

'n VERGELYKENDE STUDIE VAN DIE MINERAALSAMESTELLING VAN *PACHYSTIGMA*
PYGMAEUM (SCHLTR.) ROBYNS EN 'n AANTAL GEASSOSIEERDE PLANTSPESIES
VAN DIE KLIPVELD

deur Gert Hendrik Jacobus Krüger

Verhandeling ingelewer ter gedeeltelike nakoming
van die vereistes vir die graad Magister Scientiae
aan die Potchefstroomse Universiteit vir C.H.O.

Potchefstroom
Januarie 1969

INHOUDSOPGAWE

HOOFSTUK I

INLEIDING EN DOEL VAN ONDERSOEK

1.1 Inleiding	1
1.2 Doel van onderzoek en motivering	3
1.3 Die voorkoms van mineraalstowwe in plante	5

HOOFSTUK II

PROEFMATERIAAL EN KORT BESKRYWING VAN DIE LOKALITEITE WAAR DIE PLANTMATE- RIAAL VERSAMEL IS

2.1 Proefmateriaal	7
2.2 Lokaliteite waar plante versamel is	11

HOOFSTUK III

VOORBEREIDING VAN PLANTMONSTERS, REAGENSE EN APPARAAT; VERTERING VAN PLANT- MATERIAAL

3.1 Inleiding	14
3.2 Voorbereiding van plantmonsters	15
3.21 Versameling van plantmateriaal	15
3.22 Reiniging van plantmateriaal	19
3.23 Droging van plantmateriaal	20
3.24 Maal van plantmateriaal	22
3.25 Berging van plantmateriaal	24
3.3 Water, reagense en apparaat	24
3.31 Water	24

3.32 Reagense	25
3.33 Apparaat	25
3.34 Reiniging van apparaat	26
3.4 Vertering van plantmateriaal	27
3.41 Bespreking	27
3.42 Metode	31

HOOFSTUK IV

BESONDERE ANALISEMETODES EN RESULTATE

4.1 Analisetegnieke toegepas en instrumentele besonderhede	35
4.11 Analisetegnieke toegepas	35
4.12 Instrumentele besonderhede	37
4.2 Opstelling van ykkrommes	39
4.3 Berekening van resultate	51
4.4 Bepaling van Mn, Fe, Zn en Mg	51
4.5 Bepaling van Na en K	53
4.6 Bepaling van Cu	53
4.61 Inleiding	53
4.62 Bereiding van ammoniumpirrolidendiëtiëkarbamaat	55
4.63 Bepalingsmetode	55
4.7 Bepaling van Ca	56
4.71 Steurende invloed by die vlamfotometriese bepaling van Ca	56
4.72 Die effek van lantaan (La^{3+}) op die steurende invloed van fosfor by Ca-atoomabsorpsie	59

4.73	Analisemetode	62
4,8	Bepaling van fosfor	62

HOOFSTUK V

BESPREKING VAN RESULTATE

5.1	Die mineraalinhoud van <i>Pachystigma pygmaeum</i> in verhouding met dié van ander proefplante	66
5.11	Mangaaninhoud	66
5.12	Magnesiuminhoud	67
5.13	Kalsiuminhoud	68
5.14	Ysterinhoud	69
5.15	Sinkinhoud	69
5.16	Koperinhoud	70
5.17	Natriuminhoud	70
5.18	Kaliuminhoud	70
5.19	Fosforinhoud	71
5.2	Vergelyking van die mineraalkonsentrasies van <i>Pachystigma pygmaeum</i> in die verskillende lokaliteite	71
5.3	Vergelyking tussen monsterlokaliteite ten opsigte van die mineraalkonsentrasies van <i>Pachystigma pygmaeum</i> , <i>Pygmaeothamnus zeyheri</i> , <i>Andropogon amplexans</i> en <i>Brachiaria serrata</i> ..	72
5.4	Mineraalsamestelling en giftigheid	75
6.	SAMEVATTING	77
7.	SUMMARY	79
8.	DANKBETUIGINGS	80
9.	LITERATUURVERWYSINGS	81
10.	AANHANGSEL (tabelle)	88

HOOFSTUK I

INLEIDING EN DOEL VAN ONDERSOEK

1.1 INLEIDING

„Gousiekte“, ook bekend as „gougousiekte“, is 'n siekte wat onder beeste, skape en bokke voorkom. Blykbaar word slegs herkouters aangetas. (Codd en Voorendyk, 1966). Reeds jare gelede is hierdie siekte deur die boere toegeskryf aan die plant *Pachystigma pygmaeum* (Schltr.) Robyns, algemeen bekend as „gousiektebossie“, „gougoubossie“ en „witappeltjie.“ Theiler, du Toit en Mitchell (1923) was die eerste persone wat die verband tussen „gousiekte“ en *Pachystigma pygmaeum* eksperimenteel vasgestel het.

Volgens Mes en de Villiers (1944), kom „gousiekte“ slegs in gebiede voor waar die „gousiektebossie“ aangetref word. „Gousiekte“ kom egter nie noodwendig voor waar die plant groei nie, moontlik omdat die plant nie ewe giftig in alle gebiede is nie. Volgens Steyn (1934) word „gousiektebossies“ wat in rooi, sanderige grond groei, baie gevaarliker geag as dié wat in swart kleigrond groei.

Die vatbaarheid vir „gousiekte“ verskil ook van dier tot dier (Codd en Voorendyk 1966). Die giftigheid van die plant wissel ook van jaar tot jaar en selfs in dieselfde jaar (Watt en Breyer-Brandwijk, 1962). Volgens Marloth (1913 - 32) is die blare die giftigste in die laat-somer.

Die giftigheid van die plant hang dus van die volgende faktore af:

- (i) die hoeveelheid van die plant deur die dier ingeneem,
- (ii) individuele vatbaarheid van die dier,
- (iii) lokaliteit waar die plant voorkom en
- (iv) tyd van die jaar wanneer die plant gevreet word.

Die siekte word „gousiekte" genoem, aangesien die aangetaste dier gou en onverwags vrek. Soms toon die aangetaste dier byna geen simptome nie, maar vrek ineens, veral as hulle aangejaag word. Dikwels word die diere die oggend dood in die kraal aangetref. (Watt en Breyer-Brandwijk, 1962).

Daar is vasgestel dat die dood veroorsaak word deur hartverlamming weens die beskadiging van die spierweefsel van die hart. Volgens Watt en Breyer-Brandwijk (1962) is dit 'n geval van miokardiale fibrose waar die hartspierweefsels deur veselweefsels verplaas word en die oorlewende spierweefsels uitteer. Die hartwande word dunner en die hartkamers sit gewoonlik uit. Die dier vrek as gevolg van 'n skielike onderbreking van die bloedsirkulasie.

Daar is geen effektiewe middel teen die siekte nie. As die produktiewe miokardiale fibrose tot op 'n sekere punt gevorder het, kan die beskadigde hartweefsels nie weer herstel nie. (Steyn, 1934).

Die giftige bestanddeel van die „gousiektebos" is nog nie geïsoleer nie. Aangesien die dier nie kort nadat hy die plant gevreet het, vrek nie, word die saak bemoeilik; die dier is in baie gevalle al reeds uit die kamp waar die „gousiektebos" groei, verskuif, voordat hy vrek. Dit mag 2 - 6 weke neem voordat die dier vrek.

Hierdie plant is van groot ekonomiese belang, aangesien dit jaarliks groot veeverliese tot gevolg het. In die droë Wes-Transvaalse dele word van tyd tot tyd swaar veeverliese gely as gevolg van „gousiekte".

Verskeie navorsers het al gepoog om die giftige bestanddeel van *P. pygmaeum* te isoleer. In 1952 het Veldsman, in sy soektog na die giftige bestanddeel, die volgende nie-giftige kristallyne stowwe uit *P. pygmaeum* geïsoleer: 'n laktoon met smeltpunt 199°C ; 'n fitosterool met smeltpunt $253 - 6^{\circ}\text{C}$; mannitol met smeltpunt 166°C en 'n flavonolglukosied met 'n smelt-

punt van 222 - 4°C. In 1961 het Clingman egter ook 'n flavonolglukosied uit die blare van *Pachystigma pygmaeum* geïsoleer en dit as rutien (8-kwersitienrutienosied), geïdentifiseer. In 1959 is die triterpenoïede suur, ursol-suur, deur Anderson en Kock uit verskeie spesies van die plantfamilie Rubiaceae, nl. *Pachystigma pygmaeum*, *Pavetta harbori*, *Pygmaeothamnus zeyheri* var. *zeyheri* en *Pygmaeothamnus zeyheri* var. *rogersii*, geïsoleer wat volgens die skrywers moontlik die oorsaak van „gousiekte“ kan wees.

Visser (1964) het gemeen dat indien rutien of 'n soortgelyke verbinding die aktiewe bestanddeel van *Pachystigma*-vergiftiging is, die toediening van trivalente yster (in die vorm van ysterchloried) in die drinkwater van vee wat onderworpe is aan *Pachystigma*-vergiftiging, moontlik die vergiftigingseffek van die rutien in die plant kon uitskakel, deurdat die rutien en yster 'n sjelaat vorm. Hy het inderdaad dan ook positiewe resultate in hierdie verband verkry. Volgens prof. T.F. Adelaar is die aanname dat die byvoeging van ysterchloried in die drinkwater van beeste en skape, gousiekte kan voorkom, ongegrond*. Hy verstrek egter geen motivering vir sy kritiek nie.

Die probleem is egter lank nog nie opgelos nie. Nog geen bevredigende verklaring vir die giftige uitwerking van die „gousiektebossie“ kon tot op hede gelewer word nie.

1.2 DOEL VAN ONDERSOEK EN MOTIVERING

Uit bostaande is dit duidelik dat tot dusver slegs aandag geskenk is aan die organiese bestanddele wat *Pachystigma pygmaeum* bevat.

Die doel van hierdie ondersoek was om die mineraalsamestelling van *Pachystigma pygmaeum* na te gaan en om dit te vergelyk met dié van nie-giftige plantsoorte wat geassosieer met *Pachystigma pygmaeum* voorkom. Die doel van

*Volgens 'n anonieme artikel: „Gousiekte is nou 'n groot gevaar“ in die Landbouweekblad 21 Desember 1965.

die ondersoek was egter nie om die oorsaak van die giftigheid van die plant te probeer vasstel nie, maar eerder om die chemiese ondersoek van die plant wat tot dusver tot die organiese bestanddele beperk was, tot die mineraalelemente uit te brei. Omdat dit 'n diepgewortelde plant is, sou 'n vergelykende studie met ander diepgewortelde plantspesies asook vlakgewortelde spesies, moontlik interessante gegewens oplewer en daarom is laasgenoemdes ook by die ondersoek ingesluit. 'n Stel proefplante is op vier verskillende lokaliteite versamel om sodoende die relatiewe verskille in die mineraalsamestelling van *Pachystigma pygmaeum* en die ander proefplante, na te gaan. Terselfdertyd is die monster-lokaliteite ook ten opsigte van die mineraalinhoud van die betrokke plantspesies, vergelyk.

Soos reeds genoem, wissel die giftigheid van *Pachystigma pygmaeum* blykbaar van gebied tot gebied: „Stock-owners consider the plant which grows in red sandy soil much more dangerous than that which grows on black clay soil" (Steyn, 1934). „The toxicity of the plant is exceedingly variable" (Veldsman, 1952). In aansluiting hierby moet genoem word dat daar 'n definitiewe verband bestaan tussen die mineraalinhoud van die plant en die grond waarop die plant groei. Hierdie verband is egter hoogs gekompliseerd (Ginzburg, 1960). Scheffer en Welte (1955) stel dit soos volg: „Der Standort Boden formt den natürlichen Pflanzenbestand, wie auch umgekehrt der Pflanzenbestand den aufbau des Bodens formt. Die Pflanze nimmt und gibt. Boden und Vegetation sind zwei aufeinander antagonistisch wirkende Systeme, die unter der gegenseitigen Einwirkung allmählich einem Gleichgewicht zustreben." Dit sou dus interessant wees om die mineraalkonsentrasies van *Pachystigma pygmaeum*, wat in Wes-Transvaal hoofsaaklik op dolomietgesteente voorkom, ten opsigte van Mn, Mg en Ca, na te gaan.

By hierdie ondersoek is die mineraalinhoud van *Pachystigma pygmaeum* ten opsigte van Mn, Fe, Zn, Cu, Na, K, Ca, Mg en P, vergelyk met dié van nie-giftige plante wat geassosieer daarmee voorkom in die klipveld van Wes-Transvaal en Pretoria. Die ander plantspesies wat ten opsigte van mineraalinhoud ondersoek is, was die volgende: *Pygmaeothamnus zeyheri*, *Triumfetta sonderi*, *Andropogon amplexans*, *Trachypogon spicatus*, *Brachiaria serrata*, *Triraphis andropogonoides* en *Dichapetalum cymosum*.

1.3 DIE VOORKOMS VAN MINERAALSTOWWE IN PLANTE

In 1945 reeds is ongeveer sestig elemente positief in plantmateriaal geïdentifiseer. (Robinson en Edgington, 1945). Gilbert (1957) reken dat al die bekende elemente, behalwe miskien die edelgasse, moontlik uiteindelik in plantmateriaal gevind sal word, indien gevoeliger analitiese metodes ontwikkel word.

Die opname van minerale deur die plant word selektief gekontroleer, op so 'n wyse dat sekere elemente vrylik inbeweeg terwyl ander in 'n minder of meerdere mate verhinder word. Die opname van een element deur 'n plant kan onderdruk of verhoog word deur die teenwoordigheid van ander elemente in die voedingsbodem. (Evans et al., 1951.)

Die elementêre mineraalsamestelling van plante, is in 'n groot mate kenmerkend van die besondere spesie. Oor die algemeen word voedingselemente vrylik deur die plant opgeneem totdat sy voedingsbehoeftes bevredig is, waarna die opname van addisionele hoeveelhede van sodanige elemente ophou. Sommige plantspesies besit egter die vermoë om sekere elemente wat oënskynlik nie in hulle metabolisme benut word nie, in buitengewoon hoë konsentrasies te absorbeer (Gilbert, 1957). Sulke plante word akkumulatorplante genoem. ^{volgens} Daarom

Bollard en Butler (1966) kan twee tipes akkumulatorplante onderskei word:

(i) Plantspesies wat hulleself aangepas het by omgewings waar 'n hoë konsentrasie van 'n sekere element in die grond voorkom en wat dan self ook 'n hoë konsentrasie van die betrokke element bevat

(ii) Plantspesies wat 'n abnormaal hoë konsentrasie van 'n sekere element bevat terwyl hy in 'n omgewing voorkom wat 'n normale konsentrasie van die betrokke element bevat.

In albei soorte akkumulatorplante moet meganismes wat dit vir die plant moontlik maak om die geakkumuleerde element te verdra, teenwoordig wees. Sulke meganismes kan o.a. die volgende wees:

- (i) ekstrasellulêre afsetting,
- (ii) die vorming van kristalle in die sel,
- (iii) die vorming van spesifieke organiese metaalkomplekse,
- (iv) die vorming van ongewone metaboliese produkte (Bollard en Butler, 1966).

'n Mens sou dink dat daar in gebiede met abnormaal hoë metaalkonsentrasies 'n eenvoudige verband tussen die mineraalinhoud van die plant en dié van die ertsmetale in die voedingsbodem bestaan. Dit is egter nie die geval nie, aangesien die opname van minerale uit die voedingsbodem beheer word deur 'n stel hoogs gekompliseerde ewewigsverhoudings (Hawkes en Webb, 1962). Verskeie faktore, soos die oplosbaarheid van die ertsmetale in die voedingsoplossing, verskeie fisiese en aktiewe mineraalopnameprosesse, diepte van wortelindringing en variasie in grond-pH, speel 'n rol by die inbeweging van minerale in die plant.

HOOFSTUK II

PROEFMATERIAAL EN KORT BESKRYWING VAN DIE LOKALITEITE WAAR DIE PLANTMATERIAAL

VERSAMEL IS

2.1 PROEFMATERIAAL

(i) *Pachystigma pygmaeum* (Schltr.) Robyns (Gousiektebossie) (fig. 2.1)

Mes en de Villiers (1944) bespreek die morfologie, fisiologie en die uitroeiing van *P. pygmaeum* volledig. 'n Beskrywing van die plant is o.a. ook deur Codd en Voorendyk (1966) gepubliseer.

Die plant kan kortliks soos volg beskryf word:

Pachystigma pygmaeum is 'n houtagtige, meerjarige struik van die plantfamilie Rubiaceae. Die plant besit ondergrondse stingels en verskeie blaandraende takkies wat bo die oppervlak van die grond te voorskyn kom. Die blaandraende takkies van een plant kan tot vyf vk. meter bedek. Waar dele van die veld oordek is met *P. pygmaeum* is dit gevolglik onmoontlik om vas te stel hoeveel individuele plante daar voorkom, sonder om die plante uit te grawe.

Die ondergrondse deel van die plant bestaan uit stingels en wortels. Sommige plante het 'n redelik dik primêre wortel wat regaf groei, en 'n aantal ondergrondse stingels wat ongeveer horisontaal groei. Ander plante het weer 'n groot aantal wortels wat gewoonlik regaf groei, soms egter horisontaal of selfs opwaarts. In sulke gevalle is die wortels bywortels, en ontwikkel hulle op die ondergrondse stingels. Dit is moeilik om vas te stel waar die stingel ophou en waar die wortel begin.

Die ondergrondse stingel vorm 'n onreëlmatige netwerk. Hierdie stingels groei naastenby horisontaal en ongeveer 5 - 20 cm onder die grond.

Die blare is ovaalvormig en is met fyn haartjies bedek. Hulle word

teenoorstaande op die bogrondse blaardraende takkies gedra.

P. pygmaeum kom hoofsaaklik op grasvlaktes in gebiede redelik hoog bo seespieël, voor. Die gebiede waar *P. pygmaeum* aangetref word, word in figuur 2.4 aangetoon. Benewens hierdie gebiede kom die plant ook in Macheke en Salisbury in Rhodesië voor. [Hierdie inligting is deels vanaf die herbariummonsters van die Nasionale herbarium, Pretoria en deels uit die werk van Steyn (1934) ingewin.]

Hierdie struikies bly rustend onder die grondoppervlak gedurende die wintermaande. Met die eerste reëns ontwikkel die groen blare, gewoonlik voor die grasse begin groei het. Dit is dus op hierdie stadium dat vee, veral nadat hulle min groenigheid gedurende die wintermaande gehad het, geneig is om die eerste beskikbare groen plante te vreet (Evans, 1923).

(ii) Die nie-giftige plante waarvan die mineraalsamestelling vir vergelykende doeleindes ontleed is, was die volgende:

Pygmaeothamnus zeyheri (Sond.) Robyns, wat ook onder die plantfamilie Rubiaceae sorteer. Hierdie plant lyk baie op *P. pygmaeum*, maar sy blare is kaal. (fig. 2.3). Hierdie plant is ook betreklik diep gewortel*.

Triumfetta sonderi Fic en Hiern, van die plantfamilie Tiliaceae. (fig. 2.2)

(iii) Die volgende grasspesies:

Andropogon amplexans Nees.

Trachypogon spicatus (L.f.) Kuntze, O.

Brachiaria serrata (Spreng.) Stapf.

Triraphis andropogonoides (Steud.) Phillips.

(iv) Op een lokaliteit (Pretoria) is die giftige *Dichapetalum cymosum* Engl. (gifblaar) van die familie Dichapetalaceae egter ook vir mineraalontleding versamel.

*Persoonlike mededeling: Dr. W.J. Louw.



Pachystigma pygmaeum in die klipveld van Wes-Transvaal.

Fig. 2.1



Triumfetta Sonderi

Fig. 2.2



Pygmaeothamnus zeyheri

Fig. 2.3

2.2 LOKALITEITE WAAR PLANTE VERSAMEL IS

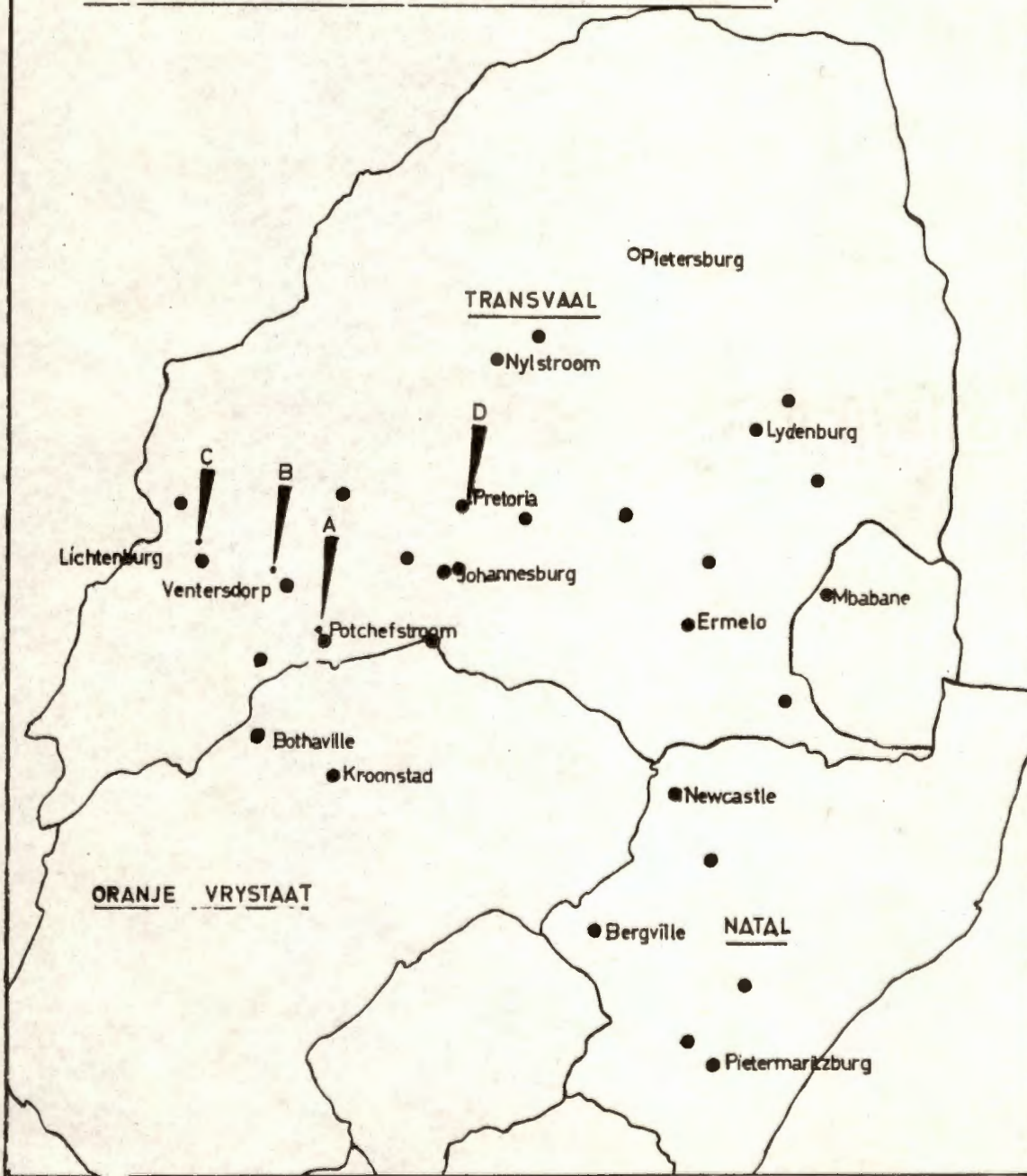
Plantmonsters is op drie lokaliteite in die klipveld van Wes-Transvaal versamel: Elf myl buite Potchefstroom op die Ventersdorppad; Nege-en-twintig myl buite Ventersdorp op die Swartruggenspad by die Gousiektenavorsingstasie te Zwartrand; Twee myl buite Lichtenburg op die Ottoshooppad. (fig. 2.4)

Die grondkleur van bogenoemde lokaliteite was rooi-bruin, Hierdie grond is waarskynlik afkomstig óf uit ingewaaide sand óf uit dolomiet (Harmse, 1963). Dolomietgesteente bestaan hoofsaaklik uit Kalsium- en Magnesiumkarbonate. Konkresies (sg. „ouklip”) wat in hierdie gebied gevind is, dui daarop dat die oorspronklike gesteentes of aangevoerde materiaal, 'n redelik hoë mangaangehalte besit het. By gebrek aan genoegsame inligting, bv. korrelgrootte en algemene samestelling van die onderskeie mineraalfraksies, is dit nie moontlik om die grond noukeurig te klassifiseer nie. Die grond is waarskynlik litosols, aangesien die gronddiepte beperk was as gevolg van rotsdagsome wat oor die hele gebiede waar plantmonsters geneem is, voorgekom het. In die Zwartrandomgewing is daar weer van die sogenaamde „ouklip”-konkresies aangetref en gevolglik kon verwag word dat die grond van hierdie spesifieke lokaliteit moontlik 'n relatief hoër mangaaninhoud sou besit.

Plantmonsters is ook op 'n randjie in Derdepoort, Pretoria, geneem (fig. 2.4). Hierdie grond was 'n donker-bruin leem-sand wat waarskynlik ontwikkel het uit kwartsiete en skalie van die Pretoriaserie van die Transvaal-sisteem.

Die volgende plantspesies is onderskeidelik op genoemde vier lokaliteite vir mineraalontleding versamel:

GEBIEDE WAAR *Pachystigma pygmaeum* AANGETREF WORD, ASOOK
DIE LOKALITEITE WAAR DIE PROEFPLANTE VERSAMEL IS.



- A: Potchefstroom-monsterlokaliteit.
- B: Zwartrand-monsterlokaliteit.
- C: Lichtenburg-monsterlokaliteit.
- D: Pretoria(Derdepoort)-monsterlokaliteit.

●: Gebiede waar *Pachystigma pygmaeum* aangetref word.

FIG. 2-4

A. Lichtenburgomgewing:

Pachystigma pygmaeum
Pygmaeothamnus zeyheri
Andropogon amplexans
Trachypogon spicatus
Brachiaria serrata
Triraphis andropogonoides

B. Zwartrandomgewing:

Dieselfde spesies as hierbo.

C. Potchefstroomomgewing:

Pachystigma pygmaeum
Pygmaeothamnus zeyheri
Triumfetta sonderi
Andropogon amplexans
Brachiaria serrata

D. Pretoria-omgewing:

Pachystigma pygmaeum
Triumfetta sonderi
Dichapetalum cymosum

HOOFSTUK III

VOORBEREIDING VAN PLANTMONSTERS, REAGENSE EN APPARAAT EN VERTERING VAN PLANT- MATERIAAL

3.1 INLEIDING

Mineraalanalise van plantweefsel is 'n aktuele onderwerp in die plantanalise, asook 'n onderwerp waarop reeds vanaf die vroegste jare intensiewe navorsing gedoen is. Reeds in 1804 het de Sausure die inhoud van plantas geanaliseer. In 1862 wys Weinhold op die moontlikhede van plantanalise by die bepaling van die voedingsbehoefte en voedingstatus van plante. Gedurende die afgelope dekades het die klem van grondanalise vir die analitiese diagnose van plantvoedingsbehoefte verskuif na plantanalise. Hierdie ontwikkeling word mooi aangetoon deur die werk van Lundegårdh (1944), die man wat ook beskou kan word as die vader van blaaranalise.

Die volledige kronologiese ontwikkelingsgeskiedenis van plantanalise vir mineraalbestanddele, word gegee deur Smith (1962), Ulrich (1952) en Goodall en Gregory (1947).

Tans is die mineraal-analise van plante tot baie noukeurige metodes verfyn. Daar bestaan noukeurige en betroubare metodes vir die analise van die makroëlemente in plantmateriaal. Wat die spoorelemente betref, is die analise-metodes nog nie tegnies vervolmaak nie, alhoewel dit in 'n hoë mate verfyn is. Die noukeurigheidsgrense van spesifieke bepalingsmetodes word natuurlik ook beïnvloed deur die vaardigheid van die ondersoeker. Tereg stel Rippel (1930) die saak soos volg: „Keine Methode ist als absolut richtig anzusehen, sondern jede stellt mehr oder weniger eine Konventionsmethode dar, welche sich dem

absolút Richtigen allerdings weitgehend nähert." Hierdie siening is met hedendaagse verfynde tegnieke nog van toepassing.

'n Besondere kenmerk van plantanalise lê daarin dat alvorens die werklike bepaling kan geskied, daar eers van 'n groot hoeveelheid organiese materiaal ontslae geraak moet word. Hierdie manipulasie van die plantmonster is 'n groot bron van onnoukeurigheid.

Spoorelementanalise en die kontaminasieprobleem gaan hand aan hand. Hierdie probleem word verskerp deur die neiging in die hedendaagse analitiese chemie om steeds kleiner konsentrasies van die verlangde bestanddele te bepaal, asook om al hoe kleiner monsters te gebruik. Analisemetodes vir mikrogramhoeveelhede is roetinetwerk in baie laboratoriums en selfs bepalinge van millimikrogramhoeveelhede van sekere elemente. is nie vergesog nie (Thiers, 1957).

'n Groot bron van kontaminasie by spoorelementanalise in plantmateriaal is ook die was, droog en maal van die plantmateriaal. Gevolglik vorm die oplos en uitskakel van kontaminasieprobleme 'n integrale deel van die analisemetodes. 'n Volledige bespreking aangaande die kontaminasieprobleem by spoorelementanalise word gegee deur Thiers (1957) en Koch en Koch-Dedic (1964).

3.2 VOORBEREIDING VAN PLANTMONSTERS

3.21 VERSAMELING VAN PLANTMATERIAAL

By kwantitatiewe mineraalanalise van plantmateriaal speel die monstermetode 'n belangrike rol. Indien 'n monster nie werklik verteenwoordigend is nie, is daaropvolgende noukeurige analisemetodes van weinig nut (Humphries, 1956).

Indien die doel van die mineraalanalise is om die voedingstatus van

die plant of om die voedingswaarde van die grond waarop die plant groei, te diagnoseer, is die gedeelte van die plant wat vir monsterring gebruik word, van groot belang. In so 'n geval moet die plantdeel waarvan die monsters geneem is, die mineraalstatus van die plant as geheel weerspieël. Die blaar word egter deur die meeste outeurs as die geskikste vir monsterdoeleindes beskou. (Thomas, 1945 en Goddall en Gregory, 1947). Die motivering hiervoor is hoofsaaklik die volgende: Die blaar is die setel van baie plantprosesse en kan onder meer beskou word as die sinteselaboratorium van die plant. Verder is slegs die blaar se ontogenetiese wisseling van hoofvoedingstowwe, verteenwoordigend van die plant as geheel. (Ballard, L.A.T., en Petrie, A.H.K., 1927).

By hierdie ondersoek is slegs die blare van die proefplante vir monsterring gebruik. Die hoofoorweging hiervoor was in hierdie geval egter die feit dat die bogrondse dele van *Pachystigma pygmaeum* feitlik slegs uit blare bestaan en die dier dus feitlik slegs die blare van hierdie plant vreet.

Die mineraalsamestelling van plantweefsels wissel met ouderdom, aangesien hulle onderworpe is aan fisies-chemiese veranderings, Oor die algemeen is die mineraalkonsentrasie van jonger weefsel hoog, en dit neem af namate dit wasdom bereik en verouder (Smith, 1962). In die geval van sekere elemente is die omgekeerde van toepassing.

Seisoensverandering het ook 'n invloed op die mineraalsamestelling van plante. Volgens Smith (1962) het die seisoensverandering 'n relatief kleiner effek op die mineraalsamestelling as die jaar tot jaar variasie. Volgens Henrici (1935) vertoon grassoorte groter seisoensvariasies in hulle chemiese samestelling as bossies. Aangesien die mineraalsamestelling van die plant ook in die loop van die dag verander, word daar deur verskeie outeurs aanbeveel dat die plantmateriaal ongeveer tussen 6 vm en 10.30 nm versamel moet word.

Waar 'n vergelykende studie, soos in hierdie geval, ter sprake is, is die relatiewe verskille van groter belang as die presiese hoeveelhede. Verder is hoofsaaklik ook belanggestel in 'n vergelyking tussen die lokaliteite ten opsigte van die relatiewe verskille in die mineraalsamestelling van die proefplante. Wat egter van groot belang is, is die feit dat die reeks monsters van 'n monstergebied op dieselfde tydstip geneem moet word.

Met bogenoemde argumente in gedagte is die plantmonsters op elke gebied geneem. Die monsters is in elke geval voor 11.30 vm geneem. Die monsters is op die volgende datums versamel:

- (i) Potchefstroomomgewing: Januarie 1968
- (ii) Zwartrandomgewing : Maart 1967
- (iii) Lichtenburgomgewing : April 1967
- (iv) Pretoria-omgewing : Maart 1968

Monsters van die proefplante is oor die hele monstergebied versamel, sodat 'n verteenwoordigende saamgestelde monster van elke spesie verkry is. Die bossies of graspolle is ongeveer 2 sentimeter bokant die grond afgesny. Hierdie monsters is in bruinpapiersakke wat vol gate gesny is, geplaas en so gou as moontlik na die laboratorium vervoer. Aangesien 'n verlies aan droëgewig 'n ooreenstemmende toename in mineraalkonsentrasie ten gevolg het, moet die respirasie van die proefplante na versameling, tot 'n minimum beperk word. Steyn (1957) het hierdie aspek van plantmonstering vir mineraalanalise, deeglik ondersoek en gevind dat die verlies aan droëgewig die minste is as die plantmonsters in goed geventileerde houers, na die laboratorium vervoer word.

In die laboratorium is die blare een vir een met die hand van die plante afgepluk. In die geval van die grasse, was hierdie proses tydrowend. Droë en beskadigde blare is nie gebruik nie.

Dit sou egter verkieslik gewees het om monsters van elke betrokke plantspesie op 'n aantal verskillende plekke in elke monsterlokaliteit te versamel om sodoende 'n aantal onafhanklike monsters van elke spesie in die betrokke monsterlokaliteit te kon verkry. Die analiseresultate van die so verkreeë monsters sou hul dan leen tot statistiese analise sodat die variasie bereken kon word. Aangesien dit moeilik sou wees om so 'n groot aantal afsonderlike plantmonsters van een monsterlokaliteit, te hanteer, asook om die tydverloop vandat die plante versamel is totdat hulle in die droogoond geplaas word, tot 'n minimum te beperk (kyk 3.23) is, soos reeds vermeld, slegs een groot saamgestelde, verteenwoordigende monster van elke betrokke plantspesie op elke monsterlokaliteit versamel. Soos uit die resultate blyk, was die verskille in mineraalsamestelling van die onderskeie proefplante egter aansienlik, sodat 'n statistiese analise van die resultate heelwaarskynlik nie nodig is om die betekenisvolheid van die verskille in mineraalkonsentrasies tussen die onderskeie proefplante, aan te toon nie. Verder het die onderlinge verhouding tussen die konsentrasies van die onderskeie minerale in die onderskeie proefplante van die verskillende monsterlokaliteite, nou ooreengestem. Die verkreeë analiseresultate van die proefplante van die afsonderlike monsterlokaliteite kon dus onderling gekontroleer word.

Nog 'n rede vir die monstermetode gevolg by hierdie ondersoek was die feit dat hierdie studie in 'n groot mate daarop ingestel was om die bepalingmetode te ondersoek. Daar is dus besluit om die variasie wat daar tussen die individue van een spesie wat in dieselfde omgewing groei, uit te skakel deur een gesamentlike, verteenwoordigende monster te neem en om drie replikate bepalinge van die onderskeie elemente daarop uit te voer ten einde die bepalingmetode te kontroleer.

3.22 REINIGING VAN PLANTMATERIAAL

Dit is noodsaaklik dat die oppervlak van die blare wat vir mineraalanalise versamel is, deeglik gereinig moet word. Waar spoorelementalanalise ter sprake is, is 'n baie klein hoeveelheid kontaminasie voldoende om die resultate ongeldig te maak. (Goodall en Gregory, 1947).

Die proefplante wat in hierdie ondersoek gebruik is, is uit die onversteurde veld verkry en gevolglik was kontaminasie as gevolg van spuitmiddels uitgeskakel. Die hoofbron van oppervlakkontaminasie was in hierdie geval slegs grond en atmosferiese stof. Aangesien yster een van die elemente is wat bepaal is, was dit absoluut noodsaaklik dat alle spore van grond van die plantoppervlak verwyder moes word.

Piper (1950) is van mening dat dit nie toelaatbaar is om plantmateriaal wat vir mineraalanalise gebruik word, met water af te was nie, aangesien die gevaar bestaan dat van die meer oplosbare bestanddele soos bv. kaliumsoute, uitgeloog word. Om hierdie rede beveel hy aan dat die blare met 'n kameelhaarkwassie afgevee word. By hierdie ondersoek, veral in die geval van die grasse wat oordek was met fyn haartjies wat die verwydering van gronddeeltjies bemoeilik het, sou so 'n metode heeltemal ontoereikend wees. 'n Literatuurorsig aangaande hierdie probleem word gegee deur Goodall en Gregory, (1947), Smith, (1962) en Steyn, (1957) wat ook 'n reeks proewe in hierdie verband gedoen het. Hierdie outeurs is dit eens dat die afvee van die plantmonster of selfs die afwas daarvan slegs met water, onvoldoende is. Die gebruik van 'n reinigingsmiddel of verdunde soutsuur word aanbeveel. Jacobson (1945) gebruik 0.3N HCl vir die reiniging van blaarmonsters wat vir Fe-bepaling bestem is.

Steyn (1957) het gevind dat goeie resultate verkry word as die plantmonsters met 'n 0.1% Teepoloplossing afgewas word. Krüger (1966) maak ook van 'n 0.1% Teepoloplossing gebruik vir reinigingsdoeleindes.

Die volgende prosedure is by hiendie ondersoek gevolg: Direk nadat die blare van die plante afgepluk is, is hulle een vir een in 'n houer wat 'n 0.1% Teepoloplossing bevat het, gedoop en met die vingers skoongevryf. Hierna is hulle oorgedra in 'n houer met gedistilleerde water en daarna afgespoel in gedeïoniseerde water. Sorg is geneem om die blare so kort as moontlik in elke oplossing te hou om die uitloging van oplosbare bestanddele tot 'n minimum te beperk. In die geval van die grasblare, het hiendie metode baie tyd in beslag geneem.

3.23 DROGING VAN PLANTMATERIAAL

Sommige analitiese metodes vereis die gebruik van vars plantmateriaal, maar in die meeste gevalle, soos ook by mineraalanalise, vorm die gedroogde plantmateriaal die beginpunt van die analise.

Dať plantmonsters so gou as moontlik na versameling gedroog moet word ten einde chemiese en biologiese veranderinge tot 'n minimum te beperk, word deur alle outeurs as 'n noodsaaklikheid beskou. As die droogproses na versameling, onnodig vertraag word, veroorsaak dit aansienlike verliese en droëgewig as gevolg van respirasie. Dit het gevolglik 'n ooreenstemmende hoër mineraalkonsentrasie van die materiaal ten gevolg. Steyn (1957) het die ontbinding van plantmateriaal wat die droogproses voorafgaan deeglik ondersoek.

Daar bestaan meningsverskil by die outeurs betreffende die temperatuur waarby plantmonsters gedroog moet word, Steyn (1957) gee 'n literatuuroorsig van die standaard-droogmetodes wat deur ander navorsers gebruik word.

Die hoofoorweging by die keuse van 'n drogingstemperatuur is dat dit aan die volgende vereistes moet voldoen:

- (i) 'n Temperatuur wat toereikend is om die ensieme te vernietig
- (ii) 'n optimum temperatuur om die vog af te dryf met die minimum termiese ontbinding.

Volgens proewe uitgevoer deur Steyn (1957) op sitrusblare, is vasgestel dat termiese ontbinding omtrent verwaarloosbaar is by 50°C , maar volgens Tauber (1949) is 'n temperatuur van 50°C nie toereikend om alle ensieme te vernietig nie. By 'n temperatuur van 105°C is termiese ontbinding van die blare aansienlik hoog, aangesien Steyn gevind het dat die blare by dié temperatuur nie 'n konstante droë gewig bereik nie. Hy kom egter tot die gevolgtrekking dat 65°C die aangewese temperatuur vir die droging van sitrusblare is. Sy motivering is dat die ensieme by dié temperatuur wel vernietig word, sodat verdere verlies aan droë gewig gedurende berging minimaal is, terwyl termiese ontbinding gedurende die droogproses relatief laag is.

By hierdie ondersoek is dit dus gerade geag om die plantmonsters by 65°C te droog. 'n Geventileerde droogoond, vervaardig van vlekvrystaal, is vir hierdie doeleindes gebruik. Om die moontlikheid van kontaminasie gedurende die droogproses in die oond uit te skakel, is die materiaal in toe bruinpapiersakke waarvan die sye vol gate gesny is, geplaas. Die plantmonsters is vir 4-5 dae lank gedroog.

Steyn (1957) het eksperimenteel vasgestel dat die termiese ontbinding van gemaalde plantmateriaal heelwat hoër is in vergelyking met dié van materiaal in hulle oorspronklike fisiese toestand en staan skepties teenoor die aanbeveling van ander outeurs wat gemaalde plantmateriaal by hoër tempe-

rature droog voor uitweging.

Met hierdie ondersoek is die gemaalde plantmateriaal vir presies 12 uur lank by 65°C gedroog voor uitweging.

3.24 MAAL VAN PLANTMATERIAAL

Ten einde die plantmateriaal te homogeniseer, sodat die klein hoeveelhede wat vir die uiteindelijke analise uitgeweeg word, verteenwoordigend is, is dit noodsaaklik om die plantmateriaal fyn te maal. Uit die aard van die saak is die maalproses 'n moontlike bron van ernstige kontaminasie by mineraalanalise, veral in die geval van spoorelemente.

Hood, Parks en Hurwitz (1944) het verskeie maalmetodes vir plantmateriaal ondersoek en hulle vergelyk ten opsigte van die hoeveelheid kontaminasie deur elk veroorsaak. Die meulens by hulle ondersoek gebruik was 'n Wiley-meul, hamermeul, balmeul asook 'n vysel en stamper. Die vysel en stamper het geblyk verreweg die beste te wees. Dit was vervolgens duidelik uit hulle resultate dat dit nie moontlik is om vir die kontaminasiefout te kompenseer deur 'n konstante korreksiefaktor nie, aangesien die hoeveelheid kontaminasie wisselvallig was.

By hierdie ondersoek is die hele monster versamel van elke spesie, gedroog en gemaal. (Ongeveer 150 - 250g droë gewig.) Sodoende is 'n homogene en daarom verteenwoordigende monster van elke spesie verkry (Humphries, 1956). Dit was dus onprakties om die monster met 'n gewone vysel en stamper te maal.

Die meul wat vir die maal van die plantmateriaal gebruik is, was 'n „Retsch-grindomat" meganiese vysel (kyk fig. 3,1). Die vysel en stamper van hierdie meul is vervaardig van harde porselein. Die harde porselein bestaan uit die volgende grondstowwe: (Hierdie inligting is op aanvraag deur die vervaar-

digers beskikbaar gestel) 30% Al_2O_3 , 62.6% SiO_2 , 4.0% Alkaliëe, 0.4% TiO_2 , 0.5% MgO en 2% FeO_3 . Die hardheid van die porselein is aangegee as 8 Mohs. Uit bostaande inligting is dit duidelik dat kontaminasie van Fe, Mg en Alkaliëe moontlik is indien daar verwerking van die vysel en stamper sou plaasvind. Daar is egten altyd gesorg dat daar 'n genoegsame hoeveelheid plantmateriaal in die apparaat was, sodat verwerking van die vysel en stamper so te sê uitgesluit was. Alhoewel die maalproses met hierdie meul baie tyd in beslag geneem het, het die meul baie goed aan sy doel beantwoord: Die plantmateriaal is tot 'n fyn homogene poeier gemaal, terwyl die monsters slegs in 'n uiters geringe mate gekontamineer is soos uit latere ondersoek geblyk het.

'n Nadeel van die meul was dat die plantblare redelik fyn gesny moes word alvorens hulle in die meganiese vysel gemaal kon word, Vir hierdie doel is 'n homogeniseerder gebruik wat toegerus was met 'n lem van elektrolities-suiwer nikkel wat spesiaal deur die instrumentmakery van die P.U. vir C.H.O. vervaardig is. Alle ander metaaldele is vernikkel om die moontlikheid van Fe-kontaminasie uit te skakel. Dit was in geen geval nodig om die plantmateriaal langer as 10 sekondes in die homogeniseerder te maal alvorens dit fyn genoeg was vir verdere maling in die meganiese vysel nie.

Om die moontlikheid van kontaminasie gedurende die hele maalproses te kontroleer, is by elke stel plantmonsters ook 'n hoeveelheid analities-suiwer dekstrose ingesluit wat vir 15 sekondes in die homogeniseerder en vir 6 uur in meganiese vysel gemaal is. (Die plantmonsters is oor die algemeen binne 1 - 2½ uur fyn gemaal in die meganiese vysel.) Hierdie dekstrose is as kontrole aan dieselfde analises as die plantmateriaal onderwerp.

3.25 BERGING VAN PLANTMATERIAAL

Oor die algemeen is die outeurs die mening toegedaan dat nadat plantmateriaal gedroog is, dit onder steriele toestande, vir 'n onbeperkte tydskuur geberg kan word. (Ulrich 1952, Goodall en Gregory, 1947).

Steyn (1957) het hierdie saak ondersoek en gevind dat daar wel met die verloop van tyd 'n afname in die stikstofinhoud van droë plantmateriaal is. Die ontbinding van stikstofverbindinge het gevolglik 'n invloed op die droë gewig en beïnvloed sodoende die resultate oor die algemeen. Volgens Steyn moet gemaalde plantmateriaal binne twee maande na versameling geanaliseer word.

By hierdie ondersoek was dit egter nie moontlik om 'n volledige analise van al die plantmonsters binne twee maande af te handel nie. In sommige gevalle het ongeveer ses maande verloop voor die analises deurgevoer kon word.

Groot sorg is egter geneem om die gemaalde plantmateriaal onder optimum kondisies te berg: Nadat die plantmateriaal gemaal is, is dit in deeglik skoongemaakte glasflesse geplaas. Hierdie flesse is vir ongeveer 8 uur oop in 'n geventileerde oond by 65°C geplaas, om sodoende die vog wat die materiaal gedurende die maalproses geabsorbeer het, te verwyder. Hierna is die flesse met plantmateriaal, nog warm, lugdig verseël en in 'n donker kas geberg.

3.3 WATER, REAGENSE EN APPARAAT

3.31 WATER: Groot sorg is geneem om die water wat by die analise (bereiding van reagense, verdunning van monster en ykoplossings) gebruik is, so suiwer as moontlik te kry, aangesien die geringste onsuiverheid van die water 'n groot effek op die eindresultate sou hê.

Die water is naamlik deur middel van 'n gewone metaal distilleerapparaat oorgedistilleer, waarna dit deur 'n ionuitruilhars gestuur is. Direk

voor gebruik is hierdie water weer in 'n borosilikaat-glasdistilleerapparaat oorgedistilleer en in 'n politeenhouer geberg.

3.32 REAGENSE

Vir die vertering van plantmateriaal is sure met 'n gewaarborgde suiwerheid, nl. „Pro analysi” van die firma Merck, gebruik. Hierdie sure moes van die hoogste suiwerheid wees, aangesien groot volumes daarvan gebruik word by die verteringsproses, waar dit ingedamp word en enige onsuierhede daarin, dus gekonsentreer word.

Die gevaar bestaan egter dat onsuierhede uit die glas van die houer waarin die suur is, die suur kontamineer (kyk 3.33). Om hierdie rede is die salpetersuur (salpetersuur maak die grootste gedeelte van die verteringsmengsel uit) bowendien in 'n borosilikaatdistilleerapparaat oorgedistilleer.

Vir alle ander doeleindes (bereiding van kleurreagense, ykoplossings ens.) is slegs chemikalieë van 'n analities-suiwergehalte gebruik.

3.33 APPARAAT

By spoorelementanalise kan die materiaal waarvan die apparaat wat by die analise gebruik word die bron van ernstige kontaminasie wees.

Volgens Thiers (1957) is die volgende materiale, in volgorde van voorkeur, die geskikste: politeen, platina, versmelte silika, plastieke, borosilikaatglas, porselein en vlekvrre staal.

Alle glasapparaat (bv. kjeldahlflesse, distilleerapparate, bekere ens.) wat by hierdie ondersoek gebruik is, was vervaardig van borosilikaatglas. Alle pipette en volumetriese flesse wat gebruik is, was van „graad-A”-gehalte.

Glashouers het dié nadeel dat alkalie- en alkalie-aardmetale (moontlik ook ander onsuierhede) uit die glas in die oplossing wat daarin geberg

word, diffundeer. Van die opgeloste stowwe word ook aan die wande geadsorbeer, of diffundeer in die glas in.

Om hierdie rede is dit nie raadsaam om oplossings wat vir spoorelementalanalise gebruik word, vir lang periodes in glashouers te laat staan nie. Glasflesse met ingeslypte proppe het nog die verdere nadeel dat die wrywing met die afhaal van die prop, die vrykoming van alkalie- en alkalie-aardmetale ten gevolg het, wat die oplossing kontamineer. Herrmann en Alkemade (1963) en Thiers (1957) bespreek hierdie aspek volledig.

Politeen- en Polistireenhouders het dié voordeel bo glashouers, dat waterige oplossings nie die wande daarvan natmaak nie, en wandeffekte, alhoewel nie uitgesluit nie, in 'n groot mate beperk is.

By hierdie ondersoek is gevolglik slegs van politeenhouders gebruik gemaak vir die berging van water, ykoplousings en verteerde plantmonsters.

3.34 REINIGING VAN APPARAAT

Alle glasapparaat is van tyd tot tyd met chroomswawelsuur gereinig deur dit vir 24 uur daarin te laat lê. Daarna is die apparaat deeglik met kraanwater, vervolgens met gedistilleerde water en laastens met gedeïoniseerde water, afgespoel. Die so gereinigde apparaat is in 'n stofdigde kas gehou.

Gewoonlik is alle glasapparaat voor gebruik eers met verdunde HCl uitgespoel. Na 'n aantal kere se gebruik is hulle egter weer met chroomswawelsuur gereinig.

Voor gebruik is alle politeenhouders met verdunde HCl (ca 1%) gevul en vir 'n paar dae laat staan. Hierna is hulle vir talle periodes van 'n week elk geloog deur hulle met suiwer water te vul.

Lappe of reinigingsmiddels is nooit gebruik om apparaat te reinig nie.

Waar moontlik is houers direk voor gebruik altyd met die oplossing wat daarin moes kom, uitgespoel.

'n Volledige bespreking aangaande die reiniging van apparaat vir gebruik by spoorelementanalise, word deur Thiers (1957) en Herrmann en Alkemade (1963), aangegee.

3.4 VERTERING VAN PLANTMATERIAAL

3.41 BESPREKING

Die verwydering (vernietiging) van die organiese materiaal is die algemene voorafgaande stap by spoorelementanalise van plantmateriaal en ander monsters wat grootliks uit organiese materiaal bestaan. Aangesien die monsters tydens hierdie stap aan drastiese behandeling onderwerp word, kan kontaminasie geredelik plaasvind as daar nie baie versigtig te werk gegaan word nie. Die klassieke metodes is nat of droë verassing van die organiese gedeelte van die monster. Albei hierdie metodes verskaf dikwels resultate wat óf te hoog óf te laag is. Waar die analise 'n beperkte aantal elemente insluit, bestaan daar tegnieke waar die verassingsprosedure omseil word, bv. deur ekstraksie deur middel van 'n ioonuitruilershars of oplosmiddel, deur uitloging en deur direkte spektrografiese analise. Desnieteenstaande bly verassing die aangewese metode, veral waar 'n groot verskeidenheid elemente op dieselfde monster bepaal word.

Daar is egter 'n aantal nadele verbonde aan droë verassing: By die hoë temperature wat met droë verassing gepaard gaan, bestaan die gevaar dat sommige elemente, bv. fosfor en kalium, kan vervlugtig. Die hoë temperatuur bevestig ook die vorming van onoplosbare silikakomplekse. Al word die verassingsproses ook hoe versigtig uitgevoer, word daan altyd klein hoeveelhede van sommige bestanddele deur die silika agtergehou. (Piper, 1942)



Meganiese vysel en Homogeniseerder.

Fig. 3.1



Elektriese verhitteeenheid met Kjeldahlflesse.

Fig. 3.2

In die geval van nat verassing kan die temperatuur nie die kookpunt van die betrokke sure oorskry nie, terwyl die organiese materiaal oor die algemeen ook gouer geoksideer word as in die geval van droë verassing. Giese-king, Snider en Getz (1935) het gevind dat by nat verassing deur middel van HClO_4 en HNO_3 , die kalsium, magnesium, kalium en fosfor in 'n vorm agterbly waarⁱⁿ hulle maklik oplosbaar is en dat geen vervlugtiging van fosfor of ka-lijum plaasvind nie. 'n Verdere voordeel is dat onoplosbare silikaatkomplekse nie gevorm word nie en dat adsorpsie van mineraalbestanddele minimaal is. 'n Volledige bespreking aangaande verassingsmetodes is te vinde in die werke van Piper (1942); Humphries (1956); Thiers (1957) en Smith, Yeager, Kaufman, Hovorka en Kinney (1955).

Volgens Krüger (1966) is die teenwoordigheid van sulfate in die ver-terde monsters ongewens vanweë die feit dat dit 'n steurende invloed het by die atoomabsorpsiometrie se bepalingstegniek. Volgens proewe deur hom uitge-voer, het die teenwoordigheid van HClO_4 in die monsters, selfs by konsentra-sies so hoog as 10%, geen noemenswaardige invloed op die atoomabsorpsiometrie-se bepalingstegniek nie. 'n Verassingsmetode waar slegs HClO_4 in die verteerde monster teenwoordig is, blyk dus die aangewese metode te wees waar van vlamfoto-metrie se tegniek gebruik gemaak word. Perchloorsuur en die perchloraatioon be-skik verder, volgens Giese-king, Snider en Getz (1935) oor eienskappe wat dit die ideale oksideermiddel vir die vertering van organiese materiaal maak: Geen wateronoplosbare metaalperchlorate is bekend nie; gewone reduseermiddels het geen effek op koue perchloorsuur nie; perchloorsuur dehidreer die silika vol-ledig en laat dit in 'n toestand waar adsorpsie 'n minimum is.

Die nat verassing van monsters van dier- of plantoorsprong met die oog op mineraalanalise deur middel van perchloorsuur word paslik onderskei as

„The liquid fire reaction." (Smith, 1953) Laasgenoemde outeur beskryf die werkingswyse en reaksiemeganisme van die perchloor-salpetersuurverteringsmengsel (die sogenaamde „liquid fire reaction") volledig. Dit kom op die volgende neer: Die grootste gedeelte van die suurstof benodig vir die oksidasie, word deur die salpetersuur verskaf. Die salpetersuur hou die reaksie in toom deur die meer reaktiewe verbindings by laer temperature te oksideer. Wanneer die reaksie van die salpetersuur voltooi is, vervlugtig die perchloorsuur en verplaas die kokende salpetersuur. By verdere afdamping konsentreer die perchloorsuur nou geleidelik tot die 72.5% wateraseotroop gevorm word. Met hierdie geleidelike konsentrering vind daar 'n ooreenstemmende toename van oksidasiepotensiaal plaas. Die inwerking van die suur op die organiese materiaal word dus algaande intenser. Dit is met hierdie geleidelike toename in oksidasiepotensiaal dat die komplekse organiese verbindings in eenvoudiger splytingsprodukte ontbind word. Die gelykmatige, maar snelle oksidasie, sonder verkoling en sonder 'n heftige reaksie is ook aan hierdie feit toe te skryf.

'n Nadeel van perchloorsuur is die feit dat dit onder sekere omstandighede kan lei tot 'n ontploffing. Piper (1942) staan vas daarby dat daar altyd swaelsuur in 'n perchloorsuur-verteringsmengsel teenwoordig moet wees om die moontlikheid van 'n ontploffing uit te skakel. Smith (1953) wys egter daarop dat die gebruik van perchloorsuur heeltemal veilig is as salpetersuur, wat as dempreagens optree, teenwoordig is. Vogel (1961) beveel aan dat die trekkas waarin die verteringsproses uitgevoer word, liefst nie van hout moet wees nie (as anhidriese HClO_4 in aanraking kom met organiese materiaal kan dit tot brand of 'n ontploffing lei) en dat die trekkas 'n sterk genoeg trek moet hê om alle suurdampe gou te verwyder sodat daar nie kondensasie van dampe kan plaasvind nie. Om hierdie rede moet die trekkas ook van tyd tot tyd met water

skoongespuut word.

Met bostaande argumente in gedagte is die plantmonsters dus veras deur middel van perchloor- en salpetersuur. Hierdie verteringsmetode is ook deur Krüger (1966) aangewend vir die voorbereiding van sitrusmonsters vir spoorelementanalise deur middel van die atoomabsorpsie-tegniek.

3.42 METODE

APPARAAT

- (i) Ses 500 ml kjeldahlflesse van borosilikaatglas.
- (ii) 6 tregters van borosilikaatglas wat op die bekke van die kjeldahlflesse pas.
- (iii) 'n Verhittingseenheid wat bestaan uit 6 elektriese elemente waarvan die temperatuur van elkeen afsonderlik deur 'n veranderbare weerstand beheer kon word. Hierdie verhittingseenheid is deur die instrumentmakery van die P.U. vir C.H.O. vir hierdie doel vervaardig. Daar is bevind dat hierdie eenheid besonder goed aan sy doel beantwoord het. (kyk figuur 3.2)

REAGENSE

(i) Salpetersuur: „Pro analysi“-gehalte, 65% HNO_3 met 'n digtheid van 1.4 is gebruik. Hierdie suur is egter weer een maal in 'n borosilikaat-distillasieapparaat oorgedistilleer. Die eerste en laaste fraksie is nie gebruik nie.

(ii) Perchloorsuur: „Pro analysi“-gehalte, 70% HClO_4 met digtheid 1.67, is gebruik.

(iii) Verteringsmengsel: Perchloor- en salpetersuur is in die verhouding

1:4 gemeng en in 'n goed uitgeloogde politeenhouer in 'n donker kas geberg.

(iv) Suiwer water: kyk 3.311.

PROSEDURE

'n Volledige stel monsters van 'n monstergebied is altyd gelyktydig verteer, ten einde te verseker dat die behandeling van die monsters wat vergelyk is, identies was.

Direk voor uitweging is die gemaalde plantmateriaal weer eens vir twaalf uur lank by 65°C in 'n geventileerde oond gedroog. Na hierdie periode is die monsters in 'n desikkator geplaas en toegelaat om kamertemperatuur te bereik. Presies 3.00 of 3.50 gram van elke monster is nou so vinnig as moontlik uitgeweeg, aangesien die droë plantmateriaal baie higroskopies is. Die weging is deur middel van 'n semimikrosnelweegbalans uitgevoer. Hoewel die balans tot slegs een mg noukeurig kon weeg, het die feit dat die weegproses so vinnig uitgevoer kon word weer noukeurigheid bevorder. Die afgeweegde monsters is nou kwantitatief na die bodems van 500 ml kjeldahlflesse oorgedra.

Die hoeveelheid verteringsmengsel ($\text{HClO}_4 - \text{HNO}_3$ 1:4) wat nodig was om die betrokke plantmateriaal te verteer, is eksperimenteel vasgestel. Daar is gevind dat 10 ml verteringsmengsel per 1 gram plantmateriaal toereikend was.

In die geval waar 3.00 gram van die plantmonsters afgeweeg is, is aanvanklik 20 ml van die verteringsmengsel versigtig teen die binnewande van die kjeldahlflesse laat afloop, om sodoende alle plantmateriaal wat nog teen die wande van die flesse bly kleef het, af te spoel na die bodem. Waar 3.500 g monsters geneem is, is aanvanklik 25 ml verteringsmengsel bygevoeg. Die uitmeet van die verteringsmengsel het deur middel van 'n pipet geskied. Die tregters is op die bekke van die kjeldahlflesse gelaat. Die doel hiervan was om as terug-

vloeikoeler te dien sodat die salpetersuur nie te gou afdamp nie asook om te keer dat van die mengsel uitspat as dit miskien vinnig sou opkook.

Na byvoeging van die suur is die flesse goed geskud waarna die mengsel dadelik bruin gekleur het en bruin NO_2 -damp vryekom het. In die beginstadium van die verteringsproses het verhitting van die mengsel, skuimvorming tot gevolg gehad. Die flesse is dus telkens afgehaal en geskommel. Hiermee is aangehou totdat die mengsel gelykmatig gekook het. Die flesse is nou vir 2 - 3 uur gelaat. Na hierdie periode was byna al, of in elk geval die grootste gedeelte van die salpetersuur afgedamp. Op hierdie stadium is die verhitting afgeskakel en die flesse met hulle inhoud laat afkoel. Hierna is nou 'n verdere 10 ml verteringsmengsel by elke fles gevoeg. Nou is die tregters met suiwer water afgespoel en verwyder. Die flesse is nou verder verhit sodat die mengsels weer gekook het. Hiermee is volgehou totdat al die HNO_3 afgedamp is en wit dampe van HClO_4 vryekom het. Die verhittingselement is nou op volle sterkte aangedraai sodat die mengsel heftig gekook het ten einde al die HNO_3 af te dryf. Die HClO_4 is nou ingedamp tot daar ongeveer 4 - 6 ml in die kjeldahlfles oorgebly het. Op hierdie stadium was die oplossing helder en alle organiese materiaal dus vernietig.

Somtyds is gevind dat die mengsel onreëlmatig begin kook het as die volume van die suurmengsel klein geword het. In so 'n geval is 'n klein stukkie borosilikaatglas wat vooraf deeglik met verdunde HNO_3 en daarna met suiwer water, uitgeloog is, in die fles gegooi. Hierna het die mengsel selfs teen die sterkste verhitting, gelykmatig gekook.

Op hierdie stadium waar al die HNO_3 afgedryf en die HClO_4 ingedamp is tot 4 - 6 ml, is die verhitting gestaak en die fles met sy inhoud laat afkoel. Nou is daar ongeveer 15 - 20 ml suiwer water langs die fles se binnewand

deur middel van 'n wasbottel afgespoel.

Die inhoud van die fles is vervolgens deur 'n Whatman nr. 41 filtreerpapier in 'n 100 ml maatflessie gefiltreer. [Die filtreerpapier is vooraf met warm, analities-suiwer 1% HCl gewas om sodoende enige minerale wat daarin aanwesig mag gewees het, uit te loog. Hierna is dit met suiwer water gewas.] Die kjeldahlfles is deeglik met suiwer water uitgespoel, sodat die totale inhoud daarvan kwantitatief oorgedra is in die tregter met filtreerpapier. Die filtreerpapier is nou herhaaldelik met klein hoeveelhede suiwer water deurgewas, sodat seker gemaak is dat al die mineraalelemente uit die silika en filtreerpapier in die maatfles in gewas is. Die oplossings in die maatflesse is vervolgens met suiwer water aangevul tot by die 100 ml-merkie. Elke flesse het nou die mineraalinhoud van een plantmonster in 4 - 6% HClO_4 , bevat. Die inhoud van elke maatflessie is nou oorgedra in 'n 100 ml politeenflessie. Hierdie flessies is in 'n donker kas geberg totdat die inhoud daarvan aan die daaropvolgende analises onderwerp is.

HOOFSTUK IV

BESONDERE ANALISEMETODES EN RESULTATE

4.1 ANALISETEGNIKE TOEGEPAS EN INSTRUMENTELE BESONDERHEDE

4.11 ANALISETEGNIKE TOEGEPAS

By die keuse van 'n analisetegniek is die basiese vereiste betroubaarheid ten opsigte van akkuraatheid en presisie. 'n Tegniek wat min chemiese voorbereiding en manipulasie van die monster vereis en sodoende tyd bespaar en die kans op kontaminasie verminder, geniet voorkeur.

Aangesien die plantmateriaal by hierdie ondersoek aan analise vir nege afsonderlike elemente onderwerp is, was dit belangrik dat die gekose analisetegniek slegs klein hoeveelhede monster benodig vir 'n bepaling. 'n Vlamfotometriese tegniek voldoen aan bogenoemde vereistes en was daarom die aangewese analisetegniek by hierdie ondersoek.

In hierdie geval is hoofsaaklik van die atoomabsorpsie-analisetegniek gebruik gemaak.

Die tegnieke is soos volg toegepas:

A. VLAMFOTOMETRIE

(i) Atoomabsorpsiometrie: Toegepas by die bepaling van Mn, Fe, Zn, Cu, Ca en Mg.

(ii) Vlamemissie: Toegepas by die bepaling van Na en K.

B. FOTOMETRIE: Toegepas by die bepaling van P.

Die atoomabsorpsietegniek word kortliks bespreek.

Hierdie tegniek is 'n nuweling in die veld van die analities-instrumentele analise en word gekenmerk deur akkuraatheid en spoed - twee ietwat teen-

strydige eienskappe, asook deur die 'n relatiewe eenvoudige werkingswyse en apparaatkonstruksie.

Dit was Walsh wat in 1955 gewys het op die moontlikhede van atoomabsorpsie as analisetegniek. Hierdie tegniek is vry van stralingsteurings, terwyl die temperatuur van die atoomdamp (vlamtemperatuur), anders as in die geval van vlamemissie, nie 'n groot effek op die absorpsie het nie. Chemiese steurings kom egter nog voor, maar in die geval van metaalverbindings wat maklik in die vlam dissosieer, is steurings van vreemde elemente so te sê uitgesluit.

'n Goeie uiteensetting van die teorie verbonde aan dié tegniek, tegniese inligting asook 'n evaluasie van die metode word gegee deur Butler (1961), Elwell en Gidley (1961) en Robinson (1966).

Aangesien die mineraalanalise van plantmateriaal so aktueel is in die landbou en biochemie, vind die atoomabsorpsietegniek grootliks toepassing op hierdie gebied. Dit was dan ook twee landbouskeikundiges wat eerste Walsh se atoomabsorpsiemetode toegepas het. In 1958 publiseer Allan 'n analitiese metode vir die bepaling van Mg met spesiale verwysing na plantmateriaal en grondekstrakte. Dieselfde jaar publiseer David 'n analitiese metode vir Zn. Veral hierdie twee metale word met groot sukses deur middel van die atoomabsorpsietegniek bepaal, aangesien albei sonder steurende invloede by baie lae konsentrasies bepaal kan word - iets wat moeilik is deur middel van konvensionele bepalingsmetodes. Atoomabsorpsiespektrofotometrie stel 'n eenvoudige en betroubare analisemetode vir baie metale wat in plantmateriaal voorkom, daar. Zn, Cu, Mn, Fe, Pb, Ca, Mg, Sr, Na, K, Li, Cs, Cd, Co, Ni en Cr kan kwantitatief op 'n 1 µg/ml-vlak bepaal word (Slavin, 1962).

4.12 INSTRUMENTELE BESONDERHEDE*

Die apparaat wat vir die bepaling by hierdie ondersoek gebruik is, was 'n Carl Zeiss, PMQII spektrofotometer, toegerus met 'n vlameenheid (FA2) vir atoomabsorpsie- en emissieanalise (kyk figuur 4.1).

SPESIFIKASIES VAN APPARAAT

Die fotometriese eenheid is toegerus met twee detektors: 'n Foto-vermenigvuldiger met bereik 620 - 1100 m μ . Die detektors reageer net op gemoduleerde lig.

Die monochromator (M4QIII) is toegerus met 'n enkele suprasil kwartsprisma.

Vir die fotometriese bepaling is 'n ligbron aan die monochromator gekoppel wat met die vlameenheid (FA2) vervang is in die geval van die vlamfotometriese bepaling.

Die vlameenheid was toegerus met 'n 50 mm breë spleetvlambrander, gekonstrueer vir lug-asetileen as brandstof. Maksimum vlamtemperatuur is 2325°C. Die ligstraal vanaf die holkatodelamp deurloop die vlam drie maal om sodoende 'n 150 mm lange effektiewe ligpad te gee. Die vlam is afgesluit van die atmosfeer deur 'n lugskede om steurings van stofdeeltjies uit te skakel en vlamstabiliteit te verseker.

Die verstuiwer is van die voorvermengingstipe wat slegs die kleinste, eenvormigverspreide en prakties watervrye damp na die vlam deurlaat. Die monsterverbruik was ongeveer 2 - 3 ml/min.

Die holkatodelampe word deur middel van 'n magnetiese koppeling in die regte posisie aan die vlameenheid gekoppel. 'n Swaaiblende, om die emissie

*Inligting verskaf deur OPTICAL INSTRUMENTS (Edms) Bpk.



Zeiss-Spektrofotometer (PMQII), toegerus met vlameenheid
(FA2) vir emissie- en atoomabsorpsiebepalings.

Fig. 4.1

vanaf die holkatodelamp te moduleer, is tussen die lamp en die vlam gemonteer. In die geval van vlamemissiebepalings word 'n swaaiblende tussen die vlam en die monochromator, in werking gestel.

Wat die gasvoorsiening betref, is asetileen in silinders, verskaf deur African Oxygen, gebruik. Vir die druklugtoevoer is 'n membraandrukomp gebruik. Hierdie pomp is as deel van die apparaat verskaf en is spesiaal vir vlamfotometrie ontwerp. Die drukomp is toegegerus met 'n waterafskeier en lewer droë, stof- en olievrye druklug teen 'n konstante tempo.

Met hierdie apparaat was dit moontlik om akkurate, herhaalbare resultate te verkry. Die apparaat kon verder ook met gemak hanteer word.

4.2 OPSTELLING VAN YKKROMMES

By die vlamfotometriese bepalings is die mineraalhoeveelhede in die plantmonsters bepaal deur die absorpsie- of emissiewaardes van die monsters te vergelyk met dié van voorafsaamgestelde ykoplossings. Die ykkromme is opgestel deur die konsentrasies op die absissa en die ooreenstemmende atoomabsorpsie- of emissiewaardes op die ordinaat uit te plaas. Die mineraalkonsentrasies van die monsters is nou nadat die atoomabsorpsie of emissie bepaal is, soos gewoonlik op die ykkromme afgelees.

Daar bestaan 'n liniêre verband tussen optiese digtheid en konsentrasie en teoreties behoort die kromme 'n reguit lyn te wees. Die ykkrommes is egter in baie gevalle na die konsentrasie-as gekrom. Elwell en Gidley (1961) voer verskeie verklarings hiervoor aan. Dit kon o.a. deur die resonansverbreding van die absorpsielyn en variasies van die absorpsie in verskillende dele van die vlam, veroorsaak word. Om hierdie rede is 'n enkele ykoplossing nie voldoende nie.

Uit die aard van die saak is dit noodsaaklik dat groot sorg geneem moet word by die samestelling van ykoplossings. Vir die betroubaarste resultate moet die samestelling van die ykoplossing so nou as moontlik ooreenstem met die monster ten opsigte van oplosmiddel en oorheersende anioon (Robinson, 1966). Dit is dus nodig dat die ykoplossing ten minste die oorblywende verteeringsreagense in gelyke konsentrasie as dié in die monsteroplossing, bevat (David, 1962). Aangesien die plantmonsters na vertering 4 - 6% HClO_4 bevat het, is die ykoplossings wat gebruik is by die bepaling van die elemente waar die verteerde monsters onverdund gebruik is, so saamgestel dat hulle 5% HClO_4 bevat het. By die bepaling van Mg, Ca en K is die verteerde monster tien- of meervoudig verdun en kon die effek van die suur buite rekening gelaat word. In hierdie gevalle is die soute wat vir die samestelling van die ykoplossings gebruik is, slegs in suiwer water opgelos. Krüger, (1966) het egter in alle gevalle slegs waterige oplossings gebruik.

Resultate verkry deur David (1959) toon aan dat Na of K, of albei verhoging van Ca-atoomabsorpsie veroorsaak by die atoomabsorpsiemetriese bepaling van Ca. Hierdie verskynsel is ondersoek en daar is gevind dat Na wel 'n merkbare verhoging van Ca-atoomabsorpsie ten gevolg het. Om hierdie effek uit te skakel, is saamgestelde ykoplossings bestaande uit Na, K en Ca in die verhouding 1:2:5 gebruik. (Genoemde elemente kom ongeveer in hierdie verhouding in plantmateriaal voor.) Hierdie metode word ook aanbeveel deur Schuffelen, Muller en van Schouwenburg (1960) vir die vlamemissiebepaling van genoemde elemente.

Voorraadoplossings is berei deur soute wat die betrokke elemente bevat, in suiwer water op te los. (Die CaCO_3 wat vir die Ca-ykoplossing gebruik is, is egter eers in 'n minimumhoeveelheid verdunde HCl opgelos.) Analities-

suiwer soute wat tot 0.1 mg afgeweeg is, is vir hierdie doel gebruik. Die anhidriese soute is voor uitweging by 100°C gedroog. Behalwe in die geval van die Na, K, Ca-voorraadoplossing waar die konsentrasies van die onderskeie minerale in die mengsel onderskeidelik 100, 200 en 500 µg/ml was, is die voorraadoplossings sodanig berei, dat hulle in elke geval 100 µg/ml van die betrokke element bevat het. Hierdie voorraadoplossings is in politeenhouders geberg. So 'n voorraadoplossing is in geen geval langer as vier weke geberg nie. Die soute wat vir die onderskeie ykoplossings gebruik is, word in tabel 4.1 aangegee. Slegs geykte, „graad-A“-maatflesse en -pipette is gebruik by die voorbereiding van ykreekse. In geen geval is pipette met 'n inhoud kleiner as 2 ml of groter as 50 ml, of maatflesse kleiner as 25 ml gebruik nie.

By die bepaling van die absorpsie- (emissie)-waardes van die onderskeie ykreekse, is die optimum instellings (parameters) in elke geval empiries vasgestel. (Kyk tabel 4.1.) Alvorens met bepaling begin is, is die apparaat vir ongeveer 30 minute lank toegelaat om warm te word om te verseker dat die emissie van die holkatodelamp konstant is en dat die fotovermenigvuldiger stabiel is.

Die prosedure gevolg by die bepaling was as volg: Die ykreeks vir die bepaling van 'n spesifieke element, is eerste geanaliseer, dan die monsters waarna die ykreeks weer geanaliseer is. Die gemiddeld van die absorpsie- (emissie)-waardes van die eerste en laaste bepaling is gebruik vir die opstelling van die ykkromme. In die geval van die emissiebepaling is die 0%- en 100%-emissiewaardes na die analise van elke ses monsters, opnuut weer ingestel.

Tipiese ykkrommes word in figure 4.2 - 4.9 aangetoon.

TABEL 4.1

MINERAALSOUTE GEBRUIK VIR YKOPLOSSINGS, ASOOK DIE OPTIMALE INSTELLINGS (PARAMETERS) VAN DIE APPARAAT VIR DIE BEPALING VAN DIE ONDERSKEIE ELEMENTE

Element	Sout gebruik vir ykoplossing	Ykbereik ($\mu\text{g/ml}$)	Golflengte (nm)	Stroomsterkte van ligbron (mA)	Spleetwydte (mm)	Gasvloei (arbitrêre eenhede)
Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.0-30.0	279.5	10	0.03	0.9
Fe	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1.0-30.0	248.3	15	0.03	1.0
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1-3.0	213.9	10	0.04	0.82
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.1-1.5	324.7	6	0.03	0.82
Na	NaCl	0.5-5.0	589.0	-	0.01	1.0
K	KCl	1.0-34.0	766.5	-	0.10	1.0
Ca	CaCO_3	5.0-60.0	422.7	10	0.03	1.0
Mg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5-6.0	285.2	10	0.02	1.0

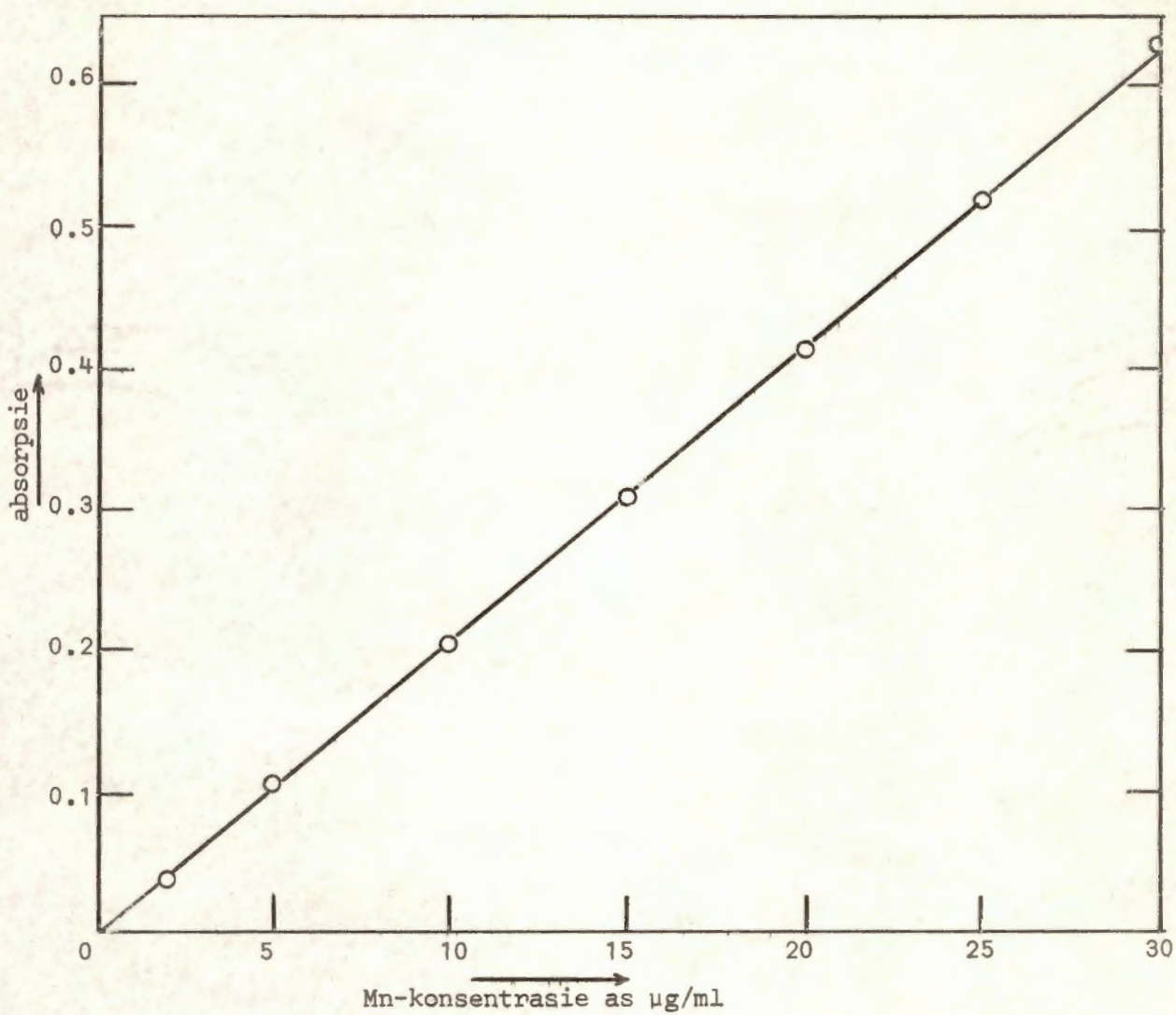


Fig. 4.2 - Ykkromme vir die bepaling van mangaan.

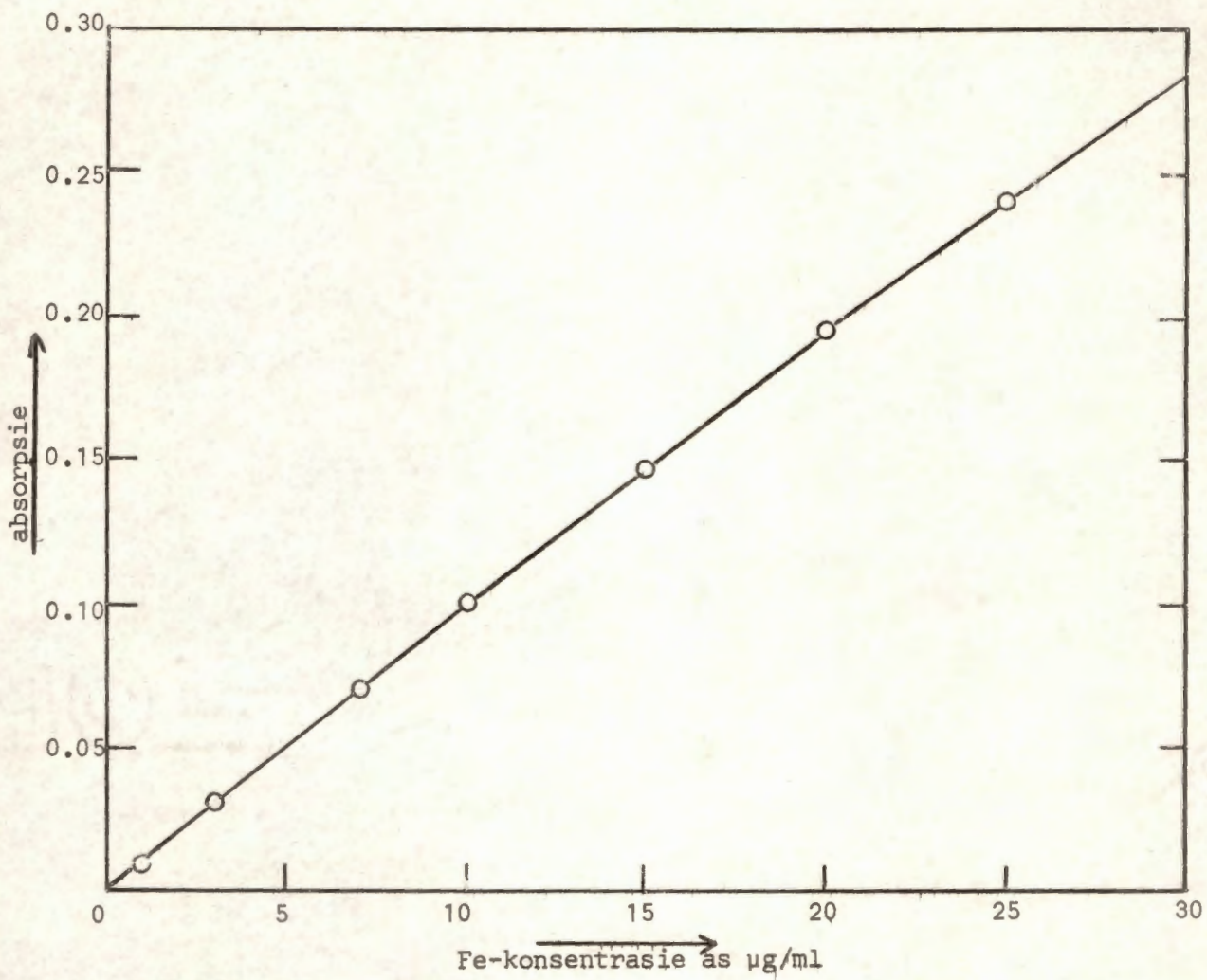


Fig. 4.3 - Ykkromme vir die bepaling van Yster.

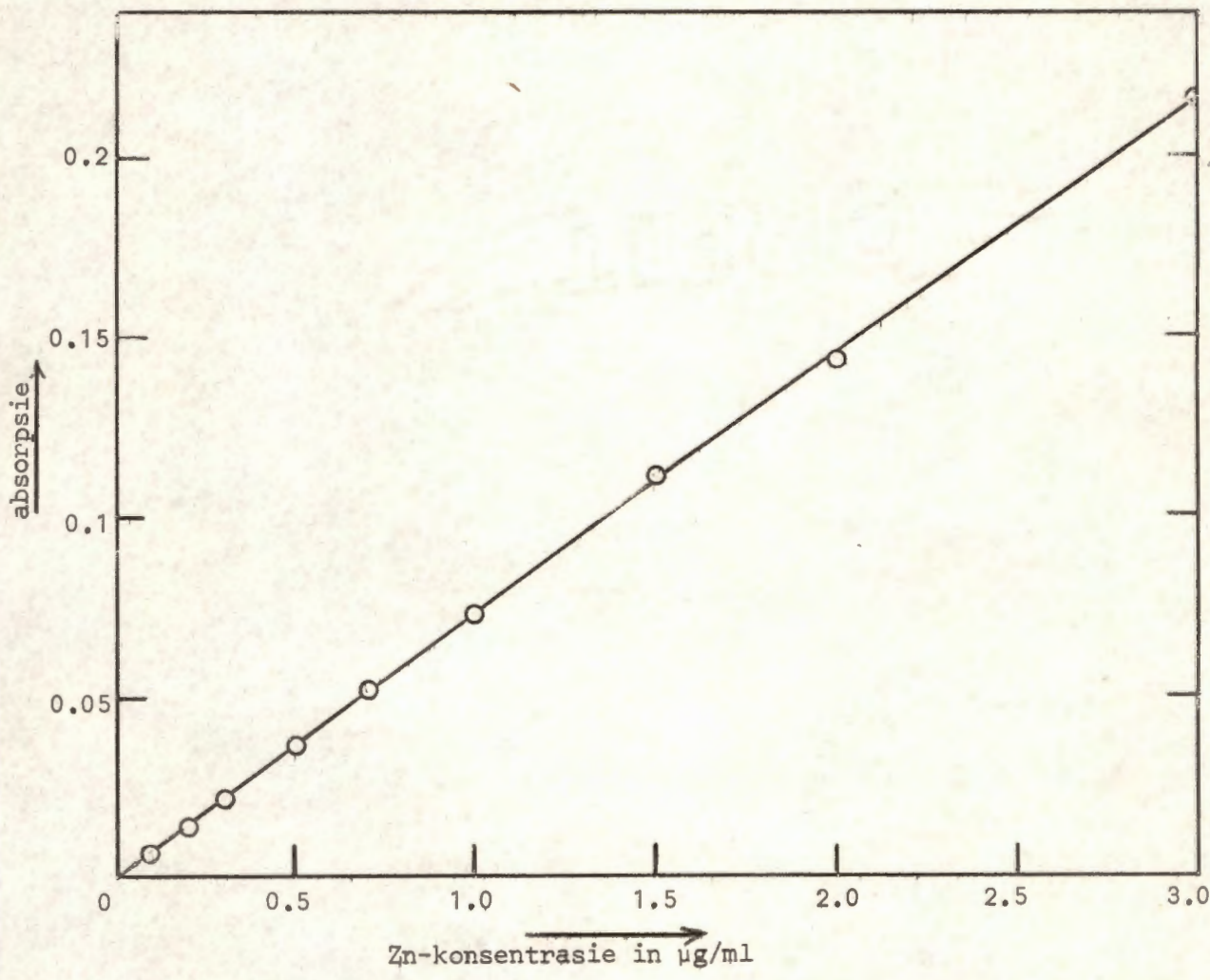


Fig. 4.4 - Ykkromme vir die bepaling van Sink.

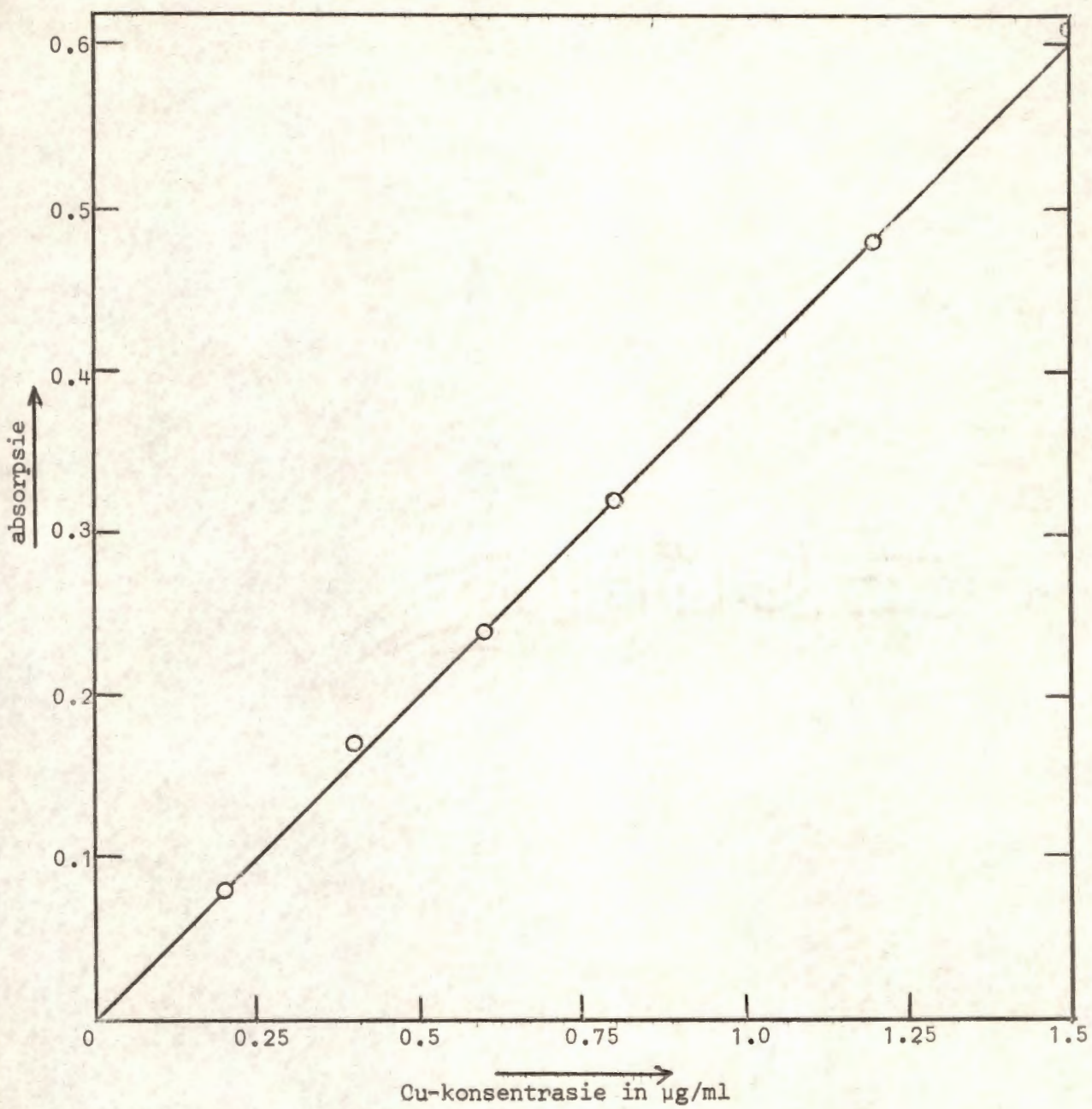


Fig. 4.5 - Ykkromme vir die bepaling van Koper.

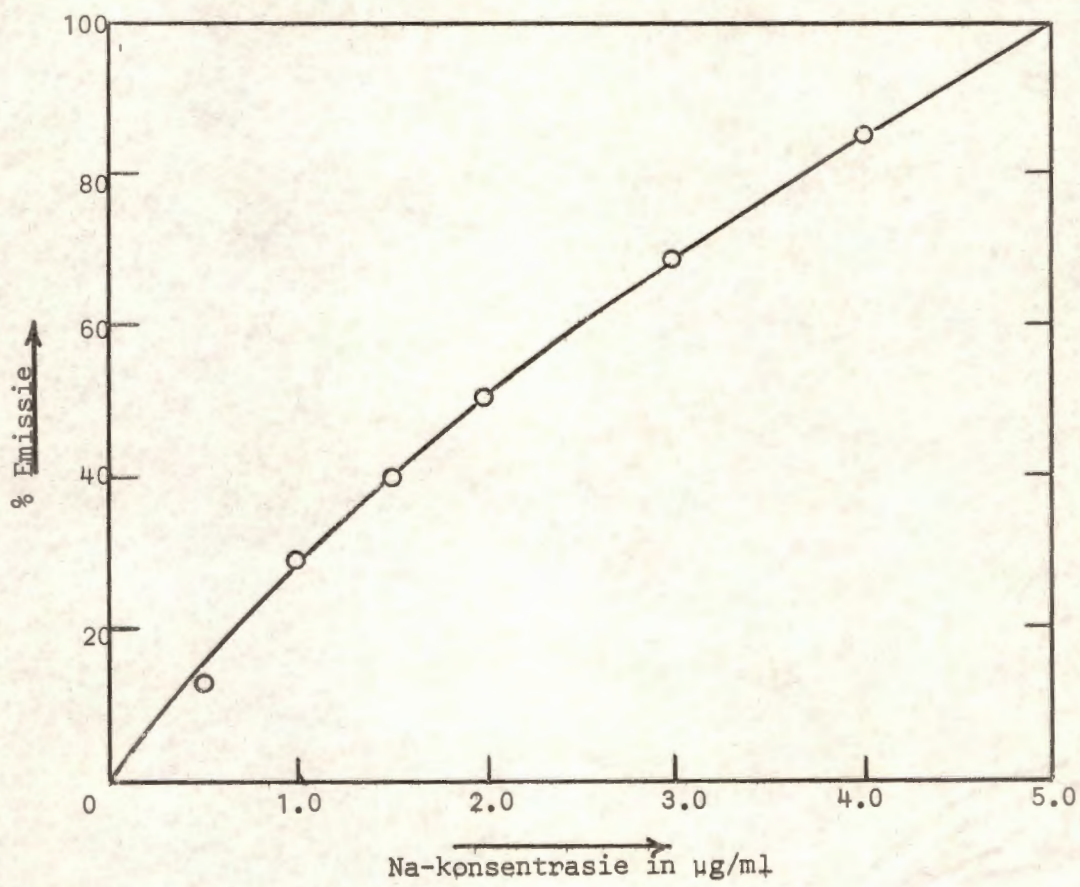


Fig. 4.6 - Ykkromme vir die bepaling van Natrium.

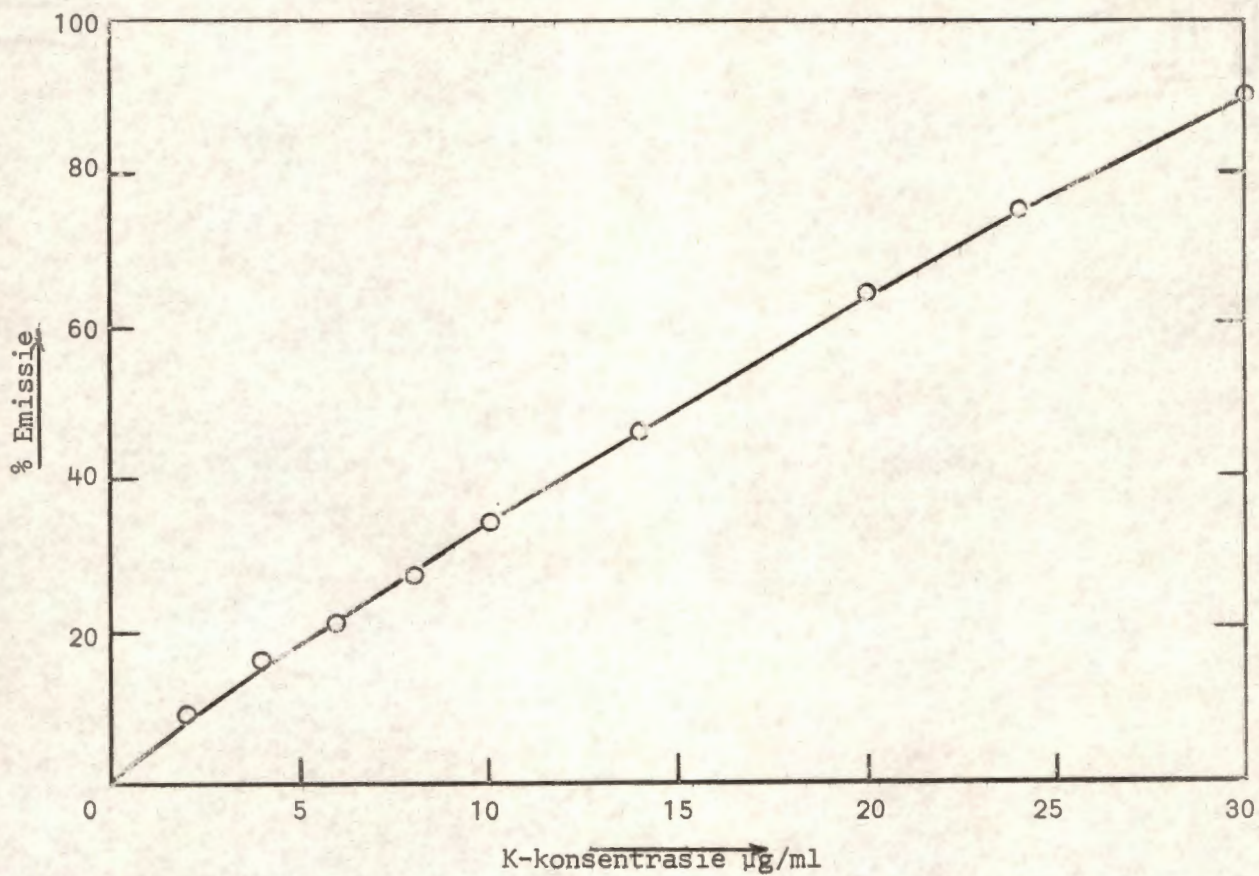


Fig. 4.7 - Ykkromme vir die bepaling van Kalium.

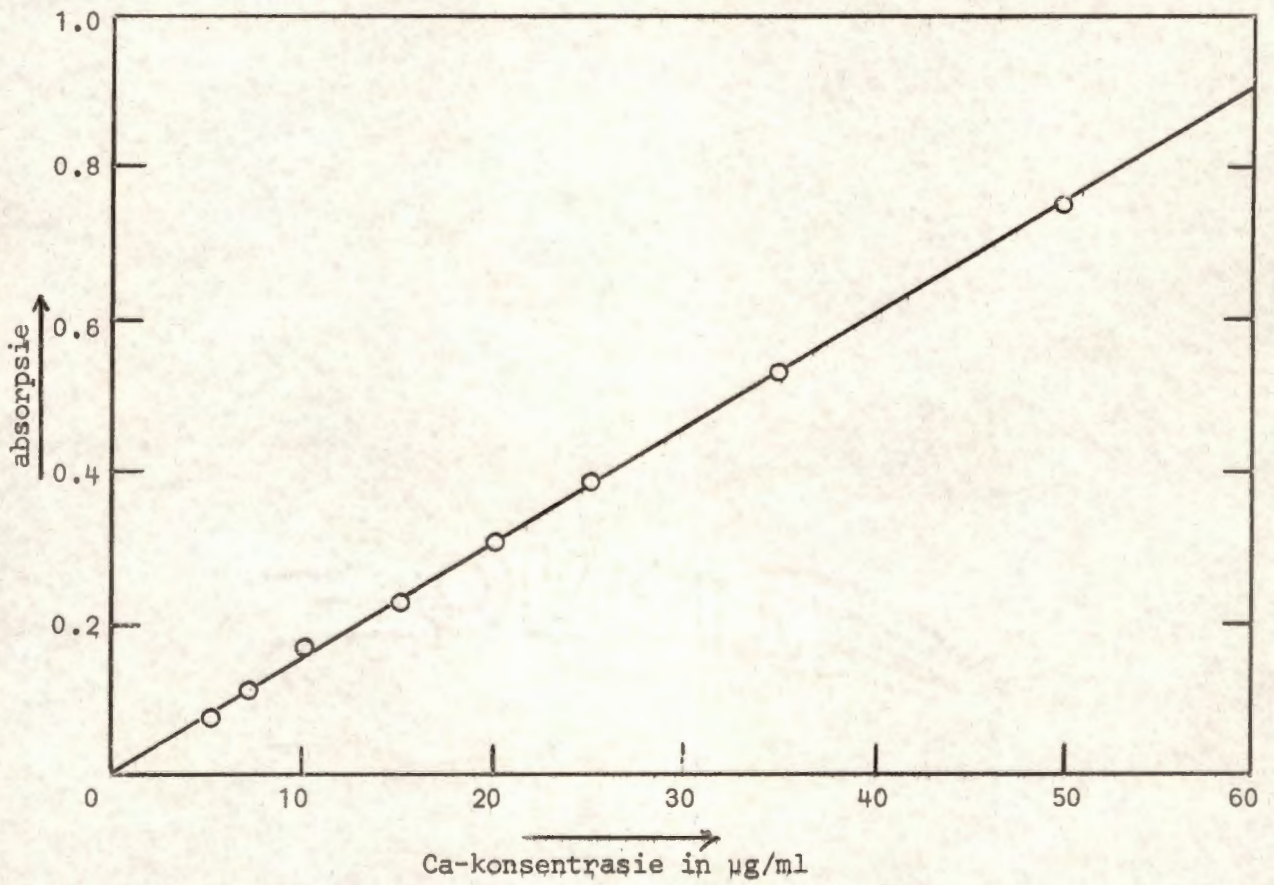


Fig. 4.8 - Ykkromme vir die bepaling van Kalsium.

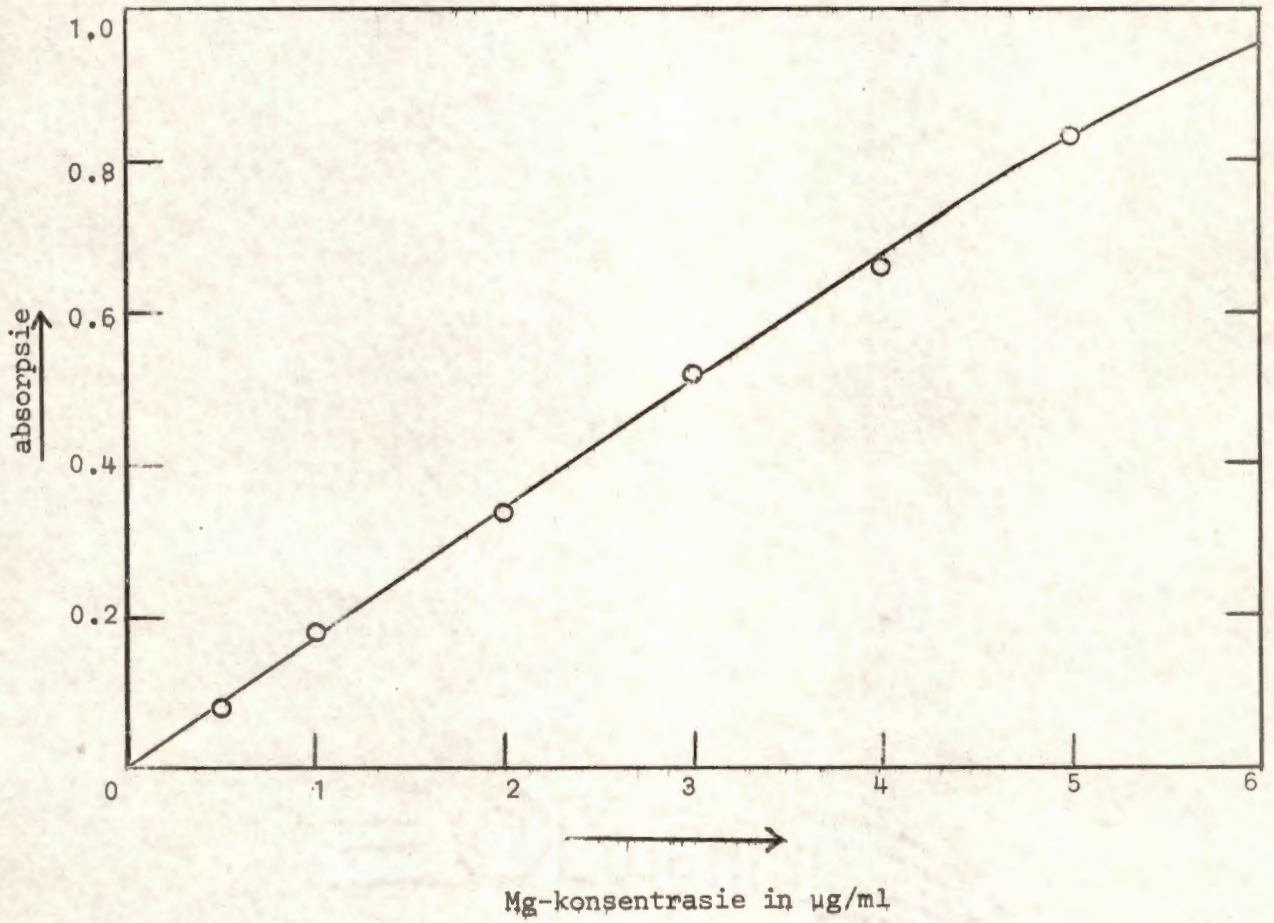


Fig. 4.9 - Ykkromme vir die bepaling van Mg.

4.3 BEREKENING VAN RESULTATE

Die hoeveelheid van die onderskeie elemente in die plantmateriaal is as persentasie van die droë gewig uitgedruk.

Die berekening is soos volg uitgevoer:

Gestel a gram droë plantmateriaal is verteer en x $\mu\text{g/ml}$ is die waarde afgelees van die ykkromme.

.∴ 1 ml bevat x μg van die element.

In alle gevalle was die totale volume van die verteerde monsters egter 100 ml

.∴ 100 ml bevat $100 \times \frac{x}{1} \mu\text{g}$ van die element en dit het oorspronklik in a gram plantmateriaal voorgekom.

Indien die verteerde monster verdun is, moet die verdunningsfaktor in berekening gebring word. (Gestel die monster is 25 maal verdun)

.∴ a gram monster bevat $100 \times \frac{x}{1} \times 25 \mu\text{g}$ element

.∴ a gram monster bevat $100 \times \frac{x}{1} \times 25 \times 10^{-6}$ gram element

$$\therefore \% \text{ Element} = \frac{100 \times \frac{x}{1} \times 25 \times 10^{-6}}{a} \times \frac{100}{1}$$

Stel verdunningsfaktor = F (25 in hierdie voorbeeld)

Die algemene formule vir die berekening van die % element, (waar die verteerde plantmonster se volume 100 ml is) kan sops volg geskryf word:

$$\% \text{ Element} = \frac{\frac{x}{1} \mu\text{g/ml} \quad 100F \times 10^{-4}}{\text{gewig monster}}$$

4.4 BEPALING VAN Mn, Fe, Zn en Mg

Aangesien daar by die bepaling van bogenoemde vier elemente deur middel van die atoomabsorpsietegniek geen steurende invloed van vreemde elemente na vore tree nie, kon die verteerde plantmonsters direk, sonder verdere chemiese voorbereiding, aan die analise onderwerp word. Hierdie stelling

is gebaseer op die bewerings van die volgende navorsers:

Volgens Allan (1959) en David (1962), verlaag of verhoog geen elemente van plantoorsprong atoomabsorpsie in die geval van Fe en Mn nie. David (1958) het die effek van sewe elemente wat algemeen in plantmateriaal voorkom, op Zn-atoomabsorpsie ondersoek en gevind dat selfs by oorweldigende hoeveelhede van hierdie elemente, daar geen steurende invloed voorkom nie. Gidley en Jones (1960) het die effek van vreemde elemente op Zn-atoomabsorpsie by die bepaling van Zn in metallurgiese materiaal ondersoek en gevind dat steurende effekte verwaarloosbaar klein is, Allan (1958) vind dat, behalwe aluminium (indien in konsentrasies vergelykbaar met dié van Mg aanwesig) wat Mg-atoomabsorpsie verlaag, daar geen steurende effekte voorkom by Mg-bepaling nie. Hy toon aan dat K en Ca selfs in konsentrasies so hoog as 200 µg/ml geen effek gehad het op die Mg-atoomabsorpsie van monsters wat 0.3 tot 10 µg/ml Mg bevat het nie.

By die bepaling van hierdie elemente is die verteerde plantmonsters dus direk aan die analise onderwerp. Vir die Mn-bepaling moes sommige van die monsters verdun word. Vir die Mg-bepaling moes die monsters van 25 maal tot 100 maal verdun word om binne die bereik van die apparaat te kom. Suiwer water is vir hierdie doel gebruik.

Die optimale instrumentele instellings word in Tabel 4.1 aangegee. Daar is gevind dat die Zn- en Mn-absorpsiewaardes grootliks beïnvloed is deur die gasmengsel van die vlam.

Die blanko-waardes was baie laag. Kontaminasie van die monsters was dus betreklik gering.

Die % van hierdie elemente in elke monster is nou bereken. Die resultate verkry word in die aanhangsel (bl. 88) aangegee. Grafiese voorstel-

lings van die resultate word aangetoon in Figure 5.1, 5.4, 5.5 en 5.2 respektiewelik.

4.5 BEPALING VAN Na en K

Soos reeds gemeld, is Na en K deur middel van die vlamemissietegniek bepaal.

Om te kompenseer vir moontlike onderlinge steurende invloede van Na, K en Ca teenwoordig in die monster, by die bepaling van K en Na, is die ykopiesings, soos aanbeveel deur Schuffelen, Muller en Van Schouwenburg (1961), so saamgestel dat hulle hierdie elemente in die verhouding 1:2:5, bevat het. Die besonderhede word bespreek in 4.1.

In die geval van die Na-bepaling, is die verteerde monsters onverdund onderwerp aan die analise. Vir die K-bepaling moet die verteerde monsters ten minste tien maal verdun word om binne die bereik van die instrument te kom.

Vir die meet van die K-emissie is die fotosel-detektor ingeskakel. Die instrumentele instellings word aangegee in tabel 4.1 op bladsy 42.

Redelik hoë blankowaardes is verkry in die geval van die Na-bepaling. Dit moet toegeskryf word aan kontaminasie vanaf die verteringschemikalieë en/of vanaf die glasapparaat en/of vanaf die maalproses.

Die persentasie Na en K teenwoordig in die monsters is bereken. Die waardes verkry word in die aanhangsel aangegee. 'n Grafiese voorstelling van die resultate word in Figure 5.7 en 5.8 gegee.

4.6 BEPALING VAN Cu

4.61 INLEIDING

Die koperinhoud van die plantmonsters gebruik by hierdie ondersoek,

was so laag dat 'n regstreekse Cu-bepaling op die verteerde plantmonster 'n baie geringe uitwyking op die skaal van die instrument gegee het. Die verkreeë waardes was gevolglik blykbaar onnoukeurig en die moontlike relatiewe verskille tussen die spesies onbeduidend. Die bepaling van koper het dus verdere chemiese voorbereiding van die verteerde plantmonsters geverg. Dit het ingehou die sjelering van die koper en die ekstrahering van die kopersjelaat in 'n geskikte organiese oplosmiddel.

Die gebruik van organiese oplosmiddels by atoomabsorpsiespektrofotometrie word in besonderhede bespreek deur Allan (1960^a). Die ekstrahering van die element in 'n organiese oplosmiddel verhoog die gevoeligheid van die metode. Volgens Allan moet dit hoofsaaklik daaraan toegeskryf word dat die organiese oplosmiddel veroorsaak dat 'n groter hoeveelheid van die monsteroplossing die vlam bereik. Volgens genoemde outeur is metielisobutielketoon 'n geskikte organiese oplosmiddel vir hierdie doel.

Wat die sjeleringreagens betref, wys Allan (1960^b) daarop dat die gebruik van ammoniumpirrolidienitiokarbamaat verkieslik is en wel om die volgende twee redes: (i) Die kopersjelaat is oplosbaar in organiese oplosmiddels wat die gevoeligheid van die atoomabsorpsietegniek effektief bevoordeel.

(ii) Die kopersjelaat kan gevorm word in en geëkstraheer word uit redelike sterk suuroplossings. Volgens laasgenoemde outeur is HClO_4 in konsentrasies tot so hoog as 10%, toelaatbaar.

Aangesien die verteerde plantmonsters 4-6% HClO_4 bevat het, is ammoniumpirrolidienitiokarbamaat dus as 'n geskikte sjeleringreagens in hierdie geval beskou.

Ammoniumpirrolidienitiokarbamaat was egter nie in die handel beskikbaar nie en moes gevolglik in die laboratorium berei word.

4.62 BEREIDING VAN AMMONIUMPIRROLIDIENDITIOKARBAMAAT

Hierdie reagens is berei soos beskryf deur Malissa en Schöffmann (1955). (Alle reagense gebruik by die bereiding was van analities-suiwer gehalte.)

45 ml pirrolidien is in 100 ml etielalkohol opgelos. Die oplossing is nou in 'n 500 ml rondeboomfles oorgedra. Die fles is met ys verkoel en van 'n terugvloei-koeler voorsien. Na ongeveer 30 minute is 30 ml swaëlkoolstof in drie dele deur die koeler by die mengsel gevoeg onderwyl die fles geskud is. Hierna is 75 ml 8n ammoniak deur die koeler bygevoeg. Hitte het nou ontwikkel wat deur die ys verminder is. Na die mengsel afgekoel het, het 'n massa wit kristalle uitgeskei. Hierdie kristalle is nou geïsoleer deur die mengsel oor te dra in 'n sinterglas-büchner-tregter en die oortollige reagense af te suig. Die so gewonne reaksieproduk is nou twee maal omgekristalliseer deur dit telkens in kokende etielalkohol op te los. Die totale opbrengs was ongeveer 40 gram.

4.63 BEPALINGSMETODE

Die bepaling is uitgevoer soos beskryf deur Allan (1960^b).

REAGENSE: (i) Metielisobutielketoon (Analities-suiwer)

(ii) Ammoniumpirrolidiendiokarbamaat; 'n 1% oplossing is berei deur 1 gram van die kristalle in 100 ml suiwer water op te los.

METODE:

50 ml van die verteerde plantmonster (d.w.s. die helfte van die monster), is in 'n 100 ml erlenmeyerflessie gepipetteer, 1 ml van die 1% ammoniumpirrolidiendiokarbamaatoplossing is nou by elke flessie gevoeg. By sommige van die oplossings het 'n liggeel kleur ontstaan, by ander het die op-

lossing vaal-geel gekleur. Presies 5 ml metielisobutielketoon is nou in elke flessie gevoeg. Die flessies is nou vir 3 minute lank geskud, sodat die kopersjelaat volledig deur die metielisobutielketoon geëkstraheer kon word. Die oplossing is nou vir ongeveer 10 minute laat staan sodat die organiese en anorganiese fases volledig kon skei.

Die monsterbuisie van die atoomabsorpsiespektrofotometer is nou in die organiese laag gebring en die koperinhoud daarvan bepaal. Die instrumentele instellings word in Tabel 4.1 gegee.

'n Reeks ykoplossings is saamgestel deur die koper in 'n reeks oplossings wat 0.2 - 1.5 $\mu\text{g/ml}$ Cu in 100 ml 5% HClO_4 bevat het, op dieselfde wyse as die verteerde monsters te sjeleer en te ekstraheer. Geen omrekening van die waarde wat van die ykkroppe afgelees is, was nodig nie, aangesien die helfte van elke monster asook die helfte van elke ykoplossing gebruik is vir sjelering en ekstrahering.

Die enigste nadeel van dié metode was dat die metielisobutielketoon ingewerk het op die PVC- en politeenbuisie van die instrument.

Die resultate verkry, word aangegee in die aanhangsel. 'n Grafiese voorstelling van die resultate word in Fig. 5.6 verstrek.

4.7 BEPALING VAN KALSIUM

4.71 STEURENDE INVLOEDE BY DIE VLAMFOTOMETRIESE BEPALING VAN Ca

Uit die literatuurgegewens blyk dit dat fosfaat die hoofbron van steuring by die vlamfotometriese bepaling van kalsium is. David (1959) het die invloed van fosfor op Ca-atoomabsorpsie ondersoek en gevind dat die steuring toeneem met 'n toenemende verhouding van fosfor tot kalsium in die monster, tot

op 'n punt waar 'n groter verhouding geen verdere steurende effek toon nie. Die steurende effek van fosfaat op die vlamfotometriese bepaling van Ca is daaraan toe te skryf dat 'n ooreenstemmende hoeveelheid kalsiumfosfaat gevorm word wat stabiel is en nie maklik in 'n lug-asetileenvlam dissosieer nie (Leyton, 1954), Aluminium en sulfaat oefen ook 'n steurende invloed uit op die vlamfotometriese bepaling van Ca (Williams, 1959).

Uit resultate verkry deur David (1959) blyk dit dat Na of K of albei, Ca-atoomabsorpsie verhoog.

Die volgende proef is gedoen om die effek van Na op Ca-atoomabsorpsie na te gaan:

By 'n reeks oplossings wat 20 $\mu\text{g/ml}$ Ca bevat het, is Na as NaCl in konsentrasies van 10 - 80 $\mu\text{g/ml}$, bygevoeg.

Die Ca-atoomabsorpsie van die oplossings is nou bepaal. die resultate word in tabel 4.2 aangegee:

Tabel 4.2 - Die invloed van Na^+ op die atoomabsorpsiemetriese bepaling van Ca

$\mu\text{g/ml}$ Na^+ bygevoeg	Ca-atoomabsorpsie
0	0,265
5	0.270
10	0.274
15	0,275
20	0.278
25	0.280
30	0,280
40	0,280
50	0.281
60	0,281
80	0.281

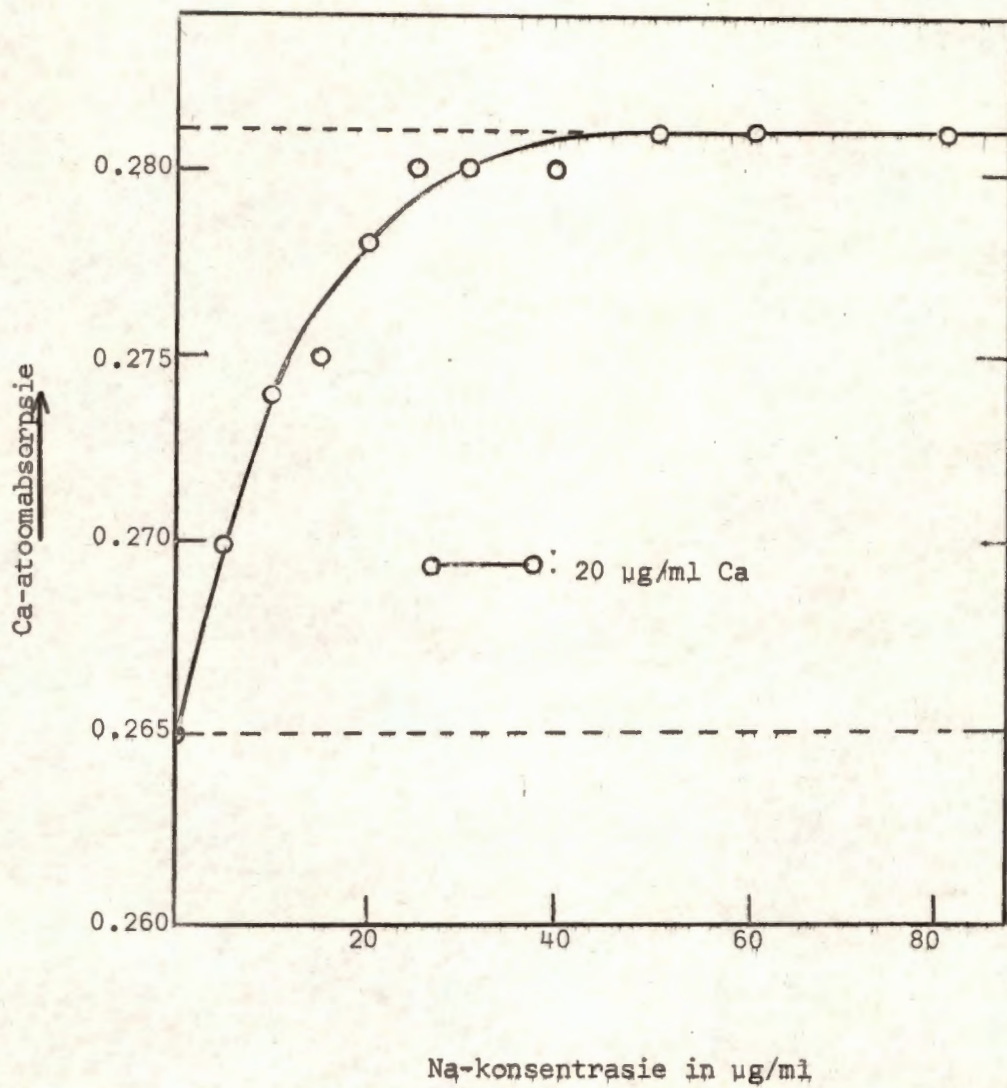


Fig. 4.10 - Die invloed van Na^+ op Ca-absorpsie.

'n Grafiese voorstelling van die resultate word in Fig. 4.10 aangetoon.

Uit die resultate blyk dit dat die aanwesigheid van Na wel Ca-atoomabsorpsie in 'n mate verhoog. Om te kompenseer vir hierdie effek van Na en moontlike effek van K, is ykoplossings wat Na, K en Ca in die verhouding 1:2:5 bevat, gebruik. (Kyk 4.2)

4.72 DIE EFFEK VAN LANTAAN (La^{3+}) OP DIE STEURENDE INVLOED VAN FOSFOR BY Ca-atoomabsorpsie

Verskeie metodes is al ontwikkel om die steurende invloed van fosfor (en ander anione) by Ca-atoomabsorpsie, uit te skakel. David (1959) toon aan dat hierdie steuring uitgeskakel kan word deur die byvoeging van swael-suur en magnesium by die monsters en ykoplossings. David (1960) het 'n studie gemaak van die steurings te wyte aan aluminium, fosfaat, silikaat en sulfaat by Ca-bepaling in grondmonsters. Hy het die effektiwiteit van lantaan (La) en Strontium (Sr) as dempers van die steuring, ondersoek en gevind dat Strontium die effektiwiefste was. Williams (1959) wys daarop dat lantaan die vermoë besit om aluminium- en fosfaatsteuring by die vlamfotometriese bepaling van Ca in grondmonsters, volkome te demp.

Yofè en Finkelstein (1958) bespreek die meganisme waarvolgens lantaan die fosfaatsteuring by die vlamfotometriese bepaling van Ca ophef. Hulle postuleer dat die lantaan die Ca verplaas uit die kalsiumfosfaatbevattende verbindings wat selfs by hoë temperature nie kalsiumione vorm nie. Lantaan wedywer met die kalsium om met die fosfaat te verbind.

Willis (1959) vind dat lantaan (La^{3+}) 'n geskikte demper is vir die fosfaatsteuring by die Ca-atoomabsorpsie in bloedserum.

By hierdie ondersoek is lantaan (La^{3+}) as demper vir die steurende

invloede by Ca-atoomabsorpsie aangewend. Om die optimum konsentrasie waarin La^{3+} by die monsters gevoeg moes word, te bepaal, is die volgende proef uitgevoer:

Lantaan, in die vorm van LaCl_3 wat in suiwer water opgelos is, is in konsentrasies van 500 tot 5,000 $\mu\text{g/ml}$ by 'n verteerde plantmonster gevoeg. ['n Verteerde plantmonster wat 'n relatief hoë fosforinhoud besit het, is vir hierdie proewe gebruik. Dieselfde monster is vir albei proewe gebruik.] Die Ca-atoomabsorpsie is nou in elke geval bepaal. Dieselfde proef is nou herhaal, maar nou is 'n addisionele 40 $\mu\text{g/ml}$ fosfor (in die vorm van $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) by die verteerde plantmonster gevoeg om die effek van die La^{3+} te aksentueer. Die konsentrasie van die monster is konstant gehou. Die resultate word in Tabel 4.3 aangegee.

TABEL 4.3 - DIE EFFEK VAN La^{3+} BY DIE ATOOMABSORPSIOMETRIESE BEPALING VAN Ca IN DIE TEENWOORDIGHEID VAN FOSFAAT

La^{3+} $\mu\text{g/ml}$ bygevoeg	Ca-atoomabsorpsie	
	geen addisionele fosfor by monster gevoeg	40 $\mu\text{g/ml}$ addisionele fosfor as $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ by monster gevoeg
0	0.106	0.082
100	0.116	0.086
200	0.119	0.092
400	0.119	0.100
600	0.120	0.104
800	0.121	0.106
1,000	0.121	0.109
1,500	0.121	0.114
2,000	0.121	0.120
2,500	0.121	0.122
3,500	0.121	0.122
5,000	0.121	0.122

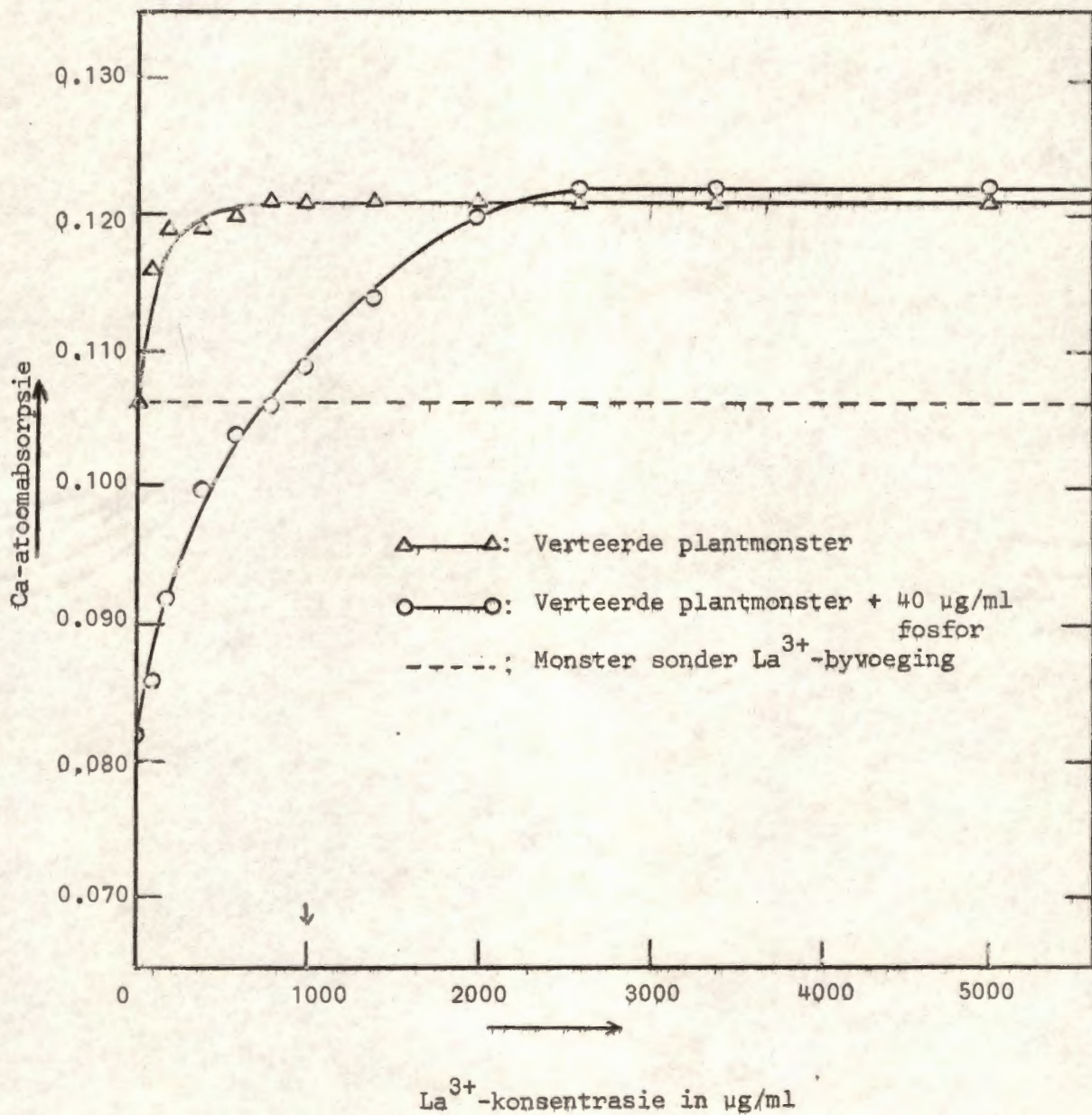


Fig. 4.11 - Die effek van La^{3+} op die steurende invloed van fosfor by Ca-atoomabsorpsie.

'n Grafiese voorstelling van bostaande resultate word in Fig. 4.11 gevind.

Uit die resultate het dit geblyk dat 1000 $\mu\text{g/ml La}^{3+}$ toereikend was om die fosfaatsteuring by Ca-atoomabsorpsie by die Ca-analise van die verteerde plantmonsters (sonder bygevoegde fosfaat), op te hef.

4.73 ANALISEMETODE

Die verteerde plantmonsters, bestem vir Ca-analise is nou so voorberei dat hulle 1000 $\mu\text{g/ml La}^{3+}$ (Bygevoeg as LaCl_3) bevat het en deur middel van die atoomabsorpsiemeter vir Ca geanaliseer. Die instrumentele instellings word in tabel 4.1 aangegee. Die resultate word in die aanhangsel aangegee terwyl 'n grafiese voorstelling van die kalsiuminhoud van die verskillende proefplante in Fig. 5.3 verstrek word.

4.8 BEPALING VAN P

Fosfaat is in die verteerde plantmonsters bepaal volgens 'n kolorimetriese metode soos gebruik deur die Landbounavorsingsinstituut van die Hoëveldstreek te Potchefstroom.

REAGENSE

(i) HNO_3 1:2

(ii) 0.25% Ammoniumvanadaat (NH_4VO_3).

2.5 g is opgelos in 500 ml kokende water. Nadat dit afgekoel is, is 20 ml HNO_3 bygevoeg en die oplossing verdun tot 1 liter.

(iii) 5% Ammoniummolibdaat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

50 g is opgelos in water by 50°C en verdun tot 1 liter.

METODE

'n Geskikte hoeveelheid van die verteerde plantmonsters (25 ml in hierdie geval) is geneem. Hierby is 10 ml HNO_3 (1:2) gevoeg en die oplossings ingedamp tot dit droog was sodat alle HClO_4 uit die monster verwyder is. Nou is nog 10 ml HNO_3 (1:2) bygevoeg waarna die oplossings verhit is totdat suurdampe vrygekom het. Die inhoud van die flessies is nou oorgebring in tregters met filtreerpapier (Whatman nr. 40) en opgevang in 100 ml maatflessies. Die filtreerpapiere is baie deeglik gewas met warm gedefioniseerde water. Die reagentiese is nou soos volg bygevoeg:

1. 10 ml 0.25% NH_4VO_3
2. 10 ml 5% $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Die maatflessies is tot by die merkie aangevul met suiwer water. Die persentasie lig wat die oplossing deurlaat is deur middel van die Zeiss-spektrofotometer by 'n golflengte van 470 m μ gemeet.

'n Reeks ykoplossings is soos volg saamgestel:

'n Oplossing wat 100 $\mu\text{g/ml}$ P bevat is berei deur 0.3713 g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ op te los in 1 liter suiwer water. Vervolgens is uit hierdie oplossing 'n reeks verdunnings gemaak deur telkens x ml van bogenoemde oplossing, 10 ml NH_4VO_3 , 10 ml $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ en 10 ml 1:2 HNO_3 aan te vul tot 100 ml met suiwer water. [x = 2 ml, 5 ml, 7 ml, 10 ml, 12 ml, 15 ml, 17 ml en 20 ml respektiewelik.]

Die 100% ligdeurlatingspunt is ingestel met 'n oplossing bestaande uit 10 ml NH_4VO_3 , 10 ml $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ en 10 ml 1:2 HNO_3 wat tot 100 ml aangevul is in 'n maatflessie.

Die hoeveelheid fosfor in elke monster is nou van die ykkromme (Fig. 4.12) afgelees. Die persentasie P teenwoordig in die onderskeie plant-

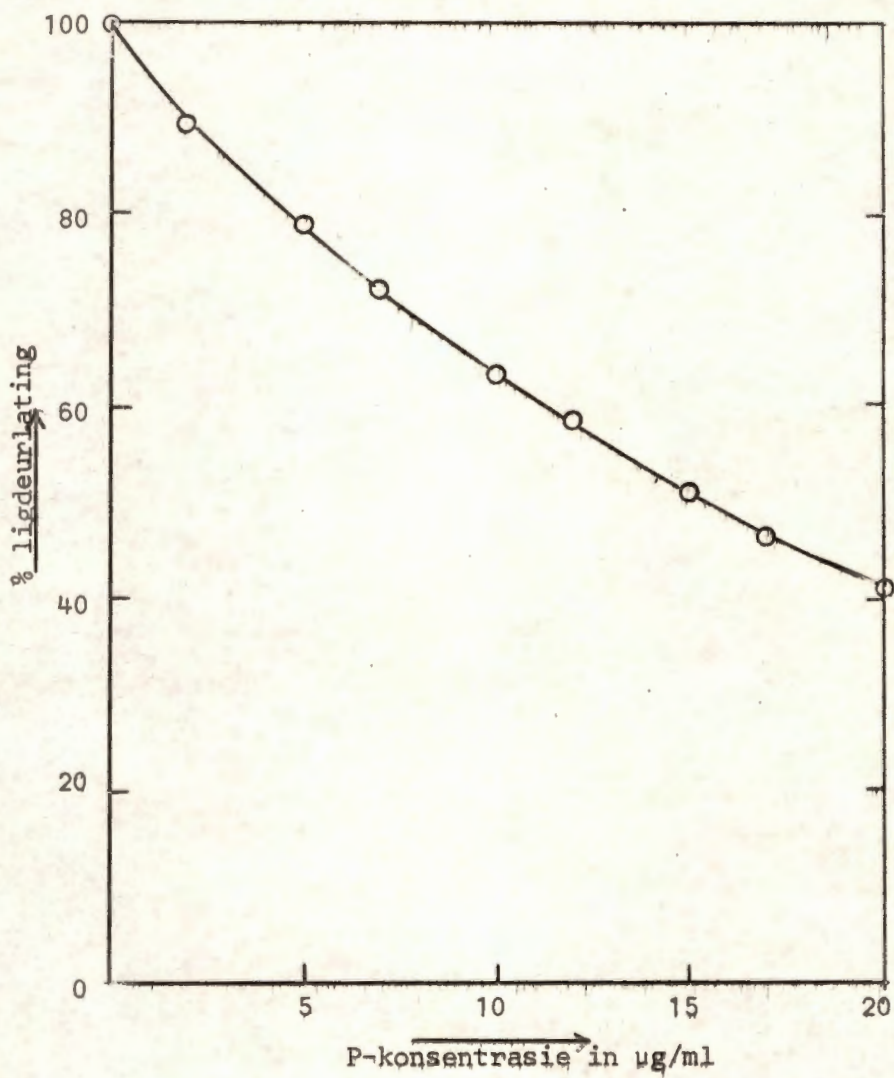


Fig. 4.12 - Ykkromme vir die bepaling van Fosfon.

monsters is bereken volgens die beginsel uiteengesit in 4,2.

'n Grafiese voorstelling van die resultate word in Fig. 5.9 verstrekk.

HOOFSTUK V

BESPREKING VAN RESULTATE

5.1 DIE MINERAALINHOUD VAN PACHYSTIGMA PYGMAEUM IN VERHOUDING MET DIË VAN DIE ANDER PROEFPLANTE

5.11 MANGAANINHOUD (Fig. 5.1)

Uit die resultate blyk dit dat *Pachystigma pygmaeum* van die Wes-Transvaalse gebiede 'n hoër Mn-inhoud bevat as die ander plantspesies wat ondersoek is. (Kyk Fig. 5.1.) Die Mn-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* van die Lichtenburg- en Potchefstroomgebiede is ongeveer twee maal so hoog as dié van *Pygmaeothamnus zeyheri* van genoemde gebiede. Die Mn-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* van die Zwarttrandomgewing is besonder hoog en oorskry dié van *Pygmaeothamnus zeyheri* ongeveer vier maal. Die Mn-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* is in al die gevalle baie hoër as die van die grasse en die verhouding wissel van 4:1 tot 16:1.

Die Mn-inhoud van *Triumfetta sonderi* (Potchefstroom- en Pretoriagebied) is egter ook hoog in vergelyking met dié van die grasse. In die Pretoriagebied is die Mn-inhoud van *Triumfetta sonderi* selfs hoër as dié van *Pachystigma pygmaeum*. Geen van die plante wat ontleed is, het egter so 'n hoë Mn-inhoud soos dié van *Pachystigma pygmaeum* van die Zwarttrandomgewing nie.

As die Mn-konsentrasie van die proefplante vergelyk word met die Mn-konsentrasiewaardes wat deur Goodall en Gregory (1947), asook deur Chapman (1966) vir kultuurplante verstrek word, is dit duidelik dat die proefplante (in die besonder *Pachystigma pygmaeum* en *Triumfetta sonderi*) 'n besondere hoë Mn-inhoud bevat. By sulke hoë Mn-konsentrasies (>0.2%) vertoon

Mn-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

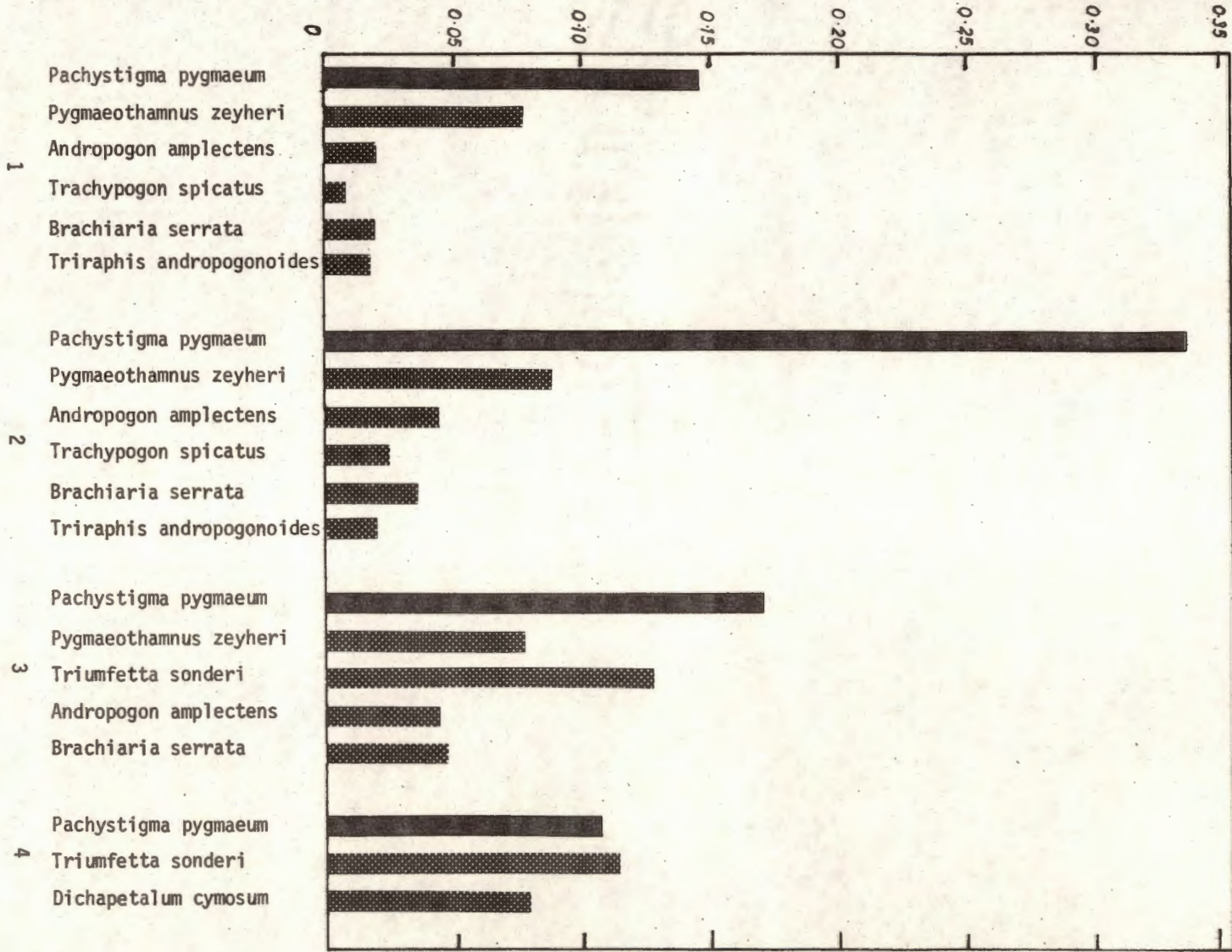


Fig. 5.1 - Mn-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monster-lokaliteite, 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTSTRANDOMGEWING, 3: POTCHERSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.

die meeste kultuurplante volgens Goodall en Gregory (1947), reeds toksiese simptome.

Die Mn-konsentrasie van die verskillende plantorgane wissel meer as in die geval van ander elemente. Mangaan neig om in die blare van die plant op te hoop en bereik dan ook sy hoogste konsentrasie in hierdie gedeelte van die plant. Daar is bevind dat die totale hoeveelheid mangaan in 'n plant van die aard van die grond waarop die plant groei, afhang en daarom wissel die Mn-inhoud in dieselfde plantspesie van gebied tot gebied. (Gilbert, 1957.)

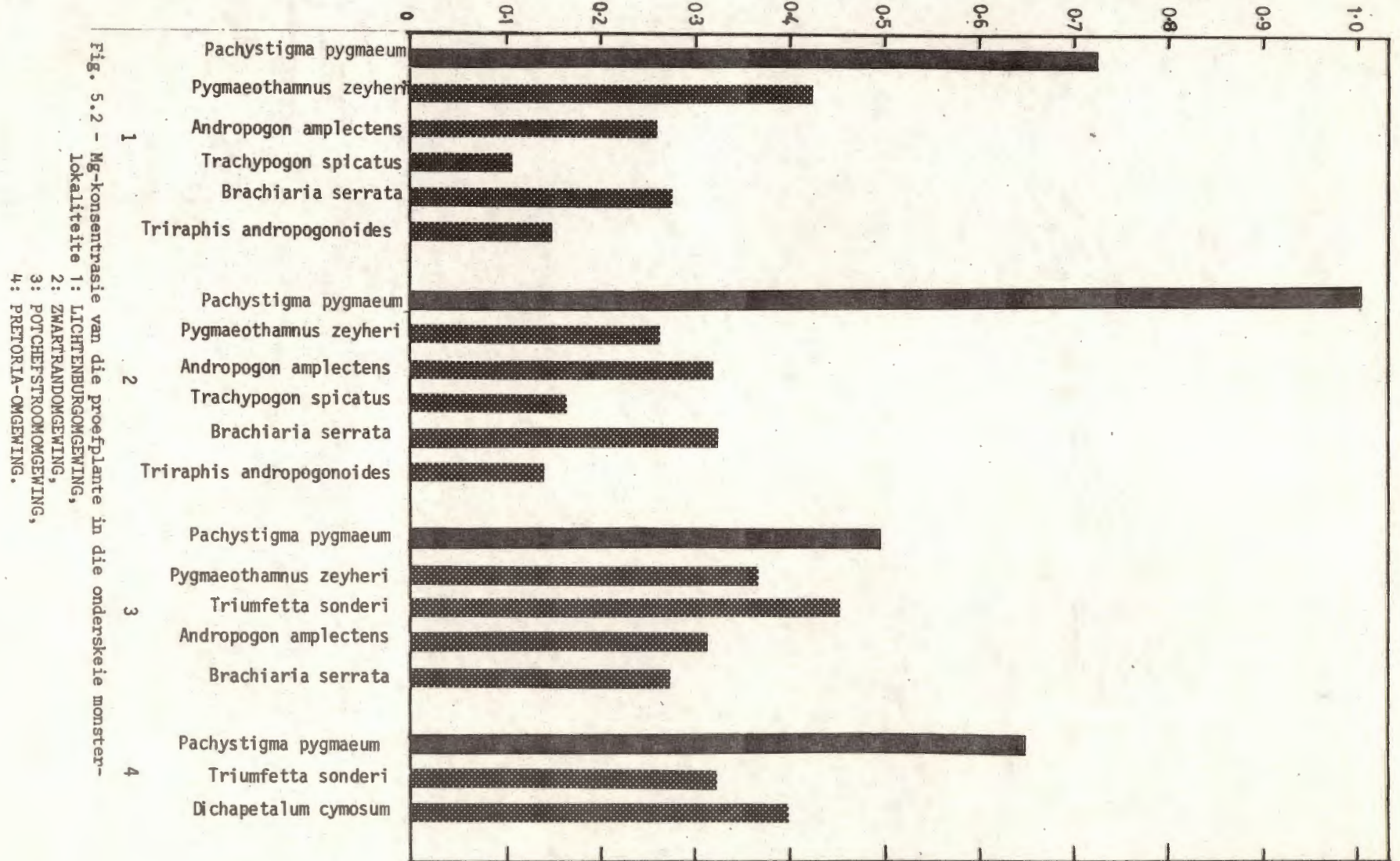
Volgens die resultate uit hierdie ondersoek verkry, wil dit voorkom asof *Pachystigma pygmaeum* geneig is om mangaan in sy blare op te hoop. Verder blyk dit ook dat meer mangaan deur die plant uit die grond van die Zwartrandmonsterlokaliteit opgeneem is as uit die grond van die ander monsterlokaliteite.

5.12 MAGNESIUMINHOUD (Fig. 5.2)

As die Mn-inhoud van die proefplante (Fig. 5.1) met hul Mg-inhoud (Fig. 5.2) vergelyk word, is daar 'n mate van ooreenkoms in die onderlinge verhouding van die genoemde elementkonsentrasies in die verskillende proefplante te bespeur.

Die Mg-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* is hoër as dié van al die ander proefplante wat ondersoek is. Dit was die geval by al vier monstergebiede. Soos in die geval van die Mn-inhoud was dit weer *Pachystigma pygmaeum* van die Zwartrandmonstergebied wat die hoogste Mg-konsentrasie bevat het - ongeveer viermaal so hoog soos dié van *Pygmaeothamnus zeyheri* van dieselfde omgewing. Anders as in die geval van die Mn-inhoud, is daar maar 'n klein verskil in die Mg-konsentrasie van die grasse in vergelyking met dié van die bossies. (*Pachystigma pygmaeum* uitgesluit.)

Mg-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).



Die Mg-inhoud van die grasse in die drie Wes-Transvaalse gebiede is ietwat hoër as die gemiddelde Mg-waardes wat du Toit, Louw en Malan (1940) aangee vir die grasweiveld van hierdie omgewings. Die Mg-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* is relatief hoog as dit vergelyk word met die Mg-inhoud van kultuurplante soos aangegee deur Goodall en Gregory (1947). Volgens hierdie gegevens wissel die Mg-waardes van die blare van kultuurplante van 0.05% (appel) tot 0.86% (aartappel). Die Mg-waardes soos verkry vir die blare van *Pachystigma pygmaeum* wissel van 0.5% (Potchefstroomgebied) tot 1.0% (Zwartnandgebied).

Hierdie hoë Mg-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* is moontlik toe te skryf aan die diep en uitgebreide wortelstelsel van die plant wat hom instaat stel om dieper as die ander plante in die dolomietiese grond in te dring.

5.13 KALSIUMINHOUD (Fig. 5.3)

Wat die Ca-inhoud van die proefplante betref, is dit weer eens *Pachystigma pygmaeum* wat die hoogste waarde besit. Dit is die geval by al die monstergebiede.

Die gemiddelde Ca-konsentrasie van *Pachystigma pygmaeum* in die Wes-Transvaalse gebiede is 1.56% van die droë gewig, terwyl dié van *Pygmaeothamnus seyheri* 0.91% is en die gemiddelde Ca-inhoud van die grasse het ongeveer 0.52% bedra. Die gemiddelde Ca-inhoud van die grasse wat in hierdie ondersoek ontleed is, is ietwat hoër as die gemiddelde Ca-waardes wat deur du Toit, Louw en Malan (1940), vir die grasveld vir hierdie omgewings, aangegee word.

Soos by die hoë Mg-konsentrasie van *Pachystigma pygmaeum*, kan die hoë Ca-konsentrasie van hierdie plant moontlik toegeskryf word aan die uitgebreide en diep wortelstelsel van die plant.

Ca-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

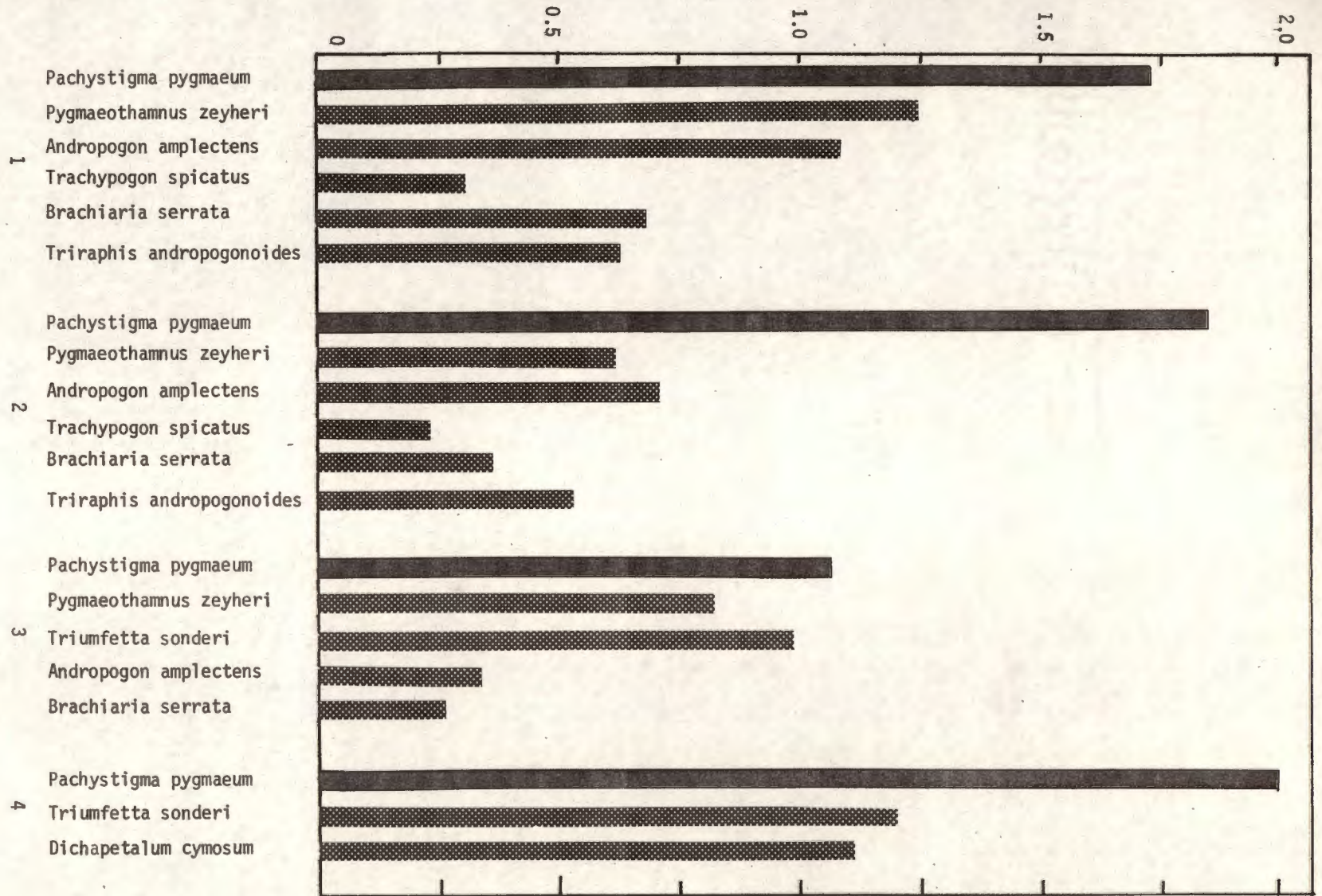


Fig. 5.3 - Ca-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monsterlokaleiteite. 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTRANDOMGEWING, 3: POTCHEFSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.

Verder is dit interessant om op te let hoe nou die onderlinge verhouding tussen die Ca-konsentrasies van die onderskeie proefplante in elke monstergebied, ooreenstem met die onderlinge verhouding van die Mg-konsentrasies tussen die onderskeie proefplante in elke monstergebied.

5.14 YSTERINHOUD (Fig. 5.4)

Die Fe-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* en al die ander plante wat ondersoek is, is besonder hoog in vergelyking met Fe-waardes wat deur Chapman (1966) aangegee word vir kultuurplante. Die waardes verkry met hierdie ondersoek wissel van 0.014% tot 0.062%. (*Brachiaria serrata* en *Triraphis andropogonoides* uitgesluit.) Volgens die Fe-konsentrasies van kultuurplante soos aangegee deur Chapman (1966), is dit slegs sitrus wat Fe in konsentrasies > 0,03% bevat.

Die hoë Fe-inhoud verkry vir *Brachiaria serrata* en *Triraphis andropogonoides* moet egter bevraagteken word. Hierdie twee grasse se blare is pordek met 'n laag digte haartjies. Daar is verder ook waargeneem dat die blare van hierdie grasse geneig was om toe te rol kort nadat hulle versamel is. Hierdie feite het die reinigingsproses bemoeilik, en die hoë Fe-waardes verkry, kan moontlik toegeskryf word aan kontaminasie met grond. (Kyk 3.22).

5.15 SINKINHOUD (Fig. 5.5)

As die Zn-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* vergelyk word met die tabelwaardes soos aangegee deur Chapman (1966) vir kultuurplante, blyk dit dat die Zn-inhoud relatief laag is. Die Zn-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* is verder ook relatief laag ten opsigte van dié van die ander proefplante,

In vergelyking met tabelwaardes vir kultuurplante (Chapman), is die Zn-inhoud van *Brachiaria serrata*, *Triraphis andropogonoides*, *Triumfetta sonderi*

Fe-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

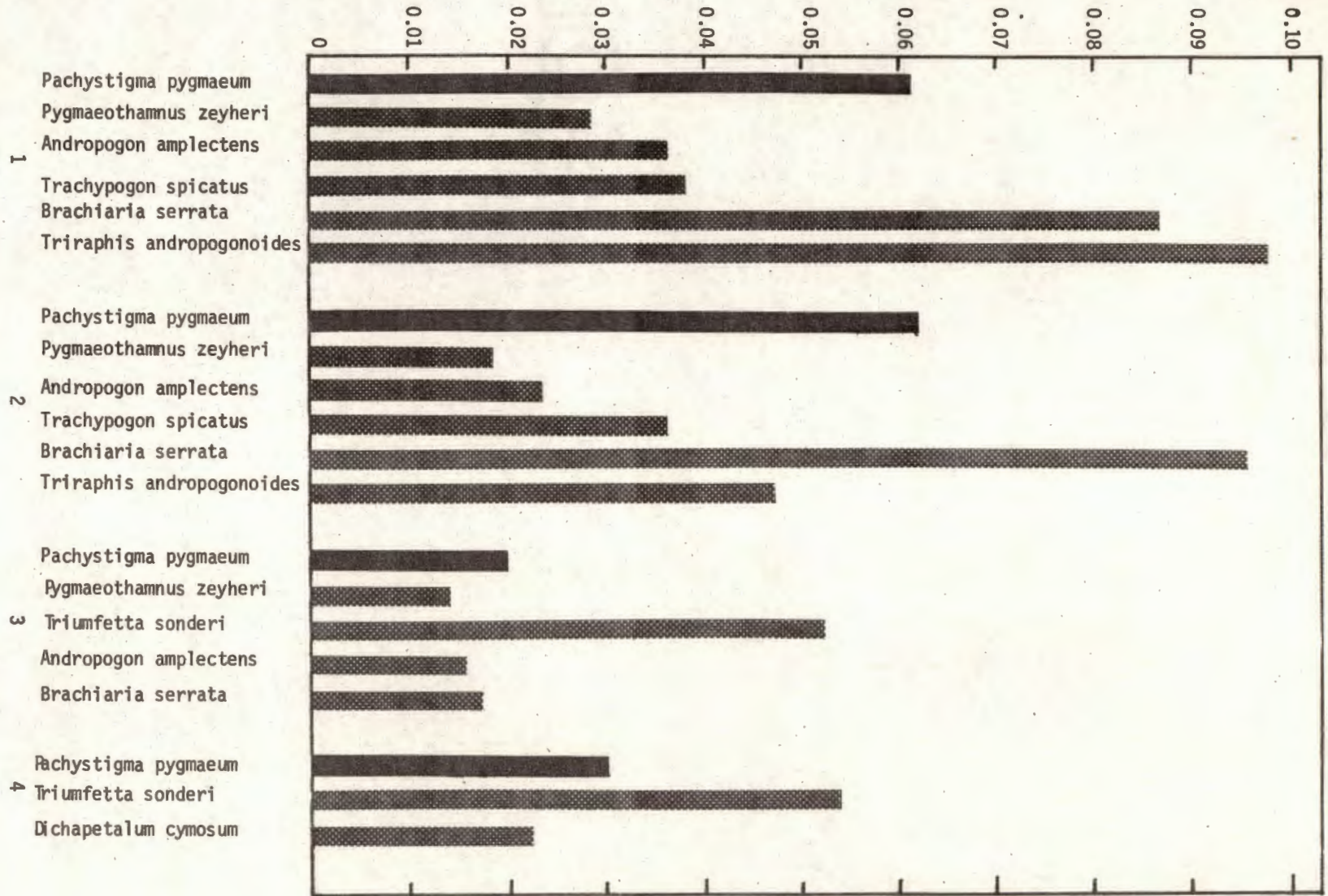


Fig. 5,4 - Fe-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monsterlokaleite. 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTRANDOMGEWING, 3: POTCHEFSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.

Zn-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG)

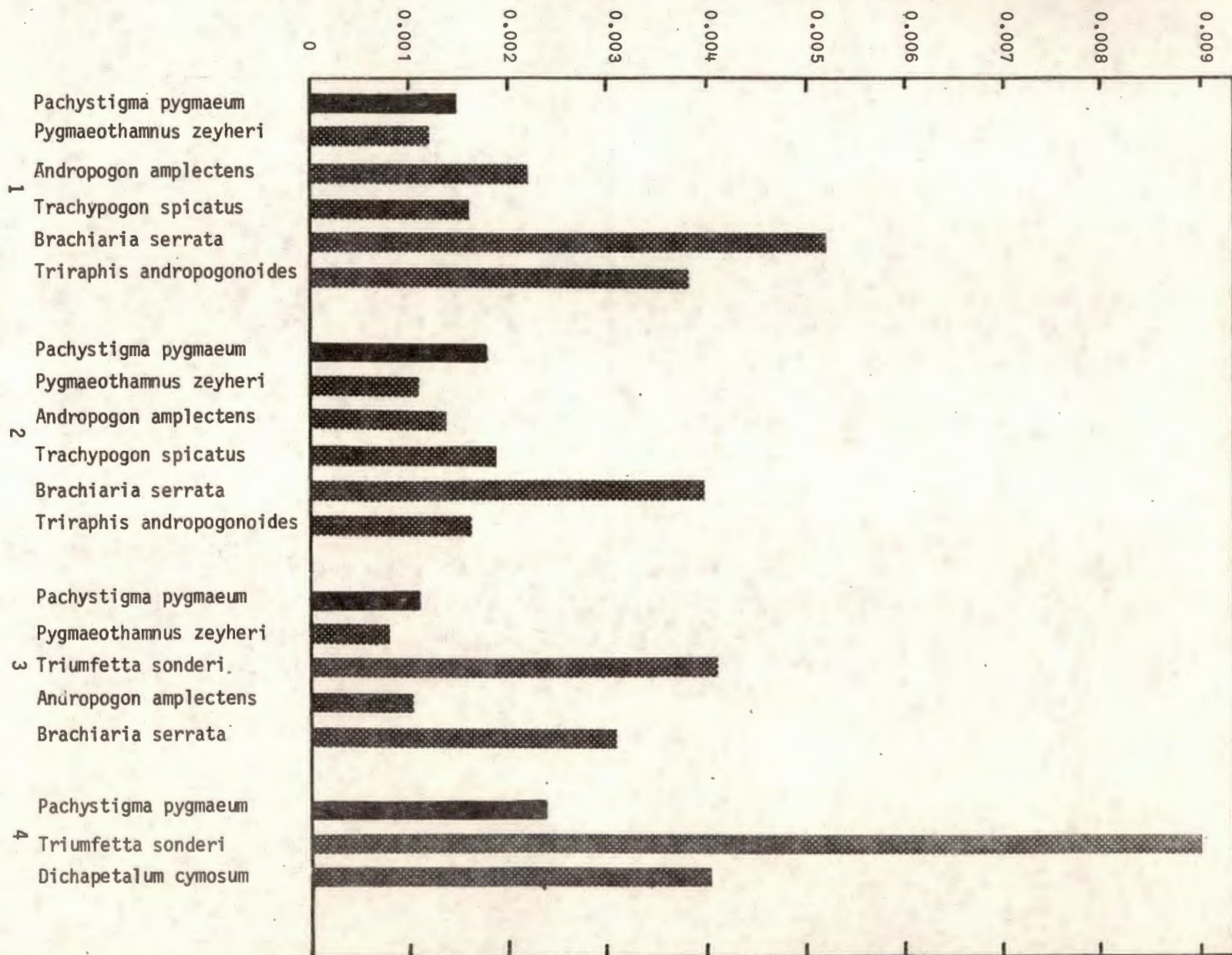


Fig. 5.5 - Zn-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monster-

lokaliteite. 1: LICHTENBURGOMGEWING,

2: ZWARTRANDOMGEWING,

3: POTCHEFSTROOMOMGEWING,

4: PRETORIA-OMGEWING.

en *Dichapetalum cymosum*, relatief hoog.

5.16 KOPERINHOUD (Fig. 5.6)

In die Wes-Transvaalse gebiede is die Cu-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* heelwat hoër as dié van *Pygmaeothamnus zeyheri* asook dié van die grasse. Die Cu-inhoud van *Triumfetta sonderi* van die Potchefstroommonstergebied, is egter hoër as dié van al die ander proefplante van hierdie gebied. In die Pretoria-gebied is die koperinhoud van *Dichapetalum cymosum* tweemaal so hoog soos dié van *Pachystigma pygmaeum*.

Volgens die tabelwaardes aangegee deur Chapman (1966) vir kultuurplante, moet die koperinhoud van die proefplante as middelmatig beskou word.

5.17 NATRIUMINHOUD (Fig. 5.7)

Uit die resultate verkry, blyk dit dat die Na-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* in die Wes-Transvaalse gebiede van 3 tot 5 keer hoër is as dié van *Pygmaeothamnus zeyheri*. Oor die algemeen is die Na-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* nie veel hoër as dié van die grasse nie. Die Na-inhoud van *Triumfetta sonderi* is egter hoër as dié van *Pachystigma pygmaeum* (kyk Fig. 5.7).

Volgens tabelwaardes vir die Na-inhoud van kultuurplante, soos aangegee deur Chapman (1966), is die Na-konsentrasie van die proefplante soos bepaal by hierdie ondersoek, betreklik laag.

Du Toit, Louw en Malan (1940) dui die Na-konsentrasies van grasvelde van die Ventersdorp- en Potchefstroomomgewing oor die algemeen met „spoorhoeveelhede" aan. Die konsentrasies in die proefplante is egter nog laer as die waardes wat hulle verstrek.

5.18 KALIUMINHOUD (Fig. 5.8)

Die K-inhoud van *Pachystigma pygmaeum* verskil weinig van dié van die

Cu-KONSENTRASIE (% van die droë gewig)

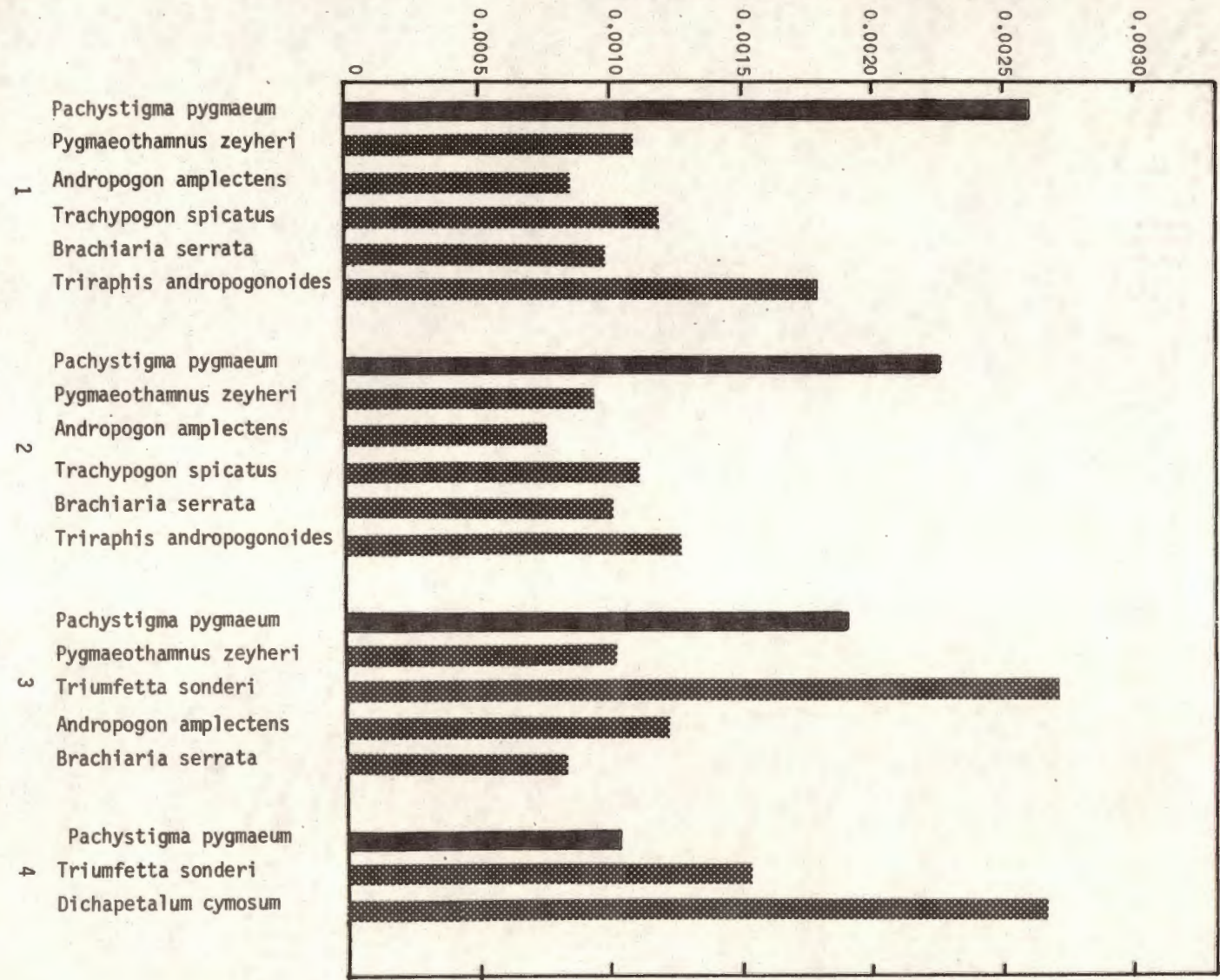


Fig. 5.6 - Cu-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monster-lokaliteite. 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTRANDOMGEWING, 3: POTCHEFSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.

Na-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

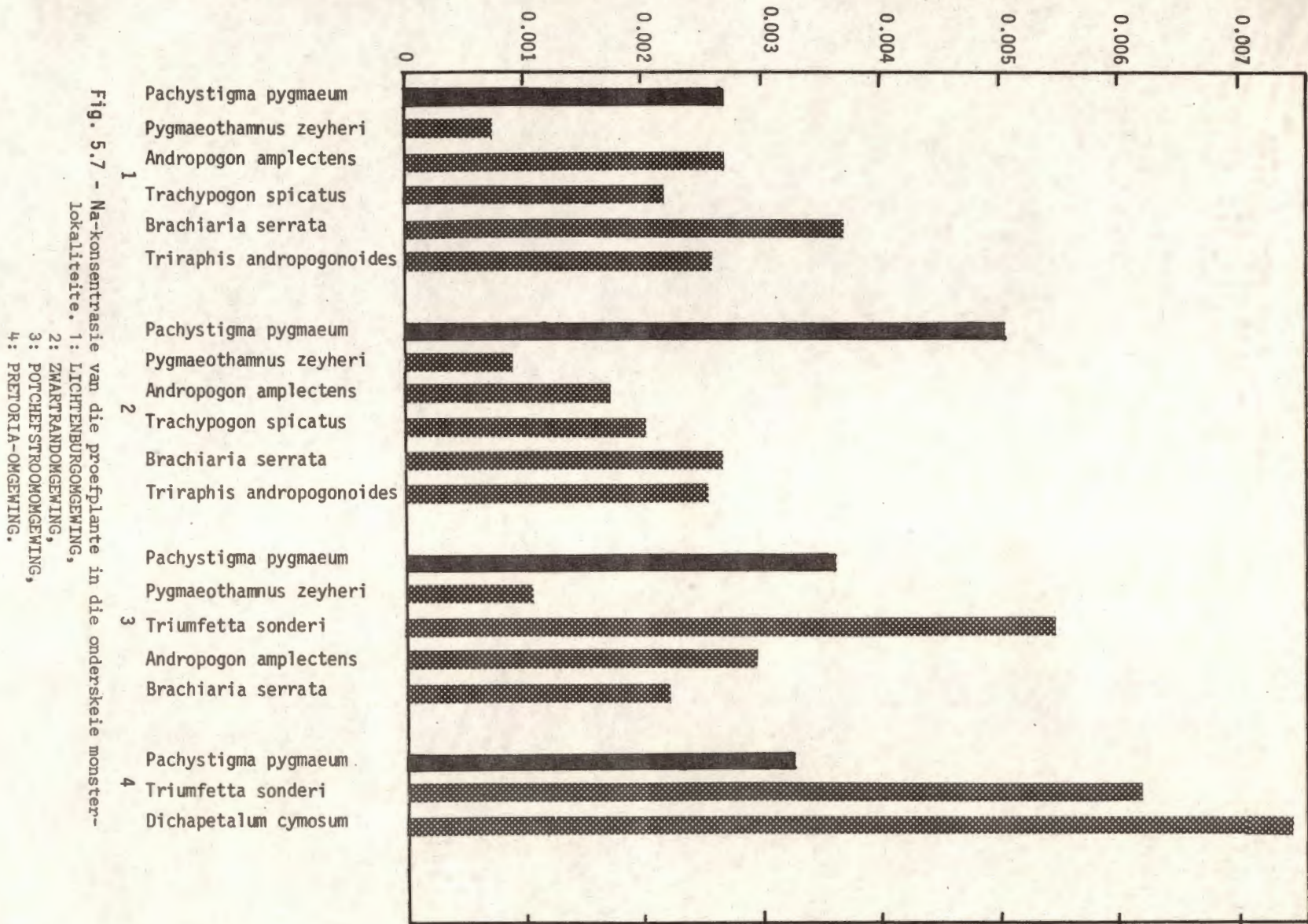


Fig. 5.7 - Na-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monstern-

Lokalisering. 1: LICHTENBURGOMGEWING,

2: ZWARTRANDOMGEWING,

3: POTCHEFSTROOMOMGEWING,

4: PRETORIA-OMGEWING.

K-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

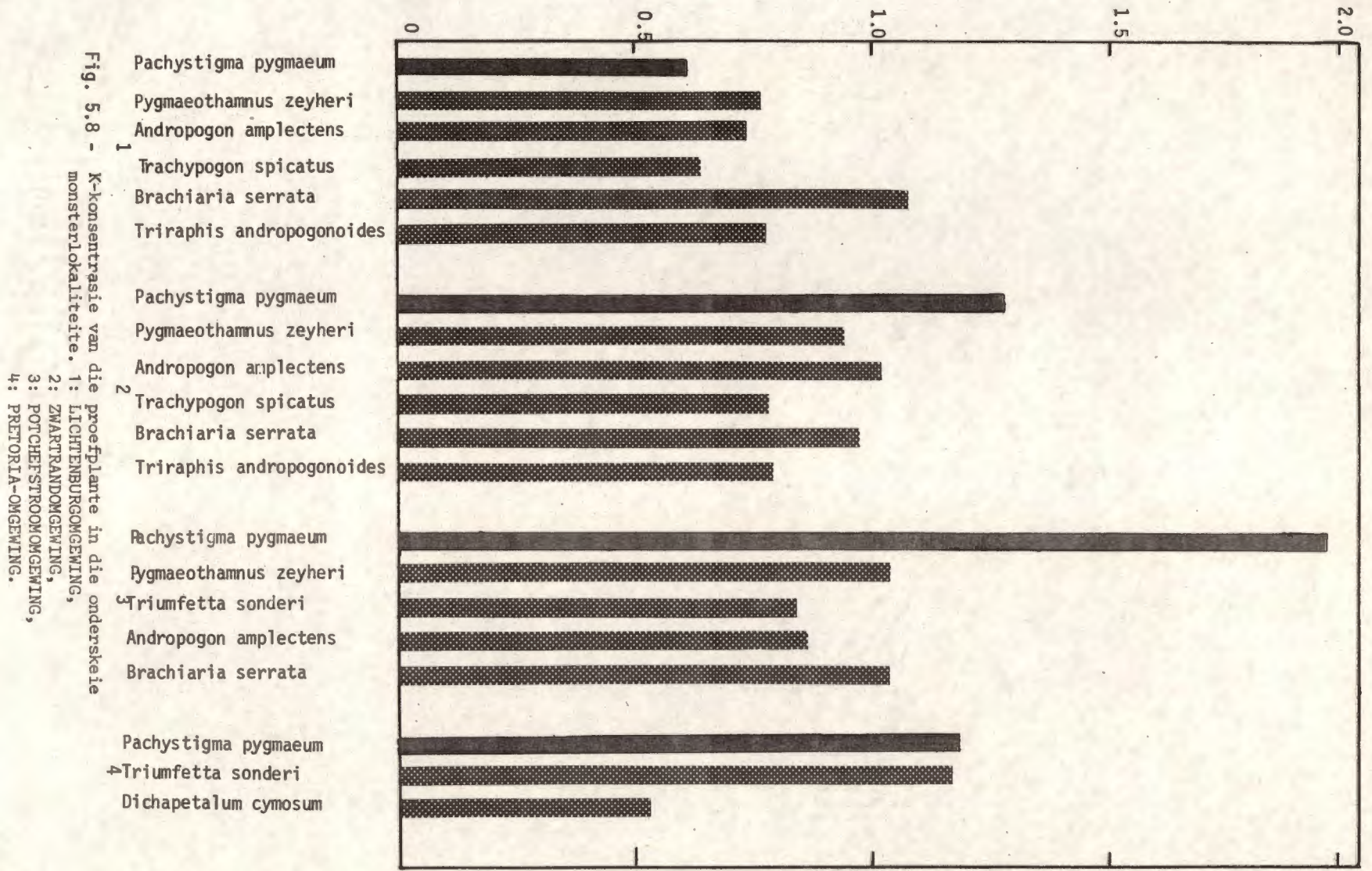
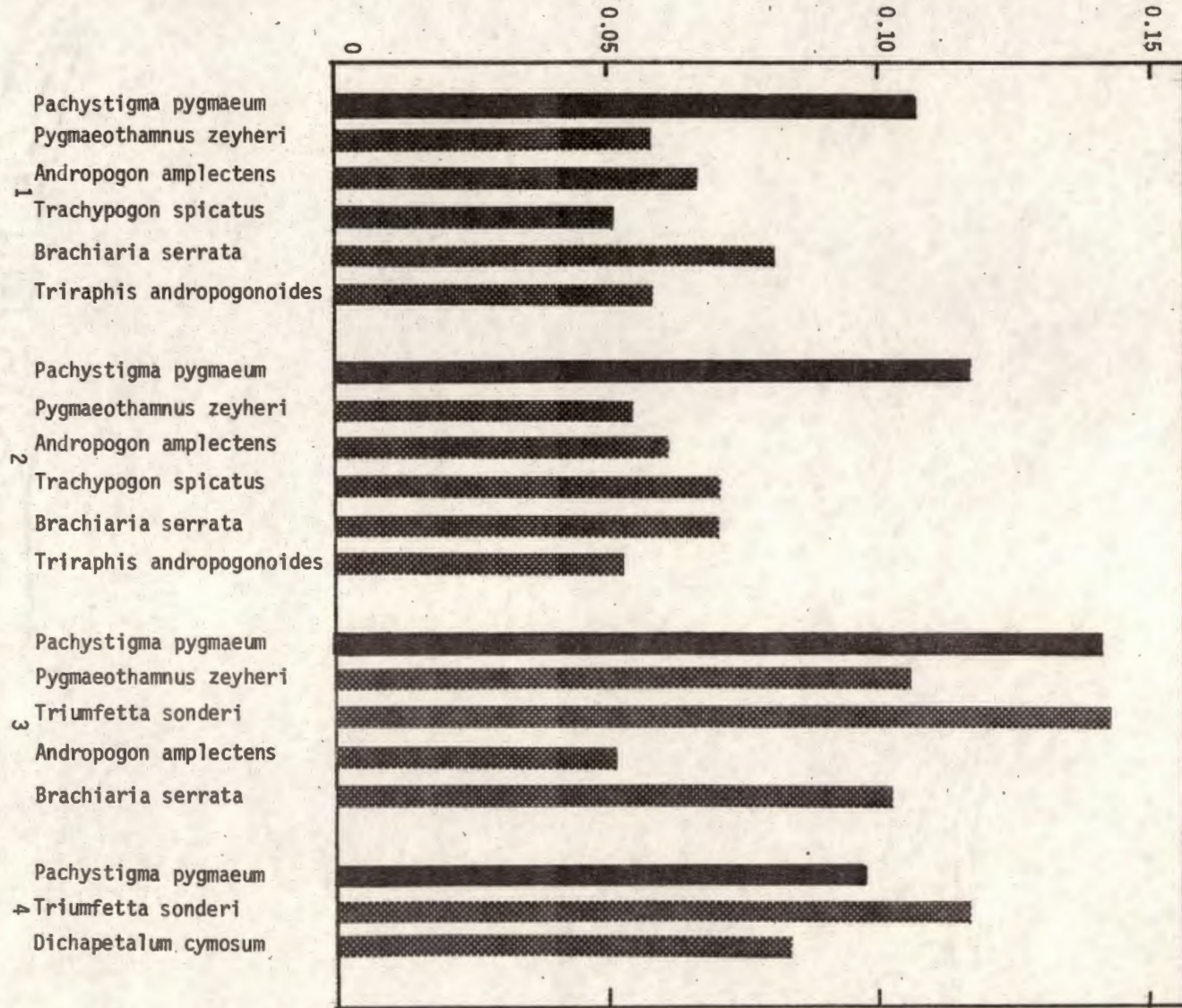


Fig. 5.8 - K-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monsterlokaliteite. 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTRANDOMGEWING, 3: POTCHEFSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.

P-KONSENTRASIE (% VAN DIE DROË GEWIG).

Fig. - 5.9 - P-konsentrasie van die proefplante in die onderskeie monsterlokaleite. 1: LICHTENBURGOMGEWING, 2: ZWARTRANDOMGEWING, 3: POTCHIEFSTROOMOMGEWING, 4: PRETORIA-OMGEWING.



ander proefplante. Slegs in die Potchefstroomgebied is die K-inhoud daarvan opvallend hoër as dié van die ander proefplante.

Volgens tabelwaardes aangegee deur Chapman (1966), is die K-konsentrasies van die proefplante middelmatig. Die K-waardes verkry stem ook goed ooreen met die gemiddelde waardes deur du Toit, Louw en Malan (1940) aangegee vir die grasse van die Wes-Transvaalse gebiede.

5.19 FOSFORINHOUD (Fig. 5.9)

Behalwe vir *Triumfetta sonderi* is die fosforinhoud van *Pachystigma pygmaeum* in al die gebiede hoër as dié van die ander proefplante. Die fosforinhoud van bossies is egter altyd hoër as dié van die grasse (du Toit, Louw en Malan, 1940). Volgens laasgenoemde outeurs kan die natuurlike weivelde van die Republiek van Suid-Afrika, vanuit 'n kwalitatiewe oogpunt beskou, in drie kategorieë ten opsigte van fosforinhoud van die weivelde, ingedeel word, nl. gebiede relatief laag in fosfor, gebiede met 'n middelmatige fosforinhoud en gebiede met 'n hoë fosforinhoud. Volgens hierdie indeling val die monstergebiede in Wes-Transvaal in eersgenoemde kategorie,

Die fosforkonsentrasie van die proefplante soos bepaal by hierdie ondersoek, is ietwat laer as die fosforwaardes wat deur du Toit, Louw en Malan (1940) vir die grasse van hierdie gebiede verstrekkend word.

Volgens die waardes aangegee vir kultuurplante deur Chapman (1960) is die fosforkonsentrasie van die proefplante laag.

5.2 VERGELYKING VAN DIE MINERAALKONSENTRASIES VAN PACHYSTIGMA PYGMAEUM IN VERSKILLENDE LOKALITEITE

Om die mineraalkonsentrasies van *Pachystigma pygmaeum* van die verskillende monsterlokaliteite te vergelyk is die konsentrasie waarin die onder-

skeie elemente in die plant voorkom in elke gebied, deur middel van histogramme voorgestel. (Kyk Fig. 5,10.) Hieruit blyk dit dat daar redelike groot verskille in die elementkonsentrasies van *Pachystigma pygmaeum* van die onderskeie monstergebiede voorkom. Daar bestaan byvoorbeeld redelike groot verskille ten opsigte van Mn, Fe en K.

By die interpretasie van die beeld soos voorgestel in Fig. 5.10, moet egter in gedagte gehou word dat die proefplante van die verskillende gebiede nie in dieselfde maand van die jaar en in die geval van die Pretoria-monsters, nie in dieselfde jaar, geneem is nie. (Kyk 3.21.) Om betroubaarder resultate van die verskille in mineraalkonsentrasies van *Pachystigma pygmaeum* en die ander proefplante ten opsigte van die verskillende lokaliteite, te kon verkry, sou dit verkieslik gewees het om monsters van die betrokke plante op 'n paar plekke in elke monstergebied te geneem het ten einde die betekenisvolheid van verskille te kon bereken. (Kyk 3.21.)

5.3 VERGELYKING TUSSEN MONSTERLOKALITEITE TEN OPSIGTE VAN DIE MINERAALKONSENTRASIES VAN *PACHYSTIGMA PYGMAEUM*, *PYGMAEOTHAMNUS ZEYHERI*, *ANDROPOGON AMPLECTENS* en *BRACHIARIA SERRATA*

Aangesien daar 'n probleem ontstaan te wyte aan die feit dat die onderskeie elementkonsentrasies van die proefplante nie grafies op een skaal aangetoon kan word nie (verskille in konsentrasies so groot as 2,000-voudig word aangetref), is besluit om relatiewe elementkonsentrasies te gebruik: Die hoogste konsentrasie van elke spesifieke element, is telkens as 100% gestel en die ooreenstemmende elementkonsentrasies van die ander lokaliteite is as persentasie hiervan uitgedruk. Hierdie waardes is vir al die elemente bereken. Die waardes soos uitgewerk vir *Pachystigma pygmaeum*, word in

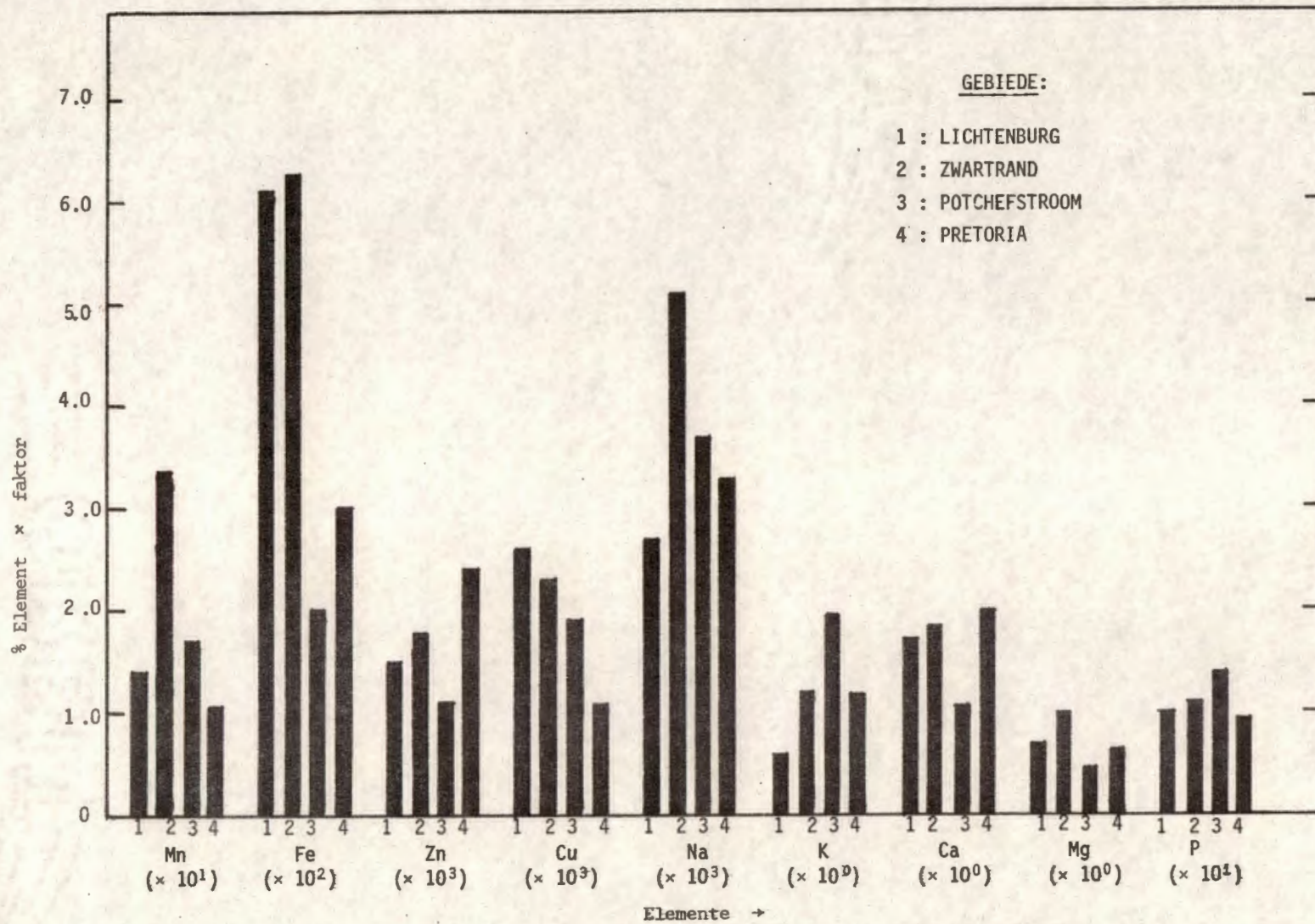


Fig. 5.10 - VERGELYKING VAN MINERAALKONSENTRASIES VAN *PACHYSTIGMA PYGMAEUM* IN VERSKILLENDSE LOKALITEITE.

Tabel 5.1 aangetoon.

Die so verkreeë waardes is grafies voorgestel soos aangetoon in Fig. 5.11. Volgens hierdie grafiese voorstelling (Fig. 5.11), blyk dit dat die konsentrasies van die onderskeie elemente (wat bepaal is) in *Pachystigma pygmaeum* van die Zwartrandmonstergebied, oor die algemeen hoër is as dié van die ander gebiede. 'n Goeie aanduiding hiervoor kan verkry word deur die verskillende relatiewe konsentrasies van elke gebied te sommer soos gedoen is in tabel 5.1. *Pachystigma pygmaeum* vanaf Zwartrand afkomstig het 'n veel hoër totale relatiewe mineraalkonsentrasie as dié in die ander gebiede. Die ander gebiede het naasteby 'n ewe hoë totale relatiewe mineraalkonsentrasie.

TABEL 5.1

KONSENTRASIE VAN VERSKILLENDE ELEMENTE IN PACHYSTIGMA PYGMAEUM UIT VIER VERSKILLENDE LOKALITEITE EN DIE % WAT DIE VERSKILLENDE ELEMENTKONSENTRASIES VAN DIE HOOGSTE BETROKKE ELEMENTKONSENTRASIE UITMAAK. (RELATIEWE ELEMENTKONSENTRASIES)

element	LICHTENBURG		ZWARTRAND	
	% element	relatiewe element-konsentrasie (%)	% element	relatiewe element-konsentrasie (%)
Mn	0.1467	43.3	0.3386	100.0
Fe	0.0614	97.6	0.0629	100.0
Zn	0.0015	62.5	0.0018	75.0
Cu	0.0026	100.0	0.0023	88.5
Na	0.0027	52.9	0.0051	100.0
K	0.6123	31.0	1.2856	65.0
Ca	1.7453	87.1	1.8563	92.6
Mg	0.7253	71.7	1.0113	100.0
P	0.1069	75.5	0.1177	83.2
Totaal		<u>621.6</u>		<u>804.3</u>

(Tabel 5.1 vervolg)

element	POTCHEFSTROOM		PRETORIA	
	% element	relatiewe element-konsentrasie (%)	% element	relatiewe element-konsentrasie (%)
Mn	0.1733	51.2	0.1083	32.0
Fe	0.0200	31.8	0.0303	48.2
Zn	0.0011	45.8	0.0024	100.0
Cu	0.0019	73.1	0.0011	42.3
Na	0.0037	71.5	0.0033	64.7
K	1.9778	100.0	1.1952	60.4
Ca	1.0785	53.8	2.0048	100.0
Mg	0.4985	49.3	0.6505	64.3
P	0.1415	100.0	0.0983	69.5
Totaal		<u>577.5</u>		<u>581.4</u>

Dit mag beteken dat die grond van die Zwartrandmonstergebied veel hoër beskikbare elementkonsentrasies besit. (Hier moet weereens in gedagte gehou word dat die proefplante van die onderskeie monstergebiede nie op dieselfde tydstip geneem is nie en dat gevolgtrekkings nie sonder meer gemaak kan word nie.)

Om hierdie aspek verder na te gaan is die totale relatiewe mineraalkonsentrasies op 'n ooreenstemmende wyse vir *Pygmaeothamnus zeyheri*, *Andropogon amplexans* en *Brachiaria serrata* bereken. Die resultate word in Tabel 5.2 aangegee.

Uit die waardes in tabel 5.2 blyk dit dat die hoogste totale relatiewe mineraalkonsentrasies vir *Pygmaeothamnus zeyheri*, *Andropogon amplexans* en *Brachiaria serrata* telkens dié van die Lichtenburg-monstergebied is. Die feit dat *Pachystigma pygmaeum* die hoogste totale relatiewe mineraalkonsentrasie in die Zwartrand-monstergebied het, kan dus nie daaraan toegeskryf

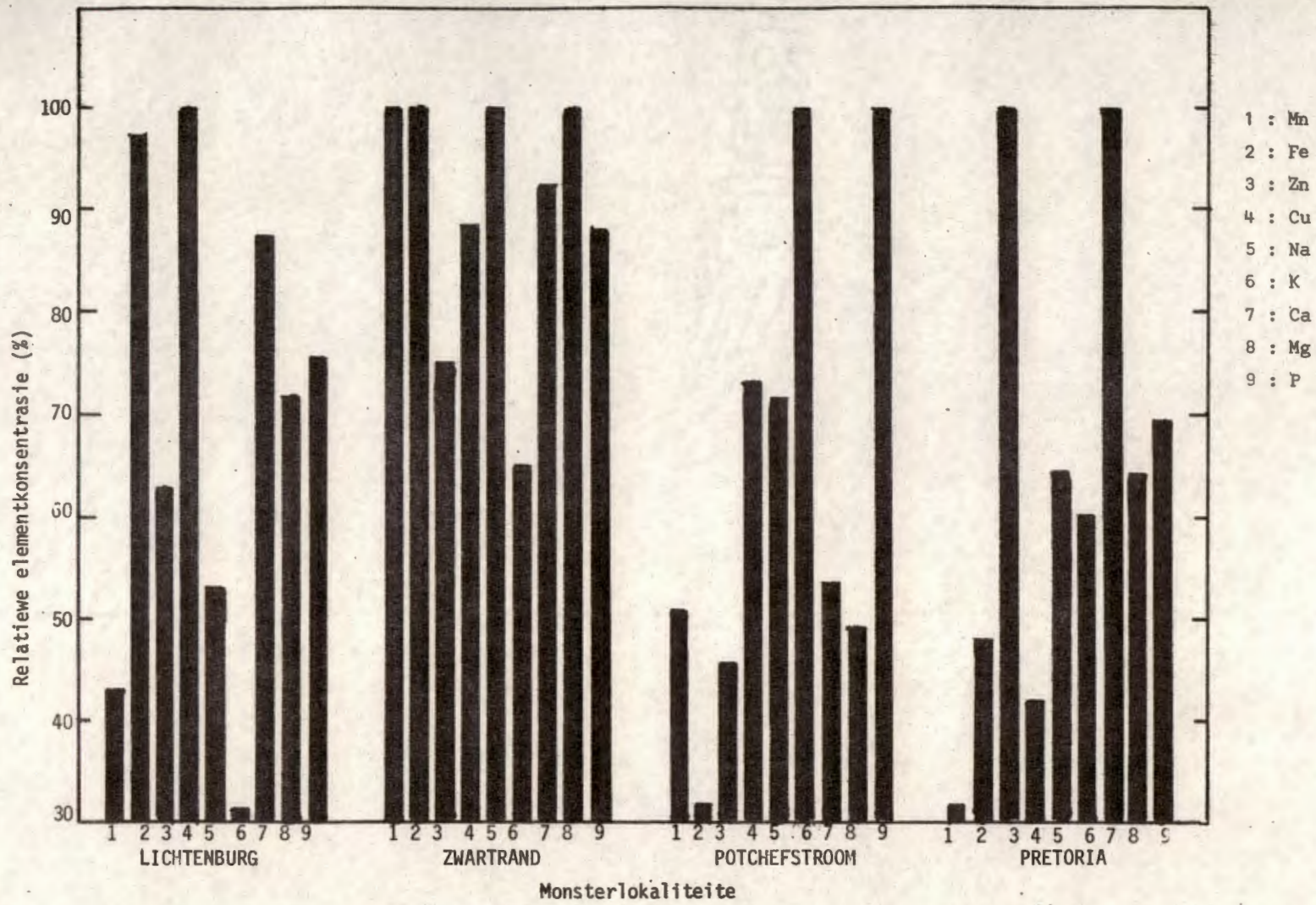


Fig. 5.11 RELATIEWE ELEMENTKONSENTRASIES VAN *PACHYSTIGMA PYGMAEUM* IN DIE VERSKILLENDE LOKALITEITE. (kyk tabel 5.11)

TABEL 5.2

INVLOED VAN LOKALITEIT OP DIE TOTALE RELATIEWE ELEMENTKONSENTRASIES VAN
PACHYSTIGMA PYGMAEUM, PYGMAEOTHAMNUS ZEYHERI, ANDROPOGON AMPLECTENS EN
BRACHIARIA SERRATA

PLANTSPESIE	← Lokaliteit →			
	Lichtenburg	Zwartrand	Potchefstroom	Pretoria
<i>PACHYSTIGMA</i> <i>PYGMAEUM</i>	621.6	804.3	577.5	581.4
<i>PYGMAEOTHAMNUS</i> <i>ZEYHERI</i>	788.5	680.0	748.9	-
<i>ANDROPOGON</i> <i>AMPLECTENS</i>	758.0	707.6	679.6	-
<i>BRACHIARIA</i> <i>SERRATA</i>	789.4	741.4	645.2	-

dat die elemente in die grond van hierdie gebied meer toeganklik vir plante in die algemeen is nie, maar dat dit slegs vir *Pachystigma pygmaeum* geld.

5.4 MINERAALSAMESTELLING EN GIFTIGHEID

Dit het buite die terrein van hierdie ondersoek gelê om die oorsaak van die giftigheid van *Pachystigma pygmaeum* na te gaan. Uit die resultate met hierdie ondersoek verkry, lyk dit egter onwaarskynlik dat die mineraalbalans van hierdie plantsoort vir die toksisiteit daarvan verantwoordelik kan wees.

Alhoewel *Pachystigma pygmaeum* 'n besonder hoë Mn-inhoud besit (in die geval van die Zwartrandmonsterlokaliteit 'n abnormaal hoë Mn-inhoud), is die hoeveelheid Mn wat die dier inneem waarskynlik onvoldoende om enige tok-

siese effekte te veroorsaak (Cotzias, 1958)*.

Dat die hoë Mn-konsentrasie 'n bydrae tot die giftige uitwerking van die plant kan hê, is egter nie heeltemaal uitgesluit nie. Dit is bekend dat hoë konsentrasies van Mn in die dieet van lammers 'n verlaagde absorpsie van yster ten gevolg het (Cotzias, 1962). Dit kan moontlik weer aanleiding gee tot verdere steurings in die metabolisme van die dier.

* 3.6 kg vars gewig van *Pachystigma pygmaeum* van die Wes-Transvaalse-gebiede is voldoende om 'n skaap van 36 kg te laat vrek. (Mededeling prof. T.F. Adelaar.) Die hoeveelheid Mn in 3.6 kg vars blare van *Pachystigma pygmaeum* is heelwat laer as die toksiese grens soos aangegee deur Cotzias (1958).

VI. SAMEVATTING

Die doel van hierdie ondersoek was om die mineraalsamestelling van *Pachystigma pygmaeum* (gousiektebossie) te ondersoek en om dit te vergelyk met dié van 'n aantal plantspesies, nl. *Pygmaeothamnus zeyheri*, *Andropogon amplexans*, *Trachypogon spicatus*, *Brachiaria serrata*, *Triraphis andropogonoides* en *Triumfetta sonderi*, wat geassosieer met hierdie plantsoort in die klipveld voorkom. Die proefplante se mineraalinhoud ten opsigte van Mn, Fe, Zn, Cu, Na, K, Ca, Mg en P is bepaal. Proefplante is op vier verskillende lokaliteite versamel.

Die ondersoek behels onder andere 'n kritiese ondersoek van die voorbereiding van plantmonsters vir mineraalanalise asook van die analisemetodes vir die bepaling van die betrokke elemente in plantmateriaal.

Daar is hoofsaaklik van die atoomabsorpsie-analisetegniek gebruik gemaak. Die analisemetodes word breedvoerig bespreek.

Die resultate verkry met hierdie ondersoek kan kortliks as volg saamgevat word:

(i) Die blare van *Pachystigma pygmaeum* van die monsterlokaliteite in die Wes-Transvaal, besit 'n besondere hoë Mn-konsentrasie (hoër as dié van die ander plante wat geanaliseer is.) Volgens Goodall en Gregory (1947) en Chapman (1966), vertoon gewone kultuurplante by so 'n hoë Mn-konsentrasie gewoonlik toksiese simptome.

Die Mn-inhoud van hierdie plant is besonder hoog in die Zwartrand-omgewing (Ventersdorpdistrik). Dit wil voorkom asof daar meer opneembare mangaan vir *Pachystigma pygmaeum* in die grond van hierdie gebied aanwesig is.

(ii) Die blare van *Pachystigma pygmaeum* afkomstig van die monsterlokaliteite in Wes-Transvaal besit 'n hoër Mg-inhoud as die blare van

Pygmaeothamnus zeyheri en die grasse wat ontleed is.

(iii) By al die monsterlokaliteite is die Ca-inhoud van die blare van *Pachystigma pygmaeum* hoër as dié van die ander proefplante.

(iv) Die blare van *Pachystigma pygmaeum* en dié van die ander proefplante van die onderskeie monsterlokaliteite besit 'n hoë ysterinhoud, in vergelyking met Fe-waardes aangegee vir kultuurplante.

(v) Die Zn-inhoud van die blare van *Pachystigma pygmaeum* van die onderskeie lokaliteite is relatief laag.

(vi) Die Na-inhoud van die blare van *Pachystigma pygmaeum* en die ander proefplante in die onderskeie monsterlokaliteite, is betreklik laag in vergelyking met waardes aangegee vir kultuurplante.

(vii) Die P-konsentrasie van die blare van *Pachystigma pygmaeum* en die ander proefplante is laag in vergelyking met dié van ander plante.

(Chapman, 1966).

(viii) Daar kom redelik groot verskille voor in die konsentrasies van Mn, Fe en K in die blare van *Pachystigma pygmaeum* van die onderskeie monsterlokaliteite.

(ix) In vergelyking met die ander monsterlokaliteite, is die elemente in die grond van die Zwartrandomgewing oënskynlik meer toeganklik vir *Pachystigma pygmaeum*: Die plantmonsters uit hierdie monsterlokaliteit besit die onderskeie elemente oor die algemeen in hoër konsentrasies as dié van die ander monsterlokaliteite.

7. SUMMARY

The purpose of this investigation was to study the mineral composition of *Pachystigma pygmaeum* and to compare it to that of a number of associated plant species, viz. *Pygmaeothamnus zeyheri*, *Triumfetta sonderi*, *Andropogon amplexans*, *Trachypogon spicatus*, *Brachiaria serrata* and *Triraphis andropogonooides*. These species are associated with *P. pygmaeum* in the so-called "klipveld" (stony veld). Test plants were sampled in four different localities in the Western Transvaal.

The preparation of plant material for mineral analysis, and the methods used for the determination of the relevant elements in plant material were also critically investigated.

Analyses were carried out mainly by means of atomic absorption spectrophotometry. The relevant analytical methods are discussed in detail.

Some of the results seem to indicate that:

(i) The leaves of *Pachystigma pygmaeum* sampled in the Western Transvaal, possess a particularly high manganese content. [According to Goodall and Gregory (1947) and Chapman (1966) cultivated plants having such a high manganese content, usually exhibit toxic symptoms.]

Pachystigma pygmaeum from the Zwartrand area (Ventersdorp district) was found to be exceptionally high in their manganese content.

(ii) The leaves of *Pachystigma pygmaeum* also possess a higher magnesium and calcium content than the associated species mentioned above, especially in the Lichtenburg and Zwartrand areas.

(iii) In general the elements determined occur in higher concentrations in samples of *P. pygmaeum* from the Zwartrand area than in samples of the same species from the other areas of the Western Transvaal. This may indicate that these elements are more readily available to *P. pygmaeum* in the Zwartrand area.

DANKBETUIGINGS

Ten eerste wil ek my opregte dank en erkentlikheid uitspreek teenoor Prof. Dr. P.J. Botha, hoof van die Departement Plantkunde aan die P.U. vir C.H.O., vir sy leiding en inspirasie tydens hierdie studie.

My hartlike dank aan Dr. J.H. Visser vir sy belangstelling in my werk, asook vir die hulp en waardevolle wenke.

Verder wens ek Dr. J.N. Eloff vir hulp met die opstel van die verhandeling, asook mnr. J. Coetzee vir sy bystand met die fotografie, van harte te bedank.

Die skrywer rig 'n besondere woord van dank aan die Wetenskaplike Nywerheidsnavorsingsraad (W.N.N.R.) vir die toekenning van studiebeurse aan my die afgelope drie jaar.

My opregte dank aan my ouers vir wie geen opoffering te groot was om my te bring tot hier nie.

Ten laaste ook my dank aan die personeel van die Ferdinand Postma-biblioteek vir hulle hulpvaardigheid.

9. LITERATUURVERWYSINGS

- ALLAN, J.E. 1958. Atomic absorption spectrophotometry with special reference to the determination of magnesium. Analyst, 83 : 466 - 470.
- ALLAN, J.E. 1959. The determination of iron and manganese by atomic absorption. Spectrochim. Acta, 15 : 800 - 806.
- ALLAN, J.E. 1960^(a). The use of organic solvents in atomic absorption spectrophotometry. Spectrochim. Acta, 17 : 467 - 473.
- ALLAN, J.E. 1960^(b). The determination of copper by atomic absorption spectrophotometry. Spectrochim. Acta, 17 : 459 - 466.
- ANDERSON, A.P. & DE KOCK, W.T. 1959. The occurrence of ursolic acid in several plants reported to be responsible for "Gousiekte" in South Africa. Jl S. Afr. chem. inst., 12 : 114 - 115.
- BALLARD, L.A.T. & PETRIE, A.H.K. 1927. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. The effect of nitrogen supply on the growth of the plants and its parts. Aust. J. exp. Biol. med. Sci., 15 : 385 - 404, soos aangehaal deur Smith, 1962.
- BOLLARD, E.G. & BUTLER, G.W. 1966. Mineral nutrition of plants. A. Rev. Pl. Physiol., 17 : 77 - 112.
- BUTLER, L.R.P. 1961. Atomic absorption spectroscopy. S. Afr. ind. chem., 15 : 162 - 170.
- CHAPMAN, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California.
- CLINGMAN, A.L. 1961. Rutin from *Pachystigma pygmaeum*. Jl S. Afr. Chem. Inst., 14 : 43 - 44.

- ODD, L.E. & VOORENDYK, S. 1966. Plante wat gousiektevergiftiging veroorsaak.
Bothalia, 8 : 47 - 58.
- COTZIAS, G.C. 1958. Manganese in health and disease. Physiol. Rev., 38 :
503 - 532.
- COTZIAS, G.C. 1962. (In Comar, C.L. en Bronner, F. Mineral Metabolism. Vol. II.
New York, Academic Press. p.403 - 442.)
- DAVID, D.J. 1958. Determination of zinc and other elements in plants by
atomic absorption spectroscopy. Analyst, 83 : 655 - 661.
- DAVID, D.J. 1959. Determination of calcium in plant material by atomic ab-
sorption spectrophotometry. Analyst, 84 : 536 - 545.
- DAVID, D.J. 1960. The determination of exchangeable sodium, potassium, calcium
and magnesium in soils by atomic-absorption spectrophotometry.
Analyst, 85 : 495 - 503.
- DAVID, D.J. 1962. Atomic absorption spectrochemical analysis of plant materials
with particular reference to manganese and iron. Atomic Absorption
Newsletter, nr. 9.
- DU TOIT, P.J., LOUW, J.G. & MALAN, A.I. 1940. A study of the mineral content
and feeding value of natural pastures in the union of South Africa.
(Final report.) Onderstepoort Journal, 14 : 123 - 372.
- ELWELL, W.T. & GIDLEY, J.A.F. 1961. Atomic absorption spectrophotometry.
London, Pergamon Press.
- EVANS, H.J., et al. 1951. Effect of soil reaction on availability of
molybdenum. Soil Sci., 71 : 117 - 124.
- EVANS, I.B. 1923. „Gouwziekte" Veld: Its vegetation and flora. 9th and 10th
Rep. Dir. Vet. Ed. and Res.: 109 - 119.

- GIDLEY, J.A.F. & JONES, J.T. 1960. The determination of zinc in metalurgical materials by atomic-absorption spectrophotometry. Analyst, 85 : 249 - 256.
- GIESEKING, J.E., SNIDER, H.J. & GETZ, C.A. 1935. Destruction of organic matter in plant material by the use of nitric and perchloric acids. Ind. Engng Chem. analyt. Edn., 7 : 185.
- GILBERT, F.A. 1957. Mineral nutrition and the balance of life. Norman : University of Oklahoma Press.
- GINZBURG, I.I. 1960. Principles of geochemical prospecting. (Vertaal uit russies deur V.P. Sokoloff), London, Pergamon Press.
- GOODALL D.W. & GREGORY, F.G. 1947. Chemical composition of plants as index of their nutritional status. Tech. Commun. imp. Bur. Hort. Plantn Crops, nr. 17.
- HARMSE, H.J. VON M. 1963. The sedimentary petrology of the aeolian sands in the North-western Orange Free State. M.Sc.-verhandeling, P.U. vir C.H.O.
- HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. 1962. Geochemistry in mineral exploration. New York, Harper and Row.
- HENRICI, M. 1935. Voerplante van die gebroke veld. Wetenskaplike pamflet, nr. 142, Departement van landbou en bosbou, Pretoria.
- HERRMANN, R. & ALKEMADE, C.T.J. 1963. Chemical analysis by flame photometry. New York, Interscience Publishers.
- HOOD, S.L., PARKS, R.Q. & HURWITZ, C. 1944. Mineral contamination resulting from grinding plant samples. Ind. Engng Chem. analyt. Edn., 16 : 202 - 205.

- HUMPHRIES, E.C. 1956. Mineral components and ash analysis. (In Peach, K. & Tracey, M.V. Modern methods of plant analysis. Vol. I. Berlyn, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag.
- JACOBSON, L. 1945. Iron in the leaves and chloroplasts of some plants in relation to their chlorophyll content. Pl. Physiol., 20 : 233 - 245.
- KOCH, O. & KOCH-DEDIC, G. 1964. Handbuch der Spurenanalyse. Berlyn, Springer-Verlag.
- KRÜGER, H. 1966. 'n Kritiese ondersoek van die bepaling van spoorelemente in plantmateriaal met behulp van die atoomabsorpsie-tegniek. M.Sc.-verhandeling, UNISA.
- LEYTON, L. 1954. Phosphate interference in the flame-photometric determination of calcium. Analyst, 79 : 497 - 500.
- LUNDEGARDH, H. 1944. Leaf analysis. (Vertaal deur MITCHELL, R.L. 1951.) London, Hilger & Watts Ltd.
- MALISSA, H. & SCHÖFFMANN, E.¹⁹⁵⁵ Über die Verwendung von substituierten Dithiocarbamaten in der Mikroanalyse. Microchim. Acta, 1 : 187-202.
- MARLOTH, R. 1913 - 32. The flora of South Africa. London, Wesley.
- MES, Margaretha G. & DE VILLIERS, E. 1944. The "Gousiektebossie". Bull. Dep. Agric. For. S. Afr., 245.
- PIPER, C.S. 1950. Soil and plant analysis. Waite Agric. Res. Inst. Australia, Hassell Press.
- RIPPEL, A. 1930. (In Klein, G. Handbuch der Pflanzenanalyse. Vol. 1, Verlag von Julius Springer.)

- ROBINSON, J.W. 1966. Atomic absorption spectroscopy. London, Edward Arnold (Publishers) Ltd.
- ROBINSON, W.O. & EDGINGTON, G. 1945. Minor elements in plants and some accumulator plants. Soil Sci., 60 : 15 - 28.
- SCHEFFER, F. & WELTE, E. 1955. Pflanzenernährung. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- SCHUFFELEN, A.C., MULLER, A. & VAN SCHOUWENBURG, J.C.H. 1960. Quick-tests for soil and plant analysis by small laboratories. Neth. J. agric. Sci., 9 : 1 - 16.
- SLAVIN, W. 1962. Agricultural applications of atomic absorption spectrophotometry. Atomic Absorption Newsletter, nr. 4.
- SMITH, G.F. 1953. The wet ashing of organic matter employing hot concentrated perchloric acid. Analytica chim. acta, 8 : 397 - 421.
- SMITH, I.L., YEAGER, E., KAUFMAN, N., HOVORKA, F. & KINNEY, D. 1955. Spectrographic analysis of biological samples. Appl. Spectrosc., 9 : 167 - 170.
- SMITH, P.F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. A. Rev. Pl. Physiol., 13 : 81 - 108.
- STEYN, D.G. 1934. The toxicology of plants in South Africa. Central News Agency, Ltd.
- STEYN, W.J.A. 1957. The chemical analysis of soils and plants with particular reference to citrus and pineapples. D.Sc.-verhandeling; Rhodes Universiteit, Grahamstad.

- TAUBER, H. 1949. The chemistry and technology of enzymes. New York, John Wiley and Sons. (Soos aangehaal deur Steyn, 1957).
- THEILER, A., DU TOIT, P.J. & MITCHELL, D.T., 1923. Gouwziekte in sheep. 9th and 10th Rep. Dir. Vet. Ed. and Res.: 9 - 108.
- THIERS, E. 1957. Contamination in trace element analysis and its control. Meth. biochem. Analysis, 5 : 273 - 335.
- THOMAS, W. 1945. Present status of diagnosis of mineral requirements of plants by means of leaf analysis. Soil Sci., 59 : 353 - 374.
- ULRICH, A. 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. A. Rev. Pl. Physiol., 3 : 207 - 227.
- VELDSMAN, D.P. 1952. Chemical investigation of *Pachystigma pygmaeum* Schlechter (Gousiektebossie). Onderstepoort J. Vet. Res., 25 : 113 - 121.
- VISSER, J.H. 1964. Iron supplementation as a means of preventing poisoning in livestock by *Pachystigma pygmaeum*. S. Afr. J. Agric. Sci., 7 : 173 - 175.
- VOGEL, A.I. 1961. A text-book of quantitative inorganic analysis. London, Longmans.
- WALSH, A. 1955. The application of atomic absorption spectra to chemical analysis. Spectrochim. Acta, 7 : 108 - 117.
- WATT, J.M. & BREYER-BRANDWIJK, M.G. 1962. The medicinal and poisonous plants of Southern and Eastern Africa. Edinburgh and London, E. & S. Livingstone Ltd.

WILLIAMS, C.H. 1959. The use of lanthanum chloride to prevent interferences in the flame photometric determination of exchangeable calcium in soils. Analytica chim acta, 22 : 163 - 171.

WILLIS, J.B. 1959. The determination of metals in bloodserum by atomic absorption spectroscopy. Spectrochim. Acta, 16 : 259 - 272,

YOFE, J. & FINKELSTEIN, R. 1958. Elimination of anionic interferences in flame photometric determination of calcium in the presence of phosphate and sulphate. Analytica chim. Acta, 19 : 166 - 173.

AANHANGSEL (TABELLE)

MINERAALKONSENTRASIES VAN DIE ONDERSKEIE PROEFPLANTE, UITGEDRUK AS PERSENTASIE

VAN DIE DROë GEWIG

TABEL 1 - LICHTENBURG-MONSTERLOKALITEIT

PLANTMONSTER	μg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld $\mu\text{g}/3\text{g}$	% Element
	← replikate →				
	1	2	3		
<u>1. MANGAANINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	4550.0	4475.0	4177.8	4400.7	0.1467
Pygmaeothamnus zeyheri	2425.0	2425.0	2228.2	2359.4	0.0786
Andropogon amplexans	630.0	620.0	600.0	616.7	0.0206
Trachypogon spicatus	270.0	280.0	274.2	274.7	0.0092
Brachiaria serrata	615.0	610.0	582.8	602.6	0.0201
Triraphis andropogonoides	580.0	560.0	514.2	551.4	0.0184
<u>2. YSTERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	1780.0	1820.0	1928.5	1842.8	0.0614
Pygmaeothamnus zeyheri	855.0	855.0	899.9	869.9	0.0290
Andropogon amplexans	1060.0	1060.0	1165.5	1095.7	0.0365
Trachypogon spicatus	1120.0	1130.0	1216.9	1155.6	0.0385
Brachiaria serrata	2460.0	2580.0	2776.7	2605.6	0.0869
Triraphis andropogonoides	2720.0	2860.0	3205.2	2928.4	0.0976
<u>3. SINKINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	42.0	48.0	41.1	43.7	0.0015
Pygmaeothamnus zeyheri	33.5	40.5	34.3	36.1	0.0012
Andropogon amplexans	62.0	69.0	63.4	64.8	0.0022
Trachypogon spicatus	46.0	54.0	48.0	49.3	0.0016
Brachiaria serrata	151.5	163.0	156.8	157.1	0.0052
Triraphis andropogonoides	104.0	141.5	100.3	115.3	0.0038

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3g	% Element
	← replikate →				
	1	2	3		
<u>4. KOPERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	82.0	75.0	79.7	79.2	0.0026
Pygmaeothamnus zeyheri	34.0	34.0	31.7	33.2	0.0011
Andropogon amplexans	27.0	27.0	24.0	26.0	0.0009
Trachypogon spicatus	37.0	40.0	34.3	37.0	0.0012
Brachiaria serrata	32.0	32.0	29.1	31.0	0.0010
Triraphis andropogonoides	50.0	60.0	55.7	55.2	0.0018
<u>5. NATRIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	76.0	88.0	78.8	80.9	0.0027
Pygmaeothamnus zeyheri	20.0	26.0	22.3	22.8	0.0008
Andropogon amplexans	84.0	88.0	72.0	81.3	0.0027
Trachypogon spicatus	60.0	70.0	70.3	66.8	0.0022
Brachiaria serrata	116.0	112.0	108.0	112.0	0.0037
Triraphis andropogonoides	76.0	80.0	75.4	77.0	0.0026
<u>6. KALIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	19,800.0	15,600.0	19,711.0	18,370.3	0.6123
Pygmaeothamnus zeyheri	22,500.0	24,200.0	23,053.0	23,251.0	0.7750
Andropogon amplexans	22,200.0	22,800.0	21,596.3	22,198.7	0.7399
Trachypogon spicatus	19,000.0	20,300.0	19,025.4	19,441.8	0.6481
Brachiaria serrata	30,000.0	35,000.0	32,566.0	32,522.0	1.0841
Triraphis andropogonoides	22,300.0	25,200.0	23,053.3	23,517.7	0.7839
<u>7. KALSIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	50,000.0	54,800.0	52,277.0	52,359.0	1.7453
Pygmaeothamnus zeyheri	36,500.0	38,500.0	37,879.4	37,626.7	1.2542
Andropogon amplexans	31,500.0	33,000.0	33,423.0	32,641.0	1.0880
Trachypogon spicatus	9,500.0	9,500.0	9,427.0	9,475.7	0.3158
Brachiaria serrata	20,000.0	20,800.0	21,425.0	20,741.7	0.6914
Triraphis andropogonoides	18,000.0	19,500.0	19,625.3	19,041.8	0.6347

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3g	% Element
	← replikate		→		
	1	2	3		
<u>8. MAGNESIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	20,300.0	22,700.0	22,282.0	21,760.7	0.7254
Pygmaeothamnus zeyheri	12,750.0	12,650.0	13,069.3	12,823.1	0.4274
Andropogon amplexans	8,100.0	8,000.0	7,713.0	7,937.7	0.2646
Trachypogon spicatus	3,300.0	3,400.0	3,299.4	3,333.1	0.1111
Brachiaria serrata	8,550.0	8,650.0	8,355.7	8,518.5	0.2839
Triraphis andropogonoides	4,050.0	5,000.0	4,606.4	4,552.1	0.1517
<u>9. FOSFORINHOUD</u>					
		1	2		
Pachystigma pygmaeum		4,098.0	3,370.0	3,734.0	0.1067 1.0868
Pygmaeothamnus zeyheri		2,160.0	1,900.0	2,030.0	0.0580
Andropogon amplexans		2,510.0	2,200.0	2,355.0	0.0673
Trachypogon spicatus		2,040.0	1,600.0	1,820.0	0.0520
Brachiaria serrata		3,035.0	2,650.0	2,842.5	0.0812
Triraphis andropogonoides		2,215.0	1,900.0	2,057.5	0.0588

TABEL 2 - ZWARTRAND-MONSTERLOKALITEIT

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3g	% Element
	← replikate		→		
	1	2	3		
<u>1. MANGAANINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	9,250.0	10,250.0	10,969.6	10,156.5	0.3386
Pygmaeothamnus zeyheri	2,675.0	2,775.0	2,635.3	2,695.1	0.0898
Andropogon amplexans	1,300.0	1,350.0	1,405.5	1,351.8	0.0451
Trachypogon spicatus	930.0	700.0	719.9	783.3	0.0261
Brachiaria serrata	1,040.0	1,080.0	1,182.7	1,100.9	0.0367
Triraphis andropogonoides	620.0	640.0	685.6	648.5	0.0216
<u>2. YSTERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	1,745.0	1,925.0	1,996.8	1,888.9	0.0629
Pygmaeothamnus zeyheri	540.0	570.0	565.6	558.5	0.0186
Andropogon amplexans	700.0	700.0	728.5	709.5	0.0237
Trachypogon spicatus	1,270.0	980.0	1,036.9	1,095.6	0.0365
Brachiaria serrata	2,600.0	2,870.0	3,162.3	2,877.4	0.0959
Triraphis andropogonoides	1,330.0	1,480.0	1,465.5	1,425.1	0.0475
<u>3. SINKINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	51.0	56.0	53.6	53.5	0.0018
Pygmaeothamnus zeyheri	35.0	31.0	32.1	32.7	0.0011
Andropogon amplexans	40.5	36.5	44.6	40.6	0.0014
Trachypogon spicatus	60.0	51.0	51.4	54.1	0.0018
Brachiaria serrata	122.0	130.0	109.7	120.5	0.0040
Triraphis andropogonoides	54.0	44.5	48.0	48.8	0.0016

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3g	% Element
	← replikate		→		
	1	2	3		
<u>4. KOPERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	68.0	64.0	72.8	68.2	0.0023
Pygmaeothamnus zeyheri	27.0	30.0	30.0	29.0	0.0010
Andropogon amplexans	25.0	22.0	24.0	23.6	0.0008
Trachypogon spicatus	35.0	35.0	33.4	34.4	0.0011
Brachiaria serrata	32.0	32.0	30.8	31.6	0.0011
Triraphis andropogonoides	40.0	37.0	38.5	38.5	0.0013
<u>5. NATRIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	152.0	157.0	150.8	153.2	0.0051
Pygmaeothamnus zeyheri	26.0	31.0	27.4	28.1	0.0009
Andropogon amplexans	46.0	64.0	48.0	52.6	0.0018
Trachypogon spicatus	73.0	56.0	56.6	61.8	0.0021
Brachiaria serrata	80.0	64.0	101.1	81.7	0.0027
Triraphis andropogonoides	65.0	74.0	94.3	77.7	0.0026
<u>6. KALIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	37,500.0	40,500.0	37,708.0	38,569.3	1,2856
Pygmaeothamnus zeyheri	29,000.0	29,000.0	28,066.7	28,688.9	0.9563
Andropogon amplexans	32,000.0	31,500.0	29,995.0	31,165.0	1.0388
Trachypogon spicatus	28,500.0	21,500.0	21,167.9	23,722.6	0.7908
Brachiaria serrata	30,000.0	30,200.0	28,495.2	29,565.1	0.9855
Triraphis andropogonoides	23,500.0	24,000.0	23,996.0	23,832.0	0.7944

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3g	% Element
	← replikate		→		
	1	2	3		
<u>7. KALSIIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	62,500.0	51,000.0	53,562.5	55,687.5	1.8563
Pygmaeothamnus zeyheri	18,500.0	19,000.0	18,854.0	18,784.6	0.6262
Andropogon amplexans	21,000.0	21,600.0	21,425.0	21,341.6	0.7114
Trachypogon spicatus	9,200.0	7,100.0	6,170.4	7,490.1	0.2497
Brachiaria serrata	11,000.0	11,000.0	11,998.0	11,332.6	0.3778
Triraphis andropogonoides	15,400.0	16,000.0	16,625.8	16,008.6	0.5326
<u>8. MAGNESIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	32,000.0	35,400.0	34,280.0	33,893.3	1.0113
Pygmaeothamnus zeyheri	8,150.0	8,100.0	7,713.0	7,987.6	0.2663
Andropogon amplexans	9,750.0	9,750.0	9,555.6	9,685.2	0.3228
Trachypogon spicatus	6,000.0	4,400.0	4,499.2	4,966.4	0.1655
Brachiaria serrata	9,800.0	9,750.0	9,855.5	9,801.8	0.3267
Triraphis andropogonoides	4,350.0	4,350.0	4,499.2	4,399.7	0.1467
<u>9. FOSFORINHOUD</u>					
		1	2		
Pachystigma pygmaeum		3,100.0	3,960.0	3,530.0	0.1177
Pygmaeothamnus zeyheri		1,550.0	1,760.0	1,655.0	0.0552
Andropogon amplexans		1,850.0	1,880.0	1,865.0	0.0622
Trachypogon spicatus		2,300.0	2,000.0	2,150.0	0.0717
Brachiaria serrata		2,050.0	2,240.0	2,145.0	0.0715
Triraphis andropogonoides		1,550.0	1,680.0	1,615.0	0.0538

TABEL 3 - POTCHEFSTROOM-MONSTERLOKALITEIT

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal		Gemiddeld µg/3g	% Element (benader tot 4e desimaal)
	+ replikate	-		
	1	2		
<u>1. MANGAANINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	5,450.0	4,949.2	5,199.6	0.1733
Pygmaeothamnus zeyheri	2,525.0	2,271.1	2,398.0	0.0799
Triumfetta sonderi	4,100.0	3,727.9	3,913.9	0.1305
Andropogon amplexans	1,400.0	1,242.6	1,321.3	0.0440
Brachiaria serrata	1,510.0	1,371.2	1,440.6	0.0480
<u>2. YSTERINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	600.0	600.0	600.0	0.0200
Pygmaeothamnus zeyheri	420.0	419.9	419.9	0.0140
Triumfetta sonderi	1,570.0	1,585.5	1,577.7	0.0526
Andropogon amplexans	460.0	479.9	469.9	0.0157
Brachiaria serrata	530.0	548.4	539.2	0.0179
<u>3. SINKINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	34.0	32.1	33.1	0.0011
Pygmaeothamnus zeyheri	24.0	23.6	23.8	0.0008
Triumfetta sonderi	124.0	124.3	124.1	0.0041
Andropogon amplexans	33.0	31.3	32.1	0.0011
Brachiaria serrata	98.0	91.7	94.8	0.0032
<u>4. KOPERINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	57.0	58.3	57.6	0.0019
Pygmaeothamnus zeyheri	32.0	30.9	31.4	0.0010
Triumfetta sonderi	85.0	77.9	81.5	0.0027
Andropogon amplexans	40.0	35.1	37.6	0.0013
Brachiaria serrata	25.0	26.6	25.8	0.0009

PLANTMONSTER	µg element/3g plantmateriaal		Gemiddeld µg/3g	% Element (benader tot 4e desimaal)
	← replikate	→		
	1	2		
<u>5. NATRIUMINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	114.0	105.4	109.7	0.0037
Pygmaeothamnus zeyheri	36.0	30.9	33.4	0.0011
Triumfetta sonderi	176.0	150.8	163.4	0.0054
Andropogon amplexans	88.0	90.0	89.0	0.0030
Brachiaria serrata	66.0	70.3	68.1	0.0023
<u>6. KALIUMINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	59,750.0	58,918.7	59,334.3	1.9778
Pygmaeothamnus zeyheri	32,300.0	30,637.7	31,468.8	1.0489
Triumfetta sonderi	26,300.0	24,638.7	25,469.3	0.8489
Andropogon amplexans	27,300.0	24,853.0	26,076.5	0.8692
Brachiaria serrata	30,750.0	31,494.7	31,122.3	1.0374
<u>7. KALSIUMINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	33,000.0	31,709.0	32,354.5	1.0785
Pygmaeothamnus zeyheri	25,600.0	24,681.6	25,140.8	0.8380
Triumfetta sonderi	30,400.0	29,480.8	29,940.4	0.9980
Andropogon amplexans	10,400.0	10,284.0	10,342.0	0.3447
Brachiaria serrata	8,400.0	8,398.6	8,399.3	0.2800
<u>8. MAGNESIUMINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	15,000.0	14,911.8	14,955.9	0.4985
Pygmaeothamnus zeyheri	11,300.0	11,183.8	11,241.9	0.3747
Triumfetta sonderi	13,600.0	13,840.5	13,720.2	0.4573
Andropogon amplexans	9,600.0	9,255.6	9,427.8	0.3143
Brachiaria serrata	8,400.0	8,227.2	8,313.6	0.2771

PLANTMONSTER	µg element/3.5 g plantmateriaal		Gemiddeld µg/3.5g	% Element (Benader tot 4e desimaal)
	+ replikate	- replikate		
	1	2		
<u>9. FOSFORINHOUD</u>				
Pachystigma pygmaeum	5,228.0	4,680.0	4,954.0	0.1415
Pygmaeothamnus zeyheri	4,108.0	3,360.0	4,734.0	0.1067
Triumfetta sonderi	4,856.0	4,080.0	4,968.0	0.1419
Andropogon amplexans	1,868.0	1,720.0	1,794.0	0.0513
Brachiaria serrata	3,828.0	3,360.0	3,594.0	0.1027

TABEL 4 - PRETORIA-MONSTERLOKALITEIT

PLANTMONSTER	µg element/3.5g plantmateriaal ← replikate →			Gemiddeld µg/3.5g	% Element
	1	2	3		
<u>1. MANGAANINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	3,750.0	3,775.0	3,850.0	3,791.3	0,1083
Triumfetta sonderi	4,025.0	4,025.0	4,150.0	4,066.6	0.1162
Dichapetalum cymosum	2,750.0	2,825.0	2,850.0	2,808.3	0.0804
<u>2. YSTERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	1,060.0	1,080.0	1,040.0	1,060.0	0.0303
Triumfetta sonderi	1,900.0	1,940.0	1,830.0	1,890.0	0.0540
Dichapetalum cymosum	790.0	790.0	760.0	780.0	0.0223
<u>3. SINKINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	89.0	81.0	83.5	84.3	0.0024
Triumfetta sonderi	308.0	300.0	338.0	315.3	0.0090
Dichapetalum cymosum	145.0	130.0	148.0	141.0	0.0040
<u>4. KOPERINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	38.0	37.0	37.0	37.3	0.00107
Triumfetta sonderi	57.0	52.0	55.0	54.6	0,0016
Dichapetalum cymosum	96.0	95.0	85.0	92.0	0.0026
<u>5. NATRIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	110.0	116.0	122.0	116.0	0,0033
Triumfetta sonderi	226.0	220.0	208.0	218.0	0.0062
Dichapetalum cymosum	284.0	276.0	254.0	271.3	0.0077

PLANTMONSTER	µg element/3.5g plantmateriaal			Gemiddeld µg/3.5g	% Element
	← replikate		→		
	1	2	3		
<u>6. KALSIUMINHOUD (Ca)</u>					
Pachystigma pygmaeum	72,500.0	69,000.0	69,000.0	70,166.6	2.0048
Triumfetta sonderi	42,400.0	42,400.0	42,000.0	42,266.6	1.2076
Dichapetalum cymosum	39,900.0	39,400.0	39,000.0	39,433.3	1.1267
<u>7. KALIUMINHOUD (K)</u>					
Pachystigma pygmaeum	42,500.0	41,500.0	41,500.0	41,833.3	1.1952
Triumfetta sonderi	41,500.0	40,500.0	41,500.0	41,166.6	1.1762
Dichapetalum cymosum	19,000.0	18,700.0	18,700.0	18,800.0	0.5371
<u>8. MAGNESIUMINHOUD</u>					
Pachystigma pygmaeum	23,000.0	22,300.0	23,000.0	22,766.6	0.6505
Triumfetta sonderi	11,150.0	11,150.0	11,300.0	11,200.0	0.3200
Dichapetalum cymosum	14,100.0	14,100.0	14,100.0	14,100.0	0.4029
<u>9. FOSFORINHOUD</u>					
		1	2		
Pachystigma pygmaeum		3,360.0	3,520.0	3,440.0	0.0983
Triumfetta sonderi		3,920.0	4,280.0	4,100.0	0.1171
Dichapetalum cymosum		3,000.0	2,880.0	2,940.0	0.0840