

‘N LIMNOLOGIESE EVALUERING VAN WATERHULPBRONNE BY KRAGBRONKRAGSTASIES

Jacobus Johann Kotzé

B.Sc. Honns.

Verhandeling voorgelê vir gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad Magister Scientiae in die departement Dierkunde aan die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.

Leier: Prof. H. Van Hamburg

Hulpleier: Dr. H. Bouwman

POTCHEFSTROOM

1996

ABSTRACT

A LIMNOLOGICAL EVALUATION OF WATER RESOURCES AT KRAGBRON POWER STATIONS

Water resources associated with coal driven power stations are usually exposed to various sources of pollution and anthropogenic stress. With increasing public awareness and stricter environmental legislation, the restoration of all disturbed areas under the control of Power Stations to a point where they satisfy the major ecological norms has become an important aspect of their environmental management strategy. The closure of such sites and the subsequent rehabilitation of these areas makes it imperative that the end use of these sites and water resources must be defined and that the quality of water resources must be described in order to evaluate any possible risk in utilising these resources.

The main aim of this study was therefore to describe the species composition and diversity of aquatic fauna associated with the water resources at the two KRAGBRON Power Stations and to identify the relationships between water quality and species composition of aquatic invertebrates. Water from the study dams and nearby pans showed a range of water quality types and characteristic aquatic invertebrate communities were shown to be associated with each of these water resources. Significant differences in species diversity between the study dams and pans were determined. The positive role of reed beds in water purification was related to an increase in species diversity. The negative effect of ash deposits in water on the aquatic invertebrate fauna was shown.

The results from this study provide a basis for recommendations for the use and further rehabilitation of these sites and provide reference data for further impact studies on aquatic fauna.

VOORWOORD

Die outeur wens hiermee dank en waardering teenoor die volgende persone en instansies uit te spreek:

My ouers vir hulle belangstelling en aanmoediging tydens die studie.

Prof. H. van Hamburg vir sy daadwerklike belangstelling, hulp en leiding tydens die verloop van die studie en die skryf van die verhandeling.

Dr. H. Bouwman vir sy hulp en leiding tydens die verloop van die studie.

My studentevriende, mnre. E. Enslin, P. Labuschagne, W. Wiblin, O. van den Berg en S. Brunette vir hulle hulp en positiewe kritiek.

Eskom vir die finansiëring van die projek, die beskikbaarstelling van fasiliteite en toestemming om die data vir graaddoeleindes te gebruik.

Die “Western Transvaal Regional Water Company” vir die chemiese ontleding van sediment- en watermonsters.

Die Opmetingsdienste (Hoëveldstreek) van die Departement Waterwese asook die Kartografiesedienste van die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys vir hulp tydens die opmeet en kartering van die waterhulpbronne by Kragbron .

Prof. F. Steyn en Mnr. C. Reynolds van die Statistiese Konsultasiediens van die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys vir hulle hulp met die statistiese verwerking van die data.

Laastens wil ek ook my dank uitspreek teenoor my Skepper vir die genade en voorreg om die wonder van Sy skepping, wat so volmaak is, te kan bestudeer.

INHOUDSOPGAWE

1.	INHOUDSOPGAWE	i
2.	LYS VAN AFKORTINGS	v
3.	LYS VAN FIGURE EN TABELLE	vi
4.	HOOFSTUK 1 : INLEIDING	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Faktore wat waterhulpbronne affekteer	2
1.3	Probleemstelling	7
1.4	Doelwitte en motivering	8
5.	HOOFSTUK 2 : MATERIAAL EN METODES	9
2.1	Beskrywing van studiegebied	9
2.1.1	Ligging van Kragbron	9
2.1.2	Topografie van studiegebied	10
2.2	Keuse van studiedamme en -panne	10
2.2.1	Molensteenpan	11
2.2.2	Taaibos aswaterafvloedam en suiweringsdamme	11
2.2.3	Highveld aswaterafvloedamme	11
2.3	Benutting van waterhulpbronne	12
2.3.1	Kragstasies in gebruik	12

INHOUDSOPGAWE

2.3.2	Kragstasies in onbruik	14
2.4	Kartering van die studiedamme en -panne	16
2.5	Chemiese waterkwaliteit en biologiese opnames	16
2.5.1	Chemiese waterkwaliteitbepalings	17
2.5.2	Biologiese opnames	19
2.6	Statistiese ontleding	22
6.	HOOFSTUK 3 : RESULTATE	26
3.1	Kartering en beskrywing van waterbronne te Kragbron	26
3.1.1	Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie	26
3.1.2	Aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie	27
3.1.3	Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie	28
3.1.4	Molensteenpan	29
3.1.5	De Pan	33
3.2	Chemiese en fisiese waterkwaliteitbepalings	34
3.2.1	Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie	34
3.2.2	Aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie	36
3.2.3	Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie	39
3.2.4	Molensteenpan	41
3.2.5	De Pan	44
3.2.6	Invloed van reënval op waterkwaliteit	46

INHOUDSOPGAWE

3.3 Biologiese opnames	56
3.3.1 Soogdiere (Mammalia)	56
3.3.2 Voëls (Avifauna)	57
3.3.2.1 Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie	58
3.3.2.2 Aswaterafvloedam by Taaibos ragstasie	59
3.3.2.3 Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie	60
3.3.2.4 Molensteenpan	61
3.3.2.5 De Pan	62
3.3.3 Akwatiese makro-invertebrate	64
3.3.3.1 Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie	64
3.3.3.2 Aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie	66
3.3.3.3 Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie	67
3.3.3.4 Molensteenpan	68
3.3.3.5 De Pan	69
3.3.4 Vergelyking van die verskillende studiedamme en -panne	70
3.3.5 Diversiteitindekswaardes	71
3.3.6 Variansieanalise	72
3.3.7 Trosanalise	75
 7. HOOFSTUK 4 : BESPREKING	 77
4.1 Fisies-chemiese analyses	77
4.2 Biologiese waarnemings	83

INHOUDSOPGAWE

4.2.1 Soogdiere (Mammalia)	83
4.2.2 Voëls (Avifauna)	84
4.2.3 Akwatiese invertebrate	85
4.2.3.1 Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie	87
4.2.3.2 Aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie	87
4.2.3.3 Molensteenpan	89
4.2.3.4 De Pan	90
8. HOOFSTUK 5 : SAMEVATTING	92
9. BYLAE	98
1. Bylaag A	95
2. Bylaag B	103
3. Bylaag C	105
10. LITERATUURVERWYSINGS	109

LYS VAN AFKORTINGS

ANOVA	“ Analysis of Variance ”
CCREM	Canadian Council of Resource and Environment Ministers
cm	sentimeter
g.kg⁻¹	gram per kilogram
GPS	Global Positioning System
km	kilometer
l	liter
m	meter
m²	vierkante meter
m³	kubieke meter
ml	milliliter
mm	millimeter
MVSP	“ A MultiVariate Statistical Package ”
MW	Megawatt
P	waarskynlikheidswaarde
PU vir CHO	Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
ZLED	“ Zero Liquid Effluent Discharge ”
°C	Grade Celsius
µg.l⁻¹	mikrogram per liter
µm	mikrometer
µS.cm⁻¹	mikro-Siemens per sentimeter

LYS VAN FIGURE EN TABELLE

FIGURE

Figuur 2.1 : Kaart wat die ligging van Kragbronkragstasies aandui	9
Figuur 2.2 : Vloedidiagram wat die benutting van die waterhulpbronne by Kragbronkragstasies aandui, met die kragstasies in gebruik	13
Figuur 2.3 : Vloedidiagram wat die benutting van die waterhulpbronne by Kragbronkragstasies aandui, met die kragstasies in onbruik	15
Figuur 2.4 : Skematiese voorstelling van 'n opnamestasie om die komponente waaruit dit bestaan, aan te dui.	21
Figuur 3.1 : Kaart wat die oppervlakte van die aswaterafvloedamme by Highveldkragstasie, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies van dié aswaterafvloedam wat vir die doeleindes van die studie gebruik is, aandui.	26
Figuur 3.2 : Kaart wat die oppervlakte van die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies, aandui.	27
Figuur 3.3 : Kaart wat die oppervlakte van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies by die inloop en uitloop van dié damme, aandui	28
Figuur 3.4 : Kaart wat die oppervlakte van Molensteenpan, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies, aandui	29

Figuur 3.5 : Kontoerkaart van Molensteenpan wat die 2,0 m kontoerintervalle, sandsteeneilande, bakens vanwaar die tagimetrielesings gedoen is, asook die laagste punt in die pan, aandui .	32
Figuur 3.6 : Kaart wat die oppervlakte van Molensteenpan, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies, aandui	33
Figuur 3.7 : Vergelyking van die pH-bepalings (by 25°C) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	47
Figuur 3.8 : Vergelyking van die konduktiwiteit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) bepalings (by 25°C) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	48
Figuur 3.9 : Vergelyking van die opgeloste suurstof (%) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	49
Figuur 3.10 : Vergelyking van die kalsium (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	50
Figuur 3.11 : Vergelyking van die chloried (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	51
Figuur 3.12 : Vergelyking van die fluoried (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995	52

Figuur 3.13 : Vergelyking van die magnesium (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995 53

Figuur 3.14 : Vergelyking van die kalium (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995 54

Figuur 3.15 : Vergelyking van die natrium (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995 55

Figuur 3.16 : Vergelyking van die sulfaat (mg/l) bepalings soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995 56

Figuur 3.17 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in die aswaterafvloedam by Higveldkragstasie versamel is, aandui 65

Figuur 3.18 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie versamel is, aandui 66

Figuur 3.19 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie versamel is, aandui 67

Figuur 3.20 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in Molensteenpan versamel is, aandui	68
Figuur 3.21 : Rang-veelheidgrafieke wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in De Pan versamel is, aandui ...	69
Figuur 3.22 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i \cdot N^{-1} \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (Oktober 1994 -Julie 1995) in die verskillende studiedamme en -panne versamel is, aandui	70
Figuur 3.23 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die studiedamme en -panne te Kragbronkragstasies met standaardafwykings en -foute. Gemiddeldes gemerk met dieselfde letter, verskil nie betekenisvol nie	73
Figuur 3.24 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die oostelike en westelike oewers by Molensteenpan met standaardafwykings en -foute	74
Figuur 3.25 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met standaardafwykings en -foute	75
Figuur 3.26 : Enkelsamevoeging (Euklidiese afstand) trosanalise van die Shannon diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne te Kragbronkragstasies	76

TABELLE

Tabel 2.1 : Totale maandelikse reënvalsyfers (mm) van Sasolburg vanaf Januarie 1993 tot Desember 1995 soos vanaf die Weerburo in Pretoria verkry.	10
Tabel 2.2 (a) : Voorstudie chemiese en bakteriologiese analyses uitgevoer op die watermonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies..	18
Tabel 2.2 (b) : Voorlopige chemiese analyses uitgevoer op die sedimentmonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies.	19
Tabel 2.3 : Bykomende chemiese analyses van watermonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies deur Eskom uitgevoer, soos in hierdie studie benut	19
Tabel 3.1 : Oppervlakte (m ²) en volume bepaling (m ³) van die 0,5 m kontoerintervalle in Molensteenpan.	31
Tabel 3.2 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in die aswaterafvloedam by Higveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop	34
TABEL 3.3 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die Staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.	35
Tabel 3.4 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem in die aswaterafvloedam by Higveldkragstasie	36

Tabel 3.5 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop 36

TABEL 3.6 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.. 37

Tabel 3.7 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie 38

Tabel 3.8 : Chemiese ontledings van die sedimentmonsters by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme in by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop 39

TABEL 3.9 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonsters by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop. . . 40

Tabel 3.10 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem by die uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie 41

Tabel 3.11 : Chemiese ontledings van die sedimentmonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop 41

TABEL 3.12 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.	42
Tabel 3.13 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem by die chemiese opnamestasie no 2 van Molensteenpan	43
Tabel 3.14 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop	44
TABEL 3.15 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.	44
Tabel 3.16 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters in De Pan	46
Tabel 3.17 : Spesielys van soogdiere waargeneem by die verskillende studiedamme en -panne tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995). ...	57
Tabel 3.18 : Spesielys van die voëls waargeneem by die aswaterafvloeddam te Higgeldkragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995) ...	58

Tabel 3.19 : Spesielys van die voëls waargeneem by die aswaterafvloedam te Taaiboskragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995) 59

Tabel 3.20 : Spesielys van die voëls waargeneem by die suiweringsdamme te Taaiboskragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995) 60

Tabel 3.21 : Spesielys van die voëls waargeneem by Molensteenpan tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995) 61

Tabel 3.22 : Spesielys van die voëls waargeneem by De Pan tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995) 63

Tabel 3.23 : Shannon-diversiteitindekswaardes van die opnamestasies by die verskillende studiedamme en -panne soos vir die studietydperk (Oktober 1994-Julie 1995) bereken . . . 71

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Elektrisiteit word hoofsaaklik deur Eskom, een van die grootste elektrisiteitvoorsieningsmaatskappye in die wêreld, gegenereer. Eskom voorsien 98% van Suid-Afrika se elektrisiteit en ongeveer 60% van die elektrisiteit wat in Afrika gegenereer word (Anoniem 1993).

Eskom besit 25 kragstasies van verskillende formaat regdeur Suid-Afrika met 'n totale kapasiteit van ongeveer 39 000 megawatt (MW), waarvan 22 300 MW van die kapasiteit in piekaanvraagtydperke gegenereer word. Daar is 17 steenkoolkragstasies in Suid-Afrika waarvan agt kleiner kragstasies in bewaring geplaas ("mothballed") is (Anoniem 1993).

Highveld- en Taaiboskragstasies by Kragbron groepeer onder hierdie kragstasies wat in bewaring geplaas is. Vanaf 1994 het hierdie twee kragstasies in onbruik verval. Die kragstasies word tans deur 'n klein onderhoudspersoneel instandgehou.

Die lot van hierdie tipe kragstasies wissel van:

- voortgesette bewaring vir latere gebruik
- in geheel verkoop aan ander maatskappye
- afbreek en verkope
- of heraanwending

Hierdie aspek het 'n problematiek van sy eie. Asdamme en die omliggende versteurde gebiede is onbetwisbaar areas wat oor die algemeen nie bevorderlik vir plantegroei is nie, met gevolglike stofbesoedeling (as) wat gebiede kilometers ver windaf kan beïnvloed, asook besoedeling van omliggende waterhulpbronne deur syferwater vanaf die asdamme.

1.2 FAKTORE WAT WATERHULPBRONNE AFFEKTEER

Alle binnelandse watermassas dra opgeloste stowwe. Selfs in vloeiende water onder natuurlike toestande, byvoorbeeld gedurende vloede of oorstromings, is dit moontlik dat vlakke van $4\,000\text{ mg.liter}^{-1}$ oorskry kan word (McCarthy & Keighton 1964) en soms tot $300\,000\text{ mg.liter}^{-1}$ kan styg (Brown 1960). Alhoewel damme en mere relatief statiese watermassas is, kan dit oorlaai word met opgeloste stowwe afkomstig van oppervlak-afvloeisels of turbulensie wat deur wind- en golfaksie by die oewers veroorsaak word. Die gemeenskap van organismes wat in sulke omgewings aangetref word, is in staat om onder toestande van hoë lading van gesuspendeerde deeltjies te oorleef. Dit word vermag deurdat die organismes deur dieselfde faktore wat hierdie opwellings van materie veroorsaak, verstrooi word, of in die geval van statiese waters afsak. Die varswatergemeenskap is slegs in gevaar as die opgeloste stowwe in abnormaal hoë vlakke vir lang periodes voorkom, en die eienskappe van die natuurlike habitat verander (Hellawell 1986).

Veranderinge van die gemeenskappe veroorsaak deur opgeloste stowwe ontstaan as gevolg van een of meer van die volgende faktore (Hellawell 1986):

(i) Die ligindringing kan gereduseer word as gevolg van 'n toename in turbiditeit en die fotosintese tempo van alge en verswelgde makrofiete kan hierdeur geaffekteer word. Voldoende ligindringing is essensieel vir beide die onderhoud van die plantgemeenskap, maar ook vir die diere wat hiervan vir voedsel en skuiling afhanklik is.

(ii) Opgeloste stowwe kan 'n direkte meganiese invloed op organismes uitoefen, byvoorbeeld deur middel van 'n toename in afslyting, verstopping van respirasie oppervlakte of kieuë en/of inmenging van voeding deur onbewuste versameling van die materiaal in die voedingsaanshangsels of filters van filtervoedende invertebrate. Hierdie akkumulasie van aansienlike hoeveelhede van inerte materie deur die filtervoeders reduseer die voedingswaarde van voedsel wat hulle ingestee, soveel so dat die diere kan uithonger en sterf.

(iii) Opgeloste stowwe verander die habitat deurdat dit uitsak nadat strominge of turbulensie afgeneem het. Sulke veranderinge vind hoofsaaklik na vloede plaas wanneer watermassas na normaal teruggekeer het. Hierdie faktor is veral belangrik wanneer hoë ladings van opgeloste stowwe watermassas binnegaan. Die aanvulling van groot hoeveelhede fyner materiale vul die sedimenttussenruimtes en sodoende word die struktuur van die sediment verander. Verskeie vertebrate en visse is van die deurlaatbaarheid van sediment vir respiratoriese en voedingsdoeleindes afhanklik en wanneer hierdie prosesse ingeperk word deur die aanpaksel van 'n laag fyn materie op die sediment, kan die diere negatief beïnvloed word. Die akkumulasie van hierdie materiaal kan ook normale bewegings van diere belemmer, en in sommige gevalle word die lewensruimtes van baie inheemse diere beperk. Voorts neig die vervangingssubstraat van fyn sand of klei om minder stabiel te wees, wat veroorsaak dat sommige plante en diere nie in staat is om hul posisies in 'n bepaalde gebied te behou nie.

(iv) 'n Verhoging van die afsaksel van oorwegend inerte stowwe kan die karakter van die sediment verander. Die verhouding van inerte en organiese komponente kan so verander dat grawende, filtervoedende of oppervlakdetritivore deur die oneetbare materiaal en feitlik steriele habitat, oorweldig word. Hoër ladings organiese materiaal veroorsaak 'n toename van voedselbronne vir spesies wat in staat is om dit te verbruik, maar die toename van bederfbare materiaal veroorsaak 'n anoksiese omgewing wat die organismes wat daar kan oorleef, beperk.

Die effek wat opgeloste stowwe op biota kan uitoefen, is van die aard van die opgeloste stowwe afhanklik. Dit sluit faktore soos grootte, digtheid, bakteriële afbraakpotensiaal, voedingswaarde, toksisiteit asook die hoeveelheid en duur van teenwoordigheid in die sisteem, in (Hellawell 1986).

Benewens die normale las van opgeloste stowwe wat deur natuurlike verwerking en erosie in afvloeiwatervloei voorkom, kan die inhoud van soliede materie vanuit verskillende bronne aangevul word. Eerstens kan landbou-aktiwiteite, fabriek en ingenieurspraktyke onderskeidelik gronderosie verhoog en areas blootstel waar verwyderde grond- en inerte materiaal panne, damme, strome en riviere kan binnedring.

Tweedens dring opgeloste stowwe watermassas deur direkte vrystelling binne. Voorbeelde hiervan is rioolafvloei, verskeidenheid van industriële afval soos afvloei van papierfabrieke en steenkoolkragstasies (Hellawell 1986).

'n Bron van opgeloste stowwe wat veral van ekologiese belang in Suid-Afrika en in Noord-Amerika (en in 'n mindere mate in Europa) is, is die gebruik van steenkool vir kragopwekking. Alhoewel die afval-as eers onlangs in die produksie van insulasieblokke en beton gebruik is, is die verwydering daarvan steeds 'n probleem. Van die as word deur middel van storting op asdamme of in oseane ontslae geraak. 'n Algemene tegniek om van die as te stort, is die produksie van slyk (as en water) wat hantering daarvan vergemaklik. Hierdie slyk word na besinkingsdamme (asdamme) gepomp waar die supernatant hersirkuleer word om sodoende water te spaar en besoedeling te bekamp. Oneffektiwiteit van besinkingsdamme en oorstromings as gevolg van storms kan veroorsaak dat as in nabygeleë watermassas vrygestel word (Hellawell 1986).

Cherry, Larric, Guthrie, Davis & Sherberger (1979a) het tydens 'n studie van die effekte van aswater-afvloei in Suid-Carolina (VSA) waargeneem dat makro-invertebrate en vis in die opvanggebiede van die aswater-afvloei geaffekteer word. Terwyl opvangsgebiede besig was om op te vul, het sommige makro-invertebrate die toevoeging van opgeloste stowwe oorleef, alhoewel invertebraatdigtheid afgeneem het. Die mees tolerante spesies was waterjuffers (*Chibellula* en *Enallagma*), varswaterkrewe (*Procambarus*), *Gammarus*, die mollusk *Physa* en muggielarwes van die familie Chironomidae. Krustasieërs en molluske het binne drie maande nadat die opvanggebiede met aswater-afvloei opgevol het, verdwyn, en na ses maande ook die ander invertebrate. Cherry *et al.* (1979a) het tot die gevolgtrekking gekom dat, alhoewel swaarmetale in die as teenwoordig was, die verhoogde turbiditeit en die versmorende effek van die as (soms tot 15 cm diep) die belangrikste faktore was wat die biota affekteer.

Latere studies (Cherry, Guthrie, Sherberger & Larric 1979b) toon dat, na die installasie van effektiewe primêre en sekondêre besinkingsfasiliteite, die meeste invertebraatgroepe in staat was om te herstel tot getalle gelyk aan, of meer as wat dit vier jaar te vore daar voorgekom het.

'n Verdere wyse waarop steenkoolas in nabygeleë watermassas kan beland, is deur middel van deursyfering van water deur besinkingsdamwalle wat, afhangende van die samestelling van die as, sekondêre probleme met betrekking tot opgeloste stowwe kan veroorsaak (Hellawell 1986). Studies in verband met die verwydering van as by Bull Run steenkoolkragstasie, wat 'n supernatant in die Clinchrivier (Tennessee) vrystel, het aangedui dat die deurgesyferde water 44 keer meer yster as die water in die asdam bevat het (Coutant, Wasserman, Chung, Rubin & Manning 1978). Hierdie yster presipiteer as ysterhidroksied en het 'n tipiese okergeel neerslag. Geen beduidende bentiese fauna is na blootstelling in die area gevind nie.

Die vrystelling van organiese materiaal of nutriënte is waarskynlik die mees algemene en mees gedokumenteerde vorm van besoedeling. Die hoofbron van organiese besoedeling is die afvloeï van behandelde huishoudelike riool, asook afvloeï vanaf industrieë soos voedselprosessering, brouerye, suiwelboerderye en groente-inmakerye (Hellawell 1986).

Die reaksie van makro-invertebrate op organiese verryking in varswater is goed gedokumenteer en hierdie inligting vorm die basis van 'n groot getal sisteme of indekse vir die klassifikasie in fases of grade vir hierdie (asook ander) vorm van besoedeling (Hellawell 1986). Soortgelyk aan ander omgewingsimpakte kan twee verwante neigings geredelik tydens verhoogde organiese verryking waargeneem word. Die eerste is 'n afname van die diverse makro-invertebraatgemeenskap wat gewoonlik in skoon water voorkom. Hier word verskeie spesies deur relatief min individue verteenwoordig en tydens ernstige besoedelingsdruk verander dié toestand tot een waar die gemeenskap deur 'n paar spesies met baie individue gekenmerk word (hoë dominansie). Hierdie spesies is dié wat in staat is om uit die veranderinge wat plaasgevind het na besoedeling, voordeel te trek, asook dié wat die verhoogde voedselvoorraad kan eksploiteer (Hellawell 1986).

Die tweede verandering is die progressiewe verdwyning van spesifieke indikatorspesies totdat slegs 'n paar in die omgewing oorbly. Van hierdie spesies se nisse word gevul deur spesies wat voorheen glad nie, of slegs in klein getalle, teenwoordig was (Hellawell 1986).

By toestande van organiese vrygestelde materie, wat suurstofvlakke tot ongeveer nul kan verlaag, bestaan die bentiese makro-invertebraatfauna feitlik uitsluitlik uit wurms van die familie Tubificidae, hoofsaaklik dié van die genera *Tubifex* en *Dinnodrilus*. Hierdie wurms

is in staat om in die geakkumuleerde organiese neerslae te leef waar hulle op bakteriële verrykte materiaal voed (Brinkhurst, Chua, & Kauslik 1972; Brinkhurst & Cook 1974). As gevolg van hul grawende aktiwiteite is hulle verantwoordelik vir 'n aansienlike omkering van sedimente. In swaar besoedelde gebiede kom hulle in digthede van tot 420 000 per m² voor, wat toegeskryf kan word aan die groot voedselvoorraad beskikbaar en die afwesigheid van predatore (Brinkhurst 1963).

Soos besoedelingsvlakke verlaag, sluit larwes van die familie Chironomidae by die wurms van die familie Tubificidae aan. Die groot (ongeveer 25 mm lank), helderrooi bloedwurm *Chironomus* kom in al groter getalle voor (Hellawell 1986).

Soos wat besoedelingsvlakke verder verlaag, is die volgende groot verandering in die bentos die toename in voorkoms van die krustasieër *Asellus aquaticus*. Hierdie spesie word in Europa as indikator beskou. *Asellus aquaticus* is die mees kenmerkende spesie in die sone waarin *Chironomus* dominant is, maar ander makro-invertebrate, byvoorbeeld sekere tolerante bloedsuiers en molluske, mag ook in groot getalle voorkom (Hellawell 1986).

Met verdere afname in besoedelingsvlakke is daar na die *Asellus*-sone 'n *Gammarus*-sone wat beskou kan word as die eerste stadium van herstel van normale skoonwaterfauna. In vergelyking met die *Asellus*-sone, word die *Gammarus*-sone deur 'n groter diversiteit van makro-invertebrate gekenmerk. Die belangrikste groep benewens *Gammarus*, is die Trichoptera (pêrelvlieë), gevolg deur die Ephemeroptera (eendagsvlieë), soos hierdie sone met die volgende versmelt. Sommige Ephemeroptera-spesies is goed aangepas by slykerige toestande (byvoorbeeld *Ephemera* en *Caenis*) en kan die neerlegging van materiale in organiese afvloei oorleef, indien suurstofvlakke nie te laag is nie. Die mate waarin ander groepe, byvoorbeeld Plecoptera en sekere Coleoptera sal terugkeer, is van die tipe watermassa afhanklik (Hellawel 1986).

1.3 PROBLEEMSTELLING

Besoedeling is een van die skadelike newe-effekte van die geweldige tempo van energieverbruik deur die moderne beskawing. Omdat hierdie hoë gebruikstempo nie eweredig oor die aarde versprei is nie, maar by sekere plekke gekonsentreer is, is besoedeling ook in ruimte gekonsentreer en dit maak die wegdoeningsprobleem meer akueel.

Suid-Afrika se beperkte waterhulpbronne is 'n beperkende faktor vir elektrisiteitsvoorsiening. Eskom het twee pro-aktiewe maatreëls voorgestel om waterverbruik en die potensiaal vir besoedeling te beperk. Eerstens het lugverkoelingstechnologie, wat by die Matimba- en Kendalkragstasies geïnstalleer is, waterverbruik met 'n faktor van ongeveer 10 suksesvol gereduseer. Die Matimbakragstasie verbruik ongeveer 0,21 liter water per kilowatt uur in vergelyking met die twee liter in 'n waterverkoelde kragstasie. Tweedens het Eskom 'n beleid van "Zero Liquid Effluent Discharge" (ZLED) aangeneem. Hierdie beleid kan help om besoedeling van waterhulpbronne te reduseer. Die praktiese uitvoerbaarheid van hierdie beleid is afhanklik van die waterkwaliteit wat aan die kragstasie voorsien word. Hoe swakker die kwaliteit van die watervoorraad wat voorsien word, hoe duurder word dit om die water te behandel en moet van al hoe meer afvalmateriale ontslae geraak word (Anoniem 1993).

Biologiese en chemiese monitering van die omliggende waterhulpbronne en vleilande kan as 'n barometer gebruik word om die effek van die asdamme op die omgewing te bepaal.

In Suid-Afrika is sedert die vyftigerjare besondere aandag geskenk aan die limnologie van verskillende rivierstelsels (Harrison & Elsworth 1958; Oliff 1960; Allanson 1961; Schoonbee 1962, 1964; Chutter 1963), terwyl binnelandse, mensgemaakte damme en natuurlike panne tot 'n groot mate die aandag van limnoloë ontwyk het (Morant 1983).

Enkele indringende ekologiese ondersoeke na binnelandse waterhulpbronne wat wel onderneem is, is dié van Schuurman (1932), Hutchinson (1932), Allanson & Gieskes (1961), Harrison (1961), Combrink (1966), Roode (1966), Kok (1987), Breen (1991), Breen, Heeg & Seaman (1993) en Meintjes, Seaman & Kok (1994).

Dit is dus duidelik dat die invloed op waterkwaliteit en dus ook die sukses van die rehabilitasie van 'n versteurde omgewing in die diversiteit en samestelling van die akwatiese fauna manifesteer. Daar sal gevolglik met hierdie studie gepoog word om die invloed op die waterkwaliteit van waterbronne by 'n kragstasie in die proses van sluiting en rehabilitasie te kwantifiseer en kwalifiseer deur middel van chemiese maar in besonder biologiese parameters.

1.4 DOELWITTE EN MOTIVERING

Die huidige ondersoek te Kragbron is gemotiveer deur die algemene gebrek aan genoegsame kennis ten opsigte van die ekologie van binnelandse watermassas, veral by versteurde gebiede van steenkoolkragstasies in Suid-Afrika (Morant 1983).

Die doelwitte van hierdie studie is die volgende:

- om die spesiesamestelling en spesiediversiteit van akwatiese invertebrate, asook die spesiesamestelling van voëls en ander vertebrate geassosieer met waterhulpbronne by Kragbronkragstasies te beskryf,
- om die verwantskappe tussen waterkwaliteit en biologiese indikatore te beskryf,
- om aanbevelings te maak rondom die vlak en vordering van rehabilitasie, bewaring en benuttingswaarde van hierdie waterhulpbronne.

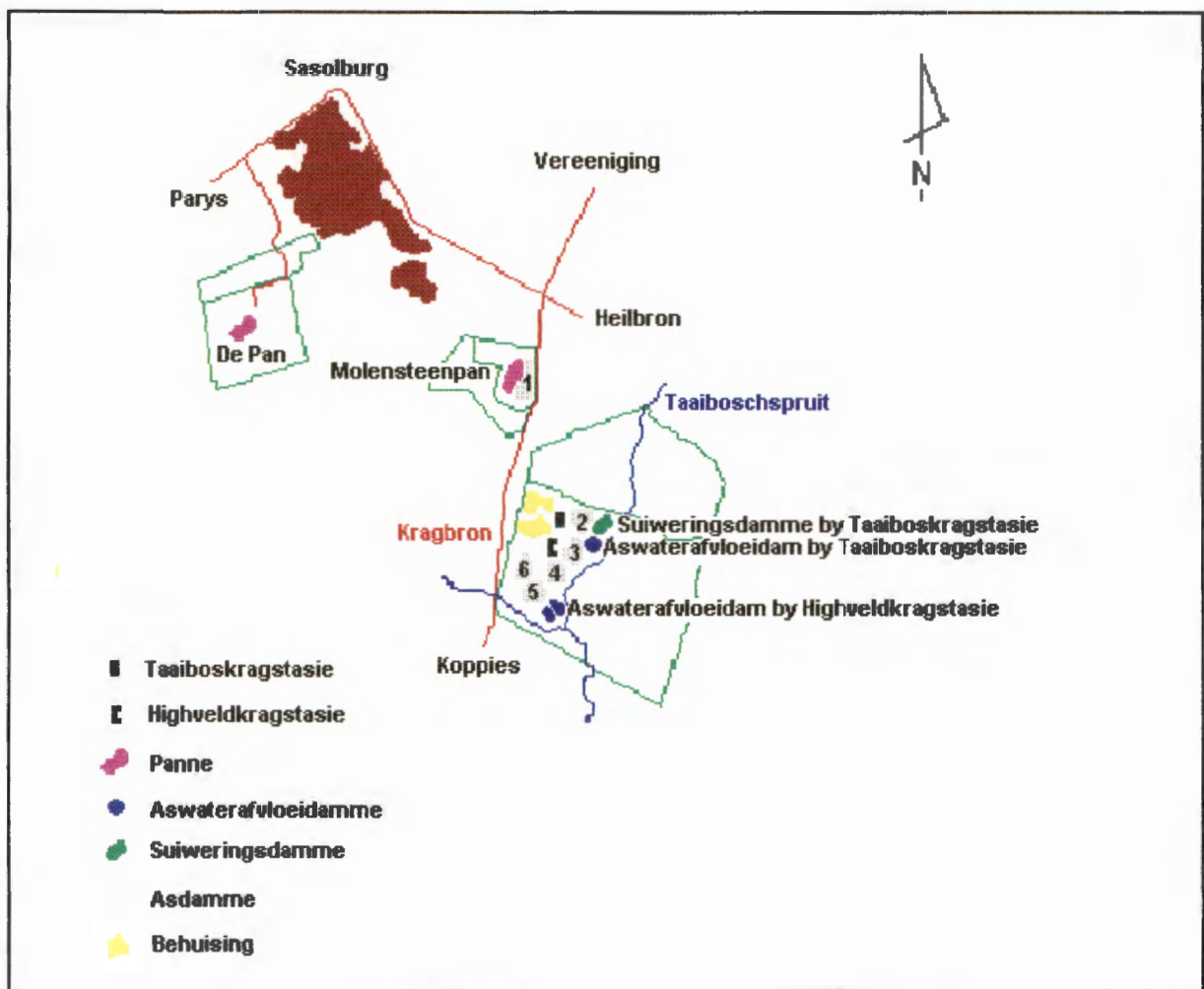
HOOFSTUK 2

MATERIAAL EN METODES

2.1 BESKRYWING VAN STUDIEGEBIED

2.1.1 LIGGING VAN KRAGBRON

Die Taaibos- en Highveldkragstasies staan saam bekend as Kragbron. Kragbron is 10,5 km suid-oos van Sasolburg (Kaartverwysing : Suid-Afrika 1 : 50 000 vel 2627DD Sasolburg, Breedtegraad : 26° 50' 53,7" Suid, Lengtegraad : 27° 50' 54,7" Oos) langs die Vereeniging - Koppies pad geleë (Figuur 1.1).



Figuur 2.1 : Kaart wat die ligging van die Kragbronkragstasies aandui.

2.1.2 TOPOGRAFIE VAN DIE STUDIEGEBIED

Die studiegebied is in die Grasveldbloom geleë. Die term grasveld verwys na veld waarvan die dominante plantspesies grasse is. Hoewel die Grasveldbloom tot op 'n minimum hoogte van 300m bo seevlak in die oostelike dele van Suid-Afrika kan voorkom, is dit veral kenmerkend van die sentrale plato met 'n hoogte van tot 2850m. Hierdie bloom is tot die somerreënvalgebiede met 'n jaarlikse reënval van 400 - 2 000 mm beperk. Ryp kom algemeen in die wintermaande voor (van Oudtshoorn 1992).

Tabel 2.1 : Totale maandelikse reënvalsyfers (mm) van Sasolburg vanaf Januarie 1993 tot Desember 1995 soos verkry vanaf die Weerburo in Pretoria.

Maand	1993	1994	1995
Januarie	59,5	122,0	140,0
Februarie	123,0	97,0	82,5
Maart	41,5	49,5	104,0
April	27,5	31,5	47,5
Mei	5,5	0	3,0
Junie	0	0	0
Julie	0	0	0
Augustus	110,0	0	0
September	280,0	2,0	2,5
Oktober	233,0	42,0	109,0
November	115,0	76,0	133,5
Desember	94,0	116,0	432,5
Totaal	1089,0	536,0	1054,5

2.2 KEUSE VAN STUDIEDAMME EN -PANNE

Molensteenpan, die suiweringsdamme van die Taaiboskragstasie, asook 'n aswaterafvloeddam by elk van die kragstasies, is gekies as studiedamme en -panne (Figuur 2.1). Om 'n sinvolle evaluering van hierdie waterhulpbronne te doen, is dit met 'n natuurlike pan in die nabye omgewing, naamlik De Pan, vergelyk (Figuur 2.1).

2.2.1 MOLENSTEENPAN

Molensteenpan word aan die oostekant deur asdam no 1, en aan die westekant deur natuurlike veld begrens (Figuur 2.1). Hierdie pan het skynbaar ontstaan deurdat van die klip waarmee die Uniegebou gebou is, hier uitgegrawe is. In die verlede is geen instandhouding by hierdie pan gedoen nie. Molensteenpan is nog glad nie bestudeer nie en word dus deeglik in hierdie studie aangespreek.

2.2.2 TAAIBOS ASWATERAFVLOEIDAM EN SUIWERINGSDAMME

Aanslikking vanaf die asdamme en indringing van riete (*Phragmites sp.*) is 'n groot bron van kommer in hierdie damme (Figuur 2.1). In die verlede moes van die riete by verskeie geleenthede verwyder word om 'n deurvloei van water vanaf die suiweringsdamme na die aswaterafvloedam te verseker.

Die noodgrondwal aan die onderkant van die aswaterafvloedam is verspoel as gevolg van grondverskuiwings wat met hoë reënval gepaard gaan. Aan die onderkant van hierdie grondwal blyk dit dat water na die naasliggende Taaiboschspruit ten tye van hoë reënval sypel (Figuur 2.1).

2.2.3 HIGHVELD ASWATERAFVLOEIDAMME

Die Highveldkragstasie beskik oor twee asdamme wat langs mekaar geleë is (Figuur 2.1). Net soos in die geval van die Taaibos aswaterafvloedam en suiweringsdamme is aanslikking vanaf die asdamme en indringing van riete ook 'n bron van kommer. Riete moes ook in die verlede by hierdie damme verwyder word om genoegsame water vir die opwekking van krag in piekaanvraagtydperke beskikbaar te stel.

2.3 BENUTTING VAN WATERHULPBRONNE

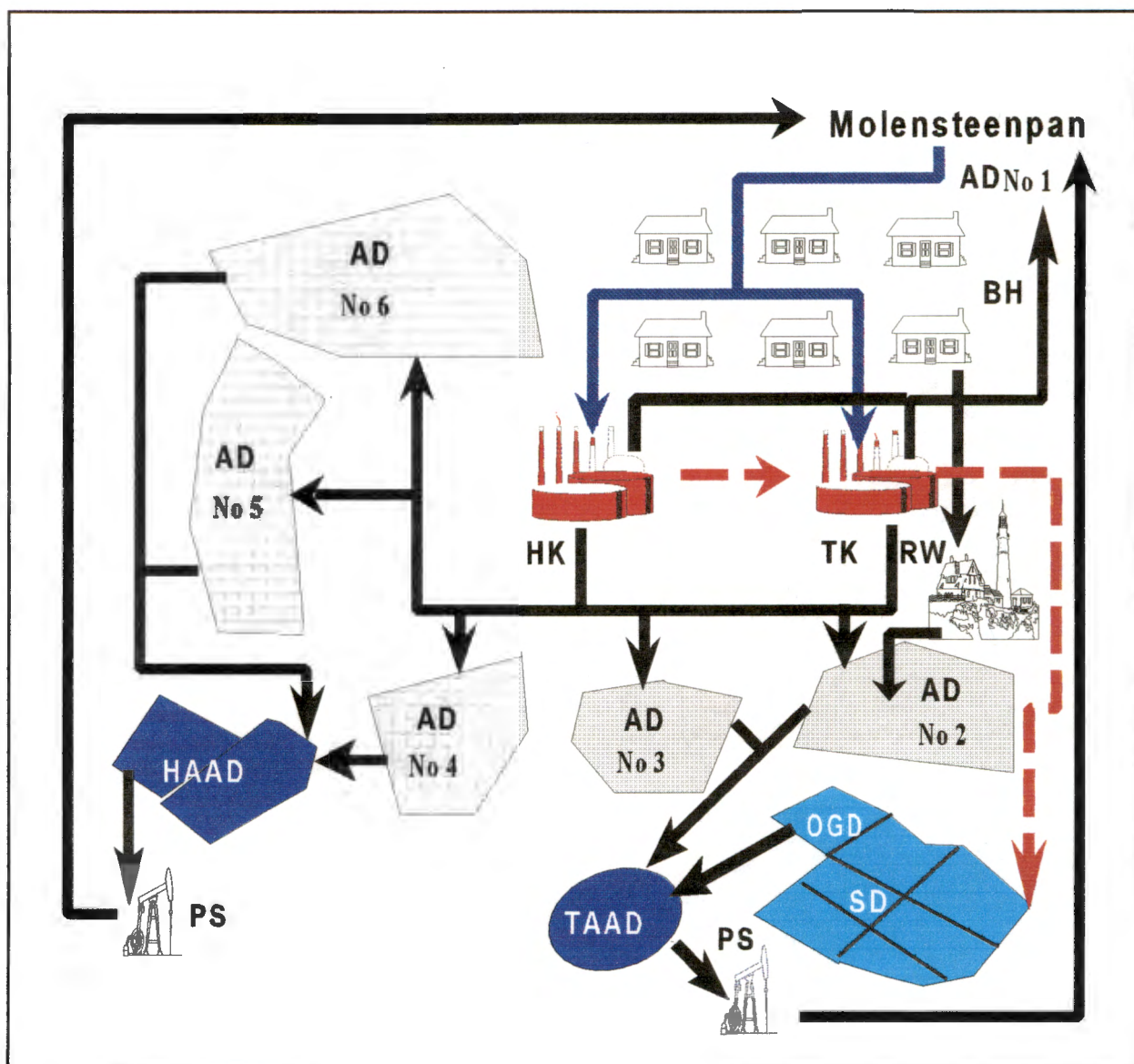
Die Kragbronkragstasies beskik oor 'n geslote watersisteem, bestaande uit Molensteenpan, asdamme, suiweringsdamme en aswaterafvloeddamme. Die afvloeewater vanaf die asdamme van beide die kragstasies is in die verlede hergebruik.

2.31 Kragstasies in gebruik

Tot en met 1994 is water vanaf Molensteenpan na die twee kragstasies by Kragbron, naamlik Taaibos en Highveld, gepomp terwyl die kragstasies in gebruik was.

Die rouwater vanaf Molensteenpan is vir die volgende doeleindes gebruik:

- die water is gefiltreer, gedemineraliseer en gebruik om stoom te vorm in die warmwaterenks wat gebruik is om die kraggenerators aan te dryf;
- die water is in die koeltorings gebruik om stoom afkomstig vanaf die kraggenerators af te koel en te kondenseer;
- die water is ook gebruik om die as wat afkomstig was van steenkool wat verbrand is vir die verhitting van die warmwaterenks te benat en hierdie as na die verskillende asdamme van die twee kragstasies af te voer.



Figuur 2.2 : Vloeidiagram wat die benutting van waterhulpbronne by die Kragbronkragstasies aandui, met die kragstasies in gebruik.

Sleutel

HAAD - Highveld aswaterafvloedam

HK - Highveldkragstasie

PS - Pompstasie

BH - Behuising

RW - Rioolwerke

TAAD - Taaibos aswaterafvloedam

TK - Taaiboskragstasie

AD - Asdam

SD - Suiweringsdamme

OGD - Opgaardam

In Figuur 2.2 is die benutting van die waterhulpbronne, met die kragstasies by Kragbron in gebruik, aan die hand van 'n vloeiagram voorgestel. Vanaf Molensteenpan is water na die Taaibos- en Highveldkragstasies gepomp en soos reeds beskryf aangewend. Die asdamme is aangedui waarop die aswater, afkomstig vanaf die kragstasies gepomp, is.

Die aswater in die asdamme is so gelaat sodat verdamping kon plaasvind en die as kon kompakteer. Die aswater wat deur die gekompakteerde as gesyfer het, is deur middel van 'n stelsel van pype en kanale na die verskillende aswaterafvloedamme afgelei.

Die water van die koeltorings by beide kragstasies is op 'n gereelde basis met water afkomstig van Molensteenpan vervang. Die water afkomstig vanaf die koeltorings was baie gekonsentreerd (hoë konsentrasies van opgeloste stowwe) as gevolg van die verdamping wat in die koeltorings plaasgevind het, en is na die suiweringsdamme afgelei.

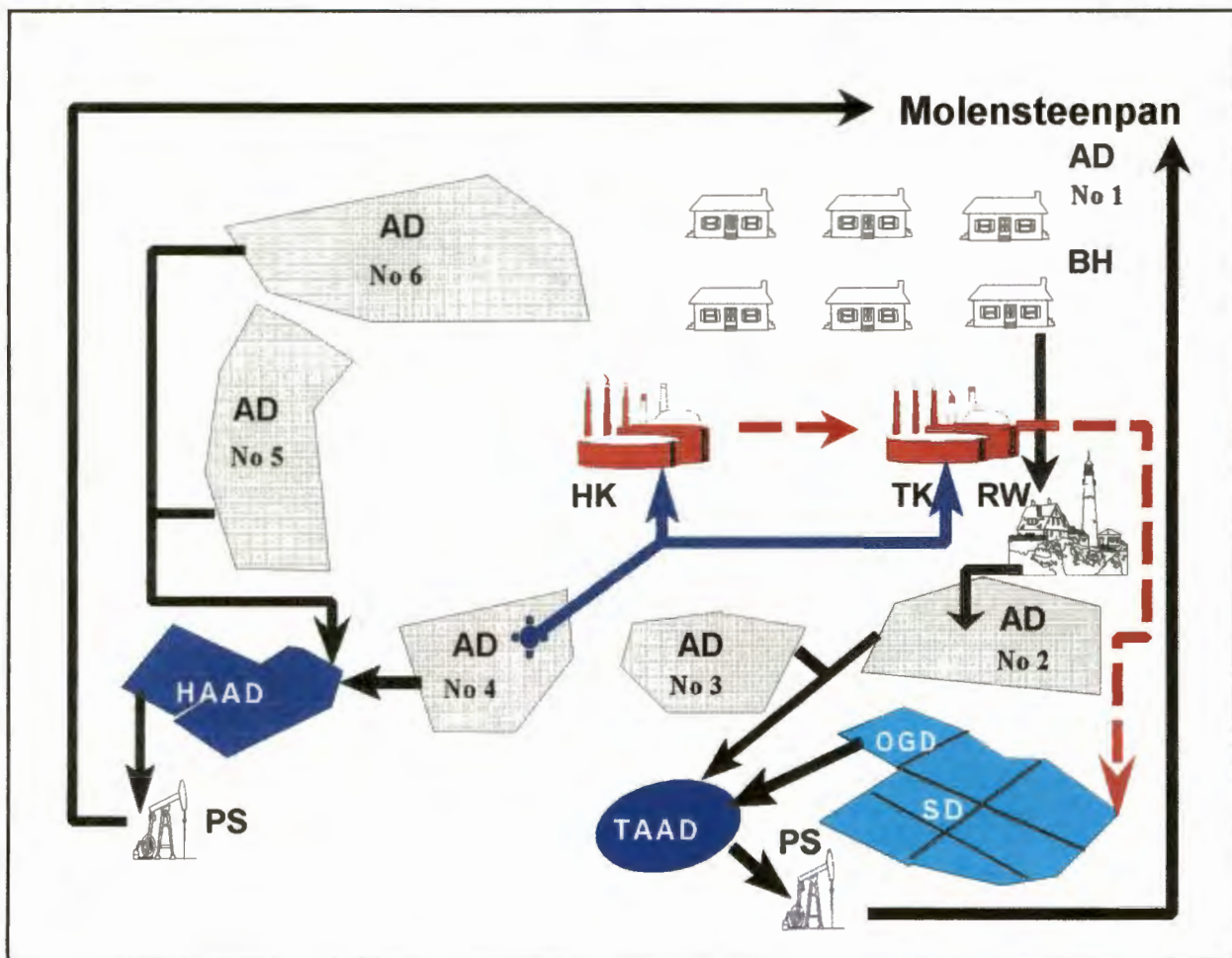
Die suiweringsdamme bestaan uit 'n stelsel van damme wat rietbeddings (*Phragmites*) bevat, waardeur water na die opgaardam vloei soos aangedui in Figuur 2.2. Vanaf die opgaardam is water deurgelaat na die Highveld aswaterafvloedam (Figuur 2.2).

By die rioolwerke is huishoudelike rioolwater gesuiwer en behandel. Hierdie behandelde rioolafvloeï is op asdam no 2 gestort (Figuur 2.2).

Die water van die aswaterafvloedamme is hergebruik. Vanaf die Highveld en Taaibos aswaterafvloedamme is water deur afsonderlike pompstasies na Molensteenpan teruggepomp (Figuur 2.2).

2.3.2 KRAGSTASIES IN ONBRUIK

Vanaf 1994 is die pomp van water vanaf Molensteenpan na die kragstasies gestaak en is die pompe van die pompstasies verwyder. Vanaf die kragstasies word ook geen aswater meer op die asdamme gepomp nie. Slegs reënwater wat deur die asdamme syfer, vloei tans na die verskillende aswaterafvloedamme deur die bestaande stelsel van pype en kanale (Figuur 2.3).



Figuur 2.3 : Vloediagram wat die benutting van waterhulpbronne by Kragbronkragstasies aandui, met die kragstasies in onbruik.

Sleutel

HAAD - Highveld aswaterafvloedam

HK - Highveldkragstasie

PS - Pompstasie

BH - Behuising

RW - Rioolwerke

TAAD - Taaibos aswaterafvloedam

TK - Taaiboskragstasie

AD - Asdam

SD - Suiweringsdamme

OGD - Opgaardam

'n Reservoir is bo-op asdam no 4 gebou om die kragstasies van water vir instandhouding te voorsien. Die suiweringsdamme word ook steeds aangewend om water wat vir instandhouding gebruik is, te suiwer. Die water van die Taaibos en Highveld aswaterafvloedamme word, soos in die verlede, na Molensteenpan gepomp, maar slegs soos wat die behoefte ontstaan (Figuur 2.3).

2.4 KARTERING VAN STUDIEDAMME EN -PANNE

Die puntkoördinate van die eiendomme van Eskom waarop Kragbron en Molensteenpan geleë is, asook die plaas Die Pan waarop De Pan geleë is, is van die Landmeter-Generaal in Bloemfontein verkry.

Bestaande kontoerkaarte van die eiendomme van Eskom en die strukture daarop is vanaf Megawatt Park verkry. Geen bestaande opmetingskaarte van Molensteenpan kon gevind word nie, maar wel van die strukture met die pan geassosieer.

Met behulp van die Opmetingsdienste (Hoëveldstreek) van die Departement Waterwese is Molensteenpan opgemeet, geteken en op 'n skaal van 1 : 15 000 met 2,0 m kontoerintervalle verwerk. Dwarssnitte is op 80 m intervale deur die dam gemeet. Die opmetings is op die LO 27° - sisteem gebaseer en alle metings voldoen aan 'n Klas B akkuraatheid. Die basispenne vir die opmeting is met 'n GPS (Sony IPS - 360) vasgestel en alle metings is tagimetries gedoen. 'n Volume- en oppervlaktetabel van Molensteenpan is ook saamgestel.

Met behulp van bogenoemde inligting, asook die dienste van Kartografiese dienste van die PU vir CHO, is die studiedamme en -panne gekarteer, biologiese en chemiese opnamestasies aangedui en oppervlakte-bepalings van die betrokke waterhulpbronne gedoen.

2.5 CHEMIESE WATERKWALITEIT EN BIOLOGIESE OPNAMES

Geen soortgelyke studie is in die verlede by enige van dié twee kragstasies uitgevoer nie.

Chemiese ontledings van die water van al die aswaterafvloeddamme, boorgate, Molensteenpan en suiweringsdamme word op 'n drie-maandelikse basis by Kragbron deur Eskom (Departement van Tegnologie, Navorsing en Ondersoeke) uitgevoer.

Hierdie data is vanaf 1991 aangeteken en vir die doeleindes van hierdie studie beskikbaar gestel. Die totale maandelikse reënvalsyfers van Sasolburg (Weerburo in Pretoria) en afsonderlike chemiese analyses van die damme en panne in hierdie studie is aan die hand van grafieke voorgestel om verdunningseffekte aan te dui.

Geen data wat op die akwatiese biota by bogenoemde waterbronne betrekking het, kon gevind word nie.

Die studiedamme en -panne word afsonderlik aangespreek aangesien daar genoeg verskille bestaan om dit te regverdig. Elk van die aspekte wat ondersoek is (chemiese ontledings, akwatiese fauna, voëls en ander diere) word per studiedam en -pan in Hoofstuk 3 behandel.

2.5.1 CHEMIESE WATERKWALITEITBEPALINGS

'n Voorstudie waterkwaliteitsbepaling is van die studiedamme en -panne deur die "Western Transvaal Regional Water Company" laat doen, om vas te stel of enige besoedeling van swaarmetale en ander chemiese stowwe in die waterhulpbronne voorkom. Die chemiese analyses wat uitgevoer is, is in Tabel 2.2 (a & b) saamgevat. Hierdie data is vergelyk met die vereistes vir die suiwering van afvalwater of afloop soos gepubliseer in die Staatskoerant 9225 van 1984. Hierdie standaard is gebruik aangesien die waterbronne by Kragbronkragstasies almal in 'n geslote sisteem voorkom. Die water wat aangewend word vir die instandhouding van die kragstasies word tans nog van tyd tot tyd in hierdie geslote sisteem vrygelaat.

Sediment- en watermonsters van die aswaterafloedamme by Taaibos- en Highveldkragstasies is op 'n diepte van 1,0 m in die littoraalsone by die inloep van water vanaf die asdamme geneem.

Op soortgelyke wyse is water- en sedimentmonsters by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie geneem om die suiweringseffek van die *Phragmites*-rietbeddings op die afvloeewater vanaf asdam no 2, waarop behandelde rioolafvloeie gepomp word, vas te stel.

Molensteenpan word aan die oostekant deur 'n "gerehabiliteerde asdam" en aan die westekant deur natuurlike veld begrens. By elkeen van hierdie oewers is 'n water- en sedimentmonster op 'n diepte van 1,0 m in die littoraal sone, asook in die middel van die dam geneem.

De Pan word deur natuurlike veld omring en kan as 'n tipiese Vrystaatse pan beskou word (Allan 1987). Hierdie pan is relatief vlak (gemiddelde diepte van 0,8 m) en droog in die winter op. 'n Enkele water- en sedimentmonster is in die middel van hierdie dam op 'n diepte van 1,0 m geneem.

Die watermonsters is geneem deur 'n 2 000 ml waterbottel met water van die opnamepunte te vul. Die sedimentmonsters is met behulp van 'n sedimentgryper ("Eckman dredge") geneem. 'n Submonster van ±500 ml is in 'n 1 000 ml sakkie geplaas. Twee watermonsters van 500 ml elk is ook vir bakteriologiese en chlorofilbepalings geneem. Hierdie monsters is geneem deur 'n steriele houër van 500 ml onder die wateroppervlak oop te maak, te vul en te verseël en daarna in 'n yshouer by 4°C geplaas. Die chemiese bepalinge van die water- en sedimentmonsters is binne 24 uur uitgevoer.

Tabel 2.2 (a) : Voorstudie chemiese en bakteriologiese analises uitgevoer op die watermonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies.

WATERMONSTERS	
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	Natrium as Na (mg/l)
Yster as Fe (mg/l)	Koper as Cu (mg/l)
Mangaan as Mg (mg/l)	Kwik as Hg (mg/l)
Arseen as As (mg/l)	Kadmium as Cd (mg/l)
Heksavalente Chroom as Cr (mg/l)	Fluoried as F (mg/l)
Lood as Pb (mg/l)	Seleen as Se (mg/l)
Sink as Zn (mg/l)	Nitraat as N (mg/l)
Oplosbare Ortofosfaat as P (mg/l)	Ammoniak as N (mg/l)
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	Chlorofil (mg/l)
Kalsium as Ca (mg/l)	Magnesium as Mg (mg/l)
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃ (mg/l)	Chloried as Cl (mg/l)
Sulfaat as SO ₄ (mg/l)	

Tabel 2.2 (b) : Voorstudie chemiese analyses uitgevoer op die sedimentmonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies.

SEDIMENTMONSTERS	
Yster as Fe (g/kg)	Mangaan as Mg (g/kg)
Kwik as Hg (g/kg)	Arseen as As (g/kg)
Kadmium as Cd (g/kg)	Totale Chroom as Cr (g/kg)
Lood as Pb (g/kg)	Seleen as Se (g/kg)

Die watermonsters vir chemiese bepalings (Tabel 2.3), uitgevoer deur Eskom (Departement van Tegnologie, Navorsing en Ondersoeke), is by dieselfde opnamepunte en op soortgelyke wyse as dié van die voorlopige opname op 'n driemaandelikse basis gedoen. Hierdie data van die verskillende studiedamme en -panne is met die totale maandelikse reënvalsyfers (Tabel 2.1) van Sasolburg gekombineer om verdunningseffekte aan te dui.

Tabel 2.3 : Bykomende chemiese analyses van watermonsters van die waterbronne te Kragbronkragstasies deur Eskom uitgevoer, soos in hierdie studie benut.

pH by 25°C	Kalsuim as Ca (mg/l)
Chemiese suurstof aanvraag as O ₂ (mg/l)	Chloried as Cl (mg/l)
Magnesium as Mg (mg/l)	Fluoried as F (mg/l)
Natrium as Na (mg/l)	Kalium as K (mg/l)
Nitraat & Nitriet as NO ₃ (mg/l)	Sulfaat as SO ₄ (mg/l)
Konduktiwitet by 25°C (mS/m)	

2.5.2 BIOLOGIESE OPNAMES

Die seisoenale opnames is tussen 08:00 en 17:00 in relatief windstil toestande gedoen.

By elke studiedam en -pan is 'n opname van al die voëls met behulp van 'n 8 x 20 ZEISS verkyker gedurende al die veldstudieperiodes gedoen. Vir elke seisoenale opname is 'n spesielys van die voëls van elke studiedam en -pan wat waargeneem is, saamgestel.

Visuele waarnemings en spooridentifikasie (waar moontlik) van ander diere is gemaak en aangeteken.

By elke studiedam en -pan is 'n aantal opnamestasies gekies. Die aantal en plasing van opnamestasies is op 'n ewekansige wyse met inagneming van die volgende moontlike bronne van variasie gedoen:

- bodemgeaardheid,
- waterdiepte,
- plantegroei en
- verskillende oewers.

Met die keuse van die die opnamestasies by die verskillende studiedamme en -panne is sover moontlik alle bodemtipes en plantegroei ingesluit, sodat monsterneming verteenwoordigend van die litorale gebied van die damme en panne sou wees. Al die opnamestasies is 1 m vanaf die oewerlyn in die water met behulp van 'n GPS (SONY IPS-360) vasgestel. Die opnamestasies, asook die ligging van elke studiedam en -pan, is op die onderskeie liggingsplanne in Hoofstuk 3 aangedui.

By die aswaterafvloedamme van Highveld- en Taaiboskragstasies is die oewers relatief homogeen ten opsigte van randplantegroei en sediment wat daar voorkom. By elk van hierdie damme is vier opnamestasies vasgestel. 'n Opnamestasie is by die inloop van elke dam, en die res van die opnamestasies is eweredig oor die totale strekking van die oewerlyn versprei.

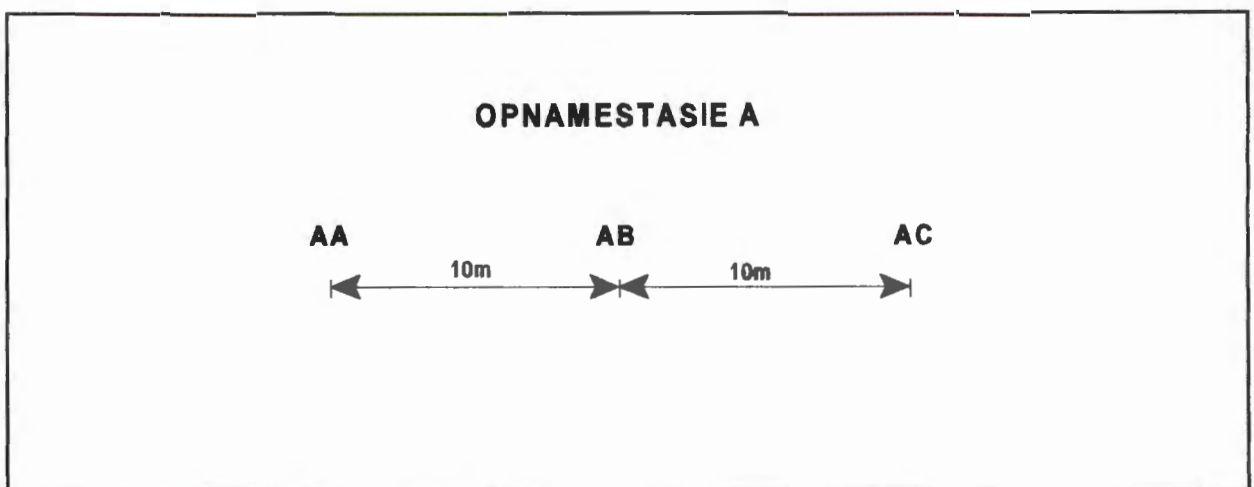
By die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie onderskeidelik, is 'n opnamestasie gekies om die invloed van die moontlike suiweringseffek van die *Phragmites*-rietbeddings op die gemeenskapsamestelling van akwatiese makro-invertebrate vas te stel.

Molensteenpan word aan die oostekant deur 'n "gerehabiliteerde asdam" en aan die westekant deur natuurlike veld begrens.

By elkeen van hierdie oewers is drie opnamestasies gekies wat eweredig versprei is om moontlike verskille in die gemeenskapsamestelling van die akwatiese makro-invertebrate vas te stel.

De Pan word deur natuurlike veld omring en die oewer is ook relatief homogeen ten opsigte van plantegroei en sediment wat daar voorkom. By hierdie pan is ook vier opnamestasies gekies wat eweredig oor die totale strekking van die oewerlyn versprei is.

Elke opnamestasie is in drie sub-stasies onderverdeel (kyk Figuur 2.4). Om so vergelykend as moontlik te werk, is monsterneming by al die waterbronne so homogeen as moontlik geneem. By elkeen van hierdie sub-stasies is akwatiese makro-invertebrate in die littoraalsone met bodemgrypers (benton), slaknette (epifiton) en waternette (plankton, nekton en neuston) versamel.



Figuur 2.4 : Skematiese voorstelling van 'n opnamestasie om die komponente waaruit dit bestaan aan te dui.

'n Eckman bodemgryper (13,8 x 15,3 cm) is gebruik vir die monsterneming van bentiese invertebrate in die sediment van die damme en panne. Een monster is by elke substasie geneem. Alle monsters is op 'n diepte van 0,5 m geneem. Elke sedimentmonster is in 'n emmer kraanwater oorgeplaas en die inhoud is geroer om die organiese materiaal en organismes te suspendeer. Hierdie suspensie is deur 'n reeks van siwwe (200 - 500 μ m maasgrootte) opgevang. Die proses is verskeie kere herhaal totdat net sand en growwe materiaal in die emmer agtergebly het. Die inhoud van die siwwe is na glasflesse oorgeplaas en in 70% alkohol gepreserveer .

In die plantegroei is monsterneming van epifitiese invertebrate met 'n slaknet (25 x 50 cm) gedoen wat van 'n lang steel voorsien is. Monsters is geneem deur die net vinnig deur die plantegroei oor 'n afstand van 2 m te stoot. Een monster is by elk substasie geneem. Die inhoud van die slaknet is na glasflesse oorgeplaas en in 70% alkohol gepreserveer.

Die vryswemmende invertebrate (plankton, nekton en neuston) is met behulp van 'n waternet (planktonnet) met 'n maasgrootte van 100 μ m versamel. Monsters is geneem deur die net drie maal vinnig onder die oppervlakte van die water oor 'n afstand van 2 m te trek. Een monster is by elke sub-stasie geneem en soos reeds genoem gepreserveer.

Die ontleding van die monsters het die identifikasie, klassifikasie en bepaling van die aantal individue van elke spesie behels. Die identifikasie van die akwatiese invertebrate is aanvanklik op morfospesievlak met behulp van stereomikroskope gedoen. Bestaande sleutels van akwatiese invertebrate en die advies van kundiges is gebruik om die organismes sover as moontlik te klassifiseer.

Grafieke van die verwantskap tussen die relatiewe belangrikheid (%) aangedui op 'n logaritmiese skaal (y-as) en rangorde (x-as), van volop na skaars van die invertebraatspesies in die studiedamme en -panne is opgestel (Rang-veelheidkromme). Aan die hand van hierdie grafieke is die samestelling van die akwatiese invertebraatgemeenskappe in die verskillende studiedamme en -panne beskryf.

2.6 STATISTIESE ONTLEDING

Wanneer verwantskappe tussen biologiese en chemo-fisiese data bepaal word, is dit belangrik om die interpretasies op biologiese verklarings en nie in die eerste plek op statistiese interpretasies te baseer nie (Taylor 1980; Anderson, Gordon, Crawley & Hassel 1982; Fryer 1987).

In omtrent 40% van alle studies wat op damme en riviëre gedoen is, is daar gebruik gemaak van een of ander tipe indeks (Hellawell 1986). Die mees algemene was die Shannon-indeks (Shannon 1948), gevolg deur die persentasie-ooreenkomsindeks (Whittaker 1952) in lentiese studies, en die Simpson-indeks (Simpson 1949) in lotiese

studies. Die kombinasie van veelheid en rykheid van spesies in 'n diversiteitsindeks gee 'n aanduiding van die staat of toestand van 'n gemeenskap. Daar word algemeen aanvaar dat die waarde van die meeste indekse met 'n afname in waterkwaliteit, asook met 'n afname in habitatbeskikbaarheid, afneem. In ekstreme gevalle soos byvoorbeeld waterbronne by hoë hoogtes bo seevlak, is lae spesiediversiteit normaal en is dit nie as gevolg van afname in waterkwaliteit of habitatbeskikbaarheid nie. Lae diversiteit dui daarop dat 'n gemeenskap onder stres is en dat so 'n gemeenskap onstabiel is (Goodman 1975). Hughes (1978) het ses faktore, behalwe besoedeling, gelys wat hierdie diversiteitsindekse kan beïnvloed, dit sluit in metode van monsterneming, grootte van monsterneming, diepte van monsterneming, duur van monsterneming, tyd van die jaar en taksonomiese vlak wat gebruik word.

Volgens Hellawell (1986) is baie meer navorsing nodig om die reaksie van die verskillende taksonomiese groepe op besoedeling te klassifiseer. Dit is egter 'n baie moeilike taak aangesien daar bykans daagliks nuwe besoedelingstowwe met toenemende kompleksiteit geskep word.

Ephemeroptera, Trichoptera en Plecoptera is sensitief vir bykans alle vorme van besoedeling (Hellawell 1986). Die getalle van sommige Diptera en wurms van die familie Tubificidae mag toeneem in reaksie op toenemende organiese besoedeling. Hierdie reaksies is gebruik as indekse (Balloch, Davies & Jones 1976), as die verhouding tussen organismes van die familie Tubificidae en ander organismes (King & Ball 1964), of as tellings van die aantal taksa wat aan die sensitiewe groep (Ephemeroptera, Trichoptera en Plecoptera) behoort (Plafkin, Barbour, Porter, Gross & Hughes 1989). Sommige spesies van Trichoptera en Ephemeroptera het 'n wye toleransie vir spore van metaalbesoedeling (Norris, Lake & Swain 1982; Norris 1986), daarom moet versigtigheid aan die dag gelê word om nie veralgemenings te maak met die gebruik van biotiese indekse nie.

Probleme ontstaan gewoonlik om fisiese en chemiese data met biologiese data te vergelyk. Om hierdie probleem uit te skakel, word van multi-faktor statistiese metodes gebruik gemaak wat in teenstelling met enkel-faktor statistiese metodes, elke spesie as 'n veranderlike beskou en die aanwesigheid/afwesigheid en volopheid, as 'n bydrae van

die spesifieke plek of tyd. Die meer veranderlike analise metodes wat mees algemeen gebruik word, is verskillende trosanalises, ordinasietegnieke, korrelasie-analises en tydreeksanalises (Hellawell 1986).

Statistiese tegnieke is gebruik om te bepaal of daar verskille bestaan tussen: (a) die verskillende damme en panne in die studiegroep, (b) die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie, (c) die oewers van Molensteenpan en (d) die opnames van die verskillende seisoene op grond van die spesiesamestelling van die akwatiese invertebrate en abiotiese faktore. Die volgende sagteware pakette is gebruik, naamlik MVSP (A MultiVariate Statistics Package) en STATISTICA.

Shannon-diversiteitindekswaardes is vir elke opnamestasie tydens elke seisoenale opname bereken. Die Shannon-diversiteitindeks is gebruik omdat dit meer gewig aan skaars spesies toeken in teenstelling met die Simpson -diversiteitindeks wat meer gewig aan die volop spesies toeken (Hellawell 1986). Die Shannon-diversiteitindekswaardes is met behulp van MVSP bereken.

Hierdie indekswaardes is relatief onafhanklik van steekproefgrootte en is normaal verdeel, op voorwaarde dat daar gelyke aantal waardes in elke behandeling is, sodat 'n variansie-analise op hierdie indekswaardes toegepas kan word om statisties betekenisvolle verskille te kan uitwys (Hellawell 1986).

Die Shannon-diversiteitindekswaardes is by elke dam vir normaliteit getoets met behulp van die Shapiro-Wilk toets. Hierdie toets is gebruik omdat dit geskik is vir gevalle waar daar minder as vyftig waarnemings in die steekproef is (Hellawell 1986). Die Shannon-diversiteitindekswaardes is getoets vir normaliteit om te bepaal of parametriese of nie-parametriese statistiese tegnieke gebruik moet word met die verwerking van die resultate.

'n Algemene vraag wat navorsers probeer beantwoord is, hoe om waargenome data te organiseer in betekenisvolle strukture. Trosanalises beskryf 'n aantal klassifikasie-algoritmes. Hierdie tegniek is slegs 'n groeperingsalgoritme en statisties betekenisvolheid kan nie hieraan toegeken word nie. Trosanalises word gebruik waar daar nog geen *a priori* hipoteses vasgestel is nie. Dit is inderdaad nog eers die ondersoekende deel van die

navorsing (Hellawell 1986). "Cluster Analysis" is gebruik om vas te stel of daar moontlik natuurlike groeperings tussen die verskillende damme en panne in die studiegroep voorkom.

Die nie-parametriesse toets, Kruskal-Wallis ANOVA, is gebruik om statisties betekenisvolle verskille tussen en binne die studiedamme en panne van die studiegroep (soos reeds genoem) uit te wys. Hierdie toets is gebruik omdat die Shapiro-Wilk toets vir normaliteit (Bylaag C) uitgewys het dat die Shannon-diversiteitindekswaardes van die aswaterafvloedamme by Highveld- en Taaiboskragstasies, soos bepaal vir die studietydperk, nie normaal verdeel is nie ($P < 0,05$). Statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne is met behulp van die volgende vergelyking bereken (Miller 1981):

$$|\bar{R}_i - \bar{R}_j| \leq \sqrt{C_{4;0,05} \cdot \frac{N(N+1)}{12} \cdot \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

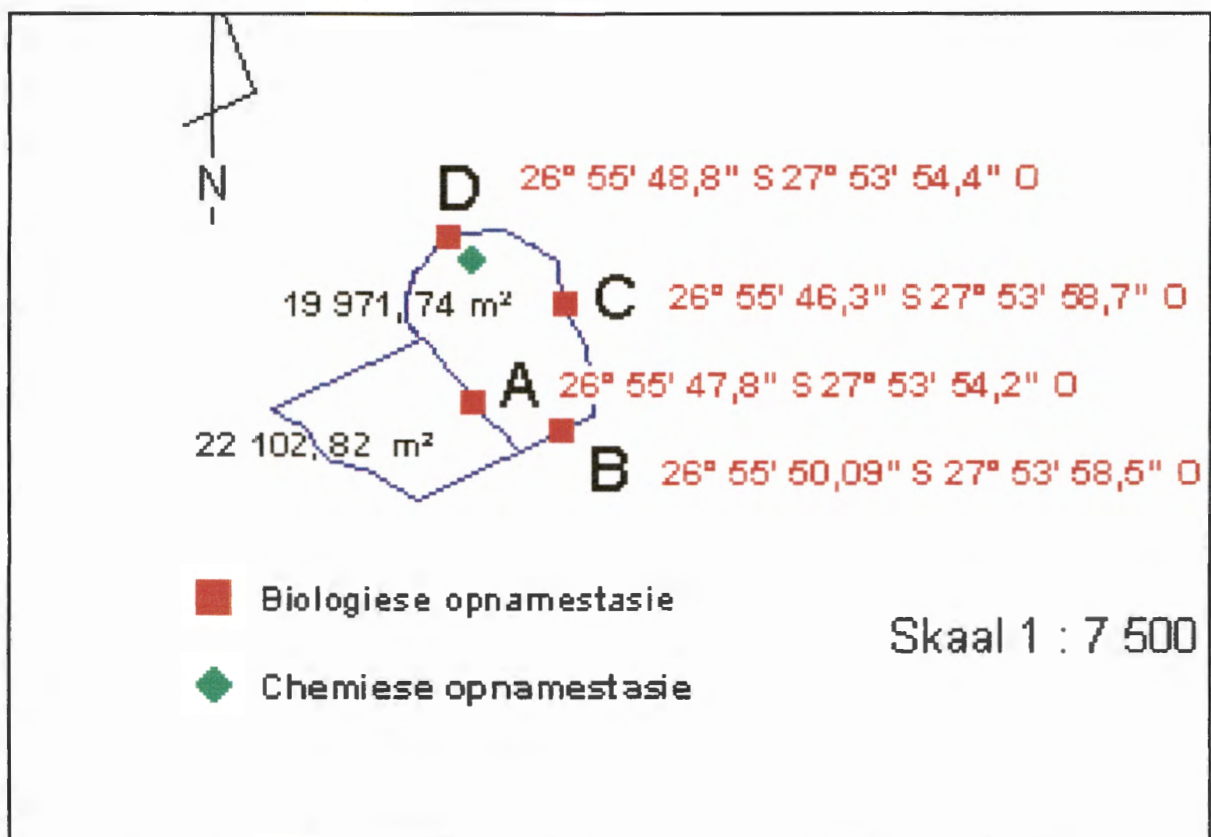
HOOFSTUK 3

RESULTATE

3.1 KARTERING EN BESKRYWING VAN WATERBRONNE TE Kragbronkragstasies

3.1.1 ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE

Die Highveldkragstasie beskik oor twee aswaterafvloeddamme (kyk Figuur 2.1) met oppervlakes van onderskeidelik 22 103 m² en 19 972 m². Die aswaterafvloedam wat in die studie gebruik is, is in Figuur 3.1 aangedui.

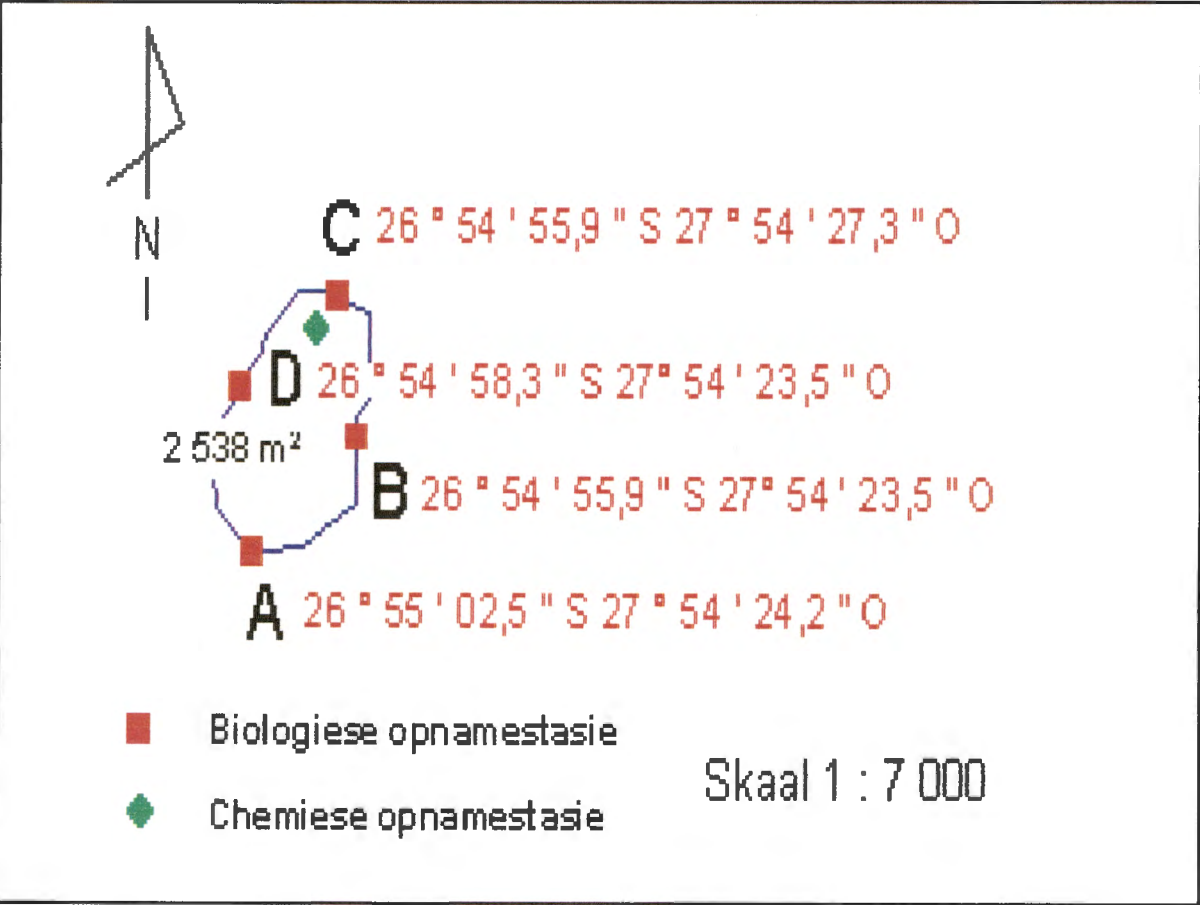


Figuur 3.1 : Kaart wat die oppervlakte van die aswaterafvloeddamme by Highveldkragstasie aandui, asook die ligging van die biologiese opnamestasies en die chemiese opnamestasie van die aswaterafvloedam wat vir die doeleindes van die studie gebruik is.

Beide hierdie aswaterafvloedamme is mensgemaakte damme en besit 'n grond damwal aan die suidekant. Die sediment van die damme bestaan hoofsaaklik uit turf. Die damme was standhoudend gedurende die studietydperk met 'n gemiddelde diepte van ongeveer 2,0 meter. Die oewerplantegroei is welig. Riete (*Phragmites*) het beide hierdie damme gedeeltelik binnegedring. Die dominante watergrasspesies is *Schoenoplectes corymbosus*, met 'n lang digte stand en *Eleocharis palustris*.

3.1.2 ASWATERAFVLOEIDAM BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Taaiboskragstasie beskik oor 'n enkele aswaterafvloedam (kyk Figuur 2.1) met 'n oppervlakte van 2 538 m². Die oppervlakte van die aswaterafvloedam wat in die studie gebruik is, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies is op die kaart in Figuur 3.2 aangedui.

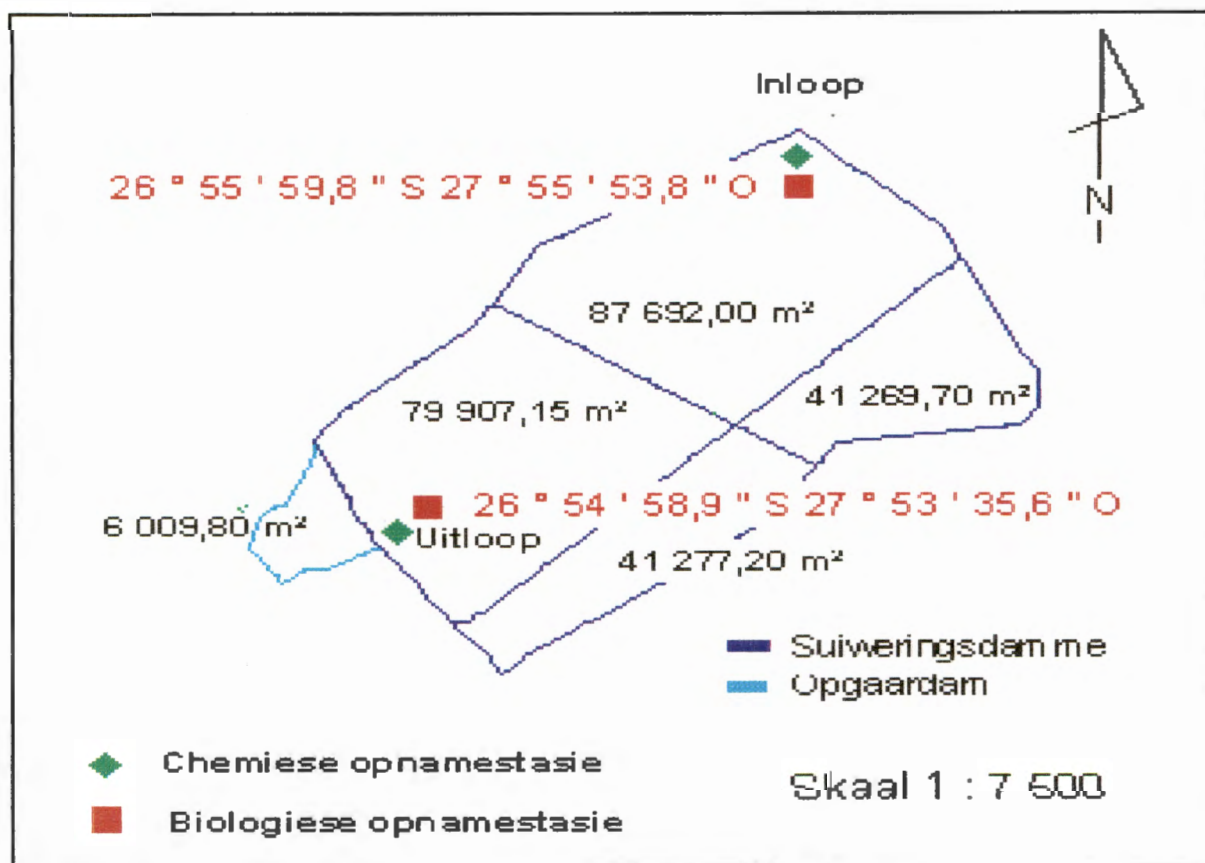


Figuur 3.2 : Kaart wat die oppervlakte van die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies, aandui.

Hierdie aswaterafvloedidam dam is ook 'n mensgemaakte dam en beskik ook oor 'n grond damwal. Die sediment van die dam bestaan hoofsaaklik uit verrotte organiese materiaal. Die damme was standhoudend gedurende die studietydperk met 'n gemiddelde diepte van ongeveer 2,0 meter. Die plantegroei bestaan hoofsaaklik uit riete (*Phragmites*) en *Eleocharis palustris*.

3.1.3 SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Taaiboskragstasie beskik oor vier suiweringsdamme (kyk Figuur 2.2) met 'n totale oppervlakte van 250 146 m², waardeur water na 'n opgaardam met 'n oppervlakte van 6 010 m² vloei. Die oppervlakte van hierdie suiweringsdamme, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies by die inloop en uitloop van dié damme is op die kaart in Figuur 3.3 aangedui.

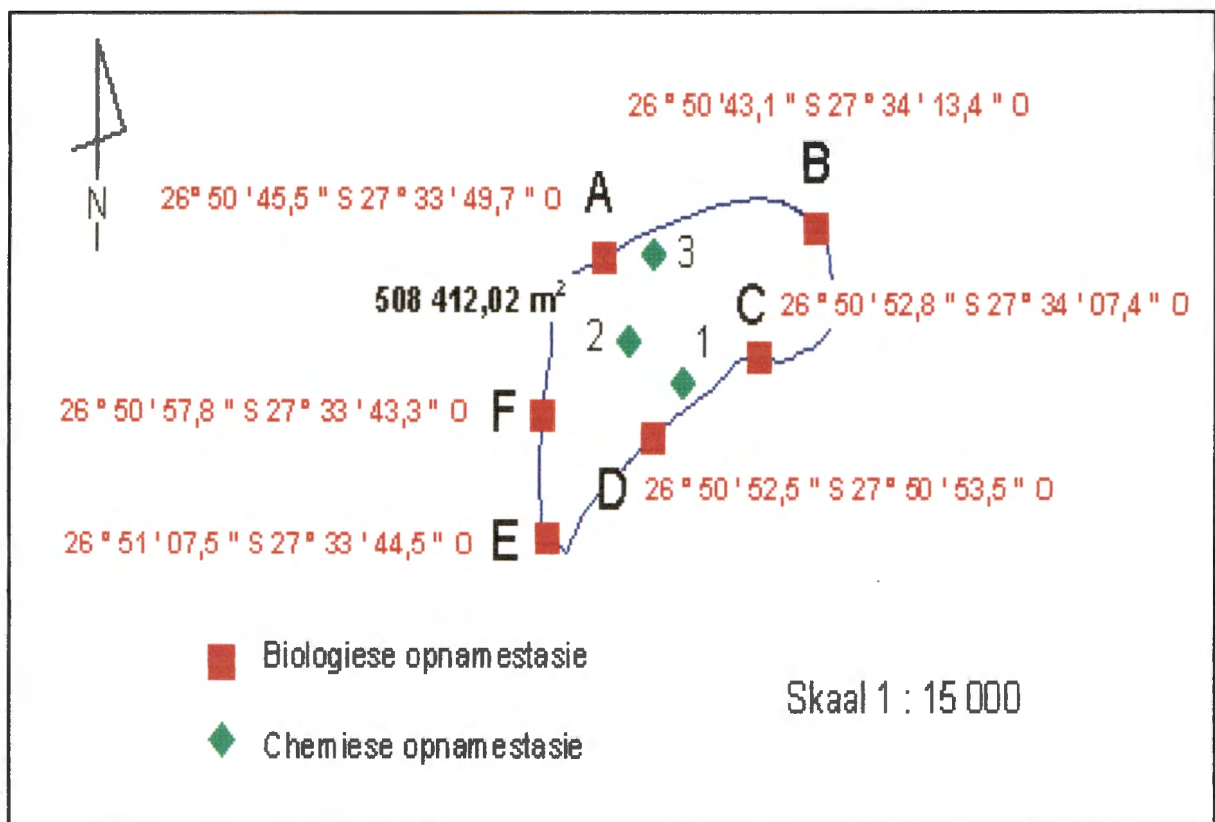


Figuur 3.3 : Kaart wat die oppervlakte van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies by die inloop en uitloop van dié damme, aandui.

Die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie is mensgemaakte rietdamme. Hierdie unieke damme word gekenmerk deur 'n sentrale prominente *Phragmites* rietbedding wat deur 'n nou ring van water omring word wat hoë digtheid van die watergrasse *Lagarosiphon* en *Potamogeton* bevat. Die bodem van hierdie damme bestaan uit geweldige groot hoeveelhede verrotte organiese materiaal wat vanaf die inloop na die uitloop, afneem. Al hierdie suiweringsdamme was standhoudend gedurende die studietydperk.

3.1.4 MOLENSTEENPAN

Molensteenpan beskik oor 'n totale oppervlakte van 508 412 m² (kyk Figuur 3.1). Die oppervlakte van hierdie pan, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies is op die kaart in Figuur 3.3 aangedui.



Figuur 3.4 : Kaart wat die oppervlakte van Molensteenpan, asook die ligging van die biologiese- en chemiese opnamestasies aandui.

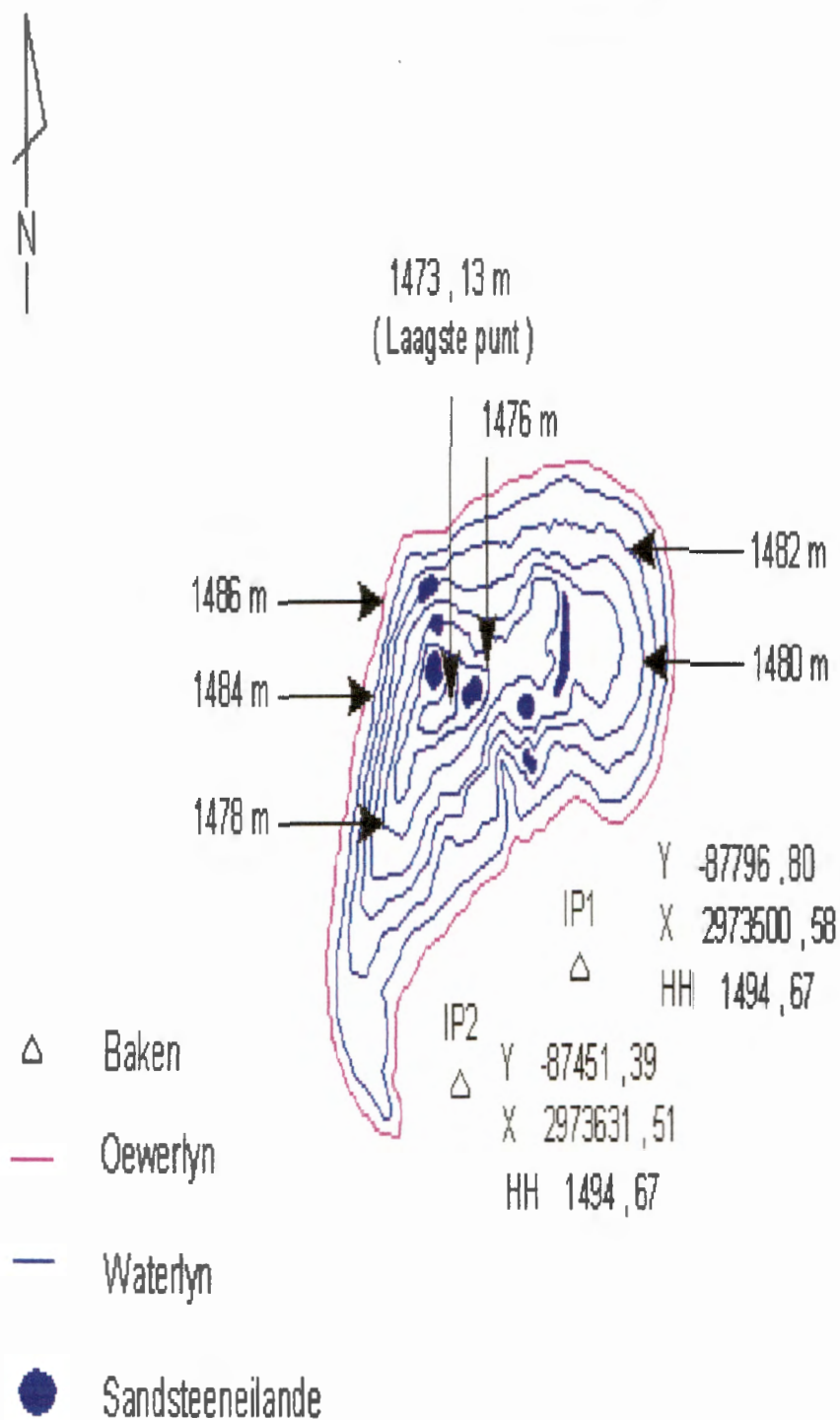
Volgens Allan (1987) kan Molensteenpan as 'n Oopwaterpan geklassifiseer word. Hierdie pan is redelik groot en min oewerplantegroei kom voor. Die oewerplantegroei bestaan hoofsaaklik uit gras. *Cynodon dactylon* (Kweekgras), die watergrasse *Scirpus dioecus*, verskeie *Cyperus* spesies, verskillende *Juncus* spesies en die klein blomplant *Limnosella* kom voor. Die enigste grastipe wat in die opvanggebied van die water voorkom is *Diplachne fusea* (Kuilgras). Plek-plek kom riete (*Phragmites*) voor wat waarskynlik afkomstig is vanaf die suiweringsdamme by die Taaiboskragstasie, via water wat vanaf die aswaterafvloeddamme by Taaibos- en Highveldkragstasies gepomp word na Molensteenpan. Die sediment bestaan uit vlak sandgrond en ontblote klipbanke aan die westekant. Aan die oostekant bestaan die sediment uit 'n redelike dik laag slik wat waarskynlik vanaf die aangrensende asdam no 1 (kyk Figuur 2.1) afkomstig is.

Tydens die kartering van Molensteenpan kon geen bestaande opmetingskaarte van dié pan gevind word nie. Het behulp van die Opmetingsdienste (Hoëveldstreek) van die Departement Waterwese, asook die dienste van Kartografiese dienste van die PU vir CHO, is Molensteenpan opgemeet, geteken en op 'n skaal van 1 : 15 000 met 2,0 m kontoerintervalle verwerk (kyk Figuur 3.5). 'n Volume en oppervlakte tabel is ook saamgestel (kyk Tabel 3.1). Molensteenpan beskik oor 'n hou vermoë van 2 603 000 m³ water wat dan 'n totale oppervlak van 792 458 m² sal beslaan. Tydens die opmeting het Molensteenpan 2 078 182 m³ water bevat wat 'n totale oppervlakte van 508 412 m² beslaan het (kyk Tabel 3.1). Die watervlak van dié pan het redelik konstant gebly tydens die studietydperk. Die laagste punt in Molensteenpan is 1 473 m bo seevlak, dit wil sê die diepste punt in die pan was 10 m tydens die opmeting daarvan (kyk Tabel 3.1 & Figuur 3.5). Die oostelike oewer word geleidelik dieper terwyl die westelike oewer skielik dieper word (kyk Figuur 3.5).

Tabel 3.1 : Oppervlakte (m²) en volume bepaling (m³) van die 0,5 m kontoerintervalle in Molensteenpan.

KONTOER (m bo seevlak)	OPPERVLAKTE (m ²)	VOLUME (m ³)
1473,5	26	2
1474,0	1563	400
1474,5	2798	1490
1475,0	8456	4303
1475,5	46469	18035
1476,0	64172	45695
1476,5	96133	85771
1477,0	116999	139054
1477,5	136384	202400
1478,0	173576	279890
1478,5	203093	374057
1479,0	229035	482089
1479,5	255337	603182
1480,0	278252	736579
1480,5	301427	881499
1481,0	328018	103886
1481,5	357657	1210279
1482,0	390777	1397387
1482,5	437687	1604503
14830,0	474309	1832502
* 1483,5	* 5084122	* 2078182
1484,0	540023	2340291
1484,5	771669	2533958
1485,0	787217	2596507
1485,5	790707	2601266
1486,0	791730	2602395
1486,5	792248	2602780
1487,0	792436	2602956
1487,5	792458	2603009

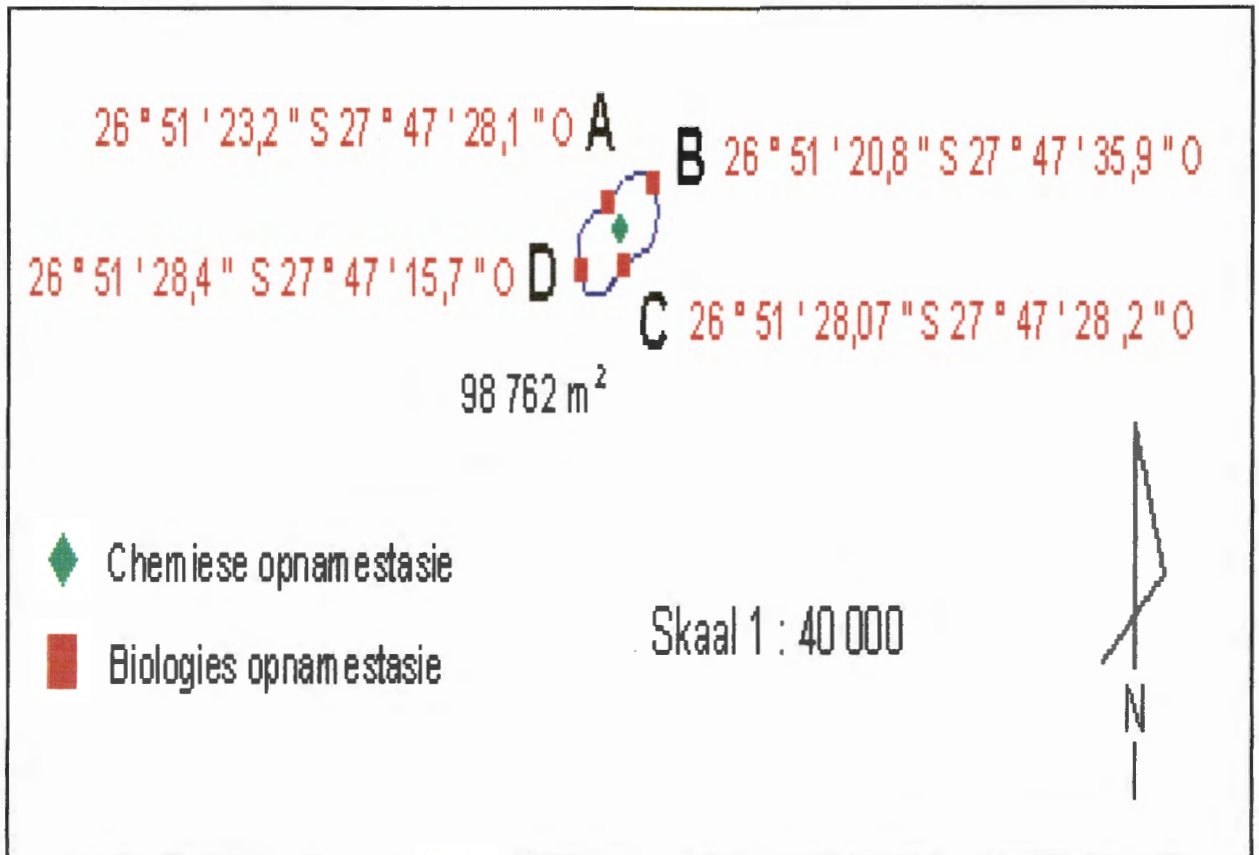
* Waterstand tydens opmeting



Figuur 3.5 : Kontoerkaart van Molensteenpan wat die 2.0 m kontoerintervalle, sandsteeneilande, bakens vanwaar die tagimetriesse lesings gedoen is, asook die laagste punt in die pan, aandui.

3.1.4 DE PAN

De Pan beskik oor 'n totale oppervlakte van 98 762 m². Die oppervlakte van hierdie pan, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies is op die kaart in Figuur 3.6 aangedui.



Figuur 3.6 : Kaart wat die oppervlakte van De Pan, asook die ligging van die biologiese en chemiese opnamestasies aandui.

De Pan kan ook as 'n Oopwaterpan geklassifiseer word (Allan 1987). Hierdie pan besit min plantegroei. Die oewer plantegroei bestaan hoofsaaklik uit *Cynodon dactylon* (Kweekgras). Die sediment bestaan uit vlak grond en klipbanke. Die watergrasse *Scirpus dioecus*, *Cyperus* spesies asook verskillende *Juncus* spesies kom in die watergebied voor.

Die watervlak van De Pan het nie gedurende die studietydperk konstant gebly nie, dit het gedeeltelik gedurende die wintermaande opgedroog.

3.2 CHEMIESE EN FISIESE WATERKWALITEITBEPALINGS

'n Voorlopige waterkwaliteitsbepaling is met die aanvang van die studie (1994-09-27) van die studiedamme en -panne deur die "Western Transvaal Regional Water Company" laat doen. Dit is gedoen om vas te stel of enige besoedeling van swaarmetale en ander chemiese stowwe in die water en sediment van hierdie waterbronne voorkom. Waterkwaliteitsbepalings van die aswaterafvloeddamme, suiweringsdamme en Molensteenpan word op 'n drie-maandelikse basis, deur Eskom (Departement van Tegnologie, Navorsing en Ondersoeke) uitgevoer. Hierdie data is beskikbaar gestel vir die doeleindes van hierdie studie.

3.2.1 ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE

Die chemiese ontledings van die sedimentmonster geneem in die aswaterafvloeddam by Highveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.2 saamgevat.

TABEL 3.2 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in die aswaterafvloeddam by Highveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die Staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	SEDIMENT
Yster as Fe	0,3	0,3	0,09
Kwik as Hg	0,02	0,02	0,04
Kadmium as Cd	0,05	0,05	<0,01
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,12
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Totale Chroom as Cr	0,5	0,05	0,05
Seleen as Se	0,05	0,05	0,08

Die chemiese ontledings van die watermonster geneem in die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.3 saamgevat.

TABEL 3.3 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die Staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwing van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	V * + 75	1,15 V *	80
Yster as Fe	0,3	0,3	<0,05
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,02
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Heksavalente Chroom as Cr	0.05	-	<0,05
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05
Sink as Zn	5,0	0,3	<0,10
Oplosbare Ortofosfaat as P	1,0	1,0	0,03
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	NUL	NUL	60
Kalsium as Ca	-	-	29
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃	-	-	180
Sulfaat as SO ₄	-	-	156
Natrium as Na	V * + 90	V * + 50	98
Koper as Cu	1,0	0,02	<0.10
Kwik as Hg	0.02	0,02	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	<0,01
Fluoried as F	1,0	1,0	0,43
Seleen as Se	0,05	0,05	<0,01
Nitrat as N	-	1,5	<0,1
Ammoniak as N	10,0	1,0	<0,1
Chlorofil	-	-	49
Magnesium as Mg	-	-	35
Chloried as Cl	-	-	68

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui

V * Toevoergeleiding

Die deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem in die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie, is saamgevat in Tabel 3.4.

TABEL 3.4 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters in die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie.

BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
pH by 25°C	7,13	7,12	7,18	7,19
Konduktiwiteit by 25°C (mS/m)	790	568	823	1038
Opgeloste suurstof (%)	68	59,2	70,2	74,8
Kalsium as Ca	41	37,1	46,4	50,6
Chloried as Cl	36	28,4	42,3	50,6
Fluoried as F	0,20	0,14	0,26	0,32
Magnesium as Mg	7,3	6,3	8,3	9,3
Kalium as K	6,3	5,3	7,3	8,3
Natrium as Na	39,5	34,8	44,2	48,9
Sulfaat as SO ₄	85,3	65,3	105,3	125,3
Nitraat & Nitriet as NO ₃	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui.

3.2.2 ASWATERAFVLOEIDAM BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die chemiese ontledings van die sedimentmonster geneem in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.5 saamgevat.

TABEL 3.5 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwing van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPEZIALE STANDAARD	SEDIMENT
Kwik as Hg	0,02	0,02	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,011
Lood as Pb	0,1	0,1	0,06

TABEL 3.5 (Vervolg) : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	SEDIMENT
Yster as Fe	0,3	0,3	0,29
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,07
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Totale Chroom as Cr	0,5	0,05	0,05
Seleen as Se	0,05	0,05	0,08

Die chemiese ontledings van die watermonster geneem in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.6 saamgevat.

TABEL 3.6 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	V * + 75	1,15 V *	65
Yster as Fe	0,3	0,3	<0,05
Mangaan as Mg	0,4	0,1	<0,01
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Heksavalente Chroom as Cr	0.05	-	<0,05
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05
Sink as Zn	5,0	0,3	<0,10
Oplosbare Ortofosfaat as P	1,0	1,0	0,04
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	NUL	NUL	200
Kalsium as Ca	-	-	18
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃	-	-	140
Sulfaat as SO ₄	-	-	80

TABEL 3.6 (Vervolg) : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER
Natrium as Na	V * + 90	V * + 50	103
Koper as Cu	1,0	0,02	<0.10
Kwik as Hg	0.02	0,02	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,01
Fluoried as F	1,0	1,0	0,33
Seleen as Se	0,05	0,05	<0,01
Nitraat as N	-	1,5	<0,1
Ammoniak as N	10,0	1,0	<0,1
Chlorofil	-	-	66
Magnesium as Mg	-	-	6
Chloried as Cl	-	-	78

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui

V * Toevoergeleiding

Die deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie, is saamgevat in Tabel 3.7.

TABEL 3.7 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie.

BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
pH by 25°C	6,18	6,15	6,20	6,23
Konduktiwiteit by 25°C (mS/cm)	1787	1667	1952	2133
Opgeloste suurstof (%)	57	51,1	62,6	68,6
Kalsium as Ca	62,9	57,7	67,5	72,7
Chloried as Cl	78	70	86	94
Fluoried as F	0,23	0,17	0,29	0,35
Magnesium as Mg	11,3	10,3	12,3	13,3
Kalium as K	8,5	7,5	9,5	10,5

TABEL 3.7 (Vervolg) : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie.

BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
Natrium as Na	102,8	101	104,6	106,4
Sulfaat as SO ₄	181	161	201	221
Nitraat & Nitriet as NO ₃	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui.

3.2.3 SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die chemiese ontledings van die sedimentmonsters geneem by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.8 saamgevat.

TABEL 3.8 : Chemiese ontledings van die sedimentmonsters by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme in by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwing van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPEZIALE STANDAARD	SEDIMENT INLOOP	SEDIMENT UITLOOP
Yster as Fe	0,3	0,3	0,81	<0,05
Kwik as Hg	0,02	0,02	0,01	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,011	<0,01
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05	<0,05
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,12	0,11
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05	<0,05
Totale Chroom as Cr	0,5	0,05	0,07	0,05
Seleen as Se	0,05	0,05	0,025	<0,01

Die chemiese ontledings van die watermonsters geneem by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.9 saamgevat.

TABEL 3.9 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonsters by die inloop en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER INLOOP	WATER UITLOOP
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	V* + 75	1,15 V*	60	61
Yster as Fe	0,3	0,3	0,13	0,14
Mangaan as Mg	0,4	0,1	<0,01	<0,01
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05	<0,05
Heksavalente Chroom as Cr	0,05	-	<0,05	<0,05
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05	<0,05
Sink as Zn	5,0	0,3	<0,01	<0,01
Oplosbare Ortofosfaat as P	1,0	1,0	0,05	0,04
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	NUL	NUL	300	0
Kalsium as Ca	-	-	17	15
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃	-	-	138	136
Sulfaat as SO ₄	-	-	81	69
Natrium as Na	V* + 90	V* + 50	100	88
Koper as Cu	1,0	0,02	<0,01	<0,01
Kwik as Hg	0,02	0,02	<0,005	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,01	0,01
Fluoried as F	1,0	1,0	0,34	0,32
Seleen as Se	0,05	0,05	<0,01	<0,01
Nitraat as N	-	1,5	<0,1	<0,1
Ammoniak as N	10,0	1,0	<0,1	<0,1
Chlorofil	-	-	7,41	15,52
Magnesium as Mg	-	-	5	6
Chloried as Cl	-	-	63	60

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui

V * Toevoergeleiding

Die deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem by die uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie, is saamgevat in Tabel 3.10.

TABEL 3.10 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters by die uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie.

BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
pH by 25°C	6,28	6,26	6,30	6,32
Konduktiwiteit by 25°C (mS/cm)	1690	1563	1764	1852
Opgeloste suurstof (%)	61,8	57,4	63,9	69,7
Kalsium as Ca	54,9	52,7	60	65,2
Chloried as Cl	55,7	52,9	58,4	61,4
Fluoried as F	0,21	0,15	0,27	0,33
Magnesium as Mg	9,3	8,3	10,3	11,3
Kalium as K	8,1	7,1	9,1	10,1
Natrium as Na	71,8	70,5	73,1	74,4
Sulfaat as SO ₄	163	143	183	203
Nitraat & Nitriet as NO ₃	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui.

3.2.4 MOLENSTEENPAN

Die chemiese ontledings van die sedimentmonsters geneem by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.11 saamgevat.

TABEL 3.11 : Chemiese ontledings van die sedimentmonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	SEDIMENT STASIE 1	SEDIMENT STASIE 2	SEDIMENT STASIE 3
Kwik as Hg	0,02	0,02	0,025	0,02	<0,005
Kadmium as Cd	0,05	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
Lood as Pb	0,1	0,1	0,03	0,02	0,00

TABEL 3.11 (Vervolg) : Chemiese ontledings van die sedimentmonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	SEDIMENT STASIE 1	SEDIMENT STASIE 2	SEDIMENT STASIE 3
Yster as Fe	0,3	0,3	2,37	1,42	1,25
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,18	0,17	0.03
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Totale Chroom as Cr	0,5	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Seleen as Se	0,05	0,05	0,01	<0,01	<0,01

Die chemiese ontledings van die watermonsters geneem by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.12 saamgevat.

TABEL 3.12 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER STASIE 1	WATER STASIE 2	WATER STASIE 3
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	V* + 75	1,15 V*	263	265	268
Yster as Fe	0,3	0,3	0,47	0,11	0,11
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,05	<0,01	<0,01
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Heksavalente Chroom as Cr	0.05	-	<0,05	<0,05	<0,05
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Sink as Zn	5,0	0,3	<0,10	<0,10	<0,10
Oplosbare Ortofosfaat as P	1,0	1,0	0,03	0,03	0,02
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	NUL	NUL	12	10	4
Kalsium as Ca	-	-	64	64	64
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃	-	-	140	138	136
Sulfaat as SO ₄	-	-	660	610	600
Koper as Cu	1,0	0,02	<0,10	<0,10	<0,10
Kwik as Hg	0.02	0,02	<0,005	<0,005	<0,005

TABEL 3.12 (Vervolg): Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonsters by die chemiese opnamestasies van Molensteenpan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER STASIE 1	WATER STASIE 2	WATER STASIE 3
Natrium as Na	V* + 90	V* + 50	440	435	435
Kadmium as Cd	0,05	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoried as F	1,0	1,0	1,8	1,8	1,7
Seleen as Se	0,05	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
Nitraat as N	-	1,5	0,3	0,3	<0,1
Ammoniak as N	10,0	1,0	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorofil	-	-	12,10	12,79	14,90
Magnesium as Mg	-	-	28	28	27
Chloried as Cl	-	-	292	290	288

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui

V * Toevoergeleiding

Die deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem by die chemiese opnamestasie no 2 van Molensteenpan, is saamgevat in Tabel 3.13.

TABEL 3.13 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters by die chemiese opnamestasie no 2 van Molensteenpan.

BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
pH by 25°C	7,29	7,22	7,50	7,75
Konduktiwiteit by 25°C (mS/cm)	2736	2537	2845	2946
Opgeloste suurstof (%)	55,1	48,9	57,9	61,9
Kalsium as Ca	70,7	65,2	75,3	80,8
Chloried as Cl	250	242	258	266
Fluoried as F	0,24	0,18	0,30	0,36
Magnesium as Mg	17,8	16,8	18,8	19,8
Kalium as K	15,7	14,7	16,7	17,7
Natrium as Na	352,7	341,2	363,4	373,9
Sulfaat as SO ₄	644	624	664	684
Nitraat & Nitriet as NO ₃	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui.

3.2.5 DE PAN

Die chemiese ontledings van die sedimentmonster geneem in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.14 saamgevat.

TABEL 3.14 : Chemiese ontledings van die sedimentmonster in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem , met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING (g/kg)	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	SEDIMENT
Yster as Fe	0,3	0,3	<0,05
Kwik as Hg	0,02	0,02	0,05
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,01
Lood as Pb	0,1	0,1	<0,05
Mangaan as Mg	0,4	0,1	0,10
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Totale Chroom as Cr	0,5	0,05	0,05
Seleen as Se	0,05	0,05	<0,01

Die chemiese ontledings van die watermonster geneem in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) is in Tabel 3.15 saamgevat.

TABEL 3.15 : Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER
Konduktiwiteit (mS/m by 25°C)	V * + 75	1,15 V *	396
Yster as Fe	0,3	0,3	131
Mangaan as Mg	0,4	0,1	2,6
Arseen as As	0,5	0,1	<0,05
Heksavalente Chroom as Cr	0.05	-	0,65
Lood as Pb	0,1	0,1	0,07
Sink as Zn	5,0	0,3	0.64

TABEL 3.15 (Vervolg): Chemiese en bakteriologiese ontledings van die watermonster in De Pan met die aanvang van die studie (1994-09-27) geneem, met verwysing na bylae 1 van die staatskoerant 9225 van 1984 vir opvanggebiede waar die spesiale standaard van toepassing is vir die suiwering van afvalwater of afloop.

BEPALING *	ALGEMENE STANDAARD	SPESIALE STANDAARD	WATER
Oplosbare Ortofosfaat as P	1,0	1,0	3,2
Tipiese (Fekale) Kolivorme/100ml (by 44,5°C)	NUL	NUL	400
Kalsium as Ca	-	-	14
Totale Alkaliniteit as CaCO ₃	-	-	1404
Sulfaat as SO ₄	-	-	293
Natrium as Na	V * + 90	V * + 50	703
Koper as Cu	1,0	0,02	0,20
Kwik as Hg	0.02	0,02	0,03
Kadmium as Cd	0,05	0,05	0,01
Fluoried as F	1,0	1,0	3,1
Seleen as Se	0,05	0,05	0,035
Nitraat as N	-	1,5	<0,1
Ammoniak as N	10,0	1,0	<0,1
Chlorofil	-	-	729
Magnesium as Mg	-	-	38
Chloried as Cl	-	-	131

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui

V * Toevoergeleiding

Die deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters geneem in De Pan, is saamgevat in Tabel 3.16.

TABEL 3.16 : Deurlopende chemiese ontledings (Oktober 1994 - Julie 1995) van die watermonsters in De Pan.

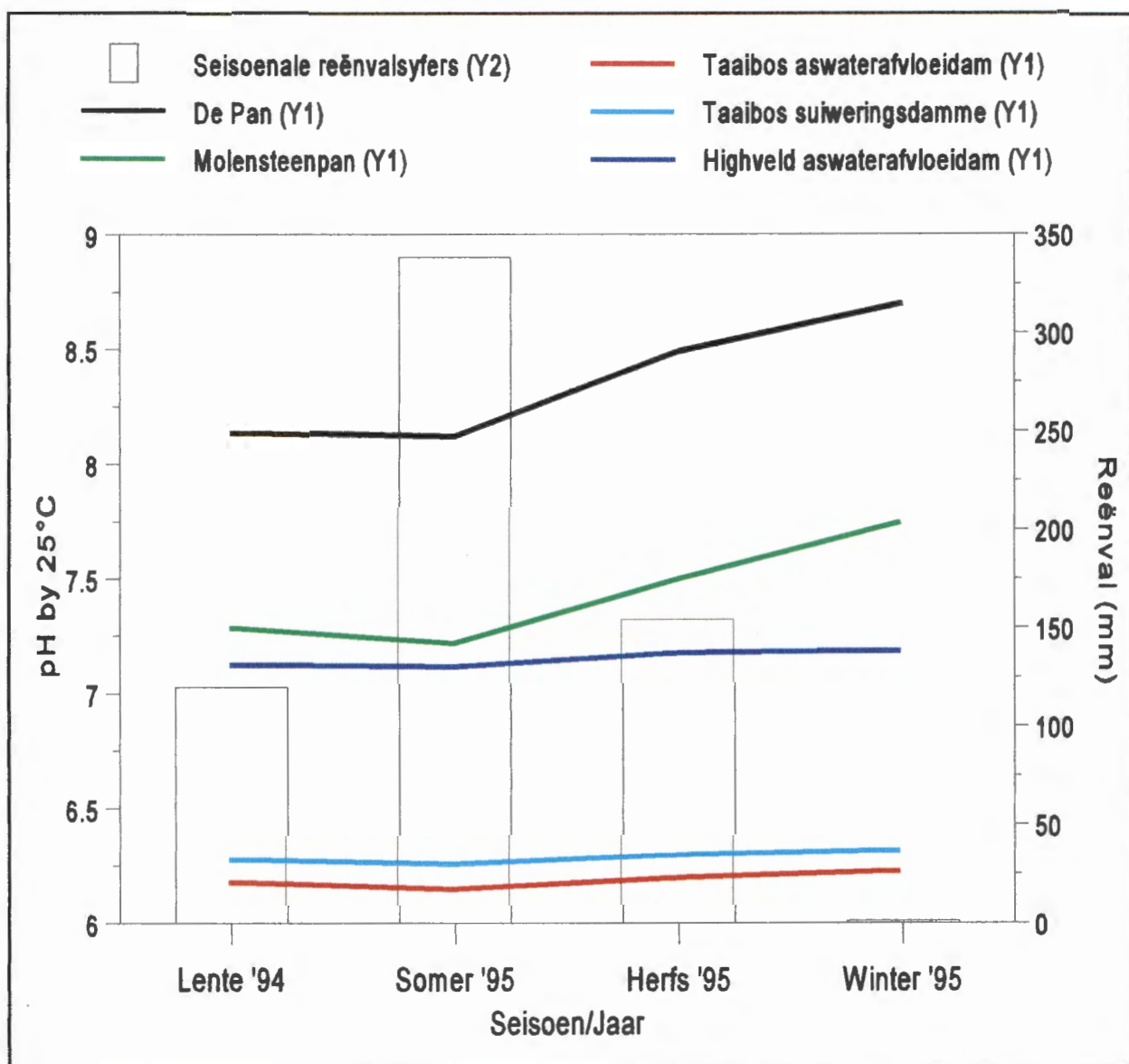
BEPALING *	10/94	01/95	04/95	07/95
pH by 25°C	8,14	8,12	8,49	8,70
Konduktiwiteit by 25°C (mS/cm)	3682	3437	3779	3929
Opgeloste suurstof (%)	49,5	44,6	52,9	58,5
Kalsium as Ca	83,1	77,1	88,5	93,4
Chloried as Cl	308	300	316	324
Fluoried as F	0,65	0,57	0,72	0,79
Magnesium as Mg	27,8	26,8	28,8	29,8
Kalium as K	25,6	24,6	26,6	27,6
Natrium as Na	400,2	387,1	413,3	426,4
Sulfaat as SO ₄	734	712	756	778
Nitraat & Nitriet as NO ₃	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

* Alle resultate is in mg/l tensy anders aangedui.

3.2.6 INVLOED VAN REËNVAL OP WATERKWALITEITBEPALINGS

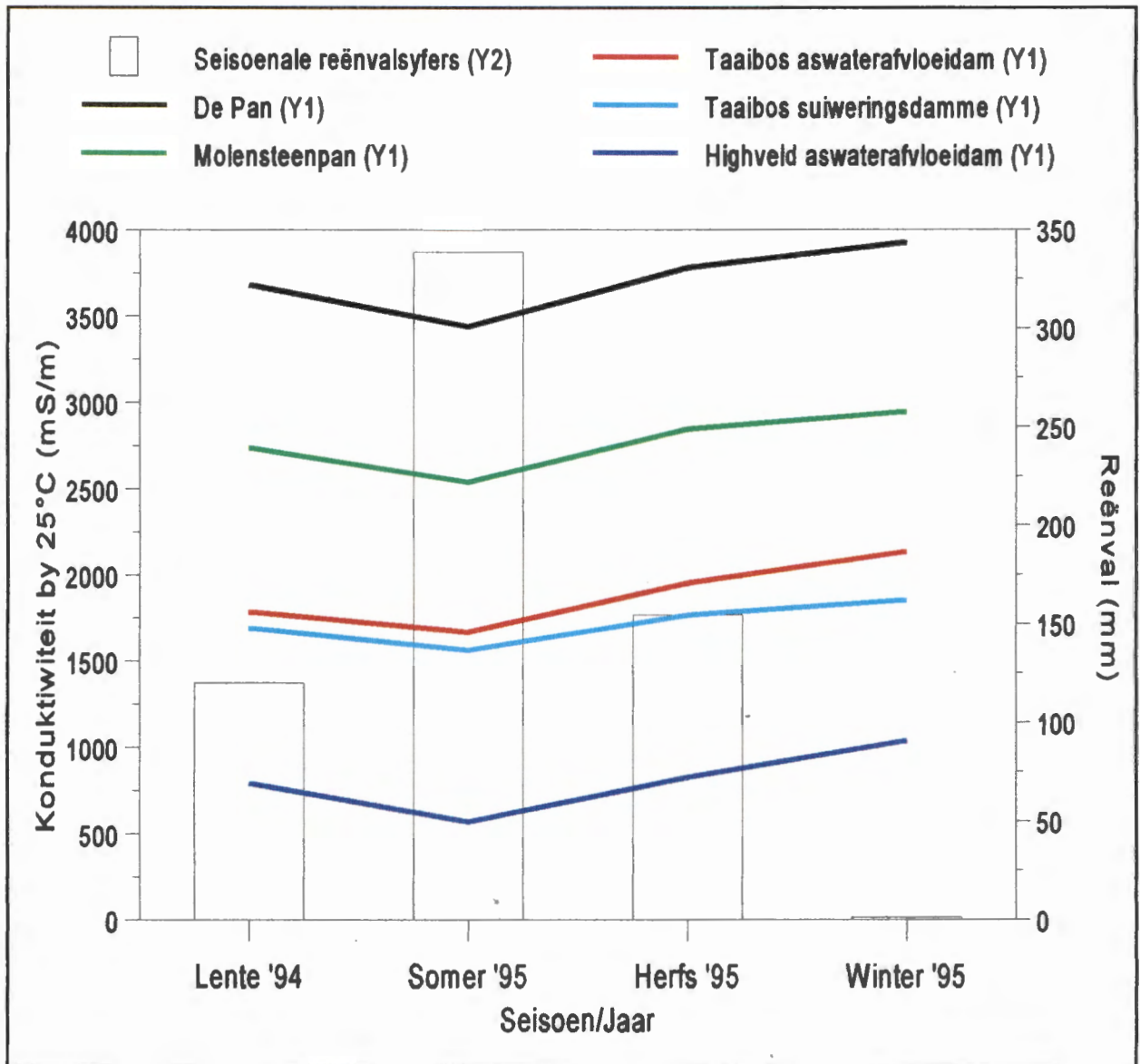
Die deurlopende chemiese waterkwaliteitbepalings van die verskillende studiedamme en -panne is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg grafies voorgestel om moontlike verdunningseffekte aan te dui.

Die deurlopende pH bepalinge (by 25°C) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.7 aangedui.



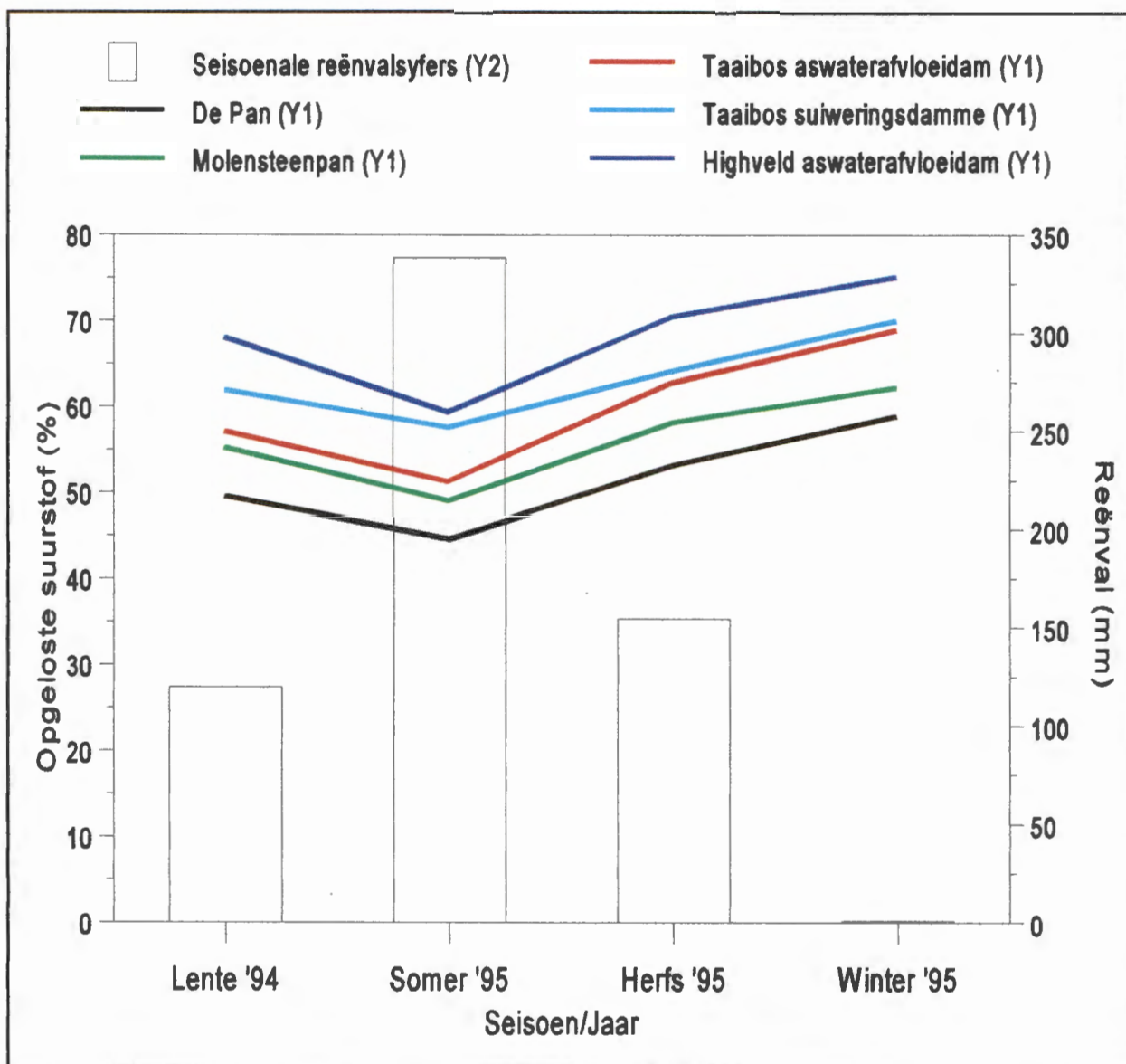
Figuur 3.7 : Vergelyking van die pH-bepalings (by 25°C) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende konduktiwiteitbepalings by 25°C (mS/m) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.8 aangedui.



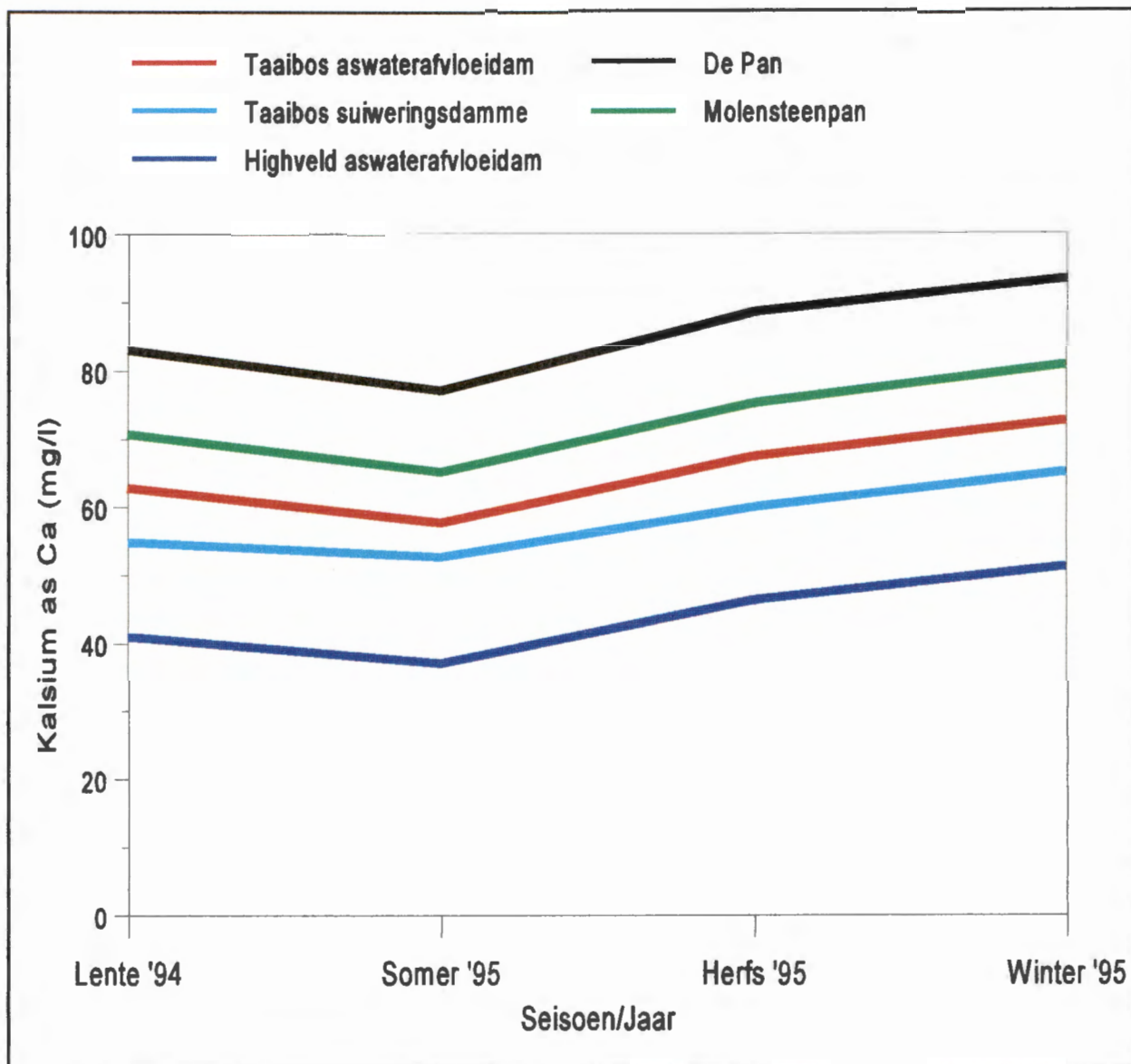
Figuur 3.8 : Vergelyking van die konduktiwiteitbepalings by 25°C (mS/m) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende opgeloste suurstofbepalings (%) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.9 aangedui.



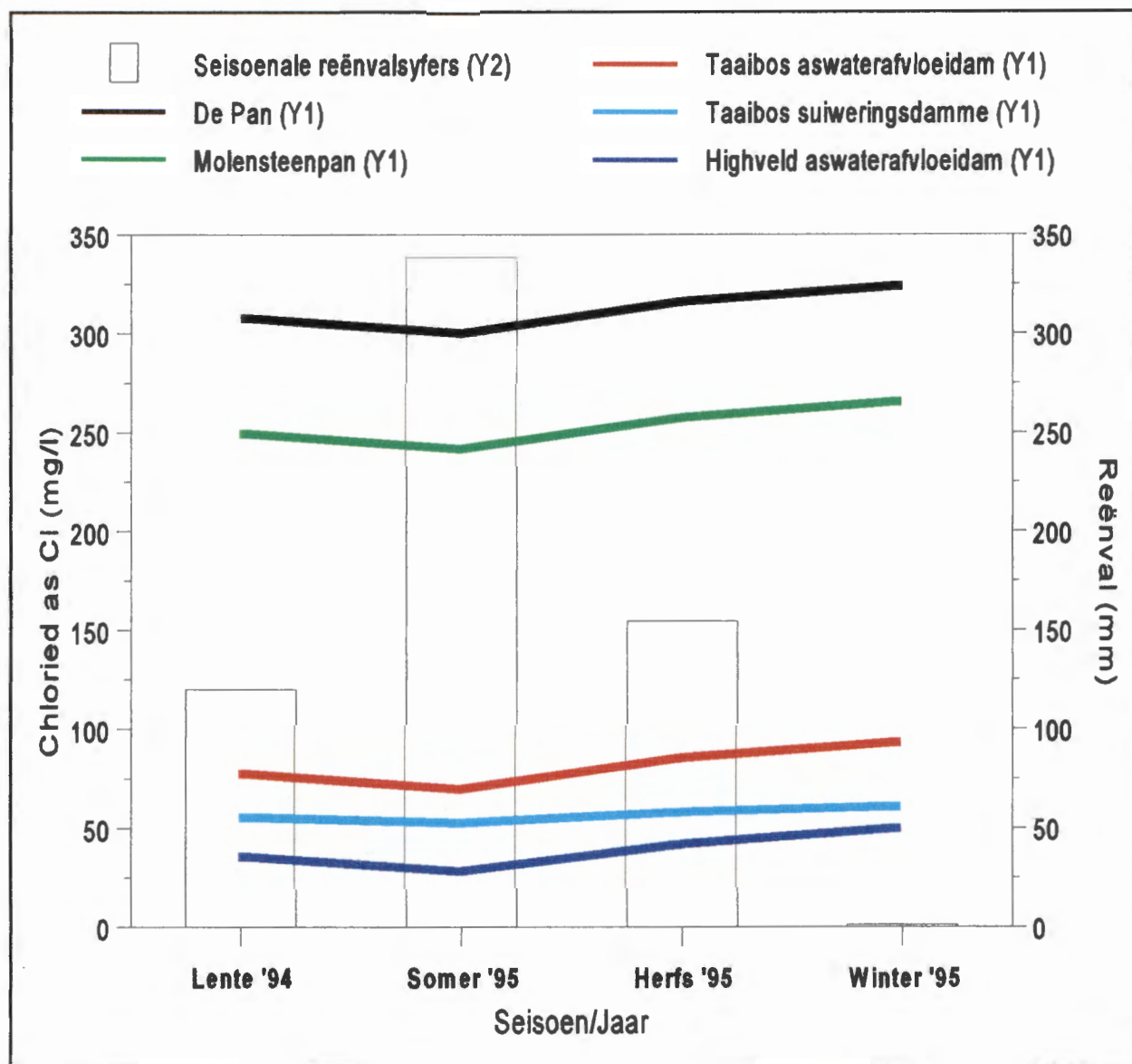
Figuur 3.9 : Vergelyking van die opgeloste suurstofbepalings (%) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende kalsiumbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.10 aangedui.



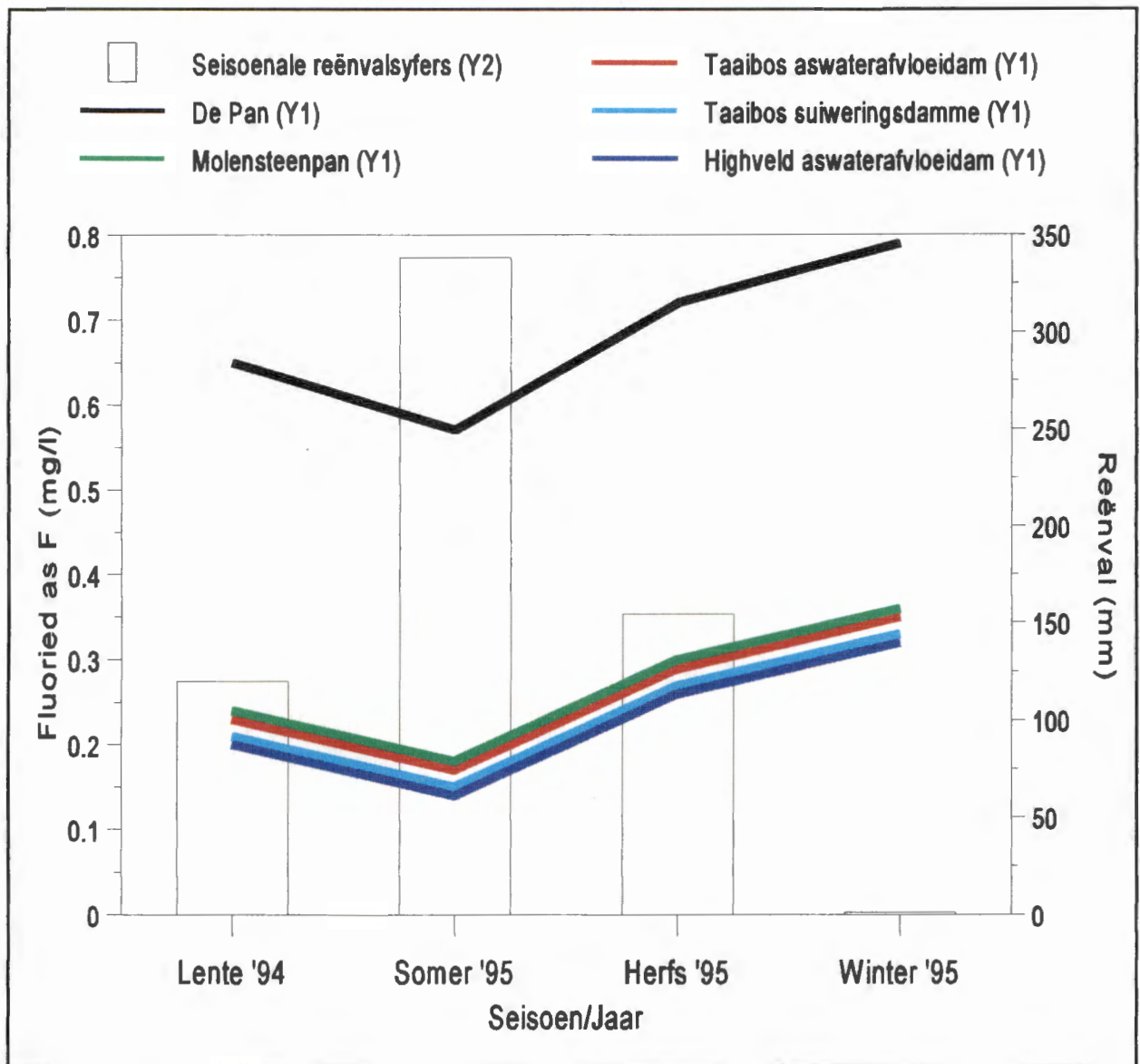
Figuur 3.10 : Vergelyking van die kalsiumbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende chloriedbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.11 aangedui.



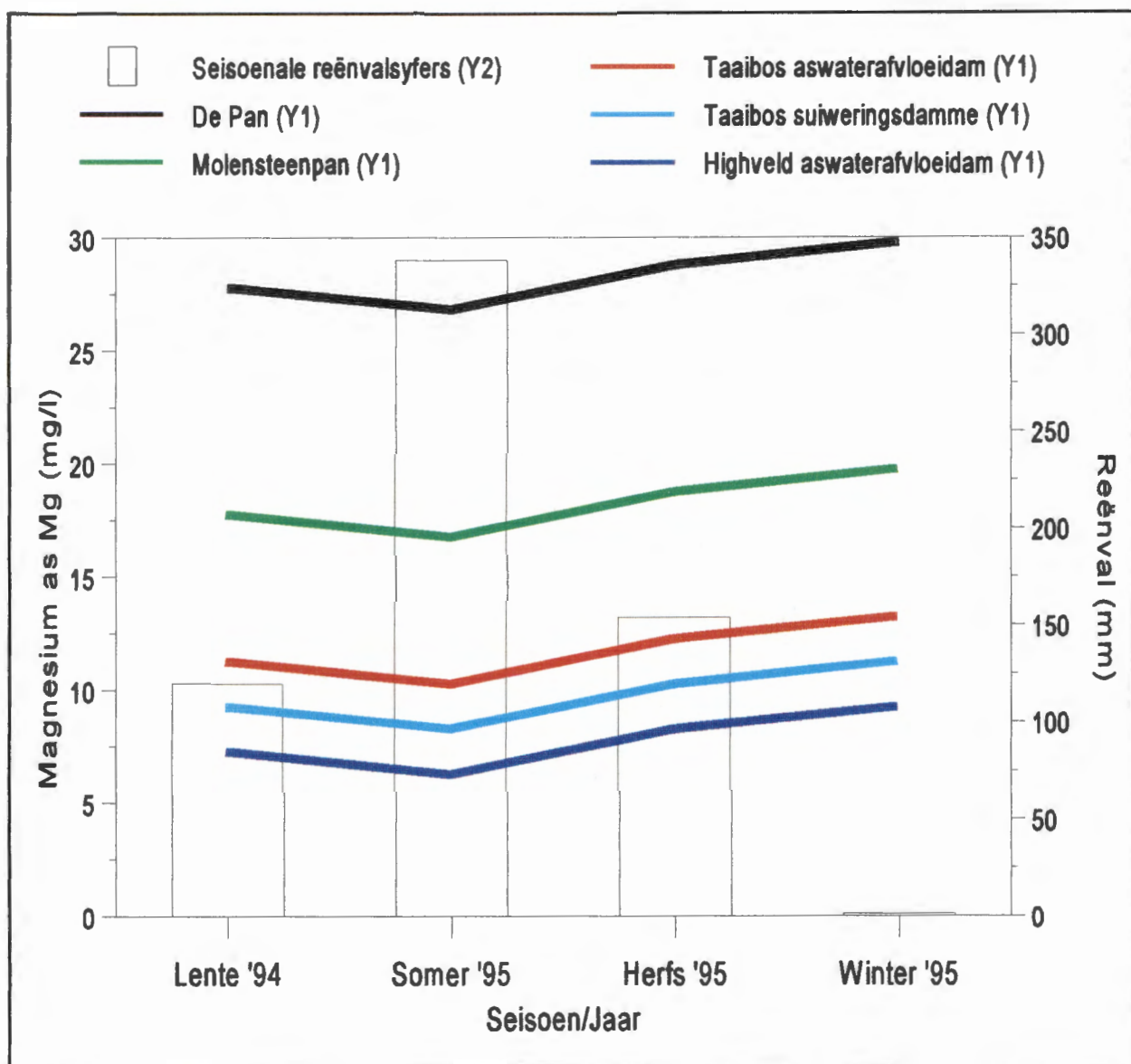
Figuur 3.11 : Vergelyking van die chloriedbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende fluoriedbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.12 aangedui.



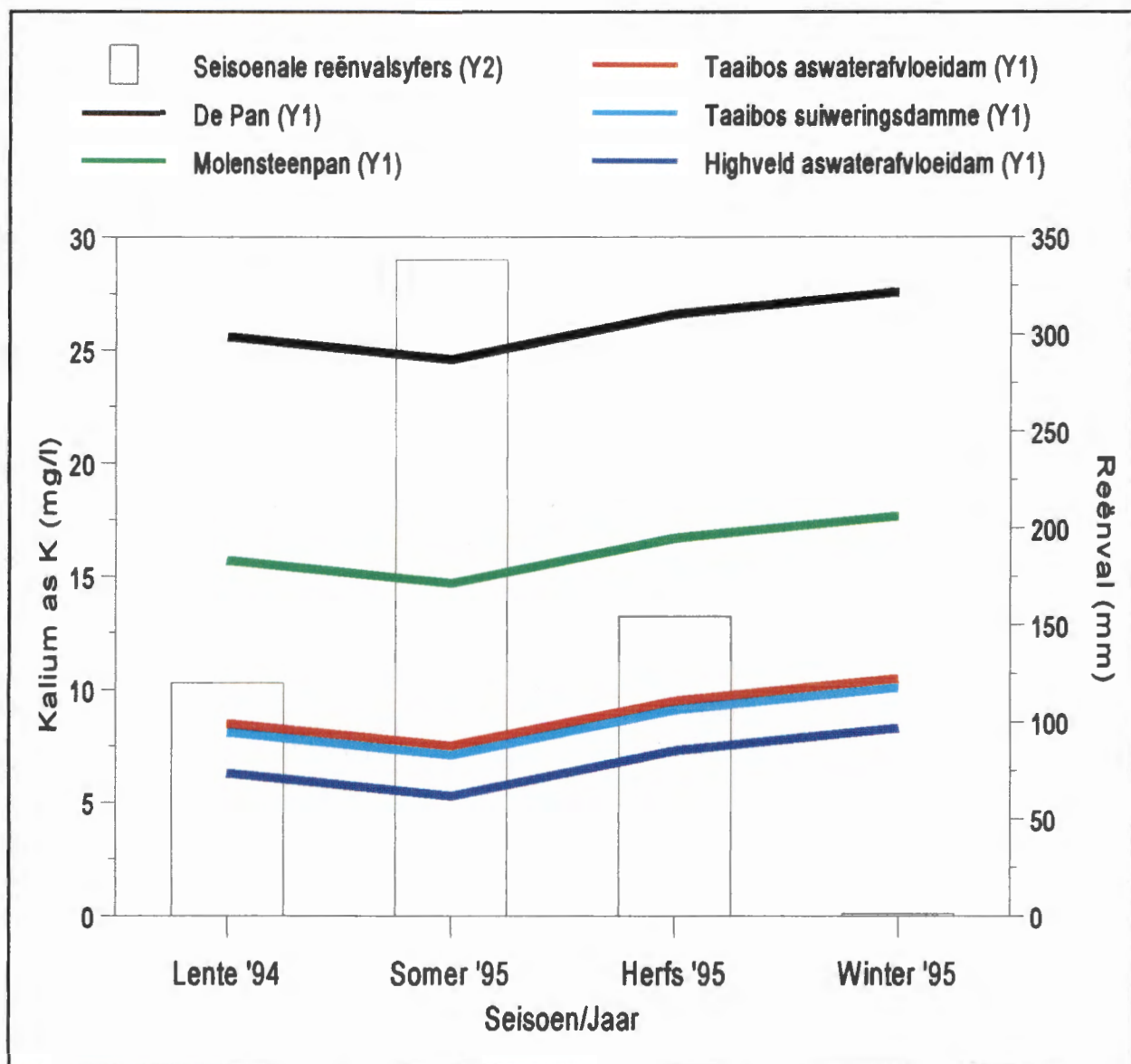
Figuur 3.12 : Vergelyking van die fluoriedbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende magnesiumbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.13 aangedui.



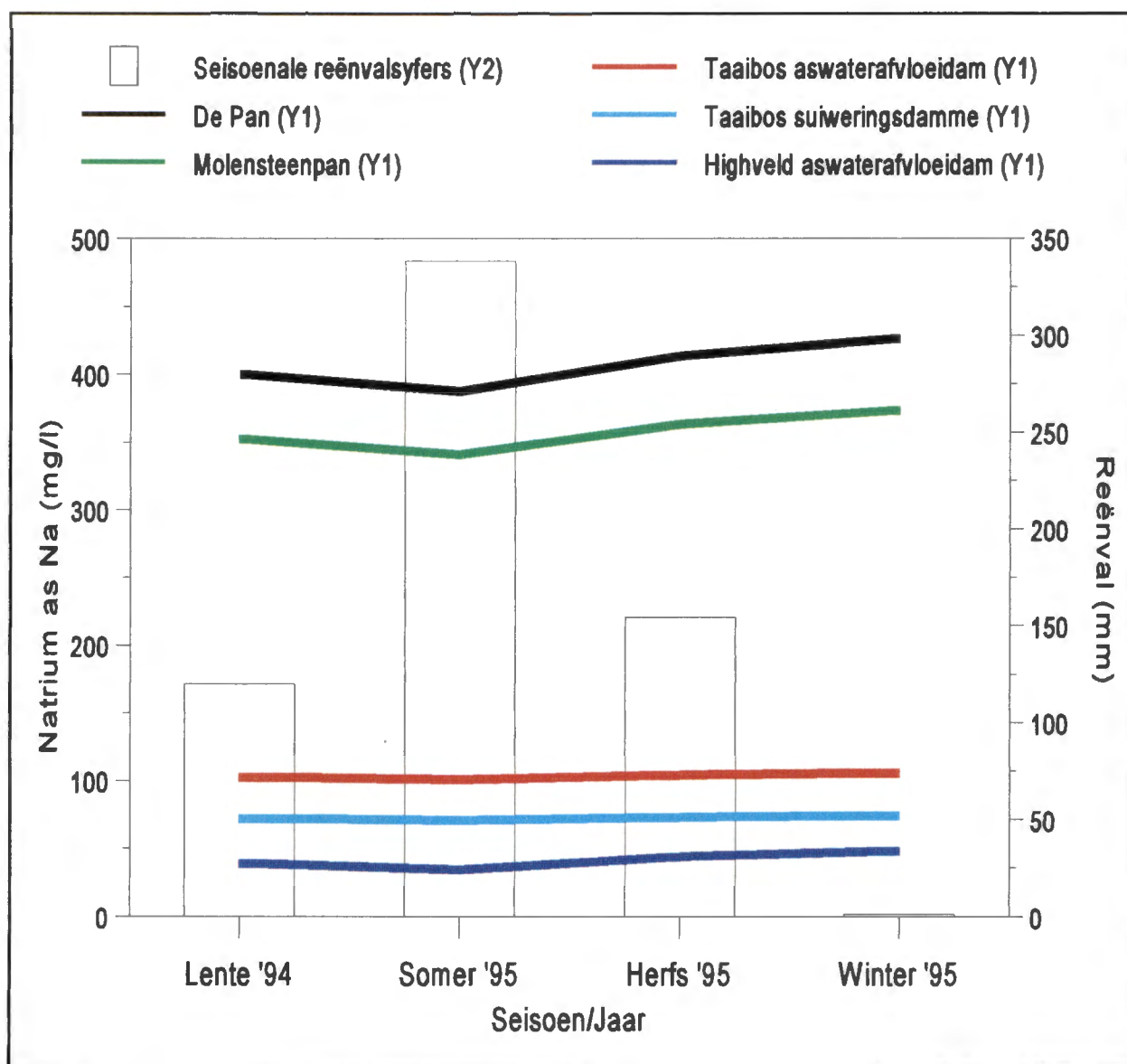
Figuur 3.13 : Vergelyking van die magnesiumbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende kaliumbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.14 aangedui.



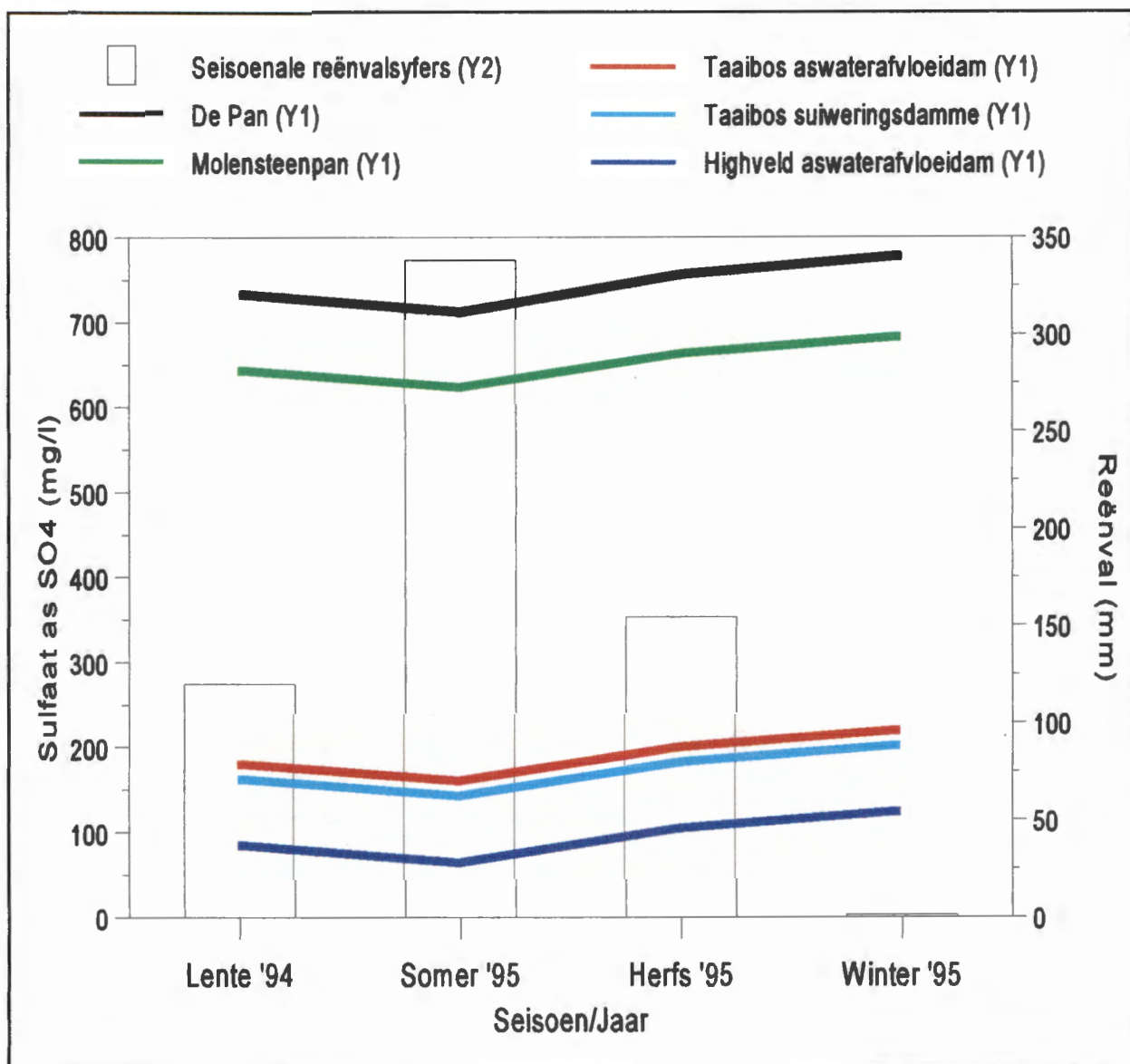
Figuur 3.14 : Vergelyking van die kaliumbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende natriumbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.15 aangedui.



Figuur 3.15 : Vergelyking van die natriumbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

Die deurlopende sulfaatbepalings (mg/l) van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie (kyk Tabel 3.4), die aswaterafvloedam (kyk Tabel 3.7) en suiweringsdamme (kyk Tabel 3.10) by Taaiboskragstasie, Molensteenpan (kyk Tabel 3.13) en De Pan (kyk Tabel 3.16) is teenoor die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Tabel 2.1) in Figuur 3.16 aangedui.



Figuur 3.16 : Vergelyking van die sulfaatbepalings (mg/l) soos gemeet by die verskillende studiedamme en -panne met die totale reënvalsyfers (mm) van Sasolburg, gedurende Lente 1994 - Winter 1995.

3.3 BIOLOGIESE OPNAMES

3.3.1 SOOGDIERE (MAMMALIA)

Visuele waarnemings en spooridentifikasie (waar moontlik) van soogdiere wat by die verskillende studiedamme en -panne gemaak en aangeteken is tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995), word in Tabel 3.17 weergegee.

Tabel 3.17 : Spesielys van soogdiere waargeneem by die verskillende studiedamme en panne tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (Oktober 1994 - Julie 1995).

Naam	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE				
Vleirot / <i>Otomys irroratus</i>	x	x	x	x
Kommetjiegatmuishond / <i>Atilax paludinosus</i>	x	x		
Gewone duiker / <i>Sylvicapra grimmia</i>	x	x	x	x
ASWATERAFVLOEIDAM BY TAAIBOSKRAGSTASIE				
Vleirot / <i>Otomys irroratus</i>	x	x	x	x
Kommetjiegatmuishond / <i>Atilax paludinosus</i>	x	x		
Swartkwasmuishond / <i>Galerella sanguinea</i>	x	x	x	x
SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE				
Vleirot / <i>Otomys irroratus</i>	x	x	x	x
Kommetjiegatmuishond / <i>Atilax paludinosus</i>	x	x		
Kaapse groototter / <i>Aonyx capensis</i>		x		
MOLENSTEENPAN				
Vleirot / <i>Otomys irroratus</i>	x	x	x	x
Vaaltveldmuis / <i>Mastomys coucha</i>	x	x	x	x
Swartkwasmuishond / <i>Galerella sanguinea</i>	x	x		
Witkwasmuishond / <i>Cynictis penicillata</i>	x	x	x	x
Stokstertmeerkat / <i>Suricata suricatta</i>	x	x	x	x
Waaiersterteekhoring / <i>Xerus inauris</i>	x	x	x	
DE PAN				
Witkwasmuishond / <i>Cynictis penicillata</i>	x	x	x	x
Stokstertmeerkat / <i>Suricata suricatta</i>	x	x	x	x
Waaiersterteekhoring / <i>Xerus inauris</i>	x	x	x	

3.3.2 VOËLS (AVIFAUNA)

Gedurende die veldstudieperiodes is die voëls wat by elk van die studiedamme en -panne waargeneem is, saamgevat en in 'n spesielys weergegee. Die nommers vooraan die naam van die voëls is die Roberts-nommer (Maclean 1985). Voëls gemerk met * dui op spesies van bewaringsbelang.

3.3.2.1 ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE

Die voëls wat by die aswaterafvloedam te Highveldkragstasie waargeneem is gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995), is in Tabel 3.18 aangedui.

Tabel 3.18 : Spesielys van die voëls waargeneem by die aswaterafvloedam van Highveldkragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
6	Kuifkopdobbertjie / <i>Podiceps cristatus</i>	x	x	x	x
55	Witborsduiker / <i>Phalacrocorax carbo</i>	x	x	x	x
62	Bloureier / <i>Ardea cinerea</i>	x	x	x	x
99	Nonnetjie-eend / <i>Dendrocygna viduata</i>	x	x	x	x
102	Kolgans / <i>Alopochen aegyptiacus</i>	x	x	x	x
104	Geelbekeend / <i>Anas undulata</i>	x	x		
108	Rooibekeend / <i>A.rythrorhyncha</i>	x	x		
113	Bruineend / <i>Netta erythrophthalma</i>	x	x		
116	Wildemakou / <i>Plectropterus gambensis</i>	x	x	x	x
203	Gewone tarentaal / <i>Numida eleagris</i>	x	x	x	x
223	Grootkoningriethaan / <i>Porphyrio porphyrio</i>	x	x	x	
226	Waterhoender / <i>Gallinula chloropus</i>	x	x	x	x
228	Bleshoender / <i>Fulica cristata</i>	x	x	x	x
349	Kransduif / <i>Columba guinea</i>	x	x	x	x
354	Gewone tortelduif / <i>Streptopelia capicola</i>	x	x	x	x
355	Rooiborsduifie / <i>S. senegalensis</i>	x	x	x	x
596	Gewone bontrokkie / <i>Saxicola torquata</i>	x	x	x	x
713	Gewone kwikkie / <i>Motacilla capensis</i>	x	x	x	x
803	Gewone mossie / <i>Passer melanurus</i>	x	x	x	x
814	Swartkeelgeelvink / <i>Ploceus velatus</i>	x	x	x	x
824	Rooivink / <i>Euplectus orix</i>	x	x	x	x

3.3.2.2 ASWATERAFVLOEIDAM BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die voëls wat by die aswaterafvloedam te Taaiboskragstasie waargeneem is gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995), is in Tabel 3.19 aangedui.

Tabel 3.19 : Spesielys van die voëls waargeneem by die aswaterafvloedam te Taaiboskragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
55	Witborsduiker / <i>Phalacrocorax carbo</i>	x	x	x	x
62	Bloureier / <i>Ardea cinerea</i>	x	x	x	x
81	Hamerkop / <i>Scopus umbretta</i>	x	x	x	x
91	Skoorsteenveër / <i>Threskiornis aethiopicus</i>	x	x	x	x
94	Hadedda / <i>Bostrychia hagedash</i>	x	x	x	x
99	Nonnetjie-eend / <i>Dendrocygna viduata</i>	x	x	x	x
102	Kolgans / <i>Alopochen aegyptiacus</i>	x	x	x	x
104	Geelbekeend / <i>Anas undulata</i>	x	x		
108	Rooibekeend / <i>A.rythrorhyncha</i>	x	x		
113	Bruineend / <i>Netta erythrophthalma</i>	x	x		
116	Wildemakou / <i>Plectropterus gambensis</i>	x	x	x	x
127	Blouvalk / <i>Elanus caeruleus</i>	x	x	x	x
149	Bruinjakkalsvoël / <i>Buteo buteo vulpinus</i>	x	x	x	
228	Bleshoender / <i>Fulica cristata</i>	x	x	x	x
354	Gewone tortelduif / <i>Streptopelia capicola</i>	x	x	x	x
355	Rooiborsduifie / <i>S. senegalensis</i>	x	x	x	x
428	Bontvisvanger / <i>Cryle rudis</i>	x	x		
713	Gewone kwikkie / <i>Motacilla capensis</i>	x	x	x	x
803	Gewone mossie / <i>Passer melanurus</i>	x	x	x	x
814	Swartkeelgeelvink / <i>Ploceus velatus</i>	x	x	x	x
824	Rooivink / <i>Euplectus orix</i>	x	x	x	x

3.3.2.3 SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die voëls wat waargeneem is by die suiweringsdamme te Taaiboskragstasie gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995), is in Tabel 3.20 aangedui.

Tabel 3.20 : Spesielys van die voëls waargeneem by die suiweringsdamme te Taaiboskragstasie tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
55	Witborsduiker / <i>Phalacrocorax carbo</i>	x	x	x	x
62	Bloureier / <i>Ardea cinerea</i>	x	x	x	x
81	Hamerkop / <i>Scopus umbretta</i>	x	x	x	x
91	Skoorsteenveër / <i>Threskiornis aethiopicus</i>	x	x	x	x
94	Hadede / <i>Bostrychia hagedash</i>	x	x	x	x
104	Geelbekeend / <i>Anas undulata</i>	x	x		
113	Bruineend / <i>Netta erythrophthalma</i>	x	x		
223	Grootkoningriethaan / <i>Porphyrio porphyrio</i>	x	x	x	
226	Waterhoender / <i>Gallinula chloropus</i>	x	x	x	x
228	Bleshoender / <i>Fulica cristata</i>	x	x	x	x
294	Bontelsie / <i>Recurvirostra avosetta</i>	x	x	x	
295	Rooipootelsie / <i>Himantopus himantopus</i>	x	x	x	
354	Gewone tortelduif / <i>Streptopelia capicola</i>	x	x	x	x
355	Rooiborsduifie / <i>S. senegalensis</i>	x	x	x	x
395	Vleiui / <i>Asio capensis</i>		x	x	x
428	Bontvisvanger / <i>Cryle rudis</i>	x	x		
713	Gewone kwikkie / <i>Motacilla capensis</i>	x	x	x	x
803	Gewone mossie / <i>Passer melanurus</i>	x	x	x	x
814	Swartkeelgeelvink / <i>Ploceus velatus</i>	x	x	x	x
824	Rooivink / <i>Euplectus orix</i>	x	x	x	x

3.3.2.4 MOLENSTEENPAN

Die voëls wat by Molensteenpan waargeneem is gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995), is in Tabel 3.21 aangedui.

Tabel 3.21 : Spesielys van die voëls waargeneem by Molensteenpan tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
6	Kuifkopdobbertjie / <i>Podiceps cristatus</i>	x	x	x	
8	Kleindobbertjie / <i>P. ruficollis</i>	x	x	x	
55	Witborsduiker / <i>Phalacrocorax carbo</i>	x	x	x	x
58	Rietduiker / <i>P. africanus</i>	x	x	x	
60	Slanghalsvoël / <i>Anhinga melanogaster</i>	x	x	x	x
62	Bloureier / <i>Ardea cinerea</i>	x	x	x	x
64	Reusereier / <i>A. goliath</i>	x	x	x	
71	Vee-reier / <i>Bubulcus ibis</i>	x	x	x	x
81	Hamerkop / <i>Scopus umbretta</i>	x	x	x	x
91	Skoorsteenveër / <i>Threskiornis aethiopicus</i>	x	x	x	x
93	Glansibis / <i>Plegadis falcinellus</i>	x	x		
94	Hadedda / <i>Bostrychia hagedash</i>	x	x	x	x
95	Lepelaar / <i>Platalea alba</i>	x	x		
96	* Grootflamink / <i>Phoenicopterus ruber</i>	x	x		
97	* Kleinflamink / <i>P. minor</i>	x	x		
99	Nonnetjie-eend / <i>Dendrocygna viduata</i>	x	x	x	x
102	Kolgans / <i>Alopochen aegyptiacus</i>	x	x	x	x
104	Geelbekeend / <i>Anas undulata</i>	x	x		
108	Rooibekeend / <i>A. erythrorhyncha</i>	x	x		
113	Bruineend / <i>Netta erythrophthalma</i>	x	x		

* Voëls van bewaringsbelang

Tabel 3.21 (vervolg) : Spesielys van die voëls waargeneem by Molensteenpan tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
116	Wildemakou / <i>Plectropterus gambensis</i>	x	x	x	x
226	Waterhoender / <i>Gallinula chloropus</i>	x	x		
228	Bleshoender / <i>Fulica cristata</i>	x	x	x	x
248	Geelborsstrandkiewiet / <i>Charadrius pecuarius</i>	x	x	x	
249	Driebandstrandkiewiet / <i>C. tricoloris</i>	x	x	x	
258	Bontkiewiet / <i>Vanellus armatus</i>	x	x	x	x
272	Krombekstrandloper / <i>Calidris ferruginea</i>			x	x
274	Kleinstrandloper / <i>C. minuta</i>			x	x
294	Bontelsie / <i>Recurvirostra avosetta</i>	x	x	x	
295	Rooipootelsie / <i>Himantopus himantopus</i>	x	x	x	
349	Kransduif / <i>Columba guinea</i>	x	x	x	x
354	Gewone tortelduif / <i>Streptopelia capicola</i>	x	x	x	x
355	Rooiborsduifie / <i>S. senegalensis</i>	x	x	x	x
428	Bontvisvanger / <i>Cryle rudis</i>	x	x		
713	Gewone kwikkie / <i>Motacilla capensis</i>	x	x	x	x
803	Gewone mossie / <i>Passer melanurus</i>	x	x	x	x
814	Swartkeelgeelvink / <i>Ploceus velatus</i>	x	x	x	x
824	Rooivink / <i>Euplectus orix</i>	x	x	x	x
844	Gewone blousysie / <i>Uraeginthus angolensis</i>	x	x	x	
846	Rooibeksysie / <i>Estrilda astrild</i>	x	x	x	
854	Rooiassie / <i>Sporaeginthus subflavus</i>	x	x	x	
870	Bergkanarie / <i>Serinus astroglaris</i>	x	x	x	

3.3.2.5 DE PAN

Die voëls wat by De Pan waargeneem is gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995), is in Tabel 3.22 aangedui.

Tabel 3.22 : Spesielys van die voëls waargeneem by De Pan tydens die seisoenale opnames gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995).

ROBERT'S NO	NAAM	Lente 10/94	Somer 01/95	Herfs 04/95	Winter 07/95
55	Witborsduiker / <i>Phalacrocorax carbo</i>	x	x	x	x
60	Slanghalsvoël / <i>Anhinga melanogaster</i>	x	x	x	x
62	Bloureier / <i>Ardea cinerea</i>	x	x	x	x
71	Vee-reier / <i>Bubulcus ibis</i>	x	x	x	x
81	Hamerkop / <i>Scopus umbretta</i>	x	x	x	x
94	Hadedda / <i>Bostrychia hagedash</i>	x	x	x	x
95	Lepelaar / <i>Platalea alba</i>	x	x		
96	* Grootflamink / <i>Phoenicopterus ruber</i>	x	x		
97	* Kleinflamink / <i>P. minor</i>	x	x		
99	Nonnetjie-eend / <i>Dendrocygna viduata</i>	x	x	x	x
102	Kolgans / <i>Alopochen aegyptiacus</i>	x	x	x	x
116	Wildemakou / <i>Plectropterus gambensis</i>	x	x	x	x
228	Bleshoender / <i>Fulica cristata</i>	x	x	x	x
248	Geelborsstrandkiewiet / <i>Charadrius pecuarius</i>	x	x	x	
249	Driebandstrandkiewiet / <i>C. tricoloris</i>	x	x	x	
258	Bontkiewiet / <i>Vanellus armatus</i>	x	x	x	x
294	Bontelsie / <i>Recurvirostra avosetta</i>	x	x	x	
295	Rooipootelsie / <i>Himantopus himantopus</i>	x	x	x	
354	Gewone tortelduif / <i>Streptopelia capicola</i>	x	x	x	x
355	Rooiborsduifie / <i>S. senegalensis</i>	x	x	x	x
494	Rooineklewerik / <i>Mirafr africana</i>	x	x	x	x
587	Hoëveldskaapwagter / <i>Oenanthe pileata</i>	x	x	x	x
713	Gewone kwikkie / <i>Motacilla capensis</i>	x	x	x	x
803	Gewone mossie / <i>Passer melanurus</i>	x	x	x	x
814	Swartkeelgeelvink / <i>Ploceus velatus</i>	x	x	x	x
824	Rooivink / <i>Euplectus orix</i>	x	x	x	x

* Voëls van bewaringsbelang

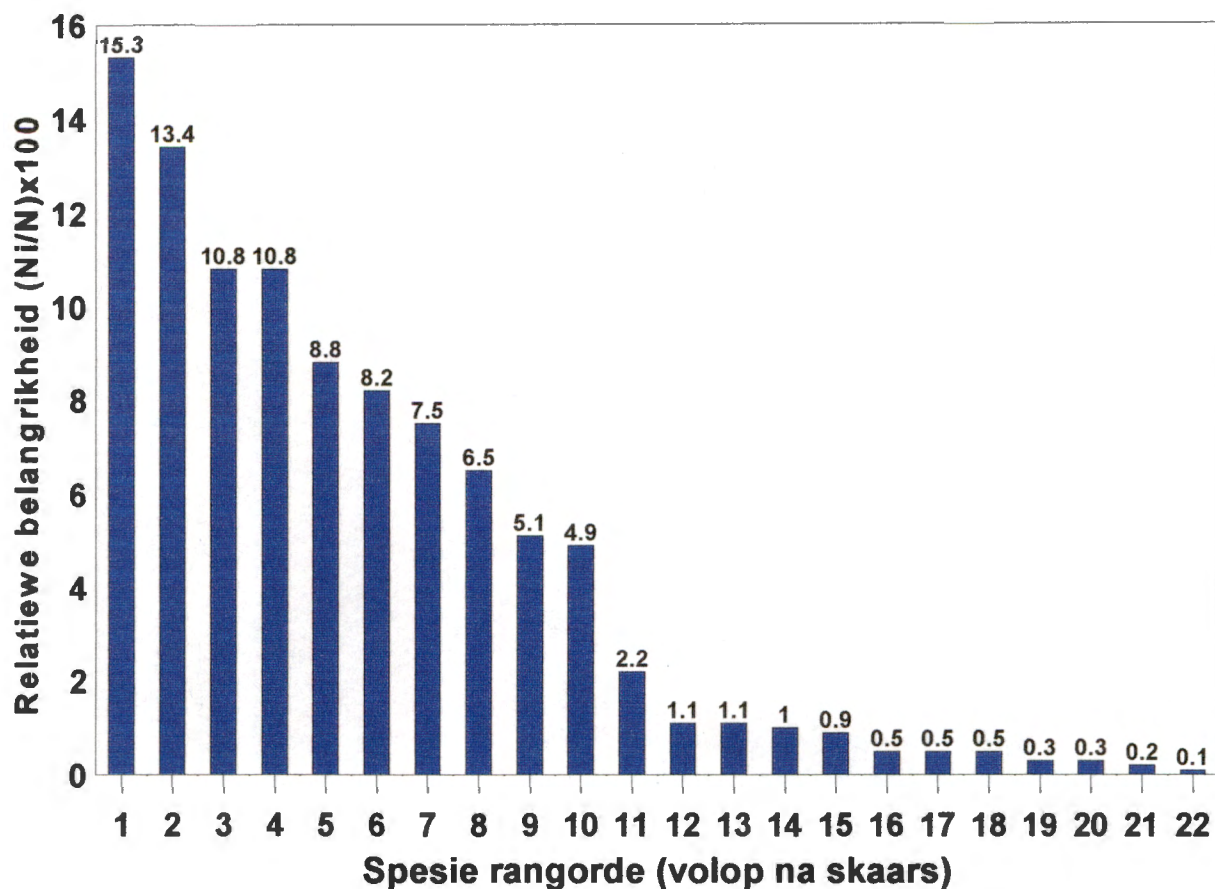
3.3.3 AKWATIESE MAKRO-INVERTEBRATA

Rang-veelheidgrafieke is van die totale aantal makro-invertebraat spesies wat in elk van die studiedamme en -panne gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) versamel is, saamgestel. 'n Vergelyking van die verskillende studiedamme en -panne is ook met behulp van die rang-veelheidgrafieke gedoen. Aan die hand van hierdie grafieke is die gemeenskapsamestelling van die akwatiese makro-invertebrate in die littoraalsone van die studiedamme en -panne beskryf.

'n Volledige lys van spesies versamel en sover moontlik geklassifiseer is, is in Tabel I van Bylaag A saamgevat. Die akwatiese makro-invertebrate vir elke studiedam en pan is as bylae volledig saamgevat (kyk Tabele II - VI, Bylaag A). Spesies word met kodes aangedui en die sleutel vir die kodes kan in Tabel I, Bylaag A gevind word. Die rangorde van akwatiese makro-invertebraatspesies van volop na skaars is Tabel I van Bylaag B saamgevat.

3.3.3.1 ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE

Die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies versamel tydens die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die aswaterafvloedam te Highveldkragstasie (kyk Tabel II, Bylaag A) is gebruik om die rangorde van dié spesies (volop na skaars) te bepaal (kyk Tabel I, Bylaag B). Die rang-veelheidgrafieke van die akwatiese makro-invertebraatspesies in die aswaterafvloedam te Highveldkragstasie is in Figuur 3.17 aangedui.



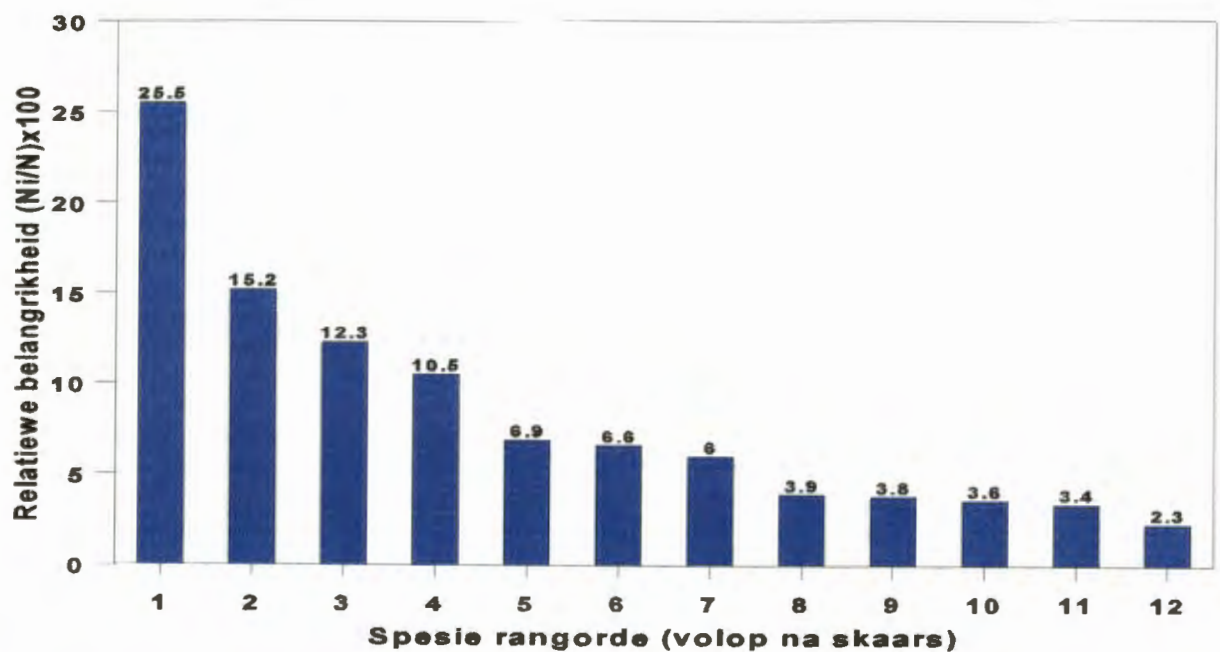
Figuur 3.17 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die aswaterafvloeddam te Highveldkragstasie versamel is, aandui.

Sleutel (kyk Tabel I, Bylaag A)

- | | |
|--|--|
| 1 - Fam: Notonectidae (Spesie R) | 12 - <i>Ephemerella</i> sp. (Spesie K) |
| 2 - Orde: Rhabditida (Spesie A) | 13 - <i>Aeschna</i> sp. (Spesie L) |
| 3 - <i>Bulinus tropicus</i> (Spesie D) | 14 - Fam: Chloroperlidae (Spesie O) |
| 4 - <i>Baetis</i> sp. (Spesie J) | 15 - <i>Stylaria</i> sp. (Spesie C) |
| 5 - <i>Gyrinus</i> sp. (Spesie AD) | 16 - <i>Gerris</i> sp. (Spesie AC) |
| 6 - Fam: Notonectidae (Spesie S) | 17 - Sub-orde: Hydracarina (Spesie H) |
| 7 - <i>Eisenella</i> sp. (Spesie B) | 18 - Fam: Piscicolidae (Spesie G) |
| 8 - Orde: Collembola (Spesie I) | 19 - <i>Nepa</i> sp. (Spesie P) |
| 9 - Fam: Corixidae (Spesie T) | 20 - Fam: Coenagrionidae (Spesie N) |
| 10 - <i>Ephemera</i> sp. (Spesie E) | 21 - <i>Hydrometra</i> sp. (Spesie AB) |
| 11 - Fam: Coenagrionidae (Spesie M) | 22 - <i>Dytiscus</i> sp. (Spesie U) |

3.3.3.2 ASWATERAFVLOEIDAM BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies versamel tydens die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die aswaterafvloedam te Taaiboskragstasie (kyk Tabel III, Bylaag A) is gebruik om die rangorde van dié spesies (volop na skaars) te bepaal (kyk Tabel I, Bylaag B). Die rang-veelheidgrafiek van die akwatiese makro-invertebraatspesies in die aswaterafvloedam te Taaiboskragstasie is in Figuur 3.18 aangedui.



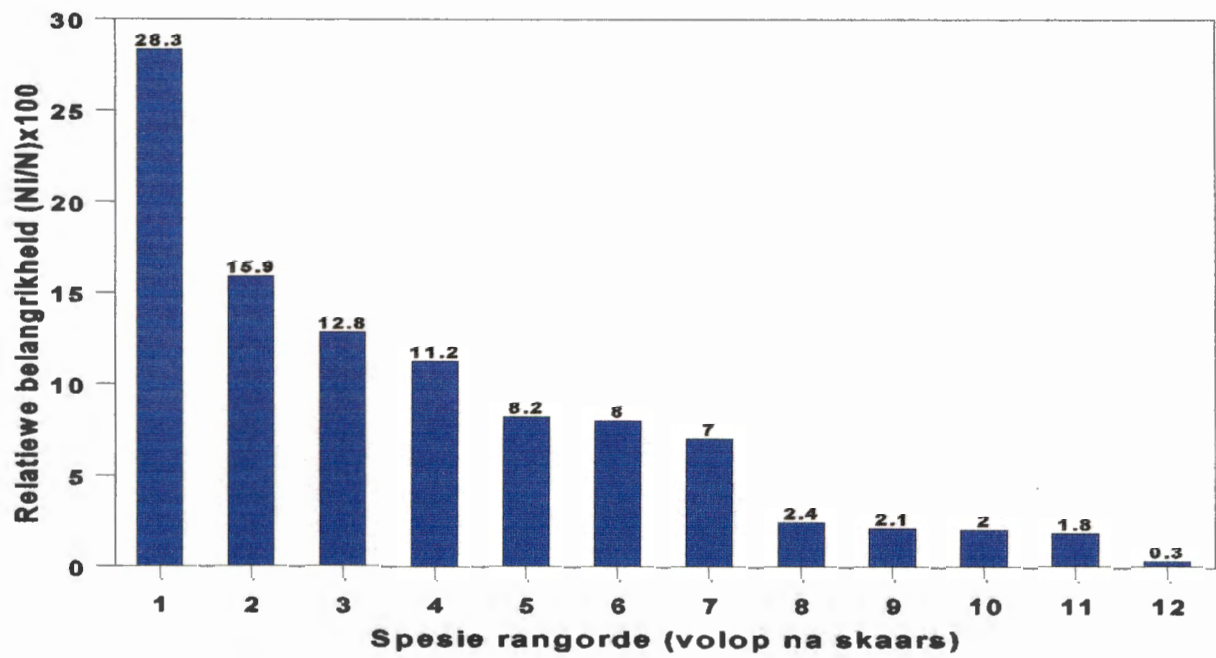
Figuur 3.18 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie versamel is, aandui.

Sleutel (kyk Tabel I, Bylaag A)

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 - <i>Tubifex</i> sp. (Spesie AE) | 7 - <i>Gyrinus</i> sp. (Spesie AD) |
| 2 - Fam: Notonectidae (Spesie R) | 8 - Fam: Conixidae (Spesie T) |
| 3 - <i>Chironomus</i> sp. (Spesie F) | 9 - Sub-orde: Hydracarina (Spesie H) |
| 4 - Fam: Notonectidae (Spesie S) | 10 - Fam: Aeschnidae (Spesie L) |
| 5 - Orde: Rhabditida (Spesie A) | 11 - <i>Dytiscus</i> sp. (Spesie U) |
| 6 - <i>Bulinus tropicus</i> (Spesie D) | 12 - Fam: Coenagrionidae (Spesie M) |

3.3.3.3 SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE

Die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies versamel tydens die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die suiweringsdamme te Taaiboskragsstasie (kyk Tabel IV, Bylaag A) is gebruik om die rangorde van dié spesies (volop na skaars) te bepaal (kyk Tabel I, Bylaag B). Die rang-veelheidgrafiek van die akwatiese makro-invertebraatspesies in die suiweringsdamme te Taaiboskragsstasie is in Figuur 3.19 aangedui.



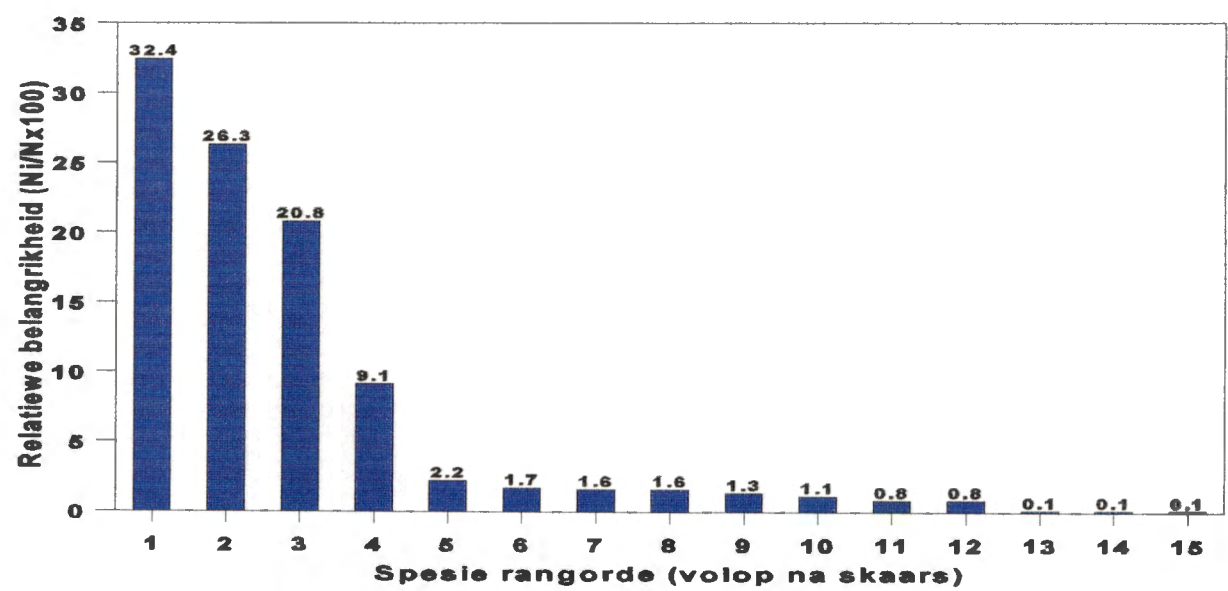
Figuur 3.19 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) in die suiweringsdamme by Taaiboskragsstasie versamel is, aandui.

Sleutel (kyk Tabel I, Bylaag A)

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 - <i>Tubifex</i> sp. (Spesie AE) | 7 - <i>Bulinus tropicus</i> (Spesie D) |
| 2 - Fam: Notonectidae (Spesie R) | 8 - Fam: Coenagrionidae (Spesie M) |
| 3 - <i>Chironomus</i> sp. (Spesie F) | 9 - Fam: Aeschnidae (Spesie L) |
| 4 - Fam: Notonectidae (Spesie S) | 10 - Sub-orde: Hydracarina (Spesie H) |
| 5 - Orde: Rhabditida (Spesie A) | 11 - Fam: Corixidae (Spesie T) |
| 6 - <i>Gyrinus</i> sp. (Spesie AD) | 12 - <i>Dytiscus</i> sp. (Spesie U) |

3.3.3.4 MOLENSTEENPAN

Die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies versamel tydens die studietydperk (September 1994 - September 1995) in Molensteenpan (kyk Tabel V, Bylaag A) is gebruik om die rangorde van dié spesies (volop na skaars) te bepaal (kyk Tabel I, Bylaag B). Die rang-veelheidgrafiek van die akwatiese makro-invertebraatspesies in Molensteenpan is in Figuur 3.20 aangedui.



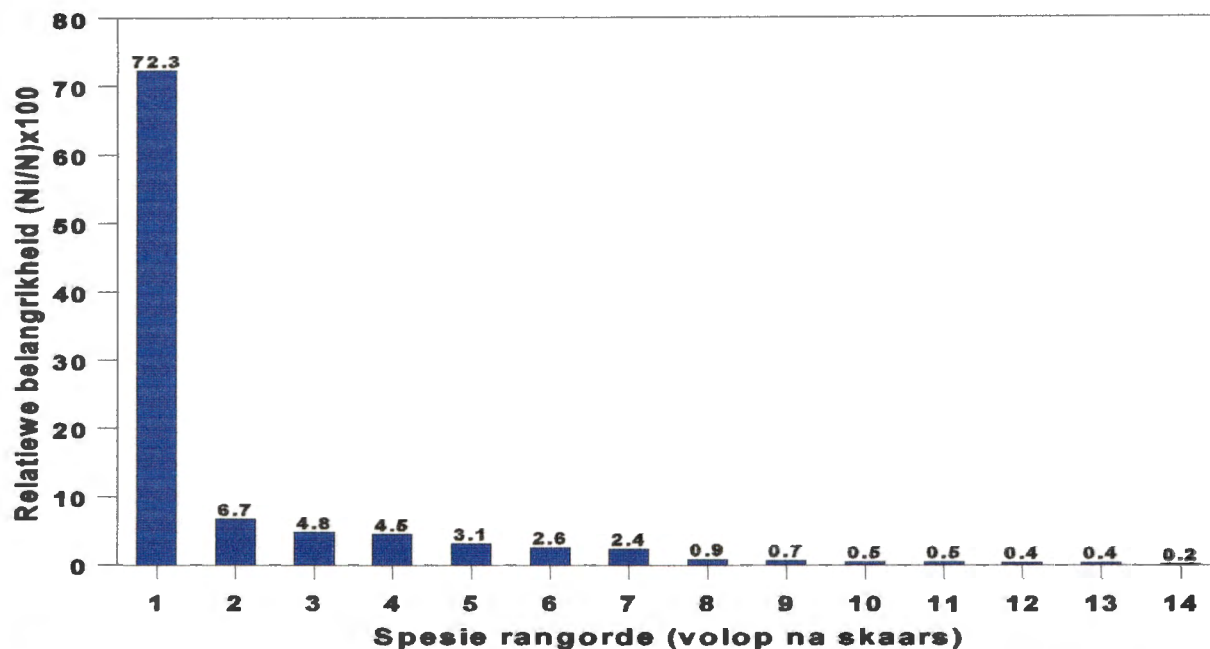
Figuur 3.20 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N_i \times 100$) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) in Molensteenpan versamel is, aandui.

SLEUTEL (kyk Tabel I, Bylaag A)

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 - <i>Daphnia pulex</i> (Spesie V) | 9 - <i>Chironomus</i> sp. (Spesie F) |
| 2 - Klas: Ostracoda (Spesie Z) | 10 - Fam: Notonectidae (Spesie R) |
| 3 - <i>Cyclops</i> sp. (Spesie AA) | 11 - Fam: Corixidae (Spesie T) |
| 4 - <i>Daphnia magna</i> (Spesie W) | 12 - <i>Eisenella</i> sp. (Spesie B) |
| 5 - Orde: Rhabditida (Spesie A) | 13 - Fam: Coenagrionidae (Spesie M) |
| 6 - <i>Tubifex</i> sp. (Spesie AE) | 14 - Sub-orde: Hydracarina (Spesie H) |
| 7 - Fam: Notonectidae (Spesie S) | 15 - <i>Ephemera</i> sp. (Spesie E) |
| 8 - <i>Bulinus tropicus</i> (Spesie D) | |

3.3.3.5 DE PAN

Die totale aantal akwatiese makro-invertebraatspesies versamel tydens die studietydperk (September 1994 - September 1995) in De Pan (kyk Tabel VI, Bylaag A) is gebruik om die rangorde van dié spesies (volop na skaars) te bepaal (kyk Tabel I, Bylaag B). Die rangveelheidgrafiek van die akwatiese makro-invertebraatspesies in De Pan is in Figuur 3.21 aangedui.



Figuur 3.21 : Rang-veelheidgrafiek wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid (N_i/N x 100) en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994 - September 1995) in De Pan versamel is, aandui

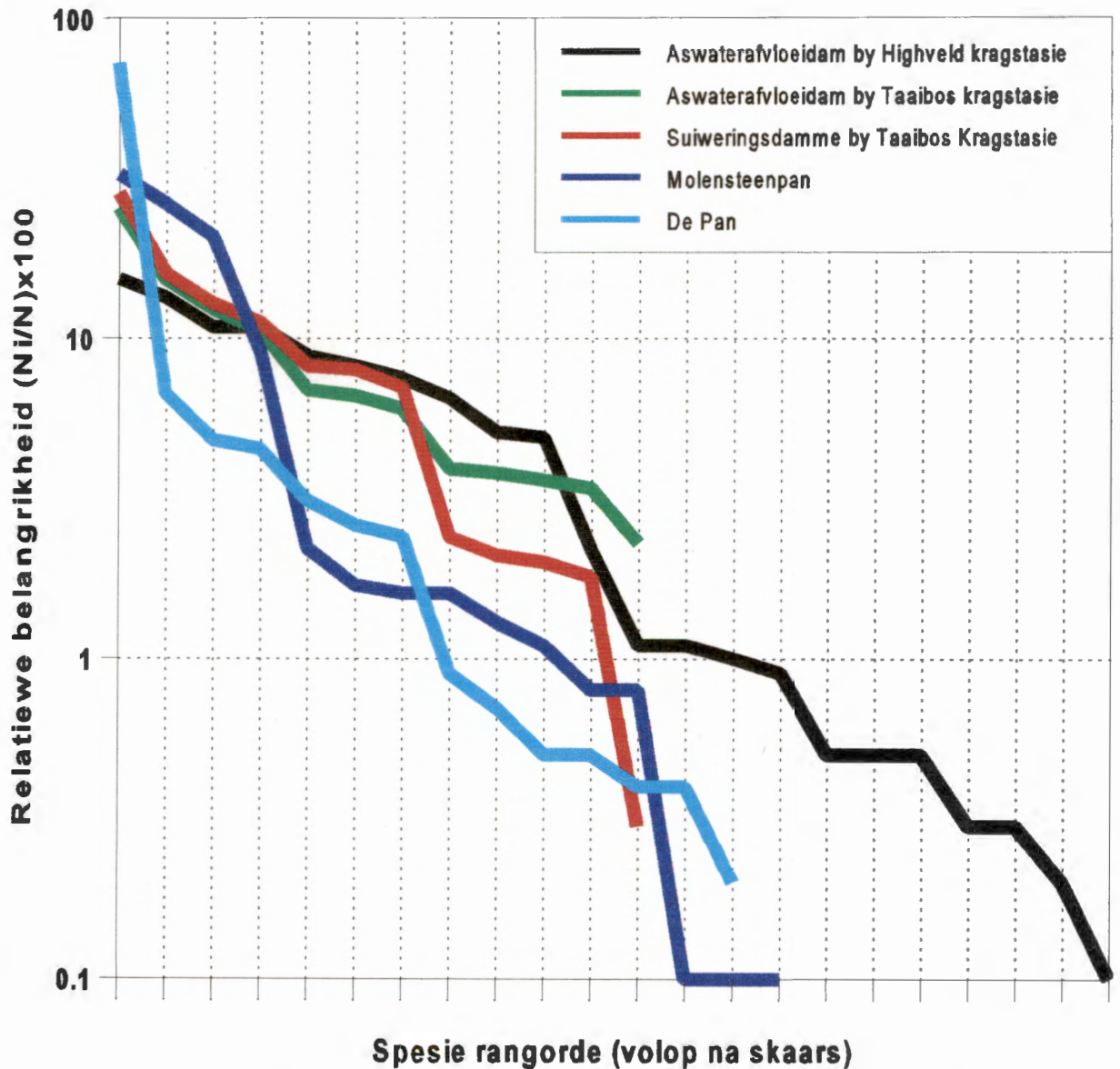
SLEUTEL (kyk Tabel I, Bylaag A)

- 1 - Klas: Ostracoda (Spesie Z)
- 2 - *Daphnia pulex* (Spesie V)
- 3 - *Macrothrix* sp. (Spesie Y)
- 4 - *Daphnia magna* (Spesie W)
- 5 - *Moina micrura* (Spesie X)
- 6 - *Triops granarius* (Spesie AF)
- 7 - *Cyclops* sp. (Spesie AA)

- 8- *Tubifex* sp. (Spesie AE)
- 9 - Fam: Notonectidae (Spesie R)
- 10 - *Bulinus tropicus* (Spesie D)
- 11 - *Chironomus* sp. (Spesie F)
- 12 - Fam: Notonectidae (Spesie S)
- 13 - Fam: Corixidae (Spesie T)
- 14 - *Baetis* sp. (Spesie J)

3.3.3.6 VERGELYKING VAN DIE VERSKILLENDIGE STUDIEDAMME EN -PANNE

Die vergelyking van die verskillende studiedamme en -panne wat gedoen is met behulp van die rang-veelheidgrafieke (verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N^{-1} \times 100$) aangedui op 'n logaritmiese skaal (y-as) en rangorde van akwatiese invertebraatspesies (x-as) van volop na skaars), is in Figuur 3.22 aangedui.



Figuur 3.22 : Rang-veelheidgrafieke wat die verwantskap tussen relatiewe belangrikheid ($N_i/N^{-1} \times 100$) aangedui op 'n logaritmiese skaal en rangorde (volop na skaars) van die totale aantal makro-invertebraatspesies wat gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995) in die verskillende studiedamme en -panne versamel is, aandui.

3.3.3.7 DIVERSITEIT-INDEKSWAARDES

Die biologiese data in Tabele II - VI (Bylaag A) is gebruik om die diversiteit-indekswaardes te bereken. Die Shannon diversiteit-indeks is gebruik vir redes soos bespreek in Hoofstuk 2.6. Indekswaardes is bereken vir elke seisoen, elke waterbron in die studie gebruik asook vir elke opnamestasie. Hierdie diversiteit-indekswaardes is in Tabel 3.23 saamgevat.

Tabel 3.23 : Shannon-diversiteitindekswaardes van die opnamestasies by die verskillende studiedamme en -panne soos vir die studietydperk (September 1994-September 1995)) bereken.

* Studiedamme en panne	Seisoen	Stasie A	Stasie B	Stasie C	Stasie D	Stasie E	Stasie F
AWRDHK	Lente	1137	1129	1125	1132	-	-
	Somer	1143	1143	1141	1143	-	-
	Herfs	1094	1087	1094	1096	-	-
	Winter	1062	1060	1065	1058	-	-
AWRDTK	Lente	949	996	961	966	-	-
	Somer	981	1016	986	1021	-	-
	Herfs	899	968	891	951	-	-
	Winter	783	854	754	810	-	-
SWDDTK	Lente	858	951	-	-	-	-
	Somer	835	948	-	-	-	-
	Herfs	812	945	-	-	-	-
	Winter	756	965	-	-	-	-
MOLPAN	Lente	783	742	656	744	725	733
	Somer	800	757	666	748	735	748
	Herfs	776	725	650	749	714	721
	Winter	798	768	695	776	734	751
DEPAN	Lente	496	497	462	554	-	-
	Somer	509	511	476	564	-	-
	Herfs	503	504	468	559	-	-
	Winter	514	516	478	568	-	-

* AWRDHK - Aswaterafvloeddam by Highveldkragstasie

AWRDTK - Aswaterafvloeddam by Taaiboskragstasie

SWDDTK - Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie

MOLPAN - Molensteenpan

DEPAN - De Pan

3.3.3.8 VARIANSIEANALISE

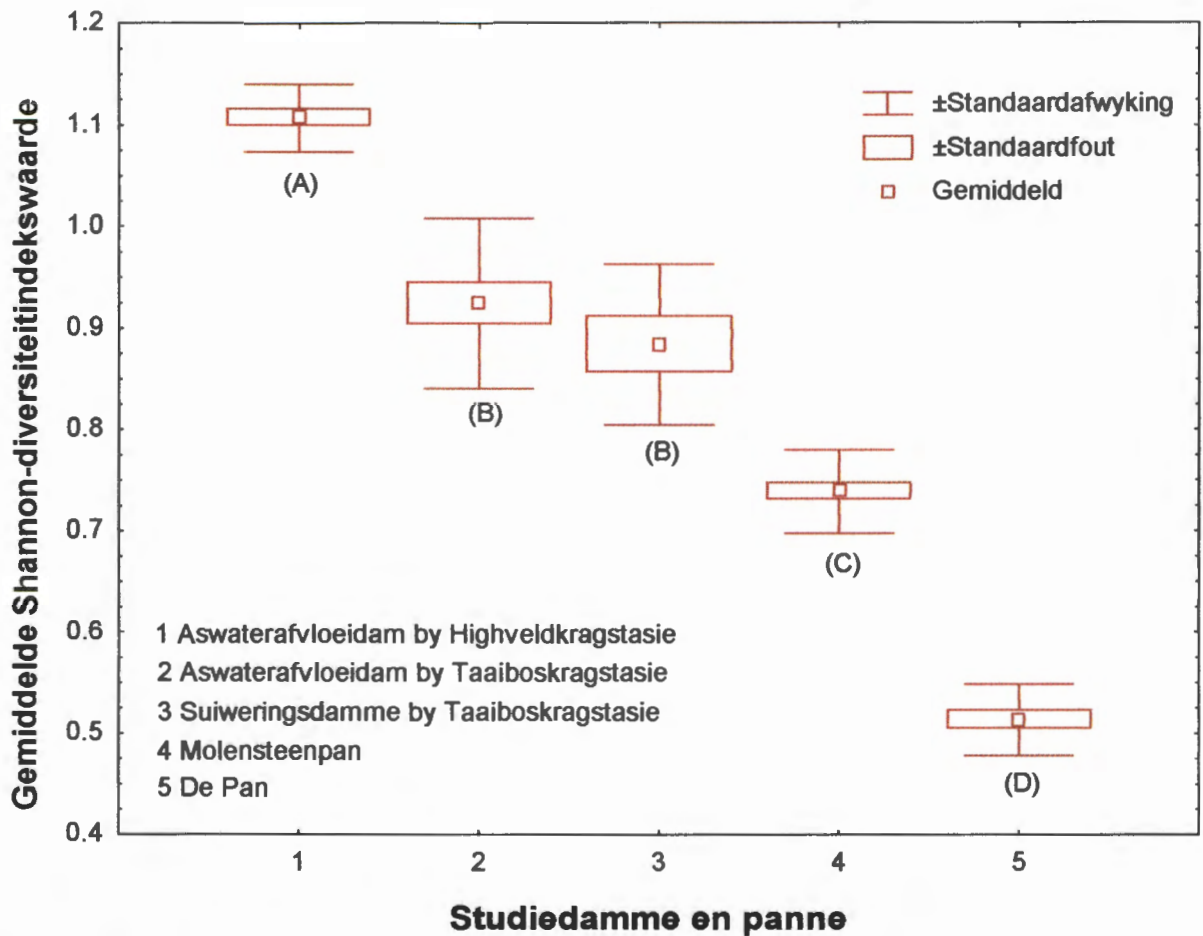
Normaliteitstoetse (Shapiro-Wilk) is op die diversiteitsdata van die studiedamme en -panne uitgevoer (kyk Figure I - V, Bylaag C). Die betekenisvolheid van die toetse vir die waterbronne is in Tabel 3.24 saamgevat.

Tabel 3.24 : Die waarskynlikheidswaardes (P) van die Shapiro-Wilk normaliteitstoetse wat op die Shannon-diversiteitindekswaardes van die studiedamme en panne in die studiegroep uitgevoer is.

	Studiedamme en panne
Aswaterafvloedam - Highveldkragstasie	P < 0,0161
Aswaterafvloedam - Taaiboskragstasie	P < 0,0538
Suiweringsdamme - Taaiboskragstasie	P < 0,1763
Molensteenpan	P < 0,1658
De Pan	P < 0,1497

Alhoewel normaliteit vir die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie, Molensteenpan en De Pan wel aanvaar kan word is dit nie moontlik vir die aswaterafvloedamme by Highveld- en Taaiboskragstasies nie.

Die Kruskal-Wallis ANOVA is gevolglik gebruik om statisties betekenisvolle verskille tussen gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende waterbronne aan te dui. Die berekende $H(4, N=80)$ waarde (Kruskal-Wallis toets) is 72,04915 en die H_1 hipotese word aanvaar ($P = 0,0001$). Daar bestaan dus statisties hoogs betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne. Die statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne met standaardafwykings en -foute word in Figuur 3.23 aangedui.

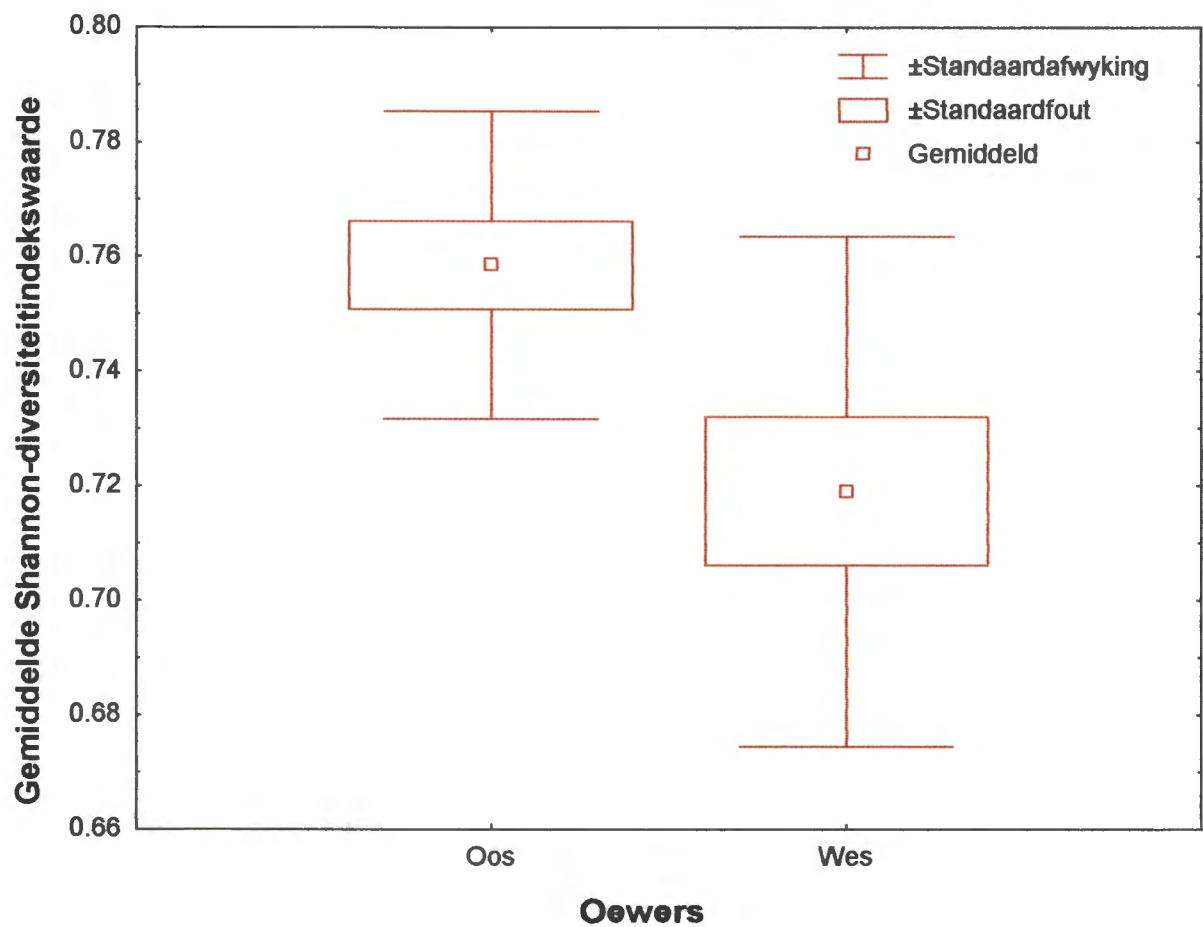


Figuur 3.23 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die studiedamme en -panne te Kragbronkragstasies met standaardafwykings en -foute. Gemiddeldes gemerk met dieselfde letter, verskil nie betekenisvol nie.

'n Variansieanalise (Kruskal-Wallis toets) is ook gedoen op die Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende seisoenale opnames by die studiedamme en -panne (kyk Tabel 3.23) om moontlike verskille tussen die seisoenale opnames te bepaal. Die berekende $H(3, N=80)$ waarde (Kruskal-Wallis toets) is 1,062091 en die H_0 hipotese word aanvaar ($P = 0,7862$). Daar is dus geen statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die seisoenale opnames by die verskillende verskillende studiedamme en -panne nie.

Weens die heterogeniteit van die oewers van Molensteenpan en die moontlike impak van slik en ander besoedelstowwe is dit belangrik om hierdie invloed te bepaal op die akwatiese fauna. Gevolglik is 'n variansie-analise (Kruskal-Wallis toets) op die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die twee oewers uitgevoer (kyk Tabel 3.23).

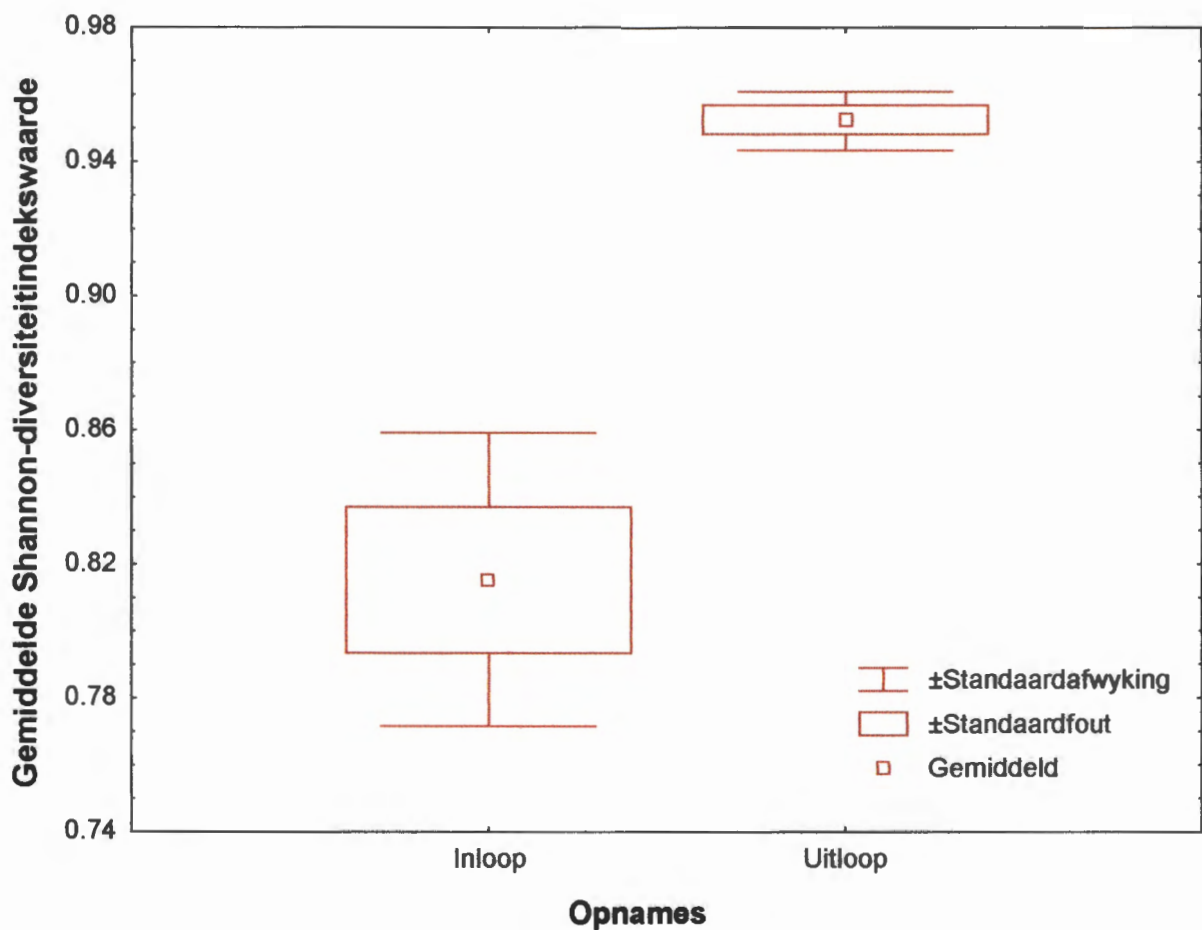
Die berekende $H(1, N=24)$ waarde (Kruskal-Wallis toets) is 4,567302 en die H_1 hipotese word aanvaar ($P = 0,0326$). Daar is dus statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die oostelike oewer (Opnamestasies A, B en F) en die westelike oewer (Opnamestasies C, D en E) van Molensteenpan. Die statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes met standaardafwykings en -foute van die oostelike en westelike oewers word in Figuur 3.24 aangedui.



Figuur 3.24 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die oostelike en westelike oewers van Molensteenpan met standaardafwykings en -foute.

Die waterkwaliteit vir kragstasies is van groot belang en suiweringsdamme speel hierin 'n groot rol. Om die invloed van die suiweringsdamme met die *Phragmites* rietbeddings by Taaiboskragstasie op akwatiese fauna te meet is die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme (kyk Tabel 3.23) met mekaar vergelyk aan die hand van 'n variansie-analise (Kruskal-Wallis toets).

Die berekende $H(1, N=8)$ waarde (Kruskal-Wallis toets) is 5,333 en die H_1 hipotese word aanvaar ($P = 0,0209$). Daar is dus statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie. Die statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie word in Figuur 3.25 aangedui.

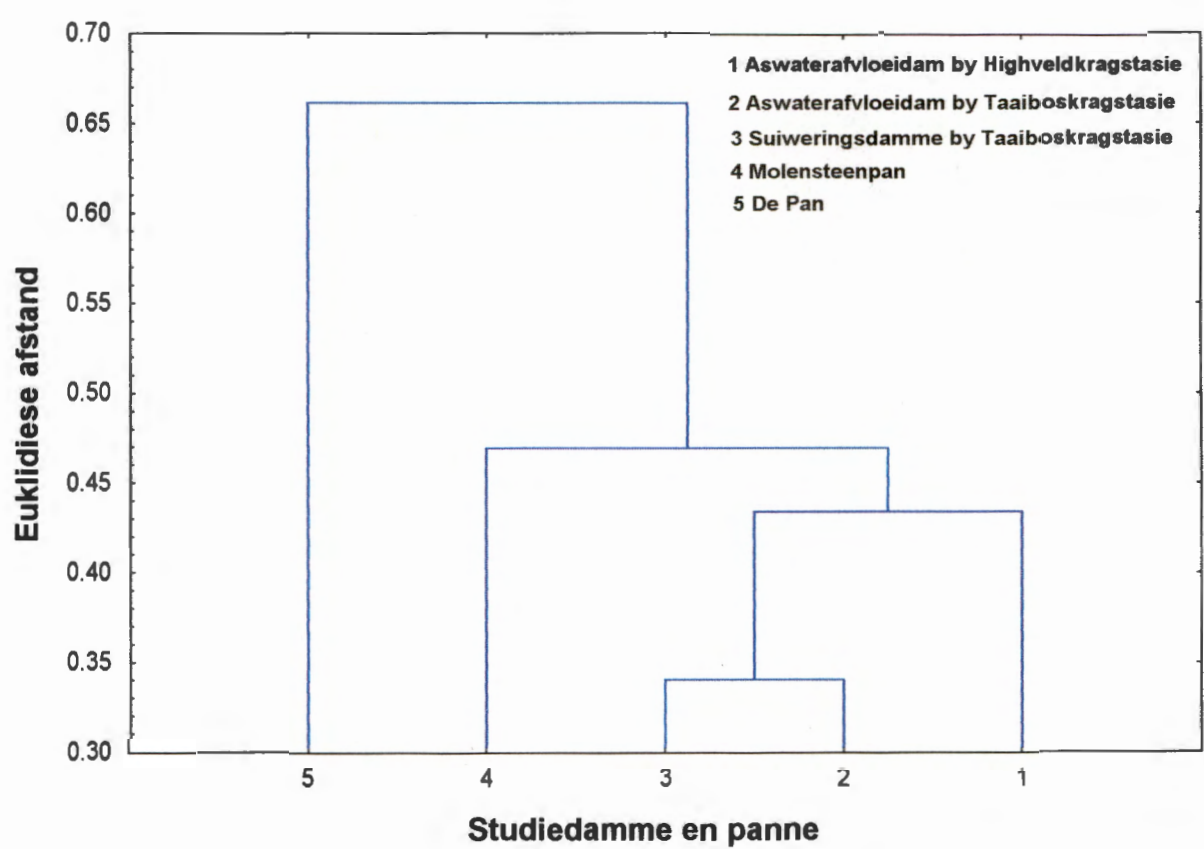


Figuur 3.25 : Die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie met standaardafwykings en -foute

3.3.3.9 TROSANALISE

’n Trosanalise (“Cluster Analysis” in STATISTICA) is gebruik om vas te stel of daar moontlik natuurlike groeperings tussen die verskillende studiedamme en -panne by Kragbronkragstasies op grond van die Shannon-diversiteitindekswaardes voorkom.

Die enkelsamevoeging (Euklidiese afstand) trosanalise van die Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne te Kragbronkragstasies is in Figuur 3.26 aangedui.



Figuur 3.26 : Enkelsamevoeging (Euklidiese afstand) trosanalise van die Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne te Kragbronkragstasies

In Figuur 3.26 kan gesien word dat die suiweringsdamme en aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie eerste saam groepeer, daarna die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie, gevolg deur Molensteenpan en De Pan.

HOOFSTUK 4

BESPREKING

4.1 FISIES-CHEMIESE ANALISES

Afval van industriële aktiwiteite soos steenkool kragstasies, mynbou bedrywighe, smelterye en chemiese aanlegte bevat almal swaarmetale soos lood, kadmium, kwik, seleen, alumunium, sink, koper, magnesium en mangaan (Anoniem 1986; Wren & Stephenson 1991).

Tabelle 3.2, 3.5, 3.8, 3.11 en 3.14 dui almal aan dat swaarmetale in die sedimente van die studiedamme en -panne voorkom. Die seleen- konsentrasie in die sedimente van beide Highveld- en Taaiboskragstasies was effens hoër (0,08 g/kg) as die algemene standaard (0,05 g/kg) vir die suiwering van afloop (Anoniem 1984). Alhoewel die hoofbron van seleen in die natuur die verwerking van rotse en grond is (Rosenfeld & Beath 1964), kan antropogeniese bronne soos die verbranding van steenkool, ook tot verhoogde konsentrasies van seleen in natuurlike water bydra (Hart 1992). In akwatiese omgewings kom seleen hoofsaaklik in twee oksidasievorme voor: Seleen (IV), ook bekend as seleniet (SeO_3^{2-}); en seleen (VI), ook bekend as selenaat (SeO_4^{2-}). Die meeste seleniete is minder wateroplosbaar as selenate (Anoniem 1991). Seleen kan deur verskeie organismes gemetileer word (Stadtman 1974). Volgens Anoniem (1987), is seleen (IV) oor die algemeen twee tot vier maal meer toksies as seleen (VI) vir varswatervisse en invertebrate. In teenstelling hiermee is seleen (VI) meer toksies vir akwatiese plante as seleen (IV). Alhoewel die konsentrasies van seleen die algemene standaard vir afvalwater of afloop oorskry, is dit van geringe aard en behoort nie veel impak op benuttingswaarde van die bronne te hê nie.

Swaarmetaalbepalings van die watermonsters tydens die voorstudieondersoek van die studiedamme en -panne het aangetoon dat slegs yster by van die studiedamme en -panne nie voldoen het aan die algemene standaard (0,3 mg/l) vir die suiwering van afvalwater nie (Anoniem 1984). By die opname van stasie 3 by Molensteenpan (kyk Figuur 3.4) wat

aan die westekant van dié pan geleë is waar sandsteen in die verlede uitgegrawe is, was die ysterkonsentrasie 0,47 mg/l (kyk Tabel 12) en by die opname van De Pan was die ysterkonsentrasie 131 mg/l (kyk Tabel 3.15).

Yster is die element wat die vierde meeste in die aardkors voorkom, en kan in natuurlike water in varierende hoeveelhede voorkom, afhangende van die geologie van die omgewing en chemiese samestelling van die watertoevoer (Anoniem 1986). Die mees algemene oksidasievorme van yster in water is Fe^{2+} en Fe^{3+} , alhoewel ander vorme ook in organiese en anorganiese afvalwater mag voorkom. In oppervlaktewater kom yster algemeen in die vorm van Fe^{3+} voor. Yster is 'n essensiële spoorelement vir beide plante en diere. Dit kan akuut toksies wees vir akwatiese invertebrate by konsentrasies wat vanaf 320 mg/l tot 16000 mg/l wissel (Warnick & Bell 1969). Die CCREM (Anoniem 1991) het aanbeveel dat die konsentrasie van yster in natuurlike water vir die beskerming van akwatiese lewe nie 300 mg/l mag oorskry nie. Alhoewel die konsentrasie van yster by van die studiedamme en -panne hoër is as die algemene standaard van afvalwater hou dit nie gevaar in vir akwatiese invertebrate en behoort dit nie veel impak op die benuttingswaarde van die waterbronne te hê nie.

Die voorstudieondersoek na die waterkwaliteit van die verskillende studiedamme en -panne in die studiegroep het ook aangetoon dat die konsentrasie van fluoried by die twee panne naamlik Molensteenpan en De Pan nie voldoen aan die algemene standaard (1,0 mg/l) van afvalwater nie (Anoniem 1984). By die opnamestasies van Molensteenpan was die konsentrasies onderskeidelik 1,8; 1,8 en 1,7 mg/l (kyk Tabel 3.12) en by die opnamestasie van De Pan 3,1 mg/l (kyk Tabel 3.15).

Grondwater wat fluoried bevat as gevolg van uitloging uit die substraat van die aarkors, kan natuurlike water beïnvloed (Anoniem 1979). 'n Ander bron van besoedeling is lugbesoedeling vanaf industriële gebiede (Rose & Marrier 1978). Molensteenpan en De Pan is naby aan die industriële gebied van Sasolburg geleë (kyk Figuur 2.1). Studies het aangetoon dat fluoried wat in drinkwater van diere voorkom eerder in been as in sagte weefsel akkumuleer. Dit kan lei tot tandskade by ontwikkelende diere en deformiteite van bene in ouer diere (Rose & Marrier 1978; Anoniem 1979). Diere wat oor 'n lang tydperk blootgestel word aan hierdie bron van fluoried mag geïmpak word. Tans

het dit nie veel impak op die benuttingswaarde van die waterbronne nie. Sistematiese en verteenwoordigende moniteringsprojekte van chemies- fisiese faktore moet egter daar-gestel word om oor tyd die vordering van rehabilitasie van hierdie sensitiewe industriële ekosisteem te evalueer.

Met die mikrobiologiese ontleding van die watermonsters tydens die voorstudieopname van die studiedamme en -panne is gevind dat almal aansienlike hoeveelhede tipiese (fekale) kolivorme bakterieë per 100 ml water bevat. Die algemene standaard vir afvalwater of afloop is nul tipiese (fekale) kolivorme per 100 ml water (Anoniem 1984). Die hoë telling kolivorme bakterieë by De Pan (Tabel 3.15) is moontlik as gevolg van die feit dat hierdie pan hoofsaaklik aangewend word as suipplek vir skape en beeste. Die relatief hoë tellings van die aswaterafvloedam (Tabel 3.6) en suiweringsdamme (Tabel 3.9) by Taaiboskragstasie is moontlik afkomstig vanaf die behandelde rioolafvalwater wat bo-op asdam no. 2 (kyk Figuur 1.2) gepomp word. Die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie en Molensteenpan is saam met die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie in 'n geslote sisteem (kyk Figuur 1.3) waar water van tyd tot tyd heen en weer gepomp word soos wat die behoefte ontstaan. Dit mag moontlik die rede wees vir die kontaminering van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie asook Molensteenpan. Molensteenpan word ook aangewend as 'n hengelplek sonder sanitêre geriewe en as suipplek vir beeste. Mens en dier kan hier moontlik 'n bron van kontaminasie wees.

Die meeste mikro-organismes wat in varswater voorkom, is onskadelik vir mens en dier. Sommige wat uit fekale en rioolmateriaal afkomstig is, kan skadelik vir mens en dier wees (Brock & Madigan, 1991). Dit is lank reeds bekend dat water as draer van siektes optree. Patogene organismes kan egter nie lank in gesuiwerde water voortbestaan nie, alhoewel hulle vir 'n paar dae kan oorleef. Die selle sterf mettertyd af, dog spore oorleef vir 'n lang tydperk (Brock & Madigan 1991). Patogene bakterieë wat algemeen voorkom is: *Salmonella typhi*, *S. paratyphi* (ingewandskoors), *Shigella dysenteria* (dysentrie), *Vibrio cholera* (cholera), endospore van *Clostridium perfringes*, *C. Septicum* (gasgangreen) en *C. novyi* (Brock & Madigan 1991).

Die voorkoms van kolivormeorganismes soos in hierdie ondersoek waargeneem, dien slegs as 'n aanduiding van fekale besoedeling. Dit kan dus nie beskou word as 'n

kwantitatiewe of kwalitatiewe maatstaf van fekale besoedeling nie. Dit dui slegs daarop dat die water fekaal besoedel is en daarom die potensiaal besit om met patogene besoedel te wees (Pelczar, Chan & Krieg 1986). Verdere studies rondom die aard en omvang van fekale besoedeling is nodig voordat die waterbronne oopgestel kan word vir boerdery, ontspanning en drinkwater.

Met die vergelyking van die seisoenale pH-bepalings van die verskillende studiedamme en -panne met die totale seisoenale reënvalsyfers van Sasolburg (kyk Figuur 3.7) kan die water van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie as neutraal, die water van die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie as relatief suur en die water van Molensteenpan en De Pan as relatief alkalies beskou word. Molensteenpan en De Pan neig om gedurende die herfs en wintermaande meer alkalies te word met die afname in reënval gedurende hierdie tydperk. 'n Moontlike rede hiervoor is dat De Pan gedeeltelik opdroog en die watervlak van Molensteenpan daal met die gevolglike toename in die konsentrasies van kalsium (kyk Figuur 3.10), chloried (kyk Figuur 3.11), fluoried (kyk Figuur 3.12) magnesium (kyk Figuur 3.13), kalium (kyk Figuur 3.14), natrium (kyk Figuur 3.15), en sulfaat (kyk Figuur 3.16).

Chloried en natrium dra gesamentlik tot die soutgehalte van water by. In Figure 3.15 en 3.11 word die natrium- en chloriedinhoud van De Pan en Molensteenpan weergegee wat waarskynlik aanleiding gee tot die hoë pH van hierdie watermassas. Chloried besit 'n lae toksisiteit vir daardie organismes wat oor 'n meganisme beskik om van oormaat chloried ontslae te raak. Vir daardie organismes wat egter nie oor 'n effektiewe ekskresiemeganisme vir chloried beskik nie, soos byvoorbeeld plante, kan 'n oormaat chloried toksies wees (Kempster *et al.* 1980). Dit kan dan ook die moontlike rede vir die relatiewe lae voorkoms van plantegroei in De Pan en Molensteenpan wees. Darenteen is natrium 'n essensiële element vir lewe. In hoë konsentrasies kan natrium toksies wees deurdat dit inmeng met die elektrolietbalans van lewende organismes (Kempster *et al.* 1980).

Kalsium is ook 'n essensiële element, omdat dit 'n integrale deel van been uitmaak (kalsiumfosfaat). Die kriteria vir kalsium in water vir menslike gebruik is hoog (1 000mg/l) omdat kalsium nie toksies is nie. By hierdie hoë konsentrasies lewer kalsium ook 'n bydrae tot die alkaliniteit van water (Kempster *et al.* 1980).

In Figuur 3.10 kan gesien word dat dat die konsentrasie van kalsium by De Pan en Molensteenpan ook moonlik 'n bydra gelewer het tot die hoë pH van genoemde panne.

Sulfate lewer ook 'n bydrae tot die alkaliniteit van water. Dit is nie toksies vir mens en dier nie, behalwe in gevalle waar baie hoë konsentrasies voorkom, in welke geval dit 'n purgerende effek het (Kempster *et al.* 1980). Vir plantlewe is sulfates minder toksies as chloried (Kempster *et al.* 1980). In Figuur 3.16 kan gesien word dat De Pan en Molensteenpan weereens die hoogste konsentrasies sulfaat bevat het en dat dit ook 'n bydra tot die alkaliniteit van genoemde panne kon gelewer het.

Magnesium is ook 'n essensiële element vir mens, dier en plantlewe. Dit is ook nie toksies nie. Saam met kalsium is magnesium verantwoordelik vir die hardheid van water (Kempster *et al.* 1980). In Figure 3.10 en 3.13 is dit duidelik dat De Pan en Molensteenpan weereens die hoogste konsentrasies van beide elemente bevat en kan hiervan afgelei word dat beide hierdie twee panne oor harde water beskik.

In Figuur 3.12 kan gesien word dat slegs die water van De Pan 'n relatief hoë konsentrasie van fluoried bevat, terwyl die fluoriedkonsentrasie van die water van die ander studiedamme en -panne baie dieselfde was gedurende die studietydperk. Die konsentrasies van fluoried in die studiedamme en panne voldoen aan die algemene standaard van 1,0 - 2,0 mg/l fluoried vir die beskerming van akwatiese lewe (Kempster *et al.* 1980).

Konduktiwiteit is slegs 'n relatiewe aanduiding van die totale opgeloste soute (TDS) in 'n watermonster.

$$\text{TDS(mg/l)} \approx \text{Konduktiwiteit (mS/m)} \times 6,5$$

Vir die beskerming van akwatiese lewe is dit onmoontlik om 'n enkele waarde vir konduktiwiteit aan te dui omdat hierdie waarde van die plaaslike toestande waar die monster geneem word, afhanklik is (Kempster *et al.* 1980). In Figuur 3.8 kan gesien word dat De Pan en Molensteenpan die hoogste konduktiwiteitwaardes besit.

Volgens Kempster, Hatting & Van Vliet (1980) behoort die opgeloste suurstofkonsentrasie in dam- en rivierwater meer as 4mg/l te wees en vir die opwekking van stoom behoort daar geen opgeloste suurstof in die water te wees nie om korrosie te beperk. In Figuur 3.9 kan gesien word dat die studiedamme en panne voldoen aan hierdie kriteria.

Die lae pH waardes van die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie is waarskynlik as gevolg van rioolmateriaal wat vanaf asdam no 2 (Figuur 1.3) na hierdie water vloei en syfer. Die teenwoordigheid van chemoörganotrofe mikroörganismes veroorsaak 'n daling in die opgeloste suurstofkonsentrasie (Figuur 3.19). Wanneer groot hoeveelhede organiese materiaal in water teenwoordig is, sal die verbruik van suurstof deur chemoörganotrofe mikroörganismes die aanvulling van suurstof vanaf die atmosfeer en deur fotosintese oorskry (Brock & Madigan 1991).

Fermentasieprodukte asook die afname in nitrate en sulfate gee aanleiding tot afstootlike reuke, smake en kleure en die water kan soms anaërobies of septies word. In die geval van die suiweringsdamme en in 'n mindere mate die aswaterafvloedam van Taaiboskragstasie kom groot hoeveelhede organiese materiaal in die sediment voor met 'n onwelriekende geur. Verpligte aërobe organismes soos mikroörganismes, akwatiese invertebrate en visse gaan dood as gevolg van die suurstoftekort. Die ontbinding van hierdie organismes verhoog die suurstofaanvraag verder.

Die voedingstowwe in rioolwater en afvloeewater van landboupraktyke en industrieë veroorsaak 'n onnatuurlike stimulerings van organismes soos byvoorbeeld alge in water (Brock & Madigan 1991). Tydens die voorstudieondersoek na die konsentrasie van chlorofil A in watermonsters geneem by die verskillende studiedamme en -panne is bevind dat De Pan die hoogste konsentrasie chlorofil A bevat het, naamlik 729 mg/l, gevolg deur die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie (66 mg/l), die aswaterafvloedam by Highveld- kragstasie (49 mg/l), die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie (15,52 mg/l) en Molensteenpan (14,90 mg/l). Dit op sy beurt beïnvloed die geskiktheid van water vir boerdery, ontspanning en drinkwater (Brock & Madigan 1991).

4.2 BIOLOGIESE WAARNEMINGS

4.2.1 SOOGDIERE (MAMMALIA)

Kleinsoogdiere soos die vleirof, vaalveldmuis, swartkwasmuishond, witkwasmuishond (geelmuishond), stokstertmeerkat, waaierstertmeerkat, Kaapse groototter en kommetjiegatmuishond is by en in die omgewing van die studiedamme en -panne van die studiegroep tydens die studietydperk waargeneem (kyk Tabel 3.17).

Klein soogdiere is 'n belangrike faunistiese komponent van panne. 'n Studie na die rol van klein soogdiere in die omgewing van panne en hoe dit hierdie ekosisteme beïnvloed, is in die Kalahari deur Smithers (1971) en Parris (1984) uitgevoer. Hulle het bevind dat sewe spesies, veral die grondeekoring (*Xerus inauris*), die bakoorkakkas (*Otocyon megalotis*) en stokstertmeerkat (*Suricata suricatta*) 'n belangrike impak het op die grondoppervlakte en plantegroei in en rondom panne waar hierdie diere voorkom. Hulle grawende gewoontes lei tot die algehele vernietiging van perifere plantgemeenskappe in die onmiddellike omgewing van hulle gate. Hierdie tipe versteuring kan nadelig wees tydens die beginstadiums van rehabilitasie van die asdamme.

Die gebrek aan bome en vertikale stratifikasie rondom die studiedamme en -panne en op asdamme, mag veroorsaak dat roofvoëls skaars is en dat klein soogdiere tot plaaggetalle toeneem. Om hierdie probleem te voorkom kan broeiplekke vir roofvoëls soos nonnetjie- en vlei-uile wat algemeen in hierdie gebied voorkom (kyk hoofstuk 3.3.2) geskep en herstel word. Verder kan bome aangeplant of pale vir uitkykpunte vir roofvoëls voorsien word. In 'n studie wat op die nonnetjie-uil (*Tito alba*) in Maleisië gedoen is, is gevind dat 'n paar wat broei en kos vir vyf kuikens moet voorsien tot soveel as 20 knaagdiere per nag na die nes toe bring vir die kuikens om te voed (Taylor 1991). Die hervestiging van hierdie roofdiere moet nie 'n poging wees om die klein soogdiere uit te roei nie maar moet gedoen word om 'n ewililibrium tussen die kleinsoogdier- en roofvoëlbevolkings te bewerkstellig.

4.2.2 AVIFAUNA (VOËLS)

Geldenhuys (1982) het belangrike werk op die verspreiding van watervoëls in die Vrystaat gedoen. Hy het bevind dat watervoëls die opvallendste inwoners van panne in die Vrystaat is en onder gunstige toestande verskaf dit een van die beste gebiede in Suid Afrika om watervoëls te bestudeer. Pannegat is ook belangrike oorwinteringshabitate vir palearktiese waadvoëls en broeigebiede vir anatieërs.

By die aswaterafvloeddamme van Highveld- (kyk Tabel 3.18) en Taaibos- (kyk Tabel 3.19) kragstasies is 21 spesies en by die suiweringsdamme van Taaiboskragstasie (kyk Tabel 3.20) is 20 spesies waargeneem. Hierdie damme word gekenmerk deur digte randplantegroei. Tydens die studietydperk is waargeneem dat slegs die bleshoender en grootkoningriethaan by die damme gebroei het. Witrugeende is slegs by die aswaterafvloeddam van Highveldkragstasie waargeneem.

By Molensteenpan waar min randplantegroei (slegs *Phragmites* plek-plek) voorkom, asook 'n groot oopwatergebied is gedurende die studietydperk 42 verskillende voëlspesies waargeneem (Tabel 3.20). In Molensteenpan kom sandsteeneilande voor wat as broeiplek vir Witborsduikers asook kransduiwel dien. Hierdie eilande dien ook as rusplek vir verskeie voëlspesies soos die reusereier, blouereier, slanghalsvoël, witborsduiker, rietduiker, hamerkop en glansibis. Verskeie eende, ganse en makoue is ook op die oopwatergebied waargeneem. Kuifkopdobbertjies asook kleindobbertjies is naby en in die omgewing van die sandsteeneilande waargeneem. Interessante besoekers soos die groot- en kleinlamink asook die lepelaar is ook gedurende die studietydperk waargeneem. Waadvoëls soos die nie-broeïende migreërs (krombekstrandloper en kleinstrandlopers) asook die Driebandstrandkiewiet en geelborsstrandkiewiet is ook gedurende die studietydperk waargeneem.

By De Pan is 26 voëlspesies gedurende die studietydperk waargeneem (kyk Tabel 3.26). Hierdie pan het ook min randplantegroei en is redelik vlak ($\pm 1,0\text{m}$). Die verskillende voëlspesies wat met De Pan geassosieer is stem baie ooreen met die van Molensteenpan. Beide De Pan en Molensteenpan beskik oor 'n relatiewe hoë soutgehalte en kenmerkend van hierdie panne is die groot hoeveelhede krustasiërs wat voorkom.

Hierdie groot hoeveelhede krustasiërs is die ideale voedselbron vir filtervoedende voëlspepies soos flaminke en lepelaars. Ander watervoëls vind hierdie voedselbron ook aantreklik en besoek hierdie tipe van panne gereeld (Geldenhuis 1982).

Gedurende die studietydperk is waargeneem dat geen watervoëls langs die oewers en in beskikbare plantegroei by Molensteenpan en De Pan gebroei het nie. 'n Moontlike rede hiervoor is dat die vee wat hierdie panne as suipplek benut die oewers vertrap en die plantegroei versteur. Die opvoeding van grondeienaars en partye wat 'n impak op hierdie industriële ekosisteme het, is tot op hede baie afgeskeep. Die waarde van veral vleilande in hierdie gebiede moet aan hierdie partye tuisgemaak word. Byvoorbeeld, die vertrapping van oewers deur vee (skape, beeste en wild) verander die natuurlike plantegroei en habitat op die oewers van vleilande na groot plate modder. Hierdie habitat wat sodoende vernietig word, verskaf broeiplek en voedingsgebiede aan voëls en ander diere. Die partye betrokke, moet aangemoedig word om groot dele van hierdie vleilande af te kamp om sodoende die oewers van die vleilande te beskerm. Deur hierdie maatreël toe te pas, sal die diversiteit van habitat behoue bly.

4.2.3. AKWATIESE INVERTEBRATE

Kwantitatiewe vergelykings tussen die akwatiese makro-invertebraatspesies van die littoraalsones van die verskillende studiedamme en -panne is onderhewig aan verskeie faktore wat foutiewe resultate tot gevolg kan hê. Uit die ongepubliseerde werk van Roode (1966) blyk dit dat feitlik alle bentiese organismes vlekverspreiding vertoon en hoewel standaard apparaat gebruik is gedurende die opnames, is die aantalle gemonster nie altyd 'n ware aanduiding van die veelhede van die verskillende gemeenskappe nie. Aktiewe swimmers soos *Centropilum excisum* en *Micronecta* swem dikwels weg sodra die monsterapparaat nadergebring word (Harrison 1961). Volgens Roode (1966) en Harrison (1961) is monsterneming met 'n net in die randplantegroei ondoeltreffend om akkurate berekenings van bevolkingsdigthede te maak.

'n Duidelike korrelasie in die veelhede van die verskillende gemeenskappe soos wat navore kom in die verwerkte resultate dui egter daarop dat vir die huidige studie, monsterneming redelik doeltreffend geskied het. Die belangrikheid van organismegroepe

word nie alleen bepaal deur hulle getallegtheid per opname nie, maar ook deur hulle algemene voorkoms oor die hele opnamegebied tydens die studietydperk. Hoewel die onderskeie genera van die hoofgroepe variasie in getalle getoon het gedurende die seisoenopnames (kyk Tabela II - VI, Bylaag A), was die getalle van die groepe as geheel groot gewees gedurende die studietydperk. 'n Variansie-analise (Kruskal-Wallis toets) is gedoen op die Shannon diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne om moontlike verskille tussen die seisoenale opnames te bepaal. Daar is gevind dat geen statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon diversiteitindekswaardes van die seisoenale opnames by die verskillende studiedamme en -panne bestaan nie (kyk Hoofstuk 3.3.3.8).

'n Trosanalise is ook gebruik om vas te stel of daar moontlik natuurlike groeperings tussen die verskillende studiedamme en -panne by Kragbronkragstasies op grond van die Shannon diversiteitindekswaardes voorkom. In Figuur 3.26 kan gesien word dat die suiweringsdamme en aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie eerste saam groepeer, daarna die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie, gevolg deur Molensteenpan en De Pan. Die studiedamme en -panne geassosieer met die kragstasies te Kragbron, naamlik die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie, die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie en Molensteenpan groepeer saam in 'n groep (tros) waarna De Pan heeltemal op sy eie groepeer.

Die Kruskal-Wallis ANOVA is ook gebruik om statisties betekenisvolle verskille tussen gemiddelde Shannon-diversiteitindekse van die verskillende waterbronne aan te dui. Daar is gevind dat die studiedamme en -panne almal statisties betekenisvol van mekaar verskil op grond van die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes behalwe die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie wat nie statisties betekenisvol van mekaar verskil nie. Laasgenoemde damme verskil wel statisties betekenisvol van die ander studiedamme en panne (kyk Figuur 3.23).

4.2.3.1 ASWATERAFVLOEIDAM BY HIGHVELDKRAGSTASIE

Vyftien van die spesies (kyk Figuur 3.17) naamlik spesies 1, 2, 5, 6, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 17, 18, 19, 20, 21, 22) wat gedurende die studietydperk versamel is, was predatore. Spesies 3,4,8, en 10 was herbivore terwyl spesies 7, 12, en 15 detritivore was. Die teenwoordigheid van die groot aantal predatorspesies dui daarop dat hierdie dam relatief “gesond” is (Williams & Feltmate 1992). ‘n Moontlike rede vir die min herbivoor- en detritivoorspesies teenwoordig kan wees dat hulle aangepas het by die omstandighede om predasie te vermy. Anderson (1966) het aangedui dat die getalle van akwatiese insekte (Ephemeroptera, Plecoptera en Simuliidae) gedurende die dag en nag (volmaan) redelik konstant bly, terwyl die getalle gedurende donker nagte toeneem. Die spesies in hierdie dam is gedurende die dag vanaf 08h00 tot 12h00 by dieselfde opnamestasies en met behulp van dieselfde tegnieke tydens die seisoenale opnames versamel en dit is moontlik die rede vir die lae getal herbivoor- en detritivoorspesies versamel gedurende die studietydperk.

Hierdie dam was standhoudend gedurende die jaar en kan as ‘n eutrofiese dam beskou word . Hierdie dam beskik oor ‘n hoë produktiwiteit en is ryk aan plante en diere. In Figuur 3.22 kan gesien word dat hierdie dam oor die hoogste spesiediversiteit van akwatiese invertebrate van al die studiedamme en -panne in die littoraalsone beskik. Die dam is redelik vlak met volop organiese materiaal in beide die water en bodem. Die pH van die water kan as neutraal beskou word met genoegsame opgeloste stowwe vir die instandhouding van akwatiese lewe en kan gebruik word as ‘n verwysing na ‘n relatief gesonde waterbron by versteurde industriële ekosisteme (steenkoolkragstasies) vir soortgelyke studies in die toekoms.

4.2.3.2 ASWATERAFVLOEIDAM EN SUIWERINGSDAMME BY TAAIBOSKRAGSTASIE

By elk van hierdie damme is slegs 12 verskillende spesies gedurende die studietydperk versamel (Figure 3.18 & 3.19). In beide gevalle het spesie 1 (*Tubifex sp.*) die meeste voorgekom. *Tubifex* is klein (20-70mm) pienk wurms. Hierdie groep organismes kan as indikatore van organiese besoedeling beskou word in ekosisteme waar ‘n hoë belading organiese materiaal voorkom (Hellawell 1986). Nog ‘n interessante verskynsel is dat by

hierdie damme het spesie 3 (*Chironomus sp.*) die derde meeste voorgekom en feitlik al die ander spesies predatore was behalwe die varswaterslak *Bulinus tropicus*.

Die familie Chironomidae is 'n belangrike groep akwatiese invertebrate in hierdie dam. Die volwassenes staan as nie-bytende muggies bekend. Die larwes is wurmagtig met 'n kenmerkende kopkapsule en twee paar valspote, een paar op die protoraks en die ander paar op die laaste abdominale segment. Die larwes kan verskillende kleure aanneem, byvoorbeeld groen, bruin, geel en rooi (Hellawell 1986). Die eksemplare wat gedurende die studietydperk versamel is, was almal rooi-pienk. Die rooi spesies is kenmerkend van anaerobe omgewings (Hellawell 1986). Die relatief lae spesiediversiteit van akwatiese invertebrate wat in hierdie damme voorkom, kan moontlik toegeskryf word aan organiese besoedeling (rioolmateriaal) afkomstig vanaf asdam no 2 (Kyk Figuur 2.3) wat 'n daling in die pH en opgeloste suurstof van die water tot gevolg het as gevolg van die aktiwiteit van chemo-organotrofe organismes teenwoordig in die organiese materiaal wat hierdie damme binnevloei.

In Figuur 3.22 kan gesien word dat daar min verskille tussen die spesiediversiteit van die aswaterafvloeddam en die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie bestaan. Die Kruskal-Wallis ANOVA is gevolglik gebruik om verskille tussen die Shannon-diversiteitindekswaardes van die verskillende studiedamme en -panne aan te dui. In Figuur 3.23 kan gesien word dat daar geen statisties betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde Shannon-diversiteitindekswaardes van die aswaterafvloeddam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie bestaan nie, maar dat hierdie damme wel statisties betekenisvol van die ander studiedamme en -panne verskil.

Die waterkwaliteit vir kragstasies is van groot belang en suiweringsdamme speel hierin 'n groot rol. Om die invloed van die suiweringsdamme met die *Phragmites* rietbeddings by Taaiboskragstasie op akwatiese fauna te meet, is die Shannon diversiteitindekswaardes van die in- en uitloop van die suiweringsdamme (kyk Tabel 3.23) met mekaar vergelyk aan die hand van 'n variansie analise (Kruskal-Wallis toets). Daar is bevind dat spesiediversiteit van akwatiese invertebrate van die suiweringsdamme statisties betekenisvol hoër was by die uitloop (kyk Figuur 3.25). Hiervan kan afgelei word dat die *Phragmites* rietbeddings wel 'n suiweringseffek op die water wat daardeur vloei het en dat

dit ook die gemeenskapsamestelling van die akwatiese invertebraatspesies beïnvloed. Die toename in opgeloste stowwe by die inloop van die suiweringsdamme kon moontlik verantwoordelik wees vir die afname in veelheid van akwatiese organismes deurdat die afsaksel van die oorwegend inerte stowwe die karakter van die sediment verander (Hellawell 1986).

4.2.3.3 MOLENSTEENPAN

Spesies 1, 2, 3, en 4 maak 88,6% van die totale aantal organismes uit wat gedurende die studietydperk versamel is (kyk Figuur 3.20) Hierdie vier spesies is almal van die familie Crustaceae (kyk Tabel I, Bylaag A). Volgens Seaman, Kok & Meintjes (1994) is krustasiërs die dominante spesies wat in pansisteme in die Vrystaat voorkom. Die meeste van die krustasiërs wat gevind word in pansisteme in Suid-Afrika is inheems (Seaman *et al.* 1994).

Molensteenpan kan beskou word as 'n pan met 'n relatief hoë alkaliese inhoud en was standhoudend gedurende die studietydperk. Die spesiesamestelling van akwatiese invertebrate is meer divers in permanente watermassas as die van panne wat met sekere tye van die jaar opdroog (Seaman *et al.* 1994). Behalwe die krustasiërs is nog 11 verskillende invertebraatspesies tydens die studietydperk versamel (kyk Figuur 3.20). Van hierdie spesies was vyf herbivore (5, 6, 8, 12, 15) en ses predatore (7, 9, 10, 11, 13, 14). Spesie 6 (*Tubifex sp.* - 1,7%) en Spesie 9 (*Chironomus sp.* - 1,3%) is ekologies belangrike spesies in die opsig dat hulle onderskeidelik indikatore van hoë organiese belading en anaerobe toestande in akwatiese sisteme is (Hellawell 1986). Molensteenpan word aangewend as suipplek vir beeste van boere in die nabye omgewing asook as hengelplek met geen sanitêre geriewe. Hierdie faktore mag moontlik 'n bydrae lewer tot organiese belading en fekale besoedeling van die water wat die teenwoordigheid van bogenoemde organismes in die littoraalsone van Molensteenpan kan verklaar.

Weens die heterogeniteit van die oewers van Molensteenpan en die moontlike impak van slik en ander besoedelstowwe is dit belangrik om hierdie invloed op die akwatiese fauna te bepaal. Gevolglik is 'n variansieanalise (Kruskal-Wallis toets) op die gemiddelde Shannon diversiteitsindekswaardes van die twee oewers uitgevoer. Daar is gevind dat daar statisties betekenisvolle verskille op grond van die gemiddelde Shannon

diversiteitindekswaardes tussen die oostelike (begrens deur natuurlike veld) en westelike (begrens deur 'n "gerehabiliteerde" asdam) oevers by Molensteenpan bestaan (kyk Figuur 3.24). Genera van die die families Ephemeridae, Baetidae, Aeschnidae en Coenagrionidae asook 'n spesie van die sub-orde Hydracarina was opmerklik afwesig by die westelike oewer van Molensteenpan wat deur 'n asdam begrens word. Hierdie organismes is kenmerkend van relatief skoon sisteme en kan moontlik sensitief wees vir die slik teenwoordig wat die samestelling van die sediment en plantegroei beïnvloed. Slik kan die habitat verander deurdat dit die sedimenttussenruimtes vul en sodoende die struktuur van die sediment verander. Akwatiese invertebrate is afhanklik van die deurlaatbaarheid van sediment vir respiratoriese en voedingsdoeleindes en wanneer hierdie prosesse ingeperk word, kan die diere negatief beïnvloed word (Hellawell 1986). Die invloei van as in Molensteenpan behoort dus beperk te word om hierdie pan optimaal te rehabiliteer.

4.2.3.4 DE PAN

Hoë dominansie kom hier voor en 'n Ostracoda spesie alleen maak 72,3% uit van al die spesies wat gedurende die studietydperk versamel is (kyk Figuur 3.21). Spesies 1-7 wat almal krustasiërs (kyk Tabel I, Bylaag A) is, maak in totaal 96,4% van al die organismes wat versamel is, uit.

De Pan het gedeeltelik opgedroog gedurende die wintermaande. Volgens Kok 1987; Hamer & Appleton 1991a; 1991b en Seaman *et al.* 1991b het krustasiërs unieke aanpassings ontwikkel om by hierdie ekosisteme waar hoë temperature en soms lang droogteperiodes teenwoordig is, aan te pas. Sommige stadiums in die lewensiklus van hierdie organismes is aangepas om by hierdie toestande te kan oorleef. Binne 24 uur nadat dit gereën het, kan sekere krustasiërs (bv. *Triops granarius*) eiers produseer (Seaman *et al.* 1991a). In 'n vroeë stadium van watertoevoeging kan sommige panne spesies bevat wat algemeen in akwatiese sisteme voorkom, maar hulle sterf gewoonlik vroeg af voordat die panne opdroog as gevolg van intoleransie teen die toenemende soutgehalte in die water. Die tydelike water kan ook as 'n toevlugsoord vir sekere spesies dien omdat daar min predatore aanwesig is. Die predatore in sulke tydelike waters is gewoonlik Hemiptera en Coleoptera wat op die oorvloedige beskikbare diere voed (Hamer & Appleton 1991a; 1991b).

Spesie 8 (*Tubifex sp.* - 1,7%) en Spesie 11 (*Chironomus sp.* - 1,3%) in Figuur 3.21 is ekologies belangrike spesies in die opsig dat hulle onderskeidelik indikatore van hoë organiese belading en anaerobe toestande in akwatiese sisteme is (Hellowell 1986). De Pan word hoofsaaklik as suipplek vir skape en beeste aangewend. Dit mag moontlik 'n bydrae tot organiese belading en fekale besoedeling van die water lewer wat die teenwoordigheid van bogenoemde organismes in die littoraalsone van De Pan kan verklaar.

HOOFSTUK 5

SAMEVATTING

Die hoofdoel van hierdie studie was die beskrywing van akwatiese invertebraat-gemeenskappe van waterbronne te Kragbronkragstasies asook die vastelling van verbande tussen waterkwaliteit van hierdie waterbronne en die invertebraat-gemeenskappe en -diversiteit. Resultate in hierdie studie toon dat die waterbronne te Kragbronkragstasies relatief gesond is. Hierdie gevolgtrekking kan gemaak word op grond van:

a) Waterkwaliteit

Geen beduidende besoedeling van swaarmetale en ander chemiese stowwe is teenwoordig in die waterbronne nie. By sommige van die waterbronne was die konsentrasies van seleen en yster effens hoër as die algemene standaard vir afvalwater of afloop. Dit hou nie veel gevaar vir akwatiese invertebrate in nie. Beduidende hoeveelhede tipiese (fekale) organismes is egter wel teenwoordig in die waterbronne en kan moontlik 'n impak op die benuttingswaarde van die waterbronne, veral vir menslike gebruik hê.

b) Akwatiese invertebraatgemeenskappe

Waterbronne van verskillende waterkwaliteite kan geïdentifiseer word wat weerspieël word in kenmerkende invertebraatgemeenskappe.

Die aswatervloeidam by Highveldkragstasie beskik oor die grootste diversiteit van akwatiese invertebraatspesies en word gekenmerk deur al die stadiums van waterkewers (Coleoptera) en verskeie volwasse Hemiptera. Bekende families van die Coleoptera en Hemiptera is die Dytiscidae, Notonectidae (beide predatories), Hydrophilidae, Haliplidae en Corixidae (almal minstens deels herbivories of detritivories) wat kenmerkend vir akwatiese sisteme is waar geen besoedeling voorkom nie.

Met die uitsondering van die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie is goeie, stabiele waterbronne gevestig met relatiewe hoë spesiediversiteit. Die aswaterafvloedam en suiweringsdamme by Taaiboskragstasie word gekenmerk deur *Tubifex* en in 'n mindere mate *Chironomus* spesies wat die dominante spesies teenwoordig is en indikatore van hoë organiese belading en anaerobe toestande is. Hierdie organiese belading, waarskynlik afkomstig vanaf asdam no. 2 waarop rioolafvloeier gepomp word, moet ondersoek word om die impak en risiko van die rioolafvloeier vas te stel alvorens hierdie damme vir ontspanning gebruik kan word.

Die waterkwaliteit vir kragstasies is van groot belang en suiweringsdamme speel hierin 'n groot rol. Met die huidige studie is bevind dat die spesiediversiteit van akwatiese invertebrate positief beïnvloed word deur die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie. Die *Phragmites* rietbeddings het waarskynlik wel 'n suiwerings effek op die water wat daardeur vloei wat dan ook die gemeenskapsamestelling van die akwatiese invertebraatspesies betekenisvol beïnvloed.

Molensteenpan kan beskou word as 'n standhoudende pan met 'n relatief hoë pH ($\pm 8,0$). Krustasiërs van die klasse Ostracoda, Diplostraca en Copepoda was die dominante spesies wat in Molensteenpan versamel is en het ongeveer 88,9 % van die totale aantal organismes uitgemaak wat gedurende die studietydperk versamel is. Verteenwoordigers van die genera *Tubifex* en *Chironomus* is ook teenwoordig moontlik as gevolg van organiese materiaal afkomstig van beeste wat Molensteenpan as suipplek benut. Die res van die genera wat gedurende die studietydperk versamel is, is kenmerkend van akwatiese bronne waar geen besoedeling voorkom nie. Waterbronne wat begrens word deur asdamme word negatief beïnvloed ten opsigte van akwatiese gemeenskappe soos duidelik aangetoon in 'n vergelyking van die oewers by Molensteenpan wat betekenisvol verskil ten opsigte van die diversiteit en samestelling van akwatiese invertebrate. Die invloei van as in Molensteenpan behoort dus beperk te word om hierdie pan optimaal te rehabiliteer.

Die gebruik van De Pan as 'n natuurlike kontrole was problematies. De Pan kan beskou word as 'n natuurlike pan en droog gedeeltelik gedurende die wintermaande op. Die spesiesamestelling van akwatiese invertebrate is meer divers in permanente watermassas as dié van panne wat met sekere tye van die jaar opdroog (Seaman *et al.* 1994). In hierdie pan kom hoë dominansie van krustasiërs van die klasse Diplostraca, Ostracoda

en Copepoda voor wat in totaal 96,4 % van die totale aantal organismes wat versamel is, uitgemaak het. Die biota van hierdie oorgangswaterbronne is aangepas aan 'n stel uiterste omgewingsfaktore waarvan die droë fase die belangrikste is. Meganismes om die droë tydperk te oorleef, sluit in weerstandbiedende siste of diapouserende eiers, weerstandbiedende onvolwasse of volwasse stadiums en ontvlugting deur te vlieg of te grawe. Wanneer die habitat in die waterfase is, word die biota onderwerp aan wisselende fisies-chemiese faktore. Die suurstofspanning daal dikwels tot 'n lae vlak, soutgehalte varieer en word soms hoog teen die einde van die natfase en temperature kan selfs binne kort tydperke tussen uiterstes wissel (Seaman *et al.* 1994).

Die bogenoemde kenmerkende gemeenskapsamestelling van die akwatiese invertebraatspesies in die verskillende studiedamme en -panne kan die basis van opvolgstudies vorm om die stabiliteit of variasie in gemeenskappe met verandering (verbetering) in watergehalte te bestudeer. Dit skep ook navorsingsgeleenthede om indikatorspesies en -gemeenskappe van akwatiese ekosisteme in die omgewing van industriële aktiwiteite te beskryf.

Die belangrikheid van die voëls teenwoordig by die waterbronne te Kragbronkragstasies, lê in die moontlike benutting van hierdie bronne as ontspannings- en wetenskaplike hulpbronne. Hierdie kunsmatige vleilandgebiede, met relatief skoon water en hoë diversiteit van voëls, is dus waardevol as broeiplekke vir watervoëls en as opvoedkundige hulpbron.

Die omvattende faunistiese opname vorm 'n goeie basis vir toekomstige impakstudies van omgewingsverandering en rehabilitasie van die omgewing. Die doelwitte soos geformuleer in Hoofstuk 1.4 is dus voldoende aangespreek in hierdie studie.

BYLAE

BYLAAG A

BYLAAG A

Tabel I : Klassifikasie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die waterhulpbronne by Kragbronkragstasies.

Filum Nematoda	Sub-filum Uniramia
Klas Cecementea	Super-klas Hexapoda
Orde Rhabditida	Klas Pterygota
Spesie A	Orde Ephemeroptera
Filum Annelida	Familie Baetidae
Klas Oligochaeta	Spesie J <i>Baetis sp.</i>
Sub-klas Clitellata	Familie Ephemeridae
Familie Lumbricidae	Spesie E <i>Ephemera sp.</i>
Spesie B <i>Eisenella sp.</i>	Orde Diptera
Familie Naididae	Familie Chironomidae
Spesie C <i>Stylaria sp.</i>	Spesie F <i>Chironomus sp.</i>
Familie Tubificidae	Klas Oligoentomata
Spesie AE <i>Tubifex sp.</i>	Orde Collembola
Sub-klas Hirudinea	Spesie I
Familie Piscicolidae	Sub-orde Anisoptera
Spesie G	Familie Aeschnidae
Filum Mollusca	Spesie L <i>Aeschna sp.</i>
Klas Gastropoda	Sub-orde Zygoptera
Sub-klas Pulmonata	Familie Coenagrionidae
Familie Planorbidae	Spesie M
Spesie D <i>Bulinus tropicus</i>	Spesie N
Filum Arthropoda	Orde Plecoptera
Sub-filum Chelicerata	Familie Chloroperlidae
Klas Arachnida	Spesie O
Orde Acari	Orde Hemiptera
Sub-orde Hydracarina	Sub-orde Heteroptera
Spesie H	Familie Nepidae
Sub-filum Crustacea	Spesie P <i>Nepa sp.</i>
Klas Diplostraca	Spesie Q <i>Ranatra sp.</i>
Orde Cladocera	Familie Notonectidae
Familie Daphniidae	Spesie R
Spesie V <i>Daphnia pulex</i>	Spesie S
Spesie W <i>D. magna</i>	Familie Corixidae
Spesie X <i>Moina micrura</i>	Spesie T
Spesie Y <i>Macrothrix sp.</i>	Familie Hydrometridae
Klas Ostracoda	Spesie AB <i>Hydrometra</i>
Spesie Z	Familie Gerridae
Klas Copepoda	Spesie AC <i>Gerris sp.</i>
Orde Cyclopoida	Orde Coleoptera
Spesie AA <i>Cyclops sp.</i>	Familie Dytiscidae
Spesie AF <i>Triops granarius</i>	Spesie U <i>Dytiscus sp.</i>
	Familie Gyrinidae
	Spesie AD <i>Gyrinus sp.</i>

BYLAAG A

Tabel II : Totale aantal spesies en aantal individue per spesie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die littoraalsone by die verskillende opnamestasies van die aswaterafvloeddam te Highbeldkragstasie gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995). Die sleutel van die verskillende spesies is in Tabel I van Bylaag A saamgevat.

SEISOEN	OPNAMESTASIE	MONSTERNEMINGSTEGNIEK	SPESIES																														TOTAAL			
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD		AE	AF	
HERFS (04/1995)	Stasie A	Sediment	30	8	0	9	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	97
		Slakket	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	0	0	1228
		Sub-totaal	30	8	0	15	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	28	10	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	28	0	1348
	Stasie B	Sediment	32	10	0	8	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	98
		Slakket	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	0	0	1305	
		Sub-totaal	32	10	0	13	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	24	13	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	30	0	1424
	Stasie C	Sediment	12	6	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	36	
		Slakket	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	0	0	561	
		Sub-totaal	12	6	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	6	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	7	0	610
	Stasie D	Sediment	11	4	0	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	44	
		Slakket	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0	257	66	0	0	87	156	0	0	0	0	0	587	
		Sub-totaal	11	4	0	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	18	7	0	257	88	0	0	87	156	0	0	0	13	0	647
	Stasie E	Sediment	9	5	0	5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	39	
		Slakket	0	0	0	3																														

BYLAAG A

Tabel III : Totale aantal spesies en aantal individue per spesie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die littoraalsone by die verskillende opnamestasies van die aswaterafvloeddam te Taaiboskragstasie gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995). Die sleutel van die verskillende spesies is in Tabel I van Bylaag A saamgevat.

SEISOEN	OPNAMESTASIE	MONSTERNEMINGSTEGNIEK	SPESIES																											TOTAAL					
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA		AB	AC	AD	AE	AF
HERFS (04/1995)	Stasie A	Sediment	30	8	0	9	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	97
		Sieknet	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	0	0	1228
		Sub-totaal	30	8	0	15	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	28	10	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	28	0
	Stasie B	Sediment	32	10	0	8	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	98
		Sieknet	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	0	0	1305
		Sub-totaal	32	10	0	13	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	24	13	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	30	0
	Stasie C	Sediment	12	6	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	36
		Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	0	0	561
		Sub-totaal	12	6	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	8	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	7	0
	Stasie D	Sediment	11	4	0	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	44
		Sieknet	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0	257	66	0	0	87	156	0	0	0	0	0	587
		Sub-totaal	11	4	0	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	18	7	0	257	88	0	0	87	156	0	0	0	13	0
	Stasie E	Sediment	9	5	0	5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	39
		Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0	271	49	0	0	61	121	0	0	0	0	0	520
		Sub-totaal	9	5	0	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13	8	0	271	49	0	0	61	121	0	0	0	11	0
Stasie F	Sediment	25	9	0	9	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	98	
	Sieknet	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	
	Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	8	0	496	109	0	0	467	314	0	0	0	0	0	1421	
	Sub-totaal	25	9	0	16	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	27	14	0	496	109	0	0	467	314	0	0	0	27	0	1533
Totaal van seisoen			119	42	0	68	5	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	119	60	0	2012	549	0	0	1805	1295	0	0	0	116	0	6135
Relatiewe waarde (%)			1.9	0.7	0.0	1.1	0.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.9	1.0	0.0	32.8	8.9	0.0	0.0	26.2	21.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	100.0
WINTER (07/1995)	Stasie A	Sediment	15	6	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	47	
		Sieknet	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	0	125	68	0	0	150	111	0	0	0	0	0	464
		Sub-totaal	15	6	0	6	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	125	88	0	0	150	111	0	0	0	14	0	524
	Stasie B	Sediment	21	7	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	52	
		Sieknet	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4	0	135	43	0	0	208	87	0	0	0	0	0	486
		Sub-totaal	21	7	0	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	6	0	135	43	0	0	208	87	0	0	0	15	0
	Stasie C	Sediment	3	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	18	
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	112	12	0	0	16	67	0	0	0	0	0	214
		Sub-totaal	3	2	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	2	0	112	12	0	0	16	67	0	0	0	9	0
	Stasie D	Sediment	4	3	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	22	
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	97	27	0	0	36	59	0	0	0	0	0	224
		Sub-totaal	4	3	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	2	0	97	27	0	0	36	59	0	0	0	7	0
	Stasie E	Sediment	3	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	15	
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	102	21	0	0	27	46	0	0	0	0	0	202
		Sub-totaal	3	2	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	102	21	0	0	27	46	0	0	0	5	0
Stasie F	Sediment	18	6	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	49		
	Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13		
	Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0	186	44	0	0	178	118	0	0	0	0	0	537	
	Sub-totaal	18	6	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	0	186	44	0	0	178	118	0	0	0	14	0	599
Totaal van seisoen			64	26	0	28	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	38	23	0	757	215	0	0	615	488	0	0	0	64	0	2389
Relatiewe waarde (%)			2.7	1.1	0.0	1.1	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.6	1.0	0.0	31.7	9.0	0.0	0.0	25.7	20.4	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	100.0
Totaal van seisoene			677	255	0	499	20	398	0	27	0	13	0	13	30	0	0	0	0	345	492	248	0	9821	2761	0	0	7959	6328	0	0	0	514	0	30400
Relatiewe waarde (%)			2.2	0.8	0.0	1.6	0.1	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.6	0.8	0.0	32.3	9.1	0.0	0.0	26.2	20.8	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	100.0

BYLAAG A

Tabel IV : Totale aantal spesies en aantal individue per spesie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die littoraalsone by die verskillende opnamestasies van die suiweringsdamme te Taaiboskragstasie gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995). Die sleutel van die verskillende spesies is Tabel I van Bylaag A saamgevat.

[illegible]

ra

1

BYLAAG A

Tabel V (Vervolg) : Totale aantal spesies en aantal individue per spesie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die littoraalsone by die verskillende opnamestasies van Molensteenpan gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995). Die sleutel van die verskillende spesies is in Tabel I van Bylaag A saamgevat.

SEISOEN	OPNAMESTASIE	MONSTERNEMINGSTEGNIEK	SPESIES																												TOTAAL				
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
HERFS (04/1995)	Stasie A	Sediment	30	8	0	9	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	97
		Sieknet	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	0	0	1228
		Sub-totaal	30	8	0	15	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	28	10	0	330	178	0	0	390	294	0	0	0	0	28	0	1348
	Stasie B	Sediment	32	10	0	8	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	98	
		Sieknet	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	0	0	1305	
		Sub-totaal	32	10	0	13	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	24	13	0	360	115	0	0	565	232	0	0	0	30	0	1424	
	Stasie C	Sediment	12	6	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	36	
		Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	0	0	561	
		Sub-totaal	12	6	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	8	0	298	32	0	0	35	178	0	0	0	7	0	610	
	Stasie D	Sediment	11	4	0	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	44		
		Sieknet	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0	257	66	0	0	87	156	0	0	0	13	0	587	
		Sub-totaal	11	4	0	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	16	7	0	257	66	0	0	87	156	0	0	0	13	0	647	
	Stasie E	Sediment	9	5	0	5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	39		
		Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0	271	49	0	0	61	121	0	0	0	0	0	520	
		Sub-totaal	9	5	0	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13	8	0	271	49	0	0	61	121	0	0	0	11	0	573	
	Stasie F	Sediment	25	9	0	9	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	86		
		Sieknet	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	8	0	496	109	0	0	467	314	0	0	0	0	0	1421	
		Sub-totaal	25	9	0	16	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	27	14	0	496	109	0	0	467	314	0	0	0	27	0	1533	
		Totaal van seisoen	119	42	0	66	5	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	119	60	0	2012	549	0	0	1605	1296	0	0	0	116	0	6136	
		Relatiewe waarde (%)	1.9	0.7	0.0	1.1	0.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.9	1.0	0.0	32.8	8.9	0.0	0.0	26.2	21.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	100.0	
WINTER (07/1995)	Stasie A	Sediment	15	6	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47		
		Sieknet	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13		
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	0	125	68	0	0	150	111	0	0	0	0	0	464	
		Sub-totaal	15	6	0	6	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	3	0	125	68	0	0	150	111	0	0	0	14	0	524	
	Stasie B	Sediment	21	7	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	52		
		Sieknet	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13		
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4	0	135	43	0	0	208	87	0	0	0	0	0	486	
		Sub-totaal	21	7	0	6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	6	0	135	43	0	0	208	87	0	0	0	15	0	551	
	Stasie C	Sediment	3	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	18		
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	112	12	0	0	16	67	0	0	0	0	0	214	
		Sub-totaal	3	2	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	2	0	112	12	0	0	16	67	0	0	0	9	0	238	
	Stasie D	Sediment	4	3	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	22		
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	97	27	0	0	36	59	0	0	0	0	0	224	
		Sub-totaal	4	3	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	2	0	97	27	0	0	36	59	0	0	0	7	0	254	
	Stasie E	Sediment	3	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	15		
		Sieknet	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	102	21	0	0	27	46	0	0	0	0	0	202	
		Sub-totaal	3	2	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	102	21	0	0	27	46	0	0	0	5	0	223	
	Stasie F	Sediment	18	6	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	49			
		Sieknet	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13		
		Watermet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0	186	44	0	0	178	118	0	0	0	0	0	537	
		Sub-totaal	18	6	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	0	186	44	0	0	178	118	0	0	0	14	0	599	
		Totaal van seisoen	64	26	0	26																													

BYLAAG A

Tabel VI : Totale aantal spesies en aantal individue per spesie van akwatiese makro-invertebrate soos versamel in die littoraalsone by die verskillende opnameplasies van De Pan gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995). Die sleutel van die verskillende spesies is in Tabel I van Bylaag A saamgevat.

REISIJEN OPNAMESTADIE			MONSTERNEEMINGSTECHNIEK			SPECIES																												TOTAAL				
						A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB		AC	AD	AE	AF
LENTE (10/1994)	Stasie A	Sediment	53	30	4	28	22	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141
		Stalnet	0	0	0	14	0	0	2	3	25	41	5	4	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187
		Waternet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	
		Sub-totaal	53	30	4	42	22	8	2	3	25	41	8	4	8	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	486
	Stasie B	Sediment	88	38	5	36	29	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182
		Stalnet	0	0	0	18	0	0	3	4	33	53	7	5	12	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	
		Waternet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	
		Sub-totaal	88	38	5	54	29	0	3	4	33	53	7	8	12	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	526
	Stasie C	Sediment	64	38	5	34	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166
		Stalnet	0	0	0	17	0	0	2	4	30	48	6	5	11	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	
Waternet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118		
Sub-totaal		64	38	5	51	28	0	2	4	30	48	6	5	11	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	485	
Stasie D	Sediment	58	33	4	31	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	
	Stalnet	0	0	0	15	0	0	2	3	28	45	6	4	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	
	Waternet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110		
	Sub-totaal	58	33	4	46	24	0	2	3	28	45	4	8	10	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445	
Totaal van sesieson			244	138	18	163	181	8	9	14	118																											

BYLAAG B

BYLAAG B

Tabel I : Rangorde van belangrikheid ($N_i N^{-1} \times 100$) van die totale aantal akwatiese makro-invertebrate versamel gedurende die studietydperk (September 1994-September 1995) in die studiedamme en -panne.

Spesies	AWRDHK	Spesies	AWRDTK	Spesies	SWDDTK	Spesies	MOLPAN	Spesies	DEPAN
R	15.3	AE	25.5	AE	28.3	V	32.4	Z	72.3
A	13.4	R	15.2	R	15.9	Z	26.3	V	6.7
D	10.8	F	12.3	F	12.8	AA	20.8	Y	4.8
J	10.8	S	10.5	S	11.2	W	9.1	W	4.5
AD	8.8	A	6.9	A	8.2	A	2.2	X	3.1
S	8.2	D	6.6	AD	8.0	AE	1.7	AF	2.6
B	7.5	AD	6.0	D	7.0	S	1.6	AA	2.4
I	6.5	T	3.9	M	2.4	D	1.6	AE	0.9
T	5.1	H	3.8	L	2.1	F	1.3	R	0.7
E	4.9	L	3.6	H	2.0	R	1.1	D	0.5
M	2.2	U	3.4	T	1.8	T	0.8	F	0.5
K	1.1	M	2.3	U	0.3	B	0.8	S	0.4
L	1.1	Q	0.0	P	0.0	M	0.1	T	0.4
O	1.0	O	0.0	O	0.0	H	0.1	J	0.2
C	0.9	P	0.0	V	0.0	E	0.1	A	0.0
AC	0.5	V	0.0	Q	0.0	X	0.0	AB	0.0
H	0.5	W	0.0	Y	0.0	P	0.0	AC	0.0
G	0.5	X	0.0	X	0.0	Q	0.0	AD	0.0
P	0.3	Z	0.0	Z	0.0	Y	0.0	B	0.0
N	0.3	Y	0.0	W	0.0	U	0.0	C	0.0
AB	0.2	AF	0.0	AF	0.0	O	0.0	E	0.0
U	0.1	B	0.0	B	0.0	AF	0.0	G	0.0
W	0.0	C	0.0	C	0.0	C	0.0	H	0.0
V	0.0	AA	0.0	AA	0.0	AD	0.0	I	0.0
Z	0.0	AB	0.0	AB	0.0	AB	0.0	K	0.0
Y	0.0	AC	0.0	AC	0.0	AC	0.0	L	0.0
X	0.0	J	0.0	J	0.0	G	0.0	M	0.0
Q	0.0	K	0.0	K	0.0	L	0.0	N	0.0
F	0.0	N	0.0	N	0.0	N	0.0	O	0.0
AA	0.0	E	0.0	E	0.0	K	0.0	P	0.0
AE	0.0	G	0.0	G	0.0	I	0.0	Q	0.0
AF	0.0	I	0.0	I	0.0	J	0.0	U	0.0

AWRDHK - Aswaterafvloedam by Highveldkragstasie

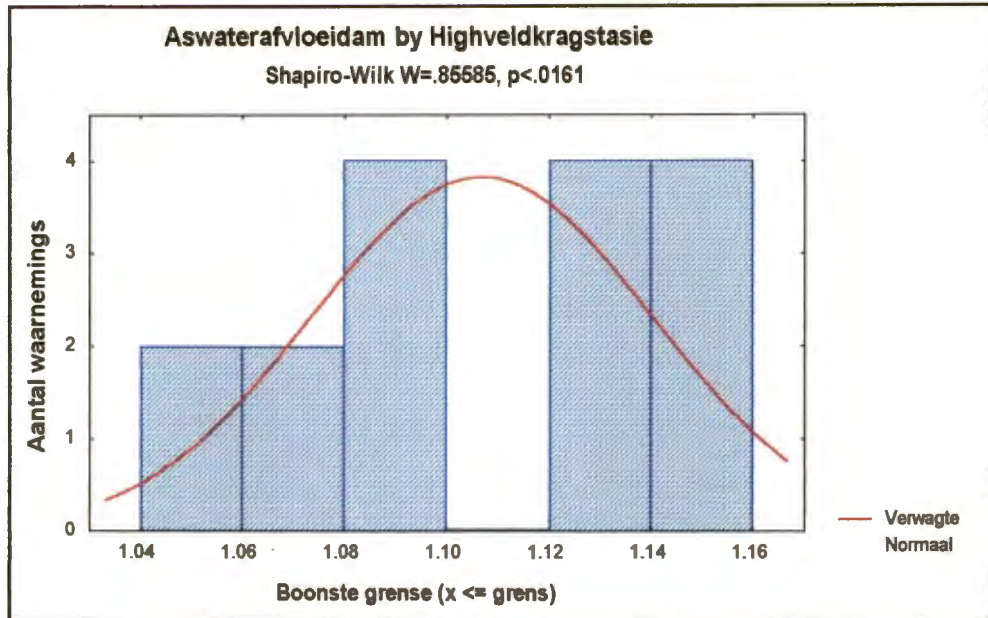
AWRDTK - Aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie

SWDDTK - Suiweringsdamme by Taaiboskragstasie

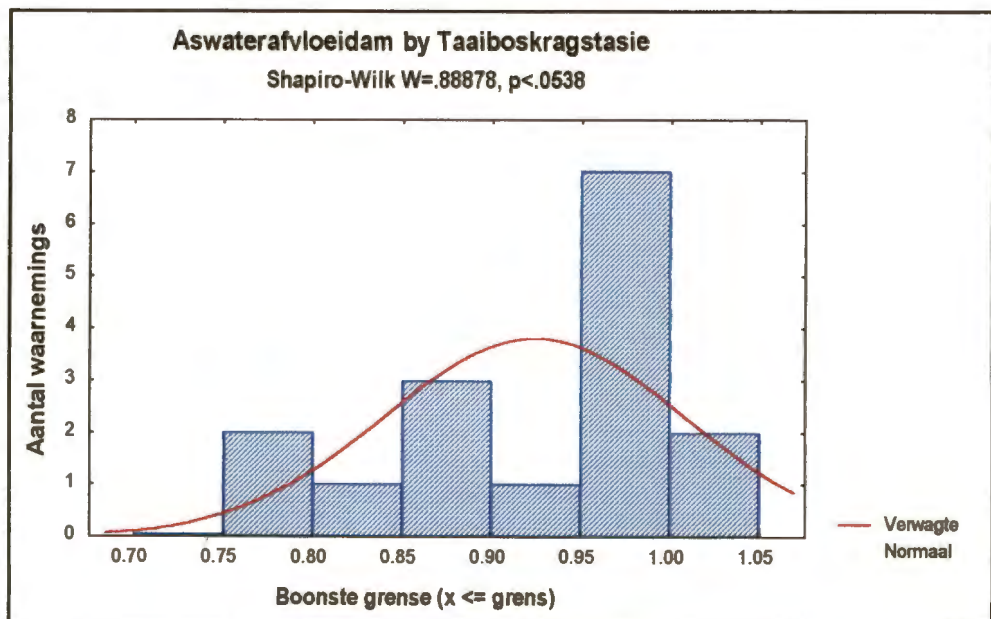
MOLPAN - Molensteenpan

DEPAN - De Pan

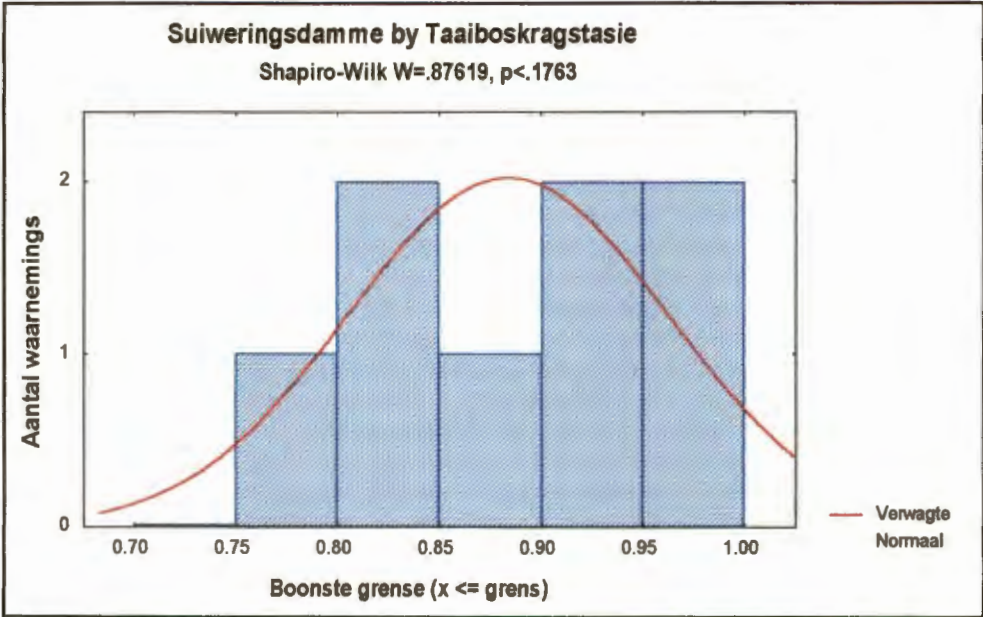
BYLAAG C



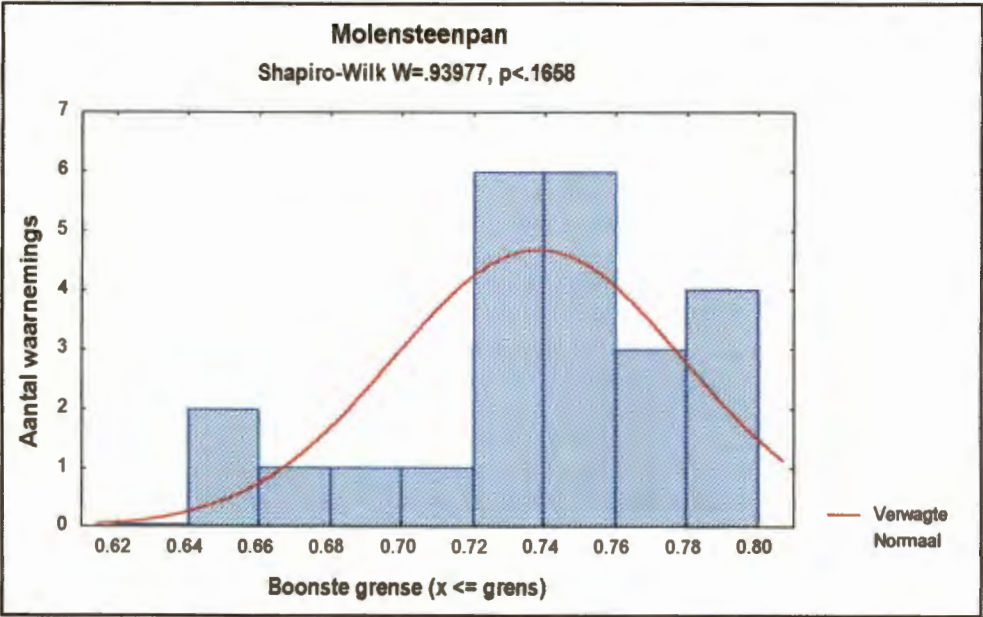
Figuur I : Shapiro-Wilk normaliteitstoets vir die Shannon-diversiteitsindekswaardes van die aswaterafvloedam by Highveldkragstasie.



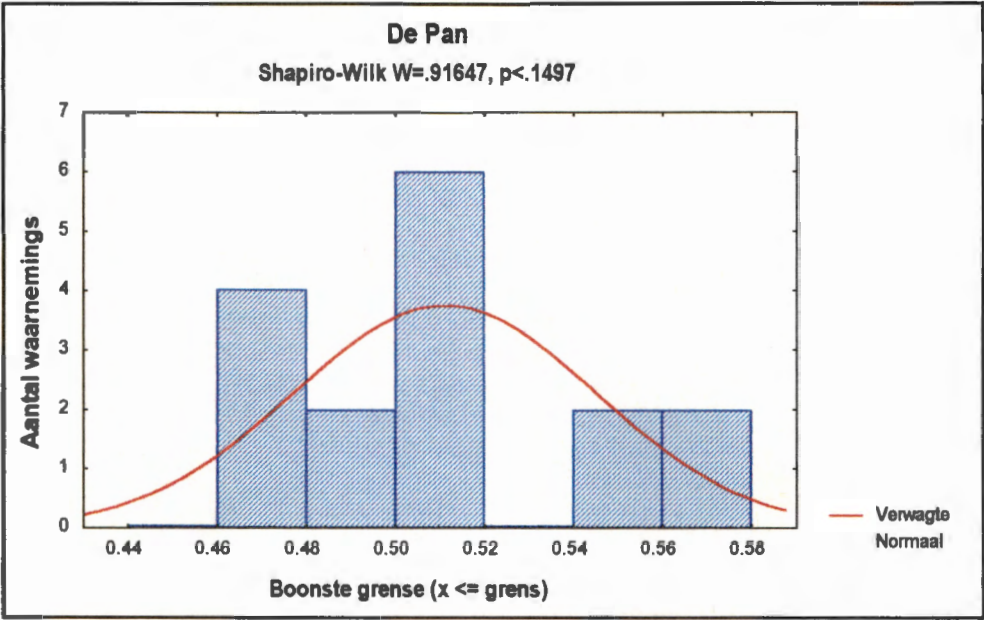
Figuur II : Shapiro-Wilk normaliteitstoets vir die Shannon-diversiteitsindekswaardes van die aswaterafvloedam by Taaiboskragstasie.



Figuur III : Shapiro-Wilk normaliteitstoets vir die Shannon-diversiteitindekswaardes van die suiweringsdamme by Taaiboskragstasie.



Figuur IV : Shapiro-Wilk normaliteitstoets vir die Shannon-diversiteitindekswaardes van Molensteenpan.



Figuur V : Shapiro-Wilk normaliteitstoets vir die Shannon-diversiteitindekswaardes van De Pan.

LITERATUURVERWYSINGS

ALLAN, D. 1987. Types of pans in South Africa. *African Wildlife*. 41(5): 230-231.

ALLANSON, B.R. 1961. Investigations into the ecology of polluted inland waters in the Transvaal. *Hydrobiologia* 18 (1-2): 1-76.

ALLANSON, B.R. & GIESKES, J.M.T.M. 1961. An introduction to the limnology of Hartbeespoort Dam, with special reference to the effect of industrial and domestic pollution. *Hydrobiologia* 18 (1-2): 78-97.

ANDERSON, N.H. 1966. Depressent effect of moonlight on activity of aquatic insects. *Nature* 209: 319 -320.

ANDERSON, R.M., GORDON, D.M., CRAWLEY, M.J. & HASSEL, M.P. 1982. Variability in the abundance of animal and plant species. *Nature* (London) 296: 245-8.

ANONIEM. 1979. Criteria document in support of a drinking water standard for fluoride. Final Report. Canadian Public Health Association, Ottawa.

ANONIEM. 1984. Die algemene en spesiale standaard vir die suiwering van afvalwater of afloop. Bylaag I van Staatskoerant 1994. Pretoria: Staatsdrukker.

ANONIEM. 1986. Management of the water resources of the Republic of South Africa. Department of Water Affairs CTP Book Printers, Cape Town.

ANONIEM. 1987. Quality criteria for water 1986. US Environmental Protection Agency, Washington D.C.

ANONIEM. 1991. Canadian water quality guidelines. Canadian Council of Resource and Environment Ministers. Inland Water Directorate, Environment Canada, Ottawa.

- ANONIEM. 1993. South African Water Quality Guidelines. Volume 3: Industrial Use. Department of Water Affairs and Forestry. First edition 1993.
- BALLOCH, D., DAVIES, C.E. & JONES, F.H. 1976. Biological assessment of water quality in three British Rivers: the North Esk(Scotland), the Ivel(England) and the Taf (Wales). *Water Pollution Control* 76: 92-110.
- BREEN, C.M. 1991. Are intermittently flooded wetlands in arid environments important conservation sites? *Madoqua* 17:61-65.
- BREEN, C.M., HEEG, J., & SEAMAN, M. 1993. South Africa. In: Handbook of Vegetation Science, Vol 15/2, (ed) H. Lieth, Wetlands of the world: Inventory, ecology and management, Vol 1, (eds) D. Whignam, D. Dykyjova & S. Hejny. pp 79-110 & 114-128.
- BRINKHURST, R.O. 1963. A guide to the identification of British aquatic Oligochaeta. *Sci. Publs. Freshwat. Biol. Ass.* 22.
- BRINKHURST, R.O., CHUA, K.E. & KAUSLIK, N. 1972. Interspecific interactions and selective feeding by tubificid oligochaetes. *Limnol. Oceanogr.* 17: 122-33.
- BRINKHURST, R.O. & COOK, D.G. 1974. Aquatic earthworms (Annelida, Oligochaeta). In: *Pollution ecology of freshwater invertebrates*, eds. C.W. HART & S.L.H. FULLER. pp. 143-156. New York, Academic Press.
- BROCK, T.D. & MADIGAN, M.T. 1991. Biology of microorganisms. 6th edition. London. Prentice Hall. 874p.
- BROWN, C.B. 1960. Effects of land use and treatment on pollution. National Conference on Water Pollution, Washington DC. December, 1960.
- CHERRY, D.S., LARRIC, S.R., GUTHRIE, R.K., DAVIS, E.M. & SHERBERGER, F.F. 1979a. Recovery of invertebrate and vertebrate populations in a coal ash stressed drainage system. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 36: 1089-96.

CHERRY, D.S., GUTHRIE, R.K., SHERBERGER, F.F. & LARRIC, S.R. 1979b. The influence of coal ash and thermal discharges upon the distribution and bioaccumulation of aquatic invertebrates. *Hydrobiologia* 62: 257-67.

CHUTTER, F.M. 1963. Hydrobiological studies on the Vaal River in the Vereeniging area. Part 1. Introduction, water chemistry and biological studies on the fauna of habitats other than muddy sediments. *Hydrobiologia* 21 (1-2) : 1-65.

COMBRINCK, J.J. 1966. 'n Kwantitatiewe en kwalitatiewe ondersoek van die plankton van Baberspan. Ongepubliseerde verhandeling, Potch. Univ. vir CHO, R.S.A.

CORDONE, N.J. & KELLY, D.W. 1960. The influence of inorganic sediment on the aquatic life of streams. *Calif. Fish game* 47: 189-228.

COUTANT, C.C., WASSERMAN, C.S., CHUNG, M.S., RUBIN, D.B. & MANNING, M. 1978. Chemistry and biological hazard of a coal ash seepage stream. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 50: 747-53.

ELLIS, M.M. 1936. Erosion silt as factor in aquatic environments. *Ecology* 17: 29-42.

FRYER, G. 1987. Quantitative and Qualitative: numbers and reality in the study of living organisms. *Freshwater Biology* 17: 177-89.

GELDENHUYS, J.N. 1982. Classification of pans in the western Orange Free State according to vegetation structure, with reference to avifaunal communities. *South African Journal of Wildlife Research* 12: 55-62.

GOODMAN, D. 1975. The theory of diversity-stability relations in ecology. *Quarterly Review of Biology* 50: 237-66.

HAMER, M.L. & APPLETON, C.C. 1991a. Physical and chemical Characteristics and phyllopod fauna of temporary pools in north-eastern Natal, Republic of South Africa. *Hydrobiologia* 212: 95-104.

- HAMER, M.L. & APPLETON, C.C. 1991b. Life history adaptations of phyllopods in response to predators, vegetation and habitat duration in north-eastern Natal. *Hydrobiologia* 212: 105-116.
- HARRISON, A.D. & ELSWORTH, J.F. 1958. Hydrobiological studies on the Great Berg River, Western Cape Province. Part 1. General description, chemical studies and main features of the flora and fauna. *Trans. Roy. Soc. S.Afri.* 35: 125-226.
- HARRISON, A.D. 1961. The role of river fauna in the assessment of pollution. C.S.I.R. Reprint R.W. Ao. 130.
- HART, B.T. 1992. Ecological condition of Australian rivers. *Search* 23: 33-37.
- HELLAWELL, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Science Publishers. England.
- HUGHES, B.D. 1978. The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates in streams. *Water Research* 12: 359-86.
- HULBERT, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-86.
- HUTCHINSON, G.E. 1932. A contribution to the hydrobiology of pans and other inland waters in South Africa. *Archiv. Hydrobiol.* 24: 51-154.
- KEMPSTER, P.L., HATTING, W.H.J. & VAN VLIET, H.R. 1980. Summarized Water Quality Criteria. Department of Environment Affairs. Hydrological Research Institute. Technical Report No TR 108: 1-44.
- KING, D.L. & BALL, R.C. 1964. A quantitative biological measure of stream pollution. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 36: 650-3.

- KOK, D.J. 1987. Invertebrate inhabitants of temporary pans. *African Wildlife* 41:239.
- LEARNER, M.A. 1975. Insecta. In: Ecological aspects of used-water treatment. Vol 1. The organisms and their ecology, eds. C.R. CURDS & H.A. HAWKES. London: Academic Press.
- MACLEAN, G.L. 1985. Robert's birds of Southern-Africa. The Trustees of the John Voelcker Bird Book Fund. Cape Town.
- MCCARTHY, L.T. & KEIGHTON, W.B. 1964. Quality of Delaware River water at Trenlau, New Jersey Geological Survey Water - Supply Paper 1779-X PP. 36-37. Washington, DC., US Government Printing Office.
- MEINTJES, S., SEAMAN, M.T. & KOK, D.J. 1994. Duration of inundation and change in physical and chemical characteristics of small temporary pans in South Africa. *Hydrobiologia* 281:79-90.
- MICHAEL, M.D. 1991. Vorderingsverslag oor rehabilitasie op Molensteenpan asdam by Taaibos en Highveld kragentrales. TRR/S/91/121/RW. Eskom. Wetenskaplike ondersoek.
- MILLER, G(Jr). 1981. Simultaneous statistical inference. Second Edition. Springer-Verlag. New York. p166.
- MORANT, P.D. 1983. Wetland classification: towards an approach for southern Africa. *Journal of the Limnological Society of southern Africa* 9:76-84.
- NORRIS, R.H., LAKE, P.S., & SWAIN, R. 1982. Ecological effects of mine effluents on the South Esk River, North-eastern Tasmania. III. Benthic macroinvertebrates. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 33: 789-809.

NORRIS, R.H. 1986. Mine waste pollution of the Molongo River, New South Wales and the Australian Capital Territory: effectiveness of remedial works at Captains Flat mining area. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 147-57.

OLIFF, W.D. 1960. Hydrobiological studies on the Tugela River system. Part 1. The main river. *Hydrobiologia* 15 (3-4): 281-385.

PARRIS, R. 1984. Pans, rivers and artificial waterholes in the protected areas of southwestern Kalahari. *Koedoe Supplement* pp 63-82.

PELCZAR, J., CHAN, E.C.C. & KRIEG, N.R. 1986. Microbiology. International Student Edition. 5th ed. New York. McGraw-Hill. 918p.

PLAFKIN, J.L., BARBOUR, M.T., PORTER, S.K., GROSS, S.K. & HUGHES, R.M. 1989. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers. Benthic Macroinvertebrates and Fish*. EPA/444/4-89/001. Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

ROODE, M.C. 1966. 'n Ondersoek na die bentos in Baberspan. Ongepubliseerde verhandeling, Potch. Univ. vir CHO, R.S.A.

ROSE, D. & MARRIER, J.R. 1978. Environmental fluoride 1977. NRC NO. 16801. Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, National Research Council of Canada, Ottawa.

ROSENBERG, D.M., DANKS, H.V. & LEHMKUHL, 1986. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environ. Man.* 10: 773-783.

ROSENFELD, I. & BEATH, O.A. 1991. Selenium: Geobotany, biochemistry, toxicology and nutrition. Academic Press, New York.

SCHINDLER, D.W. 1987. Detecting ecosystem responses to anthropogenic stress. *Can. J. Fish. Aquati. Sci.* 44 (Suppl. 1): 6-25.

- SCHUURMAN, J.F.M. 1932. A seasonal study of the microflora and microfauna of Florida Lake, Johannesburg, Transvaal. *Trans. Roy. Soc. S. Afr.* 20: 333-386.
- SCHOONBEE, H. J. 1964. A hyrobiological investigation of the Umgeni River system, Natal, and its bearing on the ecological interpretation of faunal communities in South African rivers. Ongepubliseerde proefskrif, PU vir CHO, R.S.A.
- SCHOONBEE, H. J. 1962. An account of the hydrobiology of the Umgeni estuary and Zeekoe River with special reference to pollution. Ongepubliseerde verhandeling, PU vir CHO, R.S.A.
- SEAMAN, M.T., ASHTON, P.J. & WILLIAMS, W.D. 1991a. Inland salt waters of southern Africa. *Hydrobiologia* 210: 87-91.
- SEAMAN, M.T., KOK, D.J., VON SCHLICHTING, B.J. & KRUGER, A.J. 1991b. Natural growth and reproduction in *Triops granarius* (Lucas) (Crustaceae: Notostraca). *Hydrobiologia* 212: 87-94.
- SEAMAN, M.T., KOK, D.J. & MEINTJES, S. 1994. Predicting and describing the inundation in a temporary pan. Proceedings of International Congress on Anostraca, Notostraca and Conchostraca. *Hydrobiologia* (In Press).
- SHANNON, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27:379-423, 623-56.
- SIMPSON, E.M. 1949. Measurement of diversity. *Nature* (London) 163:688.
- SMITHERS, R.H.N. 1971. The mammals of Botswana. *Memoirs of the Natural History Museum of Rhodesia* 4: 1-339.
- STADTMAN, T.C. 1974. Selenium in the environment. *Science* 183: 915-922.

- TAYLOR, I. 1991. Barn Owls (predator-prey relationships and conservation). *Birds of Prey Bulletin*. No 4.
- TAYLOR, L.R. 1980. New light on the variance/mean of aggregation and transformation: comment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37:1330-2.
- VAN OUDTSHOORN, F. 1992. Gids tot die grasse van Suid-Afrika. Nasionale Boekdrukkery, Kaapstad.
- WARNICK, S.L. & BELL, H.I. 1969. The acute toxicity of some heavy metals to different species of aquatic insects. *J. Water Pollut. Control Fed.* 4: 280-284.
- WEIDERHOLM, T. 1971. Bottom fauna and cooling water discharges in a basin of lake Malaren. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottingholm* 51:197-214.
- WHITTAKER, R.H. 1952. A study of summer foliage insect communities in the Great Smokey Mountains. *Ecological Monographs* 22:1-44.
- WILLIAMS, D.D. & FELTMATE, B.W. 1992. Aquatic Insects. UK. Redwood Books Ltd, Trowbridge.
- WREN, C.D. & STEPHENSON, G.L. 1991. The effect of acidification on the accumulation and toxicity of metals to freshwater invertebrates. *Environmental Pollution* 71: 205-241.