

SCHÖNING W L

VERSPREIDING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS IN DIE  
DOLOMIETGEBIEDE SUID VAN PRETORIA

MSc

UP

1990

VERSPREIDING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS IN DIE  
DOLOMIETGEBIEDE SUID VAN PRETORIA

deur

WALTER LUDWIG SCHÖNING

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereiste vir die  
graad Magister Scientia in die Fakulteit Natuurwetenskappe,  
Universiteit van Pretoria.

Pretoria

Junie 1990

VERSPREIDING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS IN DIE  
DOLOMIETGEBIED SUID VAN PRETORIA

deur

Walter Ludwig Schöning

Leier: Prof A. van Schalkwyk

Departement: Geologie

Graad: MSc (Ingenieursgeologie)

SAMEVATTING

Die dolomietgebiede suid van Pretoria ondervind tans 'n vinnige toename in dorpsontwikkeling. Die gewildheid van hierdie gebied is toe te skryf aan die ligging, wat beide Johannesburg en Pretoria maklik toeganklik maak.

'n Groot gedeelte van hierdie gebied word beslaan deur dolomiet van die Chuniespoort Groep. Hierdie geologiese formasie is bekend vir die voorkoms van sinkgate en versakkings (gesamentlik na verwys as gebeurtenisse) wat kan lei tot skade aan strukture en lewensverlies.

In hierdie studie word die aantal en verspreiding van sinkgate en versakkings ondersoek. Aandag word veral gegee aan:

- die versameling van inligting oor alle bekende sinkgate sowel as versakkings,

- die voorkoms van sinkgate sowel as versakkings op verskillende gravitasie-anomalieë,
- die voorkoms van sinkgate sowel as versakkings op die onderskeie geologiese formasies, naamlik die Eccles-, Lyttelton-, Monte Christo- en Oaktree Formasies,
- die verband tussen reënval, die voorkoms van sinkgate sowel as versakkings en
- die invloed van ontwikkeling op die vorming van sinkgate sowel as versakkings.

Voorts word daar ook onderskei tussen natuurlike en onnatuurlike gebeurtenisse.

Weens die sensitiwiteit van baie van hierdie inligting word 'n lokaliteitsplan wat die ligging van die gebeurtenisse aantoon, nie verskaf nie, maar dit is wel by die Geologiese Opname in Pretoria vir gekeurde persone ter insae.

Die volgende gevolgtrekkings word gemaak:

- 1) Daar is geen verskil tussen die aantal sinkgate en die aantal versakkings op die verskillende gravitasie-anomalieë waargeneem nie.
- 2) Daar is 'n lineêre verband tussen die aantal sinkgate en kumulatiewe reënval oor maande. Hierdie verband kon nie waargeneem word vir versakkings nie.
- 3) Daar kon nie bepaal word of gebeurtenisse hoofsaaklik op chertryke formasies vorm al dan nie.
- 4) Meer gebeurtenisse kom voor in die nywerheidsgebiede as



in die woongebiede. Beter waterbestuur in die  
woongebiede is moontlik hiervoor verantwoordelik.

OCCURRENCE OF SINKHOLES AND DOLINES IN THE DOLOMITIC AREAS  
SOUTH OF PRETORIA

by

Walter Ludwig Schöning

Promotor : Prof A. van Schalkwyk

Department: Geology

Degree : MSc (Engineering Geology)

ABSTRACT

The area south of Pretoria is presently experiencing a rapid growth in township development. This area is situated between Pretoria and Johannesburg and its popularity can be ascribed to the good infrastructure which makes Pretoria and Johannesburg easily accessible.

Large portions of this area are underlain by dolomite of the Chuniespoort Group. This geological formation is susceptible to sinkhole and doline formation (collectively referred to as events), which can cause severe damage to structures and lead to loss of life.

In this study the occurrences of sinkholes as well as dolines are analysed and special attention was given to:

- the collection of all information on known sinkholes as well as dolines,

- the occurrence of sinkholes as well as dolines on the different gravity anomalies,
- the presence of sinkholes as well as dolines on the different geological formations, namely the Eccles, Lyttelton, Monte Christo and Oaktree Formations,
- the relation between rainfall and the formation of sinkholes as well as dolines,
- the influence of urban development on the formation of sinkholes as well as dolines.

A distinction is made between events caused under natural conditions and those induced by human action.

Much of this information is classified. Therefore a locality plan indicating the exact position of the events is not included. This information is available for selected persons at Geological Survey.

The following conclusions are drawn:

- 1) There is an equal occurrence of sinkholes and dolines on the different gravity anomalies.
- 2) A linear relation was found between the number of sinkholes and cumulative rainfall per month.
- 3) It was not possible to determine if events occur preferentially on the chert rich formations.
- 4) More events occur in the old light industrial areas. This can possibly be explained by the better water management in the old residential areas.

## INHOUDSOPGAWE

	<u>Bladsy</u>
Samevatting	
Abstract	
Hoofstuk 1 - <u>INLEIDING</u>	1
1.1           STUDIEGEBIED	2
1.2           DOEL VAN STUDIE	4
1.3           METODIEK	5
1.4           TERMINOLOGIE	6
Hoofstuk 2 - <u>GEOLOGIE</u>	9
2.1           GEOLOGIE VAN DIE STUDIEGEBIED	9
2.2           AFSETTINGSOMGEWING	11
2.2.1        Subgetysone: Oaktree, Lyttelton en Frisko Formasies	13
2.2.2        Intergetysone: Monte Christo Formasie	15
2.2.3        Supragetysone: Eccles Formasie	16
2.2.4        Jonger gesteentes	17
2.3           VORMING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS	18
2.3.1        Sinkgatmeganisme	18
2.3.2        Versakkingsmeganisme	22
2.3.3        Die invloed van termiete op sinkgat- en versakkingsvorming	23
2.4           KARST	26
2.4.1        Geohidrologie van Karstomgewings	27
2.4.2        Karstsiklus	28
Hoofstuk 3 <u>OORSPRONG VAN DATA</u>	33
3.1           ALGEMEEN	33
3.1.1        Indekskaarte	36
3.2           GRAVITASIE	39

	<u>Bladsy</u>
3.2.1	Gravitasie-opname 40
3.2.2	Gebruik van die Gravitasie-opname 43
3.3	REËNVAL 47
3.4	VERSKILLENDE GEOLOGIESE FORMASIES 52
3.5	ONTWIKKELDE GEBIEDE 55
3.6	NATUURLIKE EN ONNATUURLIKE SINKGATE EN VERSAKKINGS 58
3.7	KOERANTBERIGTE 60
Hoofstuk 4 -	<u>BESTAANDE SINKGAT- EN VERSAKKINGS- INLIGTING</u> 63
4.1	POSVRAELYS 63
4.2	GRAVITASIERESULTATE 69
4.3	REËNVALRESULTATE 70
4.4	GEBEURTENISSE OP DIE GEOLOGIESE FORMASIES 72
4.5	GROOTTE EN OUDERDOM VAN DIE WOONGEBIEDE EN NYWERHEIDSGBIEDE 80
Hoofstuk 5 -	<u>STATISTIESE EVALUERING EN INTERPRETASIE</u> 84
5.1	SINKGATE EN VERSAKKINGS OP DIE VERSKIL- LENDE GRAVITASIE-ANOMALIEë 84
5.2	INVLOED VAN REËNVAL OP DIE ONTSTAAN VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS 87
5.3	OUDERDOM VAN DIE WOONGEBIEDE 97
5.4	VERSPREIDING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS TEN OPSIGTE VAN DIE GEOLOGIESE FORMASIES 106
5.5	AFMETINGS VAN DIE GEBEURTENISSE 109
Hoofstuk 6 -	<u>GEVOLGTREKKINGS</u> 111
	<u>BEDANKINGS</u> 115
	<u>VERWYSING</u> 116

TABELLE

		<u>Bladsy</u>
Tabel 1	: Diktes van die verskillende formasies.	10
Tabel 2	: Gravitاسie-anomalieë vergelyk met druklugboorgatresultate.	46
Tabel 3	: Reënvalsyfers vir twee verskillende weerstasies in die studiegebied.	51
Tabel 4	: Lys van koerantberigte.	60
Tabel 5	: Respondente se weergawe van gebeurtenisse en die gebeurtenisse op rekord by die Geologiese Opname.	66
Tabel 6	: Positiewe antwoorde van respondente in ses afsonderlike woongebiede.	68
Tabel 7	: Posvraelyste terugontvang asook aantal beboude erwe in ses woongebiede.	69
Tabel 8	: Voorkomste van gebeurtenisse op gravitasie-anomalieë.	70
Tabel 9	: Reënval en bekende sinkgate en versakkings per jaar oor 'n periode van 16 jaar.	71
Tabel 10	: Kumulatiewe reënval asook maandelikse sinkgate en versakkings.	72
Tabel 11	: Die gebeurtenisse gelys volgens geologiese formasie.	73

		<u>Bladsy</u>
Tabel 12	: Aantal sinkgate en hulle diameter teenoor die geologiese formasies.	73
Tabel 13	: Aantal versakkings en hulle diameter teenoor die geologiese formasies.	74
Tabel 14	: Aantal sinkgate en hulle dieptes teenoor die geologiese formasies.	75
Tabel 15	: Aantal versakkings en hulle dieptes teenoor geologiese formasies.	75
Tabel 16	: Aantal sinkgate ten opsigte van gravitasie-anomalieë en geologiese formasies.	76
Tabel 17	: Aantal versakkings ten opsigte van gravitasie-anomalieë en geologiese formasie.	77
Tabel 18	: Die voorkoms van gebeurtenisse in die verskillende geografiese areas en op geologiese formasies.	78
Tabel 19	: Ouderdom, grootte van woongebiede en aantal gebeurtenisse.	80
Tabel 20	: Grootte van die nywerheidsgebiede, ontwikkelingsdigtheid en die voorkoms van gebeurtenisse.	82
Tabel 21	: Diameter van sinkgate en versakkings teenoor gravitasie-anomalieë	86
Tabel 22	: Aantal gebeurtenisse per 100 hektaar in die ontwikkelde gebiede.	103

Bladsy

Tabel 23	: Gestandaardiseerde data vir die gebeurtenisse op die verskillende formasies.	108
----------	--	-----



FIGURE

		<u>Bladsy</u>
Figuur 1	: Studiegebied: Geologiese Kaart van gedeelte van die Lyttelton kaart 2528CC.	3
Figuur 2	: Isopagkaart van die Chuniespoort Groep.	12
Figuur 3	: Sinkgat veroorsaak deur Termiet-aktiwiteite en 'n grondmonster wat deel uit maak van termietnes.	25
Figuur 4	: Die Karst-Siklus volgens Grund (1914)	29
Figuur 5	: Voorbeeld van 'n vraelys wat deur 'n amptenaar ingevul word.	37
Figuur 6	: Tipiese voorbeeld van 'n indekskaart.	38
Figuur 7	: Residuele Gravitasielkontoerkaart (volgens Kleywegt en Enslin, 1973)	44
Figuur 8	: Groep Chuniespoort: Afgelei vanaf termiese infrarooilynaftasting.	53
Figuur 9	: Kumulatiewe Sinkgate per Maand.	91
Figuur 10	: Kumulatiewe Versakkings per Maand.	93
Figuur 11	: Dae reën teenoor gebeurtenisse	95

BYLAE

		<u>Bladsy</u>
Bylaag 1	: Koerantberigte	121
Bylaag 2	: Posvraelys	128

## HOOFSTUK 1

### INLEIDING

Die dolomitiese gesteentes van die Transvaal is bekend vir die vorming van sinkgate en versakkings. Agt en dertig mense het reeds hulle lewens hier verloor deurdat hulle in sinkgate begrawe is (Brink, 1979). Daarbenewens is talle geboue ook ernstig deur sinkgate en versakkings beskadig.

Ernstige oppervlakkbeweging as gevolg van die dolomietprobleem kom hoofsaaklik in die PWV-gebied, die Verre-Wesrand en aan die Oosrand voor.

In die PWV-gebied en aan die Oosrand is dit hoofsaaklik swak waterbestuur wat vir die stabiliteitsprobleme in ontwikkelde gebiede verantwoordelik is. Die meeste probleme aan die Verre-Wesrand is die gevolg van ontwatering van grondwaterkompartemente tydens mynboubedrywigheide. In 'n mindere mate is swak waterbestuur ook daar vir stabiliteitsprobleme verantwoordelik. Hierdie probleme kom hoofsaaklik in drie afsonderlike dorpe, naamlik Venterspos, Westonaria en Carletonville voor. Aangesien al bogenoemde dorpe in ontwaterde gebiede geleë is, is meeste van die stabiliteitsprobleme wat hier voorkom, met ontwatering sowel as swak waterbestuur in verband gebring.

In hierdie studie word daar aandag gegee aan die sinkgate en versakkings wat in die gebied suid van Pretoria voorgekom het.

Sedert die laat sestigerjare het stabiliteitsprobleme in die dolomietgebied suid van Pretoria toenemend voorgekom. Vanuit owerheidsweë is Ordonnansie 25 van 1965 vir dorpsbeplanning en Ordonnansie 19 van 1973, wat verband hou met die onderverdeling van eiendom, neergelê. Hiervolgens moes elke ontwik-

kelaar wat 'n nuwe ontwikkeling wil begin onder andere verslag doen oor: die geskiktheid van die terrein ten opsigte van ligging, watertoevoer, grondtoestande, uitsig, vloedlyne, die aanwesigheid van dolomiet, moontlikheid van uitbreiding, helling van strate en toeganklikheid. Laasgenoemde ordonnansies is vervang met Ordonnansie 20 van 1986 en magtig verskeie instansies om ontwikkeling goed te keur.

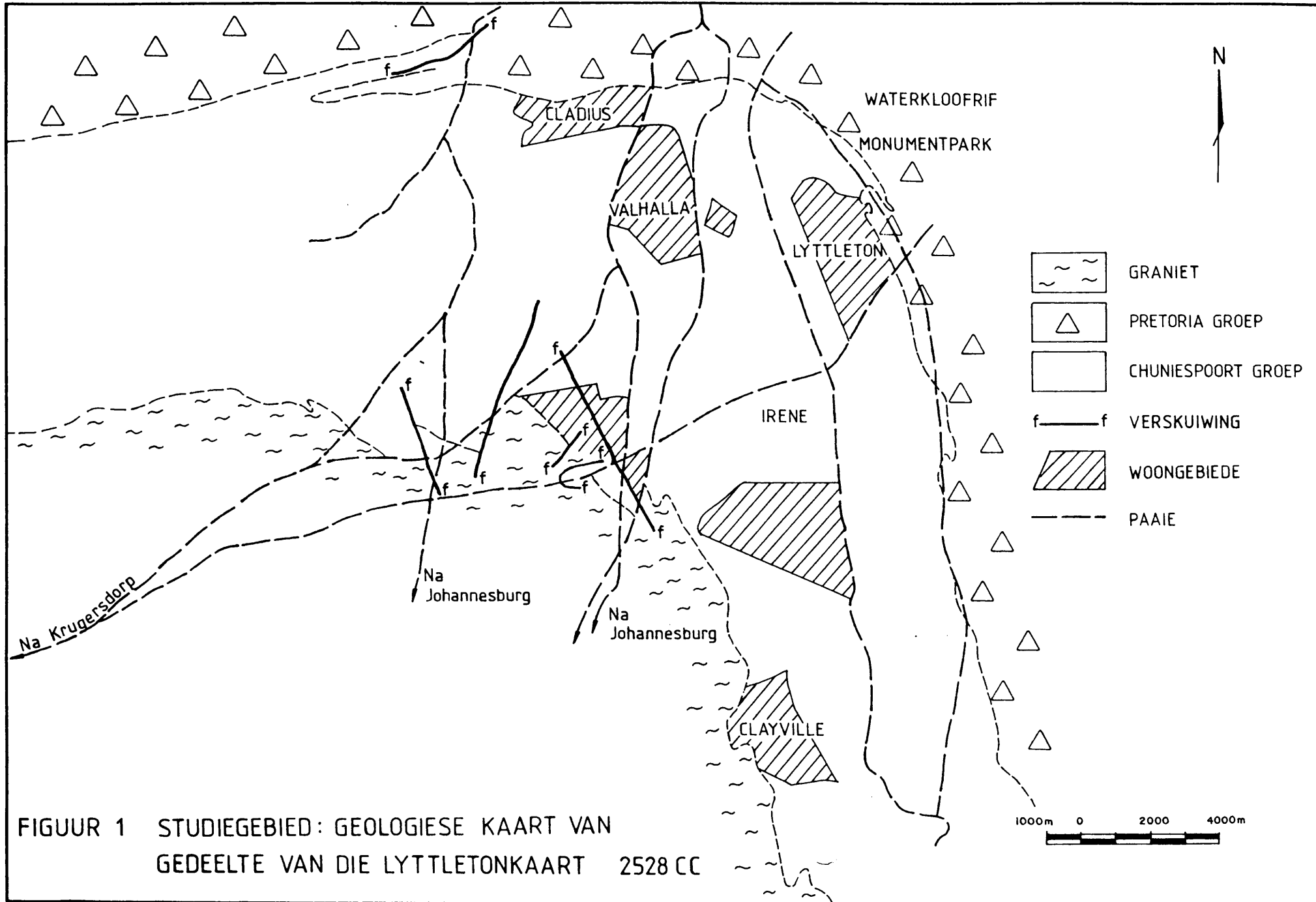
Tans is dit standaardpraktyk om alle dolomietgebiede, waar ontwikkeling beoog word, geotegnies te ondersoek deur die toepassing van geskikte geofisiese metodes en druklugboorwerk. Die mees algemene geofisiese metode wat gebruik word vir dolomietondersoeke, is die gravitasiemetode. Hierdie inligting word dan gebruik vir die plasing van druklugboorgate ten opsigte van die gravitasie-anomalieë. Die boorresultate word geëvalueer, waarna die terrein in verskeie risikosones onderverdeel word. Aanbevelings word dan ten opsigte van die toelaatbare tipe ontwikkeling en watervoorsorgmaatreëls gemaak.

### 1.1 STUDIEGEBIED

Die studiegebied word beslaan deur die Chuniespoort Groep en is ongeveer geleë tussen die breedtegrade  $28^{\circ}03'$  en  $28^{\circ}15'$  en lengtegrade  $25^{\circ}45'$  en  $26^{\circ}00'$ . Die geologie word getoon op die geologiese kaart 2528CC met 'n skaal van 1:50 000. 'n Beknopte weergawe van hierdie kaart verskyn in figuur 1.

Die studiegebied beslaan ongeveer 330 vierkante kilometer wat tot 'n groot mate ontwikkel is. Die munisipaliteite Verwoerdburg, Clayville, Olifantsfontein asook die suidelike woongebiede van Pretoria is hier geleë.

Talryke stabiliteitsondersoeke vir nuwe dorpsgebiede en vir militêre ontwikkelings is sedert 1973 in die studiegebied



FIGUUR 1 STUDIEGEBIED: GEOLOGIESE KAART VAN GEDEELTE VAN DIE LYTTLETONKAART 2528 CC

gedoen (Buttrick, 1986). 'n Groot aantal van hierdie ondersoeke is deur die Geologiese Opname self uitgevoer terwyl die ander ondersoekverslae deur die Geologiese Opname ontvang en evalueer is.

Vir die doel van hierdie studie is al hierdie verslae gebruik om inligting oor sinkgate en versakkings in te win.

Daar is inligting oor 375 sinkgate en versakkings versamel. Hiervan is 272 sinkgate en 103 versakkings. Deurgaans word egter slegs na 263 sinkgate verwys aangesien daar 'n mate van onsekerheid oor 9 van hierdie sinkgate bestaan. Van hierdie 9 sinkgate word 4 in die omgewing oos van die Rietvleidam, 4 in die Rietvleidam Natuureservaat en 1 by die Waterkloof Lugmagbasis, gevind. In die geval van laasgenoemde sinkgat bestaan daar onsekerheid of dit wel 'n sinkgat is. Daar word vermoed dat dit moontlik 'n ou leengroef kan wees. Die oorblywende 8 sinkgate is moontlik natuurlike sinkgate.

## 1.2 DOEL VAN STUDIE

Die doel van hierdie studie was tweeledig.

- i) Daar is gepoog om alle inligting wat verband hou met sinkgate en versakkings te versamel en aan te teken. Data oor die lokaliteit, geologiese formasie, gravitasie-anomalieë, vormingsdatum en reënval is versamel.
- ii) Daarna is daar ondersoek ingestel na die belangrikheid van faktore wat 'n rol speel gedurende die vormingsproses van die sinkgate en versakkings. Hiervoor is van verskeie statistiese metodes gebruik gemaak. Die volgende aspekte is bestudeer:

- i) gravitasie-waardes,
- ii) die invloed van reënval,
- iii) die rol van die verskillende formasies,
- iv) die ouderdom, digtheid en grootte van woongebiede.

### 1.3 METODIEK

Die sinkgate en versakkings is op ortofoto's met 'n skaal van 1 : 10 000 aangetoon. Hierdie inligting word nie hier afgebeeld nie, omdat dit as sensitief beskou word. Die inligting is wel vir gekeurde persone by die Geologiese Opname in Pretoria beskikbaar. Vir hierdie studie is die onderskeie gebiede genommer om die verskillende terreine te identifiseer.

Wat die geologiese formasies betref, is daar onderskei tussen die Oaktree-, Monte Christo-, Lyttelton- en Eccles Formasies.

Gravitasie-anomalieë is onderverdeel in gravitasie-hoog, -laag en gradiëntsones.

Sover moontlik is daar gepoog om die datum van vorming van die gebeurtenisse te bepaal. In enkele gevalle was die dag en maand van vorming bekend, terwyl in ander gevalle slegs die jaar van vorming bepaal kon word.

Daar is gepoog om vas te stel wat die sinkgat of versakking veroorsaak het. Om in hierdie doel te slaag, is daar tussen natuurlike sinkgate en versakkings en onnatuurlike sinkgate en versakkings onderskei. Daarbenewens is die digtheid en die tipe van ontwikkeling, wat in die onmiddellike omgewing van die sinkgat of versakking bestaan het, bestudeer.

Groot onduidelikheid bestaan tans nog oor die faktore wat 'n bydrae kan lewer tot die vorming van sinkgate en versakkings. Alhoewel algemeen aanvaar word dat swak waterbestuur die hoofaktiveerder is, is daar onduidelikheid oor die verband tussen reënval en sinkgat- of versakkingsvorming. Hierdie verband is bestudeer deur gebruik te maak van reënvalinligting wat verkry is vanaf die Weerburo in Pretoria.

Sover moontlik is daar gepoog om al bogenoemde aspekte met behulp van statistiek toe te lig. In sommige gevalle is daar van eenvoudige statistiese metodes gebruik gemaak.

#### 1.4 TERMINOLOGIE

Om na sinkgate en versakkings saam te verwys, is die woord gebeurtenis gekies. Die woord "gebeurtenis" word in wiskunde, in die onderafdeling versamelingsleer, gebruik om verskillende voorkomste wat tog ooreenkomstige elemente bevat, saam te groepeer.

In die verlede is in die internasionale literatuur die woord dolines gebruik om sinkgate asook versakkings mee te beskryf. So gebruik Jakucs (1971) dit sinoniem met sinkgate en praat van "doline strings" of "sinkhole rows". Jennings (1971) beskryf 'n doline soos volg: "The simpler forms of karst closed depressions are now commonly considered under the name 'doline'". Hierdie "dolines" is rond of ovaalvormig



en wissel in diepte. Die woord sinkgat het volgens hom 'n baie los konnotasie. In hierdie konteks groepeer die woord doline dus sinkgate en versakkings saam. Tans word in die V.S.A. die woord "sinks" gebruik om spesifiek na sinkgate te verwys (Buttrick mondelinge mededeling).

In die Suid-Afrikaanse situasie word daar egter deeglik onderskeid getref. Foose (1967) definieer 'n sinkgat as 'n silindriese insinking met steil wande wat skielik ontstaan. As die dimensies groter as 45 meter in diameter en 30 meter diep is, word dit as 'n groot sinkgat beskou. Buttrick (1988) verdeel sinkgate in vier verskillende groottes, naamlik:

- i) klein sinkgat met diameter van kleiner as 2 meter,
- ii) medium grootte sinkgat met diameter tussen 2 en 5 meter,
- iii) groot sinkgat met diameter tussen 5 en 10 meter en
- iv) baie groot sinkgat, groter as 10 meter in diameter.

'n Doline word onder andere deur Brink (1979) beskryf as 'n kompaksieversakking wat 'n oppervlak depressie is en oor 'n periode van jare gevorm het. Hierdie kompaksie versakking kan rond, ovaal of lineêr wees en kan ook as 'n vassaking beskryf word. Waar dit rond of ovaal is, mag dit 'n diameter van tot 300 meter hê en waar dit lineêr is, kan dit tot 1 kilometer lank wees. In afsonderlike gevalle kan die versakking 'n diepte van tot 12 meter hê. Hierdie verskynsels word hoofsaaklik aan die Verre-Wesrand aangetref en is grootliks veroorsaak deur ontwatering.

In die studiegebied is heelparty versakkings nie tipiese kompaksie versakkings nie, maar eerder sinkgate wat nie tot

hulle volle potensiaal kon ontwikkel nie, aangesien die aktiveerder verwyder is, of die keël wat toegang tot die ontvangerholte bied, verstop is. Sinkgatvorming is dus vroegtydig verhinder en depressies met krake op hul rante word aan die oppervlak waargeneem.

Voorts ontstaan die vraag of die woord versakking in Afrikaans korrek gebruik word. In Engels word die woord "subsidence" gebruik om gesamentlik na sinkgate en versakkings te verwys. 'n Versakking soos wat dit gebruik word in Afrikaans, word 'n "doline" genoem. Die Afrikaanse woordeboek (Kritzinger, Schoonees, Cronjé, Eksteen, 1986) vertaal die Engelse woord "subsidence" as 'n invalling, insakking, instorting, versakking, wegsakking, insinking, sakplek en daling. Hiervolgens sou die woord versakking dieselfde betekenis hê as "subsidence". Hierdie term omvat dus beide 'n sinkgat en die bekende versakking. Die vraag ontstaan of die woord versakking nie eerder vervang behoort te word nie met die woord doline wat soms reeds gebruik word. In hierdie studie word die woord versakking, om verwarring te voorkom, steeds gebruik om na 'n doline of depressie te verwys.

Natuurlike sinkgate en versakkings kan gedefinieer word as gebeurtenisse wat ontstaan het onder natuurlike toestande. Menslike aktiwiteite wat paaie, slote, dorpsontwikkeling, asook ontwatering insluit, het hier dus nie 'n rol gespeel tydens die vormingsproses nie, terwyl laasgenoemde faktore wel 'n invloed gehad het op die vorming van nie-natuurlike gebeurtenisse.

## HOOFSTUK 2

### GEOLOGIE

In hierdie hoofstuk word drie aspekte behandel:

- i) die geologie van die studiegebied en die afsettingsomgewing,
- ii) definisie van karst, die geologie, geohidrologie van karstomgewings, en die karstsiklus en
- iii) die meganisme van sinkgat- en versakkingsvorming en die verwerking van dolomiet.

#### 2.1 GEOLOGIE VAN DIE STUDIEGEBIED

Die studiegebied word beslaan deur gesteentes van die Chuniespoort Groep van die Transvaal Opeenvolging. Hierdie groep bestaan hoofsaaklik uit dolomiet, tussengelaagde chert en in 'n mindere mate tussengelaagde skalie. 'n Geologiese kaart van die studiegebied verskyn in figuur 1.

In die Republiek van Suid-Afrika het die dolomietafsettings ontstaan as gevolg van die uitloging van die Argaeïese graniet, skis en die Ventersdorplawa. Die uitloogoplossing is vervoer en na die afsettingskom waar dolomiet (onder warm, vlak, en reduserende soutwatertoestande, met 'n pH van ongeveer 8) gevorm het. Alge wat onder hierdie toestande gegroei het, het die proses bevorder.

Die tussengelaagde chertlae word beskou as van singenetiese oorsprong te wees. Lae brongebiede waaruit 'n beperkte toevoer van klastiese materiaal was, vlak water in die

afsettingsgebied en latere herrankskikking van die presipitaat gedurende diagnose het aanleiding tot die chertlae gegee (Visser, 1969). Organismes kon ook 'n rol gespeel het. Chert is neergeslaan as 'n kolloïdale gel onder effens sout en reduserende toestande met 'n pH van tussen 7 en 8 (Toens, 1966).

Die afwesigheid van gestreepte ystersteen in die dolomietgebiede suid van Pretoria, asook die Verre Wes-Rand kan volgens Coertze (1961) toegeskryf word aan 'n opheffing van die kom in die suide voordat die gestreepte ystersteen afgeset is.

Stratigrafies word die Chuniespoort Groep onderverdeel in verskillende formasies (SACS, 1980) soos in tabel 1 gelys.

Tabel 1: Diktes van die verskillende formasies.

<u>FORMASIE</u>	<u>DIKTE</u>
Eccles	380 meter
Lyttelton	150 meter
Monte Christo	700 meter
Oaktree	200 meter

Die Eccles Formasie word bedek deur die Frisco Formasie wat hoofsaaklik chertvry is, maar nie in die gebied suid van Pretoria of in die Wes-Rand aangetref word nie.

Laasgenoemde vyf formasies vorm almal deel van die Malmani Subgroep.

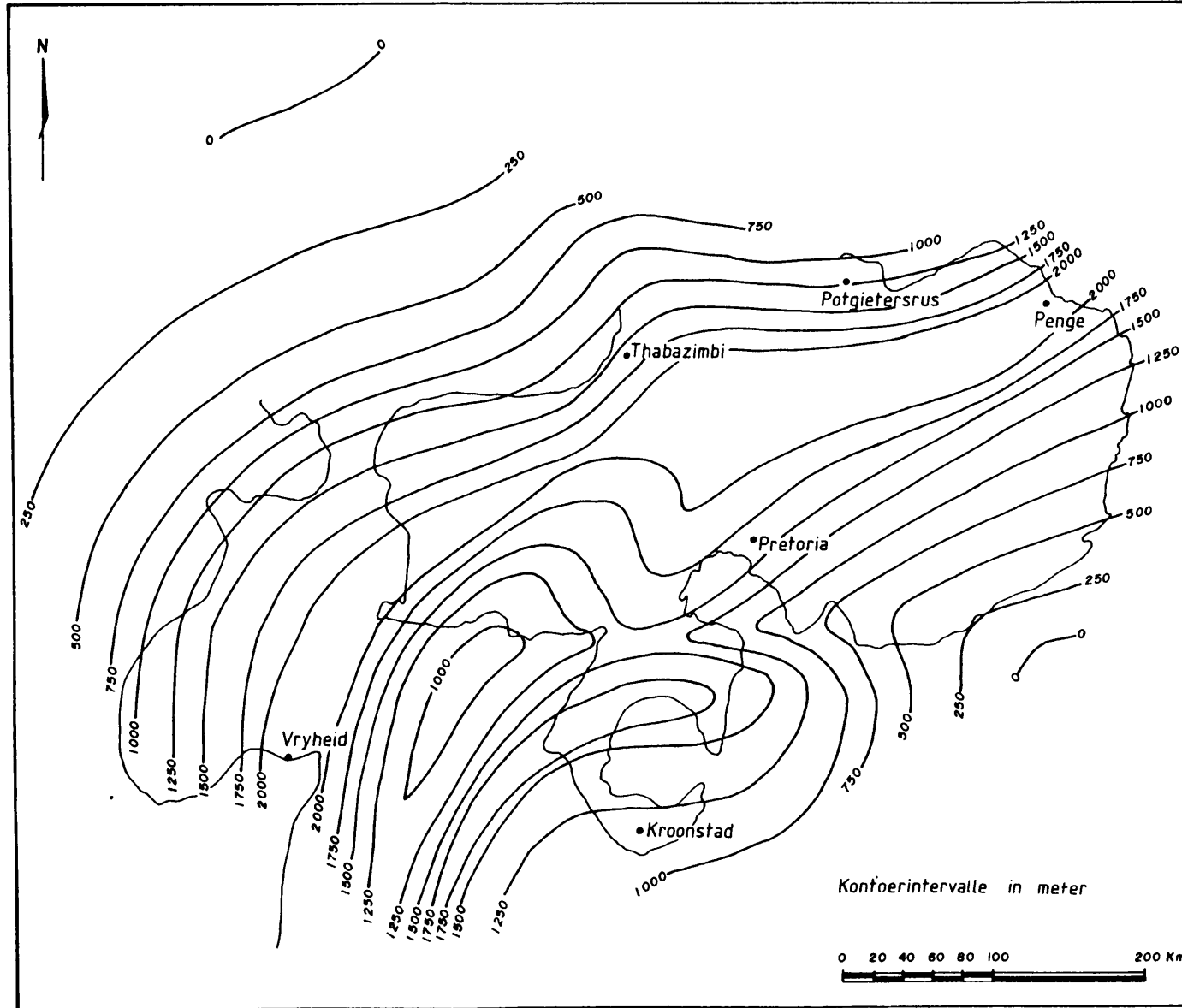
Groot gedeeltes van die Malmani Subgroep word bedek deur die Rooihogte Formasie van die Pretoria Groep, wat uit chert-breksie, Bevets konglomeraat, skalie en kwartsiet bestaan.

Die Swartrif Formasie onderlê die Malmani Subgroep en word kortliks hier beskryf, aangesien verskeie lae mangaanaarde in hierdie formasie voorkom en dus moontlik ook aanleiding kan gee tot die vorming van versakkings en in 'n mindere mate moontlik verantwoordelik kon gewees het vir die vorming van enkele sinkgate.

Die vier formasies van die Malmani Subgroep wat in die gebied suid van Pretoria aangetref word, is gesamentlik sowat 1430 meter dik en word onderskei deur die verskillende inhoudes van chert. Die Oaktree en Lyttelton Formasies het 'n relatief lae chertinhoud, terwyl die Eccles en Monte Christo Formasies gekenmerk word deur hulle relatief hoë chertinhoud. Aan die basis van die dolomiet opeenvolgings word die Swartrif Formasie aangetref wat hoofsaaklik uit kwartsiet en konglomeraatlense bestaan. Skalie is feitlik altyd teenwoordig in hierdie formasie en die kontak met die dolomiet opeenvolging is diskordant (SACS, 1980).

## 2.2 AFSETTINGSOMGEWING

Die afsettingskom waarin die dolomiet van die Chuniespoort Groep afgeset is, is ongeveer 2300 miljoen jaar oud en word deur Visser (1969) voorgestel deur middel van 'n isopagkaart in figuur 2. Die as van dié Transvaalkom het vanaf Vryburg in die weste tot by Penge in die ooste gestrek. Die dolomiet is afgeset in 'n marine omgewing. Tydens die afsetting van die boonste gedeelte van die Malmani Subgroep, het toestande egter verander, waarskynlik as gevolg van opheffing van die randgebiede, sodat tussengelaagde sedimente afgeset is. Verder het vinnige daling veroorsaak dat ritmiese afsettings



FIGUUR 2. ISOPAGKAART VAN DIE CHUNIESPOORT GROEP (VOLGENS VISSER 1969)

van chert en ysterryke lae in die sentrale gedeelte van die kom plaasgevind het. Gestreepte ystersteen is dus afwesig in die studiegebied wat aan die rant van die kom geleë is.

Die dolomiet is afgeset in drie verskillende karakteristieke omgewings van 'n vlak binnemeer. Al vyf die formasies wat deel uitmaak van die Malmani Subgroep verteenwoordig hierdie verskillende omgewings. Die verskillende omgewings wat gekenmerk word, is die subgetysone, die intergetysone en die supragetysone. Die Oaktree, Lyttelton en Frisco Formasies het in 'n subgetysone gevorm waar die see ietwat dieper was. Die Monte Christo Formasie is in 'n intergetysone afgeset, terwyl die Eccles Formasie in 'n supragetysone gevorm het.

#### 2.2.1 Subgetysone: Oaktree, Lyttelton en Frisco Formasies

Karakteristieke kenmerke van hierdie subgetysone is die voorkoms van groot koepel-stromatoliete, die relatiewe lae inhoud van chert en die hoë mangaaninhoud in die dolomiet.

Die subgetysone word gekenmerk deur 'n dieper meer wat nie geaffekteer is deur getye nie. Genoeg lig moes egter teenwoordig gewees het vir die ontwikkeling van stromatoliete wat kon groei van 30 tot 40 meter lank en 'n hoogte van ongeveer 4 tot 5 meter. Hierdie omgewing is nie blootgestel aan meteoriese water of vars rivierwater nie, aangesien dit sou lei tot 'n suur omgewing wat die presipitasie van silika en sodoende chert sou bevorder (Brink, 1981).

'n Verdere eienskap van hierdie omgewing is die hoë persentasie mangaan en yster wat uiteindelik hulle neerslag in die dolomiet gevind het.

Volgens Mason (1966) is yster en mangaan oplosbaar in suur omgewings. Dus moes swak suurhoudende waters, ryk aan yster,

vanaf die aangrensende land na die meer gevloei het, wat dan veroorsaak het dat yster en mangaan in die alkaliese omgewing gepresipiteer is. Aangesien die meeste van die elemente wat in die Ventersdorp moedergesteente voorkom, ook in die basis van die Chuniespoort aangetref word, kon, volgens Tankard, Hobday, Hunter, Jackson en Erikson (1982), hierdie yster van bogenoemde formasie afkomstig gewees het.

Die Oaktree en Lyttelton Formasies het onder bogenoemde toestande gevorm.

Oaktree Formasie: Die Oaktree Formasie is ongeveer 200 meter dik en bestaan uit donkergekleurde chertvrye dolomiet met 'n skalielaag van 16 tot 30 meter dik bokant die basis. Die formasie hel met ongeveer 5 tot 8 grade na die noorde, weg van die granietkoepel, en word onderlê deur die Swartrif Formasie. In die studiegebied het 'n aantal siëniëplate die formasie binnegedring.

Lyttelton Formasie: Die Lyttelton Formasie is ongeveer 150 meter dik en bestaan uit 'n buitengewoon suiwer, donker gekleurde, chertvrye dolomiet. Kenmerkende, tot dertig meter lank, stromatoliete kom in hierdie formasie voor (Erikson et al 1977). Weens die suiwerheid van hierdie dolomiet, word dit op verskeie plekke in die studiegebied vir metallurgiese prosesse gemyn.

Frisco Formasie: Die Frisco Formasie maak deel uit van die chertvrye formasies in die Malmani Subgroep. Hierdie formasie kom nie in die studiegebied voor nie en word daarom nie verder bespreek nie.



### 2.2.2 Intergetysone: Monte Christo Formasie

Die intergetysone is geleë tussen die getyvlaktes en die subgetysone. Dolomiet wat in hierdie formasie voorkom, is gewoonlik chertryk en toon tekens van meteoriese invloede. Volgens Illing (1964) is hierdie subgetysone uiters geskik vir die vorming van chertlae. Gedurende laagwater ontwikkel kanale, en algematte, bestaande uit blou-groen alge, word gevorm. Met die inkomende gety word klastiese materiaal in die algematte vasgevang en dit ontwikkel tot klein stromatoliete. Ook word karbonate in die vorm van aragoniet en kalsiet in 'n alkaliese omgewing gevorm. Sodra genoeg meteoriese water of rivierwater die pH van die omgewing verlaag het, sodat 'n suur omgewing genader word, raak hierdie minerale onstabiel en absorbeer yster en magnesium om dolomiet te vorm. Die silika wat teenwoordig is in die alkaliese oplossing, presipiteer nadat die vars water se pH tot onder 8 gedaal het (Brink, 1981).

Opeenvolgings van dolomiet met tussengelaagde chert kan dus in hierdie sone, soos deur die Monte Christo Formasie weerspieël, verwag word. Ook word oöliete wat in die getykanale ontwikkel het, in hierdie formasie aangetref.

Die Monte Christo Formasie bedek die Oaktree Formasie konkordant en bevat hoofsaaklik chertryke dolomiet. Die dolomiet is gewoonlik ligter van kleur as dié van die Oaktree Formasie en is oölities aan die basis. Hierdie oöliete dien as 'n waardevolle merkerlaag. Die gemiddelde dikte van hierdie formasie word op ongeveer 700 meter geskat. Volgens Roux (1984) neem die helling van die gelaagdheid vanaf die middel opwaarts, vinnig toe na ongeveer 15 grade. Verder word op verskillende dieptes gerekristalliseerde dolomiet gevind wat moontlik met die siënet intrusies verband hou. Aangesien hierdie laag die

dikste van die vier is, het meeste dorpsontwikkeling op hierdie formasie plaasgevind.

Erikson en Truswell (1977) verdeel hierdie formasie in vyf afsonderlike lede naamlik:

- i) Krokodilrivier met 'n dikte van ongeveer 154 m
- ii) Zwartkrans met 'n dikte van ongeveer 269 m
- iii) Rietspruit met 'n dikte van ongeveer 41 m
- iv) Tweefontein met 'n dikte van ongeveer 163 m
- v) Rietfontein met 'n dikte van ongeveer 82 m

### 2.2.3 Supragetyzone: Eccles Formasie

Hierdie sone word slegs gedurende buitengewone hoë getye, soos tydens storms en springgetye, deur water bedek. Karbonate en/of evaporiet word gevorm. Die invloed van effens suur meteoriese water lei daartoe dat silika presipiteer wat dan chert vorm. In so 'n omgewing is die chertryke dolomiet van die Eccles Formasie afgeset.

Die dolomiet van die Eccles Formasie is chertryk met groot en klein stromatoliete onder en riffelmerke wat in die hoërliggende dele van die formasie voorkom. Die chert kom dikwels voor as afsonderlike lae wat meer bestand is teen verwerking en dus daartoe lei dat grotte kan ontwikkel. Erikson et al (1977) noem dit die Hennopsrivier Formasie.

#### 2.2.4 Jonger gesteentes

Die Rooihoogte Formasie maak deel uit van die basale gedeelte van die Pretoria Groep en bestaan uit chertbreksie, (ook as " Reuse Chert" bekend) en Bevets Konglomeraat, skalie en kwartsiet (Brink, 1979). Hierdie "Reuse Chert" is op die erosievlak van die Eccles Formasie afgeset. Volgens Button (1969) en Visser (1969) is die chertbreksie 'n residuele afsetting wat op die onreëlmatige karsttopografie gevorm het, en wat deur silisifisering van plek tot plek verkit is (Jansen, 1977). Soms word sandsteen en skalielense in die chertbreksie aangetref. Die dikte van die chertbreksie kan wissel tussen 0 en 60 meter (Visser, 1969). In die omgewing van Voortrekkerhoogte kom dik lae van hierdie chertbreksie voor.

Volgens Roux (1984) word skalie van die Rooihoogte Formasie in die omgewing van Generaal Kempheuwel, naby die Lugmaggedenkteken en uitbreidings van Monumentpark aangetref.

Verder kom loslappe skalie wat dikwels vermeng is met chert van die Karoo Opeenvolging in die studiegebied voor. Hierdie skalies kan gewoonlik maklik onderskei word vanweë hulle ligter kleur en hoër aluminium- en molibdeeninhoud (Botes, 1989, mondelinge mededeling).

Intrusiewe gesteentes kom wydverspreid in die studiegebied voor. Die ouderdom van hierdie gesteentes strek vanaf die Transvaal, in die geval van die diabaasintrusies, tot en met dolerietintrusies van Karoo ouderdom. Die siënietintrusies is moontlik van Pilanesberg ouderdom en kom hoofsaaklik in die Oaktree en Monte Christo Formasies voor.

## 2.3 VORMING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS

Verskeie voorvereistes en faktore wat sinkgat- en versakkingsvorming beïnvloed, word in die volgende twee paragrawe (2.3.1 en 2.3.2) bespreek.

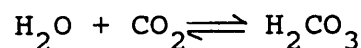
### 2.3.1. Sinkgatemeganisme

Volgens Jansen (1977) het daar, na die afsetting van die Chuniespoort Groep, 'n lang periode van erosie gevolg, waarna die afsettingskom feitlik sy oorspronklike vorm herwin het. Die Pretoria Groep is dan hierin afgeset.

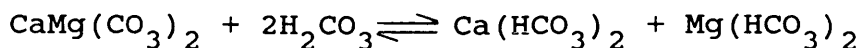
Die erosieproses van dolomiet gaan gepaard met die oplossing van gesteentes deur suur grondwater.

Die toevoeging van CO<sub>2</sub> tot die grondwater verhoog aansienlik die water se potensiaal om dolomiet op te los.

Aanvanklik is slegs klein hoeveelhede CO<sub>2</sub> in die reënwater opgelos. Soos die water deur die profiel migreer, word dit ryker aan CO<sub>2</sub>. Brink (1979) toon aan dat die konsentrasie CO<sub>2</sub> tot 90 keer hoër in die grondruimtes kan wees as in die atmosfeer. Die water en die CO<sub>2</sub> verbind om 'n swak suur te vorm:



Hierdie suur water beweeg langs nate in die dolomiet. Dolomiet, kalsiet en magnesiet los stadig op om bikarbonate te vorm.



Die bikarbonaat verrykte water verlaat die gesteente en die nate word wyer en vorm gleuwe asook toringrotse. Die chert wat teenwoordig is, is feitlik onoplosbaar onder hierdie toestande en bly intak in die gleuf agter. Met tyd verweer die chert tot 'n wit bros materiaal.

Direk benede die watertafel heers daar nog suurder toestande en beweeg die water die vinnigste. Deur 'n proses van korrosie veroorsaak die  $\text{CO}_2$ -verrykte water dat grotte vorm wat dan kan dien as ontvangerholtes.

Gewoonlik word die ingang na die ontvangerholte gekenmerk deur 'n vernouing wat bekend staan as 'n keël. Sou die materiaal wat hom in die keël bevind deur erosie verswak word sodat dit in die ontvangerholte val, kan die oorliggende materiaal ook hierin stort. Dit gee dan aanleiding tot 'n sinkgat. Die gedrag van die materiaal wat tussen die keël en die oppervlak geleë is, speel ook 'n groot rol. Sou hierdie materiaal uit groot chert brokstukke bestaan, kan dit veroorsaak dat die keël verstop en aanleiding tot 'n versakking gee. Andersins kan hierdie materiaal 'n groot inherente sterkte besit wat die keël kan oorbrug. Geen teken van 'n gebeurtenis word dan aan die oppervlak waargeneem nie.

Volgens Thornbury (1969) moet 'n geologiese omgewing aan vier voorwaardes voldoen voordat karst ten volle kan ontwikkel.

- i) 'n Oplosbare gesteente moet naby die oppervlak aanwezig wees.

- ii) Toestande wat uitloging begunstig, soos 'n digte oplosbare gesteente wat moontlik dun gelaagd en genaat is, moet die gebied beslaan sodat water langs hierdie teksture en strukture die rotsmassa kan binnedring.
- iii) Die topografie moet gekenmerk word deur hooglande en valleie wat die dreinerings begunstig.
- iv) Genoeg reënval moet in die gebied voorkom.

Laasgenoemde punte stem grootliks ooreen met die karst-siklus wat in vereenvoudigde vorm in paragraaf 2.4.2 beskryf word.

Enslin (1951) maak die waarneming dat die meeste sinkgate in die boonste 30 tot 60 meter van die Chuniespoort Groep in die chertsone voorkom. Verder vermeld Enslin en Smit (1955) dat oormaat water wat die grondprofiel insyfer die ewewig van die krities gebalanseerde boog wat die ontvangerholte oorspan, versteur, wat dan tot 'n insinking lei. Hierdie insinking word dan aan die oppervlak as 'n sinkgat waargeneem.

Volgens Donaldson (1963) word daar vier noodsaaklike voorwaardes onderskei wat nodig is voordat sinkgate kan ontstaan:

- i) Holtes moet teenwoordig wees wat die geërodeerde materiaal kan ontvang.
- ii) Die watervloei vanuit 'n bron moet sterk genoeg wees om die grond te kan erodeer. Vanselfsprekend is 'n deurlaatbare grondprofiel nodig.
- iii) Die materiaal moet erodeerbaar wees.

- iv) Die grond moet 'n inherente sterkte besit om 'n tydelike dak te kan vorm.

Jennings, Brink, Louw, Gowan (1965) onderskei vyf interafhanklike toestande wat hulle as noodsaaklik vir sinkgatvorming beskou. Hulle beklemtoon voorts dat al hierdie toestande teenwoordig moet wees alvorens 'n sinkgat kan vorm.

- i) Daar moet aanliggend aan 'n potensiele holte, star of stywe materiaal wees om 'n boog te kan stut.
- ii) 'n Toestand van boogvorming moet in die residium ontwikkel wat die gewig oordra aan die stutte.
- iii) 'n Holte moet in die residium onder die boog vorm.
- iv) 'n Ontvangerholte moet in die bodemrots voorkom wat materiaal van onder die boog kan ontvang.
- v) 'n Snellermeganisme moet teenwoordig wees wat die boog progressief laat ineerstort totdat dit die oppervlak as 'n sinkgat bereik.

Jennings (1966) onderskei dan vier afsonderlike snellermeganismes:

- i) oormatige benatting van die grondprofiel wat die boogmateriaal laat verswak,
- ii) aardbewings,
- iii) grondbewegings veroorsaak deur mynbou en
- iv) vibrasie wat groot en aanhoudend is.

Venter (1981) lys die volgende faktore wat ook moontlik 'n rol kan speel in die proses van sinkgatvorming:

- i) bodemrotsgradiënt,
- ii) die toringagtigheid van die bodemrots,
- iii) die mate van holte ontwikkeling in die bodemrots en
- iv) die teenwoordigheid van holtes in die residium.

Buttrick (1986) bespreek die rol van mangaanaarde en ander grondtipes by die vorming van sinkgate. Hy ondersoek natuurlike asook geïnduseerde prosesse wat moontlik kon bydra tot vorming van sinkgate. 'n Proses van interne erosie word bespreek wat kan lei tot die vorming van 'n holte of selfs veelvuldige holtes. Ook postuleer hy dat, onder geskikte toestande, sinkgate kan ontstaan as gevolg van vervloeiing.

### 2.3.2 Versakkingsmeganisme

Drie tipes van versakkings word deur Williams (1969) onderskei, naamlik:

- i) Oplossingsversakking: Stadige oplossing van die gesteente langs nate veroorsaak die vassakking van die grond en daarmee gaan gepaard die verlaging van die grondoppervlak wat dan as 'n depressie vertoon. Volgens Roux (1984) is dit die tipe van versakking wat in die studiegebied voorkom.
- ii) Alluviale versakking: Die nate in die gesteente word sodanig oor 'n lang tydperk deur erosie vergroot, dat die oppervlakmateriaal daarin stort. Plaaslik word



dit 'n sinkgat genoem. Die meganisme is reeds hierbo beskryf (Roux, 1984).

- iii) Kompaksieversakking: Volgens Brink (1979) is hierdie meganisme verantwoordelik vir die groot versakkings aan die Wesrand. Die grondwatervlak word afgetrek deur die mangaanaarde wat dan konsolideer as gevolg van oorbelading.
- iv) In die studiegebied bestaan die vermoede dat meeste versakkings sinkgate is wat nie tot hulle volle potensiaal kon ontwikkel nie. Twee redes is hiervoor verantwoordelik. Eerstens is die water wat die grondprofiel erodeer het vroegtydig verwyder en is die proses van sinkgatvorming sodoende gestaak. Die deklaag en die onderliggende dolomitiese residu is nie so beskadig dat dit ineengestort het en 'n sinkgat kon vorm nie. Slegs 'n depressie word dan aan die oppervlak waargeneem. Tweedens is die keël wat toegang na die ontvangerholte bied, verstop deur groot chert brokstukke en ander puin sodat sinkgatvorming weer eens teëgewerk is. Weereens vorm slegs 'n depressie.

### 2.3.3 Die invloed van termiete op sinkgat- en versakkingsvorming

Dit is waargeneem dat insekte wat in die grondprofiel lewe ook 'n rol kan speel in die meganisme van sinkgat- en versakkingsvorming. Veral termiete blyk belangrik te wees.

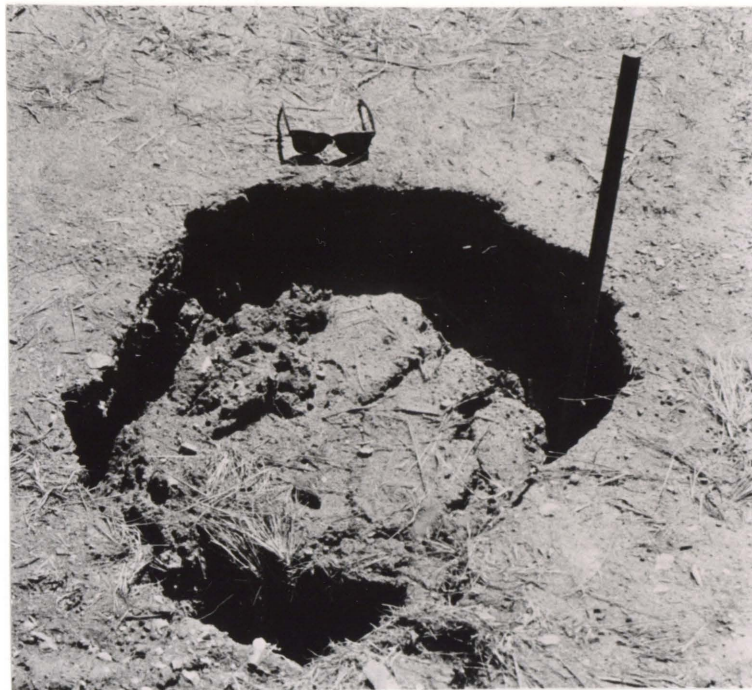
Die vermoede bestaan dat mierneste en termietneste moontlik in verband gebring kan word met vorming van sinkgate. Miere en termiete vind dikwels skuiling onder strukture waar daar vogtige en geskikte klimaatstoestande vir hulle voortbestaan heers. Gange en tunnels wat die grondoppervlak bereik, word

deur hierdie insekte gegrawe. Gedurende die reënseisoen dreineer stormwater in hierdie gange en erodeer die grondprofiel in geselekteerde areas wat dan moontlik sinkgatvorming kan bevorder.

In die verlede is daar min aandag aan bogenoemde verskynsel gegee en daar word nooit melding gemaak van mieraktiwiteit in die data oor sinkgate of versakkings wat vir hierdie studie gebruik is nie. Daar is egter reeds enkele ondersoeke gedoen waar die bevindings aandui dat termiete mede verantwoordelik kan wees vir die skade aan strukture. Een so 'n voorbeeld is 'n huis geleë op Irene Proefplaas. Baie tyd en geld is bestee aan 'n stabiliteitsondersoek vir hierdie struktuur wat deur dolomiet beslaan word, en die oorsaak van die skade kon nie bepaal word nie. Daar is toe besluit om slote binne die struktuur te grawe en termietaktiwiteite is duidelik uitgewys.

Gedurende Maart 1989, is daar aan die Geologiese Opname 'n sinkgat gerapporteer wat in die Alberton-gebied ontstaan het. Nadat die terrein deeglik geïnspekteer is, is daar gevind dat termiete moontlik 'n bydraende faktor vir die vorming van hierdie sinkgat was. Swak dreineringsstoestand het om die struktuur bestaan. Soos deur die gebruikers van die struktuur vermeld, het water gedurende storms tot 300 mm diep langs die gebou opgedam. Water is deur die termiettonnels na die onderliggende mangaanaarde gevoer, wat dan erosie ondergaan het, en aanleiding tot sinkgatvorming gegee het. Ernstige strukturele skade aan geboue is veroorsaak.

Volgens Marais (1944) is termiete uiters gevoelig vir droogtes en grawe hulle selfs tunnels tot meer as 20 meter onder die grondoppervlak op soek na vogtigheid. Is die vogtigheid wat onder 'n struktuur versamel dan nie 'n makliker alternatief nie? Die sporadiese droogtes wat van



FIGUUR 3: SINGKAT VEROORSAAK DEUR TERMIET-AKTIWITEITE  
EN 'n GRONDMONSTER WAT DEEL UITMAAK VAN 'N TERMIETNES

tyd tot tyd in die studiegebied voorkom, dwing dalk die termiete om toevlug onder strukture te soek.

Termiete kom baie in die studiegebied voor en dit is dus waarskynlik dat hulle 'n bydrae kan lewer tot die ontstaan van sinkgate.

#### 2.4 KARST

Aangesien sinkgate en versakkings hoofsaaklik in karst-omgewings voorkom, is dit nodig om na sekere aspekte soos hidrologiese toestande en die erosie-siklusse, in karst te kyk.

Oplosbare gesteentes wat aanleiding tot die vorming van karst gee, word op alle kontinente aangetref en maak ongeveer 20 persent van alle sedimentêre gesteentes uit. Volgens Jennings (1971) kan karst gedefinieer word as 'n landskap met definitiewe reliëf en dreineringspatrone wat hulle ontstaan te danke het aan die hoër rotsoplosbaarheid van 'n tipe gesteente in natuurlike waters. Verder sluit die begrip, volgens Quinlan (1966), die spoelaksie in, wat sedimente en residuele materiaal in nate en holtes vervoer en wat uiteindelik versakkings en sinkgate tot gevolg het.

Karst word gewoonlik geassosieer met evaporietafsettings en karbonaatgesteentes en kom hoofsaaklik in kalksteen- en dolomietgesteentes voor. Karstgesteentes word in alle geologiese tydperke aangetref tot in die vroegste voor-Kambrium, soos byvoorbeeld die dolomietafsettings in die Republiek van Suid-Afrika. In Noord-Amerika is die karstgesteentes tydens die Ordovisium gevorm (Pettijohn, 1975).

#### 2.4.1 Geohidrologie van Karstomgewings

Lehmann (1936) het die volgende model opgestel ten opsigte van die evolusie van die ontwikkeling van hidrologiese sisteme in karst wat moontlik ook betrekking het op die karstgebiede suid van Pretoria.

Aanvanklik, toe die gevormde kalksteen of dolomiet blootgestel is aan die atmosfeer, was dit ondeurlatend. Normale oppervlak dreinerings met riviere en valleie het ontwikkel. Syferwater het toe begin om swak sones in die gesteente te erodeer. Holtes het gevorm wat dan met mekaar verbind is. Die gevolg hiervan was dat die gebied meer deurlatend geword het. Menigte onafhanklike hidrologiese netwerke wat nie onderling verbind was nie, het so gevorm. Die resultaat hiervan was dat daar verskillende watervlakke in 'n gebied voorgekom het, soos steeds in jonger karstgebiede waargeneem kan word. Lehmann (1936) noem dit die volwasse stadium.

Volgens Lehmann (1936) behels verdere karstontwikkeling dat gange en holtes wyer en groter word, en obstruksies tussen die verskillende netwerke verwyder word. Die verskillende netwerke word met mekaar verbind en 'n algemene watertafel vestig hom in die gebied. Hierdie toestand verteenwoordig 'n gedegenerende hidrologiese karstomgewing. Aangesien algemeen aanvaar word dat die watertafel in die studiegebied op ongeveer 100 tot 120 meter onder die grondoppervlak voorkom, is dit dus nie uitgesluit dat 'n soortgelyke toestand tans in die gebied bestaan nie.

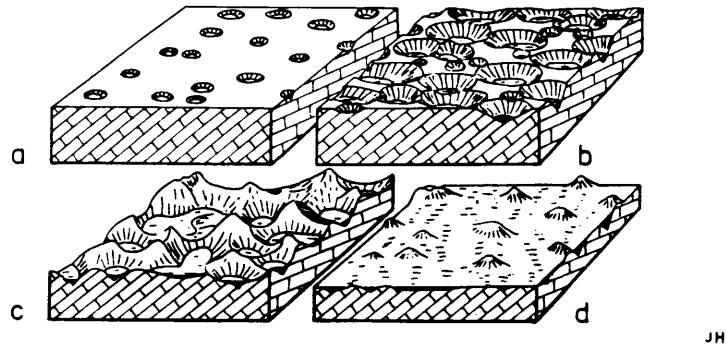
In die studiegebied het tektonisme, na die afsetting van die Chuniespoort Groep, spannings in die aardoppervlak laat ontstaan, wat veroorsaak het dat verskuiwings en nate gevorm het. Ook het drie verskillende periodes van intrusies, naamlik Pilanesberg, Oosrand en na-Karoo, veroorsaak dat feitlik vertikale gange die dolomietiese gesteente binne-

gedring het. Hierdeur is die verskillende grondwaterkompartemente in die dolomiet gevorm (Foster, 1988). Al die bogenoemde voorvalle het daartoe bygedra dat swak sones in die dolomiet ontstaan het, waardeur water kon beweeg. Die dolomiet is opgelos en holtes het gevorm.

#### 2.4.2 Karstsiklus

Hierdie proses behels verskillende erosiefases wat moontlik in 'n karstgesteente plaasgevind het.

Die mees eenvoudige model is deur Grund (1914) (sien figuur 4) opgestel. Sodra die land bo die algemene watervlak verheve word (Afbeelding a), ontstaan sinkgate en versakkings. 'n Voorbeeld van hierdie aktiveringsproses is moontlik die Wesrand, waar sinkgate en versakkings voorgekom het nadat ontwatering plaasgevind het. Daar moet in gedagte gehou word dat die watertafel aan die Wesrand reeds op ongeveer 30 meter benede die oppervlak geleë was toe daar met ontwatering begin is. In die jong fase is hierdie gebeurtenisse oneweredig verdeel oor die gebied soos wat tans in die meeste karstomgewings van Europa die geval is. Met tyd begin die sinkgate vergroot en oorvleuel mekaar, wat aanleiding tot die vorming van uvalas gee. In die depressies ontwikkel plat vloere, en spits berge vorm aan die rande. Na hierdie periode van volwassenheid word die hele karstoppervlak progressief verlaag totdat die depressievloer die watertafel bereik het. In hierdie gedegenerende fase vorm daar min sinkgate en versakkings. Die landskap word gekenmerk deur enkele bergpieke wat deur stadig vloeiende riviere deurkruis word (Afbeelding d).



Figuur 4: Die Karst-Siklus volgens Grund (1914)

Die probleem met bogenoemde model is dat dit nie veranderende klimaatstoestande in ag neem nie. So word daar byvoorbeeld in grotte in die Transvaal rooi gronde gevind wat deels hoekig en van eoliese oorsprong is, terwyl die ander goed gesorteer en gerond is, en op natter klimaatstoestande dui.

Bogenoemde modelle is beide baie vereenvoudig aangesien in ag geneem moet word dat die dolomiet in die studiegebied reeds ouer as 2300 miljoen jaar is en ten minste 6 geomorfologiese siklusse deurgemaak het naamlik:

- i) die Gondwana vlaktevorming siklus 190 milj jaar gelede,
- ii) die na-Gondwana siklus 135 milj jaar gelede,
- iii) die Afrika siklus 100 milj jaar gelede,
- iv) die na-Afrika I siklus 20 milj jaar gelede,
- v) die na-Afrika II siklus 5 milj jaar gelede en

## vi) Die Kwaterernêre siklus 2 milj jaar gelede

Al bogenoemde geomorfologiese siklusse moes 'n invloed op die karstomgewing gehad het. In dié verband meld Brink (1979) dat groot grotsisteme onderkant die statiese watertafel in die Malmani Subgroep en Ghaapplato dolomiete tydens die Afrika siklus ontwikkel het.

Voor die afsetting van die Karoo Opeenvolging is die dolomiet aan erosie blootgestel. Diep, ingekerfde valleie, wat met die minder oplosbare chert gevul was, het ontstaan. Gletsers van die Karboontydperk het die puin en sagte oppervlakmateriaal vervoer wat later gedurende 'n warmer periode in diep uitgekerfde valleie en depressies gedeponeer is en vandag deel uitmaak van die Dwyka Formasie. Hierop is sedimente in die vlakke valleie afgeset. Tropiese toestande het daartoe gelei dat afwisselend koolstofryke lae en skalie hier gevorm is. Verskeie erosie- en afsettingstoestande het mekaar opgevolg.

Gedurende die Afrika siklus is die land ongeveer 1000 meter gelig en gevolglik het 'n nuwe erosievlak ontstaan. Vlakevorming en afplattung van die topografie was die gevolg. 'n Statische watertafel het voorgekom en veroorsaak dat groot grotsisteme in die dolomiet van die Malmani Subgroep gevorm het. Hierdie grotsisteme gee vandag aanleiding tot die vorming van baie sinkgate. Die na-Afrika siklus het die dik residuele grondlae verwyder en dolomietoringrotse het hulle naby die oppervlak bevind. Verdere verwerking van die dolomiet benede 'n statiese watertafel het 'n verdere netwerk van grotte laat vorm.

Die laaste siklus was die Kwarternêre Siklus. Berge soos wat hulle vandag bekend is, het gevorm en die see het ongeveer sy huidige vlak bereik. Diep inkerwings in die topografie deur riviere het gevolg. Heuwelspoelsel, hoofsaaklik



afkomstig van kwartsiete van die Pretoria Groep is afgesit en is dan weer lokaal deur windaksie herdeponeer (Brink, 1979). Hierdie afsetting beslaan vandag nog groot areas en word dikwels beskryf as swigbare rooigronde.

Martini en Kavalieris (1976) onderskei vier afsonderlike periodes van karstvorming, naamlik:

- i) voor-Pretoria Groep karstperiode,
- ii) voor-Waterberg karstperiode,
- iii) voor-Karoo karstperiode en
- iv) Tersiere tot Resente karstperiode.

Getuienis van die voor-Pretoria Groep karstperiode (1500 miljoen jaar gelede) is die wye verteenwoordiging van die chertbreksie van die Rooihogte Formasie. Hierdie formasie dek die dolomiet en wissel in dikte. Karstoorblyfsels uit hierdie tydperk sluit paleosinkgate, gevulde grotgange en breksieliggame wat gemeneraliseer is met fluoried, lood en sink, in. Oorblyfsels uit hierdie tydperk kan suid van Zeerust waargeneem word.

Sandsteen van die Waterberg Groep dek in verskeie plekke die Malmani Dolomiet. Grotte wat in die voor-Waterberg karstperiode gevorm het, is met hierdie sandsteen gevul en word in die omgewing van Lobatsi in Botswana aangetref. Verskeie holtes wat moontlik met hierdie sandsteen gevul is, word ook in die Pretoria omgewing aangetref.

Gedurende die voor-Karoo karstperiode het die dolomiet 'n lang tydperk van erosie ondergaan (1000 miljoen jaar). Paleosinkgate is gevul met chertbreksie, kaolinitiese klei en koolstofryke materiaal. Oorblyfsels van hierdie tydperk

is hoofsaaklik deur laasgenoemde outeurs suid van Pretoria en aan die Wesrand gevind.

Opligting van die landoppervlak het in die Tersiêre en Resente karstperiode die Malmani Dolomiet blootgestel aan erosie.

## HOOFSTUK 3

### OORSPRONG VAN DATA

Hierdie hoofstuk handel oor die verkryging en betroubaarheid van die data. Probleme wat ondervind is, word bespreek. Die verwysingsstelsel en die beskikbare data word kortliks beskryf. Die gravitasie-opname en die invloed van reënval op die verskillende formasies in die ontwikkelde gebiede word behandel. Daar is gekyk na die verskil tussen natuurlike en onnatuurlike gebeurtenisse. Laastens word daar na verskeie koerantberigte wat gedurende die studie versamel is, verwys.

#### 3.1 ALGEMEEN

Vir die doel van hierdie studie is inligting gebruik wat deur die Geologiese Opname oor 'n tydperk van nagenoeg 30 jaar versamel is. Meeste inligting is verkry deur ou Geologiese Opname verslae te bestudeer. Verder is daar inligting verkry deur gesprekke met amptenare van die Geologiese Opname, wat reeds lank in hierdie veld werksaam is.

Die vermoede bestaan dat die inligting wat vir hierdie studie beskikbaar was, in baie aspekte onvolledig is. So is daar in die laaste agt jaar geen sinkgate of versakkings in die woongebiede van Verwoerdburg aan die Geologiese Opname gerapporteer nie, alhoewel daar uit verskillende bronne verneem is dat sinkgate wel hier voorgekom het. Een so 'n bron is konsultante wat die Geologiese Opname nader om behulpsaam te wees met die oplos van sinkgatprobleme. Die posvraelys wat Roux (1984 sien bylaag 2) uitgestuur het, dui aan dat 4 sinkgate op afsonderlike erwe in Wierdapark voorgekom het, maar geeneen van hierdie sinkgate is by die

Geologiese Opname aangeteken nie. Voorts het 10 respondente van die woongebied Wierdapark aangetoon dat hulle bewus is van versakkings in hulle erwe (vraag 12) en 18 dat hulle bewus was van sinkgate of versakkings elders in Wierdapark (vraag 13). Dit is moontlik dat hierdie 18 respondente telkens na dieselfde sinkgat wat om een of ander rede baie publisiteit gekry het, verwys. Die Geologiese Opname is egter slegs van een versakking, maar van geen sinkgate nie, bewus. Die versakking is streng gesproke nie in die woongebied Wierdapark geleë nie, maar in die veld, noord van die woongebied. Alhoewel dit te betwyfel is of al bogenoemde gebeurtenisse verband hou met dolomitiese stabiliteitsprobleme, sou 'n mens verwag dat enkeles wel sinkgate of versakkings kon gewees het. Die posvraelys word in hoofstuk 4 verder beskryf.

Die vaslegging van die data is gekenmerk deur baie onsekerhede. Die meeste van die data wat gebruik is, is aanvanklik nie op die vorms soos aangedui, vasgelê nie. Die outeur kon vir die meeste gebeurtenisse slegs handgeskrewe notas opspoor. Slegs die moontlike datum van vorming, geskatte grootte en straatadres was hierop aangebring. Enige verdere verwysings soos sketsplan, oorsaak en die naam van die persoon wat die gebeurtenis geïnspekteer het, het ontbreek. Die lokaliteitsplan sou byvoorbeeld 'n aanduiding kon gee of die gebeurtenis in 'n erf of 'n openbare terrein voorgekom het. Waardevolle inligting, wat behulpsaam kon gewees het met die ontleding, is dus nie altyd aangeteken nie.

Die afmetings van die gebeurtenisse kan met skeptisisme beskou word. Die parameters soos diepte en wydte is gewoonlik geskat en nie met 'n maatband gemeet nie. Redelike foute kan verwag word met veral die skatting van die diepte aangesien diepteskatting uiters moeilik is. Ook ontbreek in meeste gevalle die vorm van die gebeurtenis wat moontlik 'n

verwantskap kon toon met prominente naatsones in die onderliggende dolomitiese gesteente.

Verslae is bestudeer om meer inligting ontrent gebeurtenisse te bekom. Hier was die inligting nog minder betroubaar. Dikwels is daar slegs kortliks na 'n sinkgat of versakking verwys, en die gebeurtenis is sonder enige afmetings op 'n sketsplan aangetoon. Daar is ook feitlik nooit na die aktiveerder van die gebeurtenis verwys nie.

Weens die onvolledigheid van die inligting was dit uiters moeilik om 'n gebeurtenis as natuurlik of onnatuurlik te klassifiseer. In die gevalle waar die inligting onvolledig was, is daar gekyk na die omgewing waar die gebeurtenis plaasgevind het. As dit naby 'n pad of ontwikkeling, wat die natuurlike dreineringskon beïnvloed voorgekom het, is die gebeurtenis as onnatuurlik beskou, terwyl dit as natuurlik geklassifiseer is as dit in 'n verlate omgewing ontstaan het. Persone wat die studiegebied goed ken, is geraadpleeg (Martini, Roux).

Daar bestaan onsekerheid of al die gebeurtenisse wat as sinkgate geklassifiseer is wel sinkgate was. In die jongste verlede het die outeur verskeie sinkgate besoek wat glad nie dolomietverwant was nie. Verskeie van hierdie gebeurtenisse is geotegnies ondersoek en die boorgatresultate het getoon dat die terrein deur skalies van die Karoo Opeenvolging beslaan word. Verdere inspeksie het getoon dat miere vir hierdie gate verantwoordelik was. So 'n gat word in figuur 3 (bladsy 25) afgebeeld. 'n Grondmonster wat uit hierdie gat verkry is, word hiermee saam getoon. Die beeld is selfverklarend en dit is nie moeilik om in te sien dat as hierdie gange deur die miere verlaat word en nie meer instandgehou word nie, hulle kan swig en aanleiding kan gee tot die vorming van 'n gat. Drie sinkgate is in dieselfde omgewing aangeteken en dit is te betwyfel of hulle dolomietverwant is.

Aangesien miershope dikwels in die studiegebied voorkom, is dit nie uitgesluit dat meer sulke gate as dolomitiese sinkgate geklassifiseer is nie. Ook kan aangeneem word dat hierdie miershope aanleiding kan gee tot sinkgatvorming as hulle nie deur 'n ondeurlatende laag, soos byvoorbeeld 'n skalie-laag, onderlê word nie, soos reeds bespreek in hoofstuk 2.

Al die inligting wat verkry is, is saamgevat op indekskaarte wat geliasseer is. Die inligting is dan na 'n rekenaar oorgedra waarna verskeie statistiese analises op die data uitgevoer is.

### 3.1.1 Indekskaarte

By die Geologiese Opname is dit tans standaardpraktyk om 'n aantekening te maak sodra daar kennis geneem word van 'n sinkgat of versakking. Dikwels word personeel van die Geologiese Opname deur die Stadsraad van Pretoria of sekere staatsdepartemente gevra om ondersoek in te stel na verskynsels wat moontlik sinkgate of versakkings kan wees. 'n Amptenaar gaan gewoonlik uit om inspeksie te doen, waarna 'n kort verslag opgestel word. In die reël word 'n standaardvorm ingevul waarop alle tersaaklike inligting aangetoon word. Daar word onderskei tussen sinkgate en versakkings. Verder word die oorsaak, wydte, diepte, datum wanneer opgemerk, en 'n sketsplan op hierdie vorm aangebring (sien figuur 5).

Hierdie vorms is oor die jare versamel, en is vir doeleindes van hierdie studie op indekskaarte saamgevat. Voorts is die betrokke sinkgate of versakkings op ortofoto's aangestip en die toepaslike koördinate is bepaal. Aan die hand van 'n geologiese kaart (Roux, 1984) is daar dan vasgestel op watter formasie die spesifieke gebeurtenis plaasgevind het.



Nommer: 2528 cc 09/S/06	
Datum: 78/01/31	
Ø : 5 x 15m (deursnit)	Koördinate x:- 2856114
┴ : 1m (diepte)	y:- 83482
Lokalteit : LMB SWKP	
Formasie : Monte Christo	

FIGUUR 6 : TIPIESE VOORBEELD VAN INDEKSKAART



Een unieke nommer is aan elke gebeurtenis toegeken waarna op die indekskaart verwys word.

Om 'n numeriese waarde aan die gebeurtenis toe te ken, is 'n geoverwysingsisteem gebruik. 'n Tipiese nommer lyk byvoorbeeld soos volg: 2528CC08V03.

Die eerste gedeelte van die nommer naamlik 2528CC verwys na die topografiese kaart of geologiese kaart op 'n skaal van 1 : 50 000. Die getal 08 dui op die spesifieke ortofoto (skaal van 1 : 10 000) wat betrekking het op die terrein. V, in hierdie geval, toon aan dat die gebeurtenis 'n versakking was. Die letter S word gebruik om sinkgate mee te onderskei. Die verskillende gebeurtenisse is dan opvolgend op die ortofoto genommer. 'n Tipiese voorbeeld van 'n indekskaart word in figuur 6 afgebeeld.

### 3.2 GRAVITASIE-INLIGTING

Gravitasie-inligting is bestudeer om te bepaal of gebeurtenisse hoofsaaklik op spesifieke gravitasie-anomalieë vorm. Daar is gebruik gemaak van verskeie gravitasie-kaarte van die Geologiese Opname.

Daar is onderskei tussen drie tipes gravitasie-anomalieë naamlik:

- i) Gravitasie-hoog
- ii) Gravitasie-laag
- iii) Gravitasie-gradiënt

### 3.2.1 Gravitasie-opname

Die doel van gravitasie-opnames is om gesteentes met verskillende digthede van mekaar te onderskei deur meting van die aarde se gravitasieveld. Newton se gravitasiewet is hier die primêre uitgangspunt. Hierdie wet bepaal dat die aantrekkingskrag tussen twee liggame direk eweredig is aan die produk van hulle massas en omgekeerd eweredig met die kwadraat van die afstand tussen hulle massamiddelpunte.

Hierdie verband word weergegee deur die volgende formule:

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

Waar:  $F$  = Aantrekkingskrag  
 $m_1; m_2$  = Massa van deeltjies  
 $r$  = Afstand tussen deeltjies se massamiddelpunte  
 $G$  = Universele gravitasiekonstante ( $6,672 \cdot 10^{-11}$  m/kg) is.

Volgens Newton se tweede wet van beweging is die versnelling ( $a$ ) van 'n liggaam met massa ( $m_1$ ) as gevolg van die aantrekkingskrag van die tweede liggaam met massa ( $m_2$ ) gelyk aan die volgende vergelyking:

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

Die krag per eenheidsmassa wat op 'n liggaam inwerk, is derhalwe ekwivalent aan sy versnelling en staan bekend as die gravitasieveld by die massa  $m_1$ .

Die massa van 'n liggaam kan wiskundig bereken word deur:

$$m = p * \text{volume}$$

Waar:  $p$  = digtheid van massa  $m$  is.

Derhalwe kan afgelei word dat die digtheid van geologiese gesteentes 'n direkte invloed het op die aarde se gravitasieveld. Hierdie variasie in die aarde se gravitasieveld word deur middel van 'n gravimeter gemeet.

Voordat hierdie beginsel suksesvol in die geowetenskappe gebruik kan word om lokale gravitasie-anomalieë op te spoor, moet sekere korreksies egter aangebring word. Hierdie korreksiefaktore word kortliks hieronder bespreek.

i) Breedtegraadkorreksie

Aangesien die aarde effens afgeplat is by die pole is die afstand ( $r$ ) na die aarde se middelpunt by die pole effens kleiner as byvoorbeeld by die ewenaar. Om hierdie rede is die aarde se gravitasieveld 'n bietjie swakker by die ewenaar as onder soortgelyke geologiese toestande by die pole. Volgens Nettleton (1971), is die toename van die gravitasieveld vanaf die ewenaar na die pole, 5172 mgal. Die aarde se gravitasieveld is verskillend by elke breedtegraad en die toepaslike korreksies moet hiervoor aangebring word.

ii) Elevasiekorreksies

Omrede landmassas gekenmerk word deur berge en dale, is nie alle waarnemingspunte ewe ver vanaf die aardmiddelpunt geleë nie. Volgens definisie is  $r$  die afstand vanaf die aarde se middelpunt tot op seevlak. Drie korreksiefaktore word ten opsigte van  $r$  onderskei, naamlik:

- a) Luglaag- en Bouguerkorreksie
- b) Dryfkorreksie
- c) Terrein- of Topografiekorreksie

- a) Luglaag- en Bouguerkorreksie

Volgens Nettleton (1971) is die luglaageffek die effek wat ontstaan as die elevasie toeneem, met ander woorde  $r$  neem toe. Die gravitasiewaarde verminder dus met toename in elevasie. Hierdie luglaagkorreksie neem nie die rotsmassa in ag wat tussen die waarnemingspunte en die seevlak mag voorkom nie, maar korrigeer die waargenome waarde asof daar 'n luglaag tussen die waarnemingspunte en die seevlak is. Vandaar die benaming luglaagkorreksie.

Die Bouguerkorreksie neem die aantrekkingskrag van die rotsmassa tussen die seevlak en waarnemingspunt in aanmerking. In die berekeninge word aanvaar dat die rotsmassa tussen die seevlak en waarnemingspunt horisontaal is.

Die luglaagkorreksie en die Bouguerkorreksie word gewoonlik gekombineer om een korreksiefaktor te vorm (Gordon-Welsh, 1981).

- b) Dryfkorreksie

Hierdie korreksie korrigeer die gravitasie-aantrekking wat die aarde ondervind as gevolg van die son en maan en lei tot die alombekende hoog- en laaggety by die kus (Hays, 1976). Een belangrike aspek is dat hierdie korreksie tydsgebonde is en periodieke lesings van 'n basiswaarnemingspunt gemaak moet word. Alle waarnemingspunte word gekorrigeer na die

eerste lesing wat by die basiswaarnemingspunt geneem is.

c) Terrein- of Topografiekorreksie

Gestel 'n waarnemingspunt is in 'n bergagtige omgewing geleë, dan oefen die hoër liggende berge 'n opwaartse krag met 'n vertikale komponent op die massa, wat die waarnemingspunt onderlê, uit. Dus word die gravitasie-aantrekkingskrag verlaag. Daarom moet die data aangepas word.

3.2.2 Gebruik van die Gravitasie-opname

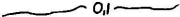
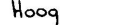




Bogemelde beginsels word gebruik om gravitasiekontoerkaarte saam te stel, wat dan hulle aanwending in verskillende geowetenskaplike dissiplines vind, soos byvoorbeeld in olie-eksplorاسie of stabiliteitsondersoeke in karstgebiede.

Deur middel van die gravitasiekontoerkaarte kan die volgende algemene anomalieë onderskei word (sien figuur 7):

- i) Gravitasie-hoog
- ii) Gravitasie-laag
- iii) Gravitasie-gradiënte

'n Gravitasie-hoog word gekenmerk deur relatief vlak bodemrots, terwyl die gravitasie-laag, relatief diep bodemrots aantoon. Die gravitasiegradiënt toon die oorgangssone tussen die gravitasie-hoog en gravitasie-laag aan. So kan 'n gravitasie-laag dikwels 'n gebied aanwys waar lae van die Karoo Opeenvolging voorkom. Hierdie gesteentes is invullingsmateriaal in depressies in die karsttopografie wat kenmerkend is van die Groep Chuniespoort.

VERKLARING

-  RESIDUELE GRAVITASIEKONTOERLYN
-  GRAVITASIE-HOOGPLATO
-  GRAVITASIE-LAAGAS
-  GRAVITASIE-HOOGAS
-  GRAVITASIE-GRADIËNT
-  BOORGATPOSISIES

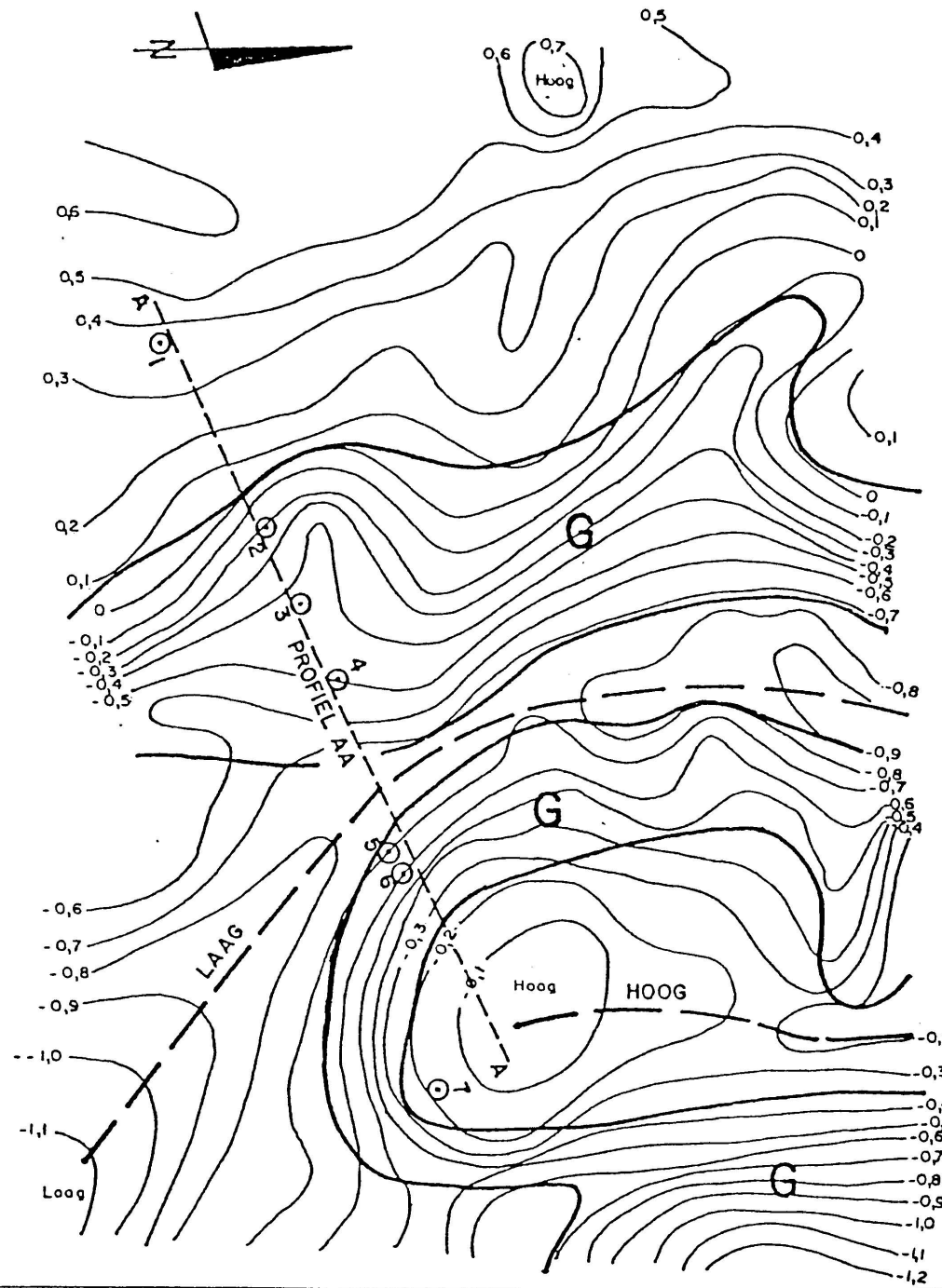
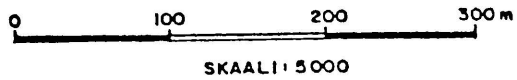


FIG. 7 : RESIDUELE GRAVITASIEKONTOERKAART (VOLGENS KLEYWEGT EN ENSLIN, 1973).

Alhoewel gravitasie-opname nie noodwendig holtes onder die grondoppervlak aanwys nie, word dit nogtans met 'n groot mate van sukses gebruik om die bodemrotsprofiel te bepaal en sones van verwerking te identifiseer.

In die reël word van 'n 30 meter roosterspasiëring gebruik gemaak, wat die nadeel het dat dit nie geologiese strukture, soos byvoorbeeld smal diep verwerkingsones, wat tussen hierdie roosterspasiëring mag voorkom, aanwys nie.

Verder word interpretasieprobleme ondervind waar vlak bodemrots voorkom. Derhalwe word 'n minimum deklaag van ongeveer 5 meter vereis.

Soos enige geofisiese metode, moet die gravitasieresultate deur middel van 'n boorprogram opgevolg word om enige geofisiese strukture te bevestig.

Die gravitasie-inligting wat gebruik is, maak enige afleidings uiters moeilik. Die redes hiervoor word kortliks bespreek.

- i) Meeste van die inligting is verkry van gravitasiekaarte wat verskillende skale gehad het en waar die roosterspasiëring verskil het. 'n Paar ekstra waarnemingspunte sou daartoe kon bydra dat 'n plat gradiënt kon verander na 'n steil gradiënt. Derhalwe is by die ontleding van die data dan ook slegs onderskei tussen gravitasiegradiënt, -hoog, en -laag sones.
- ii) Om die verskillende gravitasiekaarte saam te ontleed, moet ooreenstemmende waarnemingspunte gevind word om die inligting saam te kan groepeer. Ooreenstemmende gravitasiegradiënt, -hoog en -laag sones sou dan bepaal kon word. In baie gevalle was die oorspronklike data waarop die waarnemingspunte aangetoon is nie meer

beskikbaar nie. Om die inligting saam te groepeer, was dus onmoontlik. Die saak is bemoeilik deurdat daar dikwels van verskillende hoogtekorraksies gebruik gemaak is. In sommige gevalle is absolute hoogtes gebruik terwyl in ander gevalle relatiewe hoogtes gebruik is.

Aan die hand van boorgatinligting, gekoppel met gravitasie-inligting, word enkele van die probleme geïllustreer. Twaalf boorgate, vanuit drie verskillende terreine, waarvan vier op elk van die verskillende anomalieë geleë is, is bestudeer. Hierdie inligting is kortliks saamgevat in tabel 2.

Tabel 2: Gravitasie-anomalieë vergelyk met druklug-boorgatresultate.

Boorgat Nr	Gravitasie-anomalieë	Diepte van Bodemrots
G/WK/65	Gravitasie-hoog	0 meter
G/WK/61	Gravitasie-hoog	9 meter
G/SLG/26	Gravitasie-hoog	16,5 meter
G/IRP/26	Gravitasie-hoog	3 meter
G/WK/129	Gravitasie-gradiënt	3 meter
G/WK/6	Gravitasie-gradiënt	4,5 meter
G/SLG/24	Gravitasie-gradiënt	9 meter
G/IRP/19	Gravitasie-gradiënt	12 meter
G/WK/129	Gravitasie-laag	13,5 meter
G/WK/41	Gravitasie-laag	>30 meter
G/SLG/1	Gravitasie-laag	12 meter
G/IRP/7	Gravitasie-laag	59 meter

Die bostaande tabel toon duidelik dat die diepte waarop die bodemrots aangetref word, geleidelik dieper word namate



daar van 'n gravitasie-hoog na 'n gravitasie-laag beweeg word. Daar kom egter oorvleulings voor. Ter illustrasie word twee boorgate vergelyk wat deur dieselfde gravitasie-opname gedek word. In boorgat G/SLG/26, wat op 'n gravitasie-hoog geleë is, word die vaste rots eers op 16,5 meter aangetref, terwyl dit in boorgat G/SLG/1, wat op 'n gravitasie-laag geleë is, reeds 12 meter benede grondoppervlak gevind word. Die rede hiervoor is moontlik dat boorgat G/SLG/26 in 'n verwerkingssone geboor is wat smaller is as die rooster-spasiëring van die gravitasie-opname. In die verband is dit noodsaaklik om te noem dat die gravimeter die digtheid van die gesteente meet wat direk onderkant die waarnemingspunt geleë is en nie wesentlik beïnvloed word deur die omliggende gesteente digthede nie. Deur 'n kleiner roosterspasiëring te gebruik, sou die verwerkingssone moontlik opgespoor kon word. 'n Diepteverskil van 47meter waarop die bodemrots in boorgate G/SLG/1 en G/IRP/7 aangetref word, word opgemerk. Beide boorgate word deur 'n gravitasie-laag onderlê, maar is gedek deur verskillende gravitasie-opnames.

Dit is dus moeilik om gravitasie-inligting te veralgemeen.

### 3.3 REËNVAL

Die vermoede bestaan reeds 'n geruime tyd dat jaarlikse reënval 'n direkte invloed op die voorkoms van sinkgate in die studiegebied het. Gedurende die wintermaande, wat gepaard gaan met 'n lae reënval, ontvang die Geologiese Opname min klagtes in verband met sinkgate en versakkings. Hierdie toestand verander egter drasties gedurende die reënseisoen. So is daar byvoorbeeld in die lae reënval maande, April 1988 tot September 1988, 11 gebeurtenisse deur die Departement Openbare Werke en Grondsake aangemeld, terwyl daar vir die daaropvolgende hoë reënvalmaande, tot en met Maart 1989, 17 gebeurtenisse was wat direk verwant was

aan 'n dolomitiese probleem. Hiervan was 3 sinkgate, terwyl geen sinkgate in die lae reënval maande aan die Geologiese Opname geropporteer is nie.

Gedurende dieselfde reënperiode is vyf sinkgate deur die Stadsraad van Pretoria aangemeld. Drie van die sinkgate, wat op dieselfde terrein ontstaan het, kan almal toegeskryf word aan ontwatering, terwyl die ander twee sinkgate veroorsaak is deur lekkende waterdraende dienste en vermoedelik ook reënval verwant is.

In verband met reënval lei Roux (1984) die volgende regressievergelyking af:

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

waar:

x = onafhanklike veranderlike, naamlik die kumulatiewe reënval van die afsonderlike maande oor 11 jaar, en

y = afhanklike veranderlike, naamlik aantal sinkgate per maand is.

(Die data wat gebruik is om hierdie regressievergelyking op te stel, kon nie bekom word nie.)

Die regressie verteenwoordig 'n periode van 11 jaar vanaf Januarie 1971 tot en met Desember 1981. 'n Baie goeie bepaaldheidskoeffisiënt, naamlik  $r^2 = 0,7372$  is verkry. Hierdie resultaat beteken dat 73,72% van die variasie in die afhanklike veranderlike verklaar kan word. Daar bestaan dus 'n duidelike lineêre verband tussen die kumulatiewe maandelikse reënval en die voorkoms van sinkgate in die studiegebied.

In hoofstuk 5 is 'n soortgelyke regressievergelyking opgestel, en word dit meer volledig bespreek.

Aangesien die bogenoemde verband reeds 'n geruime tyd vermoed is, word daar vir die afgelope 20 jaar in geotegniese dolomitiese stabiliteitsondersoeke aanbevelings gemaak ten opsigte van stormwaterdreinerings.

'n Tipiese aanbeveling lui byvoorbeeld dat goeie stormwaterdreinerings te alle tye gehandhaaf moet word. Voorts word daar vereis dat water nie mag opdam langs geboue en ander strukture nie. Hierdie aanbevelings is nodig, aangesien die natuurlike topografie verander word met ontwikkeling, en sodoende word die natuurlike dreineringspatroon versteur. Oor die algemeen is die natuurlike topografie golwend en voldoen aan bogemelde vereistes. Ontwikkeling bring egter mee dat gelyk oppervlakke en ongedreineerde depressies geskep word. Hierdie aksie maak dit dus moontlik dat stormwater opdam en die grondprofiel in gekonsentreerde hoeveelhede plek-plek binnedring. Paaie, huise asook topografies herontwerpte tuine, laat stormwater konsentreer en oorstromings kom meer gereeld voor.

Gepaard met dorpsontwikkeling, gaan die grawe van slote en gate vir die installering van dienste. Die gevaar bestaan dat hierdie slote voorkeurdreinerings vir oppervlakreënwater kan voorsien, en dus geselekteerde gedeeltes van die grondprofiel kan erodeer. Dit kan lei tot die ontstaan van sinkgate en versakkings. Toestande word vererger deur die groter hoeveelheid stormwater wat veroorsaak word deur ontwikkeling. Om hierdie erosieproses te voorkom, word daar dus aanbeveel dat slote gevul en gekompakteer word totdat dieselfde digtheid en deurlatendheid as die omliggende materiaal bereik word.

In die reënvalanalise is daar gebruik gemaak van neerslag-syfers wat deur die Verwoerdburg Weerstasie gemeet is. Die studiegebied is baie groot en dek bykans 330 vierkante kilometer. Om die betroubaarheid van hierdie reënvalsyfers te toets, is dit vergelyk met die syfers wat gemeet is by die Irene Weerstasie. Irene is aan die rand van die studiegebied geleë en toon dat groot variasie ten opsigte van die reënval voorkom. 'n Verskil van meer as 200 millimeter is gedurende 1984 aangeteken. Oor die algemeen blyk daar 'n tendens te wees dat dit jaarliks in die Irene omgewing 50 millimeter meer reën as in die omgewing van die Verwoerdburg Weerstasie. Ook verskil die aantal dae wat reën geval het drasties van mekaar. Heelwat meer dae reënval kom by Irene voor. Ter illustrasie van hierdie stelling word 6 jaar se reënval met betrekking tot beide weerstasies in tabel 3 weergegee. Reënval is dus nie homogeen oor die studiegebied nie, en toon groot skommeling. Nieteenstaande is hierdie reënsyfers gebruik om 'n aanduiding te kry van die neerslag in die studiegebied maar kan nie as absoluut beskou word nie. 'n Groot verskil in die aantal dae reënval word opgemerk. Die rede hiervoor is moontlik dat sekere gebiede meer sagte, deurdringende reënval kry, terwyl in ander meer donderstorms voorkom. Om meer akkurate verwantskappe te bepaal ten opsigte van sinkgatvorming en neerslag, sou dit nodig wees om die reënval in al die verskillende woongebiede meer deeglik te bestudeer, wat buite die bestek van hierdie studie val.

In hoofstuk 4 word in tabel 9 die aantal dae wat dit gereën het, weergegee. Die doel hiervan was om te probeer vasstel of daar enige verwantskap tussen die aantal dae reënval en die ontstaan van sinkgate en versakkings bestaan. 'n Wesentlike probleem met hierdie analise was dat dit onmoontlik was om te bepaal op watter dae donderstorms voorgekom het en wanneer sagte deurdringende reën geval het. Hierdie aspek is belangrik aangesien daar gedurende

donderstorms groot hoeveelhede water in stormwatersisteme versamel en gekanaliseer word.

Tabel 3: Reënvalsyfers vir twee verskillende weerstasies in die studiegebied.

Jaar	Verwoerdburg reën in mm	Dae reën	Irene reën in mm	Dae reën
1981	699,2	77	602,1	119
1982	575,8	68	586,2	104
1983	625,1	79	707,8	115
1984	393,6	49	642,5	112
1985	700,3	55	760,9	94
1986	551,0	71	624,7	116

Herhaaldelik gebeur dit dat stormwatersisteme oorlaai word en dit veroorsaak dat terreine oorspoel word. Water dam op en gee aanleiding tot die vorming van 'n sinkgat. So 'n voorbeeld is moontlik die reeks sinkgate wat in Godiva- en Fjordstrate, Valhalla, gedurende Desember 1973 en Januarie 1974 ontstaan het, en waaroor heelwat berigte in die pers verskyn het. Inwoners in die omgewing het gekla dat stormwater vanaf die oostlike militêre gebiede hulle erwe en huise oorspoel. 'n Wesentlike kenmerk van donderstorms is dat hulle baie lokaal kan wees en gewoonlik slegs enkele streke raak.

In teenstelling hiermee is landelike reënval sag en gewoonlik wyd verspreid. Die reënwater kry die geleentheid om die grondprofiel oor 'n wye gebied veld binne te dring en die stormwatersisteme kan die hoeveelhede water met gemak hanteer. Water dam dus nie op nie en minder water bereik

potensiële sinkgatsones wat die grondprofiel kan verswak en erodeer.

### 3.4 VERSKILLENDE GEOLOGIESE FORMASIES

Die verskillende formasies van die Chuniespoort Groep bevat wisselende hoeveelhede chert. Chert is minder oplosbaar as dolomiet. Die dolomiet word tussen die chertlae deur water opgelos en veroorsaak dat holtes, soms met 'n groot omvang, vorm. Hierdie holtes kan uiteindelik aanleiding tot die vorming van gebeurtenisse gee.

Die verband tussen die gebeurtenisse en die formasies is derhalwe bestudeer.

Vir hierdie doel is die geologiese kaart wat Roux (1984) (sien figuur 8) saamgestel het, gebruik. Die inligting op hierdie kaart is verkry vanaf termiese infrarooilyn-aftastingsbeelde en moet slegs beskou word as 'n vereenvoudigde weergawe van die werklike geologie. Hierdie beelde is verkry van die firma Spectral Africa. Die skaal van hierdie beelde is 1 : 5000. Daar moet egter in ag geneem word dat hierdie beelde baie verwronge is as gevolg van verskeie tegniese probleme wat ondervind word gedurende die opnames.

Geen verskuiwings of intrusiewe gesteentes word op hierdie kaart van Roux (1984) aangetoon nie. Al die kontakte tussen die verskillende formasies is baie egalig en geen verplasing is aangetoon nie. As die gepubliseerde geologiese kaart (2528CC Lyttelton) van die studiegebied bestudeer word, word die kontaksones tussen die Argaeïese Graniet en die daaropvolgende dolomietformasies gekenmerk deur ten minste drie prominente verskuiwings. Hierdie verskuiwings het waarskynlik ook 'n invloed op die

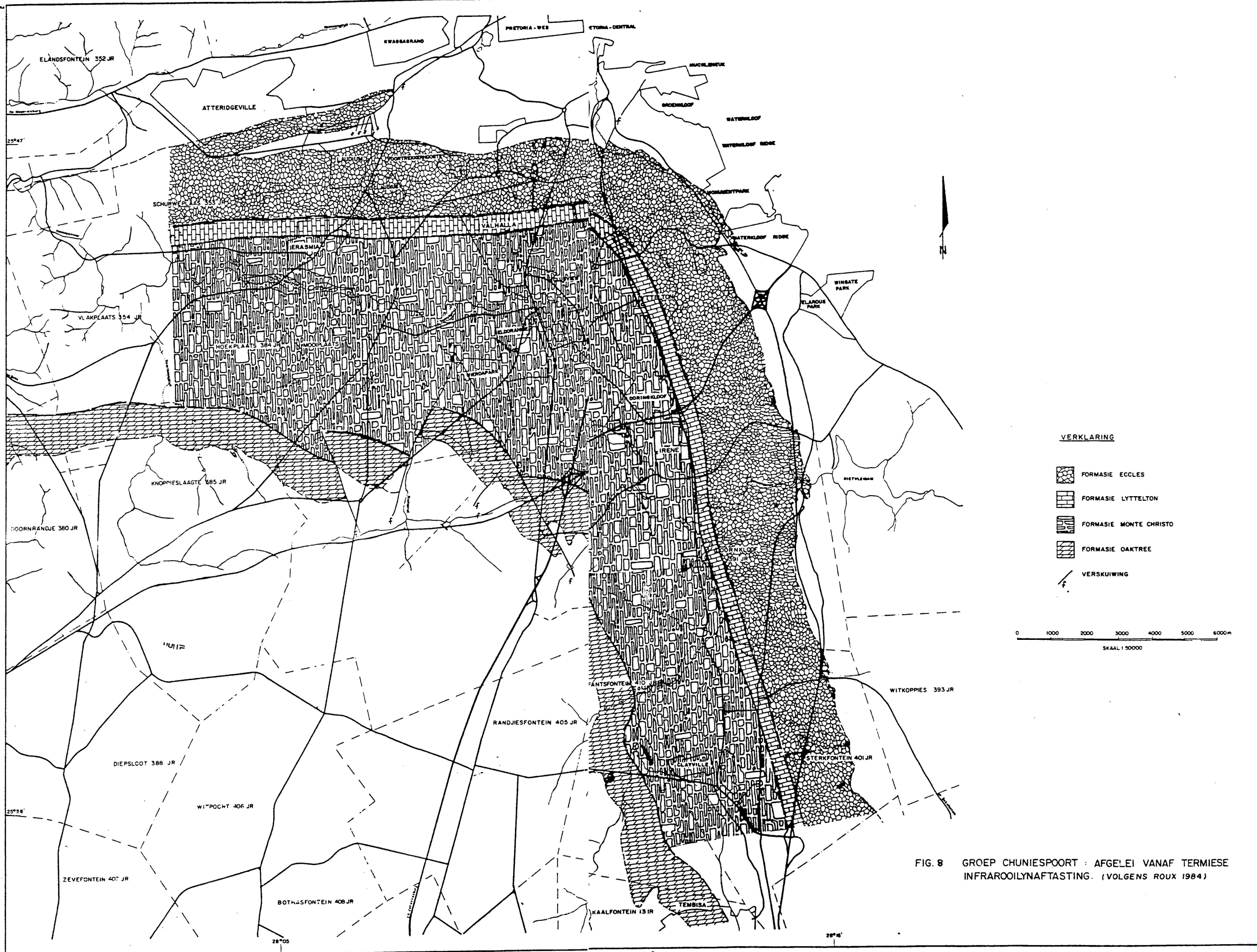


FIG. 8 GROEP CHUNIESPOORT : AFGELEI VANAF TERMIESE INFRAROOILYNAFTASTING. (VOLGENS ROUX 1984)

dolomitiese formasies gehad. In die Mooiplaasgroef word daar dolomiet van die Formasie Lyttelton gemyn. Enkele verskuiwings met 'n horisontale verplasing van tot 80 meter kom hier voor. Aangesien die Formasie Lyttelton slegs 200 meter dik is, kan verskuiwings 'n groot invloed op die grense van hierdie formasie hê.

Omrede algemeen aanvaar word dat sinkgate en versakkings dikwels geassosieer word met naat- en verskuiwingssones sou hierdie aspek ook bestudeer moes word. Weens 'n gebrek aan inligting is dit egter nie gedoen nie. Gravitasië-opnames en toepaslike boorwerk sou hierdie sones beter kon identifiseer.

Aangesien bogenoemde kaart die enigste in sy soort was, is dit gebruik in hierdie analise. Die geïnterpreteerde formasies is oorgedra op die ortofoto's met 'n skaal van 1 : 10 000, waarop die sinkgate en versakkings aangedui is. Hierna is daar so akkuraat as moontlik bepaal op watter formasie die gebeurtenis plaasgevind het. Hierdie inligting is dan, soos reeds vroeër vermeld, op die indekskaarte aangebring.

Na beraming word ongeveer 49% van die studiegebied deur die Monte Christo Formasie, en 26%, 14% en 10% respektiewelik deur die Eccles, Oaktree en Lyttelton Formasie beslaan. Aangesien die Monte Christo Formasie by uitsteking die grootste gebied dek, is dit moontlik dat hier minder foute begaan is met die groepering van gebeurtenisse saam met die formasie. Meeste groeperingsfoute het waarskynlik voorgekom waar die gebeurtenisse naby die gepostuleerde kontakte plaasgevind het asook in die omgewing van die Lyttelton Formasie wat die kleinste gebied beslaan.

Die Rooihoogte Formasie kom sporadies op plekke in die studiegebied voor en kan wissel in dikte tussen 0 en 50



meter (Brink, 1979). Hierdie formasie word op die kaart van Roux (1984) saam met die Eccles Formasie gegroep. 'n Soortgelyke probleem is ondervind met die Swartrif Formasie wat die dolomietiese formasies en die Argaeïese Graniet van mekaar skei. Derhalwe is die Oaktree Formasie en die onderliggende Swartrif Formasie saam gegroep. Omrede die Swartrif Formasie slegs ongeveer 30 meter dik is en dit in baie gevalle dieselfde geotegniese probleme as die Oaktree Formasie het en slegs twee gebeurtenisse hier voorkom (Buttrick, 1989, mondelinge mededeling), behoort dit die studie nie nadelig te beïnvloed nie.

### 3.5 ONTWIKKELDE GEBIEDE

Daar word tans algemeen aanvaar dat stedelike ontwikkeling 'n wesentlike invloed het op die ontstaan van sinkgate en versakkings. Slote wat gegrawe word en strukture versteur die natuurlike dreineringspatroon.

Roux (1984) is van mening dat die grootste persentasie sinkgate as gevolg van lekkasies uit waterdraende dienste ontstaan en dat dit verband hou met die langdurige versakking wat veroorsaak word deur insyfering van reënwater. Dit is verder 'n bekende feit dat meeste van die sinkgate en versakkings ontstaan waar daar 'n lekkende diens of swak dreineringsstoestand gevind word.

Die verwagte leeftyd van 'n struktuur word op ongeveer 30 tot 40 jaar beraam. Hierna moet gewoonlik heelwat herstelwerk gedoen word. Waterdraende dienste is gewoonlik die eerste item wat vervang moet word. Redes hiervoor is korrosie aan die gegalvaniseerde watertoevoerpype wat natuurlik vererger word deur elektriese warrelstrome asook suur grondtoestande. Lekkasie ontstaan dikwels ook in die rioolstelsels wat veroorsaak word deur differensiële

versakkings in die grondprofiel. Toestande word vererger deur wortels van bome wat rioolstelsels blokkeer en laat kraak. Al hierdie faktore dra daartoe by dat water die grondprofiel kan bereik en dit kan erodeer.

Gepaard met ontwikkeling, gaan ook die probleem van ontwatering. Veral gedurende droogtes, is die bewoners van standplase geneig om boorgate te boor vir tuinbesproeiing. Tydens die laaste droogte van 1983-1987, het die Departement van Waterwese belang gestel in die grondwater wat uit die dolomitiese gebiede ontrek kan word (Workshop on the Dolomitic ground water of the PWV area, 1988). Kleywegt en Pike (1982) het gevind dat meeste sinkgate aan die Verre-Wesrand, wat met ontwatering geassosieer kan word, in gebiede voorkom waar die oorspronklike watertafel vlakker as 30 meter was. In die algemeen kom die watertafel in die studiegebied baie dieper as 30 meter voor, en daarom is nie verder aandag aan hierdie aspek gegee nie.

Verskeie faktore wat gebruik is om die voorkoms van sinkgate en versakkings in woongebiede en die gebiede wat nie vir die publiek toeganklik is nie, te bestudeer, het onakkuraathede opgelewer. Die belangrikste hiervan is die volgende:

- i) die datum van ontwikkeling, met ander woorde die ouderdom van die verskillende woongebiede,
- ii) die groottes van die verskillende woongebiede en
- iii) die grense van die verskillende woongebiede.

Om die ouderdom van die verskillende gebiede te bepaal, is daar vir die woongebiede hoofsaaklik gebruik gemaak van die proklamasiedatum. Om groeperings te vergemaklik, is latere uitbreidings wat gevolg het ook hierby ingesluit, wat streng gesproke nie korrek is nie. Die oorspronklike gedeelte van

Lyttelton Manor is ongeveer in 1908 geproklameer, terwyl latere uitbreidings, 1, 3, 4 en 5 in die jare 1942 tot 1981 bygekom het. Die jongste uitbreidings, naamlik uitbreidings 4 en 5, is redelik klein, maar is gedurende 1981 en 1979 respektiewelik geproklameer. Heelwat nuwe uitbreidings het ook in die gebied van die Lyttelton Landbouhoewes, wat tans as Die Hoewes bekend staan, voorgekom, maar hierdie is streng gesproke onderverdelings van plote. Die Hoewes en die jonger gedeeltes van Clubview is onder Lyttelton Landbouhoewes gegroepeer.

Vir die gebiede wat nie vir die publiek toeganklik is nie, was dit nog moeiliker om te bepaal wanneer die eerste ontwikkeling plaasgevind het. Die Departement van Openbare Werke en Grondsake is genader en hulle kon slegs 'n benaderde datum gee wanneer die eerste ontwikkeling voorgekom het. Hierdie datums is dan gebruik vir die analise. In hierdie studie word daar dikwels na hierdie gebiede verwys as nywerheidsgebiede. Hierdie gebiede is oud en daar is waarskynlik voor 1940 met ontwikkeling begin. Dit sluit egter nie die nuwe nywerheidsgebiede in nie.

Om die geografiese grense van die verskillende woongebiede te bepaal, is daar van Map Studio (1987) se kaarte gebruik gemaak, en ook hier word daar nie altyd onderskei tussen die verskillende uitbreidings nie.

Verskeie gebeurtenisse het aan die randgebiede van woongebiede voorgekom wat streng gesproke nie meer deel uitmaak van daardie spesifieke woongebied nie, maar eerder van landelike gedeeltes. So is byvoorbeeld die gebeurtenis wat in Wierda- park aangeteken is in werklikheid noord van hierdie woongebied geleë. Omrede dit binne Verwoerdburg se munisipaliteitsgrense val en Wierdapark die naaste woongebied is, is dit hieronder aangeteken. Soortgelyke probleme is ondervind met 3 gebeurtenisse in die Irene omgewing.

Die oppervlakte van die verskillende woongebiede is in die meeste gevalle verkry van die betrokke munisipaliteite. Vir die woongebiede met uitbreidings is die somtotaal van die oppervlakte bereken. In die gevalle waar die oppervlakte nie bekom kon word nie, soos die gebiede wat nie toeganklik is vir die publiek nie (ligte nywerheidsgebiede), is dit geskat. Vir sommige gebiede was daar nie duidelikheid oor die gebiedsgrense nie en derhalwe is dit dan uitgelaat.

Weens die sensitiwiteit van baie van die inligting word die woongebiede se name nie verstrekkend nie, maar is hulle slegs numeries gelys.

### 3.6 NATUURLIKE EN NIE-NATUURLIKE SINKGATE EN VERSAKKINGS

Gedurende hierdie studie kon daar slegs 20 sinkgate uit 375 gebeurtenisse positief as natuurlike sinkgate geklassifiseer word. Dit is sowat 5,33% van die totale bekende populasie.

Meeste van hierdie natuurlike sinkgate is redelik oud en reeds vir die afgelope 80 jaar bekend. Hulle kom as volg voor: een in die Irene Proefplaas-gebied, vier in die Rietvleidam-gebied asook 13 by die Swartkop, aan die suidweste kant van Pretoria. 'n Moontlike natuurlike sinkgat kom in die Waterkloof militêre gebied voor. Aangesien hierdie sinkgat oor die jare so versteur is, is dit moeilik om te bepaal of hierdie 'n werklike natuurlike sinkgat is. Hierdie sinkgat word tans as 'n leengroef sowel as 'n vullisstortingsgebied gebruik.

Volgens Martini (mondelinge mededeling) kan oer sinkgate dikwels uitgeken word aan bome en struik wat in ou sinkgate groei. As dus daar geen ontwikkeling in die onmiddellike omgewing van so 'n gebeurtenis voorkom nie, is dit aanvaarbaar om dit as natuurlik te klassifiseer, aangesien die hele

studiegebied eers redelik laat in die geskiedenis ontwikkel is.

Na 'n inspeksie van hierdie sinkgate het dit aan die lig gekom dat verskeie nabygeleë sinkgate, in die Rietvleidamgebied, by 'n grotsistiem aansluit.

Bogenoemde inligting stem ooreen met internasionale waarnemings. In die verband noem Newton (1976) dat in Alabama in die V.S.A. slegs 50 natuurlike sinkgate uit ongeveer 4000 waargeneem is. Dit is ongeveer 1,3% van die totaal. Hierdie persentasie is effens laer as vir die studiegebied suid van Pretoria, maar dui tog daarop dat die oorgrote meederheid van gebeurtenisse van onnatuurlike oorsprong is.

Voorts toon die geologiese kaart 2528CC Lyttelton aan dat daar 57 sinkgate in die studiegebied voorkom. Heelwat van hierdie sinkgate kom in die Mooiplaasomgewing voor. Geen verdere inligting was vir hierdie gebeurtenisse beskikbaar. Die meeste van hierdie sinkgatposisies is verkry deur middel van 'n lugfoto-interpretasie. Meeste van hierdie sinkgate kon gekorreleer word met inligting wat deur die Geologiese Opname versamel is. Vir ander gevalle was dit moeilik. Jansen (1977) dui egter aan dat meeste van die onlangse sinkgate toe te skryf is aan versteuring van die natuurlike oppervlakdreinerings. Voorts noem hy dat meeste van hierdie sinkgate in ontwikkelde gebiede voorkom. Vir die doel van hierdie studie is slegs die inligting gebruik wat by die Geologiese Opname versamel is.

Geen natuurlike versakkings is aan die skrywer bekend nie, maar kan nie uitgesluit word nie. Aangesien versakkings nie so opsigtelik is nie word hulle nie maklik deur die leek geïdentifiseer nie en dus ook nie aan die Geologiese Opname gerapporteer nie.

## 3.7 KOERANTBERIGTE

Verskeie koerantberigte is versamel wat almal 'n spesifieke sinkgatgebeurtenis beskryf. Hulle is genommer van 1 tot 24, en daar word verwys na hulle in tabel 4. Ook word hulle afsonderlik afgebeeld in bylaag 1.

Meeste van hierdie koerantberigte is verkry van "The Pretoria News" en enkele uit "Die Hoofstad". Dit het wel gebeur dat in meer as een uitgawe oor dieselfde gebeurtenis berig is, derhalwe is slegs die vroegste berig in hierdie studie opgeneem. Daar is onderskei of die gebeurtenisse in 'n privaat erf, veld of langs 'n pad of spoor voorgekom het.

Tabel 4: Lys van Koerantberigte.

No Koerant	Datum	Pad/Spoor	Woonerf of veld	Woon-gebied
1.Hoofstad	29/01/72	Jo'burg/ Olifantsfont		
2.Pta News +Hoofstad	22/11/72	Suid van Eeufees (Watertoewoerpyl)		Militêre gebied
3.Pta News	1972	Pretoriusstr.		Lyttel- ton Man.
4.Pta News	18/10/73	Ben Schoeman		
5.Pta News	18/10/73	Monumentstr.		Lyttel- ton Man.
6.Pta News	17/12/73	Godivastr (Watertoewoerpyl)		Valhalla

Vervolg van tabel 4.

No Koerant	Datum	Pad/Spoor	Woonerf of veld	Woon-gebied
7.Pta News	14/01/74	Godivastr.		Valhalla
8.Pta News	05/03/74	Godivastr.		Valhalla
9.Pta News	25/01/75	Godivastr.		Valhalla
10.Hoofstad	28/01/75	Spoor		Irene
11.Pta News	1976	Verwoerdburg (moontlik pad)		Vrd-burg
12.Pta News	19/10/76		Huis in Jewelstr.	Laudium
13.Pta News	29/01/77		Agtertuin Gulfosstr.	Valhalla
14.Pta News	04/02/77		Erf in Van Riebeekstr	Lyttel Manor
15.Pta News	23/02/77		Veld	Laudium
16.Pta News	16/03/78		Gebou	Waterklf LMB
17.Pta News	19/03/80	Clifton/Potgieter		Lyttel- ton Man.
18.Pta News	15/05/81		Wooneen- hede	Voortrek hoogte
19.Pta News	01/06/81	Spoor		
20.Pta News	24/09/81	Spoor		
21.Pta News	08/10/81	Ben Schoeman		

Vervolg van tabel 4.

No Koerant	Datum	Pad/Spoor	Woonerf of veld	Woon-gebied
22.Pta News	27/01/84		Veld	Attri- dgeville
23.Pta News	14/12/85	Ou Jo'burg pad		Valhalla
24.Pta News	11/02/86	Fergus/Maud		Valhalla

Die koerantberigte is bestudeer om 'n aanduiding te kry tot welke mate die publiek bewus gemaak word van die dolomiet-probleem. Verder het dit gedien as 'n kontrole. Daar kon byvoorbeeld vasgestel word dat nie al die sinkgate wat deur die pers beskryf is, deur die Geologiese Opname aangeteken is nie. 'n Ander aspek wat duidelik na vore gekom het, is die onsekerheid van die datum waarop die sinkgat gevorm het. Duidelike afwykings tussen koerantberigte en die data by die Geologiese Opname kom voor met betrekking tot gebeurtenisse in Valhalla. Verskeie koerantberigte verwys heelwat vroeër na sinkgate as wat by die Geologiese Opname aangeteken is. Die datums verskil soms met 'n maand. Die rede vir hierdie afwyking kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat amptenare die datum van inspeksie op die vraelyste ingevul het.



## Hoofstuk 4

### DIE DATAVERSAMELING

Gedurende die studie is daar op 'n posvraelys, wat deur Roux (1984) opgestel is en aan inwoners in Verwoerdburg gestuur is, afgekom. Die resultate van hierdie posvraelys is saamgevat en word bespreek. Voorts is alle inligting wat versamel is, in tabelvorm opgesom. Hierdie inligting is ook gebruik in hoofstuk 5 waar die inligting geanaliseer is.

#### 4.1 POSVRAELYS

Die posvraelys van Roux (1984) is bestudeer. Aandag is geskenk aan agt vrae wat te make het met sinkgate, versakkings en waterdraende dienste. Die verskille tussen die posvraelys en die inligting wat gebruik is vir hierdie studie, word bespreek. Afleidings wat gemaak kon word, word bespreek.

Daar is 10 000 vraelyste uitgestuur en 2880 terugontvang. Die terugvoer was uiters goed, naamlik 28,80%. Gewoonlik word 'n 20% responsie op posvraelyste as goed beskou. Die agt vrae wat hoofsaaklik betrekking het op sinkgate, versakkings en waterdraende dienste, word hier onder weergegee. Die oorspronklike posvraelys is in bylaag 2 aangeheg.

- i) Vraag 11: Het daar reeds enige sinkgat op die erf waar u tans woon, gevorm? 20 respondente antwoord positief.
- ii) Vraag 12: Het daar al ooit 'n versakking (insinking) op die erf waar u tans woon, gevorm? 99 respondente

antwoord positief.

- iii) Vraag 13: Is u huis/buitegeboue vry van barste groter as 3 mm in breedte? 986 respondente dui aan dat hulle huis nie vry is van barste nie.
- iv) Vraag 14: Is u bewus van enige sinkgate of versakkings in u woongebied? 910 respondente antwoord positief.
- v) Vraag 15: Het u ooit krane gehad wat langs die huis/buitegeboue of in die tuin gelek het, of vergeet om die tuinslang oornag toe te draai? 691 respondente antwoord positief.
- vi) Vraag 16: Het daar ooit 'n waterpyp op u erf gelek? 334 respondente antwoord positief.
- vii) Vraag 17: Het daar ooit 'n rioolpyp op u erf gelek of gebreek? 150 respondente antwoord positief.
- viii) Vraag 18: Is daar 'n swembad op u erf? 665 respondente antwoord positief.

Vrae 11 en 12 is direkte vrae oor die voorkomste van sinkgate en versakkings, en net 4% van alle respondente het positief op hierdie vrae geantwoord. Slegs 20 respondente toon aan dat 'n sinkgat in hulle erf voorgekom het, terwyl 99 aantoon dat hulle versakkings in hulle erwe waargeneem het. Dit is te betwyfel of hierdie die werklike weer-spieëling van die voorkomste van sinkgate en versakkings is. Daar is verskeie faktore wat die antwoorde van die respondente kon beïnvloed. By die algemene publiek word sinkgate baie negatief ervaar, omdat pryse van eiendomme nadelig hierdeur geraak word. Eienaars is dus traag om te erken dat sinkgate en versakkings op hulle erwe ontstaan het. Ook is hulle nie opgelei om dolomitiese onstabilliteite te

herken nie en ervaring het getoon dat versakkings as gevolg van kompakterende komposhoep, stapelriole of ou miershoep dikwels as sinkgate beskryf word. Tabel 5 dui die verskille tussen die posvraelys (vraag 11 en 12) en die inligting op rekord by die Geologiese Opname aan.

Tabel 5 toon dat heelwat minder sinkgate deur die respondente waargeneem is, as wat by die Geologiese Opname aangeteken is, terwyl heelwat meer versakkings deur die respondente waargeneem is. Die rede hiervoor is dat ander geotegniese oorsake vir versakkings verantwoordelik kon gewees het. Ook heers daar 'n mate van verwarring oor die terme sinkgat en versakking. In die persberigte word daar nie onderskei tussen sinkgate en versakkings nie, en word die woord sinkgat feitlik deurgaans gebruik om na enige gebeurtenis te verwys (sien bylaag 1). Ervaring het ook getoon dat die publiek dikwels na 'n versakking verwys as sinkgat. Daarom is dit moontlik dat van die gebeurtenisse verkeerd geklassifiseer is.

Die verskil in die getal sinkgate waargeneem in die erwe (vraag 11) en dié aangeteken by die Geologiese Opname, kan moontlik ook daarop dui dat sekere van die gebeurtenisse in openbare gebiede soos paaie, padreserwes, parke en oop stukke grond voorgekom het.

In vraag 13, dui 986 respondente aan dat hulle huise of buitegeboue nie vry is van barste wat groter is as 3 millimeter nie. Veral van Bronberrik wat nie op dolomiet, maar op siëriet geleë is, is 47 positiewe bevestigings uit 'n moontlike 90 ontvang, dit wil sê 52% van die respondente van Bronberrik antwoord positief op hierdie vraag. In die woongebiede Doornkloof, Irene, Rooihuiskraal, Wierdapark en Lyttelton Manor is dit 33%, 65%, 40%, 21%, en 33% respektiewelik. Met die uitsondering van Irene, is dit minder as in Bronberrik en kan moeilik enige gevolgtrekkings

hieruit gemaak word. Dit is dus nie uitgesluit nie dat 'n sekere gedeelte van hierdie barste moontlik nie verwant is aan 'n dolomitiese versakking nie. Ander geotegniese probleme kon moontlik hiervoor verantwoordelik gewees het.

Vraag 14 is deur 910 respondente positief beantwoord en dit is moontlik dat telkens na dieselfde gebeurtenis verwys word. Die interpretasie van die vraag word verder bemoeilik omrede inwoners dikwels nie seker is waar die grense van hulle woongebied geleë is nie en derhalwe na sinkgate kon verwys het wat buite hulle woongebied geleë is.

Tabel 5: Respondente se weergawe van gebeurtenisse en die gebeurtenisse op rekord by die Geologiese Opname.

Voorstad	Vraag 11 Sinkgate	Vraag 12 Vesakkings	<u>GSO* Rekords</u>	
			Sinkgate	Versakkings
Bronberrik	0	2	0	0
Clubview	2	11	3	0
Doringkloof	1	16	2	0
Eldoraigne	0	2	4	0
Hennospark	0	4	0	0
Irene	1	9	6	0
Kloofsig	3	6	4	0
Lyttelton M	8	30	16	6
P.v.Rynevld.	0	1	0	0
Rooihuiskrl.	0	2	0	0
Wierdapark	4	10	0	1
Lyttelton L.	1	4	18	0

\* GSO = Geologiese Opname

Die laaste vrae naamlik vrae 15, 16, 17 en 18 het almal betrekking op water wat die grondprofiel kan binnedring. Lekkende krane, waterpype, rioolstelsels en swembaddens wat teruggespoel word, konsentreer water op verskeie plekke en laat toe dat hierdie water die grondprofiel binnedring en veroorsaak dat 'n sinkgat of versakking kan vorm.

Ses woongebiede is uitgesoek waar 2078 van die respondente woonagtig was en wat 72% van alle respondente uitmaak. Die aantal belastingbetalers wat positief op die uitgesoekte vrae geantwoord het, word in tabel 5 weergegee. Daar kon nie vasgestel word hoeveel vraelyste na die afsonderlike woongebiede gepos is nie. Volgens Roux (1989 mondelinge mededeling) is aan elke belastingbetaler 'n vraelys gestuur. Vanuit Bronberrik, Doringkloof, Irene, Rooihuiskraal, Wierdapark en Lyttelton Manor is 90, 400, 226, 25, 541 en 769 posvraelyste terugontvang. Met die uitsondering van Rooihuiskraal is die woongebiede Bronberrik, Doringkloof, Irene, Wierdapark en Lyttelton Manor, voor 1971 geproklameer en kan daar aangeneem word dat daar nie veel verder ontwikkeling plaasgevind het sedert die posvraelysopname van die vroeë tagtigerjare nie. Daarom is die aantal beboude erwe van 1987 as maatstaaf gebruik. Hierdie inligting word in tabelle 6 en 7 opgesom.

Omrede die terugontvangde posvraelyste nie meer beskikbaar is nie, kan daar nie vasgestel word of daar 'n verband tussen vrae 11 en 12 (Het 'n sinkgat sowel as 'n versakking gevorm?) en vrae 15, 16, 17 en 18 is nie (Was daar meer as een van die faktore teenwoordig, al dan nie?).

Ook kon die lokaliteit van hierdie gebeurtenisse nie bepaal word nie.

Dat 'n sekere persentasie gebeurtenisse wel dolomietverwant is, kan egter nie uitgesluit word nie, aangesien baie respondente aantoon dat daar op een of ander manier

waterlekkasies op die betrokke erwe voorgekom het. Dit is 'n aanvaarde wetenskaplike feit dat menige sinkgate geaktiveer is deur lekkende waterdraende dienste. Om hierdie verwantskap te ondersoek, sou die oorspronklike vraelyste weer eens deeglik bestudeer moes word.

Tabel 6: Positiewe antwoorde van respondente in ses afsonderlike woongebiede.

Woongebied	Vraag 11	Vraag 12	Vraag 13	Vraag 14	Vraag 15	Vraag 16	Vraag 17	Vraag 18
Bronberrik	0	2	47	2	18	12	2	32
Doringkloof	1	16	132	74	67	54	18	88
Irene	1	6	146	84	82	34	25	95
Rooihuiskr1	0	2	10	0	4	0	1	5
Wierdapark	4	10	16	18	106	31	19	76
Lyttelton M	8	30	258	580	244	109	40	149

Tabel 7: Posvraelyste terugontvang asook  
aantal beboude erwe in ses woongebiede.  
\* Voorstad wat baie ontwikkeling in die laaste  
jare gehad het en 'n groot gedeelte is nie op  
dolomiet geleë nie.

Woongebied	Posvraelyste ontvang	Beboude erwe 1987
Bronberrick	90	190
Doringkloof	400	1057
Irene	226	521
Rooihuiskraal*	25	1070
Wierdapark	541	1106
Lyttelton	769	2013

#### 4.2 GRAVITASIERESULTATE

Tydens hierdie studie is die gravitasiedata van 65 sinkgate en 56 versakkings bestudeer. Sinkgate en versakkings is aangedui op gravitasiekontoerkaarte. Daar is gepoog om te onderskei tussen die gravitasie-anomalieë waar die sinkgate en versakkings voorgekom het. Onderskeid is getref tussen:

- i) gravitasie-hoog,
- ii) gravitasie-laag en
- iii) gravitasie-gradiënte.

Die resultate van die 121 gebeurtenisse is in tabel 8 opgesom.

Tabel 8: Voorkomste van gebeurtenisse op gravitasie-anomalieë. Persentasies word in hakkies aangetoon.

Anomalieë	Aantal en % Sinkgate	Aantal en % Versakkings
Gravitasiehoog	12 (18%)	10 (18%)
Gravitasie laag	23 (35%)	19 (34%)
Gravitasie gradiënt	30 (46%)	27 (48%)

#### 4.3 REËNVALRESULTATE

Reënvalinligting is van die weerburo in Pretoria verkry en verteenwoordig die reënval soos gemeet by die weerstasie (weerstasie nr. 0513/350 7) in Verwoerdburg. Die aantal gebeurtenisse wat in die onderskeie periodes gevorm het, word in tabelle 9 (bladsy 71) en 10 (bladsy 72) getoon. Tabel 9 dui die aantal gebeurtenisse en die hoeveelheid reënval per jaar aan terwyl tabel 10 die aantal gebeurtenisse en die kumulatiewe reënval per maand oor 16 jaar aantoon.



Tabel 9: Reënval en bekende sinkgate en versakkings per jaar oor 'n periode van 16 jaar.

Jaar	Hoeveelheid reën in mm	Dae reën per jaar	Aantal Sinkgate	Aantal Versakkings
1970	557,3	61	1	0
1971	828,4	92	9	0
1972	516,2	56	3	0
1973	720,0	85	16	5
1974	745,1	68	6	1
1975	898,3	91	16	2
1976	813,1	69	6	4
1977	701,6	63	4	8
1978	726,8	73	27	8
1979	557,1	71	4	14
1980	693,9	73	6	12
1981	699,2	77	10	6
1982	575,8	68	3	2
1983	625,1	79	3	3
1984	393,6	49	0	6
1985	700,3	55	1	1

Tabel 10: Kumulatiewe reënval (oor 'n periode van 16 jaar) asook maandelikse sinkgate en versakkings.

Maand	Kumulatiewe reënval in mm	Aantal Sinkgate	Aantal Versakkings
Januarie	2 466,1	31	9
Februarie	1 425,7	21	12
Maart	1 195,2	12	10
April	765,3	14	7
Mei	111,6	7	-
Junie	91,4	8	6
Julie	67,7	3	4
Augustus	67,9	7	6
September	423,3	2	5
Oktober	1 325,3	5	3
November	1 671,4	13	6
Desember	1 685,4	12	5

#### 4.4 GEBEURTENISSE OP VERSKILLENDE GEOLOGIESE FORMASIES

Die aantal gebeurtenisse op die verskillende formasies word in tabel 11 weergee. In tabel 12 en 13 word die diameters en dieptes van die gebeurtenisse op die verskillende formasies teenoor gravitasie-anomalieë getoon. Die onderskeie woongebiede is ondersoek en daar is 'n skatting gemaak van die formasies wat die gebied onderlê. Hierdie inligting is saamgevat in tabel 11.

Voorts is die inligting oor sinkgate en versakkings gegroepeer volgens hulle diameter. Hierdie resultate word in tabelle 12 en 13 weergegee. Inligting oor 24 sinkgate en 4 versakkings is onvolledig en is derhalwe nie in tabelle 12 en 13 opgeneem nie.

Tabel 11: Die gebeurtenisse gelys volgens geologiese formasies (die toepaslike persentasies word in hakkies aangedui).

Formasie	Frekwensie Sinkgate	Frekwensie Versakkings	Totaal
Eccles	130 (49,4%)	71 (68,9%)	201 (54,9%)
Lyttelton	39 (14,8%)	8 (7,8%)	47 (12,8%)
Monte Christo	94 (35,7%)	24 (23,3%)	118 (32,2%)
Totaal	263 (99,9%)	103 (100%)	366 (99,9%)

Tabel 12: Aantal sinkgate en hulle diameter teenoor die geologiese formasies (die persentasie word in hakkies getoon).

Formasie	SINKGATDIAMETER					TOTAAL
	0-2m	2-4m	4-6m	6-8m	>10m	
Eccles	42 (33%)	26 (21%)	12 (10%)	10 (8%)	36 (29%)	126 (101%)
Lyttelton	11 (37%)	8 (27%)	5 (17%)	2 (7%)	4 (13%)	30 (101%)
MC	40 (48%)	20 (24%)	12 (14%)	4 (5%)	7 (8%)	83 (99%)
TOTAAL	93 (39%)	54 (23%)	29 (12%)	16 (7%)	47 (20%)	239 (101%)

MC = Monte Christo

Table 13: Aantal versakkings en hulle diameter teenoor die geologiese formasies (persentasies word in hakkies getoon).

Formasie	VERSAKKINGSDIAMETER					TOTAAL
	0-2m	2-4m	4-6m	6-8m	>10m	
Eccles	58(87%)	2( 3%)	1( 1%)	3( 4%)	3( 4%)	67( 99%)
Lyttelton	8(100%)	0( 0%)	0( 0%)	0( 0%)	0( 0%)	8(100%)
MC	20(83%)	1( 4%)	2( 8%)	0( 0%)	1( 0%)	24(99%)
TOTAAL	86(87%)	3( 3%)	3( 3%)	3( 3%)	4( 4%)	99(100%)

MC = Monte Christo

Soortgelyke tabelle is opgestel vir die aangetekende dieptes van die gebeurtenisse en word hieronder in tabelle 14 en 15 weergegee. Weer eens was inligting vir 41 sinkgate en 4 versakkings nie beskikbaar nie.

Tabel 14: Aantal sinkgate en hulle dieptes teenoor die geologiese formasies (persentasies word in hakkes getoon).

SINKGATDIEPTES							
Fo	0-1m	1-2m	2-4m	4-6m	6-10m	>10m	TOTAAL
Ec	37 (34%)	10 ( 9%)	28 (26%)	14 (13%)	8 ( 7%)	11 (10%)	108
Ly	5 (17%)	5 (17%)	12 (40%)	5 (17%)	3 (10%)	0 ( 0%)	30
MC	31 (37%)	19 (23%)	18 (21%)	10 (12%)	2 ( 2%)	4 ( 5%)	84
TO	73 (33%)	34 (15%)	58 (26%)	29 (13%)	13 ( 5%)	15 ( 7%)	222

Fo = Formasie, Ec = Eccles, Ly = Lyttelton,  
MC = Monte Christo.

Tabel 15: Aantal versakkings en hulle dieptes teenoor die geologiese formasies.

Formasie	0-1m	1-2m
Eccles	66	1
Lyttelton	9	0
Monte Christo	23	1

'n Matriks is opgestel waarvan die kolomme die gravitasie-anomalieë aandui en die rye die formasies.

Hierdie data is saamgevat in tabelle 16 en 17 vir sinkgate en versakkings respektiewelik.

Tabel 16: Aantal sinkgate ten opsigte van gravitasie-anomalieë en geologiese formasies (persentasie word in hakkies getoon).

S I N K G A T E	Formasie	Gravitasie- gradiënt	Gravitasie- hoog	Gravitasie- laag	TOTAAL
		Eccles	11 (41%)	4 (15%)	12 (44%)
	Lyttelton	4 (67%)	2 (33%)	0 (0%)	6 (100%)
	MC	15 (48%)	6 (19%)	11 (35%)	31 (100%)

MC = Monte Christo

Tabel 17: Aantal versakkings ten opsigte van gravitasie-anomalieë en geologiese formasies (persentasie word in hakies getoon).

	Formasie	Gravitasie- gradiënt	Gravitasie- hoog	Gravitasie- laag	Totaal
V E R S A K K I N G S	Eccles	12 (39%)	6 (19%)	11 (42%)	31 (100%)
	Lyttelton	4 (50%)	3 (38%)	1 (13%)	8 (101%)
	MC	11 (65%)	1 ( 6%)	5 (29%)	17 (100%)

MC = Monte Christo

Voorts is 'n ontleding gemaak van die aantal sinkgate en versakkings wat in verskillende geografiese areas van die studiegebied voorkom. Die munisipale grense verdeel die gebied en 31 areas, waarvan 24 woongebiede, 6 nywerheidsgebiede en een 'n plaas is. Om die grense van die spesifieke terreine te bepaal, is 'n kaart van "Map Studio" gebruik wat die gebied om Pretoria dek. Verskeie gebiede word deur meer as een formasie beslaan. 'n Skatting is gemaak van watter persentasie van die oppervlakte van die area deur 'n spesifieke formasie beslaan word. Die gebiede is genommer. Dieselfde nommer word deurgaans gebruik om na 'n gebied te verwys. Die inligting is dan gegroepeer volgens woongebied (geografiese area) en geologiese formasie waarop dit voorkom (tabel 18).

Tabel 18: Die voorkoms van die gebeurtenisse in die verskillende geografiese areas en op die geologiese formasies.

Area no	Tipe ontwikkeling	Formasie en % dekking in area	Aantal Sinkgate	Aantal Versakkings
1.	W	S	0	0
2.	W	M	3	0
3.	W	M	0	0
4.	W	M	2	0
5.	W	M + S	4	0
6.	W	M	0	0
7.	W	L	6	0
8.	W	E 60%	4	0
		L 40%	0	0
9.	W	E 10%	3	1
		L 25%	8	1
		M 65%	5	4
10.	W	E 60%	0	0
		PTA 40%	0	0
11.	W	M 50%	0	0
		O 50%	0	0
12.	W	O + G	0	0
13.	W	M	0	0
14.	W	M	0	0
15.	W	M + S	0	1
16.	W	E 25%	4	10
		L 15%	22	1
		M 60%	5	1
17.	W	L 30%	0	0
		M 70%	12	0
18.	W	E	19	0
19.	W	E	19	2



Vervolg van tabel 18.

Area no	Tipe ontwikkeling	Formasie en % dekking in area	Aantal Sinkgate	Aantal Versakkings
20.	W	M	0	1
21.	W	E	1	0
22.	W	E	5	0
23.	W	M	18	0
24.	N	M	14	1
25.	N	E 90%	3	10
		L 10%	0	3
26.	N	E	34	24
27.	N	E 5%	1	1
		L 12%	1	0
		M 83%	14	3
28.	N	E + K	29	23
29.	N	M	3	4
30.	N	E	2	0
		L	2	3
		M	14	9
31.	W	M	3	0
32.	N	E	3	0

E = Eccles Formasie    S = Siëniet    G = Graniet    K = Karoo  
L = Lyttelton Formasie            PTA = Pretoria skalies  
M = Monte Christo Formasie        W = Woongebied  
O = Oaktree Formasie                N = Nywerheidsgebied

In gevalle waar terreine deur die Karoo Opeenvolging of siëniet intrusies beslaan word, is dit aangedui. Daar is egter nie aangetoon watter persentasie van die oppervlak deur hierdie gesteentes beslaan word nie, aangesien die kontakte dikwels nie baie duidelik op die geologiese kaarte aangetoon word nie. Hierdie aspek is ook tans nie baie

belangrik nie omdat, sover bekend, slegs enkele moontlike gebeurtenisse op siënietintrusies en die Karoo-afsettings in die studiegebied voorgekom het.

#### 4.5 GROOTTE EN OUDERDOM VAN DIE WOONGEBIEDE EN NYWERHEIDSGEBIEDE

Die grootte van 'n woongebied en die aantal woonhuise per hektaar gee 'n aanduiding tot watter mate die betrokke gebied ontwikkel is. Die digtheid van waterdraende dienste word deur bogenoemde faktore beïnvloed. Klein standplase wat almal bebou is, vereis baie dienste wat gekonsentreer word op 'n klein area. Die moontlikheid van 'n lekkende diens neem toe, en so ook die risiko van sinkgatvorming. Die kolom, netto digtheid woonhuise, dui die aantal woonhuise per hektaar aan. Parke en oop ruimtes is hier nie ingesluit nie. Die toepaslike inligting is versamel en word in tabel 19 getoon.

Tabel 19: Ouderdom, grootte van woongebiede en aantal gebeurtenisse.

Woon- gebied- nommer	Grootte in ha	Prokla- masie- datum	Netto digt- heid (huise per ha)	Sink- gate	Ver- sak- kings
1.	43,1	24/12/02	6,43	0	0
2.	155,6	23/11/41	5,70	3	0
3.	7,0	22/04/64	3,34	0	0
4.	215,1	19/08/70	8,00	2	0
5.	440,8	10/12/49	±7,65	4	0
6.	46,3	20/06/70	6,76	0	0

Vervolg van tabel 19.

Woon- gebied- nommer	Grootte in ha	Prokla- masie- datum	Nettodigt- heid (huise per ha)	Sink- gate	Ver- sak- kings
7.	178,0	+1902	4,77	6	0
8.	24,9	+1906	12,50	4	0
9.	639,6	+1908	±5,32	16	6
10.	314,9	08/04/76	9,66	0	0
11.	796,8	1945*	----	0	0
12.	34,4	29/02/75	+9,29	0	0
13.	29,9	1938	----	0	0
14.	0,7	18/05/66	----	0	0
15.	260,1	10/07/68	±7,66	0	1
16.	527,1	11/05/32	----	31	12
17.	205,2	31/08/46	----	12	0
18.	± 75	14/12/83	----	19	0
19.	±296	26/04/62	----	19	2
20.	± 32	-----	----	0	1
21.	----	-----	----	1	0
22.	±218	22/04/60	----	5	0
23.	±681	voor 1940	----	18	0
31.	----	-----	----	3	0
Totaal				143	22

\* Geen proklamasiedatum beskikbaar nie, maar slegs die datum toe gebied opgemeet is.

Bostaande tabel neem slegs die afsonderlike geografiese areas in ag en sluit nie die onderskeie geologiese formasies in nie. Hierdie aspek word verder bespreek in hoofstuk 5.

Vir die nywerheidsgebiede wat nie vir die publiek toeganklik is nie, is soortgelyke inligting saamgevat. Dit was egter nie moontlik om die digtheid van die ontwikkeling in terme van syfers weer te gee nie en is die terreine slegs geklassifiseer as digte ontwikkeling, plek-plek dig ontwikkel en yl ontwikkel. Die grootte van die gebied is deur die skrywer self bereken en is slegs 'n beraming.

Tabel 20: Grootte van die nywerheidsgebiede, ontwikkelingsdigtheid en die voorkoms van gebeurtenisse.

Terrein- kode en nommer	Grootte in ha	Digtheid	Sink- gate	Versak- kings	Geskatte Datum van Ontwikkeling
24 AR	1373	dig op plekke	14	1	voor 1940
25 VA	40	dig	3	13	voor 1940
26 VT	1058	dig	34	24	voor 1940
27 ZA	616	dig op plekke	16	4	voor 1940
28 WK	614	dig op plekke	29	23	voor 1940
29 ST	24	dig	3	4	voor 1940
30 SK	578	yl	18	12	na 1970
32 NSWK	292	yl	3	0	nie ontwikkel
Totaal			120	81	

Die inligting wat in bostaande tabelle saamgevat is, is verkry uit jaarverslae en mondelinge mededelings van die betrokke munisipaliteite asook inligting van die Geologiese Opname.

Die ouderdom van die woongebiede kan bepaal word aan die hand van die proklamasiedatum. Ook die latere uitbreidings

van bogenoemde woongebiede is by hierdie datum gegroeper. Alhoewel hierdie nie 'n goeie maatstaaf vir die ouderdom van 'n woongebied is nie, gee dit tog 'n aanduiding van die tydperk toe daar met ontwikkeling begin is. In een geval was die proklamasiedatum nie bekend nie, en is die datum toe die gebied opgemeet is, gebruik.

## HOOFSTUK 5

### STATISTIESE EVALUERING EN INTERPRETASIE

Die gebeurtenisse wat in hierdie hoofstuk ontleed word, kan almal geklassifiseer word as onnatuurlik. Dit impliseer dat menslike aktiwiteite (veral swak waterbestuur) verantwoordelik was vir die vorming daarvan. Die doel van hierdie hoofstuk is om te bepaal tot welke mate faktore soos gravitasie-anomalieë, die verskillende geologiese formasies, reënval en stedelike ontwikkeling moontlik 'n bydrae tot die vorming van die gebeurtenisse gelewer het. In die gevalle waar inligting dit toegelaat het, is daar van statistiese toetse gebruik gemaak om sekere van die bevindings te staaf.

#### 5.1 SINKGATE EN VERSAKKINGS OP DIE VERSKILLENDE GRAVITASIE-ANOMALIEë

Hierdie paragraaf het hoofsaaklik betrekking op tabel 8 (bladsy 70) van hoofstuk 4.

Tabel 8 (bladsy 70) toon duidelik dat daar geen groot verskil bestaan tussen die voorkomste van sinkgate en versakkings in gebiede met soortgelyke gravitasie anomalieë nie. So val byvoorbeeld 18% van die sinkgate en 18% van die versakkings op 'n gravitasie-hoogsone. Soortgelyke resultate word ook verkry vir sones met ander gravitasie-anomalieë, naamlik 35% en 34% vir die gravitasie-laag, 46% en 48% vir die gravitasie-gradiënt vir respektiewelik sinkgate en versakkings.

Die data is statisties getoets aan die hand van 'n homogeniteitstoets (Steyn, Smit, du Toit). Die twee

versamelings, sinkgate en versakkings, is as onafhanklik beskou met 'n enkele karakteristiek, die gravitasie-anomalie met 3 kategorieë, naamlik die gravitasie-hoog, -laag en -gradiëntsones. Hierdie toets gee ook 'n aanduiding of die twee steekproewe uit populasies met eenderse verdelings kom.

Om aan die leek 'n tipiese statistiese benadering te illustreer, word hierdie toets meer breedvoerig behandel.

Die hipotese word soos volg gedefinieer:

$H_0$  : Die voorkoms van sinkgate en versakkings verskil nie ten opsigte van die gravitasie-anomalieë nie en die steekproewe kom uit populasies met dieselfde verdeling.

$H_1$  : Die voorkoms van sinkgate en versakkings verskil wel ten opsigte van die gravitasie-anomalieë.

Die toetsgrootheid  $G$  is bereken deur middel van die volgende vergelyking:

$$G = \sum \sum \frac{(W_{ij} - V_{ij})^2}{V_{ij}}$$

waar  $W_{ij}$  die waargenome waardes is en  $V_{ij}$  die verwagte waardes is.

Onder die  $H_0$  aanname is hierdie verdeling 'n  $X^2(2)$  verdeling.

Die berekeninge toon dat die toetsgrootheid  $G = 0,0425$  en uit statistiese tabelle is  $g = 5,992$  (kritieke waarde) vir 'n  $X^2(2)$  verdeling en die peil van betekenis  $\alpha = 0,05$

Aangesien  $G < g$ , word  $H_0$  aanvaar. Die voorkoms van sinkgate en versakkings op die verskeie gravitasie-anomalieë verskil dus nie van mekaar nie.

Daar is voorts na die verband tussen die gravitasie-anomalieë en die afmetings van die gebeurtenisse gekyk. In tabel 21 word die diameter van die gebeurtenisse teenoor die gravitasie-anomalieë getoon.

Tabel 21: Diameter van sinkgate en versakkings teenoor gravitasie-anomalieë.  
S dui sinkgate aan terwyl versakkings deur 'n V aangetoon word.

Gravitasie-anomalieë	D I A M E T E R					Totaal
	0-2m	2-4m	4-6m	6-10m	>10m	
Gradiënt S	18	5	2	3	2	30
V	27	0	0	0	0	27
Hoog S	9	0	1	2	0	12
V	10	0	0	0	0	10
Laag S	14	2	4	1	2	23
V	15	1	2	1	0	19

Tabel 21 toon dat die diameter van meeste gebeurtenisse kleiner as 2 meter is. Daar blyk 'n beter verspreiding te wees van die sinkgatgroottes as wat die geval met die versakkings is. Feitlik al die versakkings, met die uitsondering van 4, is kleiner as 2 meter in diameter. Die vraag ontstaan of hierdie versakkings werklik versakkings is. Die beter verspreiding van die sinkgatgroottes kan moontlik verklaar word deur die dramatiese uitwerking van



enige grootte gat wat skielik verskyn. Mense word onseker en rapporteer so 'n sinkgat dadelik, terwyl versakkings nie waargeneem word nie. 'n Ander verklaring sou wees dat 'n versakking in die studiegebied slegs die begin van 'n sinkgat is (sien paragraaf 5.2).

Alhoewel die data hom daartoe leen om ander afleidings te maak, naamlik dat sinkgate en versakkings hoofsaaklik op gravitasie-gradiënte verwag kan word, is so 'n afleiding moontlik verkeerd. Daar moet bepaal word watter oppervlak van 'n gebied deur die verskillende gravitasie-anomalieë onderlê word voordat enige verdere afleidings gemaak kan word.

## 5.2 INVLOED VAN REËNVAL OP DIE ONSTAAN VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS

Met behulp van tabel 10 (bladsy 72) is 'n regressievergelyking opgestel soortgelyk aan die een wat Roux (1984) opgestel het. 'n Eenderse resultaat is verkry, naamlik:

$$y = 0,0079x + 3,8221 \quad \dots\dots\dots 1$$

waar  $r^2 = 0,5999$ ;  $y$  = totale aantal sinkgate en  $x$  = kumulatiewe reënval per maand oor 'n periode van 16 jaar is. Die standaardfout van  $y$  en  $x$  is repektiewelik 5,427159 en 0.002037.

Dus 60% van die totale variasie kan deur hierdie regressievergelyking verklaar word. Die resultaat vergelyk goed met Roux (1984) se  $r^2 = 0,73$ . Ook die parameter vir  $x$  is dieselfde en slegs die konstante term verskil. Die klein verskil in die resultate kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat vir hierdie studie al die gebeurtenisse wat

bekend was, ongeag die jaar van vorming, gebruik is, terwyl die reënvalinligting slegs vanaf 1970 tot 1985 in berekening gebring is. Oor die algemeen sou 'n mens graag waarnemings oor 'n gelyke periode met mekaar vergelyk, maar omrede die sinkgat- en versakkingsinligting redelik dun verspreid is, kon dit nie gedoen word nie. Aangesien reënvalsyfers as kumulatiewe waardes per maand bereken is, is dit redelik om te aanvaar dat slegs 'n konstante kumulatiewe reënvalterm vir die periodes voor 1970 en na 1985 weggelaat is.

'n Soortgelyke regressie is vir die versakkings opgestel, wat soos volg lyk:

$$y = 0,00193x + 4,26976 \dots\dots\dots 2$$

waar  $r^2 = 0,23319$ ;  $y$  = die totale aantal versakkings en  $x$  = kumulatiewe reënval per maand oor 'n periode van 16 jaar is. Die standardfout van  $y$  en  $x$  is repektiewelik 2,942536 en 0,002786.

In hierdie geval word slegs 23% van die totale variasie deur die regressie beskryf en 'n duidelike afname van die vorige bepaaldheidskoëffisiënt kan waargeneem word. Die rede hiervoor is waarskynlik dat die vorming van versakkings nie direk afhanklik is van die kumulatiewe reënval nie, maar eerder van ander faktore soos lekkende waterdraende dienste wat nie direk seisoenaal beïnvloed word nie.

Meeste van die versakkings wat aangeteken is, is deur opgeleide persone geïnspekteer en is as potensiële sinkgate beskou. Daar is dan onmiddellik opgetree en die water wat die gevaargebied bereik het, is verwyder. Lekkende pype is herstel, stormwater is gekanaliseer en keerwalle is opgerig om te verhoed dat stormwater die gevaargebied bereik. Sodoende is die erosieproses van die grondprofiel gestaak en

kon die versakking nie tot sy volle potensiaal, naamlik 'n sinkgat, ontwikkel nie.

Hierdie waarneming kan moontlik bevestig word aan die hand van figure 9 en 10.

Figuur 9 toon duidelik dat die meeste sinkgate gedurende die reënvalperiode voorkom, terwyl dit nie so duidelik is vir die versakkings (figuur 10) nie. Ofskoon, sover bekend, geen versakking gedurende Mei gerapporteer is nie, wil dit tog voorkom asof die voorkomste van die versakkings meer egalig oor die hele jaar versprei is.

Dwarsdeur die jaar lek 'n pyp en erodeer die grondprofiel in 'n klein lokale area. 'n Klein versakking vorm. In die reënmaande word gedurende donderstorms groot hoeveelhede water beskikbaar wat die grondprofiel, wat reeds verswak is deur erosie, binnedring en dit verder erodeer. Dit gee dan aanleiding tot 'n sinkgat.

Vir die laaste regressie, is die sinkgate en versakkings saam gegroep wat die volgende vergelyking opgelewer het:

$$y = 0,00982x + 8,09184 \dots\dots\dots 3$$

waar  $r^2 = 0,55378$ ;  $y =$  totale aantal gebeurtenis en  $x =$  kumulatiewe reënval per maand is. Die standaardfout van  $y$  en  $x$  is respektiewelik 7,422485 en 0,002786.

Hierdie vergelyking beskryf dus 55% van die totale variasie en is effens swakker as dié van vergelyking 1, terwyl die bepaaldheidskoeffisiënt heelwat beter is as dié van vergelyking 2.

Daar is verder gekyk na die kumulatiewe reënval oor die afgelope 16 jaar (sien tabel 9, bladsy 71). Ook vir hierdie

waardes is 'n regressievergelyking opgestel om bogenoemde vermoede, naamlik dat die kumulatiewe reënval dalk 'n invloed op die vorming van sinkgate en versakkings het, te bevestig.

Teoreties sou die kumulatiewe reënval moontlik die grondprofiel oor 'n lang periode aan erosie onderwerp, wat op sigself 'n kumulatiewe erosie-effek sou oplewer. Daarom is daar ondersoek ingestel na die invloed van kumulatiewe reënval per jaar oor 'n periode van 16 jaar.

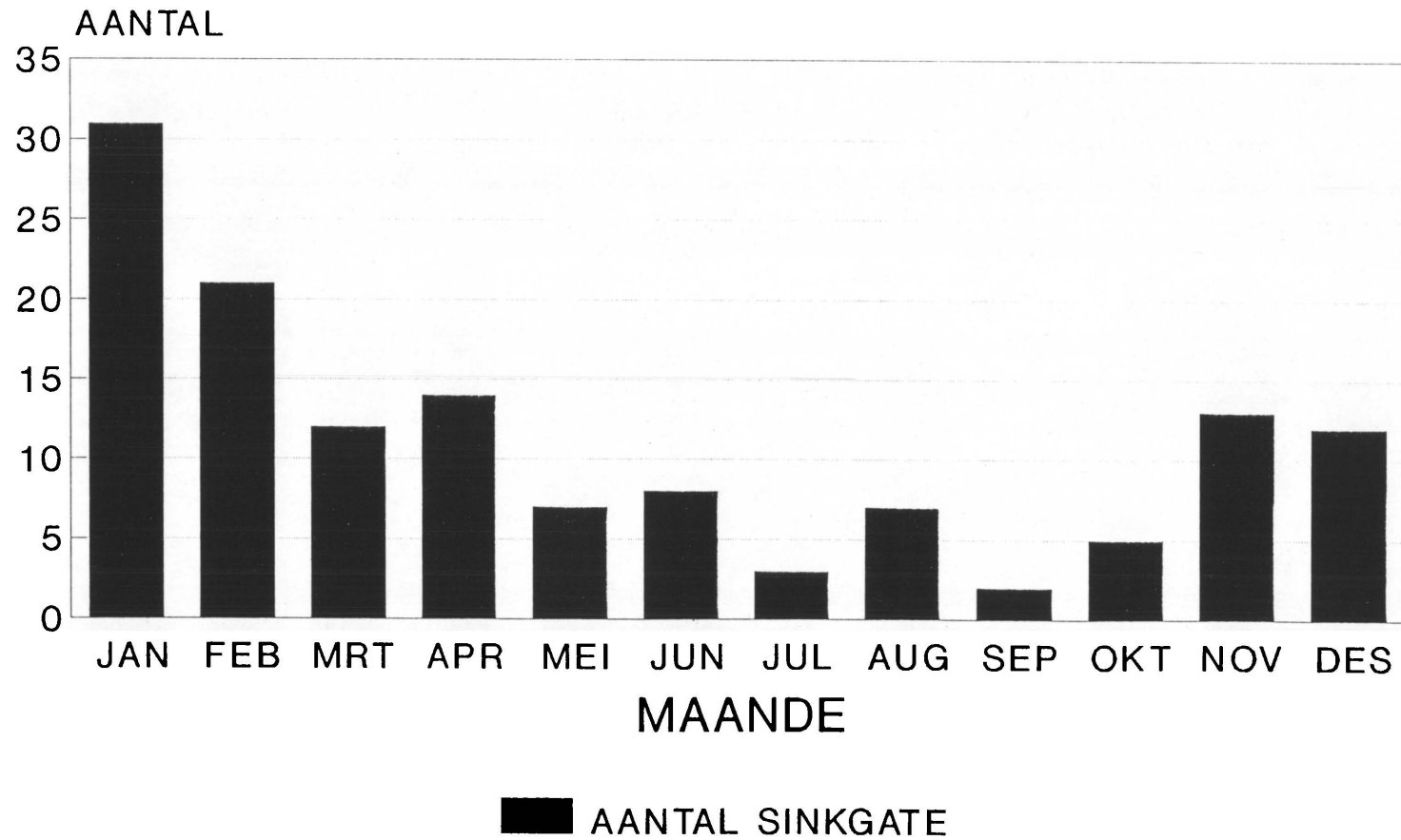
Die volgende vergelyking is verkry:

$$y = -0,00027x + 12,68 \dots\dots\dots 4$$

waar  $r^2 = 0,01050$ ;  $y$  = die totale aantal gebeurtenisse en  $x$  = kumulatiewe reënval oor jare.

'n Uiteenswak bepaaldheidskoeffisiënt is deur hierdie regressie-ontleding verkry (vergeljking 4). Die rede hiervoor kan waarskynlik gedeeltelik toegeskryf word aan die feit dat inligting oor 'n baie beperkte periode ondersoek is en sodoende slegs 16 inligtingspunte beskikbaar was, naamlik die aantal gebeurtenisse wat per jaar vanaf 1970 tot 1985 voorgekom het. In die vorige regressie-ontledings (vergeljkinge 1, 2 en 3) is die gebeurtenisse asook die reënval per maand ontleed wat heelwat meer inligtingspunte opgelewer het en daarom 'n baie beter bepaaldheids-

# KUMULATIEWE SINKGATE PER MAAND (1970-1985)



FIGUUR 9

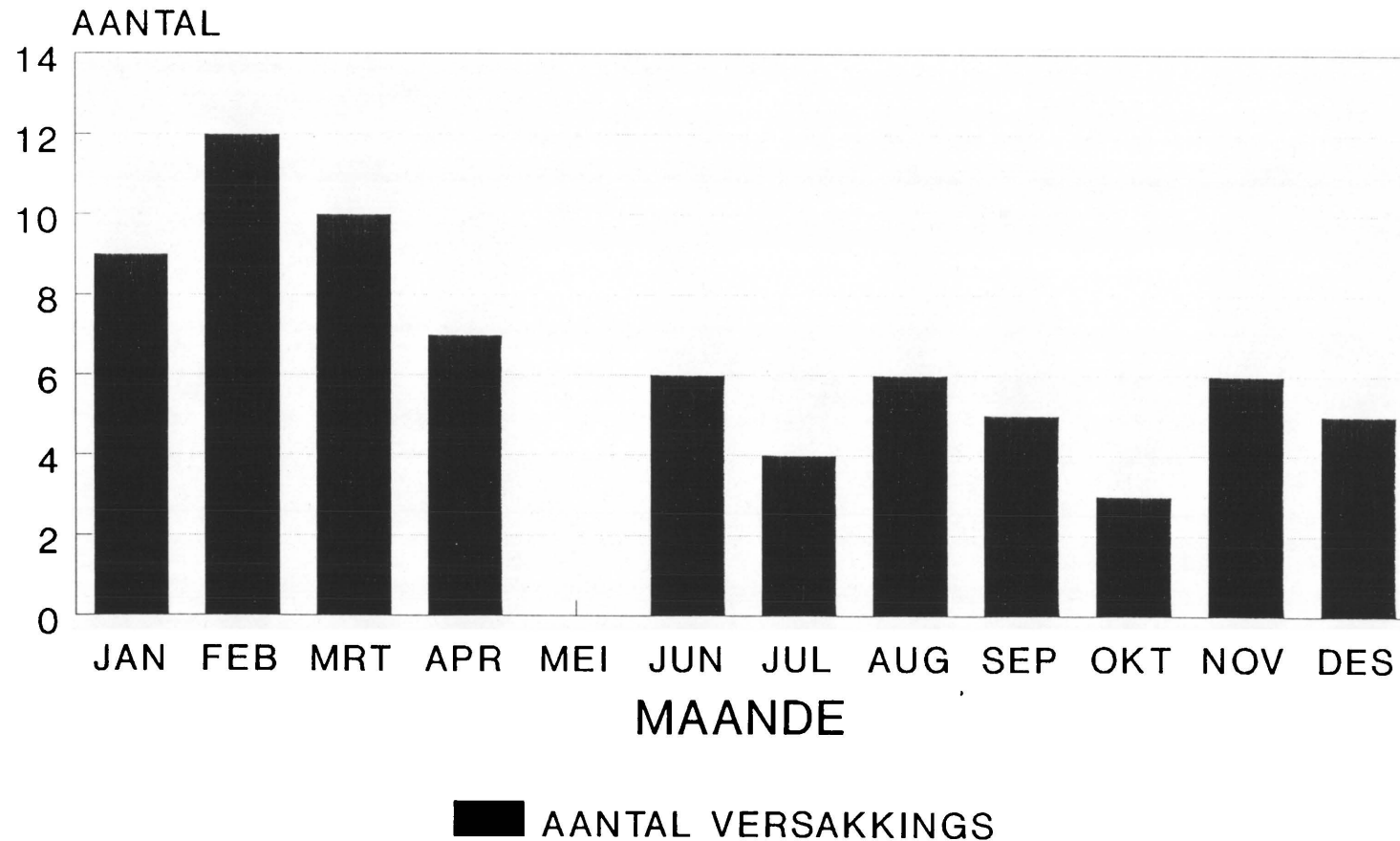
koëffisiënt gee. Ook is vir die eerste ontledings sinkgate en versakkings slegs volgens maande gegroepeer en die jaar van ontstaan is buite rekening gelaat. Dus meer gebeurtenisse kon vir die ontleding gebruik word.

'n Verdere eienaardigheid van vergelyking 4 is dat dit 'n negatiewe helling oplewer wat teenstrydig is met wetenskaplike bevindings en dus aandui dat die inligting moontlik onvolledig is.

Munisipale instansies maak byvoorbeeld nie altyd die voorkoms van gebeurtenisse bekend nie, weens die negatiewe publisiteit van die sestiger- en sewentigerjare. Aangesien vergelyking 4 die verband tussen jare en die voorkoms van gebeurtenisse aantoon, word die onvolledigheid van die data hier besonder duidelik. 'n Ander moontlikheid is dat die droogte van die vroeë tagtigerjare die vorming van sinkgate vertraag het. Daar is egter van verskillende betroubare bronne verneem, dat heelwat sinkgate gedurende daardie periode wel in sekere munisipale gebiede voorgekom het.

Die bepaaldheidskoëffisiënte dui aan dat daar 'n lineêre verband bestaan tussen die afhanklike en onafhanklike veranderlikes van vergelykings 1 en 3, terwyl daar 'n baie swak lineêre verband bestaan tussen die veranderlikes van vergelykings 2 en 4. Deur middel van 'n t-toets kan daar ook afleidings gemaak word oor die populasie bepaaldheidskoëffisiënte wat reeds genoemde verwantskap bevestig. Daar moet egter in gedagte gehou word dat hierdie toetse gebaseer is op die aanname van normaliteit vir beide die onafhanklike en die afhanklike veranderlikes asook enige gesamentlike kombinasies van die veranderlikes. Volgens Steffens (1982) kan as alternatief 'n rangkorrelasiekoëffisiënt bereken word en die betekenisvolheid hiervan getoets word.

# KUMULATIEWE VERSAKKINGS PER MAAND (1970-1985)



FIGUUR 10

Die regressievergelyking van Roux (1984) asook vergelyking 1 tot 4 strek oor alle geologiese formasies en dek die hele studiegebied.

Die verband tussen die aantal dae reënval per jaar en die voorkoms van gebeurtenisse is voorts bestudeer aan die hand van tabel 9 (bladsy 71). Die inligting word ook in figuur 11 afgebeeld. Hierdie figuur toon dat sinkgate toeneem hoe meer dae dit per jaar reën. Hierdie stygende tendens word nie waargeneem by die versakkings nie. Vir die sinkgate is die volgende regressievergelyking opgestel:

$$y = 0,341852x - 16,9558$$

waar  $r^2 = 0,350657$ ;  $y =$  sinkgate per jaar en  $x =$  dae reënval per jaar is. Die standaardfout van  $y$  en  $x$  is respektiewelik 5,954482 en 0,124328.

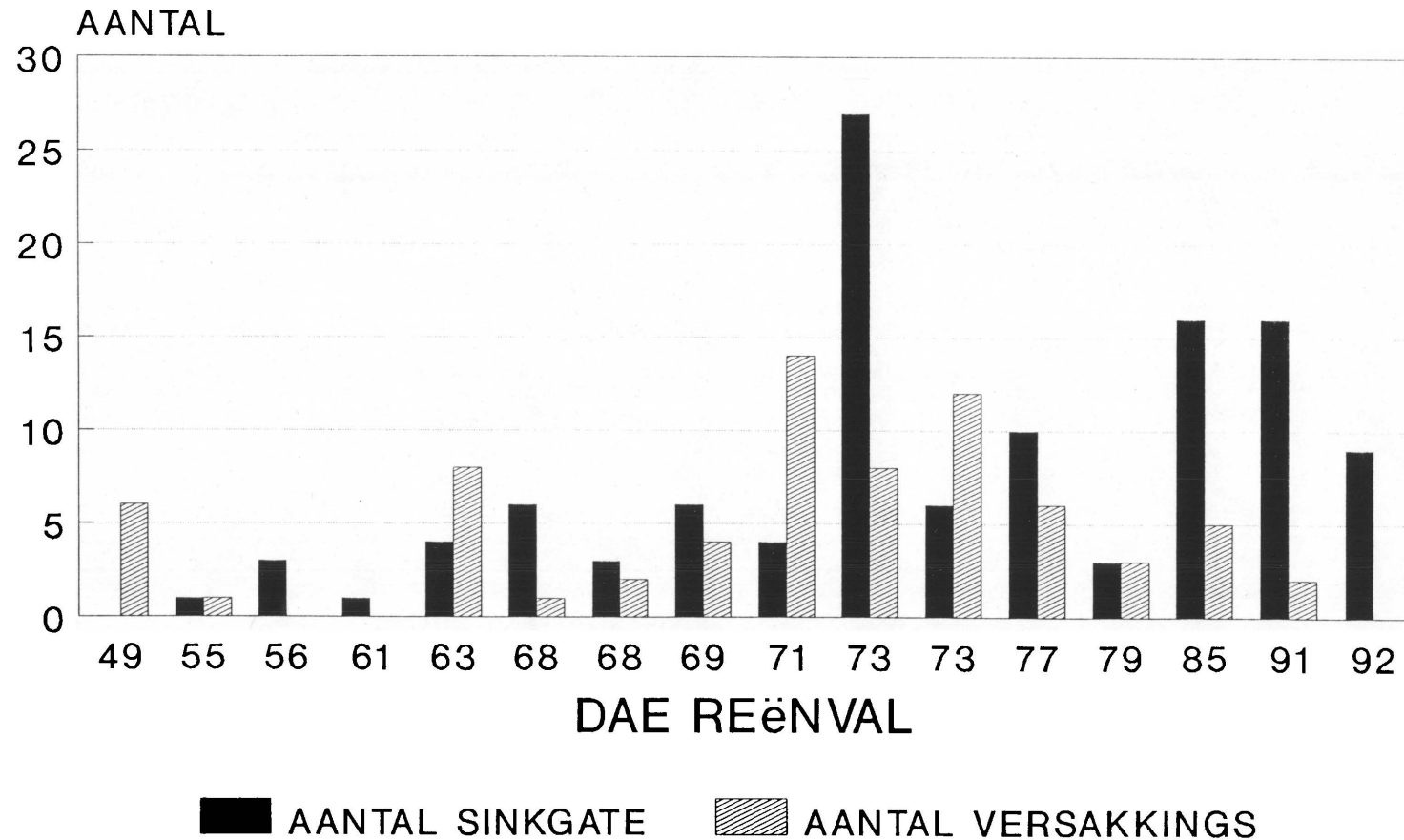
Alhoewel 'n redelik klein bepaaldheidskoeffisiënt, naamlik 0,35, in hierdie regressie-ontleding verkry is, blyk die regressiekoëffisiënt

tog op 'n 5% peil betekenisvol te wees, aangesien die toetsgrootheid  $t$  vir die koeffisiënt  $x$  gelyk is aan 2,75 wat groter is as die kritieke waarde van 1,761.

Ook toon die data aan dat vir hierdie populasie, 79% van 115 sinkgate in 'n periode waar dit meer as sewentig dae per jaar gereën het, voorgekom het. Hieruit en uit die regressie-ontleding kan afgelei word dat daar 'n duidelike verband tussen die aantal sinkgate en die aantal dae reënval bestaan. 'n Duidelike verband tussen die versakkings en die aantal dae reënval kon nie afgelei word nie.



# DAE REëNVAL TEENOOR GEBEURTENISSE (1970-1985)



FIGUUR 11

Al die vergelykings wat in hierdie paragraaf opgestel is, neem die aantal dae reënval en die jaar van vorming in ag. Ander faktore soos lekkende waterdraende dienste en menslike invloede op die omgewing word uit hierdie ontleding uitgesluit. Dit mag wel wees dat reënval en lekkende dienste met mekaar in verband staan. Suurgrondtoestande en natgrondprofiele mag aanleiding gee tot vinnige korrosie van gegalvaniseerde waterdraende dienste.

Die studiegebied is geleë in die Hoëveld-klimaatstreek wat deur somerreënval gekenmerk word. Afwisselend kom donderstorms en sagte, deurdringende, landelike reën voor. Hierdie reënvalpatroon veroorsaak dat die grondprofiel aan die begin van die reënseisoen goed benat word. Daaropvolgende donderstorms veroorsaak dat die reënwater nie meer deur die grondprofiel opgeneem kan word nie, die stormwatersisteen word oorlaai en water dam op langs strukture waar die grondprofiel reeds versteur is, en gee aanleiding tot die vorming van sinkgate. Toestande word natuurlik vererger as daar 'n lekkende diens teenwoordig sou wees.

In die geval waar dit minder as 70 dae per jaar reën, veroorsaak die hoë dagtemperatuur dat die grondprofiel genoegsaam uitgedroog word voordat die volgende neerslag voorkom. Meer water kan dus deur hierdie grondprofiel opgeneem word en water word nie in laagliggende dele gekonsentreer nie. Erosie word sodoende vertraag.

Daar kan dus verwag word dat daar 'n noue verband tussen sinkgatvorming, reënval en swak waterbestuur bestaan. In 'n lokale sone word die grondprofielstruktuur eerstens deur 'n lekkende waterdraende diens verswak. Die droë omliggende grondprofiel is egter in staat om die swak sone te help oorbrug. 'n Klein versakking kan moontlik in hierdie vroeë fase van sinkgatvorming as 'n versakking aan die oppervlak waargeneem word. Deur reënval word die grondprofiel in die

geheel benat, die skuifsterkte word verlaag en onder geskikte toestande vorm 'n sinkgat.

Bogenoemde stelling is spekulatief en verklaar moontlik die vorming van sinkgate in die reënvalmaande, en die swak korrelasie tussen reënval en versakkings.

Dit is moeilik om al die faktore wat in hierdie paragraaf ondersoek is in een vergelyking saam te vat, omdat hulle almal verwant is. Deur al die faktore saam te groepeer, kan 'n toestand van multikollineariteit bereik word wat veroorsaak dat die beramingspresisie baie laag word en dat dit selfs onmoontlik word om die relatiewe invloede van die onderskeie faktore te skei.

Die verwantskap tussen reënval en sinkgatvorming kan moontlik as volg beskryf word:

As gevolg van swak waterbestuur (lekkende pype ens.) ontstaan 'n klein versakking langs strukture. Hoë reënval laat water in hierdie versakking versamel en bevorder die erosie van die grondprofiel. Die versakking vergroot, beskadig watertoevoerpype verder en gee dan, onder geskikte toestande, (teenwoordigheid van ontvangerholte) aanleiding tot 'n sinkgat.

### 5.3 DIE OUDERDOM VAN DIE WOONGEBIEDE

Soos reeds genoem, kan ongeveer 94 persent of 357 van al die gebeurtenisse wat ondersoek is, as onatuurlike voorkomste geklassifiseer word. Menslike aktiwiteite het dus 'n groot rol tydens die vorming van hierdie sinkgate en versakkings gespeel. Van die 357 gebeurtenisse het 312 in die ontwikkelde gebiede voorgekom, terwyl 45 in die aangrensende gebiede ontstaan het. Hierdie gebiede is ook deur die mens

beïnvloed aangesien stormwater vanaf die ontwikkelde gebiede dikwels na hierdie terreine dreineer. Verder versteur die inwoners die natuurlike dreineringspatroon deurdat leengroewe vir tuingrond gemaak word en vullis en bourommel hier onwettig gestort word. In sommige gevalle word die gebied deur paaie en treinspore deurkruis.

'n Interessante verskynsel wat uit tabelle 19 (bladsy 80) en 20 (bladsy 82) waargeneem kan word, is die feit dat 143 sinkgate en 22 versakkings in die woongebiede voorgekom het. In die gebiede wat nie vir die publiek toeganklik is nie, naamlik die nywerheidsgebiede, is 120 sinkgate en 81 versakkings bekend. Die verhouding sinkgate teenoor versakkings is dus kleiner (1,49) in die nywerheidsgebiede as vir die woongebiede (6,5). 'n Moontlike verklaring vir hierdie afwyking word hier onder verstrek.

Die meeste van die gebeurtenisse in die ou nywerheidsgebiede het in die omgewing van geboue en ander siviele strukture voorgekom.

Die nywerheidsgebied en die woongebiede is ongeveer ewe groot en daar is geen groot verskil in die aantal sinkgate wat in hierdie gebiede voorkom nie. Die verskil in die aantal versakkings kan moontlik toegeskryf word aan die nalatigheid van die personeel en werkers in die nywerheidsgebiede. Eerstens kan daar verwag word dat in die nywerheidsgebiede meer met water gemors word. Voertuie word gewas en water word gemors. Lekkende krane is 'n alledaagse verskynsel en rioolstelsels word oorlaai. In sommige gevalle word daar selfs olies en sure in die rioolstelsel gestort wat natuurlik nadelige gevolge daarop het. Lekkasies en blokkasies is die uiteindelijke resultaat. Die rede hiervoor is dat die individu nie aanspreeklik gehou word vir die betaling van die munisipale rekeninge en die herstel van die dienste nie. Nalatigheid is dus aan die orde van die dag.

Onder hierdie toestande is daar genoeg water teenwoordig om die grondprofiel te benat en te erodeer. Geskikte aktiveerders is dus teenwoordig om aanleiding te gee tot die vorming van sinkgate en versakkings.

Aangesien die Geologiese Opname-direk by hierdie nywerheidsgebiede betrokke is, deur middel van stabiliteitsondersoeke wat gedoen word vir die staat, word elke enkele versakking aan bogenoemde kantoor gemeld en vroegtydige optrede verhoed dat hierdie versakkings tot volwaardige sinkgate kan ontwikkel. In verskeie gevalle waar daar nie vroegtydig opgetree is nie, het nalatigheid veroorsaak dat hele strukture gesloop moes word. So het daar byvoorbeeld in gebied 25, ligte krake in 'n ablusieblok ontstaan. Laat optrede en swak kommunikasie het veroorsaak dat water vir 'n verdere twee weke toegang tot die grondprofiel gehad het. Die resultaat was dat 'n sinkgat van ongeveer 5 meter in diameter en 1 meter diepte gevorm het. Die gebou is so ernstig beskadig dat dit uiteindelik gesloop moes word.

Daar word dus vermoed dat baie van hierdie versakkings in die nywerheidsgebiede potensiële sinkgate is wat nie ontwikkel het nie as gevolg van die vroegtydige verwydering van die aktiveerder, naamlik hoofsaaklik water (sien paragraaf 5.2).

'n Interessante waarneming is gedurende die studie gemaak. Deur samesprekings met konsultante, kollegas en eie waarnemings, het dit aan die lig gekom dat meeste van die gebeurtenisse in openbare gebiede, soos parke en padreserwes voorkom. Hierdie vermoede kon egter nie statisties bevestig word nie, maar daar bestaan 'n logiese verklaring hiervoor. In die voorstede waar daar dienste verskaf word, kom daar duisende aparte retikuleringsstelsels en watertoevoorpype voor. Elke woonerf het sy eie straat aansluiting. Weens die hoë digtheid van waterdraende dienste sou 'n hoë frekwensie

van gebeurtenisse in die afsonderlike erwe ver wag word. Dit blyk egter nie die geval te wees nie. Huiseienaars is self verantwoordelik vir hulle munisipale rekeninge en gedurende droogtes word daar groot boetes gehef op die oormatige verbruik van water. Huiseienaars word dus bewus van enige lekkasie en herstel dit. Verder maak meeste huiseienaars tuin, lê plaveisel en verhoed dat water op hulle erf opdam en voorkom sodoende dat die grondprofiel oormatig benat word.

Die munisipaliteit daarenteen, oefen nie so streng beheer oor hulle waterdraende dienste uit nie. Lekkasies word nie opgemerk nie en stormwaterpype verstop. Met verloop van tyd kan hierdie lekkende dienste die grondprofiel sodanig benadeel dat 'n sinkgat of versakking voorkom. In meeste gevalle word 'n versakking wat in paaie voorkom, waargeneem en vroegtydige optrede verhoed dus dat sinkgate vorm. In gebiede waar laekoste behuising oorweeg word, word die risiko van sinkgatvorming moontlik verhoog. Inwoners het nie die middele om tuin te maak of om rylane te plavei nie. In baie gevalle gaan laekoste behuising ook gepaard met plakkers wat in agtertuine woon. Swak oppervlakdreinerings kan dus hier ver wag word. Hierdie digte ontwikkeling kan dus moontlik sinkgatvorming bevorder. In die studiegebied word slegs 'n baie klein persentasie deur laekoste behuising beslaan. Derhalwe is daar nie verder aandag hieraan gegee nie.

Vier en twintig koerantberigte is versamel wat oor 'n periode van 12 jaar (Januarie 1972 tot Januarie 1984) strek. Hierdie koerantberigte verskyn in bylaag 1 en dui almal afsonderlike gevalle aan. Heelwat van die gevalle word in meer as een uitgawe bespreek, maar slegs een, naamlik die eerste berig, word in bylaag 1 afgebeeld.

Van die 24 afsonderlike voorkomste wat deur die media beskryf word, dui 14 aan dat hulle in die pad- en 3 in spoorreserwes ontstaan het. Van die 3 in die spoorreserwes is twee moontlik dieselfde gebeurtenis wat na 'n paar jaar weer geaktiveer is en aanleiding gegee het tot die vorming van 'n verdere sinkgat. Sewe van die sinkgate wat nie in pad- of spoorreserwes ontstaan het nie, het almal te doen gehad met swak waterbestuur. Slegs 3 sinkgate het op privaat eiendom ontstaan waar swak waterbestuur voorgekom het. In een geval was 'n stormwaterpyp die oorsaak en in 'n ander geval 'n moontlike lekkasie en swak dreinerings. In die derde geval is die oorsaak nie duidelik nie. Twee van die 7 gevalle het in die nywerheidsgebiede ontstaan en weer eens was lekkende waterdraende dienste hiervoor verantwoordelik. Die laaste twee gebeurtenisse het in die veld in die onmiddellike omgewing van 'n woongebied voorgekom.

Nie een natuurlike sinkgat is deur die koerantmedia beskryf nie, wat daarop dui dat meeste resente sinkgate toegeskryf kan word aan menslike aktiwiteite.

Die inligting wat versamel is, is hoofsaaklik van " The Pretoria News " se biblioteek verkry.

'n Verdere verskynsel wat uit tabel 19 (bladsy 80) en tabel 20 (bladsy 82) waargeneem kan word, is dat sinkgate en versakkings hoofsaaklik bekend is in die gebiede waar die oorspronklike gedeelte voor 1950 geproklameer is. Slegs in drie woongebiede, naamlik gebiede nommer 4, 15 en 18 wat in 1970, 1968 en 1983 respektiewelik geproklameer is, kom verskeie gebeurtenisse voor. Twee gebeurtenisse in die gebiede 4 en 15, het respektiewelik in die omliggende gebiede ontstaan en lê nie binne die munisipale grense nie. Dus slegs een gebeurtenis kom streng gesproke in gebied nommer 4 voor. Die gebeurtenisse in gebied nommer 18 het meestal reeds voor die proklamasiedatum hier voorgekom. Om hierdie rede is daar

ook, voordat ontwikkeling goedgekeur is, groot gedeeltes as nie-ontwikkelbaar geklassifiseer.

Omrede die gebeurtenisse hoofsaaklik in gebiede voorkom wat voor 1950 geproklameer is, kan gespekuleer word dat daar 'n moontlike verband bestaan tussen die ouderdom van 'n woongebied en die ontstaan van die gebeurtenisse. In gebiede wat ouer is as 40 jaar kan dus 'n hoër voorkoms van gebeurtenisse verwag word. Natuurlik is dit moontlik dat die verpligte geotegniese ondersoeke in die latere jare tot die laer voorkoms van gebeurtenisse bygedra het. Dit was egter nie moontlik om hierdie verwantskap statisties te ondersoek nie.

Gedurende hierdie studie is daar ook gekyk of sinkgate en versakkings in groepe voorkom. Daar is spesifiek gekyk na die nywerheidsgebied nommer 28. Hierdie gebied is ongeveer 614 ha groot en 26 sinkgate en 22 versakkings het hier voorgekom. Van hierdie 26 sinkgate het 10 in 'n radius van 200 meter van mekaar in 'n digontwikkelde gebied ontstaan. Voorts kom 10 van die 22 versakkings ook in hierdie gebied voor. 'n Verdere groep van 5 sinkgate kom aan die suidekant van hierdie gebied voor en die oorblywende sinkgate kom verspreid oor die res van die terrein voor.

Ook in woongebied nommer 16 kan 'n soortgelyke waarneming gemaak word. Die meeste van die 31 sinkgate het in die omgewing van 'n straat en 'n park voorgekom.

'n Soortgelyke groepering van die gebeurtenisse kan ook in ander gebiede gemaak word, behalwe in die nuutontwikkelde woongebiede.

Deur gebruik te maak van inligting in tabelle 19 (bladsy 80) en 20 (bladsy 82) is daar berekeninge gemaak oor die aantal



sinkgate per 100 hektaar. Hierdie inligting word in die onderstaande tabel 22 opgesom.

Tabel 22: Aantal gebeurtenisse per 100 hektaar in die ontwikkelde gebiede.

Gebied kode	Grootte ha	Sinkgat per 100 ha	Versakkings per 100 ha	Gebeurtenisse per 100 ha
1.	43	0	0	0
2.	156	1,93	0	1,93
3.	7	0	0	0
4.	215	0,93	0	0,93
5.	441	0,91	0	0,91
6.	46	0	0	0
7.	178	3,37	0	3,37
8.	25	16,06	0	16,06
9.	640	2,50	0,94	3,43
10.	315	0	0	0
11.	797	0	0	0
12.	34	0	0	0
13.	30	0	0	0
14.	11	0	0	0
15.	260	0	0,38	0,38
16.	527	5,88	2,28	8,16
17.	205	5,84	0	5,84
18.	75	25,33	0	25,33
19.	296	6,42	0,68	7,09
20.	32	0	3,13	3,13
21.	...	.....	.....	.....
22.	218	2,29	0	2,29
23.	681	2,64	0	2,64
24.	1373	1,02	0,07	1,09

Vervolg van tabel 22.

Gebied kode	Area ha	Sinkgat per 100 ha	Versakkings per 100 ha	Gebeurtenisse per 100 ha
25.	40	7,5	32,5	40,00
26.	1058	3,21	2,27	5,48
27.	616	2,60	0,65	3,25
28.	614	4,72	3,75	8,47
29.	24	12,50	16,67	29,17
30.	578	3,11	2,08	5,19
31.	...	.....	.....	.....
32.	292	1,03	0	1,03
33.	55	0	0	0
TOTAAL	9882	Gemiddeld 2,66	Gemiddeld 1,04	Gemiddeld 3,70

'n Beduidende tendens kan uit tabel 22 waargeneem word, naamlik dat die grootste digtheid van gebeurtenisse in gebiede voorkom wat 'n oppervlakte van kleiner as 75 hektaar beslaan. Tipiese voorbeelde is gebiede nommers 8, 18, 25 en 29. Hierdie verskynsel kan moontlik verklaar word deur die vermoede dat in kleiner gebiede die beskikbare grondoppervlakte meer doeltreffend vir ontwikkeling benut word. 'n Hoër ontwikkelingsdigtheid kan dus hier verwag word. So word byvoorbeeld die netto digtheid huise per hektaar vir gebied nommer 8 as 12,50 aangegee (sien tabel 19 bladsy 80).

Voorts toon tabel 22 aan dat 'n baie hoë voorkoms van gebeurtenisse naamlik 16,06 gebeurtenisse per 100 hektaar hier voorkom. Hierdie waarde is heelwat hoër as vir ander gebiede. Behalwe gebied nommer 18 is al die gebiede reeds voor 1950 dig ontwikkel. Soos reeds bo bespreek, is gebied nommer 18 'n uitsondering wat die ontwikkelingsdatum betref en kan dit tans ook nog nie as dig ontwikkel beskou word

nie. Alhoewel, soos bo genoem, residensiële ontwikkeling tot 'n mate sinkgatvorming kan voorkom, kan oormatige ontwikkeling sinkgatvorming bevorder (laekoste behuising).

Daar is gepoog om 'n regressie-ontleding op hierdie data te doen, maar geen beduidende afleidings kon gemaak word nie. Die swak verband tussen die oppervlaktes en die gebeurtenisse is waarskynlik toe te skryf aan die feit dat daar heelwat gebiede in hierdie grootte kategorie is waar geen gebeurtenisse aangeteken is.

Bostaande tabel 22 toon dat oor die algemeen meer sinkgate per 100 hektaar voorkom as versakkings. Hierdie waarneming staaf die vermoede dat versakkings in die studiegebied voorlopers van sinkgate kan wees. Slegs drie uitsonderings kom voor, naamlik gebiede 20, 25 en 29. Al drie hierdie gebiede is relatief klein (kleiner as 40 hektaar). Gebiede 20 en 29 verskil slegs met een waarneming. Omrede hierdie gebiede klein is, maak dit 'n groot verskil in die berekende verhouding. In gebied nommer 25 is die verskil tussen die versakkings en sinkgate gelyk aan 10. Hierdie groot verskil kan moontlik verklaar word deur die feit dat die Geologiese Opname nou betrokke is by hierdie gebiede. Gereelde inspeksies en ondersoeke word deur laasgenoemde instansie in hierdie gebied gedoen. Enige versakking wat mag vorm, word vroegtydig opgemerk en onmiddellik word die toepaslike stappe geneem wat die verdere verswakking van die grondprofiel voorkom.

Die berekende waardes in tabel 22, naamlik aantal gebeurtenisse per 100 hektaar, moet slegs as 'n aanduiding dien. Veral die waarde 3,70 gebeurtenisse per 100 hektaar vir die studiegebied kan misleidend wees. Faktore soos geologiese formasies met verskillende eienskappe, wissellende reënval en verskillende ontwikkelingsdigthede is

as konstant beskou by die berekening van bogenoemde waarde. Soos reeds bo aangetoon is dit nie die geval nie.

#### 5.4 VERSPREIDING VAN SINKGATE EN VERSAKKINGS TEN OPSIGTE VAN DIE GEOLOGIESE FORMASIES

In hierdie gedeelte word die inligting ontleed om te bepaal of daar enige verband bestaan tussen die voorkomste van die gebeurtenisse en geologiese formasies waarop die gebeurtenis voorgekom het.

Deur bestudering van tabel 18 (bladsy 78) en tabel 22 kan gesien word dat 7 gebiede, naamlik gebiede nommers 8, 9, 10, 16, 17, 25 en 27, deur meer as een dolomitiese formasie beslaan word. Binne hierdie geografiese gebiede kan die digtheid van dienste en ontwikkeling as konstant beskou word en sou daar verwag word dat afleidings oor die gedrag van die verskillende geologiese formasies ten opsigte van sinkgatvorming onder soortgelyke toestande gemaak kan word. Die resultate is egter so wisselend van aard dat dit nie die geval is nie. Gebiede nommers 8, 9 en 16 is 'n goeie voorbeeld. Al hierdie gebiede is voor 1940 ontwikkel as woongebiede. Gebied nommer 8 word beslaan deur die Eccles en Lyttelton Formasies. Vier sinkgate het op die Eccles Formasie gevorm, terwyl geen op die Lyttelton Formasie voorkom nie. Gebiede nommers 9 en 16 sluit ook die Monte Christo Formasie in. In hierdie woongebiede het meeste sinkgate op die Lyttelton Formasie voorgekom, naamlik 8 in gebied nommer 9 en 22 in gebied nommer 16, alhoewel minder as 25 % van beide gebiede deur hierdie formasie beslaan word. Dit is dus heelwat meer as wat in 'n chertarm formasie verwag sou word. Die digtheid van woonhuise kon egter nie bepaal word nie.

In hoofstuk 4 (tabel 11 bladsy 73) word reeds aangetoon dat van die 366 gebeurtenisse wat opgeteken is, 201 in die Eccles Formasie voorgekom het, terwyl dit 47 en 118 in die Lyttelton en Monte Christo Formasies respektiewelik is. Hiervan was 130 sinkgate in die Eccles Formasie, 39 sinkgate in die Lyttelton Formasie en 94 sinkgate in die Monte Christo Formasie.

Om die data verder te analiseer, is dit nodig om die inligting te standardiseer, aangesien die formasies verskillende diktes besit en dus verskillende oppervlaktes beslaan.

Om die inligting te standardiseer, moes sekere aannames gemaak word. Eerstens is veronderstel dat die formasies konkordant op mekaar volg wat streng gesproke nie korrek is nie. Tweedens is aangeneem dat die dikte verhouding van die lae direk ooreenstem met die oppervlakblootstelling. Verskuiwings en ander strukturele vervormings wat in die gebied mag voorkom, is buite rekening gelaat.

Die Lyttelton Formasie wat die dunste van die formasies is, is as maatstaaf gebruik. Hiervolgens is die Eccles Formasie ongeveer 2,5 dikker as die Lyttelton Formasie. Eweneens is die Monte Christo Formasie 4,6 keer dikker as die Lyttelton Formasie.

Sou daar dus geen geotegniese verskille tussen die verskillende formasies bestaan nie, en hulle aan dieselfde mate van ontwikkeling blootgestel gewees het, behoort daar 2,5 keer meer sinkgate op die Eccles Formasie voor te kom as wat dit die geval vir die Lyttelton Formasie is. 'n Soortgelyke argument geld vir die Monte Christo Formasie. Die gestandaardiseerde inligting word in tabel 23 opgesom.

Tabel 23: Gestandaardiseerde data vir die gebeurtenisse op die verskillende formasies.

Formasie	<u>Verwagte Frek.</u>		<u>Waargenome Frek.</u>	
	Sink.	Versak.	Sink.	Versak.
Eccles	99	28	130	71
Lyttelton	38	9	38	9
Monte Christo	177	51	94	24

Die linkerkantste kolom dui die verwagte aantal gebeurtenisse aan, terwyl die regterkant die waargenome gebeurtenisse aantoon. Redelike verskille kan waargeneem word.

Die algemeen aanvaarde beginsel, naamlik dat sinkgate en versakkings hoofsaaklik in die cherttryke formasies voorkom, word dus gedeeltelik deur bostaande tabel 23 bevestig. In die cherttryke Formasie Eccles is daar 130 sinkgate en 71 versakkings waargeneem teenoor die 99 sinkgate en 28 versakkings wat in hierdie formasie te wagte was.

'n Afwyking ten opsigte van die verband tussen die chertinhoud en die gebeurtenisse word egter opgemerk vir die Monte Christo Formasie. Hier is daar tans slegs 94 en 24 teenoor die verwagte waarde van 177 en 51 sinkgate en versakkings repektiewelik bekend. Dit is dus minder as wat verwag sou word as die Monte Christo Formasie chertvry sou gewees het. Wat die werklike rede hiervoor sou wees, is nie heeltemal duidelik nie. Drie moontlike redes kan hiervoor verantwoordelik wees. Eerstens word die Monte Christo Formasie deur Erikson (1977) onderverdeel in 5 afsonderlike lede (sien Hoofstuk 2). Sommige van hierdie lede is

gerekristaliseer en dit is dus nie onmoontlik nie dat hierdie onderverdeelde formasies verskillende geotegniese eienskappe besit en dus meer of minder geneig is om sinkgate en versakkings te laat ontstaan. Die tweede moontlikheid is dat die ontwikkeling op die Monte Christo Formasie jonger is as dié op die Eccles en Lyttelton Formasies. Aangesien Pretoria na die suide uitgebrei het, is die noordelike dolomitiese formasies (met ander woorde die jonger formasies) eerste ontwikkel. Eers in die laat sestigerjare is die dorp Verwoerdburg gestig wat dan aanleiding gegee het tot meer intense ontwikkeling op die Monte Christo Formasie. Laastens is dit tans praktyk om alle nuwe voorstede geotegnies te ondersoek voordat daar met 'n ontwikkeling voortgegaan word. Tot 'n groot mate word potensiële gevaargebiede dus reeds in hierdie fase geïdentifiseer en uitgesluit vir ontwikkeling.

#### 5.5 AFMETINGS VAN DIE GEBEURTENISSE

Inligting oor die afmetings van die verskillende gebeurtenisse word in hoofstuk 3 weergegee. Soos reeds vroeër genoem, is baie van die afmetings geskat en nie opgemeet nie. Derhalwe sou dit sinneloos wees om enige statistiese ontledings op die inligting uit te voer. Die inligting word kortliks bespreek om die algemene neigings aan te toon.

Tabelle 12 (bladsy 73) en 13 (bladsy 74) toon die diameter van sinkgate en versakkings respektiewelik. Van die sinkgate uit die versameling het 39% 'n diameter kleiner as 2 meter, terwyl 41% 'n diameter tussen 2 en 10 meter het. Slegs 20% van al die sinkgate het 'n diameter van meer as 10 meter. Die grootste gedeelte van die versakkings naamlik 86% het 'n diameter van minder as 2 meter, terwyl slegs 9% 'n

diameter tussen 2 en 10 meter het. Slegs 4% van alle versakkings het 'n diameter van meer as 10 meter.

Tabelle 14 (bladsy 75) en 15 (bladsy 75) dui die dieptes van die sinkgate en versakkings respektiewelik aan. Van die sinkgate is 33% vlakker as 1 meter, terwyl 59% tussen 1 en 10 meter diep is. Slegs 7% is dieper as 10 meter. Feitlik alle versakkings, naamlik 98% is vlakker as 1 meter, terwyl slegs 2% dieper is as 1 meter.

Tabel 12 (bladsy 73) en tabel 13 (bladsy 74) toon ook dat daar weinig verskil tussen die formasies en die diameter van beide die sinkgate en versakkings bestaan. Dit wil egter voorkom of groot sinkgate, dit wil sê dieper as 10 meter, slegs in die chertryke formasies gevind word.

Vir die data wat ondersoek is, kan afgelei word dat sinkgate in die studiegebied 'n groter oppervlakvoorkoms het as die versakkings. Soos reeds vroeër genoem kan dit verklaar word deur die feit dat versakkings moontlik vroeë potensiële sinkgate kan wees.



## HOOFSTUK 6

### GEVOLGTREKKING

In die sestigerjare toe sinkgate en versakkings 'n ernstige probleem begin word het, is die teorie van boogvorming deur Jennings (1965) gepostuleer. Hierdie teorie is vir baie jare as uitgangspunt by stabiliteitsondersoeke gebruik. Die ontwikkeling van klassifikasiesistels en navorsing van die sewentiger en tagtigerjare het getoon dat dolomiet baie onvoorspelbaar is en daar nie 'n eenvoudige oplossing vir die dolomietprobleem bestaan nie. Vedere teorie soos vervloeiing is deur verskeie persone gepostuleer.

Die suksesvolle evaluering van 'n dolomietgebied hang tot 'n groot mate af van die ervaring en die ondervinding van die betrokke persoon. Voorts word ondersoekprosedures bemoeilik deur die veranderlike gedragspatroon van die dolomitiese residu en die onvoorspelbaarheid van die bodemrotstopografie.

Die resultate van hierdie studie en ondervinding het getoon dat die vorming van enige onnatuurlike gebeurtenis toegeskryf kan word aan hoofsaaklik drie onafhanklike faktore wat moet saamval voordat 'n gebeurtenis kan vorm. Hulle is gelys volgens die graad van belangrikheid, naamlik:

i) Geologie

ii) Ontwikkeling (sluit ontwatering in)

iii) Klimaat

Geologiese faktore is verreweg die mees belangrikste afsonderlike faktor. Geskikte geologiese toestande is 'n

noodsaaklike voorvereiste vir die vorming van enige gebeurtenis. Hierop volg ontwikkeling. Veral die tipe ontwikkeling speel 'n belangrike rol. Goeie dreinerings en toepaslike ontwikkelings op geskikte geologiese sones kan die vorming van enige gebeurtenisse vertraag, of moontlik uitskakel. Die klimaat speel die mees ondergeskikte rol in die vorming van die onnatuurlike gebeurtenisse. Reënval laat groot volumes water opdam, verswak die grondprofiel en bevorder erosie.

Aangesien die groot meerderheid van sinkgate en versakkings van onnatuurlike oorsprong is, het die outeur gepoog om die verskeie faktore wat 'n bydrae kan lewer tot sinkgat- en versakkingsvorming te identifiseer. Bydraende faktore soos reënval, die ouderdom en soort ontwikkeling van gebruik van verskeie gebiede is ondersoek. Aandag is ook gegee aan geofisiese parameters, naamlik gravitasiewaardes wat gebruik word om dolomietgebiede te ondersoek.

Die resultate van die studie kan soos volg opgesom word:

- 6.1 Daar bestaan geen groot verskil tussen die aantal sinkgate en versakkings wat in 'n gebied met soortgelyke gravitasie-anomalieë voorkom nie. Voorts kon daar nie bepaal word op welke gravitasie-anomalie meer gebeurtenisse voorkom nie.
- 6.2 Die kumulatiewe reënval per maand blyk 'n invloed te hê op die vorming van sinkgate. Hierdie verband kon nie afgelei word vir versakkings nie.
- 6.3 Die kumulatiewe reënval per jaar toon ook geen beduidende verwantskap nie, met die vorming van sinkgate of versakkings nie.

- 6.4 Meeste sinkgate vorm gedurende die reënseisoen.
- 6.5 Dit wil voorkom, asof vorming van versakkings betreklik egalig oor die jaar plaasvind.
- 6.6 Nege en sewentig persent van die sinkgate wat bestudeer is, het ontstaan in jare waar dit meer 70 as dae gereën het.
- 6.7 Daar is 375 gebeurtenisse ondersoek waarvan meer as 94% as onnatuurlike gebeurtenisse geklassifiseer kan word. Hierdie waarneming dui daarop dat ontwikkeling 'n beduidende rol speel tydens die vorming van enige gebeurtenis.
- 6.8 Meer sinkgate as versakkings kom in die woongebiede voor, terwyl in die nywerheidsgebiede feitlik ewe veel sinkgate as versakkings voorkom.
- 6.9 Daar kan afgelei word dat baie sinkgate moontlik voorafgegaan word deur die vorming van versakkings en dat sinkgatvorming deur vroegtydige optrede verhoed kan word.
- 6.10 Baie gebeurtenisse kom voor in openbare gebiede, soos pad- , spoorreserwes, parke en oop stukke grond in bewoonde gebiede.
- 6.11 Meeste gebeurtenisse kom voor in voorstede waar die oorspronklike gedeelte voor 1950 geproklameer is.
- 6.12 Die verhouding van die aantal sinkgate tot die aantal versakkings blyk ongeveer dieselfde vir al die formasies te wees. Dit wil sê dat geen formasie meer ontvanklik is vir die vorming van óf sinkgate óf versakkings nie.

6.13 Meeste gebeurtenisse kom op die Eccles Formasie voor.

6.14 Daar kon nie met sekerheid bepaal word of die chertryke formasie meer ontvanklik is vir die vorming van sinkgate of versakkings nie.

## BEDANKINGS

Die volgende persone wil ek graag opreg bedank vir hulle hulp met die voorbereiding van hierdie verhandeling:

Die leier, prof A van Schalkwyk vir sy inspirerende leiding, waardevolle kritiek en beoordeling.

Die medeleier, prof FL Viviers vir sy waardevolle advies en ondersteuning.

Die Geologiese Opname vir die studiegeleentheid en vir die mondelinge toestemming om van amptelike gegewens gebruik te maak.

Die nasionale dienspligtiges wat aan die Geologiese Opname toegewys was gedurende 1988-89 vir die hulp en insameling van inligting.

Mev van den Bergh vir die netjiese natrekwerk.

My skoonma, mev M van Rensburg vir die taalversorging.

My vrou, Márelie, vir haar aanmoediging en ondersteuning gedurende die studietydperk.

## VERWYSING

- BRINK, A.B.A. 1979. Engineering geology of Southern Africa. Vol. 1, Pretoria: Building Publications.
- BRINK, A.B.A. 1981. Geology and geomorphology. Seminaar oor die Ingenieursgeologie van Dolomietgebiede. Universiteit van Pretoria, 26 - 27 November 1981.
- BUTTON, A. 1969. Stratigraphic analysis of the Transvaal sequence in the Irene- Delmas- Devon area, Transvaal Inf. Circ. Econ. Geol. Res. Unit, University of the Witwatersrand, 51.
- BUTTRICK, D.B. 1986. Wad and Ferroan Soil developed in the dolomitic area south of Pretoria. MSc verhandeling Universiteit van Pretoria.
- BUTTRICK, D.B. 1988. Parameters and Standardized Terminology for Sinkhole size and risk in Stability Evaluations: Tentative Proposals. Ground Profile, SAICE and SAIEG, No. 55.
- COERTSE, F.J. 1961. The Transvaal System in Transvaal: 4th Meeting C.C.T.A.S.reg. Comm. Geol., 86.
- DONALDSON, G.W. 1963. Sinkholes and subsidences caused by subsurface erosion. In: Proc. 3 rd Regional Conf. Africa Soil Mech. and Found. Eng., 123-125.
- ENSLIN, J.F. 1951. Sinkholes in dolomites. Trans. S. African Inst. Civil Eng., Vol. 1, 153-154.
- ENSLIN, J.F. & SMIT, P.J. 1955. Geophysical survey for foundations in South Africa with special reference to

- sinkholes in the dolomite south of Pretoria. Proc. First Conf. for Africa on soil Mech. and Found. Eng. (Trans. S.A. Institute of civil Engrs.), Vol. 5, No. 9, 318-322.
- ERICSON, K.A.; MCARTHY, T.S.; TRUSTWELL, J.F. 1975. Limestone formation and dolomitization in a Lower Proterozoic succession from South Africa. Jour. Sed. Petrology, Vol. 45, No. 3, 604-614.
- ERIKSON, K.A. & TRUSTWELL, J.F. 1977. Stratotypes from the Malmani Subgroup. Trans. Geol. Soc. S.A., 77, 211-222.
- FOOSE, R.M. 1967. Sinkhole formation by ground water withdrawal: Far West Rand, South Africa. Science, Vol. 157, 1045-1048.
- FOSTER, M.B.J. 1988. Geological Control of Chuniespoort Aquifer Properties. Workshop on Dolomitic Ground Water of the PWV Area, 28 March 1988: Ground Water Division of the Geol. Soc. of S.A. and the Geological Survey of S.A.
- GORDON-WELSH, J.F. 1981. Theoretical course on the gravity method for the national diploma for geotechnicians (geology). Geologiese Opname, Pretoria ongepubliseerde verslag no. 1981-0012.
- GRUND, A. 1914. Der geographische Zyklus in Karst Z. Ges. Erdk. Berlin 621-640.
- HAYS, W.W. 1976. Interpretation of gravity data. Open-file report 76-479 US Dept. Interior, Geol. Surv. of the U.S.A.
- ILLING, L.V. 1964. Penecontemporary dolomite in the

Persian Gulf. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist, Vol. 48, 532-533.

JAKUCS, L. 1977. Morphogenetics of Karst Regions, Variants of Karst Evolution. Adam Hilger: Bristol.

JANSEN, H. 1977. The geology of the country around Pretoria. An explanation of sheets 2527DA, DB, DD and 2528CA, CB, CC, CD. Geol. Surv. S.A.

JENNINGS, J.E. 1966. Submission to the "Special sub-committee on research into the 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. 6 th Internat. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Montreal, 51-54 .

JENNINGS, J.N. 1971. Karst: An Introduction to systematic Geomorphology. The M.I.T. Press Cambridge: Massachusetts + London, England.

KLEYWEGT, R.J.; PIKE, D.R. 1982. Surface subsidance and sinkholes caused by lowering of the dolomitic water-table on the Far West Rand Gold Field of South Africa. Ann. Geol. Surv. S.A. 16 (1982) 77-105.

LEHMANN, H. 1936. Morphologische Studien auf Java. Stuttgart. J. Engelhorn's Nachf.

MAP STUDIO PRODUCTIONS, 1988. Pretoria en omgewing. 2de Uitgawe.

MARAIS, E. 1944. Die Siel van die Mier. Van Schaik,



Pretoria.

MARTINI, J.; KAVALIERS, I. 1976. The Karst of the Transvaal (South Africa). *Int. J. Speleol.* 8, 229-251.

MASON, B. 1966. *Principles of geochemistry*. John Wiley & Sons, New York.

NETTLETON, L.L. 1971. *Elementary gravity and magnetics for geologists and seismologists*. Monograph series No.1, Soc. Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.

NEWTON, J.G. 1976. *Induced sinkholes - A continuing problem along Alabama Highways*. U.S. Geological Survey Land Subsidence symposium, IAHS - AISH Publication no. 121.

PETTIJOHN, F.J. 1975. *Sedimentary Rocks*. Third edition, Harper & Row, London.

QUINLAN, J.F. 1966. *Classification of karst and pseudokarst types: a review and synthesis emphasising the North American literature*. Summary of a paper presented at the 113th meeting. American Association for the Advancement of Science, 30 December 1966, Rhodes-Harrison (1967), Washington.

ROUX, P. 1984. *Geotegniese Ondersoek vir Dorpsontwikkeling in Dolomietgebiede*. DSc proefskrif. Universiteit van Pretoria.

SOUTH AFRICAN COMMITTEE FOR STRATIGRAPHY (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 Bobhuthatswana, Transkei and Venda: *Handb. Geol. Surv.*

S.A., 8.

STEFFENS, F.E. & GROBBELAAR, J.W. 1982. Studiegids 1 vir SCS100-Y, Universiteit van Suid-Afrika.

STEYN, A.G.W.; SMIT, C.F.; DU TOIT, S.H.C. 1987. Moderne Statistiek vir die Praktyk. 2de Uitgawe, J.L. van Schaik.

TANKARD, A.J.; HOBDAY, D.K.; HUNTER, D.R.; JACKSON, M.P.A.; ERIKSON, K.A.; MINTER, W.E.L. 1982. Crustal evolution of Southern Africa, 3.8 billion years of earth history. New York: Springer Verlag (151- 175).

TOENS, P.D. 1966. Precambrian dolomite and limestone of the Northern Cape Province. Mem. Geol. Surv. S.A., 57.

THORNBURY, W.D. 1969. Principles of geomorphology. 2de Uitgawe, New York, John Wiley & Sons.

VENTER, I.S. 1981. Evaluasie van Dolomietgebiede - 'n Klassifikasie benadering. Seminaar oor die Ingenieursgeologie van dolomietgebiede 26 - 27 November 1981: Universiteit van Pretoria.

VERWOERDBURG STADSRAAD. 1987. Jaarverslag, Stadsbeplanning.

VERWOERDBURG STADSRAAD. 1988. Jaarverslag, Stadsbeplanning.

VISSER, J.N.J. 1969. 'n Sedimenteologiese studie van die Serie Pretoria in Transvaal. DSc proefskrif. Universiteit van die Oranje Vrystaat.

WILLIAMS, P.W. 1969. The geomorphic effect of ground water. In: Chorley, R.J. red. Water Earth and Man. Mathuen, London.

BYLAAG 1  
KOERANTBERIGTE

Die eerste sinkgat ná die swaar reëns in die dolomietgebied suid van Pretoria, het sowat 200 m van die goedere loods by Olifantsfontein ingesak. Die gat, sowat 20 m diep en ses meter in deursnit, het tussen die pad tussen Olifantsfontein en Johannesburg en die spoorlyn ingesak. Geen skade is egter aangerig nie en die polisie het die gevaarlike gat afgekamp. Konst. J. S. Gouws van die Spoorwegpolisie en mnr. G. C. van Rensburg, 'n laaimeester by die goedere loods op Olifantsfontein, staan hier by die gat.

1

## SINKHOLES DAMAGE PIPELINES

By the Municipal Reporter

PRETORIA City Council will have to spend about R45 000 to have two massive water pipelines diverted. Earlier this month they were seriously damaged and undermined by sinkholes in the dolomite area south of Eeufees Road, Voortrekkerhoogte.

The damage was caused on November 12 by sinkholes on property belonging to the South African Defence Force, south of Eeufees Road. The two damaged pipes supply large areas of Voortrekkerhoogte and Pretoria West with water and hurried work by municipal officials prevented these areas from being short of water.

In a report released today, the city engineer, Mr J. D. Weilbach, says that an investigation by the Geological Survey section of the Department of Mines has revealed that "the whole area in the vicinity of the sinkholes is extremely dangerous and that the risk of ultimate collapse is great."

2

## Sinkhole in Lyttelton sidewalk

By the Municipal Reporter

A SINKHOLE of about 6m by 1m and about 3m deep, appeared last night in the sidewalk of Pretorius Avenue, Lyttelton, opposite the Louis Leipoldt primary school.

The subsidence was caused by a burst water main and a spokesman for the Verwoerdburg Town Council said today that people living near it were in no danger.

"This is not an unusual occurrence. The nature of the soil in Lyttelton is such that when a water pipe bursts, a great deal of soil gets washed away," said the spokesman.

3

## Coldest day of year — in spring!

By a Staff Reporter

THREE days of continuous drizzle and dense cloud yesterday sent the mercury plunging in Pretoria to its lowest day-time level of the year — a chilling 11,8deg C.

Despite a relatively mild winter in the city this year, it is exceptional for the lowest day temperature to be recorded well into spring.

According to the Weather Bureau, the present cold snap reached its peak yesterday and will gradually disperse by the weekend.

Last night the minimum temperature was a moderate 10,6deg C, compared with the October average of 12,8deg C.

Very little rain was measured in Pretoria in the past 24 hours. To date this month the Lynnwood Road weather station has recorded 47,5mm of rain, proportionately well above the city's October average of 60,5mm.

One of the most dismal aspects of the cold spell has been the almost total lack of sunshine in Pretoria this week — a mere two hours up to midday today.

Meanwhile, the wet conditions have resulted in two minor subsidences in the Pretoria area.

One small sinkhole — about 2m wide and 1m deep — has opened up next to the Ben Schoeman Highway, 100m north of the birdge-over Eeufees Road.

In Monument Street, Verwoerdburg, cracked water and sewerage pipes — the result of minor subsidences — have compounded rain seepage and caused large cracks in the tarred surface. The street has been closed to traffic but geologists have declared the area 'safe.'

4 &amp; 5

## Sinkhole opens up in Valhalla

By a Staff Reporter

A SINKHOLE, about seven metres deep and eight metres in diameter opened near Montague-Kneen Park, Valhalla, today. The hole is about 100m from the nearest houses.

The traffic department received a telephone call at about 4 am informing them of a sinkhole which appeared in the middle of Godiva Road, fewer than 200m from the Broadway East shopping centre.

The area was immediately cordoned off

A city council official said another sinkhole, only metres away, was likely to open up as there are a number of large cracks in the ground. This area has also been sealed off.

He added that there are about six other small holes on the Kneen parkland itself.

Mrs "Poppy" Lottering, a resident in one of the nearby houses, said she did not hear anything.

6

## Woman nearly sinkhole victim

By a Staff Reporter

A VALHALLA resident almost fell victim to a newly opened sinkhole at the weekend.

Mrs J. E. Bekker said she and two friends went to inspect the original Godiva Road sinkhole at 5.30 pm on Saturday after a downpour earlier that afternoon.

A few metres from the sinkhole she saw a puddle of water in the road. She discussed with her companions the possibility of the puddle being a potential sinkhole, when they saw cracks begin to open in the tar.

They turned to walk from the pool of water when the road where they had been standing began to sink. "We heard a noise behind us. When

we looked back we just saw dust and steam."

Mrs Bekker estimates that she and her friends were no further than two metres from the edge of the 20-metre hole when it opened.

A large water pipe running through the sinkhole, was broken by the fall of earth. Local residents went without water for most of Sunday, but today a by-pass water pipe was installed.

Another sinkhole, about one metre in diameter, also opened in the surrounding veld at the weekend. It is estimated to be more than 10 metres deep.

The original sinkhole which opened on December 12 last year, has grown in size over the past few weeks to about 30 metres in diameter.

## Sinkhole study continues

By a Staff Reporter

NO FURTHER sinkholes have appeared in the past few weeks in the vicinity of Godiva Road Valhalla, and an intensive study of the holes is still being carried out by a consulting geologist appointed by the Pretoria City Council.

A city council spokesman said today that the geologist had submitted a preliminary report, but would be busy for a few months on a detailed study of the sinkholes.

There had been estimates that it would cost about R20 000 to fill in the holes.

One of the reasons for the lengthy investigation was that a large number of boreholes had to be drilled.

# Pretoria

## ahoy!

**SINKHOLES,  
WASHAWAYS,  
FLOODING,  
SPORT WASHED OUT  
AS UP TO 63mm  
OF RAIN FALLS**

By a Staff Reporter

SINKHOLES have appeared in Valhalla as a result of the drenching rain which started falling late yesterday afternoon and continued non-stop through the night.

There are also reports of roads washed away and houses in Glen Lauriston being threatened by rising floodwaters of the Six Mile Spruit.

The sinkholes in Valhalla have appeared in an area which was menaced by sinkholes a year ago. A

large piece of ground has been sealed off.

At Hercules a temporary road through the new cutting has started to give way due to the rain, but traffic men have the position under control.

Rains also caused floods in part of Lynnwood Glen today. Some people in the area near Kelvin Road could not drive their cars to and from their homes because of floodwaters. It was feared that if more rain fell homes would be flooded.

The rain has also disrupted sports meetings and other outdoor activities.

### CRICKET

Play in the Currie Cup cricket match between Northern Transvaal and Natal B at Berca Park did not start until after lunch.

Racing at Turffontein was cancelled because more than 53mm of rain made the race course unusable.

Virtually the whole Transvaal has had copious rains throughout the night.

One of the sinkholes which appeared overnight in Valhalla as a result of the heavy rain. The one in the picture is next to the road in the vicinity of Godiva Road — where sinkholes also appeared about a year ago. Looking at the damage is a municipal traffic officer, Mr C. F. Maritz

10

**\* DIEP sinkgat het** vanoggend langs die spoorlyn tussen Irene en Verwoerdburg verskyn. Die sinkgat is net enkele meters van die spoorlyn af en treine het vanoggend baie stadig by die gevaargedeelte verbyge-ry. Hoewel dit een van die grootste sinkgate in Verwoerdburg is, is dit nie naby enige huise nie.

11

## Sinkhole safe

Pretoria Bureau

The sinkhole in Verwoerdburg caused by heavy rains over the weekend has already been stabilised, according to the municipality's Public Relations Officer, Mr M Lohann.

12

## SINKHOLE

Staff Reporter

Street home.

NO final decision has yet been reached on the fate of the Laudium sinkhole or the house hanging over it.

The hole appeared more than a week ago and forced the evacuation of Mr S. Mohammed and his family from their Jewel

Since then the Department of Geological Survey has been conducting drilling operations to test the nature of the hole. Mr D. R. Pike, the department's assistant director of urban investigation said today that investigations were still continuing

13

# Sinkhole terror hits Valhalla families in early morning

CHRIS MARAIS  
Staff Reporter

HUGE 15-metre deep sinkholes appeared in two Valhalla backyards today, pulling down power lines and submerging a large aviary.

Mr Quentin Pearce, of 14 Gulfoss Street, Valhalla, awakened at 4.30 am today when he heard the ground giving way in his back garden.

"We were terrified," he said, "I made my four children and wife stay inside the house while I went to have a look. The power lines had fallen into the sinkhole and I lost all my gardening tools."

Thirty minutes later the second sinkhole appeared, this time closer to the house, and Mr Pearce's large aviary disappeared into it, complete with birds.

The holes spread next door to the house of Mr Koos Potgieter, who only found out about them when the maid told him at 7 am.

The holes were apparently caused when water from a broken pipe system gushed into the area. By mid-morning, the holes were spreading under Mr Potgieter's house.

Alarmed Valhalla residents who ran to the scene became concerned about the safety of their own houses. Police had to order people out of the area.

There were some anxious moments as residents tried to tow away a truck parked

between the two sinkholes. Finally, by knocking down the wall between the houses they managed to clear the vehicle and pull it to safe ground.

The birds in the aviary were flying around the cage in panic, but no one dared climb down into the hole and rescue them.

"These cracks under my house look extremely dangerous," said Mr Potgieter, "I just hope the building does not cave in."

# V'burg sinkhole

## — rescue alert

14

Staff Reporter

ANOTHER sinkhole appeared in Verwoerdburg today and it is feared houses in the area may collapse as it sinks further. Evacuation measures are in force.

Roads near the hole have been cordoned off and residents in nearby houses have moved furniture and other valuables to safe ground.

The Verwoerdburg Fire

Brigade and civil defence are standing by in case more residents have to be evacuated.

The sinkhole itself is small, but the Department of Mines geological survey team today identified a huge "depression area" which could collapse.

The depression was spotted early today between the Old Military Road and Hofmeyr Street.

A spokesman for the geological team said Verwoerdburg and Valhalla were among the worst

"sinkhole areas" in the country.

It is believed the heavy rains which lashed Verwoerdburg last night and early today were the cause of the sinkhole.

Mr Adriaan Vlok, MP for Verwoerdburg, is flying from Cape Town today to meet with Mr Hannes Hattingh, provincial council member for the area, and Valhalla city councillor, Mr Fanie van Rensburg, to discuss the recent spate on sinkholes in the area.

15



This sinkhole appeared close to a residential area in Laudium about three months ago. Despite complaints the council has taken no steps yet to fill the hole.

## S.A.A.F. GETS A SINKING FEELING

Military Correspondent

A BUILDING at the Waterkloof Air Station has been closed down after a sinkhole appeared under its walls.

The sinkhole is one of many that have appeared from time to time on military installations and private properties in the Voortrekkerhoogte, Verwoerdburg and Waterkloof areas.

A South African Air Force spokesman today confirmed a building was evacuated and closed recently at the Waterkloof Air Station when the sinkhole was discovered.

"It appears that dolomite formations was the cause of the sinkhole," he said.

16

## 6 m deep hole opens in street

Municipal Reporter

A SINKHOLE 6 m deep and 4 m across appeared early today in a quiet street of Lyttelton.

A motorist discovered the subsidence, which occurred at the corner of Clifton Avenue and Potgieter Street.

He alerted the Verwoerdburg Traffic Department which cordoned off the area.

Attempts to photograph the hole and the men at work were stopped by traffic officers. They said they had instructions from the town secretary, Mr B. J. W. Schoeman, to prevent newspaper photographers from taking pictures.

The town engineer of Verwoerdburg, Mr J. T. Olivier, said the council's heads of departments had decided against pictures of the sinkhole because it would be bad publicity for Verwoerdburg.

Mr Olivier said the sinkhole appeared at about 6 am today, near the spot where another sinkhole appeared two years ago.

"The first subsidence was caused by a burst water main, but we are not sure yet what caused this one.

"There could have been a pipe leaking underground somewhere, we have no proof of it.

He said there was danger to the surrounding houses.

A team of eight workers was busy filling the sinkhole.

17

18

## Old buildings vacated over sinkhole risk

Staff Reporter

A NUMBER of old buildings, mostly dwellings, had been vacated in the Voortrekkerhoogte area during the past few months because of cracks and possible sinkhole threats.

But no major Defence Force buildings had been or would be vacated because of sinkholes, a South African Defence Force spokesman said.

He explained that certain suburbs such as Erasmus, Valhalla, Verwoerdburg and large parts of Voortrekkerhoogte were built on a dolomite seam.

Some old buildings in these areas had cracked because of ground movements. Sinkholes had also appeared in Verwoerdburg.

In Voortrekkerhoogte, areas had been cordoned off with warnings to the public to stay clear.

## V'burg 'sinkhole' no danger'

Staff Reporter

THE "sinkhole" on the railway line between Johannesburg and Pretoria is insignificant and of no danger to train traffic.

The Systems Manager for the South African Railways in Pretoria, Mr Daan Fourie, today reacted to reports in a morning newspaper that a "sinkhole" appeared between two railway lines near Verwoerdburg station.

Mr Fourie said a hole one metre wide and one metre deep, appeared in an area where there were dolomite formations. Additional sleepers were put between lines, but "only as a measure of security."

19

## New sinkhole opens near Verwoerdburg

Staff Reporter

A NEW sinkhole has opened up near the main railway line between Irene and Verwoerdburg.

Pretoria's assistant Railways systems manager, Mr Andre Fourie, said about two weeks ago a small sinkhole — only a couple of metres in diameter — was discovered near the fence just inside Railway property.

He said it was some distance from the tracks and was not dangerous.

"It is on the Verwoerdburg side of the line, soil structure was investigated immediately. Depending on the findings of the investigation, the track might have to be reinforced," he said.

He said the area was patrolled regularly.

Meanwhile, work is progressing on the same line to reinforce the track near a sinkhole which appeared between the lines some time ago.

20

## Sinkhole found near city

Crime Reporter

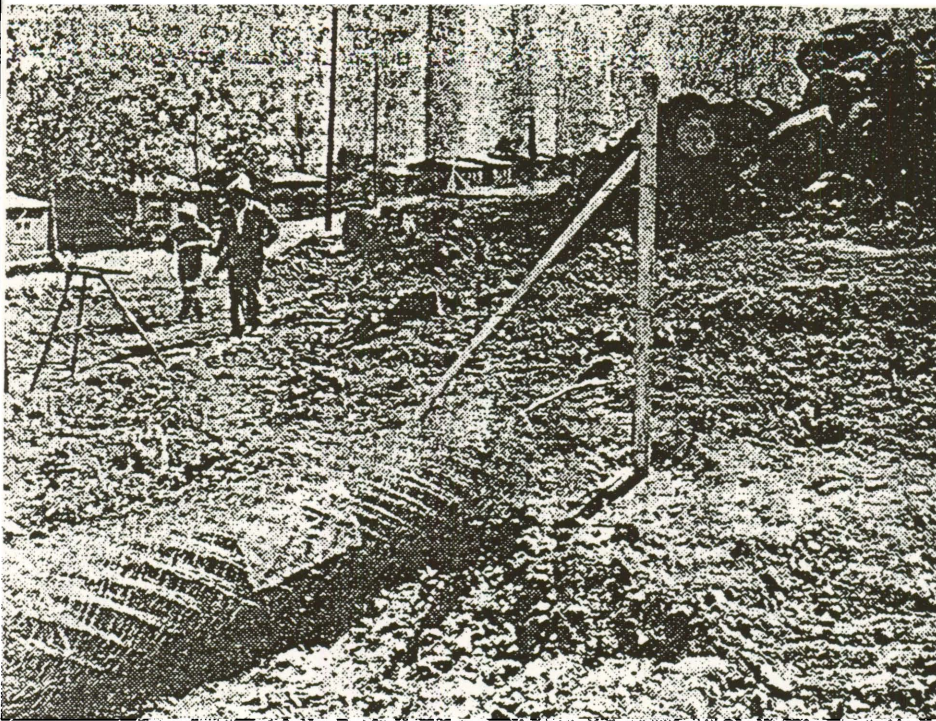
A SINKHOLE appeared next to the Ben Schoeman Highway near the city last night.

A spokesman for the Verwoerdburg traffic department said a small subsidence was discovered by road workers next to the highway near the Clubview turn-off early today.

The hole had been examined and was described as "nothing serious." It could have been caused by the heavy rains over the past few days, he said.

21





Geologists are to conduct soil tests at an area near Semenya Street at Atteridgeville where a sinkhole appeared at the weekend. The sinkhole (above) was discovered by residents on Sunday. It was filled in by Administration Board workers. The area has been allocated for the building of houses. A fence is being put up around the area in case of further subsidences.

## A sinkhole sparked off noisy Valhalla roadworks

Staff Reporter

A SINKHOLE is the cause of the noisy roadworks in Valhalla which have prompted at least one resident to complain to The Pretoria News.

Mr Sakkie Visser, a spokesman for the firm of consultants concerned said the problem area was a section of the old Johannesburg road

The reader complained that the slip-road between the old road and Vindhella road to by-pass the roadworks, had been sealed, causing chaos.

Traffic jams, roaring engines and horns blasting are now the lot of residents in that area and juggernauts from the Reef are forced to negotiate the double right-angle turn at the Gulfoss Road intersection.

birds have left the gardens and the air is polluted with diesel engine exhaust fumes. Is (there) any need for

this state of affairs?

According to Mr Visser, the problem started when a sinkhole occurred soon after the first widespread October rains.

The old Johannesburg road area is known to be a dolomite area.

Initially traffic was diverted along Vindhella Road, but that too started to crack.

Mr Visser added that his company has now completed a thorough investigation of the area. A report of their findings and recommendations has been submitted to the Transvaal Provincial Administration.

He said heavy traffic and vehicles now using roads in that area could be diverted to other roads, as the reader suggested in his letter, but this would probably prove costly for all concerned.

## Sinkhole activity opens Valhalla crack

COR UYS, Municipal Reporter

SINKHOLE activity has caused cracks to appear in a Valhalla street, signifying the presence of a 15 m-deep underground cavity.

The area — about 18 m in circumference — at the corner of Fergus and Maud roads has been closed to traffic and the city council has called in consulting geologists to assess the situation.

A council spokesman said yesterday an underground camera investigation had revealed there was a 15 m-deep conical-form cavity underneath the street, covered by a "roof of sand" 8 m thick.

"The council plans to inject concrete into the cavity to stop all water from entering," the spokesman said. "After that the sand roof will be caused to collapse and the sinkhole will be filled from above."

The old Johannesburg road and an adjoining Valhalla street — Vindhella Road — were closed to traffic as a result of a sinkhole that appeared soon after the first widespread October rains last year.

Sinkholes have appeared sporadically in Valhalla and parts of Verwoerdburg in the past.

Several residents in the vicinity of the latest subsidence said yesterday they were not at all worried about the situation, having become used to the phenomenon over the years.

BYLAAG 2  
POSVRAELYS

By keusevrae moet u asseblief die korrekte kode omkring.  
Beantwoord asseblief alle ander vrae met duidelike drukskrif.

Rekordnommer
--------------

- |     |   |   |         |
|-----|---|---|---------|
|     |   |   | 1 - 5   |
| 1.  | U ouderdom in jare .....  |   | 6 - 7   |
| 2.  | Woonadres: Straat en nommer .....   |   |         |
|     | Voorstad .....  |   | 8 - 59  |
| 3.  | Erfnommer .....   |   | 60 - 64 |
| 4.  | Huistaal: Afrikaans .....   | 1 |         |
|     | Engels .....  | 2 |         |
|     | Beide Afrikaans en Engels .....   | 3 |         |
|     | Ander: Spesifi seer .....   | 4 | 65      |
| 5.  | Hoe lank reeds is u in hierdie huis woonagtig   |   |         |
|     | Minder as een jaar .....  | 1 |         |
|     | Een tot 5 jaar .....  | 2 |         |
|     | 6 tot 10 jaar .....   | 3 |         |
|     | 11 tot 15 jaar .....  | 4 |         |
|     | 16 tot 20 jaar .....  | 5 |         |
|     | Meer as 20 jaar .....   | 6 | 66      |
| 6.  | Afstand in meters tussen huis/buitegeboue en naaste tuinplante wat in grond (nie in potte of bakke nie) geplant is.                         |   |         |
|     | Minder as 1 meter .....   | 1 |         |
|     | 1 tot 2 meter .....   | 2 |         |
|     | 2 tot 3 meter .....   | 3 |         |
|     | 3 tot 4 meter .....   | 4 |         |
|     | 4 tot 5 meter .....   | 5 |         |
|     | Meer as 5 meter .....   | 6 | 67      |
| 7.  | Afstand in meters tussen huis/buitegeboue en naaste grasperk  |   |         |
|     | Minder as 1 meter .....   | 1 |         |
|     | 1 tot 2 meter .....   | 2 |         |
|     | 2 tot 3 meter .....   | 3 |         |
|     | 3 tot 4 meter .....   | 4 |         |
|     | 4 tot 5 meter .....   | 5 |         |
|     | Meer as 5 meter .....   | 6 | 68      |
| 8.  | Wanneer u die tuin en veral die struik of bome natlei hoe vinnig trek die water in die grond in?  |   |         |
|     | Baie vinnig .....   | 1 |         |
|     | Vinnig .....  | 2 |         |
|     | Redelik vinnig .....  | 3 |         |
|     | Stadig .....  | 4 |         |
|     | Baie stadig .....   | 5 | 69      |
| 9.  | Gedurende watter jare is die huis gebou waarin u tans woon?   |   |         |
|     | 1975 - 1979 .....   | 1 |         |
|     | 1974 - 1970 .....   | 2 |         |
|     | 1969 - 1965 .....   | 3 |         |
|     | 1964 - 1960 .....   | 4 |         |
|     | 1959 - 1955 .....   | 5 |         |
|     | 1954 - 1950 .....   | 6 |         |
|     | 1949 - 1945 .....   | 7 |         |
|     | Voor 1944 .....   | 8 |         |
|     | Weet nie .....  | 9 | 70      |
| 10. | Kom daar rotse aan die grondoppervlak of op vlak diepte (teengekom in voorbereiding van blombeddings, ens.) op u erf voor?                  |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee glad nie.....   | 2 | 71      |
| 11. | Het daar reeds enige sinkgate op die erf waar u tans woon gevorm?   |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee .....   | 2 | 72      |
| 12. | Het daar ooit al 'n versakking (insinking) van grond op die erf waar u tans woon plaasgevind?   |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee .....   | 2 | 73      |
| 13. | Is die huis/buitegeboue vry van barste groter as 3 mm in breedte?   |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee .....   | 2 | 74      |
| 14. | Is u bewus van enige sinkgate of versakkings in u voorstad?   |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee .....   | 2 | 75      |
| 15. | Het u al ooit krane gehad wat buite langs die huis/buitegeboue of in die tuin ge lek het, of vergeet om die tuinslang oor nag toe te draai? |   |         |
|     | Ja .....  | 1 |         |
|     | Nee .....   | 2 | 76      |

16.	Het daar al ooit 'n waterpyp op u erf gelek? .....	Ja .....	1	
		Nee .....	2	77
17.	Het daar al ooit 'n rioolpyp op u erf gelek of gebreek? .....	Ja .....	1	
		Nee .....	2	78
18.	Is daar 'n swembad op u erf? .....	Ja .....	1	
		Nee .....	2	79
		Kaart no. 1		80
		Rekordno.		1 - 5
19.	Het u reeds by die Munisipale spoelrioolskema aangesluit?	Ja.....	1	
		Nee .....	2	
	Reeds van begin af - nie van toepassing nie .....		3	6
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).			
	1 meter .....		1	
	2 meter .....		2	
	3 meter .....		3	
	4 meter .....		4	
	5 meter .....		5	
	6 meter .....		6	
	Verder as 6 meter .....		7	
	Geen stapelriool op erf nie .....		8	7
21.	Het enige deel van die huis of buitegeboue reeds gekraak of pleister van mure afgeval? Ja .....		1	
		Nee .....	2	8
22.	Watter soort grond kom die meeste in u toon voor?	Sanderige grond .....	1	
		Klipperige grond .....	2	
		Kleierige grond .....	3	
		Leemgrond (goeie tuingrond) .....	4	9
23.	Wat is die kleur van die grond op u erf? Merk asseblief die kleur wat die grond die beste beskryf?	Geel-Oranje .....	1	
		Rooi-oranje .....	2	
		Donkerrooi.....	3	
		Lig rooi .....	4	
		Rooibruin .....	5	
		Rooi .....	6	
		Ligbruin .....	7	
		Donkerbruin .....	8	
		Swart .....	9	10
24.	Kan oppervlak water of reënwater op enige deel van erf tydelik opdam?	Ja .....	1	
		Nee .....	2	11
25.	Beskik u oor 'n boorgat? .....	Ja .....	1	
		Nee .....	2	12
26.	Word die boorgat gepomp? .....	Ja .....	1	
		Nee .....	2	13
27.	Indien u oor 'n boorgat beskik wat is die benaderde lewering in gelling per uur of liter per uur? .....gph/lph .....			14 - 18
28.	Indien u 'n betonstrook reg rondom u huis het, hoe breed is dit?			
	Minder as 'n halwe meter (18 duim) .....		1	
	Tussen 51 en 100 cm (18 duim tot 3 voet) .....		2	
	Tussen 101 en 150 cm (3 voet tot 5 voet) .....		3	
	Breër as 150 cm (5 voet) .....		4	
	Spesifiseer .....		5	19
29.	Beskik u oor enige spesiale dolomiet assuransië?	Ja .....	1	
		Nee .....	2	20
30.	Indien u ja geantwoord het by vraag 29, wat is die premie wat u betaal en die naam van die assuransië maatskappy? R..... per maand			21 - 26
	Naam van maatskappy .....			27 - 79
	.....			
		Kaart no. 2		80

NOGMAALS BAIE DANKIE VIR U SAMEWERKING !