op dolomiet geleë, of sy ligging sodanig is dat onderliggende dolomiet sê onder 'n bedekking van gesteentes van die Formasie Vryheid 'n invloed op die dorp se stabiliteit mag hê, is 'n gravitasie-opname die geskikte geofisiese tegniek om toe te pas. Aangesien die gravitasie-opname nie holtes as sodanig kan opspoor nie (Kleywegt, 1981) word dit nogtans met 'n groot mate van sukses ingespan om die bodemrotsprofiel te bepaal en sones van verwering op te spoor. Op hierdie wyse is daar reeds etlike loslappe van die Formasie Vryheid opgespoor en heel dikwels het dit groot hoeveelhede flintklei bevat (Bredell, 1977).

Die ondersoek van die voorgestelde dorpsgebied word deur die ontwikkelaar gefinansier (Kleywegt, 1980) en behels die nodige geologiese en geofisiese ondersoeke om 'n idee van die stabiliteit van die terrein te vorm.

Die resultate van sulke ondersoeke word aan die Geologiese Opname voorgelê vir kommentaar en ten einde 'n mate van leiding aan ontwikkelaars en hulle geotegniese raadgevers te voorsien is die volgende riglyne ten opsigte van gravitasie-opnames voorsien :

Die gravitasie-opname word gedoen op 'n reëlmatige rooster met 30 m sylengtes wat die hele voorgestelde terrein asook 'n sone van 150 m wyd rondom die terrein dek. Dit word verlang dat elke vyfde waarnemingspunt met 'n betonbaken gemerk sal wees. Die gravitasie-opname word uitgevoer tot die volgende spesifikasie :

- 1) Die hoogtes van die waarnemingspunte moet tot 'n akkuraatheid van 0,005 m bekend wees.
- 2) Gravitasielesings moet, ná korreksie vir instrumentele dryf en ander effekte, binne 'n akkuraatheid van $\pm 0,03$ mgal wees.
- 3) Die raadgever moet behoorlik rekord hou van die nivellering- en gravitasiewaarnemings asook die berekenings wat by die verwerking daarvan betrokke is indien die Geologiese Opname insae daarin sou verlang. Die waarnemingspunt wat as basis vir die opname gedien het, moet permanent in die veld gevestig en maklik uitkenbaar wees. 'n Goeie beskrywing van die punt moet verskaf word.
- 4) Die volgende kaarte moet die verslag vergesel :
 - (i) 'n Gravitasie-anomaliekaart met 0,1 mgal kontoere. Die kaart moet die posisies van alle waarnemingspunte, of hulle op 'n rooster is of nie, asook alle betonbakens en die basiswaarnemingspunt aandui.
 - (ii) 'n Residuele gravitasie-anomaliekaart, saamgestel tot 'n gespesifiseerde verwysingsvlak. Alle boorgatposisies, grondwatervlakke, ens. moet duidelik aangedui word. Die regionale gravitasieveld wat verwyder is om die residuele gravitasiekaart saam te stel moet aangedui word. Die boorgate en dagsome wat gebruik is om die regionale gravitasieveld te bereken, moet duidelik uitgewys word. Indien die regionale gravitasiekaart tot 'n spesifieke verwysingsvlak saamgestel is, moet die faktor wat gebruik is om vir die deklaag te korregeer verstrekkend word.
- 5) Nadat die gravitasie-opname voltooi is, moet daar 'n aantal boorgate geboor word om die aard van die onderliggende materiale en die stand van die grondwatervlak vas te stel. Die keuse van boorgatposisies moet gedoen word aan die hand van die gravitasie-opname. Die boorgate moet elke 1,5 m bemonster word en die standaard beskrywingstegniek van die Geologiese Opname (sien 3.5) moet gebruik

word. Die monsters moet gereed gehou word vir voorlegging aan die Geologiese Opname indien dit vir kontroledoeleindes aangevra sou word.

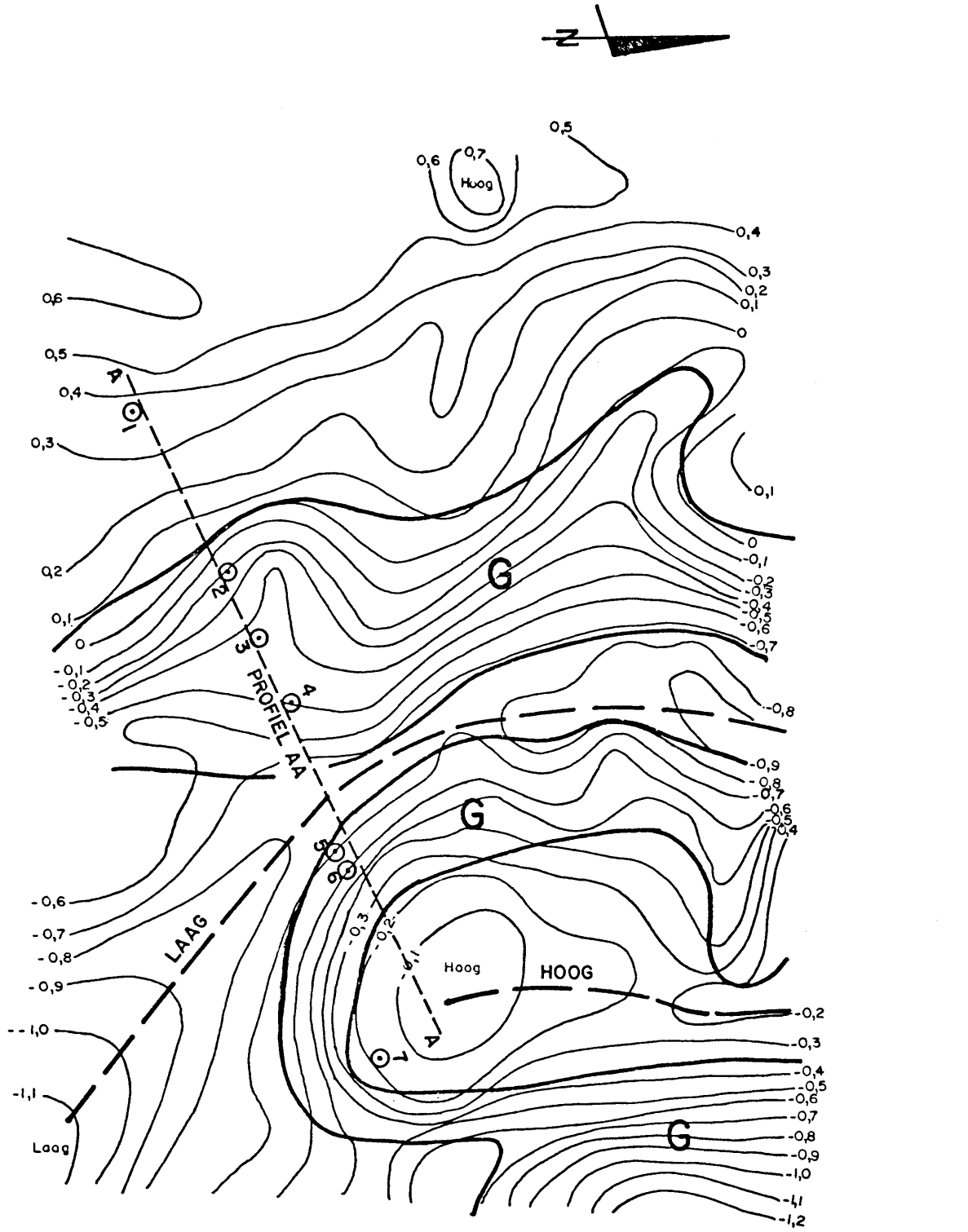
- 6) Die grondwatervlak se rushoogte moet na verloop van minstens 24 uur gemeet en op die residuele gravitasiekaart aangedui word.
- 7) Ander geofisiese tegnieke kan bykomend tot die gravitasie-opname toegepas word om die resultate daarvan te bevestig en te evalueer. Magnetometer- en elektromagnetiese opnames word byvoorbeeld gedoen om intrusiewe stollingsgesteentes, verskuiwings, ens. op te spoor en te omlyn. Indien sodanige tegnieke gebruik word, moet die interpretasie daarvan met boorgatinligting bevestig word.
- 8) 'n Isopagkaart van die deklaag op die vaste dolomietrots moet verskaf word. Dwarsnitte gebaseer op die gravitasie-opname en boorgatinligting moet volgens die raadgegewer se interpretasie opgestel en ingedien word. Die kaart en profiele moet op skaal 1 : 1 500 geteken word en moet ondermeer die aard van die gronddeklaag en die dolomitiese residuum weergee. Die kaarte en tekeninge moet vergesel wees van 'n verslag waarin 'n volledige interpretasie van al die geologiese en geofisiese inligting deur die skrywer verstrekkend word.

Bogenoemde vereistes en beginsels het berus op die Geologiese Opname se ondervinding met die ondersoek van dolomitiese gebiede en gevestigde riglyne om te kan besluit of dit 'n aanvaarbare risiko vir ontwikkeling bied al dan nie.

3.3.1.5 Tipiese resultate

'n Tipiese voorbeeld van 'n residuele gravitasiekontoerkaart, waarop die regionale effek verwyder is, verskyn in Fig. 3.3.1.3.

Die gravitasieprofiel langs A-A en die boorgatinligting in Fig. 3.3.1.4 bied 'n duidelike beeld van die afleidings wat met hierdie tegniek gemaak kan word. Die trapvormige lyn bied 'n beeld van die afgeleide diepte van die vaste bodemrots volgens die gravitasie-opname. Die teoretiese gravitasiedwarsnit reflekteer die kleiner gravitasie laag in die omgewing van boorgat 2 en 3 en die duidelike gravitasie laag soos uitgewys deur boorgat 5 besonder treffend. Die gravitasiewaardes is gereduseer tot die oorspronklike grondwatervlak sodanig dat die kontoere positief is waar die vaste bodemrots bo die oorspronklike grondwatervlak is en negatief daaronder by gebiede van plat dolomiet bodemrots ver van steil strukture af.

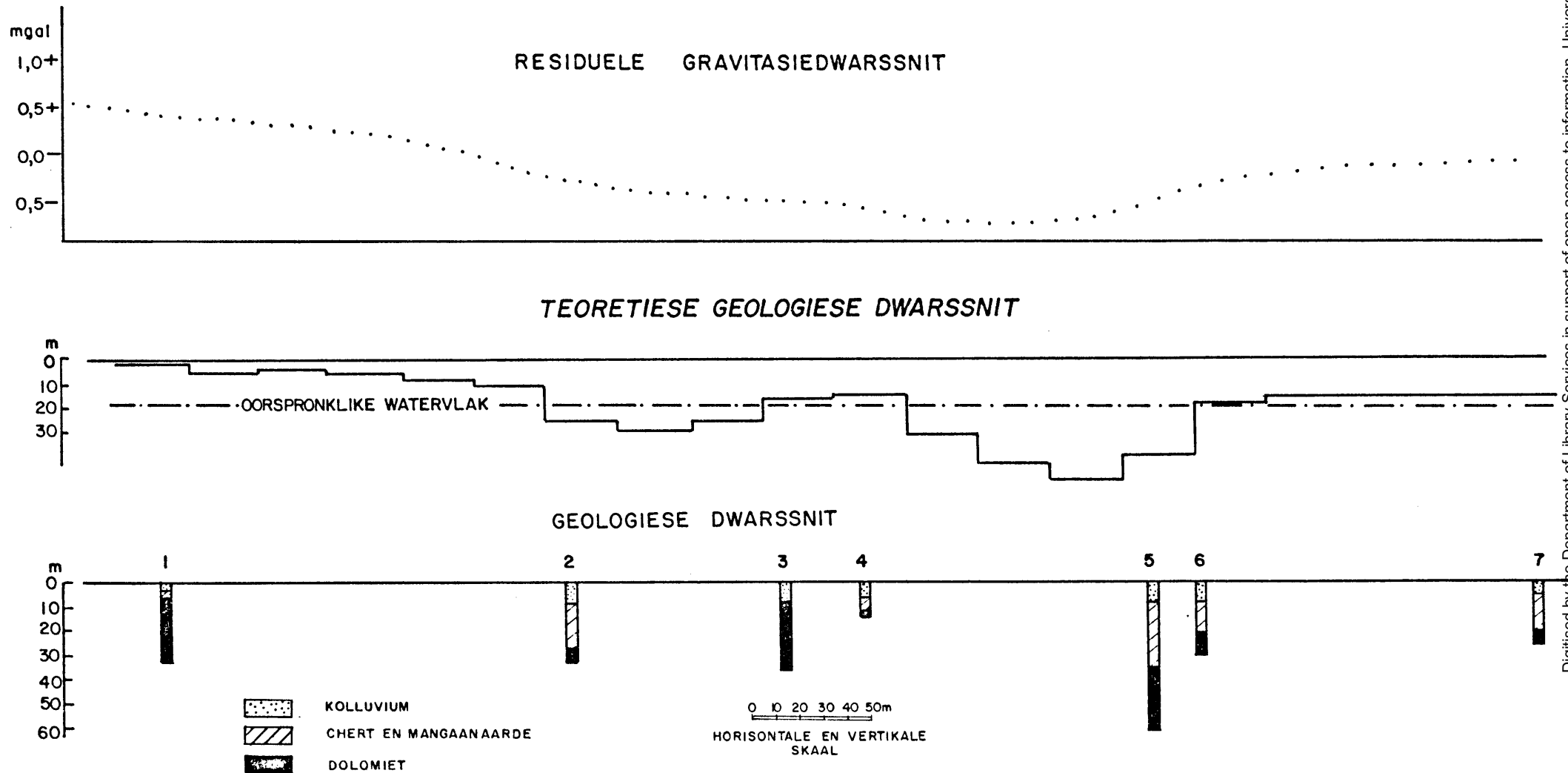


VERKLARING

- 0,1 RESIDUELE GRAVITASIEKONTOERLYN
- Hoog** GRAVITASIEHOOGPLATO
- GRAVITASIELAAGAS
- GRAVITASIEHOOGAS
- GRAVITASIEGRADIËNT
- BOORGATPOSISIES



FIG. 3.3.1.3. RESIDUELE GRAVITASIEKONTOERKAART (VOLGENS KLEYWEGT EN ENSLIN, 1973).



FIGUUR 3.3.1.4 DWARSSNIT LANGS A—A : VERBAND TUSSEN WAARGENOME GRAVITASIEDWARSSNIT, TEORETIESE (GEÏNTERPRETEERDE) GEOLOGIESE DWARSSNIT EN GEOLOGIESE DWARSSNIT

(VOLGENS KLEYWEGT EN ENSLIN, 1973)

3.3.1.6 Evaluasie

Die gravitasietegniek het steeds toepassing veral in gebiede met verwerking dieper as 6 meter. Die grootste nadele is die swak resolusie en die hoë koste van die boorprogram, laasgenoemde is 'n integrale deel van enige ondersoek waar geofisiese tegnieke toegepas word.

3.3.1.7 Gevolgtrekkings

Met inagneming van die bevinding van die "Special sub-committee on research into water, underground cavities and surface subsidence in dolomitic areas" dat die gravitasie-opname die betroubaarste geofisiese tegniek is om verweringssones mee te omlin is dit verstaanbaar dat die ondersoek van voorgestelde dorpe grootliks op gravitasie gebaseer is.

Vanuit teoretiese argumente (Bylaag 3) kan die minimum deklaagdikte op sowat 5 m en die wydte van die verweerde sone nie smaller as die waarnemingsinterval vir die suksesvolle uitvoering van die gravitasietegniek gestel word. Die tegniek kan in ontwikkelde gebiede toegepas word, alhoewel teen hoë koste. Gebiede gevul met lae digtheid materiaal wat potensieel onstabiel mag wees, kan omlin word. Soos enige geofisiese metode moet die toepassing van die gravitasiemetode deur 'n boorprogram opgevolg word om die regionale effek te bepaal en om potensieel onstabiele gebiede te ondersoek en omlin.

3.3.2 Seismiese metodes

3.3.2.1 Beginsels

Die seismiese metode berus daarop dat 'n elastiese puls naby die aardoppervlak opgewek word. Die grondbeweging wat as gevolg daarvan plaasvind word met behulp van klein seismometers (geofone) waargeneem. Die sein word elektronies versterk en op 'n katodebuis-kerm vertoon en/of op film of as deurlopende rekord op papier geregistreer. Deur akkurate meting van die tydsinterval tussen opwekking van die puls en die waarneming daarvan kan die voortplantingsnelheid deur die grond bepaal word. Aangesien die materiale onder die grondoppervlak nie oor homogene elastiese eienskappe beskik nie sal die voortplantingsnelheid horisontaal en met toename in diepte wissel. Indien die geologiese struktuur van die ondergrondse materiale eenvoudig is, kan die elastiese golfsnelheid en die grense van die onderskeie horisone bereken word. Die sogenaamde "snelheids"-grense stem gewoonlik met geologiese kontakte ooreen.

Daar word van twee tegnieke gebruik gemaak naamlik die refleksiemetode en die refraksiemetode. Eersgenoemde word in olie-eksplorاسie vir diep ondersoeke wat tot etlike duisende

meter strek, gebruik. Dit is ook die geofisiese tegniek waaraan daar jaarliks die meeste geld bestee word (Griffiths *et al*, 1969). Die refraksietegniek word vir vlak opnames, gewoonlik met 'n hamerslag of vallende gewig as energiebron gebruik, om inligting tot sowat 15 tot 20 meter diepte in te win. Die refleksietegniek is nie in vlakliggende sones van nut nie en word dus nie in ingenieursgeoriënteerde aanwendings benut nie.

Die doel met refraksiewerk is om met behulp van oordeelkundig gekose gefoonopstellings 'n tyd-afstandkromme met genoeg punte daar te stel om vir die spesifieke probleem die posisies en seismiese snelhede van alle lae of refraktore met progressief hoër-wordende snelhede te bepaal. Om hierdie doel te bereik kan daar nie altyd van opstellings met gestandaardiseerde gefoonspasiëring gebruik gemaak word nie maar moet die opstelling by elke spesifieke probleem aangepas word.

Die tegniek word lank reeds gebruik om bodemrots te profileer, skattings van skeurbaarheid van grond en rots te verkry en die diepte van die grondwatervlak te bepaal, (Romig, 1974; Weaver, 1975; Darracott, 1976). In baie vlak geotegniese toepassings word daar gewoonlik van die sogenaamde hamerseismiese apparaat gebruik gemaak.

Die basiese vereistes waaraan die geologie moet voldoen om betroubare seismiese opnames moontlik te maak is :

- 1) Die voortplantingsnelheid vir die opeenvolgende lae met toename in diepte moet steeds hoër wees.
- 2) Die verskillende horisonne moet so egalig moontlik wees, verkieslik parallel aan mekaar, horisontaal en lateraal homogeen.
- 3) Intermediêre lae moet ook 'n sekere snelheidskontras met omliggende lae hê (Bullock, 1978).

Onder normale toestande van verwerking, is dit hoogs onwaarskynlik dat daar aan hierdie vereistes op dolomiet onder Suid-Afrikaanse toestande voldoen sal word. Die tipiese opeenvolging van die deklaag bo-op dolomiet is van so 'n aard dat die waarskynlikheid besonder hoog is dat daar 'n laag materiaal met 'n besonder lae seismiese snelheid, soos byvoorbeeld mangaanaarde, in diepte kan voorkom.

Die teoretiese agtergrond en literatuurstudie van oorsese toepassings van die seismiese tegniek verskyn in Bylaag 3.2.

3.3.2.2 Gevolgtrekkings

Die eise gestel vir die suksesvolle uitvoering van die tegniek leen hom slegs onder hoogs uitsonderlike omstandighede tot toepassing op die Suid-Afrikaanse dolomitiese toestande.

Die tegniek is tot dusver slegs eenkeer vir die ondersoek van 'n voorgestelde terrein vir 'n dorp op dolomiet gebruik; toestande was sodanig dat daar van rekenaaranalise gebruik gemaak moes word om 'n interpretasie te bewerkstellig. Day *et al* (1981) het die tegniek met 'n redelike mate van sukses vir die ondersoek van 'n brugfondament op dolomiet gebruik.

Die onreëlmatige verwerking van rotsblokke veroorsaak verstrooide refraksie wat interpretasie bykans onmoontlik maak, in elk geval so onbetroubaar dat die tegniek uiters selde toegepas word.

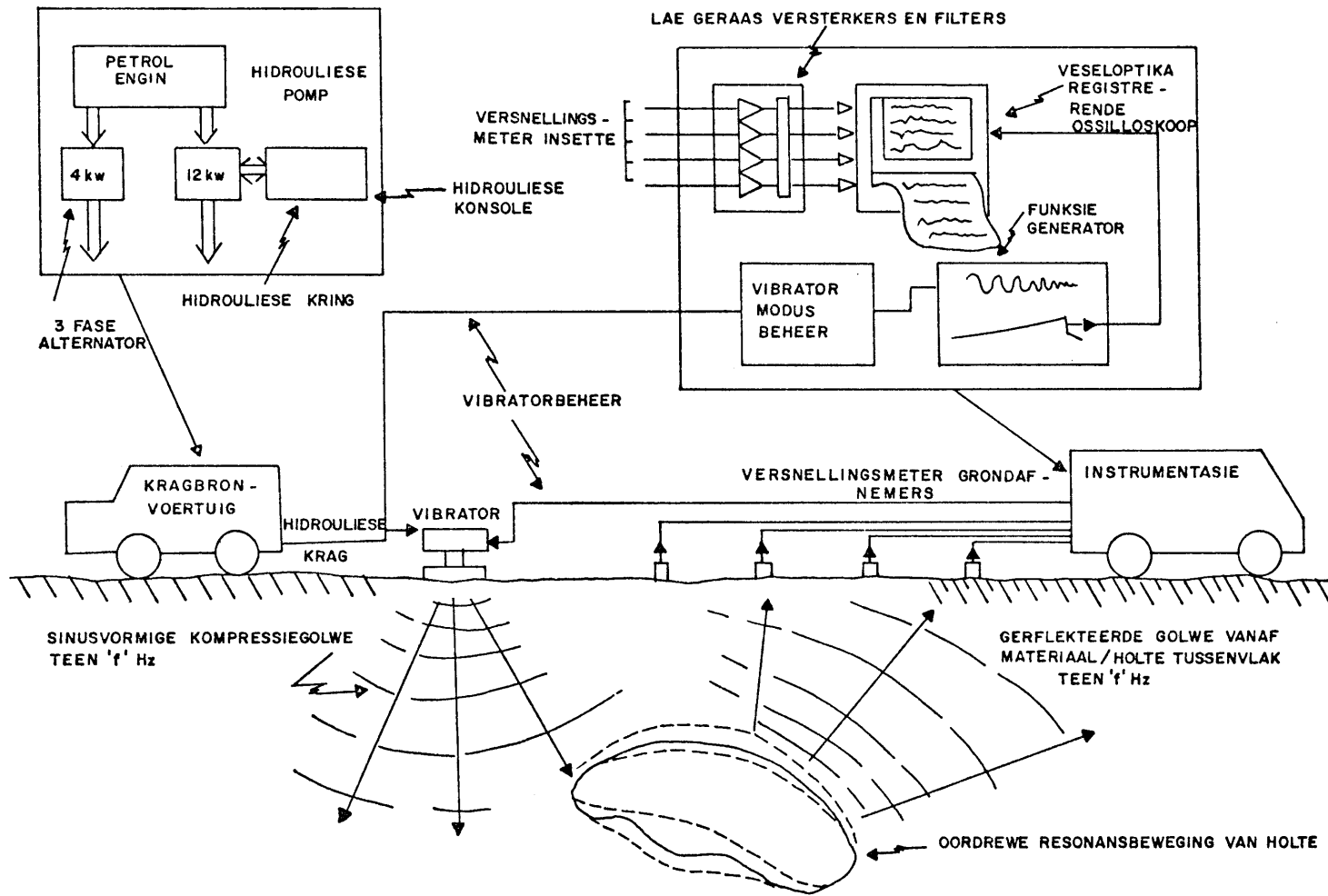
3.3.3 Die SHRIMP-tegniek

3.3.3.1 Beginsels

Die Shrimp-tegniek (Savage & Heierli Resonant Investigation Method – Patented) is ontwerp om saam met 'n rasionele boorprogram gebruik te word om onbekende ondergrondse sones te ondersoek en boorwerk te beperk asook om die werk wat vir die verbetering van grond gedoen is te kontroleer. Die praktiese opstelling word in Fig. 3.3.3.1 diagrammaties uiteengesit.

Die tegniek benut 'n veranderlike-frekwensie kragfunksie om resonansie in die ondergrondse struktuur op te wek. Die nadele van plofstof om dieselfde einddoel te bereik, is dat dit moeilik is om die ontploffing so presies te beheer, die nodige herhaalbaarheid is prakties onmoontlik en probleme om dit in ontwikkelde gebiede te gebruik is voor die handliggend.

Die gebruik van 'n Frekwensiedomeinmetode; dit is 'n beheerde en herhaalbare sinusoidale inset waarvan die frekwensie stadig genoeg geveeg word om dit as 'n standhoudende toestand te kan beskou het baie voordele. Wanneer hierdie kragfunksie deur 'n vibrator op die dak van 'n grot toegepas word, is dit moontlik om die holte te verwing en 'n asemhalingsbeweging by 'n sekere frekwensie tot stand te bring. By die resonante frekwensie, buig die grot (holte) se dak en help, saam met die vibrator aan die oppervlak in die voortplanting van kompressiegolwe. In gedeeltelik gevulde holtes kan probleme ondervind word met die opwekking van resonans as gevolg van die toegevoegde styfheid van die vulling. Die responsfrekwensie sal egter heelwat verskil van die van vaste rots. Sodanige toestande bemoeilik die interpretasie van die gegewens. Die voordele van die tegniek is dat dit nie destruktief is nie, dat dit herhaalbaar is en aangesien dit 'n standhoudende toestand toets-tegniek is, word daar van alle kragvlakke gebruik gemaak.



FIGUUR.3.3.3.1. SKEMATIESE VOORSTELLING VAN DIE SHRIMP-METODE OM HOLTES OP TE SPOOR. (VOLGENS SAVAGE, 1979).

Die kompressiegolfbron is 'n 4,378 kNm elektrohidrouliese vibrator wat beheer word met 'n tweestadium servoklep en in staat is om die frekwensiebereik vanaf gelykgolf tot 200 Hz te dek. Met hierdie toerusting kan die intensiteit van die toetsdekking aansienlik gevariëer word om by bepaalde vereistes van die ondersoek aan te pas. Die standaardopstelling is 'n 20 meter ruitnet vir die vibrator en die versnellingsmeters word op 'n 5 meter ruitnet opgestel om 'n dekking van 40 x 40 meter om elke opstelling van die vibrator te gee. Daar is ook toerusting beskikbaar om opmetings met behulp van boorgate te doen. Wanneer beide metodes toegepas word, kan die probleemsone volgens Dr R.J. Savage, persoonlike mededeling (1981) ten opsigte van diepte vasgepen word.

In Brittanje kos 'n opname in 1981 sowat £2 500 (R5 550±) per hektaar, op 'n 5 m ruitnet met dekking tot 30 m diepte (dit is ook afhanklik van die geaardheid van die grond.) Boorgate op dieselfde rooster sou £120 000 (R266 400±) gekos het en sou heelwaarskynlik volgens Dr R.J. Savage, persoonlike mededeling (1981) nie 'n holte van 7 m deursnit getref het nie. Indien daar 12 toetsboorgate per hektaar geboor is, sou die kans om 'n 2 m holte te vind sowat 1 : 300 gewees het en nog steeds £3 600 (R7 990±) gekos het.

3.3.3.2 Teoretiese agtergrond en literatuurstudie

Die tegniek is nog besonder jonk en word in der waarheid nog steeds ontwikkel; dus is daar maar min in die literatuur beskikbaar.

Die tegniek is wel gebruik vir die ondersoek van 'n padbouterrein in Engeland. Aangesien daar besonder baie mynwerke soos tunnels, prospekter- en ander skagte in die onmiddellike omgewing van die terrein bekend is, is besluit om die werke met behulp van die Shrimp-tegniek te probeer opspoor. Daar is prakties niks van die bedrywighede van die verlede aan die oppervlak sigbaar nie. Baie van die werke word op bestaande kaarte aangedui maar daar was indertyd die vermoede dat daar ongekarteerde werke ook bestaan. Dit was onprakties om die deklaag te verwyder.

Na toepassing van die tegniek vir etlike weke was dit duidelik dat die tegniek nie koste-effektief is nie en geen nuttige inligting ingewin is nie. Dit blyk dat die veldtoerusting besonder vatbaar is vir klam toestande en veldversteurings soos reën, vibrasie van voertuie en boormasjiene. Opgevolde oppervlakke en 'n ou spoorlyn het die tegniek ook nadelig beïnvloed.

3.3.3.3 Gevolgtrekkings

Die SHRIMP-tegniek is plaaslik gedurende 1983 sonder sukses beproef; daar is geen holtes opgespoor nie. Die tegniek kon wel daarin slaag om gebiede met smal splete van gebiede met meer egalige vaste rots te onderskei. Die resultate wat verkry is dui daarop dat die teenwoordigheid van mangaanaarde en die heterogene geaardheid van die residuum moontlik vir die gebrek aan sukses verantwoordelik is. Met die daarstelling van doelgerigte navorsing onder plaaslike omstandighede om die huidige interpretasieprobleme te bowe te kom mag daar meer sukses mee behaal word.

3.3.4 Elektriese weerstandsmetode

3.3.4.1 Beginsels

Wanneer 'n spanning V oor die eindpunte van 'n liggaam met konstante deursnit geplaas word is die stroom I wat deur die liggaam vloei eweredig met die toegepaste spanning V sodanig dat :

$$V = RI$$

of

$$R = \frac{V}{I}$$

Waar R die elektriese weerstand van die liggaam is.

Dit is ook bekend dat elektriese weerstand vir 'n gegewe materiaal eweredig tot die lengte L en omgekeerd eweredig met die dwarsnit A van die liggaam is.

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

of

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

Waar ρ die soortlike weerstand van die materiaal is soos met 'n kubus met eenheidslengte sye bepaal is. Die eenheid van elektriese soortlike weerstand word gewoonlik as ohm-meter (Ωm) aangegee. Die bereik van die elektriese weerstand van natuurlike rotse en minerale dek etlike orde groottes (Tabel 3.3.4.1, Telford *et al*, 1976).

TABEL 3.3.4.1

TIPIESE ELEKTRIESE SOORTLIKE WEERSTAND VAN NATUURLIKE MATERIALE

Materiaal	Elektriese soortlike weerstand (Ωm)
Koper	$1,7 \times 10^{-8}$
Grafiet	10^{-3} tot 10^{-7}
Klei	1 tot 100
Dolomiet	$3,5 \times 10^2$ tot 5×10^3
Siënië	10^2 tot 10^6
Kalksteen	50×10^0 tot 10^7
Diabaas	20×10^0 tot 5×10^7
Kwartsiet	10×10^0 tot 2×10^8

Met die elektriese weerstandmetodes word 'n elektriese stroom deur elektrodes in die grond gelei en die potensiaalverskil tussen ander elektrodes gemeet. Die metode se sukses is afhanklik van ondergrondse variasies in die elektriese geleidingsvermoë en gevolglike verandering van die stroomvloeï in die grond wat op sy beurt die verspreiding van die elektriese potensiaal bewerkstellig. Die mate waartoe die oppervlakpotensiaal vervorm is, is afhanklik van die grootte, vorm, ligging en elektriese soortlike weerstand van die ondergrondse liggaam wat die anomalie veroorsaak. Volgens dalende orde van sensitiwiteit sien die geofisiese metodes soos volg daaruit :

- Seismies
- Elektries en elektromagneties
- Magneties en
- Gravitasie

Volgens Griffiths en King (1969) kan 'n kleigevulde versakking of holte in kalksteen wat oordek is met 'n grondbolaag as 'n goeie geleier in 'n swakgeleidende medium beskou word. Early en Dyer (1964) beskryf die toepassing van die tegniek om kleigevulde splete in homogene dolomiet op te spoor. Chertlae van sowat 1,2 m dik is in die dolomiet teenwoordig en melding word gemaak van 'n swart plastiese klei wat baie herinner aan mangaanaarde. Chertbrokstukke is in die kleivulling teenwoordig. 'n Groot mate van ooreenkoms tussen die verspreiding van nate soos afgelei van die elektriese weerstandsoopname is met uitgrawings voor konstruksie bewys.

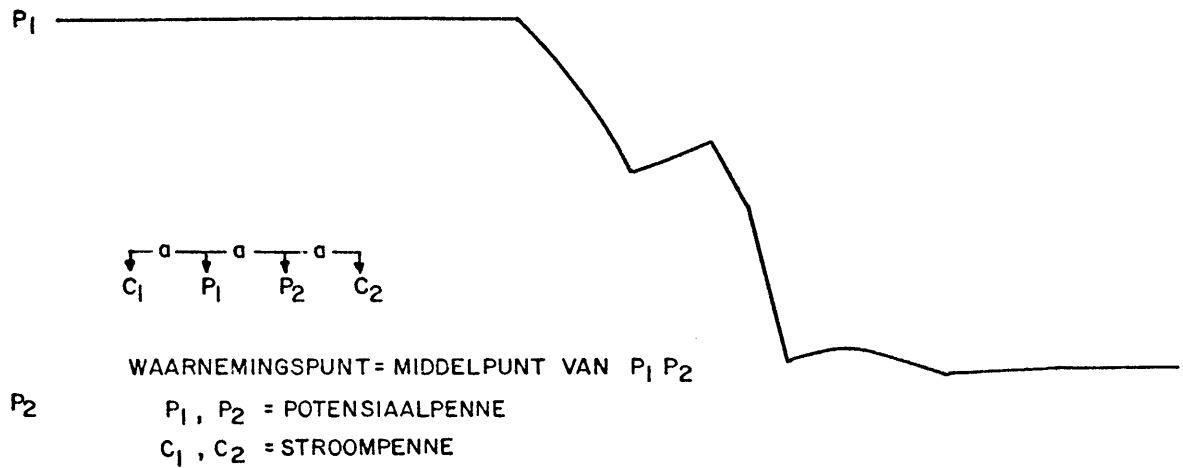
Vertikale veranderings in die soortlike weerstand word deur vergroting van die elektrodespasiëring om 'n sentrale punt bepaal. Dit vergroot die diepte wat die stroom bereik en die resulterende potensiaalverskil oor die potensiaalelektrodes sal wissel indien die soortlike weerstand met diepte verander. Laterale veranderings word waargeneem deur 'n konstante elektrodespasiëring opstelling oor die terrein toe te pas. Die laasgenoemde tegniek met 'n elektrodespasiëring van 1,524 m, is deur Early en Dyer (1964) toegepas; hulle het van wisselstroom gebruik gemaak.

Die opstelling van twee basiese weerstandstegnieke naamlik die Wenner en Schlumberger metodes oor 'n vertikale kontak word in Fig. 3.3.4.1 uitgebeeld. Die toepassing van elektriese weerstandstegnieke sal gewoonlik onder die volgende omstandighede oorweging geniet (Higginbottom, 1965) :

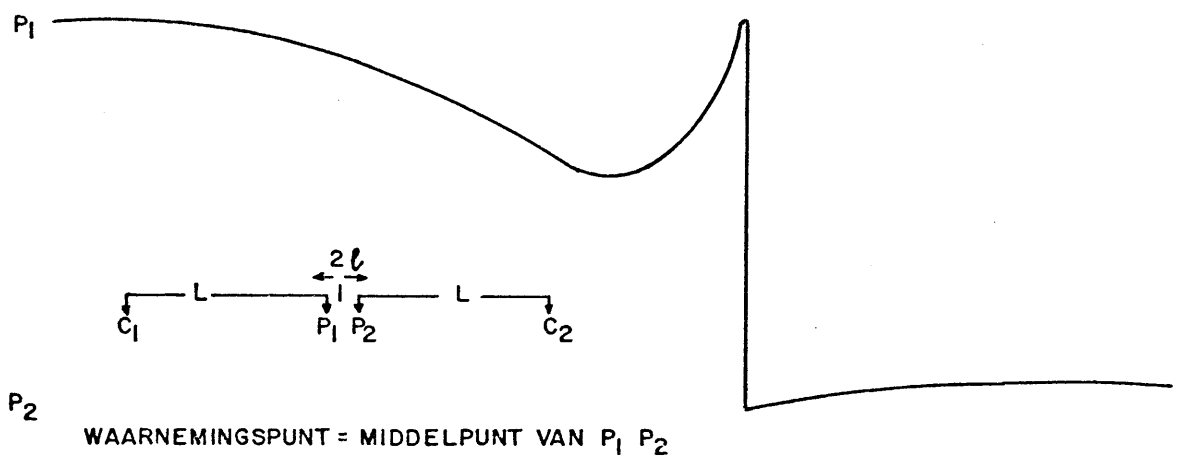
- 1) Eenvoudig gelaagde sisteme binne 30 m vanaf die grondoppervlak waar vlakke met hoë soortlike weerstand verwag word. Algemene voorbeelde wat genoem is, sluit in die vasstelling van die grondwatervlak, prospektering vir gruis, bepaling van dikte tot diepte verhouding, lokalisering van korrelrige materiaal wat 'n kontrasterende substratum soos klei oordek.
- 2) Vasstelling van subvertikale grense naby die oppervlak, soos byvoorbeeld verskuivings, groot nate of oplossingspype, die wande van ingevulde groewe, ou mynskagte en die lokalisering van bedekte dienste.
- 3) Probleme gemoeid met die ontwerp van elektriese aardstelsels of katodiese beskerming van bedekte staalwerke.
- 4) Onder gunstige omstandighede die opsporing van bedekte holtes.

Daar is gevind dat oop holtes baie vlak, sowat 2 tot 5 m, afhangende van die hoogte van die holte, onder die grondoppervlak moet wees om opsporing te bewerkstellig. Dit is in die geval van ou myne gewoonlik heelwat minder as die diepte wat nodig is om die oppervlak teen instorting te vrywaar. Onder die volgende omstandighede is elektriese weerstandsmetodes nie aangewese nie (Higginbottom, 1965) :

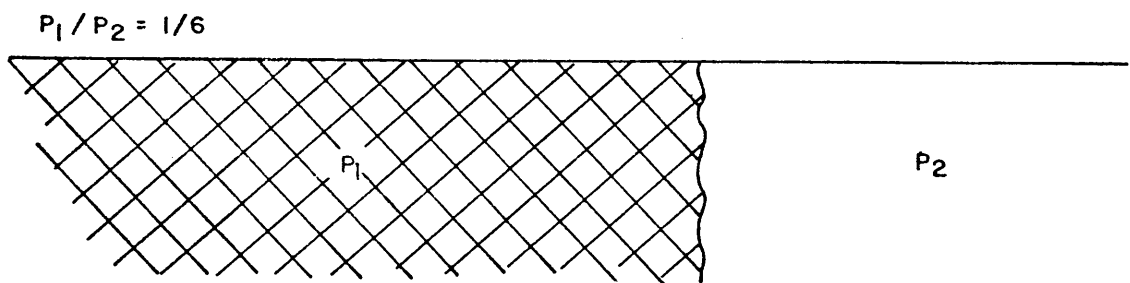
- 1) Waar die geologie van die terrein nie bevorderlik is in ooreenstemming met die aannames wat nodig is vir die interpretasie van die velddata nie.
- 2) Indien kontrole deur boorgate of toetsputte nie moontlik is nie.



a) WENNEROPSTELLING



b) SCHLUMBERGEROPSTELLING



c) GEOLOGIESE DWARSSNIT

FIGUUR. 3.3.4.1. ELEKTRIESE WEERSTANDSPROFIELE VERKRY MET KONSTANTE-ELEKTRODESPASIËRINGTRAVERGE OOR 'N VERTIKALE KONTAK MET
 a) WENNEROPSTELLING EN
 b) SCHLUMBERGEROPSTELLING
 (VOLGENS TELFORD ET AL, 1978)

- 3) Waar groter akkuraatheid, veral ten opsigte van die vertikale posisies van die tussenlaagvlakke verlang word.
- 4) Waar resolusie van die soortlike weerstandskontraste in diepte verlang word. Dit is tot 'n mate deur die kraguitset van die apparaat bepaal, maar dit is onwaarskynlik dat inligting van genoegsame detail vir ingenieursgebruik dieper as 30 m verkry sal word.
- 5) Waar die oppervlakafsettings erg versteur is, soos byvoorbeeld in herontwikkelde gebiede wat begraaft dienste asook ou fondamente bedek. Dieselfde oorweging geld natuurlik vir ontwikkelde gebiede.
- 6) Beperkte ruimte wat so eng is dat die verlangde elektrodespasiëring nie gebruik kan word nie.
- 7) Steil terrein.

Die Schlumbergermetode word volgens Kelly (1977) bo die Wennermetode verkies omdat :

- 1) Minder mannekrag en tyd benodig word.
- 2) Laterale heterogeniteite naby aan die oppervlak minder effek het.
- 3) Die genoemde laterale effekte herken kan word en die nodige korreksies aangebring kan word.

In die meeste gevalle word twee sonderings reghoekig op mekaar uitgevoer om betekenisvolle laterale veranderinge op te spoor. Van Zijl (1978) is van mening dat die Schlumbergerkonfigurasie 'n effens groter oplossingsvermoë en 'n effens groter ondersoekdiepte vir dieselfde elektrodespasiëring as die Wennerkonfigurasie het. Groter potensiaalverskille kan met die Wenneropstelling gemeet word. Hierdie genoemde verskille is egter volgens Van Zijl (1978) van minder belang. Die groot en belangrike verskil is vir hom daarin geleë dat die Schlumbergerrangskikking, sonderingskrommes van hoër kwaliteit lewer wat betroubaarder interpretasie verseker. Vanweë die ooglopende voordele in die verkryging van minder vervormde sonderingskrommes wat met die Schlumbergeropstelling verkry word, word slegs hierdie tegniek deur die WNNR gebruik, (Van Zijl, 1977). Martinelli (1978) is ook ten gunste van die Schlumbergeropstelling weens die uitskakeling van die sogenaamde potensiaaleffek en die akkurater ontledingstegnieke.

3.3.4.2 Literatuurstudie

Elektriese weerstandstegnieke is in die verlede reeds op sinkgate en versakkings beproef. Nuwe sinkgate vorm in die Engelse krytformasies sonder waarskuwing na swaar reënneerslae of nadat swaar masjinerie oor die terrein beweeg het. Die vorming van sinkgate is ook gekorreleer met die konsentrasie van water langs paaie of oneffektiewe dreinerings. Langs 'n padroete in Engeland is elektriese weerstandstegnieke op 'n bekende sinkgat beproef. Daar is verwag dat die gedeeltelik ingestorte dak 'n laer elektriese weerstand sou hê maar dit was nie die geval nie. Hierdie anomalie, kan verklaar word deur 'n kleiner verskil in die skynbare soortlike weerstand in vergelyking met die variasie wat deur ander oorsake soos anisotropie veral as gevolg van die gelaagdheid kon ontstaan.

Vir die opsporing van kleigevulde sinkgate in Krytformasies in Engeland, beveel McDowell (1975) die gebruik van geofisiese tegnieke aan om boorwerk aan te vul. Hy beskou elektriese soortlike weerstandsmetodes baie meer geskik weens die laer elektriese weerstand van die kleivulling in die Kryt. McDowell (1975) het 'n insiggewende vergelykende studie van drie verskillende elektriese weerstandstegnieke op een terrein onderneem; die Wenner, Schlumberger en die sogenaamde Sentrale Elektrodetegniek is vergelyk. Die Schlumbergeropstelling is die eerste keuse met die Sentrale Elektrodetegniek tweede en die Wenneropstelling derde; laasgenoemde vaar die swakste in die opspoor van smal strukture en steil kontakte.

Cook *et al* (1954) het bevind dat die Wenneropstelling die nadeel het dat die anomaal lae waardes wat oor die kleivulling in 'n karstgebied waargeneem word deur anomaal hoë weerstandwaardes begrens word. Waarnemings gedoen met die Schlumbergeropstelling het die anomalie as gevolg van die klei vergroot en dié as gevolg van die kante verklein.

In die Sentrale Elektrode-opstelling is bevind dat die tegniek baie geskik is vir die opsporing van kleigevulde splete en holtes in kalkstene. In die toepassing van hierdie opstelling word slegs die potensiaalelektrodes geskuif en die stroomelektrodes word konstant gehou. Die weerstandsprofiel is gewoonlik gladder en die anomalie besit ook 'n groter amplitude. Die grootste probleem met die toepassing van hierdie tegniek is geleë in die lae soortlike weerstand van die kleierige grond wat algemeen op die kalkstene aangetref word. Dit is dus noodsaaklik dat 'n baie sensitiewe weerstandsmeter gebruik word wat betroubaar waardes kleiner as 0,01 ohm kan meet. Dit mag selfs nodig wees om die traverslengte te beperk, (McDowell, 1975).

3.3.4.3 Gevolgtrekkings

Die tegniek kan op die terrein vir 'n voorgestelde dorp wat vry van steurende invloede soos staalpype en elektriese kables is toegepas word om die diepte van verwerking van 'n stolrots-gang of die dikte van Karoogesteentes te bepaal. Met verwysing na Fig. 3.3.4.1 is dit duidelik dat die Schlumbergertegniek met inagneming van die voordele die eerste keuse behoort te wees.

3.3.5 Elektromagnetiese metode

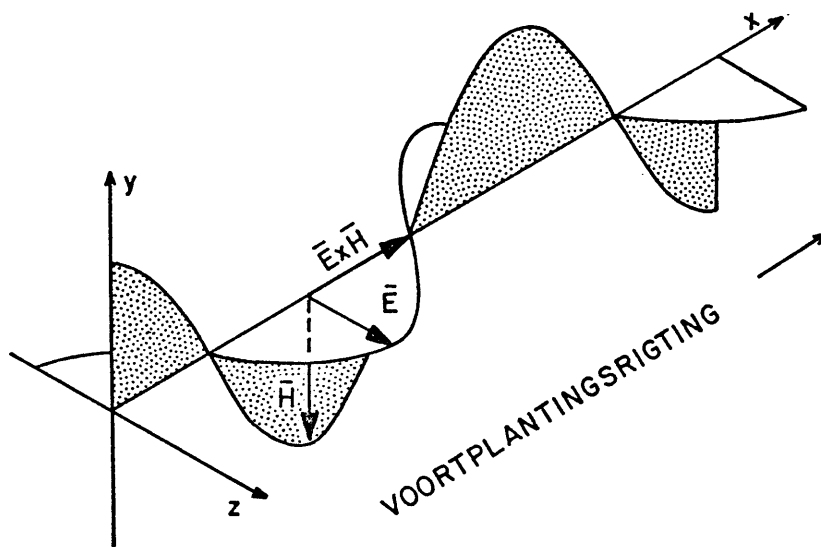
3.3.5.1 Beginsels

Vir die voortplanting van elektromagnetiese golwe (EM) is, is die voortplantingskonstante γ afhanklik van die magnetiese permeabiliteit μ , die elektriese geleidingsvermoë σ en die elektriese permeatiwiteit ϵ van die medium waardeur die golf voortgeplant word. Die relatiewe permeatiwiteit (diëlektriese konstante) is 'n maat van die verplasing van elektriese strome as gevolg van 'n elektriese veld. Enige voortplantende elektromagnetiese golf bevat 'n elektriese en 'n magnetiese vektor loodreg op mekaar wat 'n vlak loodreg op die voortplantingsrigting vorm (Fig. 3.3.5.1).

Vir die elektromagnetiese metodes se praktiese uitvoering word twee klosse benodig, 'n sender (Tx) wat op 'n vaste basis of draagbaar kan wees en 'n ontvanger (Rx) wat gewoonlik draagbaar is. 'n Wisselstroom word deur die sender opgewek wat 'n elektromagnetiese veld van dieselfde frekwensie tot gevolg het. Die meeste elektromagnetiese metodes maak net van die magnetiese komponent wat deur so 'n veld opgewek word gebruik.

Net die frekwensiedomein elektromagnetiese teorie word beskou. Die elektromagnetiese metode berus grootendeels daarop dat in gemiddelde grond 'n toegepaste elektromagnetiese veld van 'n bepaalde frekwensie byna geen werwelstrome tot gevolg het nie, in teenstelling met geleiers soos massiewe sulfiedertsliggame, hoogs geleidende grondwater ens., wat wel beduidenisvolle werwelstrome opwek. Die sekondêre en resulterende velde is ook ossilerende velde en enige klos wat daarbinne geplaas word, sal 'n wisselstroom daarin geïnduseer kry. Die ontvanger reageer dus as 'n wisselveld magnetometer (Beck, 1981), sodanig dat die tegnieke wat net die magnetiese komponent van die elektromagnetiese veld meet, in wese wisselende magneetveldmetodes is.

Behalwe in baie spesiale gevalle behoort die frekwensie laer as 'n paar duisend Hz te wees. Die afstand tussen die sender en die ontvanger wat beide dikwels eenvoudige klosse is, is enigiets vanaf 'n paar tientalle tot 'n paar honderd meters. Vanuit die twee faktore vind



FIGUUR 3.3.5.1. DIE ELEMENTE VAN 'N ELEKTROMAGNETIESE GOLF. IN DIE VRYE
 RUIMTE WAAR: \vec{E} = ELEKTRIESE VEKTOR
 \vec{H} = MAGNETIESE VEKTOR
 (VOLGENS BECK, 1981)

ons dat vir 'n frekwensie f van sê 3 000 Hz die golflengte λ gegee word deur

$$\lambda = c/f$$

waar c = snelheid van lig, (3×10^5 km.s⁻¹), f = frekwensie en λ = golflengte in die geval ongeveer 100 km (Fig. 3.3.5.2).

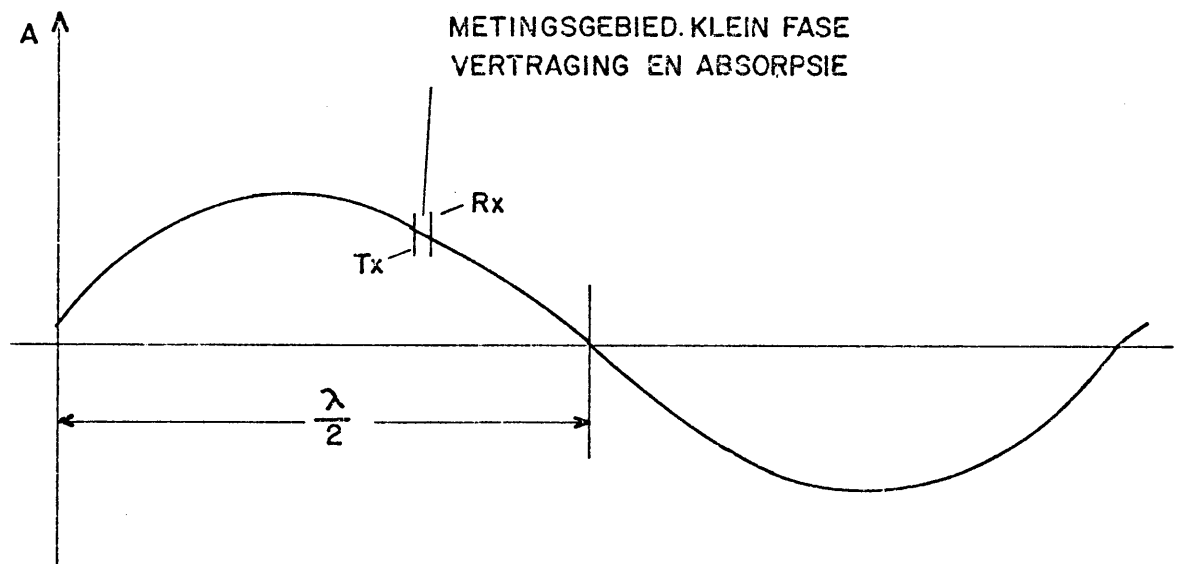
Dus is die afstand tussen die sender en die ontvanger ten minste 2 tot 3 orde groottes minder as die golflengte. Dit bied 'n belangrike voordeel aan die elektromagnetiese metode aangesien dit beteken dat daar in die omgewing van die meting 'n fasevertraging is (Fig. 3.3.5.2), dat die seinverswakking weglaatbaar klein is en dat die effekte van voortplanting buite rekening gelaat kan word. Dit mag gekontrasteer word met die seismiese metode wat afhanklik is van die voortplanting van golwe. In hierdie sin is die elektromagnetiese metode nader aan tegnieke soos gravitasie of magnetiese metodes in vergelyking met die seismiese metodes aldus Beck (1981).

Deur van die magnetiese komponent gebruik te maak kan die geleidingsvermoë van 'n terrein bepaal word. Volgens McNeill (1980a) word die geleidingsvermoë van grond en rots beïnvloed deur :

- 1) poreusheid, vorm en grootte van ruimtes asook aantal, grootte en vorm van die verbindingsgangetjies
- 2) die mate waartoe die ruimtes met water gevul is, dit wil sê die voginhoud
- 3) konsentrasie van opgeloste elektroliete in die water
- 4) temperatuur en fase-toestand van die tussenruimtelike water
- 5) hoeveelheid en samestelling van die kolloïede.

'n Elektromagnetiese apparaat ontwikkel en bemark deur GEONICS en slegs in die lae induksienommergebied funksioneer benodig nie penne (elektrodes) in die grond nie aangesien die grondgeleiding gemeet word met 'n induktiewe metode, (McNeill, 1980b). Dit is 'n bepaalde voordeel wanneer die terrein met beton of teer verseël is. Volgens McNeill (1980b) is die apparaat sodanig ontwerp dat die stroomvloeï by enige punt in die grond onafhanklik is van die stroomvloeï by enige ander punt omdat die magnetiese koppeling tussen die stroomkringe weglaatbaar klein is.

Elektriese konduktiwiteit, is die omgekeerde van elektriese soortlike weerstand, met Siemens per meter (S/m) as standaard eenheid sodanig dat :



FIGUUR. 3.3.5.2 'N ILLUSTRASIE VAN HOE KLEIN DIE NORMALE BEDRYFSAFSTAND TUSSEN DIE SENDER (Tx) EN DIE ONTVANGER (Rx) IS IN VERGELYKING MET DIE GOLFLENGTE VAN ELEKTROMAGNETIESE GOLWE VAN FREKWENSIES < 3 000 Hz. DUS KAN DIE VOORTPLANTINGSEFFEKTE GEÏGNOREER WORD. (VOLGENS BECK, 1981)

1 Siemen (S)	=	1 mho
mhos/m x 1000	=	millimhos/m mmhos/m
soortlike weerstand 100 ohm/m	=	0,01 mhos/m = 10 mmhos/m

Onder hierdie beperkings word die penetrasiediepte deur die induksiespoele se spasiëring of frekwensie gereël. Die voordele van hierdie tegniek by die bepaling van terreingeleiding is soos volg :

- 1) Uitstekende oplosvermoë van die geleiding. Die laterale omvang van die volume van die terrein waarvan die geleiding gemeet word hang af van die konduktiwiteit van die medium, frekwensie van die golf, tipe opstelling en wissel tussen 1/3 tot 2/3 van die afstand tussen die spoele. Die gevolg is dat klein veranderings in geleiding van die orde van 5 persent of 10 persent maklik en akkuraat gemeet kan word.
- 2) Geen probleme word ondervind met die inplasing van die stroom nie. Aangesien die stroom magneties in die terrein geïnduseer word, word die probleme wat met konvensionele elektriese weerstand apparaat ondervind word met die inplasing van stroom in materiale soos gruis, bodemrots en ander nie met hierdie tipe instrumentasie ondervind nie.
- 3) Eenvoudige veellaag berekenings.
- 4) Maklike vinnige metings. 'n Probleem eie aan die konvensionele apparaat is dat wanneer die Wennermetode gebruik word, as 'n rowwe benadering vir 'n eenvoudige geval daar vir 'n effektiewe diepte van 1a, van kables met lengte 3a gebruik gemaak word. Dit bied baie geleenthede vir verstrengeling van die draad asook brekasie en vir elke meting moet daar vier elektrodes in die grond geplaas word. Al hierdie kenmerke is nie van toepassing op die induktiewe elektromagnetiese tegniek nie. Dit is geen oordrywing dat 'n spesieke opname tot soveel as vyfkeer vinniger gedoen kan word nie. Dit is selfs moontlik om onder gemiddelde terreintoestande 'n opname van vyf tot sewe km per dag te doen met 'n spasiëring van waarnemings van 20 tot 50 meter.

Die nadele van die lae induksienommertegniek is die volgende :

- 1) Beperkte dinamiese omvang (1 – 1 000 mmhos/m). By lae terrein konduktiwiteitswaardes is dit moeilik om magnetiese induksie van voldoende stroom in die grond te bereik om 'n magnetiese veld daar te stel wat sterk genoeg is om met die ontvangs-

klos waar te neem. By hoë geleidingswaardes is die ontvangde magneetveld nie meer lineêr proporsioneel tot die terreingeleiding nie.

- 2) Opstelling en handhawing van instrumentsero. Vir die ideale instelling van die instrumentele nulpunt, moet die instrument in vrye ruimte gesuspendeer word. In die praktyk word 'n terrein met 'n baie hoë soortlike weerstand egter gebruik om die instrument te yk.
- 3) Beperkte vertikale sonderingvermoë. Die vinnige afname in die magnetiese veld se sterkte van die dipoolsender gee aanleiding tot ernstige dinamiese ontvangsprobleme.

Daar is egter twee punte waarvan kennis geneem kan word alvorens hierdie tegniek toegepas word om geologiese kartering te ondersteun :

- 1) Die instrument karteer slegs die elektriese geleiding. Indien die geleiding oor die terrein nie veel varieër in ooreenstemming met die geologiese omgewing nie, of indien daar parameters anders as die geologie is wat 'n invloed op die geleiding het, sal die opname moeilik geïnterpreteer word.
- 2) Die interpretasie van die terrein se geleidingsvermoë net soos enige ander geofisiese meting, moet begin en eindig met die geologie. Sulke metings kan slegs 'n hulp wees vir die visualisering van die geologiese toestande wat nie waargeneem kan word nie. Dit is altyd noodsaaklik om geofisiese waarnemings te interpreteer teen die bekende geologie vanaf dagsome en boorgate. Geofisiese instrumente is baie effektief in die daarstelling van interpolasie tussen sulke bronne, of ekstrapolasie weg van hulle af. Hoe dit ook al sy, in ieder geval moet die kennis, afgelei van die geofisiese metings, bewys word deur die bekende geologiese toestande.

Alle geofisiese instrumente het beperkings, voordele en nadele. Volgens Dolphin *et al* (1974) is uiters droë toestande geneig om die voortplanting van elektromagnetiese golwe in sand en rots te verbeter en maak die afleiding dat woestyntoestande uiters gunstig is vir elektromagnetiese prospektering.

'n Vereenvoudigde benadering tot elektromagnetiese dieptesondering met veranderlike spoelspanningsmetode is deur Duckworth (1970) beskryf. Die toepassing is beperk tot nie-magnetiese, hoogs geleidende vlakstrukture en nie-magnetiese dun plate van matige tot hoë geleiding. Veldtoetse het bewys dat die tegniek in staat is tot goeie diepteskattinge oor redelike steil hellende strukture. Die effek van die geleidingsanisotropie is maklik waarneembaar in veldtoetse.

Die GEONICS-apparaat verskaf deurlopend lesings wat die aanpassing van die waarnemingsinterval moontlik maak sou omstandighede dit vereis (McDowell, 1975).

3.3.5.2 Evaluasie

Eksperimentele werk deur die Geologiese Opname op dolomitese terreine met vlak spleetverwerking in bodemrots vertoon baie belowend. Die tegniek korreleer baie goed met gravitasie-opnames en is skynbaar in staat om smaller verweringsplete baie meer akkuraat op te spoor. Opvolgwerk op 'n militêre terrein suid van Pretoria het die korrelasie goed geïllustreer. Tydens die ondersoek van 'n stuwalterrein op dolomiet in Wes-Transvaal het die elektromagnetiese metode daarin geslaag om 'n 10 m breë verweerde dolerietgang op te spoor. Die teenwoordigheid van koolstofryke skalie kan ernstige interpretasieprobleme skep.

3.3.5.3 Gevolgtrekkings

Die elektromagnetiese metode hou soveel belofte in dat daadwerklike navorsing op die gebruik vir ingenieursgeologiese probleme op dolomiet toegespits moet word. Die tegniek het onder toestande van relatief vlak vaste rots groter oplosvermoë en is aansienlik vinniger en goedkoper as die gravitasiemetode. Die tegniek is besonder geslaagd wanneer dit aanvullend tot die gravitasiemetode gebruik word.

3.3.6 GRONDRADAR

3.3.6.1 Beginsels

In die ondersoek van terreine op dolomiet en veral beskadigde strukture, is daar 'n baie groot behoefte aan 'n tegniek waar holtes of volumes materiaal van lae digtheid redelik akkuraat kan opspoor en omlin. 'n Tegniek wat gedurende die jare sewentig oorsee heelwat opgang gemaak het is RADAR. Die woord RADAR is 'n akroniem vir "Radio Detection And Ranging". Net soos verskeie ander afstandswaarnemingstegnieke het dit ook sy eerste toepassing in die militêre sfeer gevind. Die ander afstandswaarnemingstegnieke berus hoofsaaklik op hoekmeting terwyl RADAR 'n afstandsmettegniek is. RADAR berus op die beginsel dat radio-energie uitgestraal word en 'n gedeelte dan vanaf die voorwerp van belang teruggekaats word na die RADAR-ontvangtoestel. Die transmissietyd van die "eggo" meet die afstand na die voorwerp :

$$D = T/n$$

waar D die afstand in meter is, T die tydsverloop in nanosekondes (ns), en n is die “vertraagingsfaktor” van die tussenliggende materiaal. Vir lug is $n=1$. Die n-waarde vir rots word ten beste in die veld bepaal en wissel tussen 1,4 en 4 in die meeste gesteentes.

Die bruikbare sonderingsafstand wissel omgekeerd eweredig met die bedryffrekwensie van die RADAR – dit neem toe met golflengte. Die keuse van golflengte word begrens deur oorwegings ten opsigte van die oplosvermoë en vervoerbaarheid. Lang golflengtes impliseer groot antennes en onvermoë om teikens wat kleiner as die golflengte is op te spoor. In ondergrondse RADAR kan dit egter voordelig wees waar ’n wyd uiteenlopende samestelling teenwoordig is, aangesien minder energie verlore gaan deur verstrooiing wanneer die golflengte lank is. Veral is dit die geval wanneer die golflengte lank is in vergelyking met die gemiddelde laagdikte of die gemiddelde kristal grootte, breukpatroon of ander ongelyksoortighede wat nie verlang word nie.

In 1974 is naasliggende myntonnels reeds met behulp van grondpenetreerende RADAR deur 9,14 tot 18,29 meter dik rots opgespoor. Op hierdie stadium was daar volgens Cook (1974) reeds suksesvolle toerusting beskikbaar vir vlak eksplorasië. Die teoretiese agtergrond en literatuurstudie van oorsese toepassings van die RADAR-tegniek verskyn in Bylaag 3.3

3.3.6.2 Evaluasie

Die RADAR-tegniek kan moontlik oorweeg word om rots vlakker as 7 meter in ontwikkelde gebied op te spoor. Die huidige ontwikkelingsstand is sodanig dat die reiklimiet van 15 tot 21 meter heelwaarskynlik te kort sal skiet om moontlike holtes in die kleiige sand tussen toringrotse en in skeure op te spoor.

Ideaal behoort die toepassing van grondRADAR deur ’n elektriese weerstandsoopname voorafgegaan te word, ’n tegniek wat nie in ontwikkelde gebiede geslaagd is nie.

Faktore wat die gebruik van grondRADAR beïnvloed is die volgende :

- 1) geleidingsvermoë van die grond; hoe hoër die geleidingsvermoë des te vinniger verswak die sein, dus is daar byna geen penetrasie in geleidende kleiige materiaal nie.
- 2) diëlektriese kontras tussen die teiken en die grond, hoër kontras bevorder meer akkurate waarneming.
- 3) die vorm van die teiken en sy oriëntasie ten opsigte van die RADAR-antenne; die teiken moet van dieselfde afmetings wees as die golflengte of groter anders sal dit nie waargeneem word nie.

- 4) digtheid van die verstrooiende liggame in die grond wat refleksies tot gevolg het gelyktydig met die teiken; digter media het sterker refleksies tot gevolg wat interpretasie bemoeilik.

3.3.6.3 Gevoltrekking

Die verwagting is dat die chertbrokstukke wat algemeen in die deklaag voorkom die seën aansienlik sal verstrooi – sodanig dat die toepassing heelwaarskynlik slegs tot die Formasies Oaktree en Lyttelton beperk sal wees. Die verswakking van die seën in klam klei is sodanig dat die penetrasie tot uiters 10 m beperk word.

3.3.7 Geofisiese boorgatsonderingstegnieke

Geofisiese boorgatsonderingstegnieke kan van groot waarde wees in hoogs gedetailleerde ondersoeke vir baie swaar en/of duur strukture om 'n meer akkurate verspreiding van die verskillende materiale te bekom.

3.3.7.1 Beginsels

Byna alle geofisiese tegnieke wat aan die oppervlak toegepas kan word, kan ook in boorgate gebruik word (Beck, 1981). Geofisiese boorgatmetings is egter duur volgens geotegniese standaarde (Crosby *et al*, 1981). Die tegnieke vind baie meer toepassing in die petroleum- en gasbedryf waarvoor dit ontwikkel is as in mynbou byvoorbeeld omdat die sagter sedimentêre gesteentes baie meer variasie in fisiese eienskappe het as die sogenaamde harde rots. Volgens Beck (1981) is baie van die tegnieke besonder handig om stratigrafiese korrelasie mee te bewerkstellig. Dit is nie hoofsaaklik die kwantitatiewe eienskappe nie maar eerder die karakter van die sonderings wat die korrelasie bewerkstellig. Tesame met behoorlike terreinkalibrasies kan die data ingewin met die boorgatmetings saam met 'n beperkte hoeveelheid laboratoriumtoetsdata 'n gedetailleerde beeld van die ondergrondse toestand verskaf aldus Crosby *et al* (1981).

In die geval van geofisiese boorgatmetings is die presisie van die metodes oor die algemeen hoog, maar is die akkuraatheid van die interpretasie en die gevolgtrekkings baie afhanklik van die ondervinding van die vertolker. Al die metodes het die inherente nadeel dat die akkuraatheid van die tegniek verlaag met toename in afstand tussen die energie- of veldbron wat gemeet word en die sensors wat die meting doen. Dit is veral die geval met tegnieke wat gebaseer is op die meting van veldsterktes.

Volgens Alsup (1974) is dit baie belangrik dat daar vooraf met die geofisikus ooreengekom moet word wat die kritiese parameters is en hoe die parameters verkry kan word en veral watter mate van akkuraatheid benodig word.

Samestelling van 'n sonderingstelsel

Daar word van kabeltoerusting gebruik gemaak in geofisiese boorgatsondering. Die stelsel word soos volg saamgestel :

- 1) 'n Boorgatsonde wat die toepaslike sensor(s) bevat.
- 2) 'n Gepantserde multigeleierkabel waaraan die sonde geheg word.
- 3) 'n Wenas, mas of driepoot, om die sonde in die boorgat af te laat en weer op te hys.
- 4) 'n Gekalibreerde katrolwiel op die mas of driepoot om die lengte van die kabel in die boorgat te meet.
- 5) 'n Kragbron aan die oppervlak.
- 6) 'n Elektroniese sisteem om die seine vanaf die sonde op band en/of grafiek vas te lê.

Voorafkennis van die terrein is nodig sodat die toerusting doelmatig vir die betrokke ondersoek saamgestel kan word. Die verskillende tipes sondes kan in die volgende vier klasse ingedeel word :

- 1) Elektriese sondes wat elektriese soortlike weerstand (normaal, mikrosondering en gefokusseerd), spontane potensiaal (SP) en induktiewe sonde insluit.
- 2) Stralingsonde wat natuurlike gamma, neutron en gamma-gamma en kernmagnetiese sondes insluit.
- 3) Soniese sonde.
- 4) Diverse sondes wat die meetpasser, temperatuur, rigtingopname, hellingsmeter, televisie en RADAR-sondes insluit.

Die teoretiese agtergrond van geofisiese boorgatsonderingstegnieke wat moontlik op dolo-mitiese terreine benut kan word, word in Bylaag 3.4 behandel.

3.3.7.2 Gevolgtrekkings

Die tegnieke het heelwaarskynlik toepassing in detail stratigrafiese korrelasie vir ontwerp-ondersoeke vir swaar, duur strukture.

Twee sondes het reeds hulle nut in detail terreinondersoeke vir ontwerpdoeleindes bewys :

- 1) Die meetpassersonde bied goeie korrelasie tussen hardheid (boorweerstand) van die rots en die diameter van die boorgat en bevorder sodoende meer akkurate boorgatstate.

- 2) Die televisieboorgatsonde is besonder nuttig vir die ondersoek van sones in boorgate waar lugverlies of geen monsterherwinning voorgekom het nie. Die boorgatstate is dus meer betroubaar aangesien die onduidelikhede uit die weg geruim is.

Die radarsonde is nie plaaslik beskikbaar nie maar kan moontlik soms van nut wees om toringrotse en splete met behulp van boorgate te "karteer".

3.4 BOORTEGNIKE

In samewerking met of ter opvolging van 'n geofisiese of ander afstandsonderzoektegniek van 'n terrein, is dit gebiedend noodsaaklik dat 'n goedbeplande boorprogram deel van die ondersoekprogram sal uitmaak om die anomalieë asook die normale wat met die ander ondersoektegnieke uitgewys is, te ondersoek.

Met die huidige stand van die tegnologiese ontwikkeling is daar verskeie boortegnieke vir oorweging beskikbaar. Dit is uiters noodsaaklik dat daar van die voor- en nadele van dié verskillende tegnieke kennis geneem word alvorens daar 'n keuse gemaak word.

3.4.1 Diamantboorwerk

Hierdie tegniek is alleenlik van toepassing op dolomiet in die geval van detailterreinondersoeke omdat dit 'n baie stadige en duur proses is. In die geval van sulke terreinondersoeke soos byvoorbeeld vir brughoofde, brugfondamente, graansilos, waterreservoirs, ens. op dolomiet word daar dus soms van diamantboorwerk gebruik gemaak.

Om bruikbare tenders vir sulke boorwerk te bekom, word inligting in verband met die boorbaarheid van die rots vooraf verlang. Die druksterkte en ander rotsmeganiese eienskappe is bruikbaar om die boortempo te skat. Dit is bevind (Clark, 1979) dat die hardheid nie 'n genoegsame maatstaf is nie want faktore soos die elastisiteitsmodulus, sterkte, binding, ens. beïnvloed rotsverbrokkelingsprosesse.

'n Kombinasie van drie faktore wat verband hou met rotsboorbaarheid was in die verlede reeds gebruik (Clark, 1979), te wete :

- i) Hardheid en taaigheid; beide eienskappe wat moeilik meetbaar is, maar verband hou met boortempo.
- ii) Spesifieke boorkrag wat nie boorkragverliese insluit nie.
- iii) Penetrasietyempo as 'n funksie van die weerstand teen die boorkragte. Die verband neem drukkrag en wringkrag in berekening in verhouding met die energie by die boorpunt in plaas van die kraginset in die boor.

Boortempo staan in direkte verband met druk-, trek- en skuifsterkte van die rotsmateriaal. Studies het bewys (Clark, 1979) dat die eenassige druksterkte bruikbaar is omdat :

- i) berekende "boorsterkte" vir baie rotse ongeveer gelyk is aan die druksterkte
- ii) druksterkte maklik bepaal word, en
- iii) druksterkte 'n direkte verband met trek-, en skuifsterkte het.

Daar is bepaalde nadele verbonde aan die gebruik van kernboorwerk in die roetine stabiliteitsbepalingsondersoeke op dolomiet. Die diamantboorpunte het 'n uiters kort lewe wanneer chert geboor word. Omdat water as verkoelingsmedium gebruik word, word die verweringsprodukte met lae digtheid weggespoel en is die herwinning onvolledig. Dit het in die verlede dikwels gebeur dat die boorpunt in 'n oomblik totaal verslyt wanneer dit van die verweringsprodukte na vaste chert oorgaan en verkoelingswatertoevoer afgesluit word.

Dit volg dus uit die bostaande naamlik baie hoë koste, monsterverlies en stadige boortempo dat die tegniek nie geskik is vir die roetine stabiliteitsondersoek van voorgestelde dorps-terreine nie.

3.4.2 Stampboor

Stampboorwerk word slegs gedoen wanneer dieper as sowat 100 meter geboor moet word vir die installasie van 'n watervlakmeter. Die tegniek is baie stadig en duur aangesien 'n enkele boorgat van 213 m diep volledig met voering toegerus in 1978 meer as R7 000 gekos het.

Bemonstering met hierdie tegniek laat veel te wense oor omdat daar voortdurende kontaminasie vanaf die boorgatwand is en die ongewenste materiaal dan onder in die boorgat met die ware monster vermeng word. Die monster word met 'n tipe skepemmer uit die bodem van die boorgat gehaal. Daar moet altyd 'n bietjie water in die boorgat wees om die boorpunt te verkoel en te smeer. Verdere monsters kan van die boorpunt verhaal word, waarnemings word ook gedoen ten opsigte van die boorpenetrasietempo, die tipe stamp van die boorpunt en buitengewone slytasie van die boorpunt om die materiaal wat gepenetreer is te identifiseer en interpretasies van die erodeerbaarheid daarvan te maak.

Aangesien die tegniek water gebruik, is die moontlikheid sterk dat mangaanaarde wat gewoonlik as 'n materiaal met lae digtheid voorkom, baie maklik deur die boortegniek uitgespoel sal word en selfs dat geen monster herwin sal word nie. Hierdie tipe monsterverlies kan tot waninterpretasie aanleiding gee.

Beoordeel in die lig van 'n ondersoektegniek is die stampboor nie aan te beveel nie aangesien die monsters van 'n swak gehalte is, die boorkoste baie hoog is en moontlik ewe belangrik is die feit dat dit so stadig is.

3.4.3 Awegaarbore

Die awegaarboor is 'n tipe snyboor wat in die ondersoek van voorgestelde dorpe op dolomiet beperkte toepassing het. Dit kan slegs toegepas word om chertvrye deklaagmateriaal te ondersoek. Waar die behoefte dus bestaan om 'n betroubare profielbeskrywing van materiaal wat vry van chertbrokstukke is te verkry soos byvoorbeeld windvervoerde sand, vlakliggende mangaanaarde of skalie en klei van die Groep Ecce is 'n groot diameter (760 mm) awegaarboor ideaal. Betroubare "onversteurde" monsters kan van gekose horisone verkry word deur blokmonsters uit die wand van die boorgat te sny. So 'n boorgat is ook geskik vir horisontale plaatbelastingstoetse om benaderde waardes van die samedrukbaarheid en sterkte van die materiaal te verkry.

Klein diameter awegaarbore met 'n diameter van sowat 114 mm bied 'n goedkoop vinnige tegniek om die diepte tot vaste rots vas te stel. Selfs die monsters wat aan die boorpunt kleef is tot 'n mate gekontamineer en hoogs versteurd maar wel geskik vir indikatortoetse en identifikasie van die materiaal.

Awegaarbore van alle groottes word tot weiering gedwing wanneer chertrolblokke beweging van die boorpunt verhoed.

Die awegaarboortegniek word aanbeveel vir profilering en bemonstering van deklaagmateriaal wat vry is van chertrolblokke, hierdie tegniek word hoofsaaklik tydens die ondersoek van funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes gebruik.

3.4.4 Drukclubore

Drukclubore word vir die doel van hierdie studie in twee groepe verdeel naamlik die met boorpunte kleiner as 76 mm en groter as 76 mm. Die eersgenoemde tipe ook genoem wabore, is van ligter konstruksie, baie meer beweeglik as die groter soort en word in dolomitiese terreinondersoeke slegs gebruik om skuinsgate tot vlak diepte onder bestaande geboue in te boor. Die groter klas boor se boorhamer is gewoonlik groot genoeg om 'n boorpunt van 216 mm diameter te kan gebruik.

3.4.4.1 Wabore

Wabore gebruik boorpunte met 'n maksimum diameter van sowat 76 mm en beweeg meesal met kruipbande wat deur die druklugstelsiem of hidroulies aangedryf word.

Faktore wat die penetrasietempo van hierdie tipe rotsboor bepaal is volgens Wells (1949) :

- (i) die sogenaamde rotsboorbaarheidsfaktor
- (ii) grootte en tipe boorpunt
- (iii) deursnee-oppervlakte en lengte van die boorstange
- (iv) grootte en tipe rotsboor
- (v) druk van die druklug by die rotsboorhamer.

Die penetrasietempo varieër omgekeerd eweredig met die volume rots wat per eenheid lengte van die boorgat verwyder word; dit wil sê omgekeerd met die kwadraat van die boorgatdiameter.

Die diameter of afmeting oor die snykant van 'n boorpunt word gewoonlik gekies met inagneming van die tipe boorpunt en die lengte van die gat wat geboor moet word; daar word natuurlik ook op die tipe gesteente wat geboor moet word, gelet (Wells, 1950).

Die hoë penetrasietempo en klein boorgatdiameter tesame met swak monsterherwinning in sones met lae digtheid soos algemeen in dolomitiese residuum die geval is, maak hierdie tipe boor 'n swak keuse vir gewone terreinondersoeke. By gebrek aan 'n meer geskikte tegniek het die waboor wel nut vir die boor van skuinsgate onder geboue van twyfelagtige stabiliteit.

3.4.4.2 Drukclubore

Die effektiwiteit van 'n drukcluboor word deur Lijstrand (1961) soos volg saamgevat; "Die boortegniek kombineer die rotsverbryselende slageffek van 'n slagboor met die vinnige verwydering van die boorsel van 'n draaiboor." Die hoë lugdruk wat gebruik word, stel so 'n boor instaat om etlike kere vinniger as enige van die ander twee metodes (stamp- en slagboore) te boor.

Die lugtoevoer na die boormasjien moet gesmeer wees met olie. Die smering is noodsaaklik om gladde werking van die drukclubhamer te verseker. Drukclubore se beitelgrootte wissel in diameter vanaf 98,34 mm tot 139,7 mm en die gate se diameter is onderskeidelik

114,3 en 152,4 tot 177,8 mm, na gelang van die formasie wat geboor word. Daar is wel boorpunte tot 'n diameter van 216 mm beskikbaar maar die moontlike boorgatdiameter is nie vir boorwerk in dolomietgebiede beskikbaar nie. Die lugdruk wissel tussen 700 en 1700 kPa. Daar kan baie oorsake wees vir te lae druk (Liljestrand, 1961). Dit is noodsaaklik dat die druklugstelsel 20 tot 25 persent meer lug kan voorsien as wat die boor benodig vir normale bedryf. Die hoeveelheid lug word vergroot vir groter boorpunte om die boorsel in die groter annulus te kan uitblaas. Baie lae druk word benodig om die drukluhamer behoorlik te laat funksioneer en moet as 'n staande reël toegepas word. Die druk op die boorpunt moet net meer wees as die ophigkrag om die boorpunt met die mees geskikte klepstellings te laat werk.

Die slagboor staan ook as 'n tophamerboormasjien bekend en die druklugboor as 'n bodemhamerboormasjien, die punte van verskil tussen dié twee tipes boormasjien is getabelleer in Tabel 3.4.4.1.

TABEL 3.4.4.1
VERGELYKING TUSSEN TOPHAMER- EN BODEMHAMERBOORMASJIENE

Tophamer	Bodemhamer
Uitermate lawaaierig	Relatief stil
Boorpunt diameter gewoonlik kleiner as 76 mm	Boorpunt diameter tot 216 mm beskikbaar
Maksimum diepte ongeveer 25 m	Maksimum diepte ongeveer 200 m afhange van die grondwatervlak
Masjien is lig en mag skuif terwyl die gat geboor word	Swaar masjien, stabiele opstelling
Boorgat wyk baie maklik van reguitlyn af	Groter diameter gereedskap, reguit boorgate makliker geboor
Buitengewoon hoë penetrasietempo – monsters misleidend word dikwels verkeerd geïnterpreteer	Penetrasietempo beheer – monsters meer geskik vir interpretasie
Oordrag van energie na boorpunt afhanklik van koppellings en stange	Energie van hamer baie meer doeltreffend aan rots oorgedra
Koppellings is 'n verdikking van boorstang se normale diameter wat maklik tot verstopping en vassit aanleiding kan gee	Koppellings van dieselfde diameter as die boorstange
Boorstange het kort lewensduurte	Boorstange het lang lewensduurte

Die boorkoste vir die twee tegnieke is vir alle praktiese doeleindes dieselfde.

Daar is twee tipes boorpunte in normale gebruik. Die bekendste is die soliede sterkonfigurasie en tweedens die roterende konus tipe boorpunt. Die laasgenoemde tipe boorpunt het 'n relatiewe kort lewensduur van slegs 'n paar uur onder die baie hoë slagkragte wat deur die druklugboorhamer ontwikkel word. Insetsels van wolframkarbied word vir die snykante van die boor gebruik. Sodra die snyvlak geslyt is tot 'n wydte van 3,2 mm word die boorpunt as stomp geklassifiseer en moet dit geslyp word tot 'n skerp snykant. Die booraksie van die karbiedboorpunt is basies om 'n klein entjie, wat wissel tussen 0,4 en 1,6 mm, in die rots ingedryf te word. Die "V"-vormige snykant van die karbied sal 'n klein hoeveelheid van die rots vergruis en daar sal ook stukkies rots langs elke kant afsplint. Hierdie stukkies rots is die boorsel wat by die bek van die boorgat uitgeblaas word deur die lug wat by die sentrale gat van die boorpunt uitgeblaas word. Deur rotasie van die boorpunt gly die karbied snykante sydelings om op 'n vars gedeelte van die rots 'n slag te slaan. Die rotasiespoed is relatief laag en kan tussen 15 en 25 omwentelinge per minuut wissel. Die booraksie is wesentlik afwaarts. Die grootte van die boorgat word bepaal deur die verspreiding van die karbiedpunte en hulle booraksie. So 'n boorpunt moet egter nie as 'n ruimer in 'n kleiner diameter boorgat gebruik word nie aangesien dit maklik kan vaswig.

Die diameter van die boorgat word bepaal deur die maksimum lugvolume wat deur die boorpunt kan vloei om die boorsel te verwyder. 'n Boorpunt met diameter van 133,4 mm op 'n boorpylp met diameter van 114,3 mm en lugtoevoer van $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ sal 'n gat met diameter 177,8 mm boor en die lug sal teen 14 m/s in die annulus vloei. Die vloeisnelheid in die annulus word tot 30 m/s verhoog in die geval van materiaal met 'n hoë digtheid. Die vinnigste boortempo met 'n spesifieke boormasjien word behaal wanneer die kleinste boorpunt gebruik word.

Die boortempo is vir enige masjien seker die belangrikste inligting. Rots is selde eenvormig genoeg om 'n konstante boortempo te lewer. Die hoogste boortempo word verkry in sagter rotse. Hierdie boortegniek kom tot sy reg wanneer harder rotse soos vaste graniet, vaste dolomiet, en ander gesteentes geboor word. 'n Drukluugboor is tussen 2 en 3 keer vinniger as die beste draaiboor en 20 tot 40 keer vinniger as 'n stamperboor. 'n Drukluugboor wat teen 1700 kPa bedryf word is tweemaal so vinnig as een wat teen 700 kPa bedryf word.

Die korrekte kompressorkapasiteit is baie belangrik. Die volume wat gelewer word is dikwels baie minder as wat verwag is. Normale slytasie van die kompressor se bewegende dele kan heel gou 'n kapasiteitsvermindering van so veel as 30 persent tot gevolg hê. Hierdie vermindering benadeel die lugsnelheid in die annulus sodanig dat die boorsel nie vinnig genoeg verwyder kan word nie.

Die onderstaande Tabel 3.4.4.2 ontleen aan Liljestrand (1961) weerspieël duidelik die groot verskille tussen slagbore en 'n druklughamerboor :

TABEL 3.4.4.2
VERGELYKING VAN DIE DOELTREFFENDHEID VAN SES SLAG-
EEN DRUKLUGHAMERBOOR

	Ses Slagbore	Elektriese drukluigboor
Gemiddelde penetrasiemeter per uur (skoftyd)	0,67 per boor	5,58
Boorpuntdeursnit mm	168,3	165,1
Boorgatspasiëring	6,1 x 7,3 m	5,5 x 6,7 m
Ton graniet per meter boorgat	119,053	99,707
Totale koste per m boorgat	\$ 0,725	\$ 0,36
Totale koste per uur	\$ 31,40	\$ 21,60
Totale koste per ton graniet	\$ 0,054	\$ 0,032

Die gemiddelde effektiewe druk op die suier vir 'n druklugboorhamer neem proporsioneel vinniger as die kompressordruk toe aangesien die wrywingsverliese en teendrukke relatief konstant bly. Tipiese drukke (Tabel 3.4.4.3) mag die volgende wees :

TABEL 3.4.4.3
TIPIESE DRUKKE IN DRUKLUGBOORWERK

Kompressor- druk	Veronderstelde verliese	Effektiewe hamerdruk	Verhouding van effektiewe drukke
100	30	70	1
200	30	170+	2,4
300	30	270+	3,9

By geotegniese ondersoeke vir dorpsontwikkeling op dolomietgebiede word hoofsaaklik van druklugbore gebruik gemaak om monsters te herwin en wel om die volgende redes :

- a) Die metode is, onder die omstandighede wat op dolomiet geld, baie ekonomies omdat die druklugboorhamer 'n baie langer lewensduur het en aansienlik vinniger is as stampbore. Chert byvoorbeeld is een van die hardste en moeilikste materiale

om met 'n diamantboorpunt te sny. Onder gunstige omstandighede kan 'n diamantboorpunt sowat 150 mm in chert boor voordat dit vervang moet word. Druklu-gboorwerk (1983) kos ongeveer R25,00 per meter en diamantboorwerk sowat R150,00 per meter.

- b) Die boormetode is nie afhanklik van water nie. Die boorsel is gewoonlik droog, behalwe wanneer water bygevoeg is om byvoorbeeld baie fynkorrelrige, sagte materiaal soos verweerde skalie te herwin. Die boorsel het dan die voorkoms van gerolde knolletjies.
- c) Die boormasjiene, veral die kleiner modelle is besonder beweeglik en kan selfs in moeilik begaanbare terrein gebruik word.
- d) Die tegniek is besonder vinnig, veral wanneer van 'n bedrewe operateur met goeie masjiene gebruik gemaak word. Die normale boorgat in die gebied suid van Pretoria word tot 5,0 m in vaste rots of maksimaal 30,0 m diep geboor. Dit is glad nie uitsonderlik dat 'n 30,0 m boorgat in een dag voltooi word nie.
- e) Die tekortkominge van die tegniek is die volgende :
 - i) Die persentasie kontaminasie per volume van die herwonne boorsel kan besonder hoog wees, afhange van die digtheid, stewigheid en samestelling van die materiaal wat deurboor is.
 - ii) Daar kan nie met eenvoudige tegnieke tussen vervoerde en residuele materiaal onderskei word nie.
 - iii) Hoë monsterverlies word dikwels ondervind omdat die materiaal in holtes of in mangaanaarde met uiters lae digtheid weggeblaas of deur die druklu-ggekompteer word.
 - iv) Die tegniek vorder baie stadiger in klei (klewende grond) as 'n awegaarboor.
 - v) Die monsters word gewoonlik op 'n graaf opgevang met 'n interval van 1,0 of 1,5 meter soos vooraf met die kontrakteur gereël is. 'n Beter metode wat deur baie min kontrakteurs gebied word, berus op 'n sikloon wat al die boorsel wat herwin word in 'n dun plastiese buis blaas. Met hierdie tegniek kan merkerlae wat so min as 300 mm dik is, met sekerheid onderskei word. Die monsters is in beide gevalle tot 'n groot mate verpoeier wat direk eweredig is met die hardheid van die materiaal wat deurboor is. Laasgenoemde kan ook die geval wees wanneer die boorpunt afgestomp is.

- vi) Die monsters moet in alle gevalle eers gewas word voordat sinvolle afleidings gemaak kan word.
- vii) Die penetrasietempo moet deur die booroperateur aangeteken word. Wanneer data saam met die boorsel vir interpretasie gebruik word moet die volgende faktore in ag geneem word :
 - Die algemene meganiese toestand van die boormasjien; 'n ou verslete masjien of een wat nie na behore instandgehou word nie kan nie dieselfde werkverrigting as 'n nuwe goed ingestelde masjien bied nie.
 - Die leweringsvermoë van die lugkompressor.
 - Die booroperateur se ondervinding.
 - Die diameter van die gat wat geboor word.
 - Die slyphoek van die karbiedsnyvlakke op die boorpunt en die skerpte daarvan.
 - Die mate waartoe die boorgat reeds met voeringpyp toegerus is.
 - Die tipe en ontwerp van die druklughamer.
 - Die aantal slae wat die hamer per minuut lewer.
 - Die koëffisiënt van energieoordrag vanaf die boorpunt na die rots.
 - Die formasie wat geboor word.
 - Die posisie van die hamer, bo of onder.

Oordeelkundig toegepas, het 'n rekord van die penetrasietempo reeds nuttig te pas gekom om sinvolle afleidings te maak in boorgatseksies waar monsters ontbreek het. Die onderstaande is 'n lys van (Tabel 3.4.4.4) gemiddelde penetrasietempo's wat al vir tipiese materiale in dolomitiese gebiede bepaal is (Roux, 1981c) :

TABEL 3.4.4.4
GEMIDDELDE PENETRASIETEMPO'S VIR TIPIESE DOLOMITIESE MATERIALE

Materiaal	Penetrasietempo min/m
Vaste Dolomiet	14,3
Vaste Chert	4,3
Chertbreksie	3,9
Chertbreksie met Mangaanaarde	2,2
Mangaanaarde	1,9
Holte	1,4
Skalie	2,5
Sand	2,4
Slik	2,0
Klei	4,3

3.5 BOORSELBESKRYWING

Boorsel is die benaming vir die monster wat met 'n druklugboor herwin word. Die boorsel kan met behulp van 'n sikloon in 'n deursigtige plastiese buis of op 'n graaf langs die bek van die boorgat opgevang word; laasgenoemde metode word die meeste gebruik.

Die boorsel moet verkieslik in 'n laboratorium met goeie beligting bestudeer en beskryf word. Die monsters moet volgens kontrakvereistes soos volg verpak wees :

'n Ongewaste monster afkomstig van die materiaal wat by die bek van die boorgat gemonster is, word in 'n plastiëksak geplaas. 'n Gewaste monster, verkry deur 'n gedeelte van die monster wat by die bek van die boorgat geneem is deur 'n kombuis-sif te was, (die maasopening is sowat 1,5 mm) word in 'n tweede plastiëksakkie geplaas. Die bogenoemde twee plastiëksakkies word binne-in 'n derde sakkie verpak saam met die monsteridentifikasie wat die volgende inligting bevat :

- 1) boorgatnommer
- 2) bemonsteringsinterval en diepte
- 3) penetrasietempo
- 4) boorkontrakteur se naam
- 5) datum
- 6) opmerkings soos lugverlies, water, holterigheid, ens.

Indien die gewaste monster, soos hierbo gespesifiseer, nie beskikbaar is nie, moet daar 'n verteenwoordigende gedeelte van die monster geneem en deur 'n kombuissif gewas word. Sodra die monster skoon is, word dit met 'n skoon horlosieglas bedek deur laasgenoemde onderstebo bo-op die monster te plaas. Die sif en die horlosieglas word nou vasgehou en omgedraai, sodat die horlosieglas onder en die sif bo is. Die bol van die sif word liggies met 'n vinger getik om die monster in die horlosieglas af te skud.

Nadat die sakkies met die monsters behoorlik in volgorde uitgepak is, word die boorsel in die volgende horisonne geskei :

- 1) Die vervoerde materiaal (kolluvium) wat onder andere rooi tot rooibruin slikkige of kleierige sand met wisselende hoeveelhede aarkwarts, chertgruis, mangaan- en ysteroksiedknolletjies insluit.
- 2) Die sedimentêre gesteentes van die Groep Pretoria mag uit skalie, sliksteen en/of kwartsiet bestaan.
- 3) Die Formasie Vryheid van die Groep Ecce bevat skalie, sliksteen en/of sandsteen, koolstofhoudende skalie en steenkool.
- 4) Metamorfe gesteentes soos byvoorbeeld horingfels.
- 5) Intrusiewe stolrotse wat as gange en plate voorkom, byvoorbeeld siëriet en diabaas en selde doleriet.
- 6) Verweringsprodukte van die Groep Chuniespoort wat insluit mangaanaarde, chertbreksie, koolstofhoudende skalie, kwartsiet en skalie, word alles saam met die vaste dolomietrots en chert in die boorgatstaat as behorende tot die Groep Chuniespoort geklassifiseer.

Die meegaande kleurafdrukke (Fig. 3.5.2 – 3.5.9) van die monsters met bygaande beskrywings behoort van nut te wees by die onderskeiding van die verskillende materiale. Dit is noodsaaklik dat die ongewaste en gewaste monsters altyd met mekaar vergelyk word aangesien die wasproses alle fyn sand en klei verwyder.

Die rooi slikkige sand, in die omgangstaal ook bekend as rooigrond, is skynbaar in baie gevalle windvervoerde sand wat gemeng is met residuele grond wat deur chemiese verwerking vanuit die dolomiet ontstaan het. Die rooi kleur van die materiaal is te wyte aan die teenwoordigheid van ysteroksiede en gehidreerde ysteroksiede. Huidig word aanvaar dat in die Pretoria-omgewing die sand van die Groep Pretoria en die Halfweghuisgraniet afkomstig

Fig. 3.5.1 GEWASTE KOLLUVIUMMONSTER

1. Ferrikreetknolletjies
2. Verweerde chert (onder die stereo binokulêre mikroskoop is die sogenaamde suikertekstuur waarneembaar).
3. Aarkwarts.

SKAAL: 3:1

Fig. 3.5.2 GEWASTE KAROOSKALIEMONSTER

1. Ligte gelerige-oranje skalie. Die boorsel is effens afgerond deur abrasie en saltasie soos dit deur die saamgeperste lug na bo in die boorgat vervoer is.
2. Kwartsietspoelklippie (kontaminasie).
3. Chert (kontaminasie).
4. Ferrikreetknolletjies (kontaminasie vanaf 'n vlak nader aan die oppervlakte).

SKAAL: 3:1

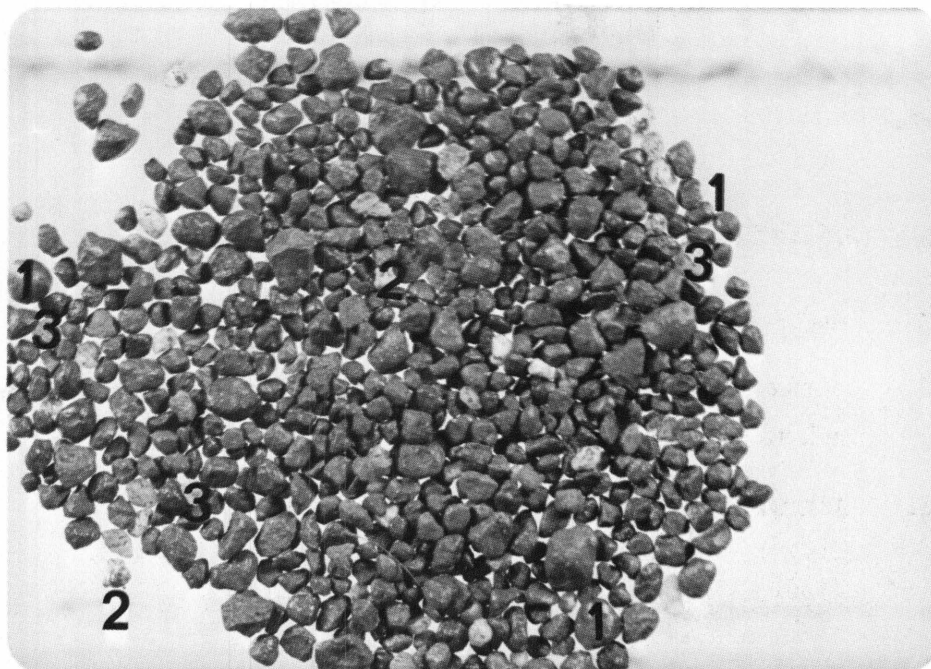


FIG. 3.5.1



FIG. 3.5.2

Fig. 3.5.3 GEWASTE MONSTER MET GELOOGDE CHERT EN MANGAANOKSIED

1. Vars chert.
2. Verweerde chert. Dit is nog hard genoeg om gewone ruitglas te krap.
3. Mangaanoksied.
4. Ysteroksied aankorsting (rooibruin kleur) op mangaanoksied.
5. Aarkwarts.

SKAAL : 3 : 1

Fig. 3.5.4 GEWASTE MONSTER, HOOFSAAKLIK VARS CHERT

1. Vars chert, let op die tipiese skulpvormige breukvlak.
2. Kwartsietspoelklippie.
3. Aarkwarts.
4. Ferrikreetknolletjies.
5. Chert met heuningkoektekstuur.

SKAAL: 3 : 1



FIG. 3.5.3



FIG. 3.5.4

Fig. 3.5.5 GEWASTE MONSTER, HOOFSAAKLIK VARS CHERT

1. Verweerde chert.
2. Aarkwarts.
3. Mangaanoksied met verweerde chert.
4. Mangaanoksied.
5. Mangaanoksied met ysteroksied aankorsting.

SKAAL: 3 : 1

Fig. 3.5.6 GEWASTE MONSTER, VERWEERDE STOLLINGSGESTEENTE

1. Hoogs verweerde stollingsgesteente het 'n kleijige voorkoms.
2. Magnetietknolletjies.
3. Aarkwarts.
4. Ferrikreetknolletjies (kontaminasie).

SKAAL: 3:1

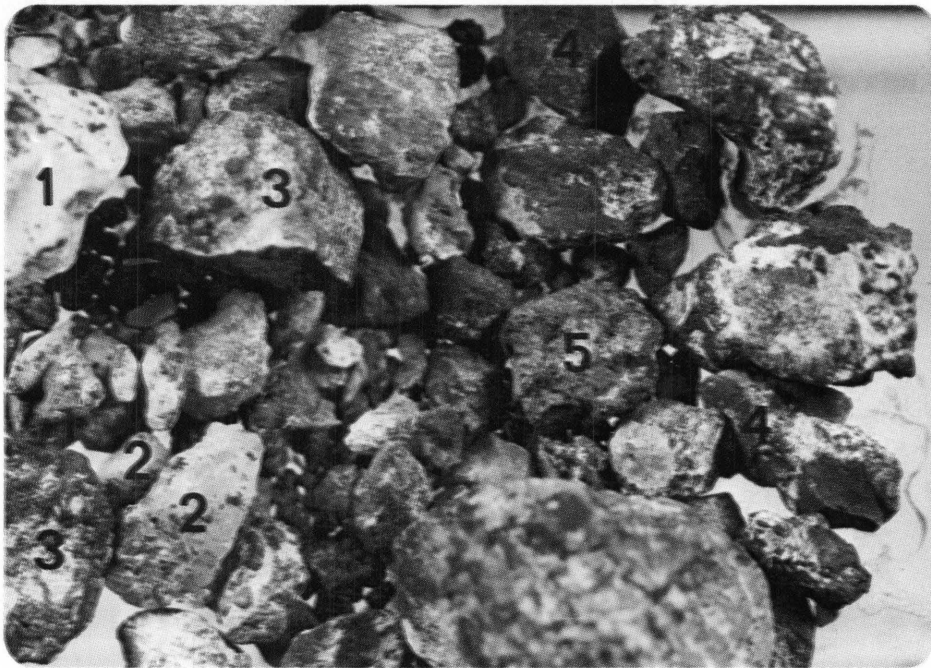


FIG. 3.5.5

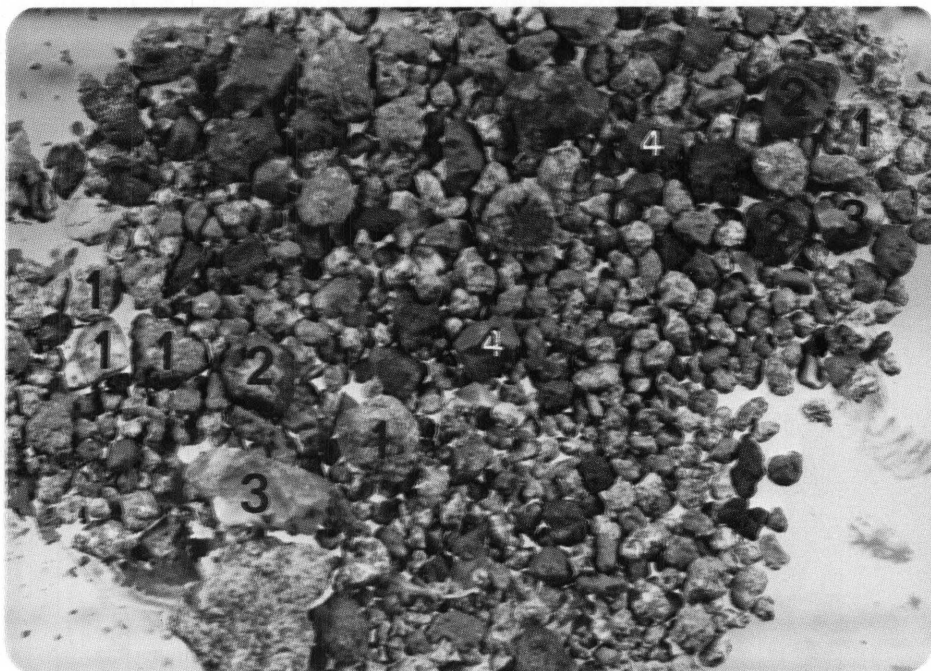


FIG. 3.5.6

Fig. 3.5.7 GEWASTE MONSTER, VERWEERDE STOLLINGSGESTEENTE MET ENKELE VARSER STUKKIES

1. Vars stollingsgesteente.
2. Matige verweerde stollingsgesteente.
3. Hoogsverweerde stollingsgesteente.
4. Vars chert boorsel (kontaminasie).

SKAAL: 3:1

Fig. 3.5.8 GEWASTE MONSTER, RELATIEWE VARS STOLLINGSGESTEENTE

1. Vars stollingsgesteente.
2. Ferrikreetknolletjies (kontaminasie).
3. Verweerde stollingsgesteente.

SKAAL: 3:1



FIG. 3.5.7



FIG. 3.5.8

Fig. 3.5.9 GEWASTE MONSTER, VARS DOLOMIETROTS

1. Vars dolomietrots.
2. Ferrikreetknolletjies.
3. Vars chert.

SKAAL: 3:1

Fotografie deur H.J. Bosman.



FIG. 3.5.9

is met klein bydraes vanuit die Groep Chuniespoort en die sandsteen in die loslappe van die Formasie Vryheid. Ongeag die tipe oksied wat gevorm het, presipiteer yster makliker as mangaan wanneer oksidasie plaasvind (Handa, 1970). Hierdie verskynsel verklaar die skeiding tussen yster en mangaan wat so algemeen in akkumulasiesones waargeneem word (Van Breemen en Brinkman, 1976).

Tydens die beskrywing van die boorsel moet daar opgelet word na die relatiewe hoeveelhede waarin die onderskeie bestanddele in die monster verteenwoordig is. Die volgende beskrywingstegniek en benamings is van toepassing :

- 1) die beskrywing van elke eenheid is sodanig dat die hoofbestanddeel (30 persent of meer, volumegewyse ten opsigte van die geheelmonster) eerste genoem en met hoofletters aangedui word (d.i. DOLOMIET, CHERT, KLEI, ens.) Waar meer as een bestanddeel 'n groot hoeveelheid van die geheelmonster uitmaak, word hoofletters vir albei gebruik.
- 2) ondergeskikte bestanddele volg in die algehele beskrywing in klein letters (d.i. klei, sand, mangaanaarde, ens.) na die hoofbestanddeel. Wanneer die beskrywende terminologie soos “ondergeskik”, “klein bietjie, spoorhoeveelhede” of “klein hoeveelheid” van toepassing is, is die vertolking soos volg :
 - 2.1) ondergeskikte en klein hoeveelhede – bestanddele wat tussen 10 persent en 30 persent volumegewyse van die geheelmonster uitmaak, en
 - 2.2) klein bietjie of spoorhoeveelhede – word gebruik ten opsigte van bestanddele minder as 10 persent volumegewyse van die geheelmonster.

Wanneer 'n boorgat deur skalie, sandsteen of kwartsiet geboor word, sal die vars hoekige boorsel vars breekvlakke vertoon. Wanneer kleiige materiaal herwin word, sal die gewaste monster aandui of dit 'n verweerde skalie of verweerde stollingsgesteente is wat deurboor is. Die beskrywing mag byvoorbeeld soos volg lees :

Droë, lig gelerige-oranje, vars SKALIE, of
Klam, donker gelerige-oranje, KLEI (verweerde stollingsgesteente) gekontameneer met ferrikreetknolletjies, chert en aarkwarts.

By die beskrywing van die dolomitiese residu moet daar groot versigtigheid aan die dag gelê word, veral omdat mangaanaarde 'n materiaal met lae en wisselende digtheid is; dit is bekend dat dit kan wissel tussen 80 kg/m³ tot meer as 1500 kg/m³ (Roux, 1981c). Wanneer

mangaanaarde met behulp van 'n druklugboor herwin word, is dit byna nooit verteenwoordigend nie, aangesien daar, veral in die sone met laer digtheid, tot 'n groot mate saampersing van die mangaanaarde deur die druklug plaasvind. Voorkomste van mangaanaarde beskik algemeen oor 'n tipe lensvormige gelaagdheid en is dus nie vertikaal eenvormig nie. Mangaanaarde se kleur wissel oor 'n wye bestek deur ligbruin, donkerbruin, liggrys tot donkergrys en selfs donker blouswart. Die kleur is afhanklik van die chemiese samestelling van die yster- en mangaanoksiede en -hidroksiede en die relatiewe hoeveelhede van elk. Aangesien mangaanaarde 'n kolloïdale materiaal is, kleef dit besonder maklik aan die menslike vel en was baie moeilik af, omdat dit die velproeë binnedring.

Omdat dit vorm as die residu by die aanvanklike chemiese verwerking van dolomiet, kom dit tussengelaagd met die chert in die Formasies Monte Christo en Eccles se verweringsprodukte voor. Op dieselfde grondslag word mangaanaarde redelik algemeen as die matriks in chertbreksie aangetref. Met inagneming van die penetrasietempo kan 'n skatting gemaak word van die digtheid van die sone, waaruit die relatiewe hoeveelheid mangaanaarde afgelei kan word.

Chert is 'n baie harde, weerstandbiedende materiaal wat deur die drukluhamer tot 'n wit poeier geslaan word. Vars onverweerde chert is gewoonlik liggrys, soms donkergrys of selfs swart wanneer dit koolstof bevat. Weens die kriptokristallyne struktuur van chert het dit 'n skulpvormige breukvlak. Verweerde chert is wit en het onder die binokulêre stereomikroskoop 'n suikertekstuur. Die verweerde variant kom veral nader aan die grondoppervlak voor. Dikwels is die verweerde chert gedeeltelik met 'n swart mangaanoksiedaan-korsting bedek wat as woestynverniss bekend staan. Die woestynverniss het ook knolvorming tot gevolg wat duidelike konsentriese lae vertoon wat moontlik op seisoenale groei dui en oksiede van beide yster en mangaan en ander grondbestanddele mag bevat (McKenzie, 1977).

Dolomietboorsel word maklik as sulks geëien te danke aan die ligte tot donker blou en selfs grys kleur en die hewige bruisreaksie met gekonsentreerde soutsuur. Indien daar enige twyfel bestaan, kan vlektoetse uitgevoer word (sien Bylae 3).

Die gebruik van 'n binokulêre stereomikroskoop word aanbeveel om nate in veral dolomietboorsel op te spoor. Dit is uiters belangrik dat die monster absoluut vry sal wees van suur of ander korroderende stowwe alvorens dit onder die mikroskoop bestudeer word. Hierdie optiese hulpmiddel word ook gebruik om die sogenaamde heuningkoekstruktuur uit te ken. Dit is die oorblyfsel van die uitlogingsproses nadat die dolomietkristalle verwyder is en net 'n herkenbare chertroosterstruktuur oorgebly het. Hierdie tipe struktuur is soms gedeeltelik of geheel met mangaanaarde gevul.

Voorbeeld van die boorselbeskrywing kan soos volg lees :

Vars, ligblou, vaste DOLOMIET-rots met kalsiet naatvulling.
Droë, donkerblou tot swart, KLEI (MANGAANAARDE) met 'n klein bietjie chertbreksie.

'n Voorbeeld van 'n boorgatstaat verskyn in Fig. 3.5.10.

3.6 TEGNIEKE VAN TOEPASSING OP ONDERSOEKE NA FUNDERINGSTOESTANDE VIR BEPLANNINGSDOELEINDES

Die onderstaande tegnieke is hoofsaaklik van toepassing by die ondersoek van funderings-toestande vir beplanningsdoeleindes op die gedeeltes van 'n voorgestelde dorpsterrein op dolomiet, wat geskik bevind is vir ontwikkeling. Die gedeeltes wat ongeskik (potensieel onstabiel) bevind is word as "Spesiale Erf" aangedui en het geen gebruikregte, tot tyd en wyl 'n meer gedetailleerde geotegniese ondersoek die terrein geskik bewys vir 'n gebruik wat deur die Administrateur goedgekeur word.

Aangesien daar geen ontwikkeling op die onstabiel bewese gedeeltes kan geskied nie word daar geen funderingsondersoeke en dus geen toetse op die materiale daar teenwoordig uitgevoer nie.

3.6.1 Grondprofielering

'n Akkurate, herhaalbare beskrywing van die grondprofiel is 'n primêre vereiste van enige terreinondersoek. Die metode van beskrywing wat aanbeveel word is dié van Jennings, Brink en Williams (1973) wat berus op die voginhoud, kleur, stewigheid, grondstruktuur, grondsoort en oorsprong. Die beskrywing van die grondkleur moet geyk wees volgens die Munsellkleurkaart of die vereenvoudigde kaart volgens Burland (1960).

3.6.2 Monsterneming

Monsters vir die bepaling van deurlatendheid, sterkte en saamdrukbaarheid vereis monsters wat tot 'n minimum versteur is. Sodanige monsters word ten beste bekom in uitgrawings, soekslote en groot diameter awegaarboorgate. Soekslote is in die algemeen minder stabiel as groot diameter awegaarboorgate en moet, indien die uitgrawing dieper as 1,5 meter is, van bestutting voorsien word alvorens iemand dit mag binnegaan. Waar bestutting nie beskikbaar is nie, moet die kanthelling van die uitgrawing afgewerk word tot 'n kleiner helling as die rushoek van die materiaal. Soekslote word gewoonlik vir die doel van 'n dorpsstigtings-ondersoek met 'n trugraver gemaak.

GEOLOGIESE OPNAME
 PRIVAATSAK XII2
 PRETORIA

AFDELING INGENIEURSGEOLOGIE
 SEKSIE GEOTEGNIESE ONDERSOEKE

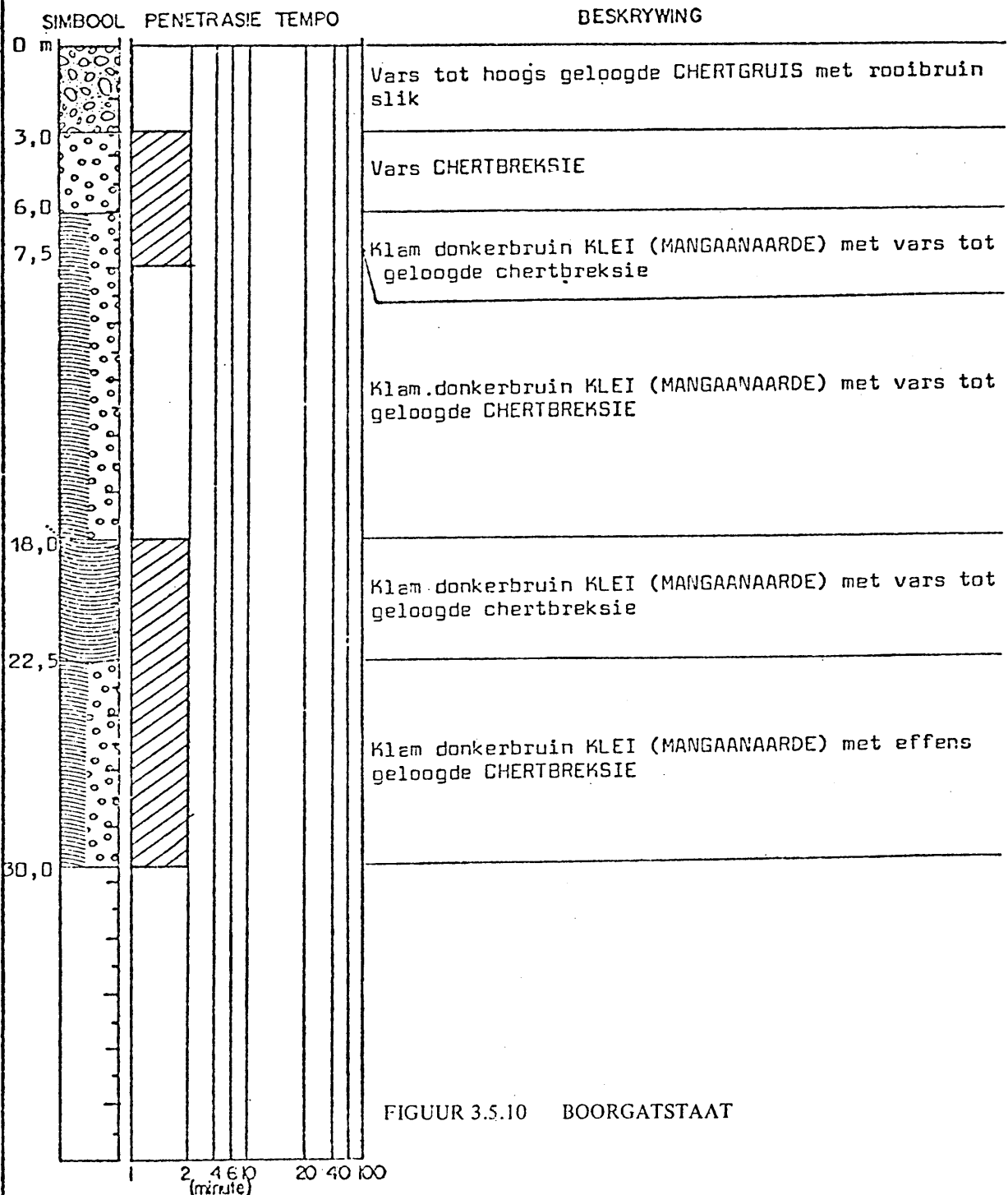
Boorgatstad

Projek: SWARTKOP LMB Kontrakteur: M J Willemse

Koördinate Y 83026 X 2855458 Boorgat Nr: G/SLM/1

Totale diepte: 30 m Skaal: 1 cm = 2 m Opgestel deur: P.J.A.L.

Bekhoogte: _____ Voltooiingsdatum: 1983-04-28 Datum: 1983-05-24



Voorkeur word aan blokmonsters gegee wat per hand geneem is. Die metode vir herwinning van 'n blokmonster wat die beste resultate lewer is dié van die "Water and Power Resources Service" (1980). Die tegniek word in Bylaag 3.6.1 beskryf.

Die gebruik van buismonsters word soms nog in die praktyk plaaslik beoefen maar die skrywer kan nie daarmee akkoord gaan nie. Indien daar geen ander uitweg is om monsters te bekom nie moet daar van gesplete buise gebruik gemaak word, anders vervorm die monster nogeens wanneer dit uit 'n soliede buis uitgedruk word. Bemonstering met 'n gesplete buis mag slegs as 'n laaste uitweg oorweeg word. Die buis moet afdoende afmetings hê sodat die buitenste kwart van die monster nie vir die uitvoering van die toets benodig word nie, hier word veral aan die konsolidasietoets gedink. Die buis se diameter moet dus tweekeer so groot wees as die diameter van die monster wat benodig word. Die vervorming van die monster as gevolg van bemonstering met 'n buis word in Bylaag 3.6.2 verder behandel.

Alle bemonsteringstegnieke kan nadelig beïnvloed word deur die aanwesigheid van chertbrokstukke wat of tot brekasie van die monster of beskadiging van die toerusting, byvoorbeeld 'n monsterbuis, kan veroorsaak.

3.6.3 Laboratoriumtoetse

Indikator-toetse wat in die laboratorium op die kolluvium in die deklaag uitgevoer word is die volgende :

- Graderingsanalise met bepaling van die $-2\mu\text{m}$ -fraksie
- Voginhoud
- Massadigtheid
- Soortlike gewig
- Atterberggrense
- Lineêre krimpings

Die Atterberggrense beskryf die aktiwiteit of plastisiteitseienskappe wat deur die voginhoud van kleiige materiaal bepaal word. Die onderste grense en plastisiteitsindeks word soos volg gedefinieer :

Die vloeigrens van grond is die voginhoud uitgedruk as 'n persentasie van die massa van die oondgedroogde grond by die grens tussen die vloeibare en plastiese toestand. Die voginhoud by hierdie grens word arbitrêr gedefinieer as die voginhoud by 'n stewigheid wat bepaal word met die standaardvloeigrensapparaat, (TMH1, 1979).

Die plastisiteitsgrens van grond is die voginhoud daarvan uitgedruk as 'n persentasie van die oondgedroogde grond by die grens tussen die plastiese en die halfvaste toestand, (TMH1, 1979).

Die plastisiteitsindeks van grond is die numeriese verskil tussen vloeigrens en die plastisiteitsgrens van grond en dui die grootte van die reeks voginhoude waar die grond in 'n plastiese toestand is, aan, (TMH1, 1979).

In gebiede waar potensieel swigbare materiaal voorkom behoort 'n sogenaamde dubbelkonsolidasietoets (Jennings en Knight, 1975) met versadiging van die monster by 'n normaalbelasting van 100 kPa uitgevoer te word.

Bepaling van die skuifsterkte van materiale word nie vir die beplanningsondersoek van 'n voorgestelde dorp verlang nie.

3.6.4 *In situ* toetse

Op hierdie stadium word slegs enkele toetse *in situ* uitgevoer.

Die dinamiese kegelpenetrometer (Van Vuuren, 1969) bied 'n bruikbare indikator van die stewigheid van die grond. Die apparaat bestaan uit 'n glystang waarlangs 'n massa van 10 kg, bekend as die hamer, deur 'n afstand van 460 mm val om 'n aambeeld te tref. Die aambeeld is aan 'n vervangbare naald van 1000 mm lengte vasgeskroef, die diameter van die naald en konus is respektiewelik 16 mm en 20 mm en laasgenoemde het 'n hoek van 60 grade. 'n Vervangingsnaald met 'n lengte van 2 000 mm is ook beskikbaar om die bereik van die toets tot 2 meter diepte uit te brei. Hierdie beperkte bereik is 'n ernstige nadeel. Die tegniek word nogtans nuttig gebruik in gebiede van dun bedekking om smal verweringsloepe tussen die vaste rots subdagsome op te spoor wat dan met behulp van druklugboorwerk verder ondersoek word. 'n Syfer vir dravermoë kan van die dinamiese kegelpenetrometer (DKP) vanaf herleide Kaliforniese draverhoudingwaardes afgelei word.

Die skuifwiek bied 'n benaderde waarde van die skuifsterkte van klewende materiale soos klei en kleiagtige klam mangaanaarde. Aangesien die toets gou uitgevoer kan word, kan 'n aantal bepalinge geneem word om 'n betroubare gemiddelde waarde te bekom.

Die standaard penetrasietoets se toepassing is baie beperk in dolomitiese gebiede waar die aandag op spesiale woonerfontwikkeling toegespits is. Hierdie toets is van toepassing op sand, 'n materiaal wat redelik seldsaam is in die gebied suid van Pretoria, elders mag dit moontlik toepassing hê.

Die plaatbelastingstoets bied 'n betroubare metode vir die bepaling van dra vermoë en moontlik versakking onder belasting. Hierdie toets kan in die vertikale posisie suksesvol in die toestand van natuurlike vog en onder versadiging uitgevoer word. Die invloedseer van die plaatbelastingstoets is in die meeste gevalle heelwat kleiner as dié van die toekomstige fondament (Tomlinson, 1980). Die tekortkoming word oorbrug deur herhaling van die toets op verskillende dieptes om dieselfde dieptesnit as die voorgestelde fondament se invloedseer te dek (Nixon, 1975).

Net soos in die geval van laboratoriumtoetse kan *in situ*-toetse nadelig beïnvloed word deur die teenwoordigheid van chertbrokstukke in die materiaal wat getoets word. Die indruk kan valslik geskep word dat vaste bodemrots bereik is in die geval van 'n DKP-toets of te hoë waardes vir die dra vermoë van die getoetste materiaal kan met die plaatbelastingstoets aangedui word.

HOOFSTUK 4

PROSEDURE BY TERREINONDERSOEKE VIR DORPSONTWIKKELING

4.1 VERANTWOORDELIKHEDE VAN VERSKEIE INSTANSIES

Die verantwoordelikheid om die fisiese beperkinge en grondgebruike van 'n gebied te identifiseer, berus by die gidsplankomitee van sodanige gebied wat deur die *Wet op Fisiese Beplanning* van 1967 ingestel is (Rossouw, 1981). Die komitee word deur die Departement van Staatkundige Ontwikkeling en Beplanning saamgeroep en het in byna alle gevalle 'n lid van die Departement van Mineraal en Energiesake met die doel om spesifiek ten opsigte van die bodemgesteldheid en mineraalvoorkomste die nodige inset te lewer. Hierdie inligting word dan oorweeg met inagneming van die geskatte langtermyn stedelike ontwikkeling. In hierdie proses word dolomietgebiede egter nie uitgeskakel nie want Rossouw (1981) beskou argumente ten gunste van die algehele vermyding van dolomiet as 'n oorvereenvoudiging van die probleem, aangesien daar in die beplanningsproses baie ander faktore is wat in aanmerking geneem moet word en dolomietgebiede tog dikwels vir alternatiewe gebruike binne die ontwikkelingsraamwerk geakkommodeer kan word.

Die dorpsontwikkelaar stel dan gewoonlik 'n dorpsbeplanner aan om die uitleg van die voorgestelde dorp te ontwerp indien die kundigheid in eie gelede ontbreek.

In die geval van 'n privaatontwikkelaar, word 'n raadgewende ingenieursgeoloog gewoonlik aangestel om die terrein vir beplanningsdoeleindes te ondersoek en vir moontlike gebruike te soneer.

Vir 'n Staatsontwikkeling soos byvoorbeeld 'n Kleurling-, Indiër- of Swartdorp word die Geologiese Opname gewoonlik versoek om die ondersoek te behartig en indien dit nie moontlik is nie word 'n raadgewer aangestel.

Nadat 'n voorlopige dorpsuitleg beplan is, word 'n aansoek om dorpsstigting by die Direkteur van Plaaslike Bestuur ingedien. Die Direkteur van Plaaslike Bestuur is van owerheidsweë verantwoordelik vir die administrasie van aansoeke vir dorpsontwikkeling en stuur die aanvanklike aansoek om dorpsstigting vir kommentaar aan 17 Staatsdepartemente (Adlem, 1979) waaronder vir die Departement Mineraal- en Energiesake, die Tak Geologiese Opname en die Staatsmyningenieur. Daar is sowat 32 verskillende instansies wat kommentaar moet lewer.

Indien die Geologiese Opname bevind dat die gebied op dolomiet geleë is en nog nie deur 'n ondersoek gedek is nie, word 'n ondersoek aangevra. Aangesien geotegniese ondersoek lank kan duur en deur die meerderheid dorpsontwikkelaars nagelaat word totdat hulle deur die administrateur daarom gevra word, is voorsiening gemaak om die proses te versnel. Kommentaar en voorwaardes van alle instansies kan deur die Dorperaad geprosesseer word alvorens die geotegniese ondersoek voltooi en die Hoofdirekteur van die Geologiese Opname se kommentaar daarvoor ontvang is. Volgens Adlem (1979) word die kommentaar van die Hoofdirekteur van Geologiese Opname op 'n later stadium in die dorpsstigtingsproses geïnkorporeer.

Die raadgewer kan die Geologiese Opname nader vir bestaande inligting en sy voorgenome ondersoek met lede van die personeel bespreek. Indien inligting oor die gebied self of omliggende gebiede beskikbaar is, moet die raadgewer bewys van die betrokke eienaar se toestemming voorlê alvorens hy sulke inligting kan besigtig. Andersins kan hy met die dorpsbeplanner van die betrokke gebied in verbinding tree om die beskikbare inligting te bekom. Die raadgewer, as professionele persoon moet homself vergewis van die standaard van inligting wat deur die Geologiese Opname verlang word. Alle rou data en boorsel moet ter insae beskikbaar wees totdat die Geologiese Opname se kommentaar oor die verslag afgehandel is.

By ontvangs van die verslag word dit beoordeel en die Direkteur van Plaaslike Bestuur word verwittig of dit aanvaarbaar is of nie. Indien die raadgewer dit nagelaat het, skryf die Hoofdirekteur van Geologiese Opname in sy kommentaar die gepaste voorsorgmaatreëls voor en mag byvoorbeeld aandui in watter posisies boorgate vir die langtermyn monitor van die grondwatervlak benodig word.

Na ontvangs van die Hoofdirekteur van Geologiese Opname se kommentaar en aanvaarding van die ondersoekverslag word die aanbevelings van die verslag in die dorpsstigtingsvoorwaardes ingewerk. Die Direkteur van Plaaslike Bestuur dra sorg dat die uitleg van die voorgestelde dorp by die aanbevelings van die verslag aangepas word.

Die munisipale owerheid moet uitvoering gee aan die stigtingsvoorwaardes en onder meer sorg dra dat hoë gehalte waterdigte natdienste geïnstalleer word. Deurlopend word 'n hoë instandhoudingstandaard vereis. Die inspeksie van bouerreine kan detailprobleme uitwys soos byvoorbeeld toestande wat bevorderlik is vir differensiële versakking, gebreke in die vakmanskap ten opsigte van bouwerk en veral gebreke ten opsigte van die natdienste. Deurlopend moet daar sorg gedra word dat alle terreine voorsien is van effektiewe oppervlakwaterdreinerings.

Die ondersoek van 'n voorgestelde dorp op dolomiet is primêr van 'n beplanningsaard en het ten doel om die dolomitiese stabiliteit of die risiko vir die vorming van sinkgate of versakings in verskillende gedeeltes van die terrein te bepaal. Met behulp van hierdie inligting word die dorp dan gesoneer ten opsigte van die mees geskikte gebuie vir elke stabiliteitsone. Bykomend tot die ondersoek na die dolomitiese stabiliteit word daar sedert 1974, in ooreenstemming met die Wysigingsordonnansie op Dorpsbeplanning en Dorpe, 1974, (Bylaag 1), ook 'n ondersoek na die funderingstoestande vir strukture in die dorpsgebied uitgevoer. Nie een van die twee ondersoeke dek elke standplaas in detail nie maar dien slegs as riglyn tydens die beplanning van die dorpsuitleg.

Dorpsstigters is verantwoordelik vir die lewering van goeie gehalte konstruksie en dienste. Indien hierdie verantwoordelikheid nie nagekom word nie, kan ernstige probleme veroorsaak word. Die skrywer is bewus van 'n geval in 'n ontwikkelde dorp waar 'n gedeelte van 'n hoofstormwaterpyp weggelaat is en dit 'n sinkgat in 'n besige straatkruising tot gevolg gehad het.

Die vervaardigers van produkte, veral pype vir waterdraende dienste (natdienste), kan in samewerking met die SABS 'n groot bydrae lewer tot kommersvrye ontwikkeling op dolomiet.

Die verantwoordelikheid vir die langtermyn nakoming van die stigtingsvoorwaardes, soos van toepassing op 'n privaatperseel, berus by die uiteindelijke grondeienaar en bewoner. Alle lekkende natdienste moet so gou as moontlik herstel word en afleipype moet in 'n goeie toestand gehou word. Die instandhouding van die betonstrook om geboue en strukture, asook die waterdigtheid van alle lasse en die kontak met die fondamentmuur is baie belangrik om voorkeurinsyfering en sinkgatvorming en of differensiële versakking te voorkom. Alle foutiewe krane en bo- en ondergrondse waterpype moet onmiddellik herstel word. Die ontwikkeling van die perseel moet op so 'n wyse geskied dat effektiewe dreinerings ten alle tye verseker word sonder om bure se persele te oorstrom.

4.2 VERTOLKING VAN RESULTATE

Die vertolking van die resultate behaal met die toepassing van die onderskeie tegnieke moet 'n sinvolle integrasie van alle feitlike inligting en interpretasies wees. Die inligting vervat in die residuele gravitasiekontoerkaart word geïnterpreteer volgens die gradiënt van die kontoerlyne en anomalieë wat onderskei kan word. Deur noukeurige bestudering van die inligting word die volgende onderskei :

- 1) gravitasielaagvalleie
- 2) gravitasiehoogkruine
- 3) steil eskarpe (kontoerlyne dig opmekaar)
- 4) plat of lae gradiënt plato (kontoerlyne wyd gespasiëër).

Die spasiëring van die gravitasiewaarnemingspunte, omvang van die opname, grootte van die terrein en anomalieë speel 'n rol by die interpretasie. Smal gravitasielaagvalleie en geïsoleerde gravitasielaaganomalieë kan moontlik op oersinkgattoestande of gebiede met los verweringsprodukte, wat maklik erodeerbaar is, dui. Steil gradiënte in die kontoere mag kenmerkend wees van swak toestande wat gunstig is vir sinkgatvorming. So 'n terrein moet nie summier as ongeskik geklassifiseer word nie maar moet eers deeglik met 'n druklugboorprogram ondersoek word om te bepaal of dit werklik potensieel onstabiel is. Gravitasiëkruine of geïsoleerde hooggebiede mag deur smal skeure gevul met los materiaal deurkruis word. Hierdie toestande kan maklik afhangend van die aard en dikte van die deklaag as gevolg van ontoereikende dreinerings tot die vorming van klein sinkgate lei.

'n Gebied gekenmerk deur 'n lae tot plat gravitasiegradiënt kan tiperend van stabiele toestande wees, dit kan egter net met betroubare druklugboorwerk bewys word. Die gravitasieopname, interpretasie van panchromatiese lugfoto's en die sogenaamde "koue"-gebiede wat met behulp van termiese infrarooilynaftasting vasgestel is en die boorgatinligting moet alles met mekaar gekontroleer word om 'n sinvolle beeld te verskaf. Die toets waaraan die interpretasie onderwerp moet word is of dit geologies sin uitmaak.

Dit is nie raadsaam om in hierdie verband vaste reëls vir elke moontlike situasie neer te lê nie omdat die beoordeling van 'n dolomitiese gebied se stabiliteit dan sal ontaard in 'n handeling sonder kundige oordeel en nadenke. Daar is wel enkele tipiese materiaalvoorkomste wat as voorbeelde voorgehou kan word :

- 1) 'n oersinkgat is 'n verskynsel wat as sodanig beskryf word omdat die kolluviale materiale by detailondersoek bewys word om driedimensioneel 'n kegelvormige liggaam te beskryf. Die lokaliteite waar dit verwag kan word is byvoorbeeld op die kruispunt van twee nate, in 'n verskuiwingsvlak of naat waar uitloging die swakplek plaaslik vergroot het en 'n sinkgat in die geologiese verlede ingestort het. Die eerste aanduiding is 'n lokale verdikking van die kolluviale materiaal meer as die normale dikte vir die omgewing.
- 2) langs die intrusiewe stolrots gange kan probleme verwag word weens die normale meer intensiewe uitloging van die dolomiet langs die gang.
- 3) mangaanaarde na aan die grondoppervlak hou die moontlikheid van interne-erosie en/of versakking en selfs sinkgatvorming in. Sulke gebiede moet deeglik omlyn

word. Die diepte tot vaste dolomietbodemrots, wydte en diepte van verweringsplete en vlak van die grondwatertafel sal die moontlike gebruike bepaal.

- 4) Karooloslappe kan van die veiligste gebiede wees maar kan moontlik onder sekere omstandighede potensiaal vir sinkgatvorming inhou. Die driedimensionele vorm van die loslap moet bepaal word met behulp van geskikte geofisiese metodes en gestaaf word met boorwerk. Die residuele gravitasiekontoerkaart moet noukeurig bestudeer word en alle anomalieë moet ondersoek word. Die moontlike voorkoms van flintklei en selfs steenkool moet inaggeneem word.
- 5) Veral in die Formasie Eccles kom oerversakkingsstrukture voor wat etlike hektaar beslaan en met chertbreksie van die Formasie Rooihoogte gevul is. Veral in die geval waar die breksie verkit is, bied dit 'n besondere sterk funderingsmedium.
- 6) Gravitasiegradiënte is veral by toestande van ontwatering besonder riskant aangesien die mees drastiese vervorming as gevolg van differensiële beweging hier plaasvind en relatief meer singate ook alhier vorm.
- 7) Gravitasie-laagvalleie is dikwels gevul met Karoogesteentes maar sodanige anomalieë kan ook dui op diep uitloging wat met los residu gevul is en moet dus deeglik ondersoek word.

4.3 BEPALING VAN STABILITEIT

Die bepaling van 'n voorgestelde dorpsterrein se stabiliteit is 'n evaluasie van alle bekombare inligting. Dié komplekse proses het baie fasette wat met huidige kennis nie in 'n eenduidige vorm gegiet kan word nie.

Metodes vir die evaluasie en bepaling van terreinstabiliteit is deur Venter (1981), Wagener (1981) en De Beer (1981) voorgestel. Hierdie metodes het elkeen 'n toepassing onder bepaalde omstandighede en die onderstaande is enkele punte van kommentaar ten opsigte van genoemde evaluasie-metodes.

Dit sou baie gerieflik gewees het om die inligting in 'n wiskundige model of 'n skema soos dié voorgestel deur Venter (1981), te giet maar dit is tans nie uitvoerbaar nie. In die geval van Venter se voorgestelde sisteem geld die volgende kritiek :

- 1) Die holtebevattendheid van die deklaag of vaste rots kan op geen manier betroubaar bepaal word nie.
- 2) Met die huidige tegnieke kan daar nie betroubare waardes vir die sterkte van materiale sonder baie groot koste bekom word nie.

- 3) Die bepalings van die erosiebestandheid is uiters moeilik met druklugboorwerk omdat die genaathed, deurlatendheid en mangaanaarde-inhoud slegs deur baie growwe skatting bepaal kan word.
- 4) Die bodemrotsgradiënt kan slegs benaderd volgens 'n residuele gravitasiekontoerkaart bepaal word indien dit beskikbaar is.
- 5) Toringagtigheid kan slegs in gebiede met dun bedekking na verwydering van die deklaag bepaal word. Hierdie voorvereiste in 'n ondersoek van 'n voorgestelde dorpsgebied sal beswaarlik weens die hoë koste uitgevoer kan word.

Die benadering van Wagener (1981) wat ook op die toringagtigheid gebaseer is, is toepaslik vir kleiner dorpsontwikkeling waar die deklaag dunner as sowat drie meter is.

Die evaluasiemetode deur De Beer (1981) voorgestel berus op beswaarde waardes vir die onderskeie beïnvloedende faktore. Dit bied 'n moontlike oplossing wat onafhanklik van die syferwaarde wat verkry word deeglike objektiewe oorweging vereis aangesien 'n enkele faktor 'n terrein heeltemal ongeskik kan maak. Die volgende kritiek word ingebring :

- 1) Die moontlike verlaging van die grondwatervlak word nie oorweeg nie.
- 2) Geen oorweging word aan die voor- en nadele van stolrotsintrusies gegee nie.
- 3) Die diepte tot vaste rots, as losstaande faktor, kan misleidend wees. Daar is gebiede waar die dolomiet baie smal vlak skeure by verwering gevorm het wat geen noemenswaardige stabiliteitsprobleem skep nie maar wel die koste vir die aanbring van dienste aansienlik verhoog.
- 4) Die moontlike voorkoms van oersinkgate en die identifikasie daarvan word geignoreer.
- 5) Die voorgestelde kriterium, naamlik dat daar geen onlangse voorkoms van sinkgate binne tien kilometer vanaf die terrein was nie, of die terrein nuut ontwikkel en jonger as vyf jaar is, is misleidend. Die ondersoektegnieke wat vandag toegepas word bied nie 100 persent sekerheid ten opsigte van stabiliteit nie en die vakmanskap as ook die materiale in waterdraende dienste is nie foutloos nie en klein sinkgate kan dus nog vorm. De Beer (1981) se stelling berus op die aanname dat die geotegniese ondersoek wel na wense uitgevoer en die natdienste foutloos is.

- 6) Ten opsigte van die voorgestelde struktuur is dit belangrik dat die ondersoek op die voorgestelde toekomstige gebruik toegespits moet wees asook die sonering wat uit die ondersoek volg.

Die volgende inligtingsbronne moet oorweeg word in die skatting van 'n voorgestelde terrein se stabiliteit :

1) *Lugfotografie*

Dit is baie nuttig om alle beskikbare lugfotografie van 'n voorgestelde terrein en die omgewing te bestudeer. Op hierdie wyse kan 'n beeld van die stabiliteit, dreinerings- en vorige gebruike gevorm word. Die moontlike teenwoordigheid van intrusiewe stolrotse kan heel waarskynlik so waargeneem word.

2) *Stratigrafiese posisie*

Die stratigrafiese posisie van die terrein kan reeds 'n aanduiding gee van die moontlikheid van sinkgatvorming en/of die voorkoms van ernstige versakking en selfs 'n aanduiding van die waarskynlike grootte van die sinkgate. In die studiegebied kan die volgende veralgemenings gemaak word :

Formasie Oaktree:	Geen natuurlike of ontwikkelingsgeïnduseerde sinkgate is bekend nie.
Formasie Monte Christo:	Sinkgate en versakkings tot 30 meter in diameter.
Formasie Lyttelton:	Sinkgate is klein, gemiddelde diameter sowat 3 meter.
Formasie Eccles:	Baie, groot sinkgate; maksimum bekend met diameter ongeveer 100 m en diepte sowat 20 meter.

Die formasies is nie ewe dig ontwikkel nie.

3) *Deklaag*

Die aard en dikte van die gronddeklaag speel 'n belangrike rol in die bepaling van die stabiliteit van 'n dolomitiese terrein of dit ontwater is of nie. 'n Algemene waarneming wat in alle tipes dolomitiese gebiede met 'n statiese grondwatervlak dieper as 30 meter gemaak word asook in gebiede wat ontwater word is die belangrike aandeel wat oersinkgate in sinkgatvorming het.

In ontwaterde gebiede is Kleywegt (1981) van mening dat die volgende aspekte van belang is :

- i) die diepte van die oorspronklike grondwatervlak, en
- ii) die aard en homogeniteit van die deklaag asook
- iii) die aard van die vaste rotsbodem ten opsigte van die oorspronklike grondwatervlak.

Tydens die ontwatering van die Bankkompartement is gevind dat daar 'n verband bestaan tussen die posisie van die oorspronklike watervlak en die frekwensie van sinkgatvorming. Volgens Kleywegt (1981) het 83 persent van die totale aantal sinkgate tot einde 1972 voorgekom waar die oorspronklike grondwatervlak tussen nul en 30 meter diep onder die grondoppervlak was. Daar was steeds 'n betekenisvolle aantal sinkgate waar die oorspronklike grondwatervlak se diepte tussen 30 en 60 meter gewissel het. Waar dié watervlak se diepte meer as 60 meter was het baie min maar besonder groot sinkgate gevorm. Die besonder groot diameter sinkgate hou waarskynlik verband met besonder diep verwerking van die dolomiet aan die Verre Wes-Rand. Dit is bekend om in uitsonderlike gevalle meer as 250 meter te wees.

Die aard van die dolomitiese residu speel 'n belangrike rol. Die beskrywing van die materiale in boorgatstate volgens die voorgestelde metode (3.5) gee 'n goeie aanduiding van die terrein se stabiliteit.

Vanuit die stabiliteitsoogpunt is 'n materiaal samestelling wat hoofsaaklik uit slikkige sand of mangaanaarde bestaan met chert as ondergeskikte bestanddeel verteenwoordigend van funderingsmateriaal met die laagste potensiaal vir ontwikkeling. Waar so danige materiale voorkom is dit noodsaaklik dat dit *in situ* ondersoek word om veral die erodeerbaarheid van die materiaal met behulp van laboratorium of veldtoetse te bepaal. Die situasie moet as potensieel onstabiel beskou word, indien daar na skatting, meer as 50 persent mangaanaarde in die matriks van die materiaal is en die mangaanaarde erodeerbaar is. In die geval van die sanderige matriks moet vasgestel word of die materiaal nie 'n gevulde oersinkgat is nie in welke geval dit beslis onder sekere toestande tot sinkgatvorming aanleiding kan gee.

'n Verkitte chertbreksie of vaste chertlaag verteenwoordig uiteraard die sterkste funderingsmedium wat in die residuum aangetref word. 'n Diggestapelde, onverkitte chertbreksie van sowat 10 meter dik word empiries as veilig geag.

Dit is bekend dat die meeste sinkgate wat reeds suid van Pretoria gevorm het nie met oersinkgate geassosieër is nie maar wel met mangaanaarde verband hou. Hierdie waarneming word veral in die Formasies Monte Christo, Lyttelton en Eccles bevestig. Die buitengewoon vinnige erosie van die mangaanaarde tydens sinkgatvorming mag met die los struktuur, uiters lae sterkte en 'n mate van dispersiwiteit verband hou. Wagener (1981) vermeld dat die mangaanaarde in die Formasie Oaktree nie dispersief is nie – daar is ook nie sinkgate in dié formasie bekend nie.

Die empiriese verhoudingsmaatstaf wat in die verlede reeds suksesvol op mangaanaarde van die Formasie Eccles toegepas is (Roux, 1981c) moet met groot omsigtigheid gebruik word. Die ontledingsmetode vereis 'n egalige bodemrotstopografie, dekking met 'n gravitasie-opname en 'n boorgatondersoek wat alle anomalieë dek. Geen ekstrapolasie kan buite boorgate toegelaat word nie. Die maatstaf X word bereken vir data verkry uit boorgatstate van boorgate wat 30 meter diep geboor is, sodanig dat

$$X = \frac{\text{diepte tot mangaanaarde}}{\text{totale dikte mangaanaarde}}$$

Die vertolking van X is soos volg :

$X > 10$	=	geskik vir ontwikkeling
$4 < X < 10$	=	redelik geskik met streng voorsorgmaatreëls
$1 < X < 4$	=	swak – ongeskik vir ontwikkeling
$X < 1$	=	uiters swak – uiters hoë risiko

Hierdie tegniek is glad nie toepaslik in 'n gebied met verskuiwings, diepverweerde nate of onreëlmatige verwering nie.

4) *Swigbare sand*

Baie gevalle van skade aan huise blyk by nadere ondersoek die gevolg te wees van die teenwoordigheid van swigbare sand. Die vulling van oersinkgate is 'n los, laedigheid, slykige sand met 'n tipiese “sponsagtige” struktuur wat swigeienskappe besit. Die tegniek wat gevolg word om die swigbaarheid te bepaal is bekende van Jennings en Knight (1975) met versadiging op 100 kPa of selfs 80 kPa.

5) *Dikte van bedekking*

Dun bedekking word gedefinieer as 'n som totaal van gronddeklaag en dolomitiese residu dunner as 15 meter. Die dun bedekking kan uit sand, chertgruis met of sonder sand, chertbreksie afsonderlik of met sand of mangaanaarde of suiwer mangaanaarde bestaan. Die aard van die bedekking en die onderliggende vaste bodemrots sal bepaal of dit geskik is vir die voorgestelde gebruik al dan nie.

Die wydte van die verweringsplete moet met geskikte tegnieke vasgestel word asook die diepte waartoe dit strek om die moontlikheid van ernstige versakking te bepaal. Indien die deklaagmateriaal hoofsaaklik uit mangaanaarde sou bestaan spreek dit vanself dat groot-skaalse verdigting van die materiaal moontlik is wat baie ernstige differensiële versakking in die hand kan werk. Gebiede waar dun bedekking voorkom kan dikwels vir nywerheids-

gebruik of die oprigting van groot bergingskure oorweeg word. Vir hierdie voorgestelde gebruike moet die bedekking se dikte sodanig wees dat dit nie 'n nadelige invloed op die koste van die dienste en fundamente sal hê nie. Vir sodanige gebruike is dit gewoonlik moontlik om verseëling van die totale oppervlakte wat nie deur geboue beslaan word nie te regverdig. Vir residensiële behuising op die sogenaamde spesiale woonerf kan die vereiste gedefinieer word as sou die verweringsplete smaller as vier meter en nie dieper as ses meter wees nie. 'n Gebied kan vir bewoning oorweeg word wanneer daar bewys is dat die gebied deur vlakhellende intrusiewe stolrotsplate beslaan word.

Bedekking van meer as sowat 15 meter word as dik beskou. Gewone dolomitiese residuum dikker as 15 m wat nie 'n oersinkgat verteenwoordig en nie vatbaar vir interne erosie is nie kan stabiel geag word. Die huidige empiriese norm van 20 m dikte vir Karoosedimente word algemeen aanvaar.

Die evaluasie van 'n terrein se stabiliteit hang ten nouste saam met die materiaal se gedrag ten opsigte van moontlike interne erosie-effekte as gevolg van ondoeltreffende dreinerings of lekkasie uit natdienste en moontlike ontwatering van die gebied.

4.4 SONERING EN AANBEVELINGS

Na deeglike oorweging van die beskikbare inligting word gepoog om die terrein te klassifiseer ten opsigte van gebiede geskik vir :

- 1) Spesiale woonerwe, dit is erwe in 'n normale woonvoorstad waarop privaat woonhuise gebou word. Die risiko geskat volgens inligting verkry van bestaande dorpe is van die orde 1 : 30 000 en kleiner. Die skatting is ten opsigte van sinkgatvorming oor 'n 10 jaar tydperk.
- 2) Algemene woonerwe vir die oprigting van skakelhuse en woonstelle. Hierdie tipe struktuur impliseer 'n duurder struktuur wat uit die aard van die ontwikkeling geregverdig kan word. Ontwikkeling van hierdie tipe erf maak 'n groter mate van beheer oor die plasing van die wooneenhede en verseëling van die aangrensende oppervlak moontlik. Die toelaatbare risiko is moontlik effens hoër as in die geval spesiale woonerwe, die hoof onderskeid is in die funderingskoste en verseëling van die oppervlak geleë.
- 3) Nywerheidspersele waar die toestande ongeskik is vir die oprigting van star strukture sonder baie duur voorsorg. Verseëling van die hele oppervlakte wat nie deur geboue beslaan word is moontlik, en word dikwels as ontwikkelingsvereiste gestel. Streng bepalinge moet ten opsigte van dreinerings op sulke terreine toegepas word.

Die toelaatbare risiko vir klein sinkgate, sowat 3 meter in diameter, wat met geskikte boupraktyke na deeglike detailterreinondersoeke en verseëling oorkom kan word, is hoër.

- 4) Parke in gebiede wat nie vir enige van die bogenoemde doeleindes aanvaarbaar is nie maar wel vir ontspanning geskik is. Risiko is te hoog vir ontwikkeling en oprigting van strukture waarin mense werk of gehuisves is, effektiewe dreinerings van so 'n perseel is gebiedend noodsaaklik.
- 5) Gebiede ongeskik vir enige gebruik word geïdentifiseer as spesiale erwe sonder gebruiksreg tot tyd en wyl meer gedetailleerde ondersoeke die teendeel bewys waarna die Administrateur die gebruiksreg van die erf mag hersien. Die risiko vir sinkgating binne 5 km² oppervlakte oor 10 jaar tydperk is uiters hoog 1 : 100 en groter.

Die voorsorgmaatreëls ten opsigte van dreinerings dienste is sodanig opgestel dat die verantwoordelike ingenieur self oor geskikte ontwerp, materiale en maatreëls moet besluit. Die gebruiklike watervoorsorgmaatreëls wat gewoonlik in dorpsstigtingsvoorwaardes ingeskryf word verskyn in Hoofstuk 6.

4.5 OPSOMMING

Die tegnieke wat moontlik toepassing kan vind by die ondersoek van 'n voorgestelde dorp op dolomiet geleë of waarvan die stabiliteit deur onderliggende dolomiet beïnvloed mag word, word in tabel 4.5.1 en as 'n vloediagram in Fig. 4.5.1 weergegee. Die tabel onderskei moontlike terreintipes volgens die terreingrootte, oppervlakaanduidings en ondersoektegnieke wat moontlik daarop van toepassing kan wees. Daar moet by die uitoefening van die keuse van die ondersoektegniek deeglik met die voordele en tekortkominge van elk rekening gehou word.

TABEL 4.5.1.
DIE VERBAND TUSSEN TERREINGROOTTE, OPPERVLAKAANDUIDINGS
EN ONDERSOEKTEGNIKE

TOEPASSING		KODE				
ALTYD		1				
INDIEN BESKIKBAAR		2				
SLEGS < 0,5 ha		3				
SLEGS > 0,5 ha		4				
KRITIESE TERREINE		5				
NOOIT		0				
VERVOERDE MATERIALE		1				
DOLOMITIESE RESIDUUM		1				
DOLOMIETDAGSOME		1				
OORWEGEND CHERTDAGSOME		1				
KAROOGESTEENTES		1				
STOLLINGSLIGGAME		1				
TERREINGROOTTE		1				
STRATIGRAFIESE POSISIE		1				
VORIGE ONDERSOEKE		1				
PANCHROMATIESE FOTO'S		1				
KLEURINFRAROOI FOTO'S		2				
TERMIESE INFRAROOI-AFTASTING		0				
LUGMAGNETIESE OPNAMES		1				
BESTAANDE ONTWIKKELING		1				
SKADEGESKIEDENIS		1				
DREINERING		1				
DAGSOOMVERSPREIDING		1				
PLANTEGROEI		1				
GEOLOGIESE KARTERING		1				
GRAVITASIEPROFIELE		3				
GRAVITASIE ROOSTER		4				
GRONDMAGNETIES		5				
ELEKTROMAGNETIES		2				
PENETROMETER		0				
DRUKLUGBOOR		1				
AWEGAARBOOR		5				
TOETSPUTTE		3				
SOEKSLOTE		4				
MEETPASSER		0				
TELEVISIE		2				
MINERALOGIES		1				
INGENIEURSEIENSKAPPE		1				
			LESSENAARSTUDIE			
			OPPERVLAKONDERSOEK			
			ONDERGRONDSE ONDERSOEK			
			LABORATORIUM ONDERSOEK			
			DATAVERSAMELING			
			AFSTANDSWAARNEMING			
			VERKENNING			
			KARTERING			
			GEOFISIKA			
			BOORWERK			
			UITGRAWINGS			
			BOOTGATSONDERING			
			LABORATORIUMTOETSE			

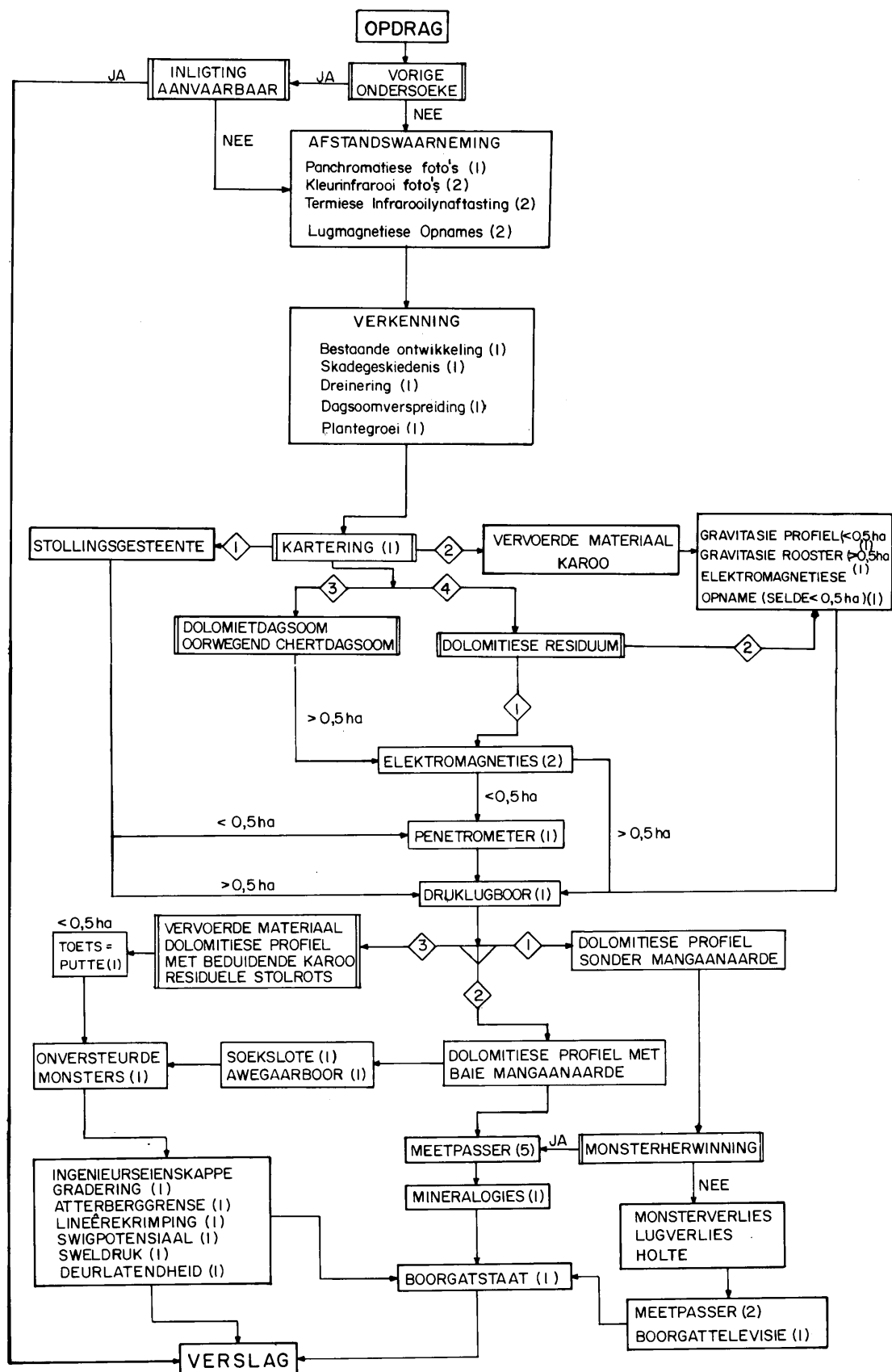
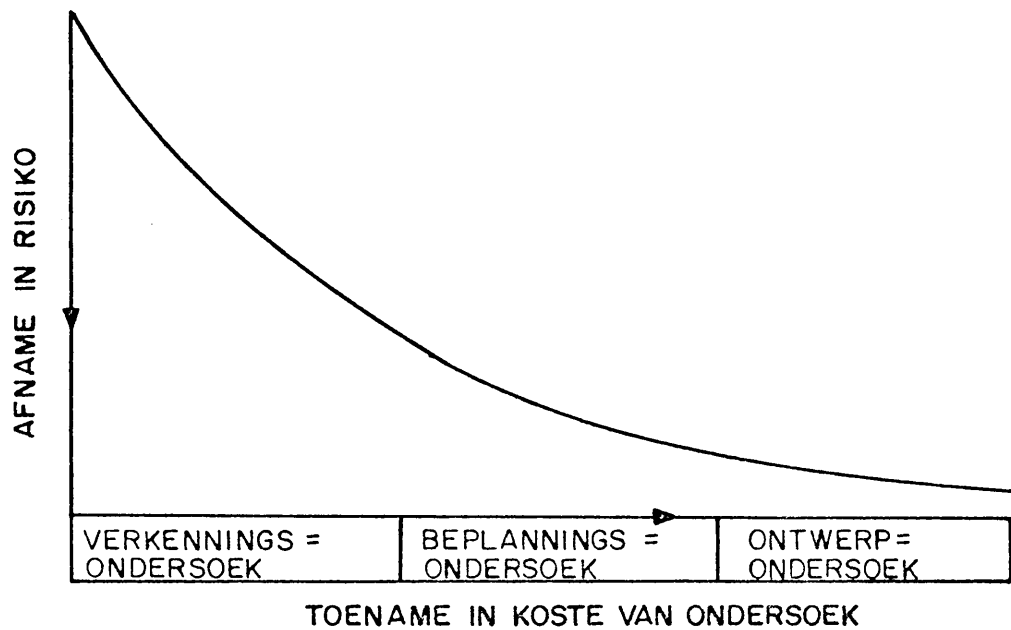


FIG.4.5.1 VLOEIDIAGRAM VAN GEOTEGNIESE ONDERSOEKE VIR DORPSONTWIKKELING IN DOLOMIETGEBIEDE.

Die aspek van koste is vir die ontwikkelaar van kardinale belang. Dit volg vanselfsprekend uit die hoogswisselende aard van dolomitiese terreine dat daar nie konkrete bedrae aan die onderskeie ondersoekstadia gekoppel kan word nie, dit is ook nie sinvol om geskatte uitgawes per hektaar te gee nie behalwe as 'n baie rowwe benadering. Die verband tussen die koste van die ondersoekstadium en die afname in risiko kan skematies soos volg voorgestel word (Fig. 4.5.2).



FIGUUR. 4.5.2 SKEMATIESE VOORSTELLING VAN DIE VERBAND TUSSEN DIE KOSTE VAN 'N GEOTEGNIESE ONDERSOEK OP DOLOMIET EN DIE AFNAME IN RISIKO.

4.6 STADIA VAN ONDERSOEK

'n Terreinondersoek vir die bepaling van die dolomitiese stabiliteit moet die volgende doelstellings bevredig :

- 1) Die eienaar van kennis oor die ondergrondse toestande van sy eiendom en die uitvoerbaarheid van sy voorgestelde dorpsontwikkeling voorsien. Die algemene geskiktheid van die terrein vir die voorgestelde doel moet dus bepaal word.

- 2) Die inligting moet op so 'n wyse aangebied word dat dit die beplanner in staat sal stel om 'n ekonomiese, sinvolle en praktiese ontwerpuitleg van die voorgestelde dorp moontlik te maak. Om hierdie doelstelling te verwesenlik moet die beplanner van die voorgestelde dorp en die ingenieur verantwoordelik vir die uitleg van die dienste van inligting voorsien word vir die sinvolle beplanning van die dorp. Geologiese inligting kan volgens Vorster (1981) bydra tot sinvolle en selfs esteties meer aanvaarbare ontwikkeling van dolomietgebiede. Die beplanningsondersoek voldoen aan hierdie behoefte. Dié ondersoek stel nie ten doel om die dolomitiese stabiliteit en funderingstoestande op elke perseel te bepaal nie maar wel om 'n geotegniese basis daar te stel waarvolgens die dorpsuitleg beplan kan word volgens verskillende kategorieë.
- 3) Beplanningsondersoeke op dolomiet moet die moontlike effekte van die verlaging van die grondwatervlak en die materiale waardeur die water moontlik afgetrek kan word evalueer. Die moontlike effekte van ontwatering soos sinkgatvorming en differensiële versakking moet dus bepaal word.
- 4) Die moontlike effekte van ondoeltreffende dreinerings op die ondergrondse materiale moet gepeil word.
- 5) Die moontlike besoedeling van die grondwater moet ook oorweging geniet.
- 6) Indien dit noodsaaklik is moet daar ondubbelsinnig aanbeveel word dat die terrein ongeskik is vir die voorgestelde doel en alternatiewe gebruike voorgestel word. In die uitsonderlike geval waar die ontwikkelaar oor aanliggende eiendom beskik moet gepaste aanbevelings ten opsigte van verdere ondersoeke gemaak word.
- 7) Inligting moet voorsien word vir die plaaslike bestuur om die veiligheid van die publiek en die omliggende ontwikkeling te verseker en ook om as basis vir die goedkeuring van bouplanne te dien.
- 8) Versekerers en finansiers moet van data oor die veiligheid en van hulle aanspreeklikheid te voorsien word.
- 9) Slegs die gedeeltes wat deur die beplanningsondersoek geskik vir ontwikkeling bewys is word deur 'n funderingsondersoek vir beplanningsdoeleindes gedek.

Die geotegniese ondersoek vir dorpsstigting op dolomietgebiede kan slegs in twee stadia verdeel word, naamlik :

- die verkenningsondersoek; en
- die beplanningsondersoek.

Die ontwerponderzoek is slegs by die ontwerp van 'n spesifieke struktuur van toepassing en word dus nie hier behandel nie. Die vierde stadium, naamlik die konstruksie ondersoek is tans bloot 'n ideaal. Dit behels die monitor van geotegniese aspekte tydens die ontwikkeling van die dorp en strek oor 'n aantal jare. Die skrywer sien geen moontlikheid dat 'n dorpsontwikkelaar wat op hierdie stadium reeds afstand gedoen het van die dorp enige belang daarby sal wil hê nie. Die taak hoort dus eintlik by die plaaslike bestuur se ingenieursafdeling tuis. Sodanige afdelings beskik gewoonlik nie oor die vaste dienste van 'n ingenieursgeoloog nie.

4.6.1 Verkenningsondersoek

'n Verkenningsondersoek is in wese 'n lessenaarstudie van alle toepaslike data, gevolg deur 'n terreinbesoek. Die inligting wat vir die lessenaarstudie benodig word, kan soos volg veralgemeen word :

- 1) Volledige inligting oor die ligging van die voorgestelde terrein; dit behels die volgende:
 - Plaasnaam en nommer,
 - Distrik,
 - Onderverdeling van die plaas,
 - Plaaslike bestuur waaronder die terrein ressorteer en
 - Die naam van die voorgestelde dorp.
- 2) Noukeurige omskrywing deur die kliënt van wat hy verlang.
- 3) Die presiese ligging van die terrein op gepubliseerde kaarte. Die oppervlakkontoere en natuurlike dreineringskenmerke. Die ligging van landmetersbakens en hoogtemerke.
- 4) Weerkundige inligting ten opsigte van die heersende winde en reënvalverspreiding deur die jaar (die Direktoraat Weerburo, Departement Vervoerwese).
- 5) Toegang tot die terrein; dus inligting ten opsigte van bestaande paaie, spoorweë en lughawens.

- 6) Inligting oor die heersende grondtoestande, dit wil sê, inligting en kaarte oor die geologie. Die geskiedenis van oorstroming, erosie, grondverskuiwings en versakings en/of sinkgatvorming. Data wat beskikbaar is by die plaaslike bestuur en Staatsdepartemente in die vorm van verslae oor naasliggende dorpe. Verslae oor paaie of ander siviele konstruksies in die omgewing bevat dikwels nuttige inligting vir dorpsondersoeke.
- 7) Vorige gebruike van voorgestelde terrein – dit is baie belangrik dat ou stortings-terreine, vullisgate, vleiëgebiede, ens. as sodanig uitgeken word.

Inligtingsbronne wat geraadpleeg kan word verskyn in Tabel 4.6.1

TABEL 4.6.1
INLIGTINGSBRONNE

Aard van inligting benodig	Bronne
Topografiese kaart	Staatsdrukker
Gidsplaninligting	Departement van Staatkundige Ontwikkeling en Beplanning
Geologie	Staatsdrukker: Geologiese kaarte ; Bladbeskrywings; Bulletins; Memoirs; Annale; Handboeke Geologiese Opname: Oopleër; Ingenieursgeologiese kaart
Afstandswaarneming	Departement Gemeenskapsontwikkeling, Direktoraat Opmeting en Kartering: Lugfoto's; Ortofoto's Termiese infrarooilynaftastingsopname van gebied suid van Pretoria. Geologiese Opname: Lugmagnetiese opnames op skaal 1:50 000
Klimaat	Departement van Vervoerwese, Direktoraat Weerburo.
Mynboubedryghede	Departement Mineraal- en Energiesake, Tak Geologiese Opname en Staatsmyningenieur
Geotegniese inligting	Beplanners en dorpsontwikkelaars: verslae oor naasliggende dorpe, (verslae ook beskikbaar by stadsingenieurs van plaaslike besture). Groter stadsrade en raadgewers: Rekords van terreinondersoeke en konstruksie. Departement van Omgewingsake, Direktoraat Waterwese, Afdeling Geohidrologie: Hidrogeologie en hidrologie. Departement Mineraal- en Energiesake, Tak Geologiese Opname: Seismologie.
Plaaslike kennis	Stadsingenieur van plaaslike bestuur: Skade aan strukture en lekkasie van natdienste.
Ander	Byvoorbeeld: Departement Landbou: Pedologiese kaart. Aktekantoor: Onderverdeling van plase – Departement van Gemeenskapsontwikkeling.

- 8) Beskikbaarheid van natuurlike konstruksiemateriale soos aggremaat- en sandgroewe, klei vir bakstene, gruis vir padbou, uitskot van mynbou en die noodsaaklikheid vir die invoer van materiaal van buite die voorgestelde terrein.
- 9) Bestaande dreineringsmaatreëls en tipe riolering tans in gebruik in die omgewing.

4.6.1.1 Terreinverkenning

Nadat die lessenaarstudie afgehandel is, moet die terrein besoek en noukeurig bestudeer word. Indien daar ten tye van die veldbesoek uitgrawings in die omgewing beskikbaar is, moet die nodige reëlins getref word om dit te ondersoek. Tydens die veldbesoek moet die voorgestelde terrein se plan byderhand wees asook enige kleiner skaal kaarte byvoorbeeld die gepaste 1:50 000 topografiese blad, geologiese kaarte en lugfoto's wat die gebied dek. Dit is gewens dat die kliënt wat die opdrag gee die eienaar van die grond is of 'n opsie daarop uitoefen tydens die ondersoek nadat die nodige reëlins met die eienaar getref is. Indien dit nie geval is nie mag daar probleme met toegangsreg ondervind word. Indien die 50-jaar vloedlyn reeds beskikbaar is moet die ondersoeker daarvan kennis neem.

Die hele terrein moet te voet deurkruis word en alle geologiese punte van belang moet gekontroleer word. Enige anomalieë wat met die bestudering van die lugfoto's waargeneem is of selfs op lugmagnetiese kaarte aangedui is moet besigtig word. Indien daar enige afwyking van bestaande inligting waargeneem word moet dit aangeteken word. Die lugfoto-interpretasie as geheel moet gekontroleer word. Daar moet kennis geneem word van enige ontwikkelings wat reeds op die terrein plaasgevind het soos geboue, damme, putte, sugslote, prospekteerslote, landerye, boorde, ens. Sommige van die genoemde faktore mag die beplanningsondersoek belemmer. Indien daar reeds geboue of strukture op die terrein bestaan, moet hulle deeglik ondersoek word en alle tekens van differensiële beweging aangeteken word. Daar moet gelet word op die dreineringstoestande op die terrein en veral om die geboue wanneer die bogenoemde waarnemings gemaak word. Indien daar enige transmissiemaste vir hoogspanningskraglyne op die terrein is moet die posisies op die lugfoto's aangeteken word. Die teenwoordigheid van enige dienste soos water-, gas- en oliepylyne moet aangeteken word. Indien daar onsekerheid bestaan kan die plaaslike bestuur, die Randse Waterraad en die Departement Vervoerwese in verband met die bogenoemde dienste genader word.

Die toegang tot die terrein moet beoordeel word in die lig van die tipe toerusting wat na verwagting met die beplanningsondersoek gebruik sal word. Die toestand van paaie, brûe en oorhoofse belemmering is van belang.

Kennis moet geneem word van enige groewe naasliggend aan die eiendom wat moontlik die stabiliteit van die voorgestelde dorp kan beïnvloed; dieselfde geld vir groewe op die voorgestelde terrein.

Alle oppervlakkenmerke op en langs die terrein moet besigtig en vergelyk word met die bestaande geologiese kaarte, en lugmagnetiese kaarte. Daar moet aantekeninge gemaak word van die voorkoms van die terrein en dit moet vergelyk word met veral ouer inligting soos lugfoto's, verslae oor padroetes (verkrygbaar by die Nasionale Vervoerkommissie of die Transvaalse Paaiedepartement) om moontlike groewe of ander holtes op die terrein wat tans teruggevul is op te spoor. Daar moet ook gelet word op erosiegebiede wat op ouer inligtingsbronne sigbaar is. Sulke oppervlakversteurings moet behoorlik teruggevul en gekompakteer wees anders kan ernstige differensiële versakking verwag word.

Die posisie van die terrein ten opsigte van ou myne moet met die Staatsmyningenieur se inligting vergelyk word. Dit is veral van toepassing in gebiede wat deur gesteentes van die Opeenvolging Karoo bedek is.

Die posisie van versakkings, krake in die grond en sinkgate asook digte boomryke plantegroei wat op lugfoto's sigbaar is moet in die veld gekontroleer en met die bestaande geologiese kaarte en lugmagnetiese inligting vergelyk word. Indien daar groewe teenwoordig is moet die wande deeglik bestudeer word om 'n beeld van die wydte van die splete (grikes) en selfs moontlike snitte deur oersinkgate te verkry.

Die teenwoordigheid van witstinkhoutbome wat in 'n groep staan mag 'n aanduiding van 'n bestaande sinkgat wees (Roux, 1981a). Die plantegroei moet bestudeer word en met donkerder grys beelde op die panchromatiese lugfoto's en termiese infrarooilynaftastingsbeelde vergelyk word aangesien dit aanduidings mag wees van buitengewone welige plantegroei of op buitengewone voginhoud mag dui. Daar is reeds van rekenaarverwerking van multispektrale inligting gebruik gemaak om sinkgate op te spoor (Meyer *et al*, 1975).

Die benadering tot die Verkenningsondersoek word deur Tschebotarioff (1973) saaklik saamgevat; naamlik dat dit gedurig inaggeneem moet word dat die doel van die ondersoek slegs is om voorlopige data in te samel. Hierdie inligting is noodsaaklik vir die deeglike beplanning van die volgende, stadiger en in die geval van dolomiet dikwels baie dunder, ondersoek.

4.6.2 Beplanningsondersoek vir dolomitiese stabiliteit

Die verkenningsondersoek lê die basis vir die daaropvolgende ondersoekstadium naamlik die beplanningsondersoek. Die leemtes in die benodigde inligting om die dolomitiese stabiliteit te bepaal sal nou bekend wees.

Die beplanningsondersoek stel ten doel om alle inligting wat redelikerwys benodig word om alle beïnvloedende toestande doeltreffend te kan evalueer, te versamel. Die terrein se geskiktheid word gepeil ten opsigte van die voorgestelde of ander gebruike deur die afbakening van sones met behulp waarvan die dorpsuitlegontwerp gedoen kan word.

'n Gebied met verspreide dagsome kan heelwaarskynlik suksesvol met behulp van panchromatiese lugfoto-interpretasie en 'n opvolgende boorprogram ondersoek word. Indien termiese infraroolynaftastingsopnames van die gebied beskikbaar is, is korrelasie met die lugfoto's nodig alvorens boorgate op die kruispunte van nate en sogenaamde koue kolle geboor word. Die termiese anomalieë moet eers gekontroleer word vir enige moontlike misleiding as gevolg van plantegroei, terreineffekte, ens.

Die aard van verwering en die diepte van die grondwatervlak sal bepaal tot watter diepte geboor moet word. In 'n gebied waar die gemiddelde verwering van die dolomiet sowat 15 m en die grondwatervlak dieper as 30 m is, is boorwerk tot 30 m of ses meter in vaste bodemrots voldoende. In gebiede waar die grondwatervlak deur ontwatering of as gevolg van mynbou of ontwikkeling van die grondwaterpotensiaal in die toekoms moontlik afgetrek kan word, moet die geaardheid van die materiaal tussen die huidige grondwatervlak en die vaste bodemrots bepaal word. Dit is noodsaaklik dat die dikte en verspreiding van die saamdrukbare materiaal vasgestel word aangesien dit tydens ontwatering as gevolg van konsolidasie tot ernstige differensiële versakking en selfs sinkgate aanleiding kan gee.

Die posisie en geaardheid van enige intrusiewe stolrotse op lugmagnetiese opnames aangedui en teengekom tydens die ondersoek moet met behulp van geofisiese metodes vasgestel en met boorwerk bevestig word.

Die boorsel moet volgens die metode in 3.5 beskryf word. Die boorgatstate moet indien moontlik met geofisiese boorgatmetings gekorreleer word en holterige toestande behoort met 'n boorgatkamera ondersoek te word.

Gebiede met 'n deklaag dikker as 5 meter is geskik vir gravitasie-opnames. Die ruitnetuitleg van die waarnemingspunte op 30 m afstande is die aanvaarde norm om koste binne

redelike perke te hou. In die geval van groot opnames wat 'n dorpsterrein met potensieel meer as vyftig erwe dek, kan 'n wyer spasiëring van 40 m oorweeg word met invulling op 20 m intervalle waar nodig om gravitasie-anomalieë beter te omlin.

Skalieloslappe en uitgebreide intrusiewe stolrotsplate moet met behulp van geofisiese metodes omlin en met boorresultate bewys word. Dit is belangrik dat 'n betroubare drie-dimensionele beeld van die liggaam saamgestel word wat die moontlikheid vir die vorming van sinkgate daarbinne of langs die rand met die grootste moontlike sekerheid bepaal. Groot en klein diameter awegaarboorwerk kan baie nuttig aangewend word om die omvang en aard van materiale wat moontlik oersinkgate kan verteenwoordig te ondersoek. Hierdie boortegniek verseker betroubare monsters vir die ondersoek van die kante van skalieloslappe en verweerde intrusiewe gesteentes.

Die beplanningsondersoek se einddoel is 'n kaart wat die sonering vir die verskillende moontlike gebruike aandui. Die ondersoeker moet poog om alle moontlike gebruike te identifiseer.

Dit is nie prakties moontlik om die omvang en koste van 'n dolomitiese stabiliteitsonderzoek selfs binne 'n paar duisend Rand akkuraat vooraf te bepaal nie. Veral in 'n gebied waar daar baie min inligting oor die posisie van die terrein vir die voorgestelde dorp ten opsigte van die stratigrafiese kolom of die algemene verwerking van die dolomiet is dié omgewing bekend is, is 'n billike kosteraming bykans onmoontlik. Daar is reeds in 1982 geraam dat die ondersoek van 'n voorgestelde dorp, met inbegrip van die boorwerk, sowat R500/ha beloop. Die veranderlike wat die grootste afwyking in die kosteraming kan veroorsaak is die boorprogram wat in byna alle gevalle die grootste enkele uitgawe is. Daar bestaan geen manier waarop die aantal boorgate voor die uitvoering van die ondersoek met sekerheid bepaal kan word nie. Die posisies van die gate sal deur die aantal en tipe anomalieë wat die geofisiese en afstandwaarnemingstegnieke oplewer bepaal word.

Die dolomitiese stabiliteitsonderzoek steun swaar op geofisiese tegnieke wat in die geval van 'n gravitasie-opname hoë koste tot gevolg kan hê. Daar bestaan nie rede om 'n gravitasie-opname vir die ondersoek van 'n voorgestelde dorpsterrein op 'n ruitnet met spasiëring kleiner as 15 m selfs in 'n klein invullende area te gebruik nie. Die uitsonderlike klein spasiëring kan slegs oorweeg word waar die normale 30 m is. Die koste per waarnemingspunt op 'n 30 m spasiëring ruitnet is ongeveer R10,00 dus ongeveer R111 per hektaar.

4.6.3 **Ondersoek na funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes**

Die ondersoek na funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes volg op die beplannings-ondersoek na dolomitiese stabiliteit en word net op dié gedeeltes van die voorgestelde dorp wat geskik vir ontwikkeling bevind is, uitgevoer.

Hierdie ondersoekstadium stel ten doel om enige toestande wat ontwikkeling mag beïnvloed te identifiseer en 'n aanduiding te gee van die omvang van die toestande. Aangesien swigbare sande, hoofsaaklik van windvervoerde oorsprong, in dolomietgebiede algemeen is word daar gestreef om voorkomste van die materiaal met hierdie ondersoekstadium te omlin. Profielbeskrywing, bemonstering en praktiese uitleg van die toetspunte is hier van die uiterste belang om met minimum koste 'n afdoende antwoord te verkry (sien 4.2.2).

Swelkleie mag ook voorkom op verweerde stolrotsintrusies of selfs op Karooloslappe. Dit is noodsaaklik dat sodanige voorkomste omlin en behoorlik ondersoek word om die moontlike mate van opheffing te bepaal. Die elektromagnetiese metode kan nuttig aangewend word om verweerde stolrotsintrusies te omlin. Hierdie geofisiese tegniek word verkieslik met 'n awegaarboorprogram opgevolg om geskikte monsters vir laboratoriumtoetse te neem waarop die gebruikelike indikatortoetse gedoen word waarna die metode beskryf deur Van der Merwe (1964) gebruik word om moontlike opheffingswaardes te bereken.

Waarnemings tydens die verkenningsondersoek kan, veral indien daar reeds geboue op die terrein is, 'n aanduiding van die moontlike tipes funderingsprobleme gee.

Verspreide dagsome asook vaste rots onder bedekking van minder as een meter kan heel waarskynlik 'n ernstige invloed op die lewensvatbaarheid van die voorgestelde ontwikkeling hê, veral omdat die aanbring van dienste heelwaarskynlik skietery mag vereis, wat baie duur kan wees.

4.7 **VERSLAG EN TEKENINGE**

Die verslag het 'n drieledige doel naamlik :

- 1) Om die beplanner van inligting te voorsien om die dorpsuitleg sinvol te beplan met inagneming van enige ingenieursgeologiese beperkings op die voorgestelde ontwikkeling.

- 2) Om die ingenieur wat die infrastruktuur ontwerp van inligting te voorsien om 'n billike kosteraming en ontwerp daar te stel.
- 3) Om die publiek *via* die stadsingenieur en die dorpsbeplanningskema van die heersende toestande in te lig.

Dit volg dus dat hierdie breë leserskring tydens die samestelling van die verslag in gedagte gehou moet word.

Die voorgestelde formaat van die verslae is soos volg :

4.7.1 Verkenningsverslag

Uittreksel

Die kliënt word op saaklike wyse ingelig wat die voorgestelde terrein se potensiaal is; is dit die moeite werd om die volgende duurder en tydsame ondersoek vir die beplanningstadium te doen.

Inleiding

Opdrag

Ligging en grootte van voorgestelde terrein

Dreinerings

Bestaande inligting

Geologiese kaarte, verslae oor ondersoek van naasliggende dorpe. Die lessenaarstudie se resultate word saamgevat.

Veldbesoek

Hoedanig stem die beskikbare inligting, gewoonlik op baie kleiner skaal kaarte, ooreen met die toestande op terrein.

Gevolgtrekkings en aanbevelings

Gevolgtrekkings in die lig van die waargenome toestande ten opsigte van die voorgestelde gebruik. Aanbevelings ten opsigte van die volgende ondersoekstadium naamlik die beplanningsonderzoek.

4.7.2 Beplanningsverslag

Die beplanningsonderzoek stel ten doel om alle inligting op 'n sinvolle wyse te versamel om alle beïnvloedende toestande doeltreffend te kan evalueer en die terrein se geskiktheid vir die voorgestelde of ander moontlike ontwikkeling te peil deur afbakening van sones met behulp waarvan die dorpsuitleg ontwerp kan word.

'n Dolomitiese stabiliteitsondersoek kan nie volgens 'n vaste patroon met bepaalde tegnieke benader word nie. Elke ondersoek is uniek en moet dus as 'n individuele probleem behandel word. Geen enkele tegniek kan genoeg data wat voldoende parameters dek verskaf nie. Die benadering is dus om 'n kombinasie van ondersoek metodes, elkeen met sy eie beperkings waarvan die ondersoeker bewus moet wees te gebruik. Die data vanuit alle ondersoekmetodes word geïntegreer en die beeld wat daaruit voortkom moet geologies sinvol wees in die konteks van die inligting soos in Hoofstuk 2 vervat.

Uittreksel

Die kliënt word op saaklike wyse ingelig oor die verslag se bevindinge ten opsigte van die voorgestelde gebruike en enige beperkings wat ontwikkeling mag beïnvloed

Inleiding

Opdrag

Ligging en grootte

Lokaliteitskaart op skaal 1:50 000

Dreinerings

Bestaande inligting

Verwys na die verkenningsverslag en alle ander inligtingsbronne

Metode van ondersoek

Afstandwaarneming

Lugfotografie (panchromaties, infrarooi in kleur of swart-en-wit)

Termiese infrarooiynaftastingsopnames.

Lugmagneties

Ingenieursgeologiese kartering

Geofisiese opnames

Gravitasie-opname

Elektromagnetiese opnames

Elektriese weerstandsoptnames

Magnetiese opnames

Seismiese opnames

Geofisiese boorgatmetings

Geotegniese ondersoeke

Drukluigboorwerk ten opsigte van dolomitiese stabiliteit

Boorgatfotografie

Boorgattelevisieopnames of miniatuurboorgatkamera-opnames

Ondersoek van funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes

Awegaarboorwerk – groot en klein diameter vir omlyning van probleemgebiede, herwinning van onversteurde monsters vir evaluasie van funde-

ringstoestande, interne erosie, swigbaarheid en uitswelbaarheid van grondmateriale

In situ-toetse – Dinamiese kegelpenetroometer, standaard penetrometer, horisontale en vertikale plaatbelastingtoetse, deurlatendheid

Sonering

Dolomitiese stabiliteit

Funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes ten opsigte van stabiele gebiede op dolomiet

Opsomming en gevolgtrekkings

Aanbevelings

Aanhangsels

Alle kaarte met resultate ten opsigte van die voorgestelde terrein op dieselfde skaal – sowat 1:2 000 verkieslik op A1-grootte met A0-grootte as maksimum

Ingenieursgeologiese kaart – met boorgat- en toetsputposisies

Kaarte van geofisiese opnames – alle basisstasies en waarnemingspunte asook boorgat- en toetsputposisies

Stabiliteitsoneringkaart – alle boorgat- en toetsputposisies

Funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes – slegs die verskillende sones word duidelik omlyn

Boorgatstate

Drukflugboorwerk

Grondprofile

Awegaarboorgate

Toetsputte (soekslote)

Geotegniese toetsresultate

Gradering

Atterberggrense

Lineêre krimpings

Konsolidasie

Skuifsterkte

Deurlatendheid

In situ-toetsresultate

Dinamiese kegelpenetroometer

Standaard penetrasietoets

Plaatbelasting

Deurlatendheid

4.8 BEOORDELING EN GOEDKEURING

Die raadgewer is 'n professionele persoon wat 'n hoogs gespesialiseerde diens behoort te lewer. Die Transvaalse Provinsiale Administrasie beskik nie oor ingenieursgeoloë nie en maak van die Geologiese Opname as onpartydige adviseur in verband met geologiese aspekte soos ook die aanvaarbaarheid van verslae oor die stabiliteit van dorpe op dolomitiese gebiede, gebruik.

Die verslag oor die funderingstoestande vir beplanningsdoeleindes word deur die Departement Plaaslike Bestuur se hoofingenieur en sy personeel bestudeer aan die hand van riglyne wat deur die Geologiese Opname neergelê is en sedertdien in publikasies openbaar gemaak is (Anoniem, 1982a; Anoniem, 1982b).

Die finale beslissing lê in alle gevalle by die Administrateur wat ook van mening is dat die raadgewer verantwoordelik bly vir alle bevindinge en aanbevelings in sy verslag (Mnr D.G. Raath, persoonlike mededeling, 1983).

HOOFSTUK 5

VOORSORGMAATREËLS, BOU- EN HERSTELTEGNIËKE

5.1 VOORSORGMAATREËLS TER VERMINDERING VAN RISIKO

Die volgende redes word aangevoer vir die noodsaaklikheid van voorsorgmaatreëls ter vermindering van risiko :

- 1) Die verband tussen sinkgatvorming en waterinsyfering is onbetwisbaar bewys; derhalwe word voorkomende maatreëls op doeltreffende dreinerings en hoë gehalte natdienste toegespits.
- 2) 'n Verdere belangrike rede is dat daar op geen manier met die huidige ondersoek- tegnieke in alle gevalle 'n honderd persent sekerheid oor die veiligheid van 'n gebied op dolomiet kan bestaan nie.

Daar is wel uitsonderings in teenstelling met Wiid (1981) se stelling dat die risiko op dolomiet nooit heeltemal uitgeskakel kan word nie. 'n Voorbeeld van so 'n uitsondering is waar 'n gebied egalig met gesteentes van die Opeenvolging Karoo, in die vorm van 'n loslap, op die dolomiet bedek is. Daar is ook gebiede waar 'n verkitte chertbreksie oor groter diktes as 30 meter voorkom. Volkome stabiliteit in die genoemde gevalle vereis dat die loslap of breksie in direkte kontak met die vaste dolomietbodemrots moet wees of op ander onsaamdrukke materiaal moet rus. Waar sodanige materiaal op saamdrukke materiaal rus wat tydens ontwatering kan konsolideer moet differensiële versakking verwag word indien die watervlak tot in dié materiaal kan daal.

- 3) Die voorsorgmaatreëls dien ook ter beveiliging van die minder veilige gebiede wat aangrensend tot die ontwikkelbare terrein of verder teen die natuurlike glooiing af geleë is.

By die voorstel van voorsorgmaatreëls word onwillekeurig oorweging geskenk aan faktore wat die sukses daarvan sal bepaal. Faktore wat in hierdie verband oorweging geniet is :

- 1) Die gehalte van die vakmanskap
- 2) Die gehalte van die materiale wat vir die dienste gebruik word en

- 3) Moontlik die belangrikste faktor is die langtermyn instandhouding van waterdraende dienste.

Die laasgenoemde faktor is moontlik die grootste bron van kommer. Dit is besonder insiggewend dat sinkgatvorming in die gebied suid van Pretoria drasties afgeneem het sedert die verantwoordelike munisipaliteite alles in hulle vermoë gedoen het om doeltreffende dreinerings en hoër gehalte natdienste te bewerkstellig. (Mnr J.J. Olivier, persoonlike mededeling, 1984).

Die gebruikelike voorsorgmaatreëls wat in die gebiede, geklassifiseer as geskik vir ontwikkeling, van toepassing is en in die dorpstigtingsvoorwaardes ingeskryf word, is die volgende:

- 1) Spoelriolering moet geïnstalleer word. Stapelriole is onaanvaarbaar.
- 2) Geen versameling van oppervlakwater is toelaatbaar nie en die hele gebied moet doeltreffend gedreineer word.
- 3) Strate, opritte en paadjies moet ondeurlaatbaar wees (teer, beton, bitumen, ens.).
- 4) Alle waterdraende dienste en vore moet waterdig wees en rioolpype moet van buigsame koppelings voorsien wees.
- 5) Uitgrawings en slote vir fundamente, kables, pype, ens. moet behoorlik met klam grond, wat na elke laag van 150 mm gekompakteer is sodat dieselfde permeabiliteitsorde as die oorspronklike onversteurde materiaal bereik is, teruggevol word.

'n Aangeleentheid wat aan die Verre Wes-Rand reeds die nodige aandag gekry het is die ontwerpvereistes vir en die oprigting van swembaddens. Die vereistes vir 'n swembad op dolomiet kan soos volg saamgevat word soos saamgestel deur G.W. Donaldson van die NBNI en die skrywer in opdrag van die Staatskoördinerende Tegniese Komitee insake sinkgate aan die Verre Wes-Rand :

- 1) Die terrein moet geotegnies, hoofsaaklik deur middel van druklugboorwerk, geskik bewys word vir die veilige oprigting van 'n swembad.
- 2) Die swembad moet as vrystaande eenheid ontwerp word sodat dit, wanneer met water gevul is, nie swig of ernstig vervorm nie. Indien daar grondbeweging onder of naby die bad plaasvind, moet die mure en vloere nie kraak of bars nie.
- 3) Die swembad kan van beton, metaal of ander geskikte materiaal gebou word mits die ontwerp aan vereiste (2) hierbo voldoen.

- 4) Alle waterpype, pompe en verbindings moet of oop of op die oppervlak of in dienskanale waar hulle maklik geïnspekteer en herstel kan word geïnstalleer word.
- 5) Die swembad moet so gebou word dat daar geen reënwater in die bad kan invloei nie.
- 6) Die ontwerp, oprigting en gebruik van die swembad moet in elke geval tot bevrediging van die plaaslike stadsingenieur wees.

Die bogenoemde vereistes behoort in alle dolomitiese gebiede van toepassing te wees om veiligheid en voorkoming van vrugtelose uitgawes te verseker.

5.2 BOUTEGNIEKE

Selfs in die gebiede waar daar vooraf ondersoek gedoen en die nodige voorsorgmaatreëls getref is, is daar statisties gesproke, steeds 'n risiko kleiner as 1:30 000 dat probleme met sinkgate of versakkings kan ontstaan. Die rede hiervoor is die buitengewoon groot variasie van fondamenttoestande in dolomietgebiede en onvoldoende oplosvermoë van die beskikbare ondersoektegnieke. Die voorkoms van sinkgate en versakkings in hierdie gebiede is so seldsaam en van sulke beperkte omvang dat die risiko deur die algemene publiek en die plaaslike owerheid aanvaar word. Die meeste van hierdie "kleiner" probleme ontstaan tydens die aanvanklike ontwikkeling van die dorp wanneer die dienste aangebring word. Die grootste probleem is om sorg te dra dat uitvoering aan die voorsorgmaatreëls gegee word. Die slote vir die plasing van die dienste word byvoorbeeld byna nooit korrek teruggevuur nie. Die vulling is gewoonlik so los geplaas dat die sloot as 'n stapelriool aageer en heel dikwels sinkgate tot gevolg het.

Afhangende van die heersende toestande, kan daar verskillende oplossings toegepas word om veilige ontwikkeling te verseker. In die geval van 'n mynprosesseringsaanleg by Stilfontein, (Wagener, 1981) is die terrein met behulp van dinamiese kompaksie voorberei: dit is egter beswaarlik denkbaar dat 'n hele dorpsterrein so behandel kan word.

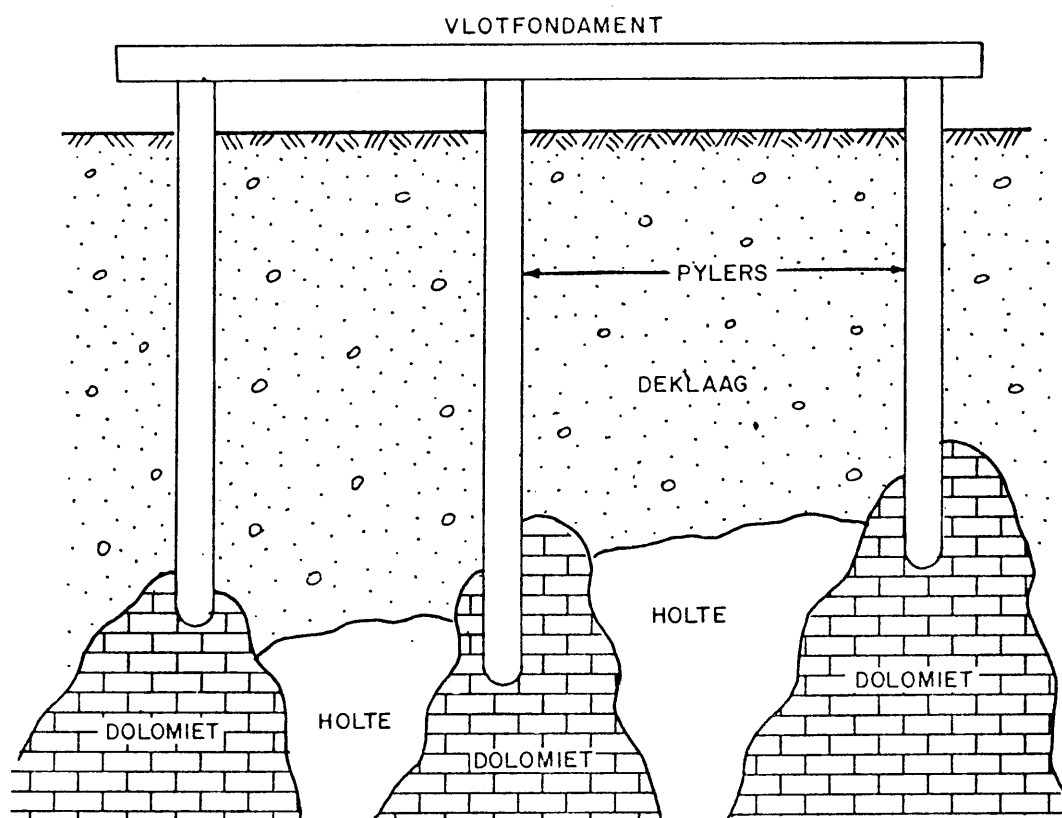
Vir vlakliggende dolomiet het Jennings (Partridge *et al*, 1981) massabeton vulling tussen die dolomietoringrotse voorgestel. Hierdie tegniek is aanvaarbaar vir duur strukture soos waterreservoirs of televisiestasies (Brink, 1979). Hierdie beginsel is verder ontwikkel en vervang met 'n gekompakteerde grondvulling om oor holtes tussen toringrotse te span, (Partridge *et al*, 1981). Wagener (1981) maak van dieselfde beginsel gebruik en beskryf die konstruksie van 'n matras van gekompakteerde grond. Die sogenaamde matraskonstruksietegniek word soos volg toegepas. Die los vulmateriaal tussen die toringrotse word ver-

wyder tot 'n voorafbepaalde diepte wat gewoonlik sowat 1,0 m is. Dit mag nodig wees om die punte van toringrotse met plofstof af te skiet om die werkvlak te bereik. Die bodem van die uitgraving word dan met die hand voorberei en gekompakteer. Gekeurde stortklip word tussen die toringrotse gestort, sodanig dat die oppervlak hoër is as die toringrotse en met 'n vibreerroller gekompakteer. Die roller se statiese massa moet 8 ton oorskry. Water word vrylik gebruik in die kompakteringsproses. Die balans van die terras word dan tot die vereiste vlak opgebou met gekeurde chertgruis wat onder beheerde toestande geplaas word. Stortklip word nie vir die volle dikte van die terras gebruik nie omdat dit dan soos 'n spons sal reageer en die onderliggende materiaal kan verswak.

Die matras verlaag die potensiaal vir differensiële versakking as gevolg van die graad van kompaksie van die materiaal en die vermoë om spanning deur middel van boogaksie aan die toringrotse oor te dra en selfs om klein sinkgate te oorspan. Volgens Wagener (1981) kan konvensionele fondamente onder alle omstandighede op dolomiet gebruik word indien daar deur ondersoek bewys is dat differensiële beweging binne die vereiste perke sal wees en dat die voorkoms van sinkgate en versakking nie waarskynlik is nie. Die verwydering van rots tot funderingsdiepte, wat deur die bouregulasies vereis word, is 'n duur voorvereiste. Daar word nogtans dorpe onder sulke toestande suid van Pretoria ontwikkel soos byvoorbeeld Wierdapark Uitbreidings 2, 5, ens. Ligte strukture soos huise word volgens Wagener (1981) op ligte vlotfondamente op 'n relatief dun (500 mm) matras geplaas aangesien die konvensionele strookfondament die dun matras sal deurpriem en die voordelige effek daarvan sal vernietig.

Jennings (Partridge *et al*, 1981) stel 'n tweede metode (Fig. 5.2.1) vir fundering voor wat berus op 'n vlotfondament, gedra deur pylers wat in die toringrotse bevestig is. Hierdie metode het toepassing op intermediêre dieptes tot toringrotse of vaste dolomietrots dit wil sê tussen 3 en 7 m. Vir hierdie benadering om te kan slaag, moet die patroon van die toringrotse bekend wees sodat die plasing van die pylers daarvolgens ontwerp kan word. Die skrywer twyfel aan die sukses van geofisiese metodes onder hierdie omstandighede tensy daar van detail gravitasie-opnames op 'n baie klein ruitnetspasiëring van sowat 5,0 m gewerk word. Die koste van sodanige opname sal so hoog wees dat dit net vir 'n baie duur en sensitiewe struktuur oorweeg sal kan word. Die skagte vir pylers is ongeveer 1,0 m in deursnit en word tot 'n geskikte diepte in soliede dolomiet ingeboor. Die strukturele las word deur 'n geskikte balk- en pyleronwerp gedra.

Die derde metode deur Jennings (Partridge *et al*, 1981) voorgestel, staan bekend as die grond-sementboogmetode. Volgens Partridge *et al* (1981) is die metode nog nooit toegepas nie, alhoewel dit reeds dikwels in die verlede aanbeveel is. Dit behoort geskik te wees



FIGUUR 5.2.1. VLOTFONDAMENT OP PYLERS IN DOLOMIET. (VOLGENS JENNINGS, 1966).

onder dieselfde toestande as die wat geld vir die tweede metode naamlik vaste rots op 3,0 tot 7,0 m diepte. Daar is weinig verskil tussen 'n grondsementboog en 'n ongestabiliseerde gekompakteerde vulling soos die wat deur Partridge *et al* (1981) voorgestel is.

Die vierde toestand wat deur Jennings (Partridge *et al*, 1981) oorweeg word, is waar die deklaag 16 m of meer dik is. Daar word op die vermoë van die deklaag staatgemaak om self-ondersteunende boë te vorm om stabiliteit te handhaaf. Die stabiele materiaal om veilige funderingstoestande aan enkel- en dubbelverdieping strukture te bied word deur Partridge *et al* (1981) geïdentifiseer as chert-residu wat boonop ook nie holtebevattend mag wees nie. Daar word beweer dat hierdie toestande onder die vergruisingsaanleg van die Wes Driefonteinmyn wat in 1962 in 'n sinkgat gestort het, gegeld het. Die swigting van die deklaag is toegeskryf aan die ontwatering wat daar plaasgevind het.

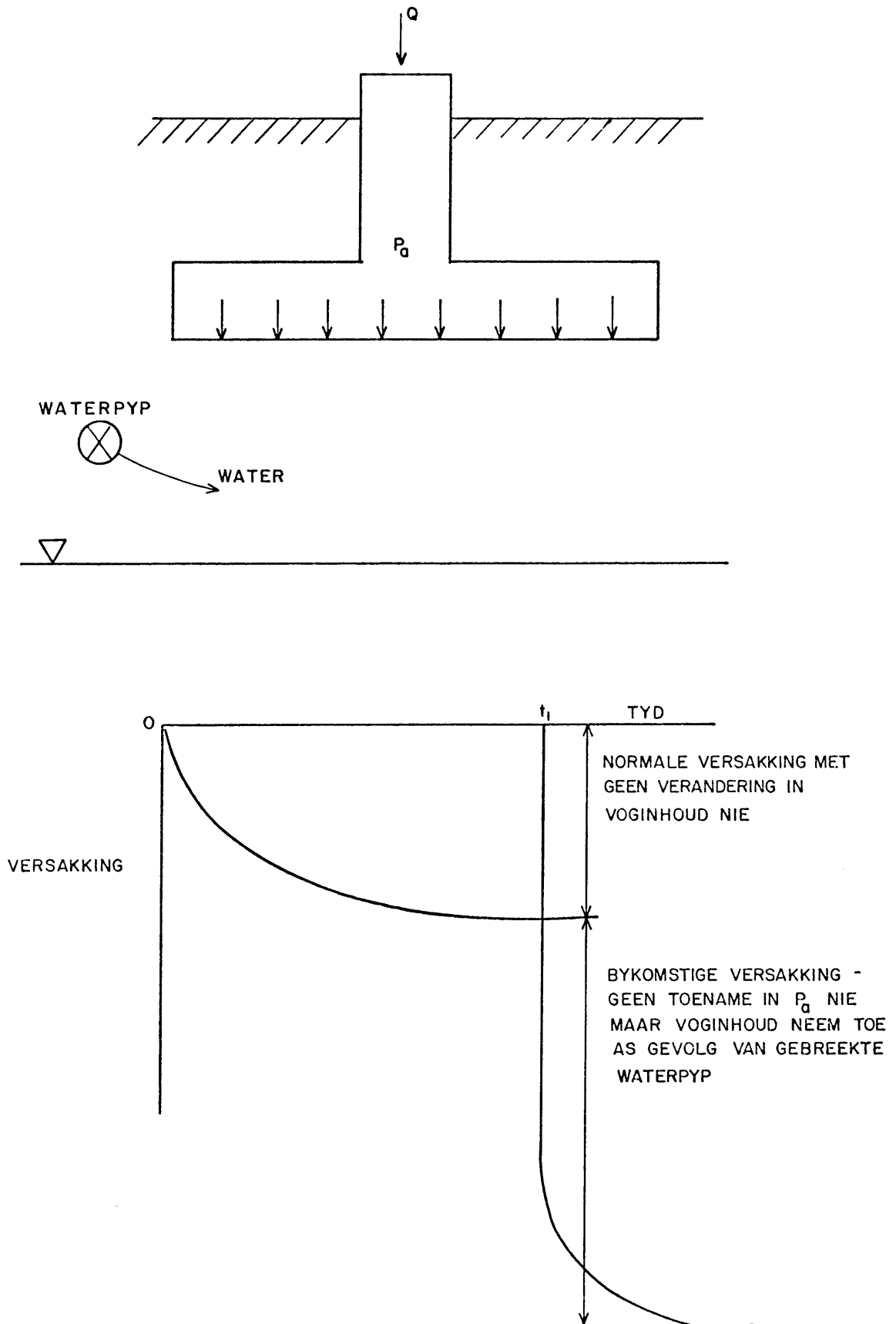
Partridge *et al* (1981) beskou hierdie metode as die onveiligste. Daar is egter baie faktore wat 'n rol speel in die langtermynveiligheid van 'n terrein op dolomiet. Die belangrikste hiervan is sekerlik die gehalte van die waterdraende dienste, die voorsiening van effektiewe dreinerings en die voorkoming van vibrasie.

'n Gekompakteerde vulling direk bo-op die dolomiet verrig volgens Partridge *et al* (1981) 'n tweeledige funksie naamlik :

- 1) Indien die materiaal goedgegradeer is en oor 'n mate van klewing beskik, beperk dit infiltrasie en dus versadiging van die onderliggende materiale.
- 2) Die materiaal vorm boë tussen die toringrotse ingeval sinkgatforming vanaf 'n groter diepte sou begin.

By normale dorpstigting word gewone strookfondamente toegelaat op gedeeltes wat deur die ondersoek vir beplanningsdoeleindes geskik bewys is. Daar is dorpe soos byvoorbeeld Wierdapark Uitbreidings 2 en 5 waar daar geen rede bestaan om ooit sinkgate te verwag nie maar daar wel 'n redelike groot waarskynlikheid is dat differensiële beweging van die fondament moontlik is. Onder hierdie omstandighede word daar aanbeveel dat die fondament bestaan uit 'n gewapende betongrondbalk wat op vaste dolomiet toringrotse rus.

'n Wesentlike probleem op dolomiet is die voorkoms van swigbare sand. Sulke materiaal is nie onbekend in Suid-Afrika nie en is reeds by herhaling deur verskeie outeurs beskryf. Die begrip swigbare sand word aan die hand van Fig. 5.2.2, ontleen aan Jennings & Knight (1975) verduidelik. Swigbare grond is bloot gewone grond met 'n laer natuurlike graad van



FIGUUR 5.2.2. DIE BASIESE BEGRIP VAN BYKOMSTIGE VERSAKKING AS GEVOLG VAN SWIGTING VAN DIE KORRELSTRUKTUUR (VOLGENS JENNINGS EN KNIGHT, 1975)

versadiging as die kritiese versadigingsgraad. Holtz & Hilf (1961) onderskei swigbare en nie-swigbare loes op grond van droë eenheidsmassa en vloeigrens (Fig. 5.2.3). Die swigpotensiaal word volgens Jennings & Knight (1975) bepaal deur middel van 'n oedometertoets waar die monster onder 'n konstante belasting van 200 kPa aan versuiping onderwerp word. Mnr C.B. Wilkins, persoonlike mededeling, (1983) het goeie resultate behaal deur dieselfde prosedure te volg maar met 'n belasting van 80 kPa wat nader is aan die belasting wat in die praktyk deur 'n struktuur uitgeoefen word. Die klassifikasie van Jennings & Knight (1975) vergelyk die erns van die probleem wat verwag kan word met die swigpotensiaal soos deur middel van 'n oedometertoets bepaal, (Tabel 5.2.1).

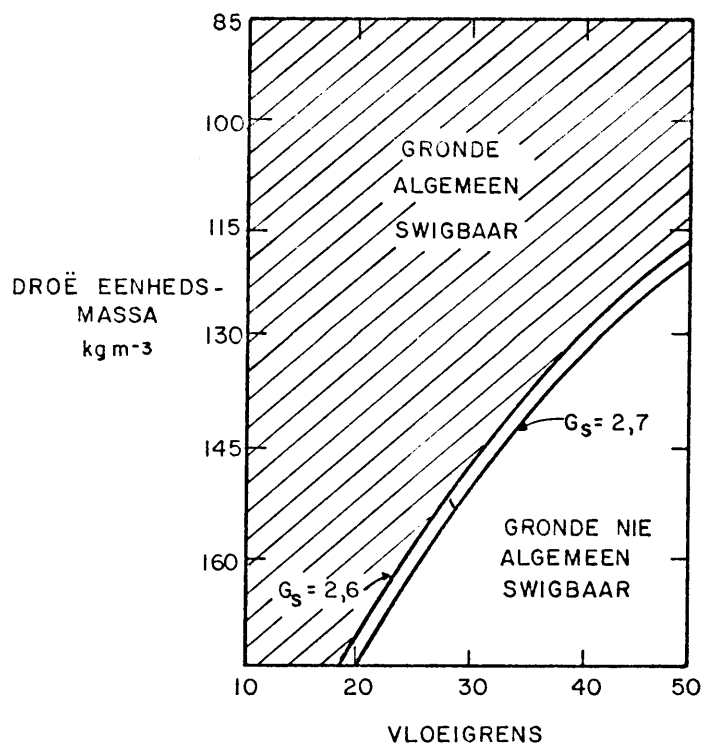
TABEL 5.2.1
SWIGPOTENSIAALWAARDES

Swigpotensiaal as persentasie	Erns van die probleem
0 – 1	Geen probleem
1 – 5	Matige ongerief
5 – 10	Moeilikheid
10 – 20	Ernstige moeilikheid
> 20	Baie ernstige moeilikheid

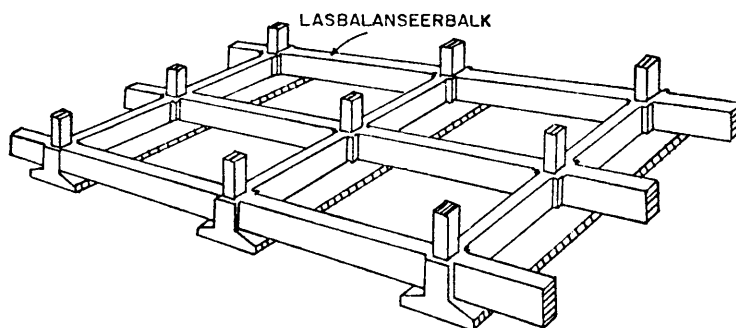
Clemence & Finnbar (1981) stel 'n tipe deurlopende voetstuk fondamentontwerp voor vir fundering op swigbare sand, (Fig. 5.2.4).

Jennings & Knight (1975) bied drie moontlike oplossings vir die behandeling van die funderingsmedium :

- 1) Fundering op 'n vlak, dieper as die swigbare horison met behulp van heipale wat nie staatmaak op kantwrywing nie.
- 2) Die swigbare materiaal word verwyder tot 'n aanvaarbare diepte van invloed en vervang met stabiele materiaal wat gekompakteer is tot 95 – 100 persent modifikasie AASHO. Dikwels is die materiaal wat verwyder word geskik vir terugplasing. Die materiaal moet altyd teen 'n voginhoud van meer as 2 persent onder optimum gekompakteer word.
- 3) Die swigbare materiaal kan in plek met behulp van 'n vibrasieroller of 'n verplasingstipe kompaksie verdig word. Die doel is om die materiaal op die verlangde diepte van invloed tot minder as 1 persent swigpotensiaal te kompakteer.



FIGUUR.5.2.3. SWIGBARE EN NIE-SWIGBARE LOES. (VOLGENS, HOLTZ EN HILF, 1961)



FIGUUR.5.2.4. DEURLOPENDE VOETSTUKONTWERP VIR SWIGBARE GROND, (VOLGENS ZEEVAERT, 1972)

Die benadering van Clemence & Finnbar (1981) berus op die diepte van die swigbare materiaal wat behandel moet word en word in Tabel 5.2.2 beskryf.

TABEL 5.2.2
METODES VIR DIE BEHANDELING VAN SWIGBARE GRONDE
(Clemence & Finnbar (1981))

Diepte van verlangde fondamentbehandeling	Behandelingsmetode
0 – 1,5 m	Benatting en kompaktering gewoonlik met ekstraswaar impak- of vibrasierollers
1,5 – 10 m	Ooruitgrawing en herkompaksie (grondvoetstukke met of sonder stabilisering met kalk of sement); Vibroflotasie (vrydreinerende gronde); Rotskolomme (vibrovervang- ing); Verplasingshelpale; Inspuiting van slik of kalk; Vywering of oorstroming (indien daar nie ondeurdringbare lae teenwoordig is nie).
Meer as 10 m	Enige van die bogenoemde metodes of kombinasies daarvan; Vywering en infiltrasie putte ook met die gebruik van plofstof. Moontlike toekomstige metodes: Hittebehandeling om die grond <i>in situ</i> te verhard; Ultrasoniese vibrasies wat die binding van die metastabiele grond kan vernietig; Chemiese bymiddels om die bindingsmeganisme te verbeter (oorweging kan moontlik aan elektrochemiese metodes gegee word). Gebruik van breivulling-tipe bymiddels om die porieëruimtes te vul voordat die vulling set.

Voordat die toekomstige metodes gebruik kan word sal daar nog baie ontwikkelingswerk gedoen moet word.

5.3 HERSTELTEGNIEKE

Binne 'n dolomitiese gebied dek die begrip herstel 'n wye veld vanaf die herstel van beskadigde strukture en herstel van dienste tot die opvulling van sinkgate.

Alvorens die herstelwerk aangepak kan word, moet alle beskikbare inligting nagegaan word ten einde te verseker dat die korrekte tegnieke aangewend word en die maatreëls van 'n permanente aard sal wees. Die volgende punte moet aandag geniet :

- 1) Die stratigrafiese posisie van die terrein. Dit sal op 'n vroeë stadium reeds 'n aanduiding verskaf of daar verdere skade verwag kan word, of die sinkgat nog groter kan instort, ens.
- 2) Beskikbare afstandswaarnemingsinligting soos lugfoto's, termiese infrarooilynaf-tastingsbeelde, lugmagnetiese opnames moet geraadpleeg word.
- 3) Gravitasië-opnames, indien beskikbaar, kan aanduiding verstrek of die probleem op 'n sogenaamde gravitasie "hoog" of "laag" geleë is of in 'n gebied met 'n steil gravitasiegradiënt.
- 4) Alle beskikbare boorgatdata moet gekontroleer word om vas te stel wat die ondergrondse toestande is.
- 5) Inligting oor die bestaande en ou dienste soos waterpyplyne, rioolretikulasie, posisie van elektriese geleidingskabels, stapelriole oud en huidig, moontlike ou putte.
- 6) Die algemene dreinerings van die terrein speel 'n baie belangrike rol omdat swak dreinerings oor 'n lang tydperk verswakking van die ondergrondse materiale in die hand werk.
- 7) Bouplanne wat vir die konstruksie gebruik is.

Afhangende van die aard van die probleem en die beskikbare gegewens, kan daar ook addisionele inligting ingewin word deur middel van 'n druklugboorprogram of, in 'n gebied van vlakliggende dolomiet, kan die dinamiese konuspenetrometer en 'n trugrawer baie nuttig ingespan word.

Onderstutting kan op verskeie wyses gedoen word. 'n Beskadigde huis in Laudium is herstel deur van 'n gewapende betonbalk met 'n diep seksie gebruik te maak wat weerskante van die hoek van die huis waaronder die versakking plaasgevind het op vaste dolomietrots gestut is. Die posisie van die vaste dolomiet is vooraf met behulp van druklugboorgate bepaal. Die moontlike verlenging van die naat waarin die verwering so ver gevorderd het dat 'n sinkgat kon inval is ook ondersoek (Roux, 1976).

'n Sinkgat langs 'n sekondêre pad is met behulp van 'n druklugboorprogram ondersoek. Daar is vasgestel dat die sinkgattoestande baie gelokaliseerd is en sementering onder druk is voorgestel. Die herstelwerk is suksesvol voltooi en geen verdere beweging is in meer as tien jaar waargeneem nie.

Funderingstoestande vir die oprigting van 'n blok woonstelle was nie na wense nie. Die elf-verdiepinggebou van slegs ses meter breed is op 'n koppie geleë en die windkragte het verankering met kables in diepte genoodsaak. Geen geskikte verankeringsmedium was beskikbaar nie en tydens 'n herondersoek is slegs mangaanaarde met min chertbreksie gevind. Sementering onder druk is voorgestel om 'n kunsmatige ankermedium te skep. Die sementeringsprogram het 12 maande geduur en volgens die Departement van Gemeenskapsontwikkeling het dit R200 000,00 gekos.

Die grootste praktiese probleem by die terugvulling van sinkgate is dat die betrokke partye gewoonlik huiwerig en selfs onwillig is om werkers in die sinkgat te laat werk. Die plasing van die terugvullingsmateriaal is uiters belangrik. Die norm is om materiaal van dieselfde aard as dié wat die wand van die gat uitmaak te gebruik en dit tot dieselfde orde van deurlatendheid te kompakteer. Op hierdie wyse sal die vulling nie voorkeurdreinerings langs die vulling of langs die kontakvlak van die vulling en gewese sinkgat bevorder nie. Nakoming van hierdie metode vereis dat die vulling in lae, nie dikker as 150 mm nie, gekompakteer sal word. 'n Terugvullingstegniek wat meer byval vind weens die makliker uitvoerbaarheid daarvan is die sogenaamde omgekeerde filter. Hierdie tegniek is ontwikkel deur Reitz & Eskridge (1977) en is suksesvol in die Distrik St Louis in die Staat Missouri gebruik.

Om langtermyn doeltreffendheid van die terugvulling van die sinkgat te verseker, word die gat oopgemaak totdat die hele keel van die gat ontbloot is. In baie gevalle is die sinkgat in 'n spleet geleë. Indien die opening in die rots te groot is om met rotse oorspan te word, word 'n strukturele betonkap oor die opening gebou. Indien die spleet smal is en die rots weerskante sterk is, word die kraak (naat) met 'n laag rotsblokke, wat elk groot genoeg is om die gaping te oorspan, bedek. Die beginsel is om voorsiening te maak vir dreinerings na onder deur die rotsvulling of deur spesiale openinge in die betonkap. Om relatiewe vrye beweging deur die rotsbloklaag of die betonkap te verseker, word 'n gegradeerde filter oor die laag heen geplaas. Die filter verseker dat die grond bo die filter nie geërodeer word en in die oplossingskanale ingespoel word nie maar laat gemaklike dreinerings toe. Die vloeistofdravermoë van die spleet is baie groter as dié van die individuele sinkgate. Die blote afseëling van 'n opening in 'n spleet deur beton word nie aanbeveel nie aangesien dit net die vorming van 'n sinkgat op 'n nuwe lokaliteit bevorder.

HOOFSTUK 6

GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1 GEVOLGTREKKINGS

- 1) Die beleid van die Transvaalse Provinsiale Administrasie om terreine vir voorgestelde dorpe wat deur dolomiet beslaan word, geotegnies te laat ondersoek is geregverdig aangesien die waarskynlike risiko ten opsigte van eiendomsbeskadiging en lewensverlies tot 'n openbaar aanvaarbare vlak verminder word soos blyk uit die lae frekwensie van sinkgate en versakking in gebiede waar onlangse dorpsontwikkeling op dolomiet plaasgevind het.
- 2) Dit is moontlik om die voorgestelde terrein in sones te verdeel wat vir verskillende tipes ontwikkeling geskik is.
- 3) Dit is nie moontlik om 'n vaste ondersoekpatroon voor te skryf nie aangesien die terreine en omstandighede in elke geval uniek is.
- 4) Dit is wenslik vir alle betrokke partye om die ondersoek in twee duidelik onderskeibare fases te laat verloop naamlik; die verkenningsondersoek en die beplanningsondersoek. Hierdeur sal beide die ontwikkelaar en die beplanner 'n beter beeld van die potensiële ontwikkelingsprobleme, indien enige, kan vorm.
- 5) Dit is moontlik om reeds op 'n vroeë stadium, tydens die verkenningsondersoek, die benaderde omvang van die beplanningsondersoek te bepaal.
- 6) Dit is wenslik dat die ondersoeke tydens die opsieperiode uitgevoer word waarna die nodige uitlegbeplanning van die dorp gedoen kan word.
- 7) Toekomstige onderverdeling van erwe in dorpe wat nie voor proklamasie geotegnies ondersoek is nie moet deeglik ondersoek word voordat onderverdeling toegelaat kan word en dan net indien dit 'n lewensvatbare onderverdeling is; naamlik dat die nuwe kleiner erf groot genoeg en veilig is vir ontwikkeling. Hierdie aksie word reeds deur die Pretoriase Munisipaliteit uitgevoer om sinkgatvorming te beperk en veiligheid te bevorder.
- 8) Drukklugboorwerk bly steeds die mees ekonomiese en doeltreffendste metode om inligting oor die ondergrondse materiale in te win.

- 9) Wetenskaplik gefundeerde evaluasie van 'n terrein sal geformuleer kan word nadat aspekte (5) en (6) hierbo afgehandel is. Die daarstelling van so 'n evaluasie wat ook risiko in ag sal neem is nodig.
- 10) Daar is enkele voorstelle wat volgens die skrywer se mening dorpsstigting aansienlik vlotter kan laat verloop, naamlik :
- (i) Die raadgewers moet tot die besef gebring word dat hulle verantwoordelik is vir die inhoud van hulle verslae.
 - (ii) Dorpsontwikkelaars moet van raadgewers gebruik maak om 'n verkennings-ondersoek uit te voer terwyl daar 'n opsie op die eiendom uitgeoefen word.
 - (iii) Dorpsontwikkelaars moet met die voorgestelde dorp se uitlegbeplanning wag totdat die beplanningsondersoek afgehandel en die verslag aanvaar is.
 - (iv) Die aansoek om dorpsstigting moet van die nodige verslae vergesel wees naamlik :
 - (a) die verkenningsverslag
 - (b) die beplanningsverslag oor die dolomitiese stabiliteit en
 - (c) die verslag oor die funderingsondersoek vir beplanningsdoeleindes.

Hierdeur sal verseker word dat veilige en sinvolle beplanning geskied en 'n verkwisting van nasionale fondse deur vrugtelose uitgawes vir herstelwerk, wat voorkom kon gewees het, vermy word. Daar is deur Donaldson (1970) beraam dat daar in 1970 vir alle tipes terreine (dolomities en nie-dolomities) meer as R10 000 000 per jaar, op herstelwerk wat voorkom kon gewees het, spandeer is.
 - (v) Die dorpsontwikkelaar moet onder die besef kom dat hy of sy afgevaardigde, gewoonlik die stadsbeplanner met 'n professie handel en nie talle raadgewende ingenieursgeoloë vir kosteramings nader in die hoop om koste te bespaar nie. Hierdie praktyk kom neer op 'n tenderprosedure en word gewoonlik bewys om op die einde aansienlik duurder te wees.
- 11) Die gravitasietegniek is nie universeel toepaslik nie en beskik oor swak oplosvermoë – ongeveer die waarnemingsinterval- en is baie duur.

- 12) Moontlike toekomstige ontwatering van 'n voorgestelde dorpsgebied speel 'n baie belangrike rol en moet vroeg reeds in oorweging geneem word.
- 13) By enige ondersoek van 'n dolomitiese gebied moet dit steeds in gedagte gehou word dat die tegnieke wat toegepas word nie onfeilbaar is nie en dat versakkings en klein sinkgate wel in die toekoms kan vorm indien die voorsorgmaatreëls nie voortdurend instandgehou word nie.
- 14) Die huidige assuransiepremies ten opsigte van versakking en sinkgate is te hoog en kan baie verlaag word wanneer die ware feite in berekening gebring word. In bestaande dorpe moet die plaaslike bestuur onder reëls wat deur die Provinsiale Administrasie neergelê kan word toegelaat word om 'n fonds te stig om skade aan privaat-eiendom te herstel as alternatief tot bogenoemde assuransie.

6.2 AANBEVELINGS

- 1) Aanpassings behoort deur kopers en finansieringsinstellings in koopkontrakte gemaak te word om te verseker dat alle kopers van eiendom op dolomiet van alle voorsorgmaatreëls, vereistes en beperkings in kennis gestel word. Verkopers moet onder vaste verpligting geplaas word om geen inligting te verswyg nie.
- 2) Alle inwoners van dolomietgebiede moet deur die plaaslike bestuur ingelig word ten opsigte van dit wat hulle kan doen om toestande te beveilig.
- 3) Die voorsorgmaatreëls moet deur die plaaslike bestuur afdwingbaar gemaak word.
- 4) Die reëlins in verband met die oprigting van swembaddens soos van toepassing aan die Verre Wes-Rand behoort deur die plaaslike besture in alle dolomietgebiede toegepas te word.
- 5) Navorsing om die meganisme van sinkgatvorming onder alle toestande te verklaar behoort deur geskikte instansies gedoen te word.
- 6) Navorsing om die gedrag en samestelling van mangaanaarde op te klaar en 'n sinvolle klassifikasie van dié materiaal daar te stel behoort gedoen te word.

DANKBETUIGINGS

My opregte dank en waardering gaan aan die onderstaande persone wat almal besonder waardevolle hulp en ondersteuning verleen het met die voorbereiding van hierdie proefskrif:

Die promotor en mede-promotor, proff. A. van Schalkwyk en C.P. Snyman word opreg bedank vir hulle opbouende kritiek en noukeurige deurlees van verskeie manuskripte.

Graag wil ek my dank betuig aan dr W.L. van Wyk, Adjunk Direkteur-Generaal van die Departement Mineraal- en Energiesake en die Hoofdirekteur van die Geologiese Opname vir hulle belangstelling en toestemming om amptelike gegewens in die proefskrif te gebruik.

Die Kommissie vir Administrasie vir finansiële steun.

My kollegas in die Geologiese Opname vir ondersteuning, in besonder Mev V. Peer vir die netjies natrekwerk.

My vrou en dogter, moeder en suster vir die morele ondersteuning in die hele studietydperk.

VERWYSINGS EN BIBLIOGRAFIE

- ADLEM, W.L.J. (1979). *Administratiewe aspekte van dorpsstigting met besondere verwysing na die Departement Plaaslike Bestuur van die Transvaalse Provinsiale Administrasie*. Ongepubliseerde D. Admin. proefskrif, Universiteit van Suid-Afrika, Pretoria.
- ALDERMAN, A.R. & SKINNER, C.W. (1957). Dolomite sedimentation in the south-east of South-Australia. *Am. J. Sci.* Vol. 255, 561–567.
- ALSUP, S. (1974). Recommended borehole investigation system for soft ground. *Proc. Conf. Subsurf. Explor. for Underground Excav. and Heavy Construct.* Henniker, Engineering Foundation. New York, 117–127.
- ANONIEM. (1981). Suggested methods for geophysical logging of boreholes. *Int. Jnl. Rock Mech. and Mining Sciences.* Vol. 18, No. 1., 69–84.
- ANONIEM, (1982a). Riglyne vir die ingenieursgeologiese ondersoek van dolomietvrye gebiede soos benodig vir dorpsontwikkeling. *AEG Newsletter*, South Africa Section, 6 (1), 44–48.
- ANONIEM, (1982b). Transvaal provincial administration department of local government. Guidelines for geological site investigation on non-dolomitic areas for the purpose of township development. *Ground Profile*, No. 32, 5–8.
- ARZI, A.A. (1975). Microgravimetry for engineering applications. *Geophysical Prospect.* Vol. 23, 408–425.
- ATTEWELL, P.B. & FARMER, I.W. (1979). *Principles of engineering geology*. Halsted, London.
- BARNES, I. & BACK, W. (1964). Dolomite solubility in ground water. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper.* 475–D, 357–370.
- BEATON, J.L. (1966). *Final report of field evaluation of the Eastman international television bore hole telescope FB400*. State of California, Dept. Public Works, Div. of Highways, Materials and Research Dept. 1–11.
- BECK, A.E. (1981). *Physical principles of exploration methods*. Macmillan Press, London.
- BEZUIDENHOUT, C.A. & ENSLIN, J.F. (1969). Surface subsidence and sinkholes in the dolomite area of the Far West Rand, Transvaal, Republic of South Africa. In: *Land Subsidence*, Vol. 2, Proc. IAHS Symp., Tokyo, 1969 : Publ. No. 89, IAHS – LINESCO, 1976.
- BISSELL, H.J. & CHILINGAR, G.V. (1967). Classification of sedimentary carbonate rocks. In: *Carbonate Rocks: Origin, Occurrence and Classification*. Chilingar, G.V., Bissell, H.J. en Fairbridge, R.W. (red.) Elsevier, Amsterdam, 87–168.
- BLÍŽKOVSKÝ, M. (1979). Processing and applications in microgravity surveys. *Geophysical Prospect.*, Vol. 27, No. 4, 848–861.

- BRADLEY, W.F., BURST, J.F. & GRAF, D.L. (1953). Crystal chemistry and differential thermal effects of dolomite. *Amer. Min.* Vol. 38, 207.
- BREDELL, J.H. (1977). *The nature and distribution of the Karoo Sequence in the East and West Rand with special reference to refractory clay deposits.* Geol. Opname, Ongepubliseerde verslag 1977-0361.
- BRINK, A.B.A. (1979). *Engineering geology of Southern Africa.* Vol. 1, Building Publications, Pretoria.
- BRINK, A.B.A. & PARTRIDGE, T.C. (1965). Transvaal karst: some considerations of development and morphology, with special reference to sinkholes and subsidences on the Far West Rand. *S.A. Geographical Jour.*, Vol. 67, 11-33.
- BULLOCK, S.J. (1978). The case for using multichannel seismic refraction equipment and techniques for site investigation. *Bull. A.E.G.*, Vol. 15, No. 1, 19-35.
- BURLAND, J.B. (1960). *A simplified soil colour chart for soil identification.* Dissertasie, Universiteit van die Witwatersrand.
- BUSENBERG, E. & PLUMMER, L.N. (1982). The kinetics of dissolution of dolomite in CO₂-H₂O systems at 1,5 to 65°C and 0 to 1 atm P_{CO₂}. *Am. J. Sci.*, Vol. 282, 45-78.
- BUTTON, A. (1969). *Stratigraphic analysis of the Transvaal sequence in the Irene-Delmas-Devon area, Transvaal.* Inf. Circ. Econ. Geol. Res. Unit Univ. Witwatersrand, 51.
- CARTWRIGHT, K. (1968). Thermal prospecting for ground water. *Water Resources Research*, Vol. 4, No. 2, 395-401.
- CHILINGAR, G.V. (1956). Relationship between Ca/Mg ratio and geologic age. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, Vol. 40, 2256-2266.
- CLARK, G.B. (1979). Principles of rock drilling. *Colorado School of Mines Quarterly.*, Vol. 74, No. 2, 1-91.
- CLEMENCE, S.P. & FINNBARR, A.O. (1981). Design considerations for collapsible soils. *ASCE, Jour. Geotech. Engng. Div.*, Vol. 107, No. GT3, 305-317.
- CLOUD, P.E. (1972). A working model of the primitive earth. *Am. Jour. Sci.*, Vol. 272, 537-548.
- COKER, A.E.R., MARSHALL, R. & THOMSON, N.S. (1969). Application of computer processed multispectral data to the discrimination of land collapse (sinkhole) prone areas in Florida, In: *6Th Internat. Symp. on Remote Sensing of the Environment. Proc. Vol. 1*, Michigan Univ. Inst. Sci. and Technology, 65-77.
- COLLEY, G.C. (1963). The detection of caves by gravity measurements. *Geophys. Prosp.*, Vol. 11, 1-9.
- COLWELL, R.N. (1975). Introduction : In: *Manual of remote sensing.* Reeves, R.G. (red.), Amer. Soc. Photogram., Falls Church, Virginia, 1-25.

- COOK, J. (1965). Seismic mapping of underground cavities using reflection amplitudes. *Geophysics*, Vol. 30, No. 4, 527–538.
- COOK, J.C. (1972). Seeing through rock with RADAR. In: *Proc. N. Amer. Conf. Rapid Excav. and Tunneling. AIME.*, Chicago, Vol. 1, 89–101.
- COOK, J.C. (1974). Status of ground-probing RADAR and some recent experience. In: *Proc. Conf. Subsurf. Explor. Underground Excav. Heavy Constr.*, Henniker, New Hampshire, Engineering Foundation, New York, 175–194.
- COOK, J.C. (1975). RADAR transparencies of mine and tunnel rocks. *Geophysics*, Vol. 40, No. 5, 865–885.
- COOK, J.C. (1977). Short note: Borehole-RADAR exploration in a coal seam. *Geophysics*, Vol. 42, No. 6, 1254–1257.
- COOK, K.L. & VAN NOSTRAND, R.G. (1954). Interpretation of resistivity data over filled sinks. *Geophysics*, Vol. 19, No. 4, 761–770.
- CROSBY, J.W., KONSTANTINIDIS, B. & DAVIS, P. (1981). Geotechnical applications of borehole geophysics. *Amer. Soc. Civil Engineers, Jour. Geotech. Engng. Div.*, Vol. 107, GT10, 1255–1267.
- CURTIS, R., EVANS, G., KINSMAN, D.J.J. & SHEARMAN, D.J. (1963). Association of dolomite and anhydrite in the recent sediments of the Persian Gulf. *Nature*, Vol. 197, 679–680.
- DARRACOTT, B.W. (1976). Seismic surveys and civil engineering. *The civil engineer in South Africa*, Vol. 18, No. 2, 35–40.
- DARRACOTT, B.W. & LAKES, M.I. (1981). An initial appraisal of ground probing RADAR for site investigation in Britain. *Ground Engng.*, Vol. 14, No. 3, 14–18.
- DAY, P. (1981). Properties of wad. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders). 135–147.
- DAY, P.W. & WAGENER, F. VON M. (1981). A comparison and discussion of investigation techniques on dolomites. *Ground Profile*, No. 27, 8–18.
- DE BEER, J.H. (1981). Evaluation of dolomite areas. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 250–255.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. (1963). *Rock-forming minerals. Vol. 5 Non-silicates*. Longmans, London.
- DEFNEYES, K.S., LUCIA, F.J. & WEYL, P.K. (1965). Dolomitization of recent and plio-pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles. In: *Dolomite and limestone diagenesis*. Pray, L.C. en Murray, R.C. (red.), Soc. Econ. Paleon. Min., Spec. Pub. No. 13. Tulsa, Oklahoma, 71–88.
- DE KOCK, W.P. (1964). The geology and economic significance of the West Wits Line. In: *The geology of some ore deposits in Southern Africa*. Haughton, S.H. (red.) Geol. Soc. S. Afr., Vol. 1, 323–387.

- DE LOOR, G.P. (1969). Possibilities and uses of RADAR systems. *Photogrammetria*, Vol. 24, 43–58.
- DERENTI, E.E. (1974). SLAR geometric test. *Photogram. Engng.*, Vol. 40, No. 5, 597–604.
- DOBRIN, M.B. (1960). *Introduction to geophysical prospecting*. McGraw-Hill, New York.
- DOLPHIN, L.T., BOLLEN, R.L. & OETZEL, G.N. (1974). An underground electromagnetic sounder experiment. *Geophysics*, Vol. 39, No. 1, 49–55.
- DONALDSON, G.W. (1962). Foundation problems experienced in Africa. *CCTA Publication No. 81*.
- DONALDSON, G.W. (1963). Sinkholes and subsidence caused by subsurface erosion. In: *Proc. 3rd Regional Conf. Africa Soil Mech. and Found Engng.*, 123–125.
- DONALDSON, G.W. (1970). The need for site investigation of areas to be used for building development. *The South African Builder*, Vol. 48, No. 11, 54–55.
- DUCKWORTH, K. (1970). Electromagnetic depth sounding applied to mining problems. *Geophysics*, Vol. 35, No. 6, 1086–1098.
- EARLY, K.R. & DYER, K.R. (1964). The use of resistivity survey on a foundation site underlain by Karst dolomite. *Géotechnique*, Vol. 14, 341–348.
- EDMUNDS, P. (1981). Operational benefits of hydraulic rock drilling. *S.A. Mining and Engng. Jour.*, 42–56.
- EDWARDS, R.J.S. (1969). Some aspects of photo interpretation in problem analysis for highways. In: *Symp. on Air Photointerpretation for Civil Engineering Projects*. Thames Polytechnic, 15–29.
- ENSLIN, J.F. (1951). Sinkholes in dolomite. *Trans. S. Afr. Inst. Civil Engineers*, Vol. 1, 153–154.
- ENSLIN, J.F., KLEYWEGT, R.J., BEUKES, J.H.T. & GORDON-WELSH, J.F. (1976). Artificial recharge of dolomitic groundwater compartments in the Far West Rand gold fields of South Africa. In: *Proc. Anaheim Symp. Internat. Assoc. Hydrological Sciences*, Publication No. 121, Anaheim.
- ENSLIN, J.F. & SMIT, P.J. (1955). Geophysical surveys for foundations in South Africa with special reference to the sinkholes in the dolomite south of Pretoria. In: *Proc. First Conf. for Africa on Soil Mech. and Found. Engng. (Trans. S.A. Inst. Civ. Engrs.)*, Vol. 5, No. 9, 318–322.
- ERIKSSON, K.A. (1972). Cyclic sedimentation in the Malmani Dolomite, Potchefstroom synclinorium. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, Vol. 75, 85–97.
- ERIKSSON, K.A., McCARTHY, T.S. & TRUSWELL, J.F. (1975). Limestone formation and dolomitization in a Lower Proterozoic succession from South Africa. *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 45, No. 3, 604–614.

- ERIKSSON, K.A. & TRUSWELL, J.F. (1974). Stratotypes from the Malmani Subgroup north-west of Johannesburg, South Africa. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, Vol. 77, 211–222.
- ESTES, J.E. & SIMONETT, D.S. (1975). Fundamentals of image interpretation. In: *Manual of remote sensing*. Reeves, R.G. (red.) Amer. Soc. Photogrammetry. Falls Church, Virginia, 869–1076.
- FAJKLEWICZ, Z.J. (1976). Gravity vertical gradient measurements for the detection of small geologic and anthropogenic forms. *Geophysics*, Vol. 41, No. 5, 1016–1030.
- FERNANDEZ, L.M. & GUZMAN, J.A. (1979). *Earthquake hazard in Southern Africa*. Seismological Series 10, Geological Survey, 1–22.
- FISCHER, W.A. (1962). Color aerial photography in geologic investigations – some results of recent studies. *Photogram. Engng.*, Vol. 28, 133–139.
- FISCHER, W.A. (1975). History of remote sensing. In: *Manual of remote sensing*. Reeves, R.G. (red.) Amer. Soc. Photogrammetry, Falls Church, Virginia, 27–50.
- FISCHER, W.A., HEMPHILL, W.R. & KOVER, A. (1976). Progress in remote sensing (1972–1976). *Photogrammetria*, Vol. 32, 33–72.
- FLETCHER, G.F.A. (1965). Standard penetration test : its uses and abuses. *ASCE, Jour. Soil Mech. and Found. Div.*, Vol. 91, No. SM4, 67–75.
- FOOSE, R.M. (1953). Ground-water behavior in the Hershey Valley, Pennsylvania. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 64, 623–646.
- FOOSE, R.M. (1967). Sinkhole formation by groundwater withdrawal : Far West Rand, South Africa. *Science*, Vol. 157, No. 3792, 1045–1048.
- FORMANEK, H.P. (1979). The application of shallow seismic refraction surveys to mining and civil engineering problems. A case history. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 9, 169–178.
- FORMANEK, H.P. (1981). The application of seismic refraction surveys to geotechnical investigations of dolomite terrain. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*, Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (Organiseerders), 105–110.
- FORMANEK, H.P. (1983). Investigation of dykes and faults by seismic refraction surveys. Uittreksels uit 'n praatjie “*The application of seismic investigations and exploration and mining problems in South African coal fields*”, Oos-Transvaalse tak van die Geologiese Vereniging van Suid-Afrika.
- FREUND, J.E. & WILLIAMS, F.J. (1965). *Modern business statistics*. Sir Isaac Pitman & Sons, London.
- FRIEDMAN, G.M. (1959). Identification of carbonate minerals by staining methods. *Jour. Sediment. Petrol.*, Vol. 29, 87–97.
- GARLAND, G.D. (1965). *The earth's shape and gravity*. Pergamon Press, Oxford.

- GARRELS, R.M., THOMPSON, M.E. & SIEVER, R. (1960). Stability of some carbonates at 25°C and one atmosphere total pressure. *Am. J. Sci.*, Vol. 258, 402–481.
- GOETZ, A.F.H. & ROWAN, L.C. (1981). Geologic remote sensing. *Science*, Vol. 211, 781–791.
- GORDON-WELSH, J.F. (1981). *Theoretical course on the gravity method for the national diploma for geotechnicians (geology)*. Geologiese Opname, ongepubliseerde verslag no. 1981–0012.
- GREENE, G.W., MOXHAM, R.M. & HARVEY, A.H. (1969). Aerial infrared surveys and borehole temperature measurements of coal fires in Pennsylvania. In: *Summ. Symp Remote Sensing*, Vol. 6, Ann Arbor, Michigan, 517–525.
- GRIFFITHS, D.H. & KING, R.F. (1969). *Applied geophysics for engineers and geologists*. Pergamon Press, London.
- GROVES, D.I., DUNLOP, J.S.R. & BUICK, R. (1981). An early habitat of life. *Sci. Amer.*, Vol. 245, No. 4, 56–65.
- HAACK, P.M. (1962). Evaluating color, infrared and panchromatic aerial photos for the forest survey of interior Alaska. *Photogrammetric Engng.*, Vol. 28, No. 4, 592–598.
- HABBERJAM, G.M. (1969). The location of spherical cavities using a tripotential resistivity technique. *Geophysics*, Vol. 34, No. 5, 780–784.
- HABBERJAM, G.M. (1970). The association of resistivity soundings. *Geophys. Prosp.*, Vol. 18, No. 2, 199–214.
- HAGEDOORN, J.G. (1959). The plus-minus method of interpreting seismic refraction sections. *Geophys. Prosp.*, Vol. 7, No. 2, 158–182.
- HALLA, F., CHILINGAR, G.V. & BISSELL, H.J. (1962). Thermodynamic studies on dolomite formation and their geologic implications: an interim report. *Sedimentology*, Vol. 1, 296–303.
- HANDA, B.K. (1970). Chemistry of manganese in natural waters. *Chem. Geol.*, Vol. 5, 161–165.
- HARKER, R.I. & TUTTLE, O.F. (1955). Studies in the system CaO-MgO-CO₂ Part 1. The thermal dissociation of calcite, dolomite and magnesite. *Am. J. Sci.*, Vol. 253, 209–224.
- HARRISON, C.H. (1970). Reconstruction of subglacial relief from radio sounding echoes. *Geophysics*, Vol. 35, 1099–1115.
- HARTOPP, P.G. (1978). Use of thermal linescanning imagery used for engineering-geological investigations in dolomite terrain. *AEG Newsletter (SA Section)*, Vol. 2, 19–27.
- HAWKINS, L.V. (1961). The reciprocal method of routine shallow seismic refraction investigations. *Geophysics*, Vol. 26, No. 6, 806–819.

- HAYS, W.W. (1976). *Interpretation of gravity data*. Open-file report 76-479, US Dept. Interior, Geol. Surv.
- HESKETH, E.J.K., YOUNG, D.J. & WHEELER, J.S.C. (1976). Thermal patterns over water. Roy. Radar Estab. (U.K.) *Newsletter Res. Rev.*, 6, 39-46.
- HIGGINBOTTOM, I.E. (1965). The engineering geology of chalk. In: *Proc. Inst. Civ. Eng. Symp. on chalk in earthworks and foundations*. 1-13.
- HOLLAND, P.M. (1962). Model for the evolution of the earth's atmosphere. *Geol. Soc. Amer. Buddington*. Vol. 447-477.
- HOLLAND, H.D., KIRSIPU, T.V., HUEBNER, J.S. & OXBOUGH, V.M. (1964). On some aspects of the chemical evolution of cave waters. *J. Geol.*, Vol. 71, 36-67.
- HOLSER, W.T., BROWN, R.J.S., ROBERTS, F.A., FREDRIKSSON, O.A. & UNTERBERGER, R.R. (1972). RADAR logging of a salt dome. *Geophysics*, Vol. 37, No. 5, 889-906.
- HOLTZ, W.G. & HILF, J.W. (1961). Settlement of soil foundations due to saturation. In: *Proc. 5th Internat. Conf. Soil Mech. Found. Engng.*, Vol. 1, 673-679.
- HSU, K.J. (1963). Solubility of dolomite and composition of Florida ground waters. *Jour. Hydrol.*, Vol. 1, 288-310.
- HUNTER, G.T. & BIRD, S.J.G. (1970). Critical terrain analysis. *Photogrammetric Engng.*, Vol. 36, No. 9, 939-952.
- HUSTRULID, W.A. (1971). The percussive drilling of quartzite. *Jour. S.A. Inst. Min. Met.*, Vol. 71, No. 12, 245-268.
- HUSTRULID, W.A. & FAIRHURST, C. (1971). A theoretical and experimental study of the percussive drilling of rock. Part 1 - theory of percussive drilling. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 8, 311-333.
- HUSTRULID, W.A. & FAIRHURST, C. (1971). A theoretical and experimental study of the percussive drilling of rock. Part II - Force-penetration and specific energy determinations. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, Vol. 8, 335-356.
- ILLING, L.V. (1964). Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, Vol. 48, 532-533.
- ILLING, L.V., WELLS, A.J. & TAYLOR, J.C.M. (1965). Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf. In: *Dolomitization and limestone diagenesis*. Pray, L.C. en Murray, R.C. (red.), Soc. Econ. Paleon. Min., Spec. Pub. No. 13, 89-111.
- IRWIN, M.L. (1965). General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, Vol. 49, No. 4, 445-459.
- JANSEN, H. (1977). *The geology of the country around Pretoria*. An explanation of sheets 2527DA, DB, DC, DD and 2528CA, CB, CC, CD, geol. Surv. S.A.
- JENNINGS, J.E. (1964). Submission to the "Special sub-committee on research into water, underground cavities and surface subsidence in dolomitic areas." Ongepubliseerd.

- JENNINGS, J.E. (1966). Submission to the "Special sub-committee on research into water, underground cavities and surface subsidence in dolomitic areas." Ongepubliseerd.
- JENNINGS, J.E., BRINK, A.B.A., LOUW, A. & GOWAN, G.D. (1965). Sinkholes and subsidences in the Transvaal dolomite of South Africa. In: *Proc. 6th Internat. Conf. Soil Mech. and Found. Engng.*, Montreal, 51–54.
- JENNINGS, J.E., BRINK, A.B.A. & WILLIAMS, A.A.B. (1973). Revised guide to soil profiling for civil engineering purposes in Southern Africa. *Die Siviele Ingenieur in Suid-Afrika*, Vol. 15, 3–12.
- JENNINGS, J.E. & KNIGHT, K. (1975). A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to 'collapse' of grain structure. In: *Proc. 6th Regional Conf. for Africa – Soil Mech. Found. Engng.*, Vol. 1., 99–105.
- KANTOOR VAN DIE EERSTE MINISTER (1981). *'n Ruimtelike ontwikkelingsstrategie vir die PWV-kompleks*. Kantoor van die Eerste Minister, Tak Fisiese Beplanning, Pretoria.
- KASPAR, M. & PECEN, J. (1975). Detection of caves in a karst formation by means of electromagnetic waves. *Geophys. Prospe.*, Vol. 23, No. 4, 611–621.
- KELLER, G.V. (1974). Engineering applications of electrical geophysical methods. In: *Subsurface exploration for underground excavation and heavy construction*. Proc. Specialty Conf., New England College, Henniker, New Hampshire. ASCE, New York, 128–143.
- KELLY, W.E. (1977). Electrical resistivity for estimating permeability. *J. Geotech. Engng. Div.*, Proc. A.S. C.E., Vol. 103, No. GT10, October, Tech. notes, 1165–1169.
- KĚZDI, A. (1980). *Handbook of soil mechanics. Vol. 2. Soil Testing*. Elsevier.
- KIRK, K.G. & SNYDER, E.R. (1977). A preliminary investigation on seismic techniques used to locate cavities in karst terrains. In: Dilamarter, R.R. en Csallany, S.C. (red.) *Hydrologic problems in karst regions*. Western Kentucky University, 79–91.
- KLEYWEGT, R.J. (1980). Engineering geological problems associated with soluble rocks in the Republic of South Africa. *Ground Profile*, No. 23, 17–25.
- KLEYWEGT, R.J. (1981a). Geophysical methods. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 87–89.
- KLEYWEGT, R.J. (1981b). Engineering evaluation of dolomitic areas. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), Universiteit van Pretoria, 220–224.
- KLEYWEGT, R.J. & ENSLIN, J.F. (1973). The application of the gravity method to the problem of ground settlement and sinkhole formation in dolomite on the Far West Rand, South Africa. In: *Proc. IAEG Symp. Sinkholes and Subsidence Engng. – Geological Problems related to soluble rocks*. Hannover, T3–0, 1–15.

- KLEYWEGT, R.J. & PIKE, D.R. (1982). Surface subsidence and sinkholes caused by lowering of the dolomitic water-table on the Far West Rand gold field of South Africa. *Ann. geol. Surv. S. Afr.*, 16, 77–105.
- KLOP, A.A.C. (1974). *Geological report on the Lyttelton Afrikaans Medium High School swimming bath*. Ongepubliseerde verslag, Geologiese Opname.
- KODAK, (1976). *Kodak infrared films*.
- KODAK (1977). *Applied infrared photography*.
- KRAUSKOPF, K.B. (1967). *Introduction to geochemistry*. McGraw-Hill, New York.
- KUHL, A.D. (1970). Color and IR photos for soils. *Photogram. Engng.*, Vol. 36, No. 1–6, 475–482.
- KYNASTON, H. (1929). *The geology of the country surrounding Pretoria*. Explanation Sheet 1, Geologiese Opname.
- LATTMAN, L.H. (1963). Geologic interpretation of airborne infrared imagery. *Photogram. Engng.*, Vol. 29, 83–87.
- LATTMAN, L.H. & RAY, R.G. (1965). *Aerial photographs in field geology*. Holt, Rinehart en Winston, New York.
- LILJESTRAND, W.E. (1961). Rotary percussion air hammer drilling. *Colorado School of Mines Quarterly*, Vol. 56, No. 1, 83–114.
- LILLESAND, T.M. (red.) (1979). Thermosense I. *Proc. First National conf. Capabilities and Limitations Thermal Infrared Sensing Technology in Energy Conservation Programs*. Chattanooga, Tennessee.
- LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. (1979). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, New York.
- LOGN, Ö. (1954). Mapping nearly vertical discontinuities by earth resistivities. *Geophysics*, Vol. 19, No. 4, 739–760.
- LONGSHAW, T.G., WARNER, T.A. & WITHERS, A.W. (1981). *Thermal infrared interpretation of the Malmani dolomite, Pretoria area – appendices 1 and 2*. Report 31(b) (SES30). Spectral Africa.
- LUCIA, F.J., WEYL, P.K. & DEFFEYES, K.S. (1964). Dolomitization of Recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, Vol. 48, 535–536.
- LUCIA, F.J. (1972). Recognition of evaporite-carbonate shoreline sedimentation. In: *Recognition of ancient sedimentary environments*. Rigby, J.K. en Hamblin, W.K. (red.) Soc. Econ. Paleon. Min., Spec. Pub. No. 16, 160–191.
- LUEDER, D.R. (1959). *Aerial photographic interpretation*. McGraw-Hill, New York.
- MARTINELLI, E. (1978). Groundwater exploration by geoelectrical methods in Southern Africa. *Bull. A.E.G.*, Vol. 15, No. 1, 113–134.

- MASON, B. (1964). *Principles of geochemistry*. John Wiley & Sons, New York.
- McDOWELL, P.W. (1975). Detection of clay filled sink-holes in the Chalk by geophysical methods. *Q. Jl. Engng. Geol.*, Vol. 8, 303–310.
- McKENZIE, R.M. (1977). Manganese oxides and hydroxides. In: *Minerals in Soil Environments*. Dinauer, R.C. (red.), Soil Science Soc. Amer., 181–193.
- McNEILL, J.D. (1980a). *Electrical conductivity of soils and rocks*. Technical note TN-5. GEONICS Limited, Ontario, Canada.
- McNEILL, J.D. (1980b). *Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers*. Technical note TN-6. GEONICS, Ontario, Canada.
- MEIDAV, T. (1969). Hammer reflection seismics in engineering geophysics. *Geophysics*, Vol. 34, No. 3, 383–395.
- METHMANN, H.E. (1978). *Die invloed van sinkgate op stedelike vestigingsbesluite en ruimtelike gedrag in Valhalla*. Navorsingsprojek: Aardrykskunde B.A. (Hons), Universiteit van Pretoria.
- MEYER, R. (1978). The continuous seismic refraction method. *Bull. A.E.G.*, Vol. 15, No. 1, 37–49.
- MEYER, W. & WELCH, R.I. (1975). Water resources assessment. In: *Manual of Remote Sensing*. Reeves, R.G. (red.), Amer. Soc. Photogrammetry, Falls Church, Virginia, 1479–1551.
- MINNETT, R.C.A. (red.) (1979). *Krugersdorp remote sensing research project*. Spectral Africa, Report No. 15.
- MINNETT, R.C.A. & WITHERS, A.W. (1980). *The geology and ground conditions over the Malmani Dolomite in the Pretoria area as interpreted from thermal infrared imagery*. Spectral Africa, Report 31A (SES30).
- MOFFATT, D.L. (1974). Subsurface video pulse RADARs. In: *Proc. Conf. Subsurface Explor. Underground Excav. Heavy Constr.* Henniker, New Hampshire, Engineering Foundation, New York, 195–212.
- MOFFATT, D.L. & PUSKAR, R.J. (1976). A subsurface electromagnetic pulse RADAR. *Geophysics*, Vol. 41, No. 3, 506–518.
- MORAIN, S.A. (red.) (1980). Thermosense II. *Proc. Second National conf. Thermal Infrared Sensing Technology Energy Conservation Progs.* Albuquerque, New Mexico.
- MOORE, W.J. (1960). *Physical Chemistry*. 3e Uitgawe, Longmans, London.
- MOREY, R.M. (1974). Continuous subsurface profiling by impulse RADAR. In: *Subsurface Exploration for Underground Excavation and Heavy Construction*. Proc. Spec. Conf. New England College, Henniker, New Hampshire, 213–232.
- MOREY, R.M. & HARRINGTON, W.S. (1975). Feasibility study of electromagnetic subsurface profiling. EPA rep. N. R2-72-082, contract 68-01-0062 Washington. US Govt. Printing Office. 1972.72 In: Cook, J.C. RADAR transparencies of mine and tunnel rocks. *Geophysics*, Vol. 40, No. 5, 865–885.

- MURTHA, P.A. (1976). Vegetation damage and remote sensing : principal problems and some recommendations. *Photogrammetria*, Vol. 32, 147–156.
- NETTLETON, L.L. (1971). Elementary gravity and magnetics for geologists and sesimologists. *Monograph series No. 1, Soc. Exploration Geophysicists*, Tulsa, Oklahoma.
- NEWTON, A.R. (1972). The future of remote sensing in South Africa. (a) Geological needs. In: *Proc. Symp. Remote Sensing*, 193–199.
- NEWTON, J.G. (1976). Early detection and correction of sinkhole problems in Alabama, with a preliminary evaluation of remote sensing applications. *Alabama Highway Research*. HPR Report No. 76, Research Project 930–070.
- NIXON, I.K. & CHILD, G.H. (1975). Site investigation. In: *Civil Engineer's Reference Book*, Blake, L.S. (red.) 3e Uitgawe, Newnes-Butterworths, London, 10-1 – 10-35.
- NORMAN, J.W. & WATSON, I. (1975). Detection of subsidence conditions by photogeology. *Engng. Geol.*, Vol. 9, 359–381.
- PARTRIDGE, T.C., HARRIS, G.M. & DIESEL, V.A. (1981). Construction upon dolomites of the South-Western Transvaal. In: *I.A.E.G. Symp. "Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks"*, 125–135.
- PICKETT, G.R. (1970). Applications of borehole geophysics in geophysical exploration. *Geophysics*, Vol. 35, No. 1, 81–92.
- PRICE, D.G. (voors.) (1981). Report of the I.A.E.G. commission on site investigation. In: *Bull. I.A.E.G.*, No. 24, 185–226.
- QUIEL, F. (1975). Thermal/IR in geology. *Photogramm. Engng. & Remote Sensing*, Vol. 41, 341–346.
- RAATH, D.G. (1981). Provinsiale beplanning. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 30–47.
- REEVES, R.G. (red.) (1975). *Manual of remote sensing*. Amer. Soc. Photogrammetry, Falls Church, Virginia.
- REEVES, R.G., KOVER, A.N., LYON, R.J.P. & SMITH, H.T.U. (1975). Terrain and minerals : assessment and evaluation. In: *Manual of Remote Sensing*. Reeves, R.G. (red.), Amer. Soc. Photogrammetry, Falls Church, Virginia, 1107–1351.
- REITZ, H.M. & ESKRIDGE, D.S. (1977). Construction methods which recognize the mechanics of sinkhole development. In: *Hydrologic Problems in Karst Regions*, Dilamarter, R.R. en Csallany, S.C. (red.), Western Kentucky University, 432–438.
- ROBINOVE, C.J. (1967). *Remote sensor applications in hydrology*. U.S.G.S., Washington.
- ROHDE, W.G. & OLSON, C.E. (1970). Detecting tree moisture stress. *Photogramm. Engng.*, Vol. 36, No. 1–6, 561–566.
- ROMIG, P. (1974). New applications of seismic investigations to engineering problems. In: *Subsurface Exploration for Underground Excavation and Heavy Construction*. Proc. Spec. Conf., New England College, Henniker, New Hampshire, A.S.C.E., 175–194.

- ROSSOUW, P.D. (1981). Ontwikkeling en beplanning van dolomietgebiede. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 25–29.
- ROUX, P. (1976). *Geologiese verslag oor die sinkgat te Jewelstraat 210, Erf 1388, Laudium*. Ongepubliseerde verslag, Geologiese Opname.
- ROUX, P. (1977). *Tweede geologiese verslag oor die voorgestelde dorp Claudius*. Ongepubliseerde verslag, Geologiese Opname.
- ROUX, P. (1978). *Geologiese verslag oor gedeeltes 10 en 11 van die plaas Mooiplaats 355JR, Distrik Pretoria*. Ongepubliseerde verslag, Geologiese Opname.
- ROUX, P. (1981a). Engineering-geological aspects of township development on dolomite. In: *A.E.G. Symposium on the Engineering Geology of Cities in South Africa*, 172–174.
- ROUX, P. (1981b). Die mineralogie van dolomiet. In: *Seminaar oor die Ingenieursgeologie van Dolomietgebiede*, Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 148–164.
- ROUX, P. (1981c). Evaluasie van nie-ontwaterde dolomitiese gebiede. In: *Seminaar oor die Ingenieursgeologie van Dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 230–241.
- ROUX, P. (1981d). Ondersoektegnieke in dolomietgebiede. In: *Seminaar oor die Ingenieursgeologie van Dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 74–86.
- RUBIN, L.A. & FOWLER, J.C. (1978). Ground-probing RADAR for delineation of rock features. *Engng. Geol.*, Vol. 12, 163–170.
- SABINS, F.F. (1978). *Remote sensing : principles and interpretation*. W.H. Freeman, New York.
- SACS (1980). *Stratigraphy of South Africa. Part 1*. (Comp. L.E. Kent). Lithostratigraphy of the Republic of South Africa, South West Africa/Namibia, and the Republics of Bophuthatswana, Transkei and Venda: Handb. geol. Surv. S. Afr., 8.
- SAVAGE, R.J. (1978). *The detection and mapping of subsurface cavities by resonance techniques*. Applied Dynamics, Leatherhead, Surrey, England.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. (1977). Iron oxides. In: *Minerals in Soil Environments*. Dinauer, R.C. (red.), Soil Science Soc. Amer., Madison, Wisconsin, USA.
- SHAW, A.B. (1964). *Time in stratigraphy*. McGraw-Hill, New York.
- SIEGAL, B.S. & GILLESPIE, A.R. (1980). *Remote sensing in geology*. John Wiley & Sons, New York.
- SKINNER, H.C.W. (1963). Precipitation of calcian dolomites and magnesian calcites in the Southeast of Australia. *Am. J. Sci.*, Vol. 261, No. 5, 449–472.

- SLATER, P.N. (1975). Photographic systems for remote sensing. In: *Manual of Remote Sensing*. Reeves, R.G. (red.), Falls Church, Virginia, 235–323.
- SPARKS, B.W. (1972). *Geomorphology*. 2de Uitgawe, Longman Group Ltd., London.
- SPECHT, M.R. (1970). IR and pan films. *Photogramm. Engng.*, Vol. 36, No. 1–6, 360–364.
- SPECTRAL AFRICA (1978). Some practical applications of thermal infrared linescanning. *Mining Mag.*, Vol. 398–413.
- SWEETING, M.M. (1972). *Karst landforms*. Macmillan, London.
- TAFT, W.H. (1961). Authigenic dolomite in modern carbonate sediments along the southern coast of Florida. *Science*, Vol. 134, 561–562.
- TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E. & KEYS, D.A. (1976). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, London.
- THORNBURY, W.D. (1969). *Principles of geomorphology*. 2de Uitgawe, John Wiley & Sons, New York.
- TMHI (1979). *Standaardtoetsmetodes vir padboumateriale*. Nasionale Instituut vir Vervoer en Padnavorsing, Tegniese Metodes vir Hoofweë, W.N.N.R., Pretoria.
- TOMLINSON, M.J. (1980). *Foundation design and construction*. Vierde Uitgawe, Pitman, London.
- TOMLINSON, R.F. & BROWN, W.G.E. (1962). The use of vegetation analysis in the photo interpretation of surface material. *Photogramm. Engng.*, Vol. 28, No. 4, 584–592.
- TSCHEBOTARIOFF, G.P. (1973). *Foundations, retaining and earth structures*. 2de Uitgawe, McGraw-Hill, New York.
- ULLIMAN, J.J. (1977). Detection of oak wilt with color IR aerial photography. *Photogramm. Engng.*, Vol. 43, No. 10, 1267–1272.
- VAN BREEMEN, N. & BRINKMAN, R. (1976). Chemical equilibria and soil formation. In: *Soil Chemistry. A : Basic Elements*. Bolt, G.H. en Bruggenwert, M.G.M. (red.). Elsevier, Amsterdam, 141–170.
- VAN DER MERWE, D.H. (1964). The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils. The Civil Engineer in South Africa, *Trans. S. Afr. Instn. Civ. Engrs.*, Vol. 6, 103–107.
- VAN EEDEN, O.R. (1972). *Die geologie van die Republiek van Suid-Afrika*. 'n Toeligtig van die 1:1 000 000 kaart van 1970. Spesiale publikasie 18, Departement Mynwese, Geologiese Opname, 85.
- VAN ROESSEL, J.W. (1974). SLAR mosaics for project RADAM. *Photogramm. Engng.*, Vol. 40, No. 5, 583–595.
- VAN ROOY, J.L. (1980). *Ingenieursgeologiese ondersoek van die navorsingsinstituut vir vee- en suiwelkundeterrein te Irene*. Ongepubliseerde verslag, Geologiese Opname.

- VAN SCHALKWYK, A. (1981). Ontwikkelingspatroon en risiko-evaluasie in dolomietgebiede. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 9–24.
- VAN VUUREN, D.J. (1969). Rapid determination of CBR with the portable dynamic cone penetrometer. *The Rhodesian Engineer*, Vol. 7, No. 5, 852–854.
- VAN ZIJL, J.S.V. (1977). *A practical manual on the resistivity method*. C.S.I.R. report FIS 142, Geophysics Div., N.P.R.L., C.S.I.R., Pretoria.
- VAN ZIJL, J.S. (1978). In the uses and abuses of the electrical resistivity method. *Bull. A.E.G.*, Vol. 15, No. 1, 85–111.
- VENTER, I.S. (1981). Evaluasie van dolomietgebiede – ’n klassifikasiebenadering. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 272–284.
- VISSER, J.N.J. (1969). *’n Sedimentologiese studie van die Serie Pretoria in Transvaal* : D.Sc. proefskrif, Univ. Oranje Vrystaat, ongepubliseer.
- VON TASSEL, (1967). In: Chemistry of dolomite formation. Hsu, K.J., In: *Carbonate Rocks : Physical and Chemical Aspects*. Chilingar, G.V., Bissell, H.J. en Fairbridge, R.W. (red.), Elsevier, Amsterdam, 169–191.
- VORSTER, J.E. (1981). Munisipale beplanning. In: *Seminaar oor die Ingenieursgeologie van Dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 48–51.
- WAGENER, F. VON M. (1980). Notes on the procedure to carry out a site investigation on dolomites. *Ground Profile*, No. 24, 16–18.
- WAGENER, F. VON M. (1981). Engineering evaluation of dolomitic areas. In: *Seminaar oor die ingenieursgeologie van dolomietgebiede*. Van Schalkwyk, A. en Venter, I.S. (organiseerders), 242–249.
- WARNE, S. St. J. (1962). A quick field or laboratory staining scheme for the differentiation of the major carbonate minerals. *Jour. Sediment. Petrol.*, Vol. 32, 29–38.
- WARREN, W.M. & WIELCHOWSKY, C.C. (1973). Aerial remote sensing of carbonate terranes in Shelby County, Alabama. *Ground Water*, Vol. 11, No. 6, 14–26.
- WARWICK, D., HARTOPP, P.G. & VILJOEN, R.P. (1979). Application of the infrared linescanning technique to engineering geological mapping in South Africa. *Q. Jl. Engng. Geol.*, Vol. 12, 159–179.
- WATER AND POWER RESOURCES SERVICE (1980). *Earth Manual*. 2de Uitgawe, U.S. Dept. of the Interior, Water and Power Resources Service, Denver, Colorado.
- WEAST, R.C. (red.) (1968). *Handbook of chemistry and physics*. The Chemical and Rubber Company, Cleveland.
- WEAVER, J.M. (1975). Geological factors significant in the assessment of rippability. *Die Siviele Ingenieur in Suid-Afrika*, Vol. 17, No. 12, 313–316.

- WEINERT, H.H. (1968). Engineering petrology for roads in South Africa. *Engng. Geol.*, Vol. 2, No. 6, 363–395.
- WEINERT, H.H. (1974). A climatic index of weathering and its application in road construction. *Géotechnique*, Vol. 24, No. 4, 475–488.
- WELLS, A.J. (1962). Recent dolomite in the Persian Gulf. *Nature*, Vol. 194, 274–275.
- WELLS, E.J. (1949). Penetration speed of percussion drill bits. *Chemical Engng. Mining Review*, 362–364.
- WELLS, E.J. (1950). Penetration speed references for the drillability of rocks. *Proc. Aust. I.M.M.*, Nos. 158–159, 453–464.
- WEST, G. (1980). *Geophysical and television borehole logging for probing ahead of tunnels*. Trans. Road Research Lab. Dept. Environment, Dept. Transport, TRRL Laboratory Report 932, 1–39.
- WEST, G. & DUMBLETON, M.J. (1972). Some observations on swallow holes and mines in Chalk. *Q. Jl. Engng. Geol.*, Vol. 5, 171–177.
- WIID, B.L. (1975). The use of two simple logging methods as an aid in the interpretation of test boreholes for foundation engineering. Speciality Session C : Sampling in Soil and Rock. *Proc. Sixth Regional Conf. for Africa; Soil Mech. and Found. Engng.*, Vol. 2, 186–191.
- WIID, B.L. (1981). Letter to the editor. *Ground Profile*, No. 25, 21–24.
- WILLIAMS, P.W., (1969). The geomorphic effects of ground water. In: *Water, earth and Man*. Chorley, R.J. (red.).
- WOLF, K.H., CHILINGAR, G.V. & BEALES, F.W. (1967). Elemental composition of carbonate skeletons, minerals and sediments. In: *Carbonate Rocks : Physical and Chemical Aspects*. Chilingar, G.V., Bissell, H.J. en Fairbridge, R.W. (red.), Elsevier, Amsterdam, 23–149.
- WOLF, K.H., EASTON, A.J. & WARNE, S. (1967). Examination and analysis of sedimentary carbonates. In: *Carbonate rocks (Developments in sedimentology, Vol. 9B)*, Chilingar, G.V., Bissell, H.J. en Fairbridge, R.W. (red.), Elseviers, New York., 253–341.
- WOLFE, E.W. (1971). Thermal IR for geology. *Photogramm. Engng.*, Vol. 37, 43–52.
- WOLMERANS, J.F. (1964). Submission to that “Special sub-committee on research into water, underground cavities and surface subsidence in dolomitic areas”. Ongepubliseerd.
- WORSFOLD, R.D. (1976). Color compensating filters with infrared film. *Photogramm. Engng.*, Vol. 42, No. 11, 1385–1398.
- ZEEVAERT, L. (1972). *Foundation engineering for difficult subsoil conditions*. Van Nostrand Reinhold, New York.

BYLAAG 1

DIE WYSIGINGSORDONNANSIE OP DORPSBEPLANNING EN DORPE, 1974

Dorpsstigting in die Provinsie Transvaal is onder andere onderhewig aan die Wysigingsordonnansie op Dorpsbeplanning en Dorpe, 1974. *Dié wysigingsordonnansie het betrekking op die funderingsondersoek vir beplanningsdoeleindes. Die Ordonnansie van 1974 kan die voorsiening van inligting oor geologiese toestande afdwing deur verwysing na klousules van die volgende aard: “inligting ... moet aan sodanige vereistes voldoen as wat voorgeskryf word ...”.

”2. Artikel 58 van die Hoofordonnansie word hierby deur die volgende artikel vervang:

58.(1) Die eienaar van enige grond (hierna die aansoekdoener genoem) wat ’n dorp daarop wil stig, moet by die Direkteur skriftelik aansoek om toestemming daartoe doen in sodanige vorm, vergesel van sodanige planne, dokumente, inligting en gelde en moet aan sodanige vereistes voldoen as wat voorgeskryf word ...

58.(8)(a) ... tesame met die betrokke planne en *inligting* vir inspeksie beskikbaar sal wees by die kantoor van die Direkteur vir ’n tydperk van 8 weke van die datum van die eerste publikasie daarvan in die Provinsiale Koerant af en wat sodanige ander inligting bevat as wat voorgeskryf mag wees, en dat iedereen wat teen die toestaan van die aansoek beswaar wil maak ...

58.(14) Te eniger tyd na die ontvangs van ’n aansoek in subartikel (1) genoem, kan die Raad van die aansoekdoener vereis om hom van sodanige verdere besonderhede, *inligting*, planne en tekeninge te voorsien as wat hy wenslik ag.

58.(16) Indien die aansoekdoner of enige persoon wat enige inligting in verband met enige aansoek verskaf, opsetlik en met die bedoeling om te bedrieg, vals of misleidende *inligting* voorlê, is hy aan ’n misdryf skuldig.

Vervanging van artikel 83 van Ordonnansie 25 van 1965.

11. Artikel 83 van die Hoofordonnansie word hierby deur die volgende artikel vervang:

Verandering, wysiging of rojering van algemene plan van dorp.

83.(1) Waar iemand ... in sodanige vorm, vergesel van sodanige planne, dokumente, *inligting* en gelde en moet aan sodanige vereistes voldoen as wat voorgeskryf word, en moet terselfdertyd 'n afskrif van sodanige aansoek by die plaaslike bestuur, as daar is, in wie se munisipaliteit die dorp geleë is, indien.

83.(3) Nadat daar aan die bepalings van subartikel (1) voldoen is, ... tesame met die betrokke planne, dokumente en *inligting* vir inspeksie beskikbaar sal wees by die kantoor van die Direkteur vir 'n tydperk van 8 weke van die datum van die eerste publikasie daarvan af in die Provinsiale Koerant en wat sodanige ander *inligting* bevat as wat voorgeskryf mag word ...

Administrateurskennisgewing 2058 van 27 November 1974 wysig artikel 95 van die Ordonnansie op Dorpsbeplanning en Dorpe, 1965 (Ordonnansie 25 van 1965), die Dorpsbeplanning- en Dorperegulasies, 1965, gepubliseer by Administrateurskennisgewing 977 gedateer 31 Desember 1965, soos gewysig, soos uiteengesit in die Bylae hierby.

BYLAE

DEEL V
DIVERSE

Voorleggings moet aan die Direkteur gerig word.

34. Wanneer die Ordonnansie vereis dat enige aansoek, kennisgewing, dokument of *inligting* aan die Administrateur of die Raad voorgelê moet word, moet sodanige aansoek, kennisgewing, dokument of *inligting* aan die Direkteur gerig word, wat dit na die Administrateur of die Raad, na gelang van die geval, deurstuur.

TWEEDE BYLAE;
VORM VAN OPENBARE KENNISGEWING INGEVOLGE REGULASIE 6(1)(b)

- (A) Wanneer 'n ontwerpskema deur die plaaslike bestuur opgestel is :
2. die bestaande en voorgestelde sone-indeling van die betrokke eiendom en 'n kort aanduiding van die uitwerking wat die sone-indeling sal hê;
...
- (B) Wanneer aansoek om 'n wysigingskema ingevolge artikel 46 van die Ordonnansie gedoen word.

2. vermeld die bestaande en voorgestelde sone-indeling van die betrokke eiendom en gee 'n kort aanduiding van die uitwerking wat die nuwe sone-indeling sal hê.

VYFDE BYLAE:
DORPSTIGTING;
PROVINSIE TRANSVAAL;

Vorm van die aansoek om toestemming om 'n dorp ingevolge die bepalings van die Ordonnansie op Dorpsbeplanning en Dorpe, 1965 (Ordonnansie 25 van 1965) te stig.

(2) 'n gedetailleerde verslag met 'n omvattende motivering betreffende die behoefte aan en die wenslikheid van –

- (b) die ontwerp en gebruik van die erwe en strate in die dorp, met spesiale verwysing na die volgende :
- ...
- (iii) die doel, bruikbaarheid, *grondsamestelling*, topografie, bereikbaarheid, veiligheid en estetiese waarde van parke, as daar is;
- ...
- (iv) hoe die voorgestelde dorp geraak sal word deur die –
- ...
- (cc) *grondsamestelling*;
- ...
- (viii) enige ander aspek wat nodig geag word vir die oorweging van die aansoek;

SESDE BYLAE
UITBREIDING VAN GRENSE VAN GOEDGEKEURDE DORP;
PROVINSIE TRANSVAAL;

Vorm van aansoek om toestemming om ingevolge die bepalings van die Registrasie van Aktes Wet, 1937 (Wet 47 van 1937), saamgelees met artikel 82 van die Ordonnansie op Dorpsbeplanning en Dorpe, 1965, die grense van 'n goedgekeurde dorp uit te brei.

B. Ek lê hierby die volgende voor :

...

(2) 'n gedetailleerde verslag met omvattende motivering met betrekking tot –

...

(c) die ontwerp en gebruik van die grond wat by die dorp ingesluit staan te word, met spesiale verwysing na die volgende :

...

(iii) hoe die stuk grond wat ingesluit staan te word deur die volgende geraak sal word :

...

(cc) *grondsamesstelling;*

...

(d) enige ander aangeleentheid wat nodig geag word vir die oorweging van die aansoek;

...”

Die prosedure wat gevolg is om die voorgestelde dorpe op dolomiet as sodanig te eien berus op 'n algemene kommentaarsisteen waarby 32 instansies betrokke is. Die aansoek om dorpstigting word na dié instansies verwys vir kommentaar. Die Geologiese Opname identifiseer die geologie van die voorgestelde terrein en indien dit op dolomiet geleë is of die stabiliteit van die terrein deur dolomiet onder dun bedekking van een of ander aard beïnvloed kan word is 'n verslag deur 'n privaatraadgewer aangestel deur die dorpstigter verlang.

BYLAAG 2
VERWOERDBURG POSVRAELYSOPNAME

Die eerste drie vrae het betrekking op die respondent se ouderdom, die straatadres en erfnummer van die eiendom.

Die reaksie op die vrae is agtereenvolgens soos volg :

VRAAG 4

Huistaal. Hierdie vraag stel ten doel om deur middel van die huistaal te bepaal of die terugvoering verteenwoordigend is. Die resultate verskyn in Fig. 3.4.1. Die resultate van die vraelysopname word in Tabel 3.4.2 met die van die Republiek as geheel en die PWV-opname van 1976 vergelyk.

TABEL 2.1
VERGELYKING VAN HUISTAAL

Bron	Afrikaans (Persent)	Engels (Persent)
Departement van Statistiek	57	39
Vraelysopname	62	37
PWV-Oopname (1976)	68	29

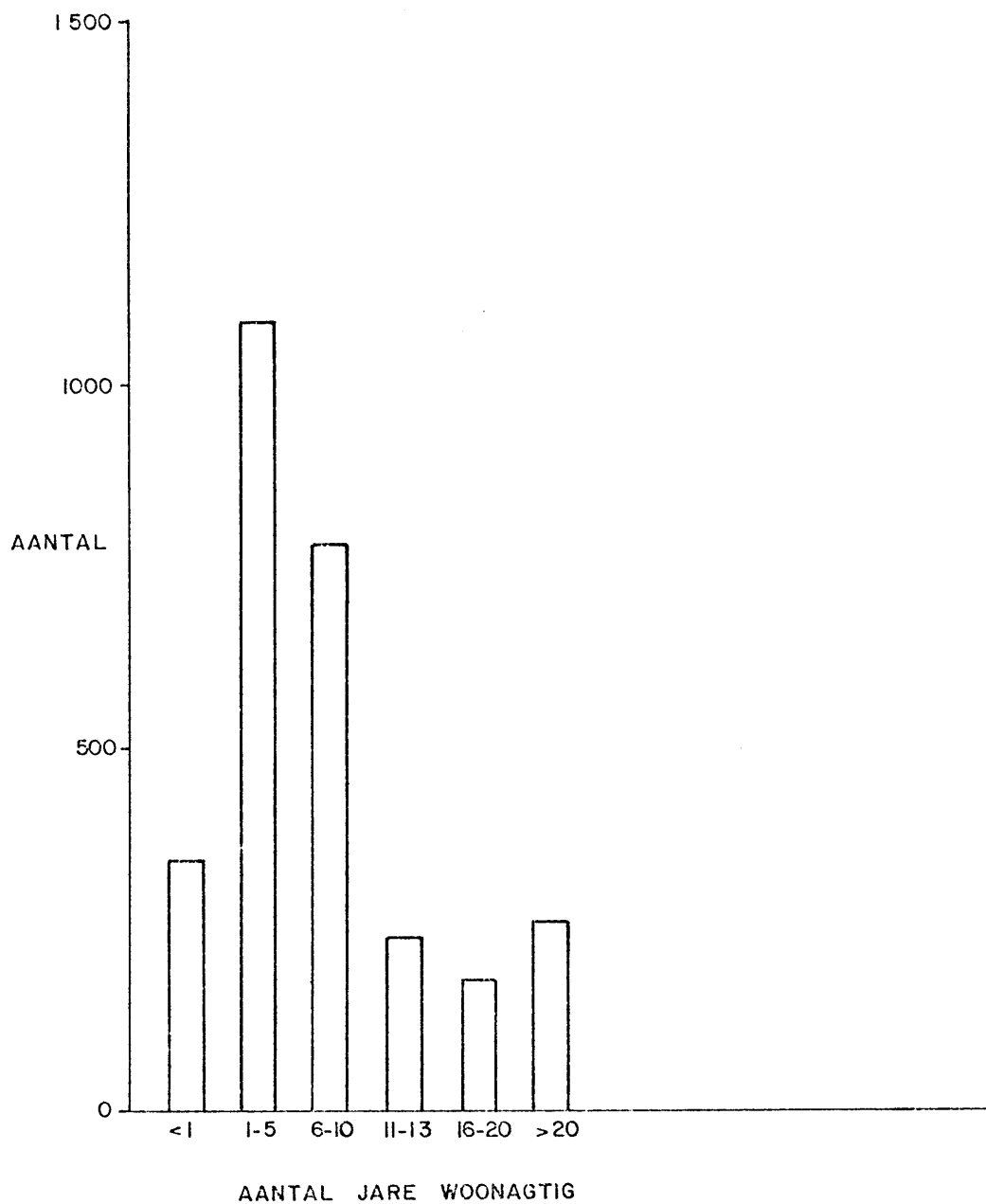
Die persentasie van 36 persent vir die vraelysopname is die som van Engelse en tweetalige (Engels- en Afrikaanssprekende) respondente. Die gegewens in Tabel 3.4.2 dien as bewys dat die vraelysopname verteenwoordigend beantwoord is.

VRAAG 5

Hoe lank is u in hierdie huis woonagtig?

Die tydperk wat 'n persoon reeds in 'n spesifieke huis woonagtig is, is vir die doeleinde van die posvraelysopname 'n aanduiding van die respondent se bewustheid van die dolomitiese probleem. Die terugvoering verskyn in Fig. 2.1.

Daar is dus 23 persent van die respondente wat bewus behoort te wees van die groot aantal sinkgate wat gedurende die periode 1970 tot 1974 gevorm het en hulle behoort ook 'n betroubare beeld te hê van die strukturele stabiliteit van geboue.



FIGUUR 2.1 FREKWENSIEDIAGRAM: VRAAG 5
HOE LANG IS U IN HIERDIE HUIS WOONAGTIG ?

VRAAG 6

Afstand in meter tussen huis/buitegeboue en naaste tuinplante wat in grond (nie in potte of bakke nie) geplant is.

Daar is bepalings in die dorpsstigtingsvoorwaardes ten opsigte van die afstand tussen plante en die fondamentmuur – die vraag poog om die huidige nakoming van die voorwaarde in bestaande ontwikkeling te peil. Die terugvoering verskyn in Fig. 2.2.

Volgens die opname voldoen slegs vyf persent van die respondente aan die bepaling wat 'n afstand van vier meter vereis.

VRAAG 7

Afstand tussen huis/buitegeboue en naaste grasperk.

Die vraag peil die nakoming in die dorpsstigtingsvoorwaardes van die 1,5 meter reël ten opsigte van die afstand wat grasperke vanaf die fondamentmuur van geboue moet wees, sien Fig. 2.3.

Slegs sowat 40 persent van die respondente voldoen aan die vereiste.

VRAAG 8

Wanneer u die tuin en struik natlei hoe vinnig trek die water in die grond in?

Die tempo waarteen water in die insyfer is 'n aanduiding van die deurlatendheid wat die verspreiding van los gruis en los tot medium digte slikkige sand, sien Fig. 2.4.

Sowat 88 persent van die respondente het toestande in die tuin waar water redelik vinnig of vinniger insyfer.

VRAAG 9

Gedurende watter jare is die huis gebou waarin u tans woon?

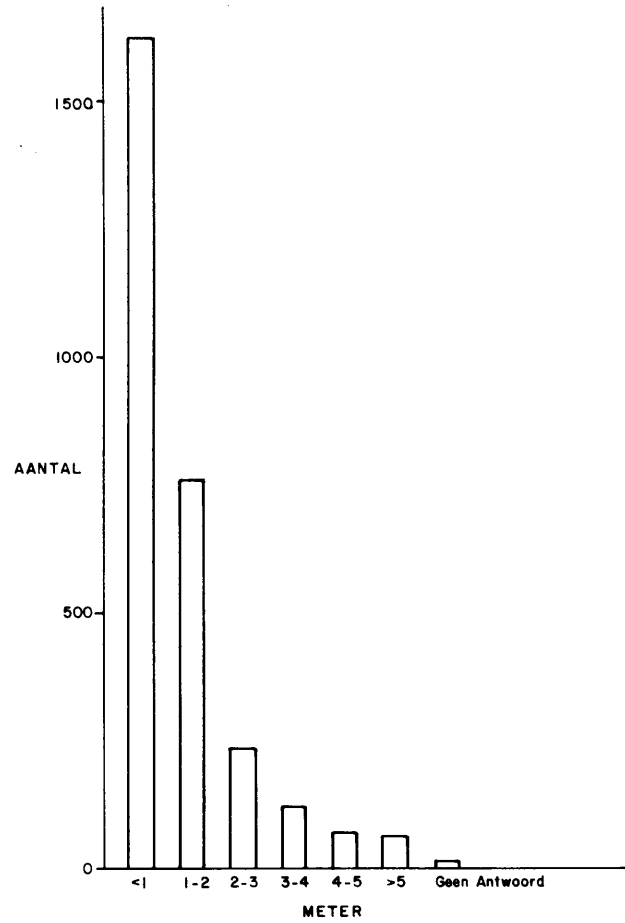
Die vraag stel verspreiding van die respondente se huise se ouderdomme vas. Die persentasie huise voor 1970 gebou is veral van belang vir die interpretasie van latere vrae 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21 en 24. (Sien Fig. 2.5).

Daar was 45 persent van die huise voor 1970 gebou.

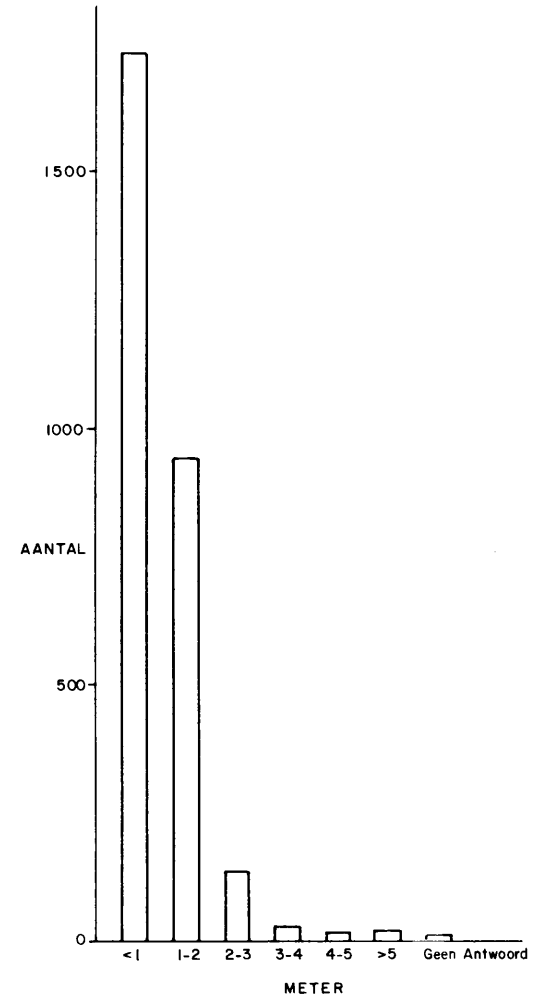
VRAAG 10

Kom daar rotse aan die grondoppervlak of op vlak diepte (teengekom in voorbereiding van blombeddings, ens.) op u erf voor?

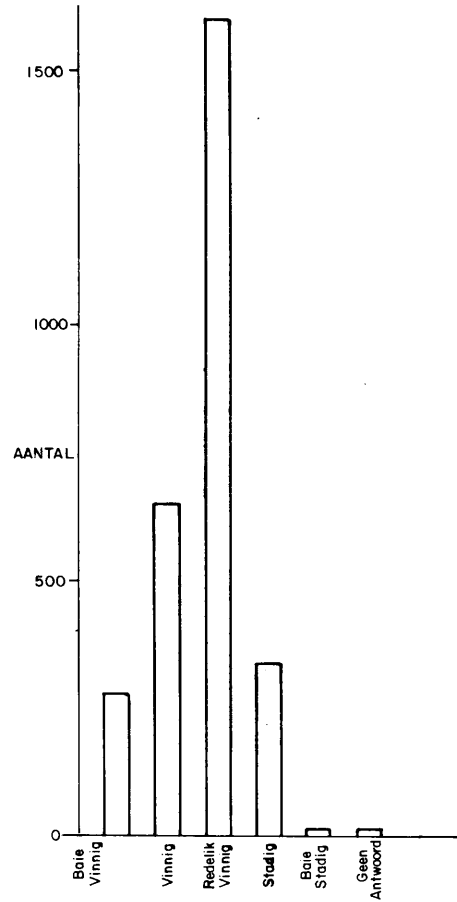
Aangesien die meeste dorpsontwikkeling op die chertryke Formasies Monte Christo en Eccles is, is daar verwag dat heelwat dagsoom, veral chert, gerapporteer sal word. Die vraag is so gestel om dit eenvoudiger vir die leek te maak om te beantwoord. Die resultate word in Fig. 2.6 uitgebeeld.



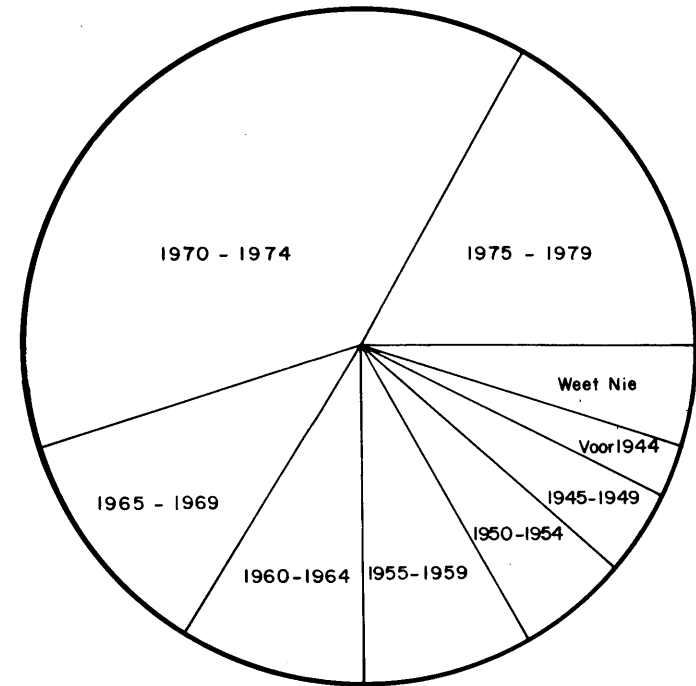
FIGUUR. 2.2. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 6
AFSTAND IN METERS TUSSEN HUIS/BUITEGEBOU EN
NAASTE TUINPLANTE WAT IN GROND (NIE IN POTTE OF
BAKKE NIE) GEPLANT IS.



FIGUUR. 2.3. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 7
AFSTAND IN METER TUSSEN HUIS/BUITEGEBOU EN NAASTE
GRASPERK.



FIGUUR. 2.4. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 8
WANNEER U DIE TUIN EN STRUIKE NATLEI HOE VINNIG TREK
DIE WATER IN DIE GROND IN?



FIGGUUR. 2.5. FREKWENSIEKAART : VRAAG 9
GEDURENDE WATTER JARE IS DIE HUIS GEBOU
WAARIN U TANS WOON?

Vir verreweg die grootste persentasie van die 67,7 persent van die respondente wat rots aan of naby die grondoppervlak gerapporteer het sal chert waarskynlik die gesteente wees wat teengekom is, aangesien dit meer weerstandbiedend is en baie stadiger as dolomiet verweer.

VRAAG 11

Het daar reeds enige sinkgate op die erf waar u tans woon gevorm?

Hierdie vraag is reguit gestel om dubbelsinnigheid te vermy.

Die doel was om die ligging van onbekende sinkgate vas te stel.

Die resultate is vervat in Fig. 2.7.

Uit Fig. 2.7 kan slegs afgelei word dat die publiek nie goed ingelig is nie. Hierdie stelling word toegelig deur Tabel 2.2 van 'n verdere ontleding van die positiewe reaksie op die vraag.

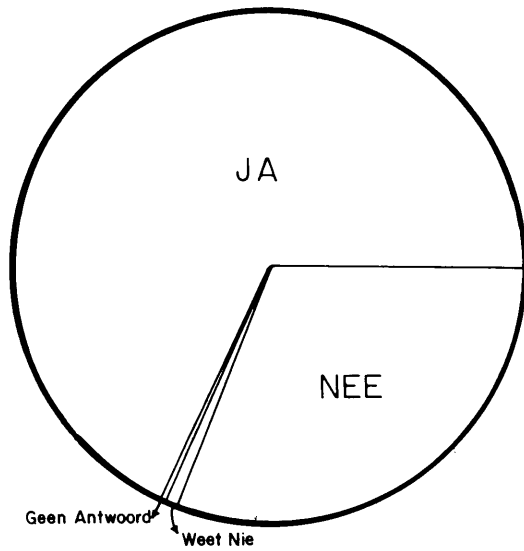
TABEL 2.2
OPENBARE KENNIS VAN SINKGATE IN VERWOERDBURG

Dorp (Voorstad)	Aantal
Wierdapark	4
Doringkloof	1
Kloofsig	3
Lyttelton	8
Irene	1
Clubview	1
Clubview Uitbreiding 2	1
Lyttelton	1
Totaal	20

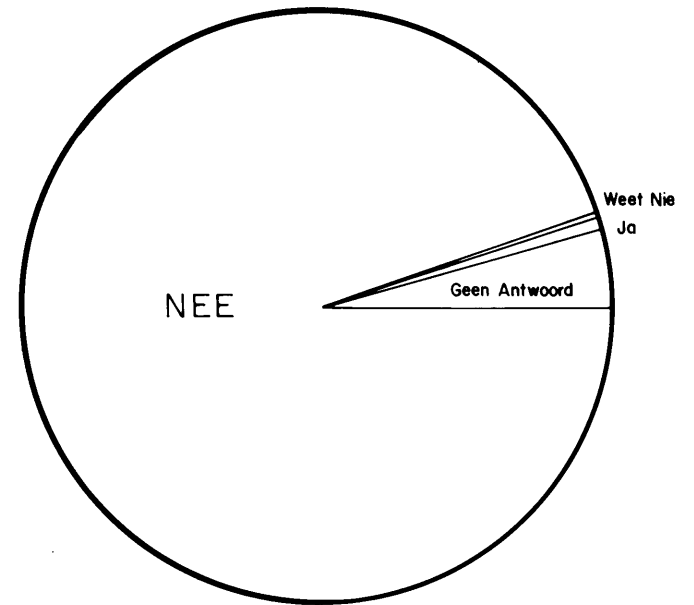
Daar is vier respondente wat beweer dat sinkgate op hulle eiendomme in Wierdapark gevorm het. Hierdie stellings kan nie aanvaar word nie aangesien daar so ver die skrywer se kennis strek nog net klein versakkings as gevolg van kompaksie van die mangaanaarde in hierdie voorstad voorgekom het maar sinkgate is beslis ongekend. By kontrole van die ander adresse kan daardie inligting as korrek aanvaar word.

VRAAG 12

Het daar al ooit 'n versakking (insinking) van die grond op die erf waar u tans woon plaasgevind?



FIGUUR. 2.6. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 10
KOM DAAR ROTSE AAN DIE GRONDOPPERVAK
OF OP VLAK DIEPTE (TEENGEKOM IN VOORBEREIDING
VAN BLOMBEDDINGS, ENS) OP U ERF VOOR ?



FIGUUR. 2.7. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 11
HET DAAR REEDS ENIGE SINGATE OP DIE ERF WAAR U
TANS WOON GEVORM ?

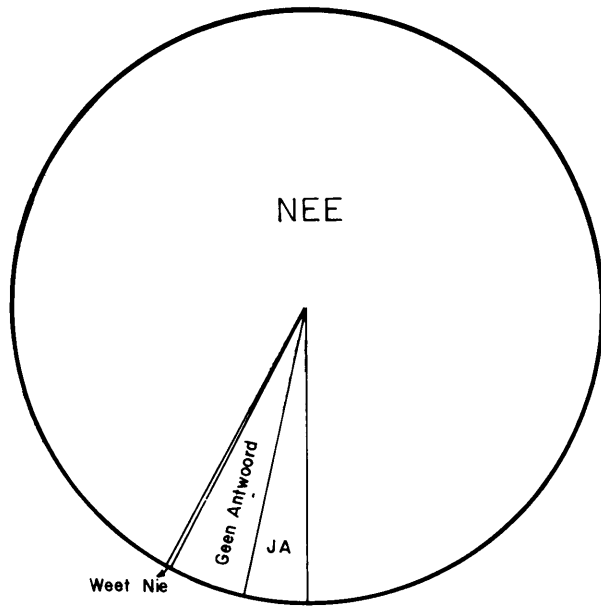
Hierdie vraag beoog om die kennis in verband met die ligging van versakkings aan te vul (sien Fig. 2.8).

Die positiewe reaksie van die respondente word verder in Tabel 2.3 ontleed.

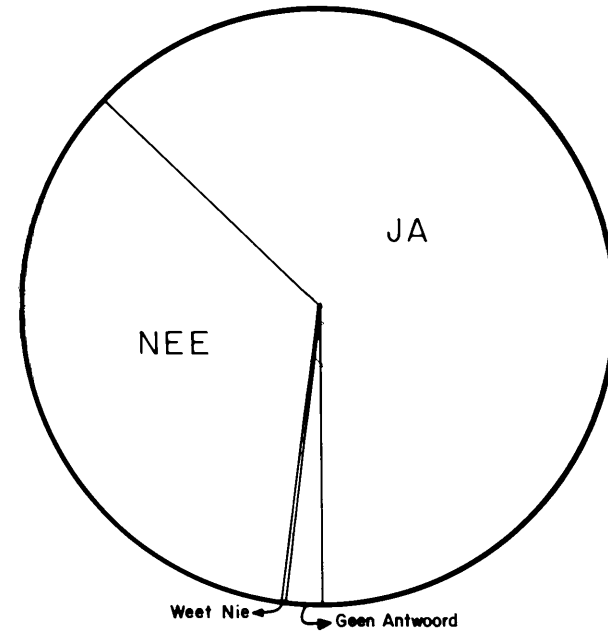
TABEL 2.3
OPENBARE KENNIS VAN VERSAKKINGS IN VERWOERDBURG

Dorp (Voorstad)	Aantal
Bronberrik	2
Clubview	7
Clubview Oos	1
Clubview Uitbreiding 1	1
Clubview Uitbreiding 2	1
Clubview-Wes	1
Doringkloof	16
Eldoraigne	2
Hennospark	2
Hennospark Uitbreiding 3	2
Irene	9
Kloofsig	6
Lyttelton	30
Lyttelton Landbouhoewes	4
Pierre van Ryneveld	1
Rooihuiskraal	2
Wierdapark	10
Wierdapark Uitbreiding 1	2
Totaal	99

Daar is deur vier respondente aangedui dat die versakkings verband hou met die ou stapel-riole, dit is 'n redelik normale verskynsel. Die twee reaksies vanuit Rooihuiskraal hou verband met 'n rioolsloot wat vasgesak het. Die ongekontroleerde terugvulling van slote waarin dienste aangebring is en oneffektiewe dreinerings van erwe, veral waar daar nie met omsigtigheid tuingemaak is nie, kan versakkings soos gerapporteer veroorsaak. Met die uitsondering van Kloofsig, Pierre van Ryneveld en Rooihuiskraal is al die respondente op die Formasie Monte Christo woonagtig. Meeste van die versakkings wat in Wierdapark oor die afgelope 15 jaar besoek is het verband gehou met mangaanaarde wat baie na aan die grondoppervlak voorkom.



FIGUUR. 2.8. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 12
HET DAAR AL OOI T 'N VERSAKKING (INSINKING) VAN
DIE GROND OP DIE ERF WAAR U TANS WOON PLAASGEVIND ?



FIGUUR. 2.9. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 13
IS DIE HUIS/BUIITEGEBOU VRY VAN BARSTE GROTER
AS 3mm IN BREEDTE ?

VRAAG 13

Is die huis/buitegeboue vry van barste groter as 3 mm in breedte?

Die doel met hierdie vraag is om die omvang van stabiele toestande te peil. Die resultate word uitgebeeld in Fig. 2.9.

Die respondente wat NEE geantwoord het word ten opsigte van die dorpe waarin hulle woonagtig is in Tabel 2.4 verder ontleed.

TABEL 2.4

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrik	47	47	4,8
Clubview	95	142	9,6
Cranbrookvale	8	150	0,8
Doringkloof	132	282	13,4
Eldoraigne	56	338	5,7
Eldoraigne Uitbreiding 1	13	351	1,3
Eldoraigne Uitbreiding 2	4	355	0,4
Hennospark	34	389	3,5
Irene	146	535	14,8
Kloofsig	32	567	3,3
Lyttelton	258	825	26,2
Raslouw	9	834	0,9
Rooihuiskraal	10	844	1,0
Simarlo	3	847	0,3
Tamarapark	6	853	0,6
Wierdapark	116	969	11,8
Wierdapark Uitbreiding 1	14	983	1,4
Wierdapark Uitbreiding 6	3	986	0,3
Totaal			100,1

Die NEE-reaksie se ontleding dui op 'n hoë frekwensie skade aan huise in Clubview, Doringkloof, Eldoraigne, Irene, Lyttelton en Wierdapark. Die vier dorpe met die hoogste frekwensie is Doringkloof, Irene, Lyttelton en Wierdapark. Dit is gemene saak dat differensiële beweging in Wierdapark, as gevolg van die besonder vlakliggende mangaanaarde,

wat selfs aan die grondoppervlak voorkom, te wagte is. Die ander drie dorpe is op die bokant van die Formasie Monte Christo langs dieselfde strekkingsrigting geleë.

VRAAG 14

Is u bewus van enige sinkgate of versakkings in u voorstad?

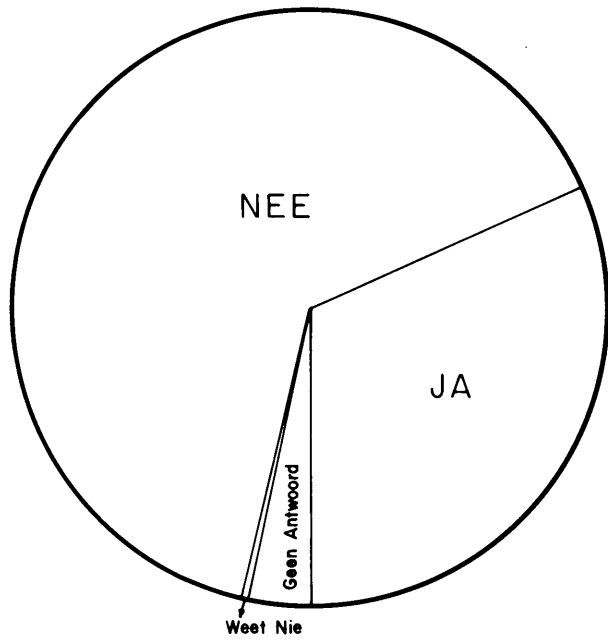
Met hierdie vraag is beoog om die data aangaande sinkgatposisies aan te vul en die inwoners se bewustheid van sinkgate en versakkings te peil, (Fig. 2.10).

Die ondersoek deur Methmann (1978) het bevind dat 92 persent van die respondente van sy opname in Valhalla voor vestiging daarvan bewus was dat sinkgate in die voorstad voorkom. Hy het bepaal dat 74 persent van die inwoners bewus is daarvan dat sinkgate op hulle eiendomme mag vorm. Ten opsigte van die Verwoerdburgse munisipale gebied ontleed die bewustheid ten opsigte van sinkgate in die onderskeie voorstede soos in Tabel 2.5.

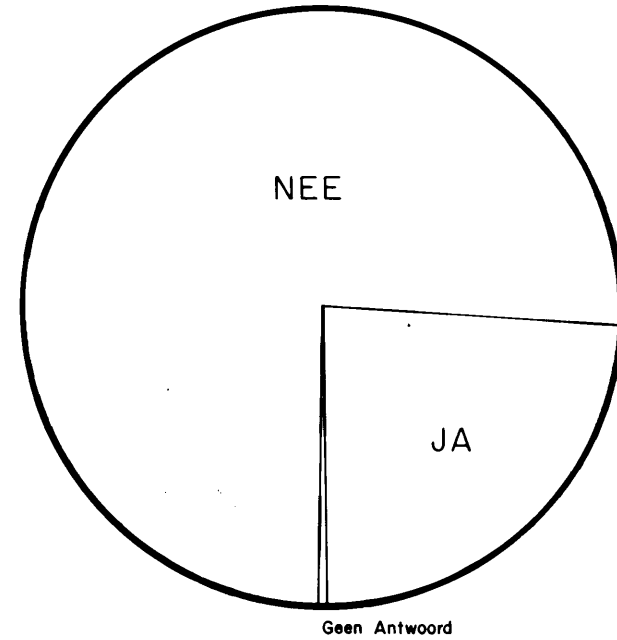
TABEL 2.5

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrik	2	2	0,2
Clubview	59	61	6,5
Doringkloof	74	135	8,1
Eldoraigue	46	181	5,1
Eldoraigue Uitbreiding 1	3	184	0,3
Hennospark	2	186	0,2
Irene	84	270	9,2
Kloofsig	32	302	3,5
Lyttelton	580	882	63,7
Pierre van Ryneveld	1	883	0,1
Raslouw	5	888	0,5
Simarlo	2	890	0,2
Wierdapark	18	908	2,0
Wierdapark Uitbreiding 1	2	910	0,2
Totaal			99,8

Die dorpe Bronberrik, Raslouwlandbouhoewes, Simarlolandbouhoewes, Wierdapark en Wierdapark Uitbreiding 1 word grootliks deur siënet onderlê en daar is geen sinkgate binne die genoemde gebiede bekend nie. Slegs Eldoraigue Uitbreiding 1, Pierre van Ryneveld en Wierdapark Uitbreiding 1 is geotegnies ondersoek, dienooreenkomstig beplan



FIGUUR.2.IO. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 14
IS U BEWUS VAN ENIGE SINGKATE OF VERSAKING IN
U VOORSTAD?



FIGUUR.2.II. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 15
HET U AL OOI KRANE GEHAD WAT BUIE LANGS DIE HUIS/
BUIEGBOE OF IN DIE TUIN GELEK HET, OF VERGEET
OM DIE TUINSLANG OORNAG TOE TE DRAAI?

en ontwikkel. Daar is geen sinkgate bekend in Bronberrick, Hennospark, Pierre van Ryneveld, Raslouw, Simarlo, Wierdapark en Wierdapark Uitbreiding 1 nie. Sinkgate het wel voorgekom in Clubview, Eldoraigne, Irene, Kloofsig, Lyttelton en die onontwikkelbare gedeeltes van Eldoraigne Uitbreiding 1. Die gevolgtrekking word dus gemaak dat die respondente hierdie vraag nie deurgaans korrek vertolk het nie.

VRAAG 15

Het u al ooit krane gehad wat langs die huis/buitegeboue of in die tuin gelek het, of vergeet om die tuinslang oornag toe te draai?

Daar bestaan 'n verband tussen differensiële beweging en watersyfering, die vraag het ten doel om dus dié verband met die terugvoering op vraag 12 te toets. Die resultate word in Fig. 2.11 uitgebeeld.

Die ontleding van positiewe reaksie op die vraag is in die onderstaande Tabel 2.6 ontleed.

TABEL 2.6

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrick	18	18	2,6
Clubview	66	84	9,6
Cranbrookvale	2	86	0,3
Doringkloof	67	153	9,7
Eldoraigne	57	210	8,2
Eldoraigne Uitbreiding 1	3	213	0,4
Hennospark	11	224	1,6
Irene	82	306	11,9
Kloofsig	11	317	1,6
Lyttelton	244	561	35,3
Raslouw	10	571	1,4
Rooihuiskraal	4	575	0,6
Simarlo	2	577	0,3
Tamarapark	2	579	0,3
Wierdapark	106	685	15,3
Wierdapark Uitbreiding 1	6	691	0,9
Totaal			100,0

Vergelyking tussen die bostaande ontleding en Tabel 2.4 van die verspreiding van die respondente dui aan dat daar proporsioneel meer krane lek in die ouer dorpe soos Irene en Lyttelton as die ander dorpe.

VRAAG 16

Het daar al ooit 'n waterpyp op u erf gelek?

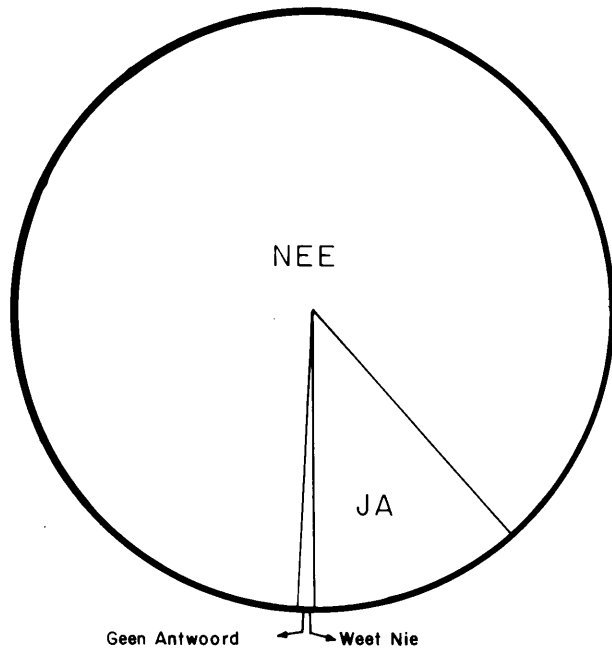
Hierdie vraag is in dieselfde kader as vraag 15 maar poog om 'n ernstiger graad van watersyfering te peil, die reaksie word in Fig. 2.12 voorgestel.

Die ontleding van die JA-respondente ten opsigte van die dorpe verskyn in Tabel 2.7.

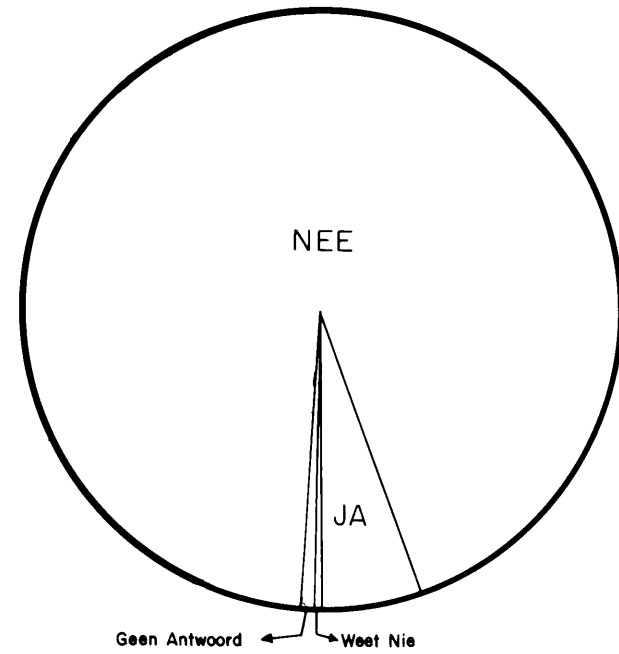
TABEL 2.7

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrik	12	12	3,6
Clubview	41	53	12,3
Cranbrookvale	2	55	0,6
Doringkloof	54	109	16,1
Eldoraigne	17	126	5,1
Eldoraigne Uitbreiding 1	2	128	0,6
Hennospark	5	133	1,5
Irene	34	167	10,2
Kloofsig	7	174	2,1
Lyttelton	109	283	32,6
Raslouw	12	295	3,6
Simarlo	2	297	0,6
Tamarapark	1	298	0,3
Wierdapark	31	329	9,3
Wierdapark Uitbreiding 1	5	334	1,5
Totaal			100,0

Daar word buitengewoon baie lekkasie van waterpype vanaf Clubview, Lyttelton, Doringkloof, Irene en Wierdapark aangemeld. Die moontlikheid bestaan dat daar 'n sterker neiging tot korrosie van pype in die gebiede is.



FIGUUR.2.12. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 16
HET DAAR AL OOIT 'N WATERPYP OP U ERF GELEK ?



FIGUUR.2.13. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 17
HET DAAR AL OOIT 'N RIOOLPYP OP U ERF GELEK
OF GEBREEK ?

VRAAG 17

Het daar al ooit 'n rioolpyp op u erf gelek of gebreek?

Lekkasie uit rioolpype het in die verlede in dolomietgebiede aanleiding gegee tot 'n groot aantal versakkings en ernstige skade aan strukture en selfs ook sinkgate. Inligting bekom met hierdie vraag sal dus aandui of die verouderde kalfaterlasse wel so 'n groot probleem bied (sien Fig. 2.13).

Alhoewel die ouer tipe rioolpyp in die meeste gevalle van geglasuurde erdewerk vervaardig is, is die lasse met kalfatering geseël. Kalfatering droog redelik vinnig en kan binne twee jaar aanleiding tot lekkasie met moontlike ernstige gevolge gee. Dit hang natuurlik saam met die volume wat deur die pyp vloei. In militêre kampe waar hoë piekvloede bereik word bied dit beslis 'n probleem wat reeds etlike sinkgate tot gevolg gehad het.

Die positiewe reaksie ontleed ten opsigte van die verskillende dorpe soos in Tabel 2.8 uiteengesit :

TABEL 2.8

Dorp	Frekwensie	Kum.f	Persentasie
Bronberrik	2	2	1,3
Clubview	19	21	12,7
Cranbrookvale	3	24	2,0
Doringkloof	18	42	12,0
Eldoraigne	11	53	7,3
Hennospark	2	55	1,3
Irene	25	80	16,7
Kloofsig	6	86	4,0
Lyttelton	40	126	26,7
Raslouw	2	128	1,3
Rooihuiskraal	1	129	0,7
Simarlo	1	130	0,7
Wierdapark	19	149	12,7
Wierdapark Uitbreiding 1	1	150	0,7
Totaal			100,1

Die dorpe wat bo-normaal lekkasie uit rioolpype ondervind het is Lyttelton, Clubview, Doringkloof, Irene en Wierdapark. Die stratigrafiese posisie van Clubview en Irene verskil heelwat aangesien eersgenoemde aan die basis van die Formasie Monte Christo en Irene

aan die top daarvan geleë is. Beide is relatief ou dorpe met relatief min sinkgate, wat daarop dui dat 'n laer bevolkingsdigtheid bevorderlik is vir die veilige ontwikkeling van dolomietgebiede.

VRAAG 18

Is daar 'n swembad op u erf?

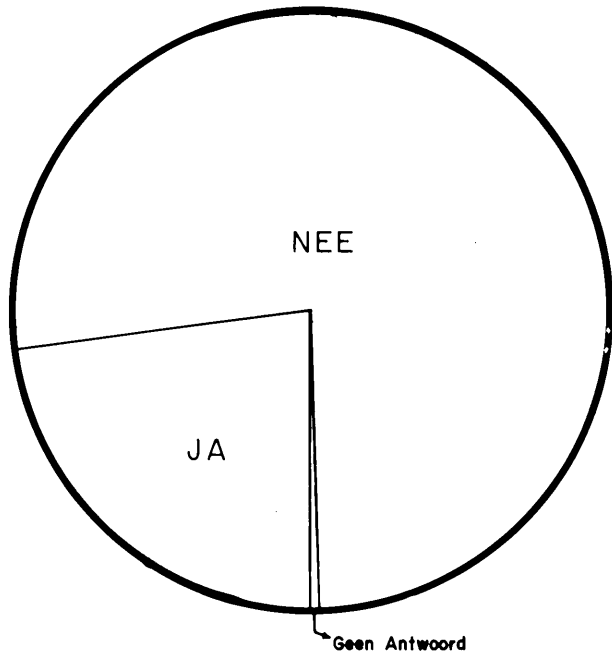
Die vraag stel ten doel om die verspreiding van swembaddens te bepaal, die reaksie word in Fig. 2.14 uitgebeeld.

Swembaddens word as 'n verhoging van versakkings- en/of sinkgatvormingsrisiko in dolomietgebiede vertolk tensy die terrein op ingenieursgeologiese gronde stabiel beskou kan word. In die verlede is daar reeds ernstige probleme met swembaddens wat differensieël versak het ondervind en in enkele gevalle onherstelbaar beskadig is en tot niet gemaak moes word. Daar is reeds versakkingsprobleme ondervind met drie militêre swembaddens waarvan een in die literatuur opgeneem is (Donaldson, 1962). Die swembad van die Lytteltonse Afrikaanse Hoërskool is op vlakliggende mangaanaarde gefundeer en alhoewel dit van 'n valsboom met 'n spesiale suigput voorsien was, is dit sodanig beskadig dat dit verwyder moes word (Klop, 1974).

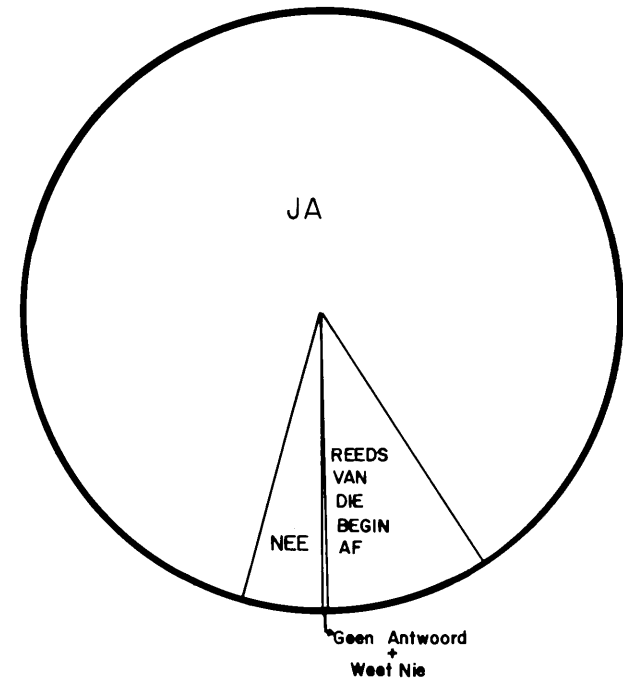
Daar bestaan vandag riglyne vir die oprigting van 'n swembad op dolomitiese gebiede (Roux, 1981c) dit word in Hoofstuk 8 aangehaal onder die voorsorgmaatreëls vir ontwikkeling op dolomiet. Die JA-antwoorde is in Tabel 2.9 ontleed.

TABEL 2.9

Dorpe	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrick	32	32	4,8
Clubview	78	110	11,7
Cranbrookvale	5	115	0,8
Doringkloof	88	203	13,2
Eldoraigne	76	279	11,4
Eldoraigne Uitbreiding 1	10	289	1,5
Hennospark	21	310	3,2
Irene	95	405	11,4
Kloofsig	3	408	0,4
Lyttelton	149	557	22,4
Raslouw	13	570	2,0
Rooihuiskraal	5	575	0,8
Simarlo	3	578	0,4
Tamarapark	7	585	1,1
Wierdapark	76	661	11,4
Wierdapark Uitbreiding 1	4	665	0,6
Totaal			100,0



FIGUUR.2.14. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 18
IS DAAR 'N SWEMBAD OP U ERF ?



FIGUUR.2.15. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 19
HET U REEDS BY DIE MUNISIPALE SPOELRIOOLSKEMA
AAGESLUIT ?

VRAAG 19

Het u reeds by die munisipale spoelrioolskema aangesluit? Die vraag se doel is om die bestaande aansluiting by die munisipale spoelrioolskema soos toestand in 1979 was te bepaal. Die terugvoering word in Fig. 2.15 voorgestel. Die klein aantal wat nie skakel nie is op landbouhoewes woonagtig.

VRAAG 20

Hoe ver (tot die naaste meter) is die stapelriool (Eng. French Drain) van u huis geleë. (Indien u reeds by die spoelrioleringskema aangesluit het, hoever is u huis van die ou stapelriool).

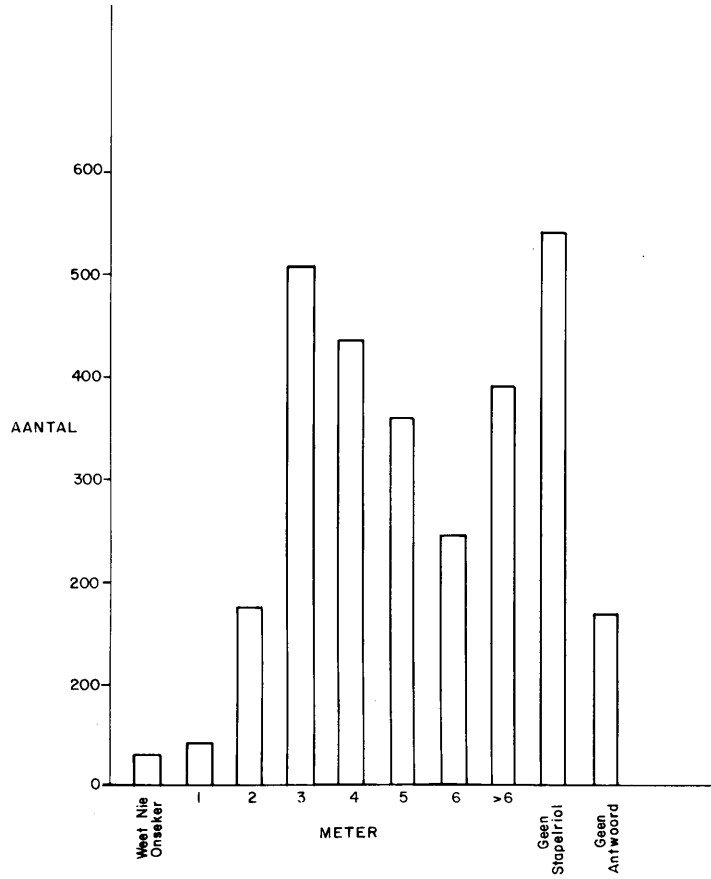
Die ligging van die stapelriool, wat gewoonlik in 'n uitgeloogde naat gebou is, is belangrik vir die veiligheid van ontwikkeling op 'n dolomitiese eiendom. Die vraag het ten doel om die afstand vanaf die riool na die naaste gebou te bepaal, sien Fig. 2.16.

Stapelriole is onaanvaarbaar binne 'n woongebied op dolomiet daar word aangedring op 'n spoelrioolstelsel. Daar word wel op landbouhoewes oorweging geskenk aan stapelriole mits dit 6 meter of meer van die huis verwyder is, heuwel-af in 'n posisie waar dit nie strukture op die naburige eiendomme aan versakking en/of sinkgatvorming sal blootstel nie. Dit mag nie vir syferwater moontlik wees om terug te vloei in die rigting van die woonhuis en buitegeboue nie. Gelukkig is die sluimerende gevaar nie meer so effektief teenwoordig nie aangesien die stapelriole in die dorpe nie meer gebruik word nie.

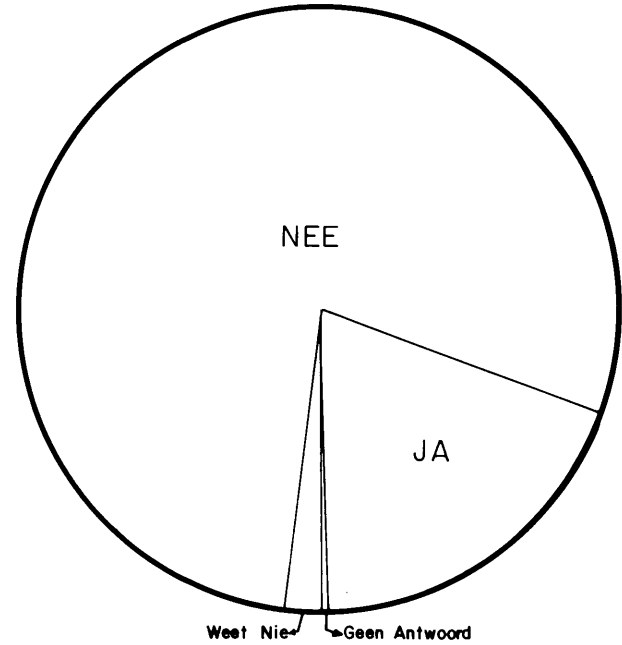
VRAAG 21

Het enige deel van die huis of buitegebou reeds gekraak of het daar pleister van die mure afgeval? (Sien Fig. 2.17).

Die terugvoering op hierdie vraag behoort 'n aanduiding te verskaf van die omvang van differensiële versakkingsprobleme in die Verwoerdburggebied (sien Tabel 2.3). Ten opsigte van die onderskeie dorpe (sien Tabel 2.10) is die ontleding van die JA-respons soos volg:



FIGUUR. 2. 16. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 20
HOE VER (TOT DIE NAASTE METER) IS DIE STAPELRIOOL VAN
U HUIS GELEË. INDIEN U REEDS BY DIE SPOELRIOLERINGSKEMA
AANGESLUIT HET, HOEVER IS U HUIS VAN DIE OU STAPELRIOOL.



FIGUUR. 2.17. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 21
HËT ENIGE DEEL VAN DIE HUIS OF BUITEGEBOUE REEDS
GEKRAAK OF PLEISTER VAN DIE MURE AFGEVAL ?

TABEL 2.10

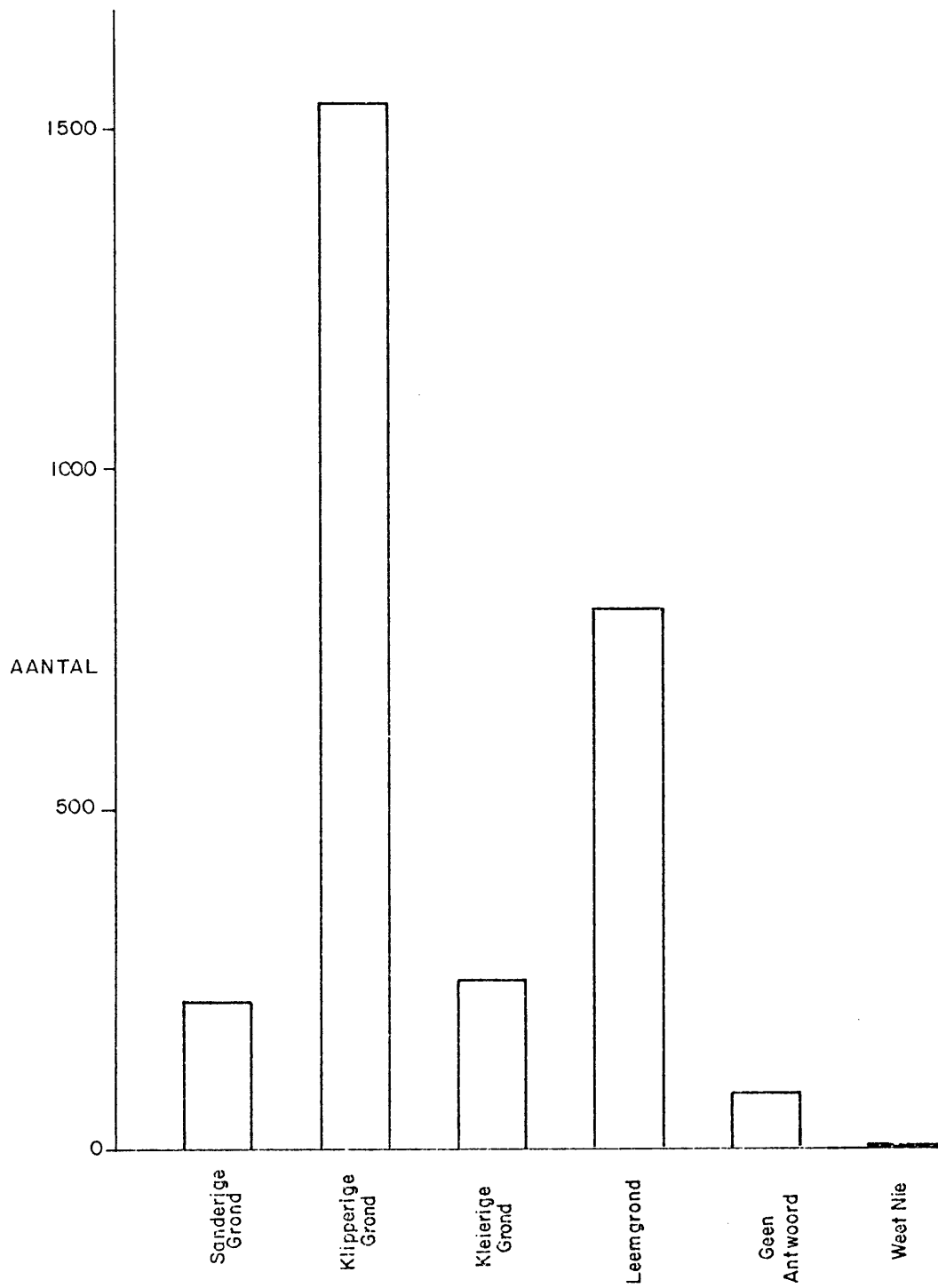
Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrick	16	16	2,9
Clubview	43	59	7,8
Cranbrookvale	1	60	0,2
Doringkloof	98	158	17,7
Eldoraigne	36	194	6,5
Eldoraigne Uitbreiding 1	3	197	0,5
Hennospark	11	208	2,0
Hennospark Uitbreiding 1	8	216	1,4
Irene	56	272	10,1
Kloofsig	22	294	4,0
Lyttelton	177	471	32,0
Raslouw	6	477	1,1
Rooihuiskraal	2	479	0,4
Simarlo	2	481	0,4
Tamarapark	2	483	0,4
Wierdapark	59	483	10,6
Wierdapark Uitbreiding 1	11	553	2,0
Totaal			100,0

Dit sal ongelukkig onprakties wees om vas te stel hoeveel van die bogenoemde skade te wyte is aan swak konstruksie en/of vakmanskap; dit is faktore wat beslis hier 'n rol moet speel. Dit is opvallend dat Doringkloof, Irene en Lyttelton die meeste deur differensiële beweging geaffekteer is. Die dorpe is almal langs dieselfde stratigrafiese horison, naamlik die boonste gedeelte van die Formasie Monte Christo en baie na aan die Formasie Lyttelton, geleë. Dit is nie net die ouderdom van die dorpsgebied wat 'n rol speel nie anders moes Clubview ook betrokke gewees het.

VRAAG 22

Watter soort grond kom die meeste in u tuin voor?

Die vraag beoog om 'n vergelyking te tref met die insyferingstempo (Vraag 8). Vir die reaksie op Vraag 22 sien Tabel 2.11 en Fig. 2.18.



FIGUUR 2.18 FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 22
 WATTER SOORT GROND KOM DIE MEESTE IN U TUIN VOOR ?

TABEL 2.11

Reaksië	Frekwensie	Kum. f	Persentasie
Sanderige grond	218	218	7,6
Klipperige grond	1534	1752	53,3
Kleierige grond	249	2001	8,6
Leemgrond	793	2794	27,5
Geen antwoord	82	2876	2,8
Weet nie	4	2880	0,1
Totaal			99,9

Bloot deur 'n vergelyking van die persentasies van die respondente in Tabel 2.11 met die van Fig. 2.4 is daar soos verwag kan word 'n ooreenkoms tussen (sien Tabel 2.12) die terugvoering op vrae 8 en 22.

TABEL 2.12

Soort grond	Frekwensie	Syfering	Frekwensie
Klipperige	1534	Redelik vinnig	1599
Sanderige	218	Baie vinnig	278
Leemgrond	793	Vinnig	648
Kleierige	249	Stadig en Baie stadig	344

VRAAG 23

Wat is die kleur van die grond op u erf? Merk asseblief die kleur wat die grond die beste beskryf.

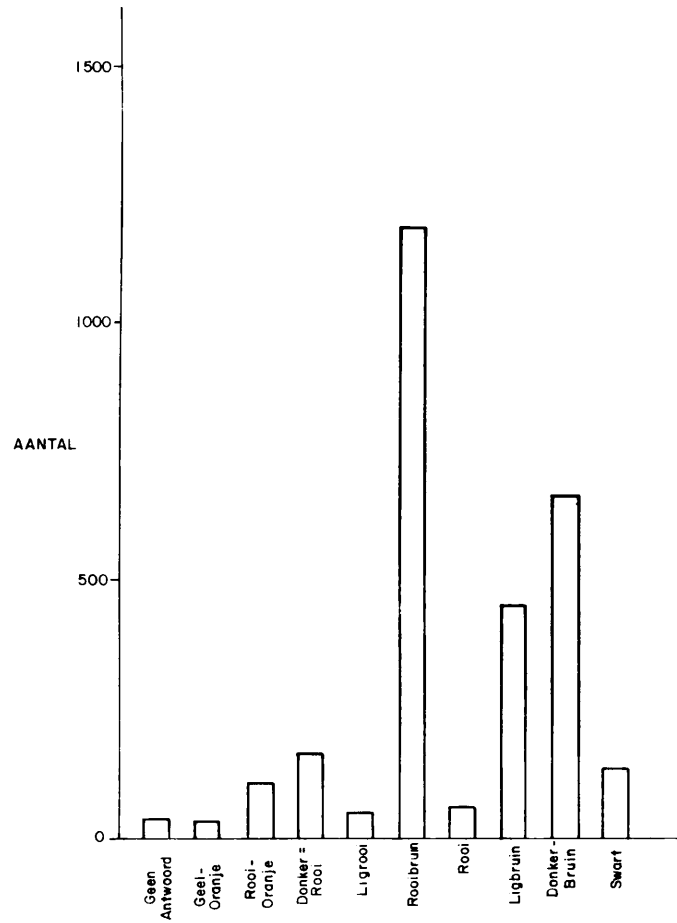
Die vraag beoog om die oppervlakverspreiding van mangaanaarde te bepaal (sien Fig.2.19).

Die vraag het egter nie in die doel geslaag nie.

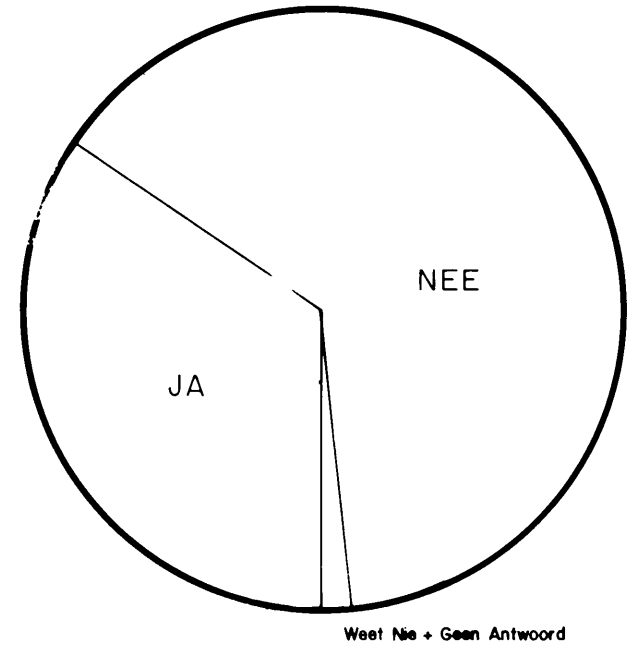
VRAAG 24

Kan oppervlakwater of reënwater op enige deel van u erf tydelik opdam?

Die doel met die vraag is om 'n beeld te vorm van die bestaande oppervlak dreinerings, sien Fig. 2.20 vir die terugvoering.



FIGUUR. 2.19. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 23 WAT IS DIE KLEUR VAN DIE GROND OP U ERF ? MERK ASSEBLIEF DIE KLEUR WAT DIE GROND DIE BESTE BESKRYF



FIGUUR.2.20. FREKWENSIEDIAGRAM : VRAAG 24 KAN OPPERVLAKWATER OF REENWATER OP ENIGE DEEL VAN U ERF TYDELIK OPDAM?

Die JA–antwoorde word in Tabel 2.13 soos volg ontleed :

TABEL 2.13

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrik	37	37	3,7
Clubview	67	104	6,8
Cranbrookvale	4	108	0,4
Doringkloof	153	261	15,4
Eldoraigne	55	316	5,5
Eldoraigne Uitbreiding 1	11	327	1,1
Hennospark	22	349	2,2
Hennospark Uitbreiding 1	12	361	1,2
Irene	95	456	9,6
Kloofsig	26	482	2,6
Lyttelton	262	744	26,4
Raslouw	9	753	0,9
Rooihuiskraal	7	760	0,7
Simarlo	4	764	0,4
Tamarapark	2	766	0,2
Wierdapark	197	963	19,9
Wierdapark Uitbreiding 1	29	992	2,9
Totaal			99,9

Die dorpe met bo-gemiddelde dreineringsprobleme is Irene, Lyttelton, Doringkloof, Wierdapark en Uitbreidings.

VRAAG 25

Beskik u oor 'n boorgat?

Hierdie vraag is 'n sensus van die aantal boorgate, sien Tabel 2.14.

TABEL 2.14

Reaksie	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Ja	98	98	3,4
Nee	2753	2851	95,6
Geen antwoord	29	2880	1,0
Totaal			100,0

Die verspreiding van die boorgate is soos in Tabel 2.15.

TABEL 2.15

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Bronberrik	13	13	13,3
Clubview	13	26	13,3
Doringkloof	6	32	6,1
Eldoraigue	4	36	4,1
Hennospark	2	38	2,0
Irene	1	39	1,0
Kloofsig	3	42	3,1
Lyttelton	18	60	18,4
Raslouw	26	86	26,5
Simarlo	5	91	5,1
Tamarapark	1	92	1,0
Wierdapark	4	96	4,1
Wierdapark Uitbreiding 1	2	98	2,0
Totaal			100,0

Hierdie vraag moet saam met vraag 26 gelees word aangesien al die boorgate nie noodwendig gepomp word nie. Die gebied met die meeste boorgate is Raslouw Landbouhoewes, 'n area waar daar 'n aantal siëniëplate konkordant met die geïaagdheid van die dolomiet voorkom. Soortgelyke omstandighede geld by Bronberrik, Hennospark, Wierdapark en Uitbreidings.

VRAAG 26

Word die boorgat gepomp?

In samehang met Vraag 25 is die doel om te bepaal of die boorgat gepomp word. (Sien Tabel 2.16 vir die verspreiding van die ligging van die 57 boorgate wat wel benut word.

TABEL 2.16

Dorp	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Wierdapark	1	1	1,7
Wierdapark Uitbreiding 1	3	4	5,3
Doringkloof	1	5	1,7
Hennospark	2	7	3,5
Tamarapark	1	8	1,7
Simarlo landbouhoewes	1	9	1,7
Raslouw landbouhoewes	23	32	40,4
Bronberrick	11	43	19,3
Clubview	9	52	15,8
Lyttelton	5	57	8,8
Totaal			99,9

Al die respondente is op die Formasie Monte Christo woonagtig. Die dorpe Doringkloof, Clubview en Lyttelton is buite die bestendige invloed van die siënetplate. Die grondwatervlak is oor die algemeen dieper as 30 meter en 'n gemiddelde diepte van sowat 60 m kan oor die gebied as geheel aanvaar word.

VRAAG 27

Indien u oor 'n boorgat beskik wat is die benaderde lewering in liter per uur?

'n Totaal van 88 boorgate lewer wel water teen 'n gemiddelde lewering van 3724 liter per uur.

VRAAG 28

Indien u 'n betonstrook *reg rondom* u huis het, hoe breed is dit?

Die doel is om te bepaal hoedanig bestaande ontwikkeling aan die huidige dorpsstigtingsvereistes in dolomietgebiede ten opsigte van die betonstrook om die huis voldoen.

(Sien Tabel 2.17).

TABEL 2.17

Wydte van betonstrook	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Minder as 'n halwe meter	118	118	4,1
Tussen 51 en 100 cm	757	875	26,3
Tussen 101 en 150 cm	157	1032	5,4
Breër as 150 cm	20	1052	0,7
Betonstrook slegs vir 'n gedeelte	49	1101	1,8
Geen antwoord	1779	2880	61,7
Totaal			100,0

Slegs 0,7 persent van alle respondente voldoen dus aan die vereiste.

VRAAG 29

Beskik u oor enige spesiale dolomietassuransie?

'n Groot aantal bougenootskappe vereis tans sodanige assuransie, die vraag is 'n poging om die huidige stand van hierdie tipe dekking te bepaal. (Sien Tabel 2.18).

TABEL 2.18

Dolomietassuransie?	Frekwensie	Kum. <i>f</i>	Persentasie
Ja	368	368	12,8
Nee	2449	2817	85,0
Geen antwoord	60	2877	2,1
Weet nie of onseker	3	2880	0,1
Totaal			100,00

Slegs 'n klein persentasie van die respondente (ongeveer 13 persent) beskik volgens hul eie mening oor dolomietassuransie waartoe hulle deur hulle bougenootskappe verplig is.

Dolomietassuransie sogenaamd omdat dit skade as gevolg van grondbeweging (dit is ernstige versakking en/of sinkgatvorming) sou dek, is 'n netelige aspek weens die hoë premie wat in die meeste gevalle ingevorder word. Die risiko vir skade is redelik laag en kan verder verlaag word deur die streng toepassing van die aanbevole voorsorgmaatreëls.

Dit is egter baie moeilik om die skade wat reeds veroorsaak is of die uitwerking van voorsorgmaatreëls te bepaal. Dit geld veral ten opsigte van die ouer dorpe wat nie voor uitlegontwerp ondersoek is nie en dus vir tientalle jare sonder effektiewe stormwaterdreinerings, spoelriolering en teerstrate ontwikkel is. Om die posisie te vererger was daar grootskaalse van stapelriole, wat bewys is om latent gevaarlik te wees, gebruik gemaak. Die Stadsraad van Verwoerdburg het by geleentheid ernstig oorweging daaraan gegee om 'n munisipale hulpfonds te stig deur die vordering van 'n klein bedrag van sê R1,00 per maand per standplaas vir 'n periode om 'n fonds van ongeveer R1 000 000 daar te stel (Mnr P.J. Geers, persoonlike mededeling, 1979). Hiervoor was daar aanvanklik besware van die Administrateur van die Provinsie en dit is nie aan die skrywer bekend of die probleem al opgelos is nie, met inagneming van die feit dat daar sowat 60 000 mense woonagtig was in die gebied ten tye van die ondersoek en daar tot op hede slegs 7 huise beskadig of gesloop moes word as gevolg van die versakkings en sinkgate wat gevorm het, wil dit voorkom asof die assuransiemaatskappye nie oor genoegsame inligting beskik om die risiko te bepaal nie. Hierdie afdeling is bevestig deur 'n amptenaar van 'n groot assuransie-onderneming (Mnr. Van Malleghem, Persoonlike mededeling, 1982).

Van Schalkwyk, (1981) dui in 'n voorlopige tabel aan dat slegs in een uitsonderlike (ontwaterde) gebied in Suid-Afrika die risiko vir skade aan 'n gebou as gevolg van sinkgate groter is as vir weerlig terwyl in die ander gevalle die risiko vir weerlig tussen 20 en 20 000 000 maal groter is.

VRAAG 30

Indien u ja geantwoord het by vraag 29, wat is die premie wat u betaal en die naam van die assuransiemaatskappy? Die terugvoering op hierdie vraag is onbetroubaar aangesien die gewone lid van die publiek baie swak oor assuransie ingelig is. Ten einde wel te bepaal wat die premie kan bedra het die skrywer die groter bougenootskappe en assuransiemaatskappye vir inligting genader. Die premie ten opsigte van grondversakking, dit is vir moontlike skade op dolomitiese terrein, wissel tussen R2,25 en R2,50 per R1 000,00 van die waardasiewaarde van die huis met laasgenoemde in die meerderheid. Onstellig is die feit dat van die groter bougenootskappe nie sodanige dekking verskaf nie. In die meeste gevalle moet 'n huiseienaar by afbetaling van sy lening elders aansoek doen vir voortsetting van dié tipe assuransiedekking.

BYLAAG 3

TEORETIESE AGTERGROND EN LITERATUURSTUDIE OOR VERSKEIE GEOTEGNIESE ONDERSOEKTEGNIEKE

3.1 GRAVITASIE-OPNAMES

3.1.1 Teoretiese agtergrond

Die gravitasie-metode het 'n baie belangrike plek in enige goed beplande geofisiese program. Die beginsels van gravitasie aantrekking waarop die metode berus, is goed bekend. Dit volg dus dat die interpretasie van die gravitasiedata wat geologiese betekenis het gebaseer moet wees op die intelligente gebruik van die onderliggende fisiese beginsels op 'n direkte of indirekte wyse, aldus Hays (1976).

Aangesien die tegniek op die aantrekking tussen massas berus, is die digtheid van die materiale van groot belang. Die digtheid van rotse word deur drie faktore bepaal.

- 1) die digtheid van die korrels waaruit die rotsmassa saamgestel is
- 2) die poreusheid van die rotsmassa
- 3) die samestelling en digtheid van die vloeistof wat die tussenkorrelruimtes vul – indien sodanige vloeistof teenwoordig is.

Volgens Nettleton (1971) wissel die korreldigtheid van die rotsbouende minerale nie oor 'n wye bereik nie. Daar kan aanvaar word dat die tussenkorrelruimtes van meeste rotse onder die grondwatervlak deur water gevul is. Die digtheid van die water mag meer as 1000 kg/m^3 wees as gevolg van die teenwoordigheid van opgeloste soute, minerale ensovoorts. Daar is 'n verskeidenheid metodes beskikbaar om die digtheid van onderliggende materiale en gesteentes te bekom :

- 1) Boorkern verskaf onder ideale omstandighede 'n deurlopende monster wat gebruik kan word om die digtheid te bepaal. Daar mag egter probleme ondervind word om deurlopende monsters van ongekonsolideerde materiaal op 'n ekonomiese aanvaarbare wyse te herwin.
- 2) Boorsel, soos verkry met stamper- en druklugbore kan ook aangewend word maar is ooglopend minder geskik en bepaald minder verteenwoordigend as boorkern. Dit is tog soms moontlik om brokkies te herwin wat groot genoeg isom betroubare metings op te doen. Aangesien die ruimteverhouding en poreusheid nie betroubaar gemeet kan word nie, is hierdie bron van materiaal onbetroubaar om die digtheid te bepaal.

- 3) Gamma-gamma digtheidsbepalings met behulp van 'n boorgatsonde is 'n ander moontlikheid. Vir toepassing in gravitasie-opnames is die groot mate van detail egter ongewens. Nettleton (1971) stel voor dat 'n gemiddelde waarde sê elke sowat 30 meter bepaal word en op 'n relatiewe klein skaal, soos 1:10 000 vertikaal gestip word.
- 4) Seismiese snelheidsrekords kan ook benut word. Daar bestaan 'n benaderde verhouding tussen die seismiese golfsnelheid en digtheid van die materiaal waardeur die golf voortgeplant word. Rotse met hoë golfsnelhede beskik gewoonlik oor hoë digtheid.
- 5) Metings van gravitasieverskille in 'n boorgat met 'n boorgat gravimeter verskaf 'n direkte mate van die gemiddelde digtheid van die materiaal tussen die meetpunte.
- 6) 'n Hoogtefaktorprofiel vir die bepaling van die gemiddelde digtheid van die oppervlakmateriaal word dikwels as deel van die gravitasie-opname in die veld waargeneem.

Daar is vyf veranderlikes wat in berekening gebring moet word by 'n gravitasie anomalie se berekening. Die veranderlikes is: volume, digtheidskontras, diepte, vorm en isolasie. Die orde grootte van die gravitasie anomalie wat deur die struktuur veroorsaak word is direk van die produk van die volume en digtheidskontras afhanklik. Die grootte van die anomalie en die skerpte van definiering verminder as 'n funksie van die diepte. Hierdie verhoudings hou stand mits die struktuur 'n gekonsentreerde (goed gedefinieerde) vorm het. Indien die vorm van die struktuur swak gedefinieer is word die anomalie onduideliker en kleiner. Op soortgelyke wyse kan 'n anomalie wat verskuil of verberg is deur ander nie met gemak uitgesonder word nie. Aangesien die verwerking van dolomiet dikwels deur die residuum vermasker word is dit dikwels baie moeilik om betekenisvolle gravitasie-anomalieë uit te sonder.

Die onderstaande Tabel 3.1 (Hays, 1979) is 'n opsomming van die formules wat gebruik word om die maksimum gravitasie-aantrekking van drie anomalieklasse te bereken :

- 1) 'n een dimensionele blad
- 2) twee-dimensioneel (horisontale silinder)
- 3) drie-dimensioneel (sfeer)

In elke formule word R, Z en t uitgedruk in km, g_z in milligal en ρ , die digtheidskontras ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Die maksimum waarde van die gravitasie-aantrekking word deur g_z maks gegee.

TABEL 3.1.1
FORMULES VIR DRIE ANOMALIEKLASSE

ANOMALIEKLAS	FORMULE VIR MAKSIMUM GRAVITASIE g_z			
	Vorm konstante	Diepte	Digth.-kontras	Grootte
1. Halfoneindige horisontale blad (verskuiwing) (een dimensioneel)	41,93		ρ	t
	$g_z = 2G \rho t \left[\frac{\pi}{2} + b \tan \frac{x}{z} \right]$			
	$g_z = 41,93 \rho t \left[\frac{\pi}{2} + b \tan \frac{x}{z} \right]$			
	g_z maks geskied wanneer $x/z \rightarrow \infty$			
2. Oneindige horisontale silinder (antiklien) (twee dimensioneel)	41,93	1/z	ρ	t
	$g_z = 2GM \left[\frac{z}{x^2 + z^2} \right]$			
	$g_z = \frac{41,93 \rho R^2}{z} \left[\frac{1}{1 + \frac{x^2}{z^2}} \right]$			
	g_z maks word bereik by $x = 0$			
3. Sfeer (soutkoepel) (drie dimensioneel, gekonsentreerd)	27,94	1/z ²	ρ	R ³
	$g_z = GM \frac{z}{(x^2 + z^2)^{3/2}}$			
	$g_z = \frac{27,94 \rho R^3}{z^2} \left[\frac{1}{1 + \frac{x^2}{z^2}} \right]^{3/2}$			
	g_z maks word bereik wanneer $x = 0$			

Waar :

G	Gravitasie konstante
R	Diameter van die liggaam
M	Massa van die liggaam
z	Vertikale afstand vanaf die grondoppervlak tot die middelpunt van die liggaam
t	Dikte van die horisontale blad
ρ	Digtheidskontras
D	Afstand tussen oppervlak en bokant van liggaam
x	Horisontale afstand tussen waarnemingspunt tot punt aan grondoppervlak regbokant middelpunt van liggaam.

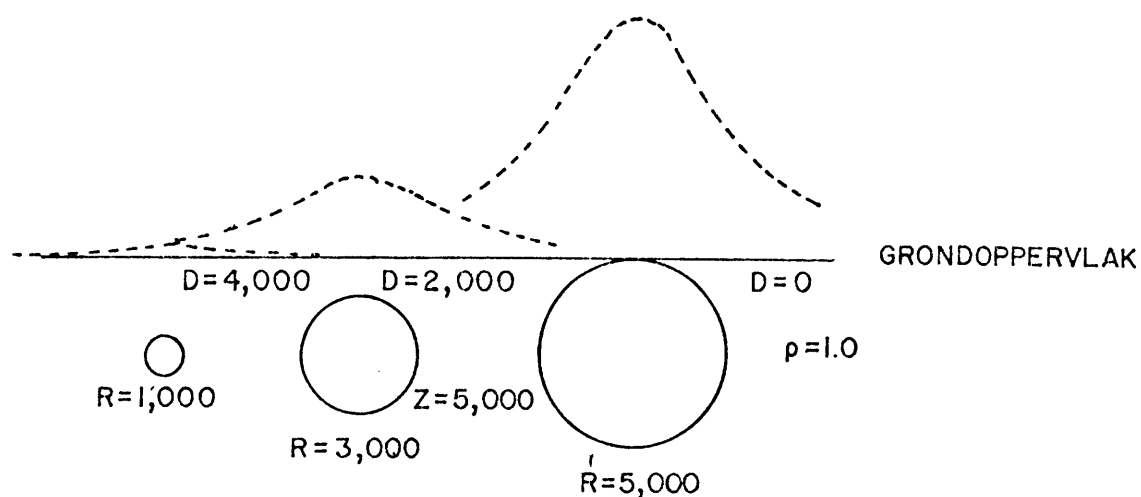
Die effek van die grootte van die afwykende massa op die gravitasie-anomalie word baie effektief aan die hand van die onderstaande Figuur 3.1 verduidelik :

Die volume van die struktuur is direk proporsioneel met die grootte van die anomalie en kan bereken word as die diepte en digtheidskontras bekend is. Met verwysing na die voorgaande vergelykings is dit duidelik dat die grootte van die anomalie direk eweredig is met die kwadraat van die diepte in die geval van 'n gekonsentreerde drie dimensionele struktuur. In die geval van 'n twee-dimensionele liggaam, verminder die gravitasie-anomalie lineêr met toename in diepte. Vir 'n een-dimensionele struktuur bly die gravitasie-anomalie konstant met toename in diepte. Die gravitasie-anomalie plat af wanneer die vlakste deel van die strukture op dieselfde diepte gehou word maar die volumes van die strukture verskil (Fig. 3.2).

Volgens Hays (1976), sal die gravitasie-anomalie se amplitude varieër soos die grootte van die struktuur verander maar die breedte van die anomalie sal konstant bly solank die struktuur 'n eenvoudige vorm het en teen dieselfde effektiewe diepte langs 'n lyn of 'n mediaanvlak voorkom, maar diep genoeg is dat die massa as gekonsentreerd in 'n punt beskou kan word.

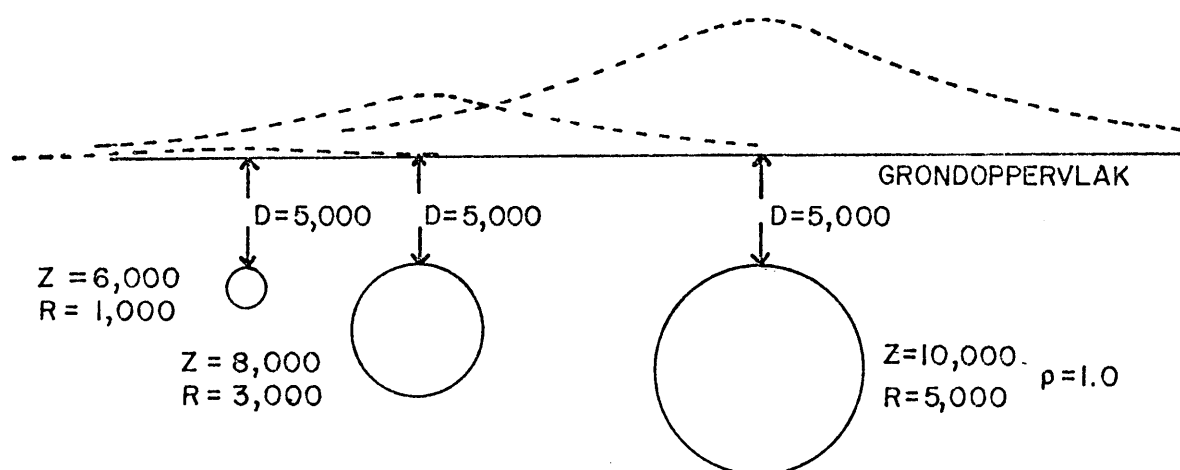
Wanneer die veranderlikes soos die vorm, grootte en die digtheidskontras konstant gehou word maar die diepte na die middel van 'n bedekte oneindige silinder wissel, kan die effek van diepte op die gravitasie-anomalie bestudeer word (Fig. 3.3).

Wanneer alle ander faktore konstant gehou word maar die diepte na die middelpunt van die massa vermeerder word, neem die breedte van die gravitasie-anomalie toe en die amplitude verminder. Die breedte van die gravitasie-anomalie is primêr 'n funksie van die vorm en diepte van die liggaam.



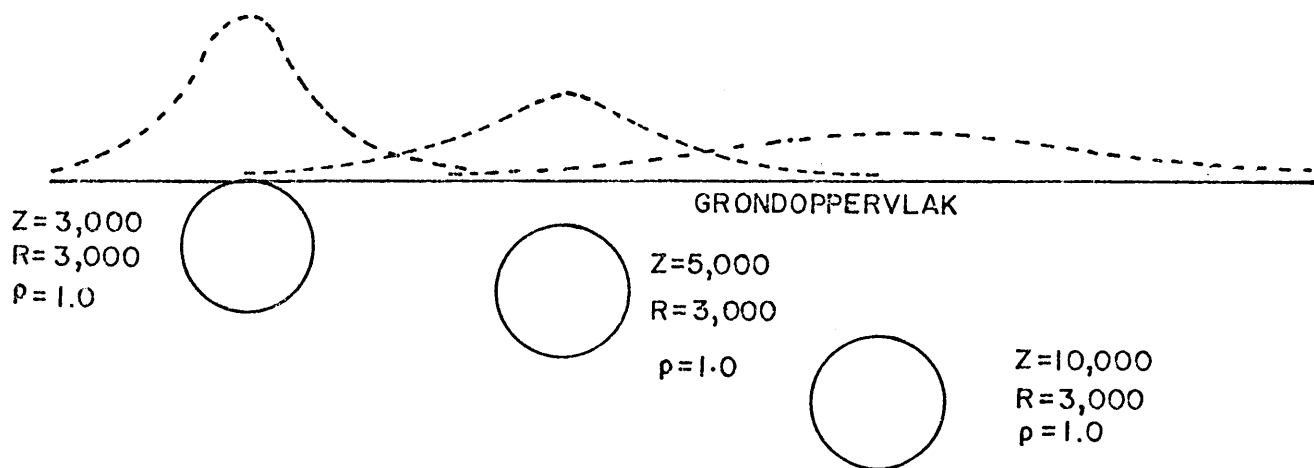
FIGUUR. 3.1.

DIE AFWYKENDE MASSA SE MIDDELPUNTE IS OP DIESELDE VLAK MAAR DIE MASSAS VERSKIL. DIE AMPLITUDE VAN DIE ANOMALIEË WISSEL VOLGENS DIE GROOTTE VAN DIE MASSAS MAAR DIE ANOMALIEBREEDTES BLY KONSTANT, (VOLGENS HAYS, 1976).



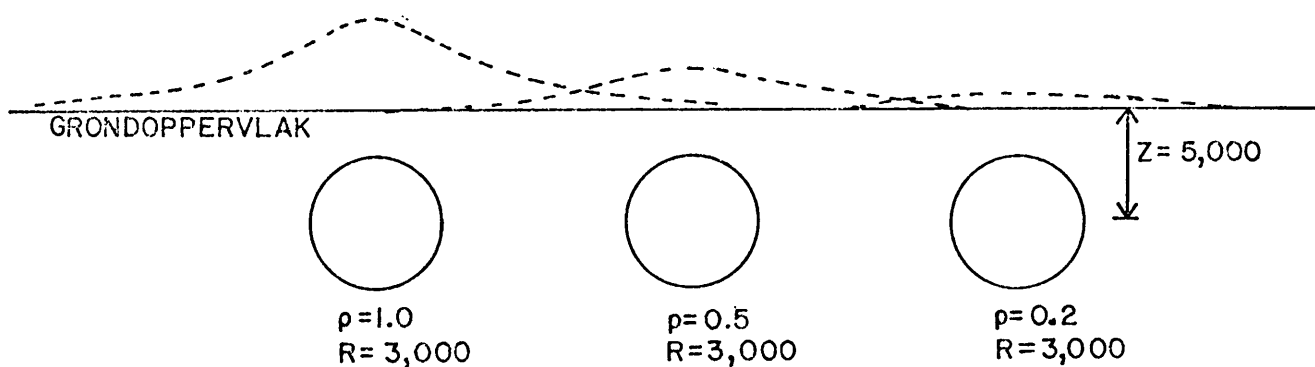
FIGUUR. 3.2.

WANNEER DIE AFWYKENDE MASSAS SE GROOTTE WISSEL MAAR DIE DIEPTE TOT DIE BOONSTE PUNTE DAARVAN KONSTANT IS WISSEL DIE AMPLITUDE EN BREEDTE VAN DIE ANOMALIE, (VOLGENS HAYS, 1976).



FIGUUR. 3.3

DIE VERANDERLIKES SOOS VORM, GROOTTE EN DIGTHEIDSKONTRAS WORD KONSTANT GEHOU BEHALWE DIE DIEPTE VAN DIE ONEINDIGE HORIZONTALALE SILINDER SODOENDE KAN DIE EFFEK VAN DIEPTE OP DIE GRAVITASIE-ANOMALIE GEPEIL WORD, (VOLGENS HAYS, 1976).



FIGUUR. 3.4.

WANNEER ALLE FAKTORE BEHALWE DIE DIGTHEIDSKONTRAS KONSTANT GEHOU WORD EN LAASGENOEMDE NEEM TOE VERGROOT DIE AMPLITUDE VAN DIE GRAVITASIE ANOMALIE MAAR DIE BREEDTE BLY KONSTANT (VOLGENS HAYS, 1976).

Wanneer alle faktore konstant gehou word maar die digtheidskontras vergroot, neem die amplitude toe maar die breedte van die anomalie bly onveranderd. Hierdie effek word duidelik in Fig. 3.4 geïllustreer.

Die ligging of stand van die liggaam wat die gravitasie-anomalie veroorsaak, speel 'n belangrike rol in die vorm wat die anomalie aanneem. Die liggame in die onderstaande illustrasie, Fig. 3.5 het deurgaans ongeveer dieselfde massa, verhouding van die diepte na die vlakste punt van die liggaam tot die dikte van die blad is 0,5.

Gravitasie-anomalieë van verskuiwings word deur kanteffekte beïnvloed wat weerspieël word in die kromming en helling van die anomalie soos in dwarsnit oor die verskuiwing gesien.

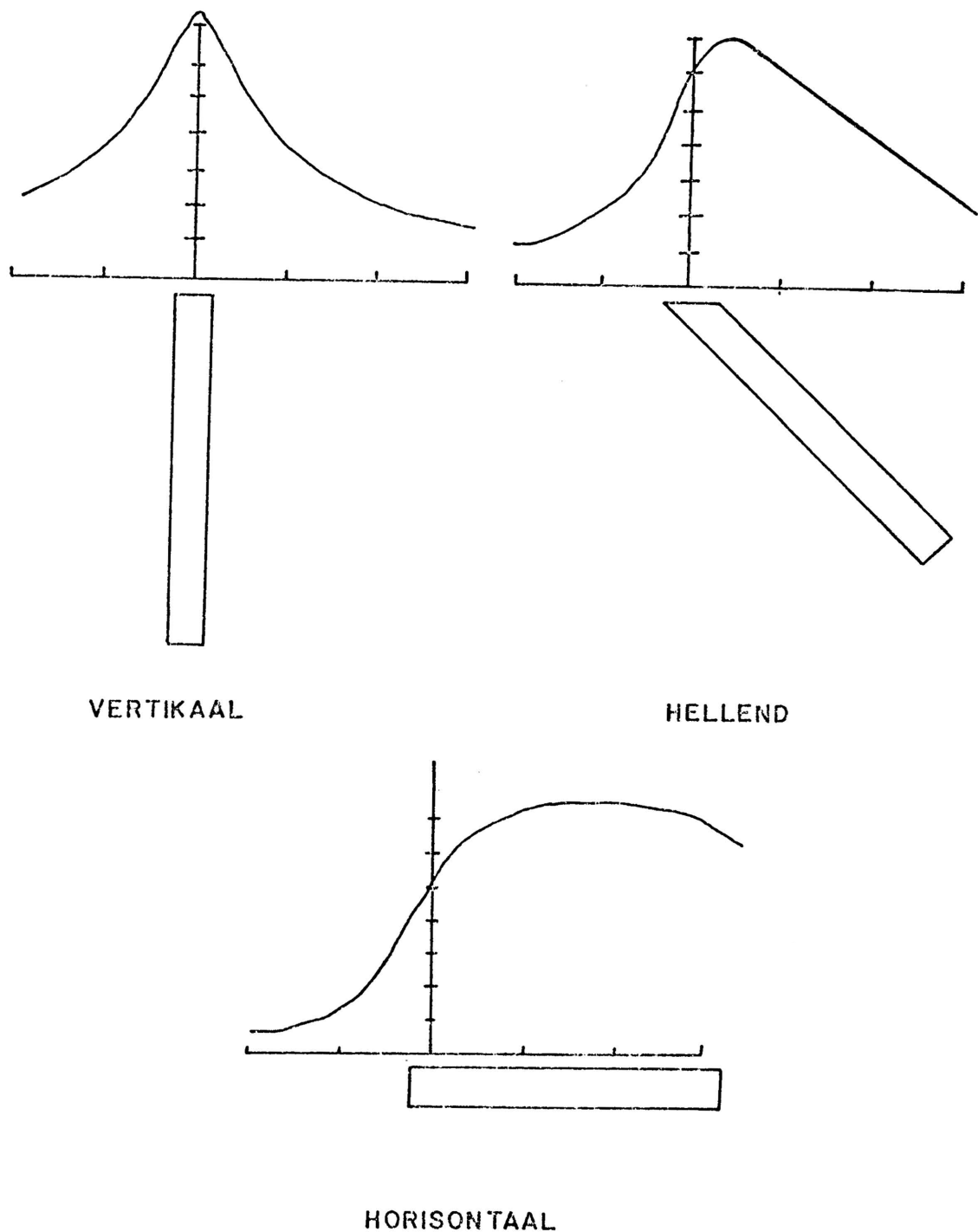
Twee onderskeibare gravitasie-anomalieë, behorende tot verskillende strukture word as opgelos beskou. Die basiese reël is dat die twee anomalieë tussen twee en drie keer hulle diepte van mekaar verwyderd moet wees.

Die begrip isolasie dui primêr op die onderskeiding van die anomalie van belang van die regionale gradiënte en sogenaamde agtergrondruis. Die regionale effek is gewoonlik 'n egalige en geleidelike verandering van die gravitasie in 'n bepaalde rigting. Die beeld van 'n anomalie van belang word grafies voorgestel in Fig. 3.3.1.2.

Volgens Hays (1976) is slegs sowat 0,3 persent van die aarde se gravitasieveld te wyte aan materiale in die aarde se kors. Die boonste 5 km dikte rots is verantwoordelik vir sowat 15 persent (0,05 persent van die aarde se gravitasieveld).. Laasgenoemde word beskou as die brongebied van geologiese verskynsels. Veranderings in die digtheid van gesteentes in die boonste 5 km veroorsaak veranderings in die aarde se gravitasieveld wat nie 0,01 persent van die g-waarde op enige plek oorskry nie. Dit volg dus duidelik dat geologiese struktuur baie min bydra tot die aarde se totale gravitasieveld. Die geologiese strukture veroorsaak slegs punt-tot-punt veranderings wat gekarteer en geïnterpreteer kan word. Daar bestaan 'n verskeidenheid metodes waarvolgens geofisici die regionale effek verwyder.

3.1.2 Gravitasie-opnames in die praktyk

'n Gravitasie-opname is 'n duur, tydrowende tegniek wat onder sekere toestande sinvol toegepas kan word. In Suid-Afrika word dit veral by stabiliteitsondersoeke op dolomiet en kalksteen gebruik, oorsake het dit toepassing in die soektog na olie en is al dikwels ge-



FIGUUR. 3.5.
 LIGGAME MET ONGEVEER DIESELFDE MASSA MET DIESELFDE
 EFFEKTIEWE DIGTHEIDSKONTRAS EN 'N KONSTANTE DIEPTE
 TOT DIE BOONSTE VLAKE VAN DIE LIGGAAM VEROORSAAK
 VERSKILLENDE GRAVITASIE-ANOMALIEË VOLGENS DIE LIGGAAM
 SE STAND. (VOLGENS HAYS, 1976).

bruik om ingenieursgeologiese probleme te help oplos. Bližkovský (1979) beskryf 'n gravitasie-opname van 'n terrein vir 'n kernkragsentrale met afmetings van 500 m by 500 m wat deur 'n gebou beslaan is. Die opname het 'n hoë mate van akkuraatheid vereis met terreinkorreksies tot 'n straal van 5,24 km om die terrein. Holtes is reeds met gravitasie-opnames in horisontaalgelaagde dolomiet opgespoor (Arzi, 1975). In hierdie geval was die lesings akkuraat tot 10 μ gal, hoogtemetings $\pm 0,003$ m relatief tot die waarnemingspunt wat binne $\pm 0,03$ m genivelleer is. 'n Kontoerinterval van 20 μ gal is gebruik vir die samestelling van die kontoerkaart. Sodanige hoë-presisie gravitasie-opnames sal onbetaalbaar duur wees vir voorgestelde dorpe indien van 'n 6,0 m ruitnet in plaas van die gewone 30,0 m ruitnet gebruik gemaak word, vergelyk Tabel 3.1.2 :

TABEL 3.1.2
RUITNETINTERVAL/AANTAL WAARNEMINGSPUNTE/HEKTAAR

Ruitnetinterval	Aantal waarnemingspunte/hektaar
90,0 m	1,2
30,0 m	11,1
15,0 m	44,4
6,0 m	277,8

Die waarnemingspunte alleen vermeerder met 'n faktor van 25, hierby moet nog die groter aantal lesings (sowat drie keer per punt deur herhaaldelike opstelling van die gravimeter) en volledige herhaling van die hele opname, sodat die taak effektief drie keer oor gedoen word, gevoeg word. Die herhalings het net ten doel om die akkuraatheid van die opname te verbeter. Veronderstel dat die geofisiese raadgever bereid is om die opname te doen teen dubbel die normale tarief per waarnemingspunt dan sal dié gravitasie-opname 50 keer meer kos as die normale 30 m ruitnet. Dit is hoogs twyfelagtig of enigiets anders as 'n kernkragsentrale hierdie tipe uitgawe sal regverdig in welke geval daar seersekerlik ook terreinkorreksies toegepas sal moet word wat die totale koste nog verder sal verhoog.

In die gevallestudie beskryf deur Arzi (1975) het die diepte van vaste dolomiet subdagsoom van 3 tot 6 meter gewissel. In Suid-Afrika word daar tot dieselfde akkuraatheid gewerk op 'n 30 m ruitnet naamlik 0,01 m gal (Kleywegt, 1981). Die beste ruimtelike oplosvermoë wat verwag kan word is die orde van die ruitnet se grootte. Die resolusie word verder bepaal deur die diepte van die bodemrots. Vir die uiteindelijke interpretasie word van 'n residuele gravitasie anomalie-kontoerkaart gebruik gemaak. Om die minimum dikte van

die deklaag te bepaal moet daar vanaf die kontoerinterval en die digtheidskontras tussen die deklaag en die vaste dolomietrots uitgegaan word. Die maksimum gravitasie-variasie ∇g_{maks} wat volg op 'n skielike toename in die dikte D van die deklaag waar die digtheidskontras $\Delta \rho$ is, is as volg Telford *et al*, (1976) :

$$\nabla g_{\text{maks}} = 41,88 \times 10^{-3} \Delta \rho D$$

Dus vir 'n kontoerinterval van 0,1 mgal en digtheid van die deklaag van $2,35 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ en die dolomiet met 'n digtheid van $2,85 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ is die digtheidskontras 0,5.

$$\begin{aligned} \text{Dus } D &= \frac{0,1}{(41,88 \times 10^{-3})(0,5)} \text{ m} \\ &= 4,78 \text{ m} \end{aligned}$$

Dus is die minimumdikte van deklaag sowat 5 m en die wydte van die verweerde sone (verweringsloep) is 30 m, dieselfde as die stasie interval. Die bostaande impliseer dat 'n gravitasie-opname soos vir dorpsontwikkeling toegepas, nie sinvol sal wees onder omstandighede waar die deklaag dunner as 5 m en die verweerde sone smaller as 30 m is nie.

Die geïdealiseerde einddoel met 'n gravitasie-opname is om ondergrondse holtes op te spoor. Hierdie ideaal is nog nie plaaslik verwesentlik nie moontlik omdat die holtes diep-liggend is en die stasiespasiëring te groot is. Daar word egter daarin geslaag om onder gunstige omstandighede tussen relatief vlakker en dieper verweering te onderskei.

Die gravitasie-tegniek is reeds baie suksesvol gebruik as 'n hulpmiddel in die ondersoek van die stabiliteit van dolomietgebiede soos die Verre Wes-Rand en die dolomitiese militêre gebied suid van Pretoria (Enslin & Smit, 1955; Kleywegt & Enslin, 1973; Enslin *et al*, 1976; Kleywegt, 1980; Kleywegt & Pike, 1982). Die gravitasie-opnames aan die Verre Wes-Rand is sodanig verwerk dat die 0 mgal kontoer op die residuele gravitasie anomalie kontoerkaart vaste dolomiet bodemrots by die oorspronklike grondwatervlak verteenwoordig. Die interpretasie berus daarop dat die gebiede waar die vaste dolomiet bo die oorspronklike watervlak is, daar prakties geen kans van differensiele beweging as gevolg van kompaksie van die deklaag by ontwatering is nie. Vanaf hierdie uitgangspunt was dit moontlik om vanaf die Oberholzergang, wat noord-suid deur die weste van Carletonville strek, tot in die ooste langs die Johannesburg- Vereenigingpad die hele gebied te interpreteer en die potensieel gevaarlike gebiede te omlyn. Met behulp van hierdie benadering is daar by verskeie geleenthede sukses behaal met die voorspelling van moontlike sinkgate wat op 'n later tydstip wel gevorm het. Grotte sal gravitasieminima veroorsaak wat met

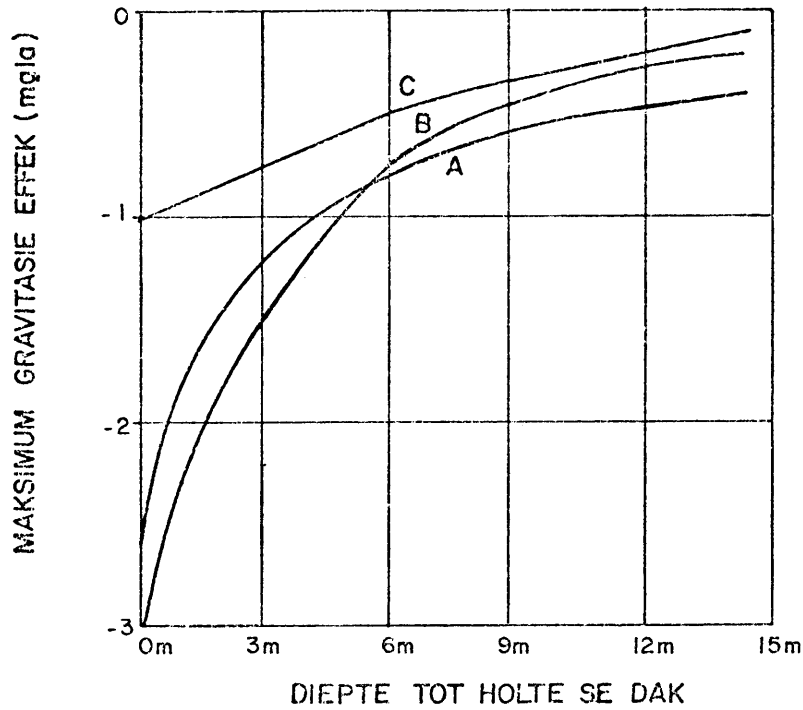
behulp van 'n gravimeter bepaal kan word mits die grot voldoende volume beslaan in verhouding met sy diepte. Die aanvaarde definisie van 'n grot is 'n holte wat met lug gevul is en daar dus 'n verlies aan massa bestaan ten opsigte van die omliggende rots en dus aanleiding tot laer gravitasiewaardes sal gee as oor die omringende gebied. Lug se digtheid is weglaatbaar klein in verlyking met die van die gesteentes wat gemiddeld sowat $2\,500\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ is in die geval behandel deur Colley (1963). Indien die grot met water gevul is, is die digtheidskontras not steeds $1\,500\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Om die invloed van 'n grot, met verskillende geometriese vorms te illustreer almal met dieselfde hoogte word die effekte van 'n hemisfeer, 'n vertikale silinder en 'n horisontale silinder beskou in Fig. 3.6.

Vir 'n horisontale silinderiese holte in kalksteen met digtheid $2500\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ en die dak van die holte 3 m onder die oppervlak, moet die holte 'n diameter van sewe tot agt meter hê om 'n anomalie van 0,2 mgal te veroorsaak. Dieselfde effek word bereik met 'n 17 m diameter holte op 30,48 m diepte (Colley, 1963), Fig. 3.7.

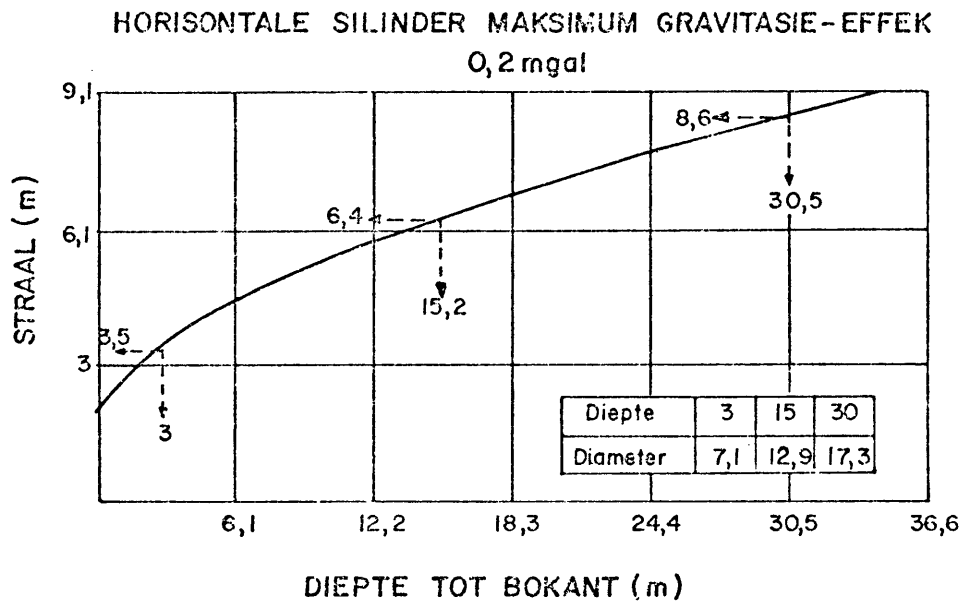
Gebiede met steil gravitasie-gradiënte is soms beter as wat verwag word (Kleywegt, 1981) en sulke gebiede moet nie summier afgekeur word nie alvorens die nodige aanvullende ondersoek met boorwerk nie gedoen is nie. Dieselfde beginsel geld by die asse van gravitasie-laagvalleie wat, afhangende van die plaaslike geologie en in besonder hulle relatiewe wydte, óf potensieel riskant óf geskik vir ontwikkeling mag wees. Volgens Kleywegt (1981) kan kwaternêre sinkgate soms opgespoor word met behulp van detail gravitasie-opnames. Dit regverdig bevestiging van sodanige vermoede deur omlyning met gedetailleerde boorprogramme.

'n Vertikale gradiënt is deur Fajklewicz (1976) met behulp van 'n gravitasietoring toegepas om 'n aantal belangrike geologiese, mynbou en ingenieursprobleme, veral in die opspoor van holtes, ou myntonnel en geologiese strukturele probleme op te los. Die toring is vervaardig van aluminiumpype met 'n duraluminium meetplaat presies 3000 mm bokant die grondoppervlak, sodanig dat die vertikale asse van die toring en die gravimeter presies oor-



- A. HORIZONTALA SILINDER (STRAAL = 2,5m)
- B. VERTIKALE SILINDER (STRAAL = 5,0m)
- C. SFEER (STRAAL = 5,0m)

FIGUUR. 3.6. GRAVITASIE-EFFEK VAN HOLTES (COLLEY, 1963)



FIGUUR. 3.7. VERHOUDING TUSSEN DIEPTE VAN BEDEKKING EN DIE STRAAL 'N SILINDRIESE HOLTE MET 'N VERONDERSTELDE GRAVITASIE - EFFEK VAN 0,2 mgal. DIGTHEID VAN DIE OMRINGENDE ROTSE 2 500 kg / m³ (COLLEY, 1963)

eenstem. Die toring is ontwerp om stewig sonder vibrasie in wind te wees. Gravitasielings is waargeneem tot 'n akkuraatheid van $\pm 0,01$ mgal. 'n Onderste meetplaat presies 3000 mm onder die boonste word gebruik vir die grondwaarneming by elke stasie.

Terreinkorreksies is gedoen met behulp van geskikte diagramme. Die diagramme kan gelees word met inbegrip van die teken vir die waarde van die korreksie van die vertikale gravitasie-gradiënt as gevolg van die reliëf met 'n straal van een meter, twee meter, 5 meter, ens. tot en met een km vanaf die waarnemingspunt. Met behulp van die waargenome gravitasiegradiënt is byvoorbeeld 'n holte op 'n geskatte diepte van 10 tot 15 m voorspel. 'n Boorgat in die middelpunt van die anomalie het die holte op 10 tot 12 m getref. In 'n Poolse stad wat deur tunnels en kelders op relatief vlak diepte deurspek is het die tegniek van mikrogravitasie-opname nie sukses opgelewer nie maar die vertikalegradiënt tegniek het selfs daarin geslaag om tunnels onder so min bedekking as 4,5 meter te lokaliseer. Hierdie tegniek is egter na die skrywer se mening te duur om vir die ondersoek van voorgestelde dorpe te gebruik en te gevoelig vir vlak geologie wisselinge.

3.2 SEISMIESE OPNAMES

3.2.1 Teoretiese agtergrond

Definisies

Skoon eerste breuke is die eerste aankoms van energie by 'n gefoon.

Die produk van digtheid en snelheid staan as die seismiese impedansie bekend.

Seinverrykende toerusting is in staat om met behulp van elektronika die seine wat deur die geofone met 'n aantal hamerslae waargeneem is, te sommeer.

'n Laagsnydende filter skakel frekwensies laer as 'n spesifieke waarde uit sodat dit nie op die rekord waargeneem word nie.

Die helling van die looptydkromme is $1/V_2$, in die tweede laag materiaal.

Verspreiding in die seismiese konteks verwys na die posisie van die punt waar die energiepuls ingesit word, hetsy met 'n hamerslag of plofstoflading, en die middelpunt van die gefoonopstelling.

Telford (1976) definieer die skynbare snelheid van 'n golffront V_A as die snelheid wat verkry word wanneer die afstand tussen twee punte aan die grondoppervlak gedeel word deur die verskil in die aankomstye van dieselfde front by geofone geplaas by die punte.

Dit is dus die omgekeerde van die kwantiteit $\Delta t/\Delta x$ vir 'n simmetriese verspreiding

$$V_A = \Delta x/\Delta t = V/\sin\theta$$

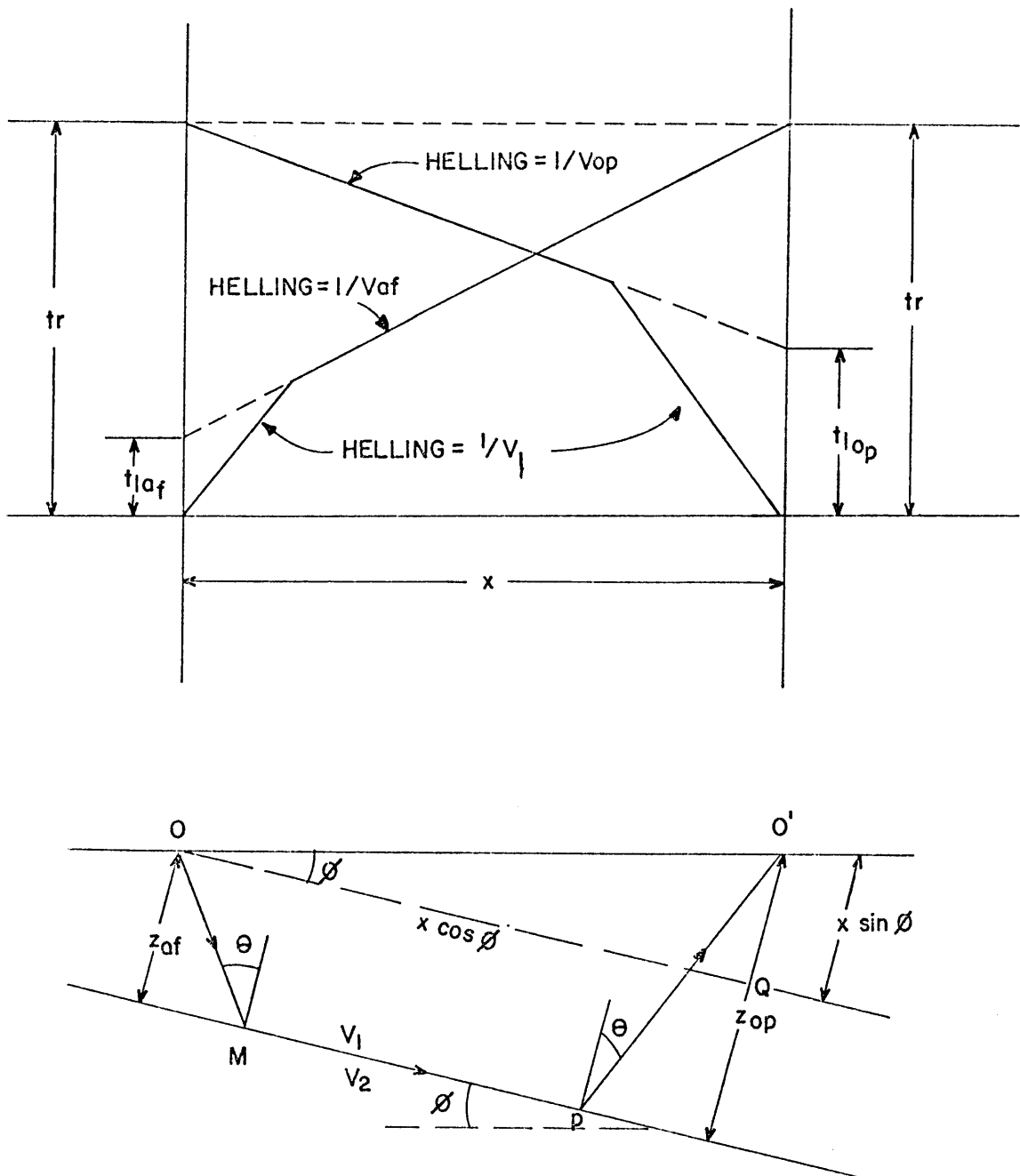
waar V_A die snelheid is waarmee die golf front die verspreiding nader en θ is die hoek tussen die golf front en die verspreiding. Die skynbare snelheid is heeltemal 'n ander kwantiteit as die stapelingsnelheid of die snelheid wat gebruik word om die aankomstye na reflektordieptes om te skakel.

Die begrip skynbare snelheid help ons om die vorm van 'n onegalige refraktor te verstaan, iets soos byvoorbeeld die ou bed van 'n rivierloop wat tans met alluvium gevul is. Dit volg logies dat soos die tussenvlak afwaarts in die rigting van die skokpunt hel, die tyd-afstand-grafiek se helling sal toeneem. Dit stem ooreen met 'n afname in die skynbare snelheid. Die omgekeerde is ook waar. Die afwyking van die helling van die lyn $1/V_2$ sal kwalitatief 'n spieëlbeeld van die tussenvlak vorm, Fig. 3.8. Die kenmerke van die grafiek is lateraal, in die rigting van die skoot weg van die van die refraktor af verplaas aangesien die voorste golf nie vertikaal deur die deklaag terugkom nie. In die geval van 'n karststruktuur in dolomiet raak hierdie probleem baie meer kompleks.

3.2.2 Toepassings

Die hooftoepassing van seismiese refraksie-opnames is in die ingenieursveld is om die diepte en eienskappe van vaste bodemrots te bepaal. Dit is moontlik om met 'n kennis van die plaaslike geologie en die gemete seismiese snelhede afleidings in verband met die gehalte en tipe bodemrots teenwoordig, te maak.

Selfs al word aangeneem dat die refraksie-opname behoorlik en met groot genoeg skokke (hamerslae) uitgevoer is, om sogenaamde "skoon eerste breuke" te gee en dat noukeurige opmetings van die posisies van die skote en geofone en so meer gedoen is, kan daar nog onsekerheid met die intepretasie wees, selfs al is die krommes skynbaar eenvoudig. Beck (1981) rig die waarskuwing dat 'n hoogs veranderlike dikte van die verweerde laag en die effek van die variasie wat nie waargeneem word nie kan veroorsaak dat hierdie horison verkeerd geïnterpreteer word as 'n struktuur in die refrakterende horison. Indien die snelheid van die verweerde laag slegs een-tiende is van die daaropvolgende lae se gemiddelde snelheid, sal 'n 5 m variasie in dikte in terme van die gerefrakteerde looptyd gelyk wees aan 'n 50 m variasie in diepte na die refrakterende horison. Volgens Griffiths *et al* (1969) moet dié probleem in refraksiewerk op dieselfde wyse as met 'n refleksie-opname gekorrigeer word.



FIGUUR. 3.8 . STRAALBANE EN LOOPTYDKROMMES VIR 'N HELLENDE REFRAKTOR. WAAR : x = AFSTAND

t_r = OMGEKEERDE LOOPTYD

t_{1op} = LOOPTYD TEEN HELLING OP

t_{1af} = LOOPTYD TEEN HELLING AF

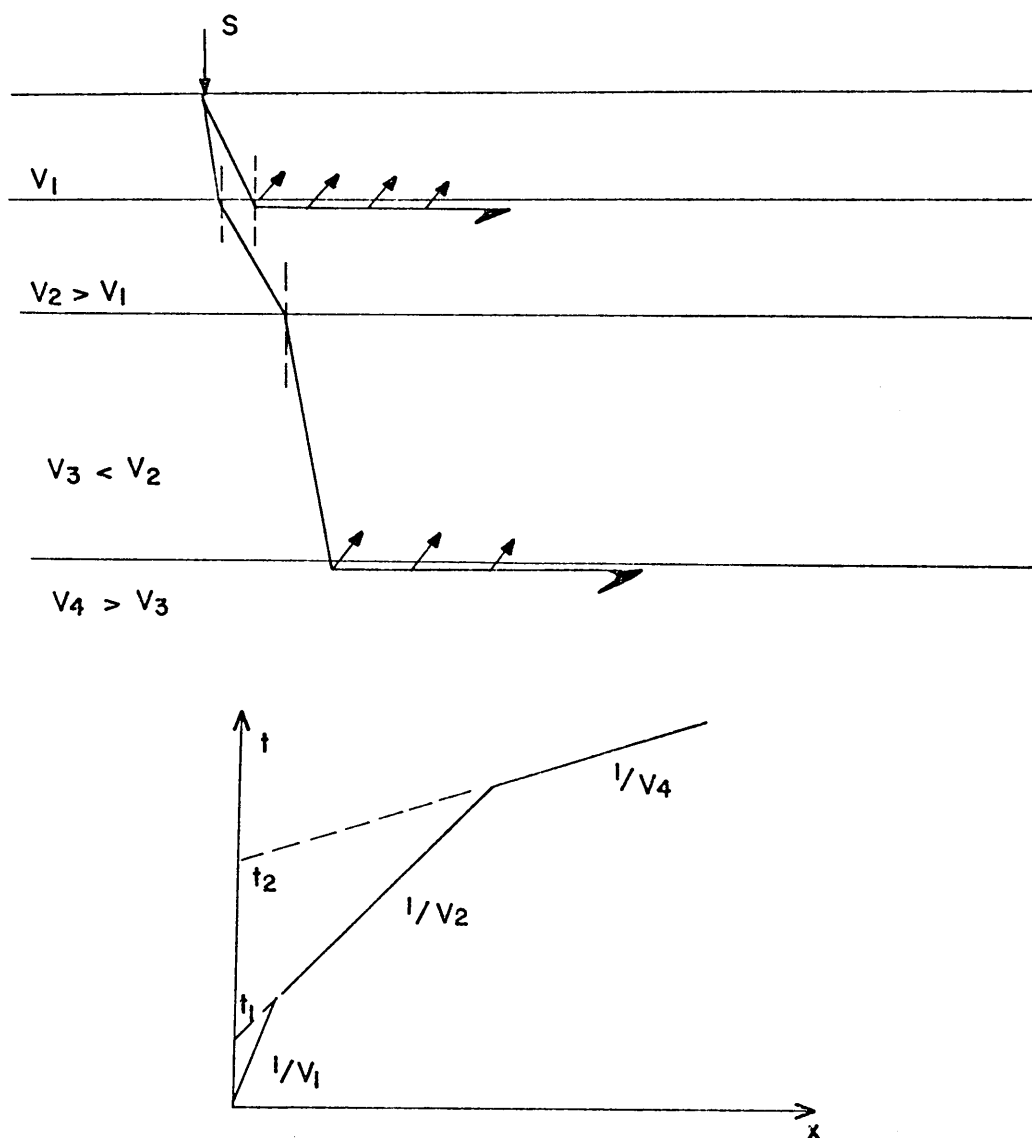
(TELFORD ET AL, 1976)

Daar bestaan twee moontlikhede waarom die looptyd-kromme nie die volle inligting oor die gelaagdheid verstrek nie :

- 1) Indien een laag deur 'n ander met 'n laer snelheid onderlê word in plaas van die verlangde opeenvolging met toename in snelheid met toenemende diepte, sal refraksie by hierdie laag na die normaal wees (Fig. 3.9). Daar kan dus geen straal onder die $V_2 - V_3$ tussenvlak wees wat 'n voorgolf tot gevolg kan hê nie en dus ook geen " V_3 " vertakking van die kromme nie. Indien die kromme die enigste beskikbare getuie is, sal die snyafstandtyd t_2 gebruik word om die diepte tot op die V_4 -laag te bereken asof die V_3 -laag die hoër snelheid V_2 gehad het en so sal die diepte oorskat word deur die dikte van die V_3 -laag en die hoeveelheid wat die snelheid minder is as die van die V_2 -laag. Hierdie verskynsel staan ook bekend as die blinde sone. Die refraksiemethode is dus nie in staat om 'n sagte laag onder 'n harder laag waar te neem nie. Voorbeelde van hierdie ongunstige toestand is waar ferrikreet op sand geleë is of kalksteen of kalkkreet deur sand of klei onderlê word.
- 2) Indien een van die lae dun is in vergelyking met die diepte daarvan, mag die voorgolf nooit die oppervlak as 'n eerste aankoms bereik nie aangesien die voorgolf van die volgende laag met 'n hoër snelheid dit sal verbysteek. Indien die eerste aankomste gestip word, kan dit tot verkeerde interpretasie lei. Hierdie verskynsel staan bekend as die verborge laagprobleem. 'n Tipiese verborge laag is 'n relatief dun lagie verweerde rots onder 'n groot dikte deklaag.

3.2.3 Bronne van geraas in seismiese opnames

Bronne van geraas in seismiese opnames is onder andere: wind, reën, beweging van boomwortels en ander plantegroei, nabyheid van nywerheidsaktiwiteite, besige hoofweë, oseaan-golwe of elektriese steurings vanaf hoogspanningskraglyne. Die totale of gedeeltelike verwydering van die steurings is afhanklik van die bron. Windgeraas word vermy deur die geofone te begrawe. Elektriese steurings kan verwyder word deur van geskikte 50 of 60 Hz filters gebruik te maak. Geraas van nywerhede en die oseaan se frekwensie is gewoonlik te laag om enige maatreëls te regverdig. Voertuigverkeer kan ander werktjye vir die opnamespan noodsaak. In gevalle waar windgeraas met dié van die wortels van bome kombineer, kan die probleem oorkom word deur van groter plofstofladings gebruik te maak, tesame met 'n kleiner wins op die opname apparaat en die gebruik van gefoon-opstellings in plaas van enkel geofone by elke opnamepunt.



FIGUUR. 3. 9 . DIE EFFEK VAN AFWAARTSE AFNAME IN SNELHEID OP DIE STRAALBANE EN DIE LOOPTYDKROMME.
(VOLGENS GRIFFITHS EN KING, 1969)

3.2.4 Geologiese vereistes

Die hamerseismiese refraksiemetode stel die volgende vereistes aan die geologie om suksesvolle interpretasie te begunstig :

- 1) Die deklaag moet wesentlik homogeen wees.
- 2) Egalige variasie in diepte.
- 3) Klein helling van die verskillende horisonne.
- 4) Groot snelheidskontras sodanig dat die loodregte afstand na die vaste bodemrots ongeveer dieselfde is as die refraksie afstand.

3.2.5 Opstellingsvereistes

As 'n benaderde reël kan aanvaar word dat die gefoonverspreiding minstens vyfkeer die lengte moet hê van die verwagte diepte tot vaste bodemrots om laasgenoemde sonder twyfel vas te stel. Met 'n hamer as energiebron en gewone seismiese opnametoerusting, is die maksimum werkafstand 50 m en 10 m is dus die maksimum diepte. Deur gebruik te maak seinverrykende toerusting kan die afstande bykans verdubbel word.

Vir die relatiewe vlak toepassings in ingenieurswese is die interpretasietegnieke van Hagedoorn (1959) en Hawkins (1961) dikwels met sukses toegepas.

3.2.6 Hoofbeperkings van enkelkanaaltoerusting

Volgens Bullock (1978) is die hoofbeperkings van die tradisionele enkelkanaal (nie-seinverrykende) apparaat in hamer-seismiese opnames die volgende:

- 1) Diepte van ondersoek beperk tot 10 m en horisontale verspreiding 50 m.
- 2) Die onvermoë om die sein tot geraasverhoudings te verbeter in gebiede waar die oordrag van seismiese energie moeilik is of die eksterne geraas te hoog is.
- 3) Die onsekerheid van wat werklik die tydmeganisme gestop het – dit is inherent aan enkelkanaaltoerusting.
- 4) Die onvermoë van baie apparate om 'n permanente rekord daar te stel vir latere gebruik.
- 5) Die onvermoë om sekere interpretasieprobleme wat met laterale veranderings in snelheid geassosieër is te kan oplos asook dié van skynbare snelheid.

3.2.7 Hoofvoordele van seinverrykende toerusting

Die hoofvoordele van seinverrykende toerusting is volgens Bullock (1978) die volgende wanneer daar van plofstof gebruik gemaak word :

- 1) Voldoende diepte van ondersoek vir die meeste ingenieurstoepassings kan met konvensionele toerusting met die gebruik van relatief klein ladings bereik word.
- 2) Die vermoë om die sein te verryk en sodoende die sein tot geraasverhouding meer gunstig te maak.
- 3) Die verskaffing van 'n permanente seismiese rekord van elke gefoon.
- 4) Die vermoë om verskeie interpretasieprobleme op te los deur van verskeie posisies beide binne en buite die opstellings skietwerk te doen.

3.2.8 Deurlopende seismiese refraksiemetode

Die basiese beginsel van die metode soos deur Meyer (1978) beskryf, berus op die gebruik van 'n aaneenlopende gefoonverspreiding met 5 m gefoonspasiëring en 25 m tussen skietpunte. Die opstelling word so gedoen dat daar 'n oorvleueling van twee geofone op die einde van elke lyn is om kontinuïteit te verseker. Daar word deur Meyer (1978) beweer dat die tegniek van deurlopende opnames vanuit beide rigtings meer betroubare resultate vir ingenieurstoepassings lewer.

3.2.9 Toepassing op oplosbare gesteentes

Opsporing van holtes

Cook (1965) het van die veronderstelling uitgegaan dat ondergrondse holtes met dimensies van tientalle tot honderde meters en gepaardgaande laterale veranderinge in seismiese impedansie kunsmatige seismiese golwe duidelik behoort te reflekteer en refleksies van dieper horisone lokaal behoort te verhinder, probeer om ondergrondse holtes in sout met behulp van seismiese refraksiemetodes op te spoor. Die amplitude en refleksie vanaf 'n plat, gelyk, horisontale grottdak behoort heelwat groter te wees as dié vanaf die omliggende onopgeloste materiaal in die geval van 'n soutkoepel.

Die energie wat deur 'n holte van enige vorm maar met 'n plat, gelyk grottdak gelei en vanaf 'n plat eenvormige dieper liggende reflektor gereflekteer word, sal meer versterk, en ooreenstemmend meer gereflekteer word in terme van energie, as die reflekteerende energie wat van die holte nie waargeneem word nie. Hierdie effek behoort tot 'n verswaking van die seismiese amplitude aanleiding te gee. In die geval van vloeistofge vulde holtes

sal dit voordelig wees om van horisontaal gepolariseerde skuifspanningsgolwe (SH-golwe) gebruik te maak om voordeel te trek uit die aansienlik hoër reflektiwiteit wat voorspel is. Spesiaal aangepaste ladings teen die kant van 'n sloot is gebruik om die SH-golwe op te wek wat met horisontale grondbedekte geofone waargeneem is.

Die hoë digtheid en kompakte aard van die deklaag op die toetsterrein was besonder voordelig vir die opwekking van SH-golwe en hul doeltreffende geleiding deur die grond. Die seismiese resultate wat op die toetsterrein verkry is, was teleurstellend as gevolg van die sterk egogeryis – dit is glo tiperend van die Great Lakes omgewing waar die navorsing gedoen is.

Die bogenoemde voorbeeld wat van die refleksiemetode gebruik gemaak het is huidiglik nie as sodanig op Suid-Afrikaanse dolomietiese toestande van toepassing nie, maar ontwikkelinge op die gebied van die refleksiemetode mag dit wel in die toekoms moontlik maak.

Plaaslik het Day *et al* (1981), die seismiese tegniek met 'n redelike mate van sukses vir die ondersoek van 'n brugfondament op dolomiet gebruik. Die rede hiervoor is dat die bodemrotsstopografie relatief gelyk was. Die ondersoek het bewys dat die dolomiet in die middel van die rivierloop vry van toringrotse was, maar nader aan die kante is heelwat groter variasie in diepte tot vaste rots waargeneem.

Ten spyte van die bekende probleme met die refraksiemetode op dolomiet, is dit volgens Formanek (1981), tog met nuwerwetse apparaat moontlik om betroubare en akkurate geotegniese terreinondersoeke te doen, mits daar 'n rekenaarfasiliteit beskikbaar is om die modellering te doen. Vir die veldopnames word van 'n moderne seinverrykende multi-kanaal seismograaf gebruik gemaak. Daar word gewoonlik van 'n 5 m gefoonspasiëring gebruik gemaak. In vlak toepassings word van 'n vallende gewig of hamer gebruik gemaak. Hoë oplosvermoë omgekeerde seismiese profilerings vereis seismiese data van sodanige kwaliteit dat die p-golwe se aankoms met 'n akkuraatheid van 0,5 millisekonde bepaal kan word. Indien dit gedoen word, kan 'n optimum oplosvermoë van die orde van 0,5 m tot 1,0 m van die vertikale verskuiwingsverplasing behaal word (Formanek, 1983). In die horisontale vlak het Formanek (1983) reeds daarin geslaag om gange of verskuiwingssones van 0,5 m tot 1,0 m wyd te omlin. Formanek (1979) maak gewoonlik van die interpretasiemetodes van Hagedoorn (1959) en Hawkins (1961) gebruik.

Volgens Meidav (1969) word slegs 'n baie klein persentasie van die ingesette energie deur die refraksietegniek aan die oppervlak waargeneem in vergelyking met die refleksietegniek. Die opstelling wat deur Meidav (1969) ontwikkel is vir vlak hamerseismiese opnames moet minstens so lank wees soos die direkte en gerefrakteerde golwe wat geëlineer moet

word, tog moet dit heel kort wees relatief tot die minimumdiepte na die reflektor. Dus is die ideale opstelling 30 m lank vir die uitskakeling van direkte en gerefrakteerde golwe wat ook geheel of gedeeltelik vir refleksies vanaf 'n diepte vlakker as 60 m uitgefilter word.

Refleksies word positief geïdentifiseer deur die feit dat hulle hiperbolies konkaf is. Hierdie waardevolle kriterium is dan die basis van die veldtegniek soos deur Meidav (1969) ontwikkel. Vir eksplorasieteikens op dieptes tussen 15,24 en 121,6 m, begin die hamerslaner op die middelpunt tussen die twee geofone en beweeg uitwaarts langs die verbindinglyn op 6 tot 10 m intervale. Die plaat word twee of drie keer by elke hamerstasie, op 'n afstand van 91,44 tot 121,6 m, geslaan. Indien die gefoonspasiëring en/of die instrumentele instelling korrek is, sal skaars enigiets anders as die refleksies op die rekord waargeneem word (Meidav, 1969).

Diskriminasie teen steurende seismiese golwe is gebaseer op twee eienskappe van die golwe. Die frekwensie van die steurende golf is gewoonlik laer as dié van die gereflekteerde golf. Die steurende golwe, byvoorbeeld van 'n meganiese graaf in die omgewing, beweeg gewoonlik in die horisontale rigting, terwyl die gereflekteerde golwe hoofsaaklik in die vertikale rigting beweeg. Die tegniek om vlak seismiese refleksies te identifiseer, berus op die gebruik van 'n seinverrykende seismograaf, 'n filter wat lae frekwensies nie deurlaat nie en 'n gefoonopstelling loodreg op die lyn waarlangs die hamerstasies geleë is.

Kirk & Snyder (1977) het meer sukses met horisontale skuifspanningsgolwe (SH) as met P-golwe behaal om 'n bekende grot op 'n diepte van 25,9 m op te spoor. Daar is van 'n aangepaste slagplaat, wat horisontaal in plaas van vertikaal geslaan word, gebruik gemaak.

Telford *et al* (1976) rig die waarskuwing dat die beste maatstaf vir die sukses van 'n seismiese opname die geologiese beeld is wat verkry word. Indien sodanige beeld nie sin maak nie moet, die geofisiese data met skeptisisme bejeën word. Die gedagte wat hier tuisgebring word, is dat die beeld wat verkry word, geologies sinvol moet wees.

3.3 RADAR-TEORETIESE AGTERGROND EN LITERATUURSTUDIE

In 1974 is naasliggende myntonnels reeds met behulp van grondpenetrerende RADAR deur 9,14 tot 18,29 meter dik rots opgespoor. Op hierdie stadium was daar volgens Cook (1974) reeds suksesvolle toerusting beskikbaar vir vlak eksplorاسie.

Die absorpsieverlies word in dB/m gemeet. Die seinsterkte word in dB (desiBell) gemeet; dB/m is dus die seinsterkteverlies per meter.

Die toerusting is hoofsaaklik gebruik om bedekte pype, ondergrondse holtes, argeologiese materiaal en permafrostmassas met behulp van hoë resolusie RADAR op te spoor. Geen ernstige poging is destyds aangewend om die tegniek tot 'n vermoë vir dieptes van meer as 7,62 m te ontwikkel nie. Die antennes wat gebruik is, is voorsien van talryke reflektors en is dus nie geskik vir ondergrondse gebruik nie omdat dit talle vals "eggo's" tot gevolg sal hê.

Volgens Cook (1974) is die vooruitsig vir diep sondering met RADAR steeds ontmoedigend omdat verswakkingsverliese van 6,56 tot 19,69 dB/m kan voorkom in klam klei, en dit selfs teen frekwensies so laag as 1 MHz. Dit lyk byna onmoontlik om 'n praktiese bruikbare RADAR-apparaat daar te stel met 'n werkverrigtingsyfer van meer as 280 dB. Dit beteken dat 15,24 tot 21,34 m die reiklimiet in terme van diepte vir RADAR-eksplorاسie in kleigronde en modder sal wees. So ver vasgestel kan word, is die huidige toerusting nog ver van die moontlike limiet. Indien sodanige toerusting beskikbaar sou word, sal baie akkurate terreinondersoeke op dolomiet moontlik wees, die sogenaamde oersinkgate sal met 'n groot mate van akkuraatheid gekarteer kan word.

Huidiglik verg die korrekte bedryf van die toerusting en ontleding van die resultate deskundige bedrewenheid en alle moontlike ondervinding vereis.

Volgens Moffatt (1974) is daar reeds aanduiding van verskuiwings, nate, holtes en litologiese kontraste in sagte rots met behulp van RADAR verkry. Op hierdie stadium was RADAR reeds op gletserys, (Harrison, 1970), steensout, (Holser *et al*, 1972), grond, (Morey & Harrington, 1975), steenkool en kalksteen, (Cook, 1972, 1973) suksesvol toegepas. Dolphin *et al* (1974) het daarin geslaag om tunnels deur 70 m vaste dolomietrots op te spoor. Cook (1975) het die tegnologie verder gevoer en 'n boorgatsonde ontwikkel wat in 'n boorgat van 51 mm deursnit gebruik kan word. Die doel hiermee was om diskontinuiteite in groot volumes vaste rots op te spoor; veral met toepassing in die mynbou. Alle suksesvolle grondsonderende RADAR gebruik elektromagnetiese golwe van relatief lae frekwensie, gewoonlik tussen 15 en 500 MHz, vir maksimum penetrasie deur swakgeleiers van elektromagnetiese golwe. Die golwe word in 'n breë band pulse van kort tydskuur uitgestuur (2 tot 70 nanosekondes) om goeie afstandresolusie en diskriminasie tussen reflektors in die relatief hoë reikgebiede te verkry. Die gemiddelde sendseinsterkte is gewoonlik laag, slegs sowat 'n paar Watt.

'n Elektromagnetiese sisteem het sekere inherente voordele bo 'n seismiese of akoestiese sisteem. Sodra die meganisme vir die koppeling van die golf in die medium daargestel is, is dit onafhanklik van die kraginset. Die elektriese parameters van die medium is uiters

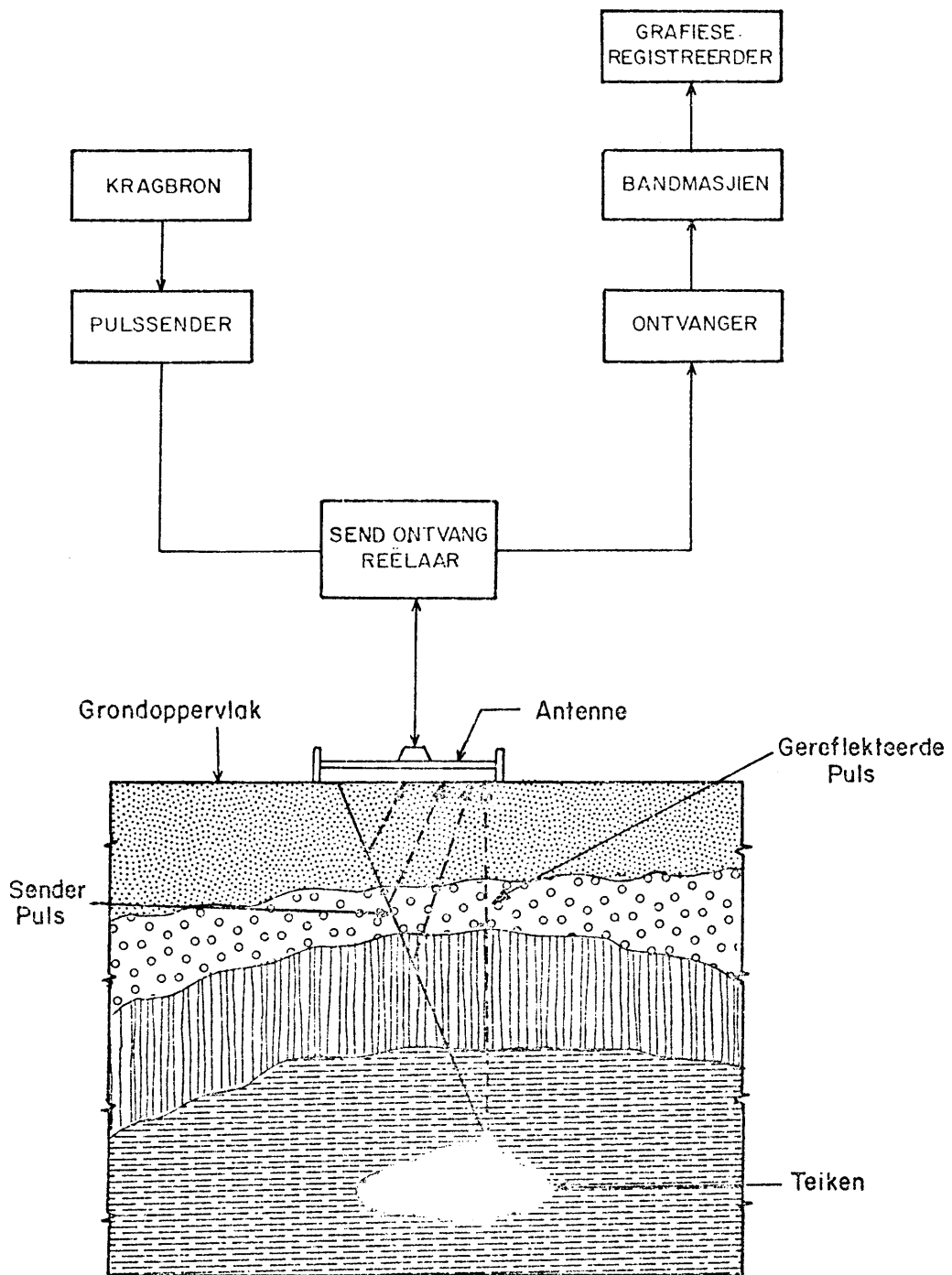
sensitief vir die vuginhoud. Polarisasie-eienskappe kan benut word om die sender van die ontvangstel te ontkoppel. Dit is moontlik om veelvuldige refleksie-effekte van die horisontale gelaagdheid te elimineer indien dit verlang word. Met 'n video puls-RADAR word die reaksiegolfvorm wat 'n spanning versus tyd rekord van die gereflekteerde seine wat van die verskillende afstande verkry is met behulp van 'n monsteringsossiloskoop as ontvangstel waargeneem.

Batteryaangedrewe toerusting wat maklik deur een man gedra kan word is reeds vir militêre gebruik ontwikkel. Moffatt (1974) het gesofistikeerde, ligte draagbare RADAR-sondes beskryf wat ontwikkel is om tussen diëlektriese- en metaalpepe en silinders te onderskei wat in die deklaag verberg is. RADAR kan die voorwerpe opspoor en tussen die verskillende tipes materiaal onderskei, die diepte bepaal, ligging (laterale verplasing) en rigting onderskei. Die diepte en rigtingresolusie is afhanklik van die grootte en samestelling van die voorwerpe; metaalsilinders bied baie sterker eggo's. Pypopspoor-RADAR was in 1974 volgens Moffatt ten volle instaat om plastiek en metaal, gas-, water-, riool-, dreineringspepe en geleidings tot dieptes van 3,05 m op te spoor.

'n Deurlopende ondergrondse profileringsimpuls-RADAR is in 1974 deur Morey beskryf as Elektromagnetiese Subbodem Profilerings-toerusting wat baie soos die van Darracott *et al* (1981) lyk. Die samestelling en funksionele bedryf van die sisteem word in Fig. 3.10 uitgebeeld. Die diëlektriese konstante en die geleiding is elektromagnetiese parameters wat tot 'n wisselende mate afhanklik is van die temperatuur, druk, frekwensie en onsuiverhede asook die metingstegnieke wat deur die ondersoeker gebruik word. Tabel 3.3.1 verstrek die benaderde baie hoë frekwensie elektromagnetiese parameters van tipiese aardmateriale.

'n Samestelling van die berekende verswakking in dB/m vir verskeie belangrike materiale oor die bestek van 1 tot 500 MHz verskyn in Tabel 3.3.2.

Resultate in hoogs geleidende materiale soos klam klei is volgens Morey (1974) swak omdat die penetrasiediepte ernstig beperk word weens die sterk verswakking van die elektromagnetiese sein. Die werk gedoen deur Cook (1974) het die vermoede bevestig dat die radiofrekwensieverliese in baie gesteentes grootliks deur deeglike benatting tot met 'n faktor van 12 toeneem. Daar is verskeie uitsonderings veral by hoër frekwensies en vir langdurige deurweking in die geval van skis, graniet, gips, kalksteen en betonmonsters.



FIGUUR.3.10. BLOKPROFIEL VAN DIE GSSI GRONDSONDERENDE RADARSTELSEL, (VOLGENS MOREY, 1974)

TABEL 3.3.1
 BENADERDE BAIE HOË FREKWENSIE ELEKTROMAGNETIESE PARAMETERS
 VAN TIPIESE AARDMATERIALE (Volgens Morey, 1974)

Materiaal	Benaderde Geleiding ρ (mho . m ⁻¹)	Benaderde Diëlektriese Konstante ϵ_r
Lug	0	1
Varswater	10 ⁻⁴ tot 3x10 ⁻²	81
Seewater	4	81
Droë sand	10 ⁻⁷ tot 10 ⁻³	4 tot 6
Versadigde sand (varswater)	10 ⁻⁴ tot 10 ⁻²	30
Versadigde slik (varswater)	10 ⁻³ tot 10 ⁻²	10
Versadigde klei (varswater)	10 ⁻¹ tot 1	8 tot 12
Droë sandige plat kusgebied	2 x 10 ⁻³	10
Moerasagtig, plat, bebos	8 x 10 ⁻³	12
Geil landbougrond, lae bulte	10 ⁻²	15
Landelike grond, medium heuwelagtig, bebos	5 x 10 ⁻³	13
Varswaterys	10 ⁻⁴ tot 10 ⁻²	4
Permafrost	10 ⁻⁵ tot 10 ⁻²	4 tot 8
Droë graniet	10 ⁻⁸	5
Droë kalksteen	10 ⁻⁹	7

TABEL 3.3.2
 VERSWAKKING IN DECIBEL/METER (Volgens Morey, 1974)

Materiaal	Frekwensie in MHz			
	1	10	100	500
Suiwer water	0,025	0,039	0,408	16,191
Klam sanderige grond	0,471	0,513	0,773	4,047
Droë kleigrond	0,013	0,075	0,425	1,649
Klam kleigrond	0,780	3,803	17,93	53,75
Seewater	34,50	108,54	326,54	592,03
Droë graniet	0,732x10 ⁻⁵	0,732x10 ⁻⁵	0,732x10 ⁻⁵	0,732x10 ⁻⁵

Cook (1974) se resultate voorspel RADAR penetrasie-afstande met frekwensies van 25 tot 100 MHz van meer as 30,48 m vir 18 gesteentetipes by natuurlike voginhoud *in situ* ondergronds. Sulke afstande behoort bruikbaar te wees in baie probleemsituasies waar vooruitsondering noodsaaklik is soos byvoorbeeld mynbou en tunnelgrawing. Die presisie en oplosvermoë is nog nie na wense nie.

Volgens Moffatt en Puskar (1976) moet die elektromagnetiese puls aangepas word by die voorgestelde gebruik. 'n Kort puls (dit impliseer 'n hoë frekwensie met 'n breë bandwydte om vinnige styg en daaltye te verkry) word verlang sodat die pulsverandering voltooi kan wees voordat enige refleksies van belang begin terugkom. Aangesien die verswakking en die verstrooiing die grootste is by hoë frekwensies moet frekwensies gekies word wat laag genoeg is om voldoende bereik te verskaf.

Die gebruik van laer frekwensies in RADAR noodsaak ongelukkig die teenwoordigheid van groter geologiese anomalieë om 'n betekenisvolle hoeveelheid te weerkaats. Voortvloeiend uit die werk gedoen deur Rubin & Fowler (1978) op die Zooparkstasie van die Washingtonse moltreinstelsel het daar met behulp van RADAR die volgende aan die lig gekom:

- 1) In medium-harde rots (skis) kan penetrasie van tot 8 m verwag word.
- 2) Hoofnaatkruisings kan opgespoor word tot op afstande so ver as 13–16 m.
- 3) In verweerde rots is die reikafstand tot 13 m.
- 4) Rekenaarondersteunde tegnieke het die verskillende kenmerke duideliker laat uitstaan en identifikasie aansienlik vergemaklik.
- 5) Deur van 'n multidissiplinêre span bestaande uit 'n geotegniese spesialis, geoloog, geofisikus, RADAR-spesialis en 'n elektriese ingenieur gebruik te maak is die interpretasie van die RADAR-beelde aansienlik meer produktief gedoen.

Die sender beskryf deur Darracott & Lake (1981) lewer 'n uitgestraalde sein as 'n impuls van kort duur (3ns) met 'n bandwydte van ongeveer 120 MHz in die lae baie hoë frekwensie bestek (100 MHz). Die sender se repetisie-tempo is 50 kHz met 'n piekraglewering van 35W, gemiddeld is die kraguitset slegs 5,2 mW. Die seine word vanaf die ondergrondse tussenvlakke teruggekaats en met dieselfde antenne wat vir uitsending gebruik word, weer opgevang. Voorwerpe onder bedekking soos byvoorbeeld pype kon op hierdie wyse opgespoor word. Die registreerder se kaart kan in terme van tyd en dus ook diepte gekallibreer word, aangesien

$$V = \frac{2D}{T}$$

waar D = diepte na die reflekerende tussenvlak

T = tydsverloop tussen send en ontvangpuls

V = effektiewe voortplantingsnelheid deur die oorliggende materiaal.

Ook geld die volgende:

$$V = \frac{C}{E_r}$$

waar C = voortplantingsnelheid in oop ruimte (3×10^8 m.s.⁻¹)

E_r = effektiewe relatiewe diëlektriese konstante van die materiaal.

Die eienskap wat die grootste beperking op die gebruik van RADAR plaas is die grond se geleidingsvermoë. Die penetrasievermoë van die RADAR is afhanklik van die effektiewe geleiding van die materiale wat deurpriem word wat op hulle beurt weer afhanklik is van die voginhoud en soutgehalte. Boonop is die effektiewe geleiding ook 'n funksie van die temperatuur en digtheid en die frekwensie van die elektromagnetiese straling wat gebruik word.

Met verwysing na 13 verskillende materiale verskaf Darracott *et al* (1981) in Tabel 3.3.3 die benaderde elektromagnetiese parameters vir rotse en gronde by 100 MHz. Dit is veral insiggewend hoedanig vog die voortplanting van die sejn verswak.

Darracott *et al* (1981) beveel aan dat, alvorens daar 'n RADAR-opname van 'n terrein gemaak word daar 'n elektriese weerstandsoopname uitgevoer moet word om die geleiding van die materiale op die terrein te bepaal. Vanaf die geleiding is dit moontlik om die penetrasiediepte te voorspel deur verwysing na Tabel 3.3.4.

TABEL 3.3.3
 BENADERDE ELEKTROMAGNETIESE PARAMETERS VIR ROTSE
 EN GRONDE BY 100 MHz (Volgens Darracott *et al*, 1981)

Materiaal	Geleiding mho.m ⁻¹	Diëlektr. Konstante Er	Ver- swakking dB.m ⁻¹	Snel- heid cm.ns ⁻¹
Lug	0	1	0	30
Varswater	10 ⁻³	81	0,18	3,3
Seewater	4,0	81	330	3,3
Droë sanderige grond	1,5x10 ⁻⁴	3	0,14	17
Nat sanderige grond	7x10 ⁻³	25	2,3	6,0
Droë kleierige grond	2,5x10 ⁻⁴	3	0,28	17
Nat kleierige grond	5x10 ⁻²	15	20	7,8
Droë graniet	10 ⁻⁸	5	10 ⁻⁵	13
Nat graniet	10 ⁻³	7	0,6	11
Nat basalt	10 ⁻²	8	5,6	11
Nat skalie	10 ⁻¹	7	45	11
Nat sandsteen	4x10 ⁻²	6	24	12
Nat kalksteen	2,5x10 ⁻²	3	14	11

TABEL 3.3.4
 VOORSTELLING VAN PENETRASDIEPTE VANAF GELEIDING

Geleiding mho.m ⁻¹	Reikafstand vanaf grondoppervlak tot teiken m
5 x 10 ⁻⁴	30
10 ⁻³	15
2 x 10 ⁻³	7,5
4 x 10 ⁻³	4
8 x 10 ⁻³	2,5
1,6 x 10 ⁻²	1,5
3,2 x 10 ⁻²	1

3.4 GEOFISIESE BOORGATSONDERINGSTEGNIEKE – TEORETIESE AGTERGROND

3.4.1 Elektriese weerstandstegniese

'n Basiese vereiste in die toepassing van alle elektriese weerstandstegniese is dat die boorgat met 'n geleidende medium gevul moet wees (Beck, 1981). Dit is noodsaaklik om goeie elektriese kontak tussen die sonde en die gesteentes en verweerde horisonte te verseker. Aangesien hierdie tegnieke beswaarlik suksesvol op dolomiet, veral onder problematiese toestande toegepas kan word, dien dit geen doel om dit verder te bespreek nie. Die boorgate word gewoonlik met water gevul en vol gehou vir die duur van die sondering. In geloogde dolomiet en dolomitiese residuum is die deurlatendheid besonder hoog en sal die vereiste beswaarlik in die praktyk nagekom kan word. Daar is ook 'n hoë mate van risiko onder sekere omstandighede hieraan verbonde aangesien 'n sinkgat mag vorm.

3.4.2 Kernstraaltegniese

Aangesien die gedrag van hierdie sonde van 'n statistiese aard is, is die spoed waarmee die opname gemaak word van kritiese belang. Hierdie tegnieke is afhanklik van die vermoë van elementêre partikels soos gamma-fotone of neutrone om materie te deurdring. Om stralingspulse te meet word van 'n teller gebruik gemaak. Elke teller het 'n karakteristieke dooietyd of 'n tydsinkrement tussen byna gelyktydige pulse wat nie deur die teller onderskei kan word nie. Die dooietyd word soos volg uitgedruk :

$$t_d = \frac{R - R_0}{RR_0}$$

Waar t_d = dooietyd van die teller
 R_0 = waargenome teltempo
 R = ware teltempo

Die dooietyd vir elke sonde van hierdie tipe kan maklik in die laboratorium bepaal word as deel van die kalibrasieprosedure van die instrumente voor gebruik. Tellers beskik ook oor 'n sogenaamde tydkonstante – dis 'n tydsperiode, in sekondes, waartydens die gemiddelde van die pulse verkry word.

3.4.3 Gammastraalsonde

Hiermee word 'n rekord van die totale natuurlike radioaktiewe straling verkry terwyl die sonde in die boorgat afsak. Die natuurlike emissie van gammastraling van die formasies naasliggend aan die boorgat tot sowat 150 mm diep word gemeet (Anoniem, 1981).

Die apparaat wat vir hierdie doel gebruik word reageer op die kalium₄₀ (⁴⁰K) wat in die meeste gronde en rotse aanwesig is maar word ook deur klein hoeveelhede uraan en thorium beïnvloed (Crosby *et al*, 1981). Klei is tipies hoog aan ⁴⁰K. Daar word dus gevind dat die straling in die meeste gevalle 'n aanduiding gee van die klei-inhoud van 'n formasie. Skoon kwartsitiese sand het gewoonlik 'n lae natuurlike gamma-telling. Die inligting wat so verkry word kan doeltreffend vir stratigrafiese korrelasie, selfs in 'n boorgat met 'n staalvoering aangewend word.

3.4.4 Neutronsonde

Die sonde meet die weergawe van die omliggende formasies as gevolg van die bestraling met hoë energie neutrone. Hierdie sonde is geskik om die porositeit van die formasie mee te meet aangesien die hoë energie neutrone effektief deur waterstofkerne vertraag word. Die konsentrasie waterstofkerne bepaal dus die respons van die sonde. Daar is twee tipes neutronsonde naamlik :

- a) vir die meting van die waterstofdigtheid waaruit die poreusheid afgelei kan word, en
- b) om die chloordigtheid te meet met behulp waarvan die soutgehalte geskat kan word.

Volgens Telford *et al* (1976) word hierdie tipe sonde deur alle protone beïnvloed, dus ook die van water wat gebind is in byvoorbeeld skalie of kristalwater soos in die geval van gips. Voortspruitend hieruit volg dit dus dat skalie of gips en ander soortgelyke materiale 'n verwingingseffek op die sondestaat sal hê.

3.4.5 Gamma-gammasonde

Hierdie sonde registreer die teruggekaatsde straling wat deur 'n ⁶⁰Co-bron uitgestraal is en 'n talliumgeaktiveerde NaI-kristalverklikker bepaal word. ¹³⁷Cs kan ook as 'n gamma-straalbron ingespan word (Beck, 1981). Die bron is sodanig afgeskerm dat dit net die teruggekaatsde gammastrale, die sogenaamde Comptonverstrooiing, kan waarneem. Die teltempo wat verkry word is ongeveer eweredig met die massadigtheid van die materiaal. Die sondes is gewoonlik korter as 2 m en die diameter wissel tussen 25 en 57 mm. Die groter diameter is gewoonlik met die meer sensitiewe stralingssondes geassosieër. Die sondes word van vlekvrige staal vervaardig en kan gewoonlik tot by 90°C foutloos funksioneer. Digitale bemonstering word gewoonlik op 0,3 m intervale gedoen maar kan onder omstandighede tot so min as 0,15 tot 0,075 m verminder word.

Volgens Pickett (1970) het die digtheidsonderingstaat nuttige toepassing in die kalibrasie van oppervlakseismiese opnames, gravitasie-opnames en sintetiese seismogramme, (saamgestel uit basiese aannames en die massadigtheid van die materiaal).

3.4.6 Soniese tegnieke

Sondes wat vir hierdie doel gebruik word moet baie goeie kontak met die boorgatwand maak. Daar is twee parameters van belang, die looptyd en die verswakking van 'n seismiese (akoestiese) versteuring oor 'n kort afstand van 'n paar meter in 'n boorgat. Hierdie tegniek kan suksesvol ingespan word by die ondersoek na die kwaliteit van rots waarop 'n brug, dam of ander swaar struktuur gefundeer moet word.

3.4.7 Diverse sondes

Aandag word slegs op die meetpassersonde, televisie en boorgat-RADAR-sondes gevestig aangesien die ander sondes nie sinvolle toepassing in dolomitiese ondersoeke vind nie.

3.4.7.1 Meetpassersonde

Hierdie sonde word gebruik om die wisseling in boorgatdiameter oor die volle lengte van die gat te meet. Die vingers van die sonde is elektromagnetiese toestelle wat met behulp van vere teen die boorgatwand gehou word. Korrelasie van die boorgatdiameter met baie van die ander sonderingresultate kan meer akkurate interpretasie van die ander gegewens in die hand werk. Vergroting van die boorgatdiameter kan dui op uitloging, holterige sones, nate, ens. Dit is noodsaaklik dat die meetpassersonde voor gebruik deeglik geïnspekteer word, dit word gewoonlik met ringe van bekende grootte gedoen. Daar moet minstens twee ringe gebruik word waarvan die een groter en die ander kleiner is as die maksimum- en minimumdiameter wat verwag word. By voltooiing van die opname moet die prosedure herhaal word en vergelyk word met die oorspronklike ykmate.

Nadat die arms van die sonde vrygestel is, word dit in die gat opgetrek teen 'n konstante spoed van tussen 4 en 20 m/min in die gedeeltes van die boorgat wat nie met voering toegerus is nie.

'n Kombinasiesonderingsapparaat is deur Wiid (1975) beskryf wat bestaan uit 'n tipe meetpassersonde met geveerde stemvurkbene, gekoppel aan oorvormers en 'n mikrofoon. Die meetpasser kan wel die diameter van die boorgat meet. Die vibrasie van die vurk-tande word deur die mikrofoon opgevang en saam met die boorgatdiameter deur 'n X-Y-registreerder gestip. Wiid (1975) is van mening dat die sonderingskombinasie instaat is

om sagter gedeeltes wat nie noodwendig in boorkern sigbaar is nie uit te wys. Die skrywer is van mening dat die bogenoemde tegniek met die nodige verfyning wat tans nog ontbreek wel in baie gevalle veral in die ondersoek van dolomitiese terreine van aansienlike waarde kan wees.

3.4.7.2 Televisie-boorgatsonde

Reeds in 1966 het Beaton 'n televisieboorgatsonde beskryf wat deur KODAK ontwikkel is. Die apparaat was bruikbaar onderwater tot 'n diepte van 380 m. Dit is geëvalueer as 'n nuttige hulpmiddel in die verkryging van inligting vir insnydingshellings en ander fondamentondersoeke. Die maksimum benutting van die instrument kan slegs verkry word as dit aanvullend tot boorkernmonsters, boorgatstate en oppervlakgeologie gebruik word (Beaton, 1966). Op hierdie vroeë stadium was die instrument nog so onbetroubaar dat daar gedurig 'n elektrotegnikus op die toneel moes wees. Die sonde se diameter was 63,5 mm met lengte 1,4 m. 'n Vindingryke bybehorende item was 'n stelsel waarmee die magnetiese noordrigting as 'n helder lyn op die televisieskerm vertoon word.

Daar is tans 'n besonder handige klein deursnit televisiekamerastelsel vir gebruik in boorgate beskikbaar bekend as die Rees model 60 met 'n deursnit van 51 mm en lengte van slegs 200 mm. West (1980) beskryf die toepassing van die stelsel in die ondersoek van boorgate vir 'n tunnel. Daar is twee verskillende passtukke vir die kamera beskikbaar wat dit instaat stel om of reguit vorentoe te kyk of met behulp van spesiale roterende spieël deur 360° die boorgat se wand te bekyk.

3.4.7.3 RADAR-sonde

Cook (1977) beskryf 'n RADAR-sonde wat in boorgate langs 'n oopgroefsteenkolmyn naby Singleton in Nieu Suid-Wallis gebruik is. Drie boorgate met 'n diameter van 127 mm was gebruik naby die rand van die uitgraving. Aparte boorgatantennes is in die verskillende boorgate geplaas vir die send- en ontvangfunksies. Elkeen het uit 'n breëband dipool van ongeveer 1,524 m bestaan met 'n simmitreertransformator beskerm in 'n plastiekhouer en gevoer met 'n 50 ohm koaksiale kabel 45,72 m lank. Beide antennes is heelwat kleiner as die diameter van die boorgate (127 mm) wat met lug gevul was ten tye van die eksperiment. Geen probleme was met die koppeling verwag nie, aangesien die speling tussen die antennes en die boorgatwande aansienlik kleiner is as die golflengte wat gebruik is. Die induksieveld van elke dipool sou 'n aansienlike afstand na alle kante in die rots instrek ongeag die eksentrisiteit van die dipool. Daar is nie gepoog om die impedansie presies aan te pas nie as gevolg van die wisselende koppelingstoestande in die boorgate.

Die opstelling het bewys dat Baie Hoë Frekwensie “video” RADAR-pulse deur 18 m steenkool gestraal kan word. Refleksie van die steenkool-lugkontakvlak is vanuit ’n paar boorgate waargeneem op ’n gemiddelde afstand van 27,4 m. Verdere werk word vereis om die tegniek betroubaar tot ’n reikafstand van 30 m vanaf eksplorasiëboorgate te maak.

3.4.7.4 Elektromagnetiese-sonde

Grottoestande in dolomitiese karstformasie is met behulp van elektromagnetiese golwe in die golfband 2–10 MHz opgemeet. (Kaspar *et al*, 1975). Die fisiese geaardheid van karstgrotte veroorsaak minima en maksima in die spesifieke weerstand en minimum gravitasiewaardes. Die ondersoek is voorafgegaan deur die versameling van ’n verskeidenheid rotsmonsters uit die gebied waarvan die elektriese geleiding en diëlektriese konstante by verskillende frekwensies in die laboratorium bepaal is. Die monsters is in plaatvorm gesny en tussen die plate van ’n kapasitor geplaas. Met behulp van die waargenome verandering in die spesifieke geleiding en die diëlektriese konstante is die optimumfrekwensie bepaal. Volgens die metings is die geleiding van kalkstene laag en verander nie betekenisvol by die frekwensies wat gebruik is nie. Die fisiese toestande vir die suksesvolle gebruik van elektromagnetiese metodes vir die opspoor van grotte het dus bestaan indien die grotte met ’n ander materiaal as die homogene kalksteen opgevolg is. Daar is ’n redelike groot verskil tussen die geleiding van die grotvulsel en die massiewe kalksteen. Die vulsel het in die meeste gevalle uit waterversadigde sand en klei bestaan.

Die metings is uitgevoer by 5 MHz. Die boorgatsendersonde is in die een boorgat neergelaat en die veldsterktemeter is in ’n ander neergelaat en die elektromagnetiese veldsterkte is gelees op 2 meter intervalle.

Anomalië word op hierdie wyse uitgewys. Soos met enige ander geofisiese tegniek moet die anomalië met behulp van boorgate geverifieer word.

3.4.8 Opmerkings

Aangesien geotegniese inligting ’n reaksie verteenwoordig ten opsigte van die chemiese en fisiese parameters kan subtiele veranderinge in ’n stratigrafiese profiel dikwels met geofisiese tegnieke omlyn word. Sulke inligting is van onskatbare waarde in die definiëring van stratigrafiese subeenhede en derhalwe kan die geofisiese ondersoek van ’n groot aantal boorgate, korrelasie oor ’n groot gebied moontlik maak. Sodanige dekking was alreeds suksesvol gebruik om die gebrek aan verskuiwings in ’n gebied te bewys (Crosby *et al*, 1981). Volgens die genoemde skrywers kan die inligting selfs gebruik word om konsolidasie- en syferingsmodelle mee te ontwikkel.

Alhoewel individuele geofisiese boorgatsonderingstegnieke as waardevolle instrumente in die ondersoekprogram bespreek is moet dit benadruk word dat 'n enkele boorgatstaat dikwels misleidend is en tot verkeerde afleidings aanleiding kan gee. Slegs wanneer al die state van al die boorgate wat gekorrelleer is onderling ooreenstem ten opsigte van dieselfde korrelasie, mag dit die korrekte wees.

Om kwantitatiewe inligting van die geïnduseerde stralingstate te verkry is dit gebiedend noodsaaklik volgens Crosby *et al* (1981) dat daar vir alle faktore behalwe die fisiese parameter wat gemeet word, gekompenseer word. Sulke faktore mag die volgende wees:

- 1) Afstand tussen die sonde en die boorgat.
- 2) Tipe en grootte van die voering (indien enige).
- 3) Eienskappe van die boorgatvloeistof (indien enige).
- 4) Instrumentele dryf.
- 5) Chemiese karakteristieke van die formasie.

Meeste van die faktore kan uitfilter word uit die rekord of kompensasie daarvoor gedoen word deur noukeurige kalibrasieprosedures in putte vervaardig van bekende materiale. 'n Meer praktiese metode is om die sonde op terrein te kalibreer. 'n Kernboorgat word vir die doel gebruik met bekende korrelasies tussen die boorgat en die fisiese eienskappe wat in die laboratorium bepaal is. Die korrelasie word op die volgende twee empiriese vergelykings gebaseer tussen die geregistreerde teltempo's en die gemete fisiese eienskappe :

$$\text{Log } N_{\gamma\gamma} = a - b\gamma_t$$

$$\text{Log } W_v = c - dN_{nn}$$

Waar

$$N_{\gamma\gamma} = \text{gamma-gamma teltempo}$$

$$N_{nn} = \text{neutron-neutron teltempo}$$

$$\gamma_t = \text{massadigtheid}$$

$$W_v = \text{voginhoud per totale volume (totale porositeit onder die grondwatertafel)}$$

$$a, b, c, d = \text{konstante deur kalibrasie bepaal}$$

Die kalibrasiekonstantes kan bepaal word deur die keuse van ten minste twee stelle datapunte vir elke vergelyking. Ander fisiese eienskappe met in begrip van die voginhoud (volgens massa), totale of gedeeltelike porositeit, ruimteverhouding, droë digtheid en

versadigingsgraad kan direk uit die vergelykings afgelei word mits die relatiewe digtheid van die materiale en die porievloeistof bekend is.

3.4.9 Verslaggewing

Die verslag moet die volgende bevat (Anoniem, 1981):

- 1) Die ligging en diepte van die boorgat, die helling en rigting, asook die boorpunt-deursnit. Die lengte en ligging van voering in die boorgat.
- 2) Besonderhede van die toerusting wat gebruik is vir die opname.
- 3) Opname van die boorgatdeursnit, of die verskil van die gemete deursnit en die diameter van die boorpunt as 'n funksie van diepte op 'n geskikte skaal.
- 4) Indien 'n rekord van die deursnitvorm gemaak is moet dit op reëlmatige intervalle geïllustreer word. Diepteskaale wat algemeen gebruik word is 1:50, 1:100, 1:200, en 1:1 000.

In die geval van stralingsondering moet die volgende bykomend vermeld word:

- 5) Besonderhede en kalibrasieprosedures wat gevolg is.
- 6) Die gammastralingsstaat moet tesame met die boorgatstaat vertoon word in gepaste stralingseenhede volledig geannoteer met besonderhede van die instrumentverstellings.
- 7) 'n Interpretasie van die resultate met verwysing na die geologiese kenmerke van die formasies om die boorgat, genoteer ten opsigte van enige aannames en korreksies wat aan die gammasonderingstaat aangebring is.
- 8) In die geval van die neutronsonde moet bykomstig besonderhede van die neutronbron en detektore wat gebruik is en die kalibrasieprosedures wat gevolg is verstrekk word.
- 9) Wanneer die gamma-gamma digtheidsonde gebruik is, is dit gewens dat die staat op 'n geskikte skaal van die grootmaatdigtheid saam met die kern- en/of boorselstate volledig geannoteer met die besonderhede van die instrumentverstellings verstrekk word.

3.5 VLEK- EN ANDER TOETSE

- 1) Vlektoets spesifiek vir kalsiet (Warne, 1962). Die vlektoetsoplossing word berei deur 0,1 g alizarien rooi s in 100 ml 0,2 persent soutsuur op te los. Die soutsuur oplossing word berei deur 2 ml kommersiële soutsuur met 998 ml gedeïoniseerde water te verdun.
Die vermeende kalsietboorsels word in 'n horlosieglass met voldoende vlektoetsoplossing bedek. Binne sowat twee tot drie minute vlek kalsiet 'n donker rooi kleur. Met hierdie toets word dolomiet nie gevlek nie.

- 2) Vlektoets spesifiek vir dolomiet (Friedman, 1959). Nadat die vlektoets vir kalsiet uitgevoer is word 'n gedeelte van dieselfde oorspronklike monster vir dolomiet getoets. Vir hierdie toets word twee oplossings benodig wat soos volg saamgestel is:
 - A. 'n Oplossing van 0,2 g alizarien rooi s opgelos in 25 ml metanol.
 - B. 'n Dertig persent natriumhidroksiedoplossing wat berei is deur 30 g NaOH in 70 ml water op te los. Die monster word geplaas in 'n 5:3 oplossing van oplossings A en B en in 'n proefbuis vir sowat 5 minute gekook.
Dolomiet word purper gevlek.

- 3) Vlektoets vir mangaan (Wolf *et al*, 1967). 'n Oplossing verdunde swaelsuur word berei deur 3 ml gekonsentreerde swaelsuur stadig by 97 ml gedeïoniseerde water te voeg terwyl die water met 'n skoon glasstafie geroer word – dit is die oplosmiddel. Gebruik nou 5 ml van die oplosmiddel per 100 mg monster in 'n proefbuis. Voeg 2 druppels fosforsuur (H_3PO_4) by en daarna een druppel 1 persent massa/volume silwernitratoplossing. Voeg nou 200 mg ammoniumpersulfaat ($(\text{NH}_4\text{S}_2)_8$) by die inhoud van die proefbuis en kook vir 1 tot 2 minute. Die bodrywende vloeistof is ligroos gekleur deur KMnO_4 – wat die teenwoordigheid van mangaan bevestig.

- 4) Kwalitatiewe toets vir yster in dolomiet (Warne, 1962). Hierdie toetsprosedure is van toepassing op beide kalsiet- en dolomietmonsters wat yster bevat. Die standaardtoetsoplossing word berei deur 5 g kaliumferrisianied ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) in gedeïoniseerde water op te los wat 2 ml gekonsentreerde soutsuur bevat en die oplossing te verdun tot 1 000 ml met gedeïoniseerde water.

Die rotsmonster of boorsel word swart gekleur indien yster teenwoordig is. Die diepte van die kleur is proporsioneel aan die hoeveelheid divalente yster teenwoordig.

3.6 MONSTERINGSTEGNIEK

3.6.1 Blokmonsters

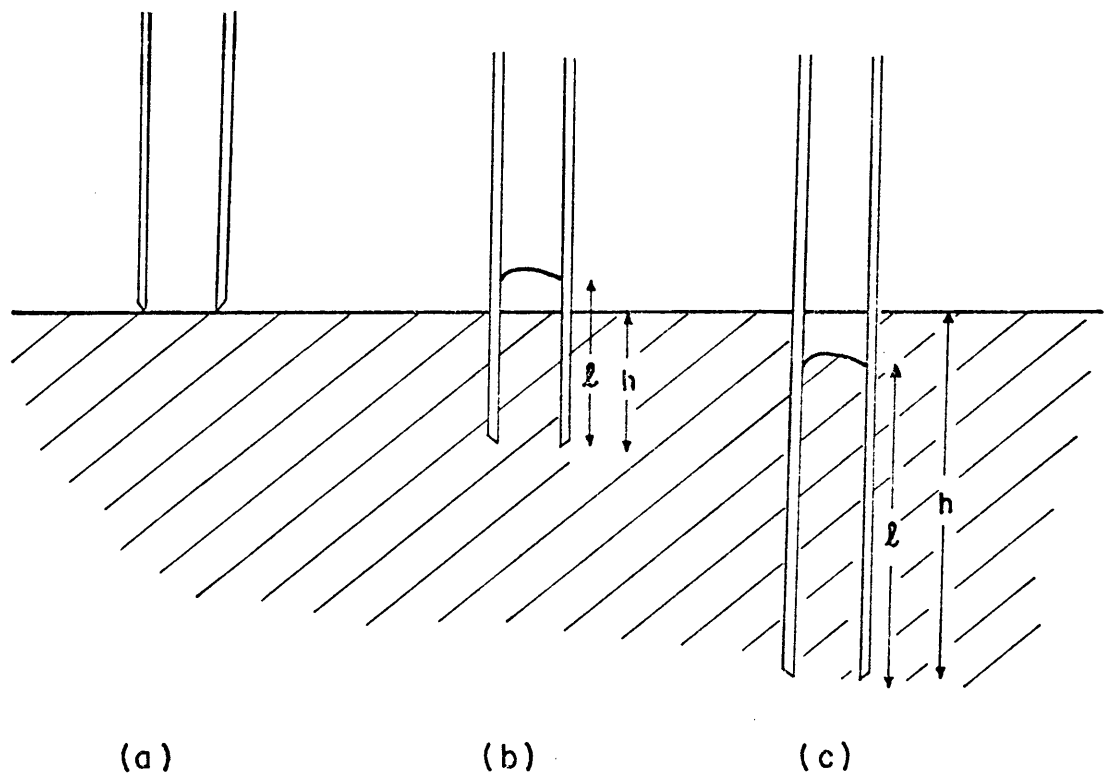
Dié metode verg handvaardigheid en geduld veral wanneer swigbare materiaal of mangaanaarde bemonster word. Die keuse van geskikte snygereedskap is baie belangrik in die voorkoming van versteuring en kraking van die monster. Veral mangaanaarde noodsaak die gebruik van dun, langlem messe soos die van slagters. Daar is gevalle waar 'n styfgespanne, dun klaviersnaar die beste werk. Om die onderkant van die monster los te sny kan 'n dun gevlegte staalkabel ook in 'n treksaagaksie gebruik word.

Onder baie droë, warm toestande is dit wenslik om 'n klam kaasdoek oor die deel van die monster wat reeds afgewerk is te hou om uitdroging en verkrummeling te voorkom. Nadat die monster gesny en afgewerk is, word dit met 'n kaasdoek bedek en gesmelte paraffienwas bestryk, 'n kwas en groot sopskelepel word gebruik. Dit is baie belangrik dat die was met die hande glad gesmeer word, nadat dit met die kwas aangewend is, om die porieë te verseël. Addisionele bedekkings van kaasdoek en was word op dieselfde wyse aangewend totdat daar minstens drie lae oor die hele monsteroppervlak is. Die verseëling moet sorgvuldig gedoen word om die voginhoud van die monster so konstant moontlik te hou.

Die monsters word op 'n plastiekspons wat sowat 70 mm dik is per motor vervoer. Die individuele monsters word in 'n dubbele laag borrelplastiek toedraai om skok te absorbeer. Alle monsters moet van identifikasie asook noordrigting en 'n aanduiding van die bo- en onderkant voorsien wees.

3.6.2 Buismonsters

Die druk bo-op die grondmonster en wrywing teen die binnewand van die monsterbuis neig om die monster se stratifikasie te vervorm en om die druk direk onder die buis te verhoog (Kezdi, 1980). Die druk van die snykant van 'n monsterbuis is baie hoog op die materiaal wat gemonster word, 'n gedeelte van die materiaal word verplaas wanneer die buis in die grond geforseer word. Konvekse vervorming vind aan die bokant van die grondlae in die monsterbuis plaas. Die algehele toestand van 'n grondmonster wat so herwin is kan beskryf word as die totale herwinningsverhouding A soos volg (sien Fig. 3.11):



FIGUUR. 3.II. DEFINISIE EN VARIASIE VAN DIE HERWINNINGS = VERHOUDING GEDURENDE MONSTERNEMING.

- (a) VOOR PENETRASIE
 - (b) MONSTER LOSGEMAAK DEUR PENETRASIE $A > 1$
 - (c) MONSTER VERDIG DEUR WANDWRYWING $A < 1$
- (VOLGENS KEZDI, 1980).

waar $A = \frac{1}{h}$

met

A = totale herwinningsverhouding

l = monsterlengte

h = penetrasielengte van buis

Hierdie tipe monsterneming is ongeschik vir sagter materiale (Nixon, 1975) wat mangaan-aarde en klam sandige slied of sliedige sand sal insluit.