

**‘n Studie van die gesondheid van die Olifantsrivier
soos weerspieël deur die makro-
invertebraatbiodiversiteit en geselekteerde abiotiese
faktore**

M. Kemp

20797192

Verhandeling voorgelê ter voldoening vir die graad *Magister Scientiae* in
Omgewingswetenskappe aan die Potchefstroomkampus van die
Noordwes-Universiteit

Studieleier: Prof C. T. Wolmarans

September 2012

Potchefstroom, Suid-Afrika

Aan my Ouers

Vir hulle onvoorwaardelike glo in my en vir soveel meer



Abstract

This project entailed a complete study of the aquatic macroinvertebrate biodiversity and several abiotic factors at selected sites in the Olifants River and tributaries. The Olifants River Catchment area is subjected to a number of negative impacts from various activities and stretches of this river is under threat and considered as being critically transformed.

During this study, four surveys, over a period of two years, were conducted at seven preselected sites in the Olifants River and tributaries (Steenkoolspruit, Blyde River and Ga-Selati River). During each survey aquatic macroinvertebrates were collected in vegetation and sediment biotopes, while the pH, electrical conductivity and temperature were measured *in-situ*, using portable instruments. Water samples were also collected at the various sites while the coordinates and height above sea level were determined at each sampling site. In the laboratory, the macroinvertebrate samples were sorted, identified, classified and counted and biodiversity lists were compiled. The SASS5 and MiniSASS sensitivity guidelines were used to categorise all the macroinvertebrates collected during this study. A comprehensive chemical analysis was performed on all water samples. Relevant statistical analyses were done. A total number of 101 taxa were collected during this study of which seven families were categorised as highly sensitive, 41 as moderately sensitive and 53 as tolerant. From the results it was evident that the sites in the Olifants River and tributaries, evaluated during this study, varied from natural to critically transformed. Due to the complexity of this data, it was not possible to come to any meaningful conclusions regarding the general ecosystem health of the Olifants River.

Inhoudsopgawe

Abstract:	i
Hoofstuk 1: <i>Inleiding</i>	1
Hoofstuk 2: <i>Materiaal en metodes</i>	
2.1 Studiegebied	3
2.2 Veldwerk	11
2.3 Laboratoriumwerkswyses	12
2.4 Dataverwerking	12
2.5 Sensitiwiteit- en Eko-kategoriebepalings	12
2.6 Vloedata-verwerking	13
2.7 Statistiek	
2.7.1 Statistiese ontledings	13
2.7.2 Verkennende statistiek	14
Hoofstuk 3: <i>Die bepaling van die akwatiese makro-invertebraatdiversiteite en geselekteerde abiotiese faktore</i>	
3.1 Resultate	15
3.2 Bespreking	44

Hoofstuk 4: *Die bepaling van akwatiese makro-invertebraatfamilie-sensitiwiteitsgroepe asook die ekologiese kategorieë van die geselekteerde lokaliteite volgens SASS5*

4.1 Resultate	49
4.2 Bespreking	65

Hoofstuk 5: *Konsentrasies van geselekteerde chemiese elemente, soos gemeet tydens die eerste drie opnames en 'n vergelyking daarvan met die Suid-Afrikaanse Waterkwaliteitsriglyne vir Akwatiese Ekostelsels*

5.1 Resultate	71
5.2 Bespreking	81

Hoofstuk 6: *Samevatting* 85

Bedankings 86

Literatuurlys 87

Bylaag 96

Hoofstuk 1

Inleiding

Riviere in Suid-Afrika is belangrike waterbronne en onderhou 'n ryk biodiversiteit van fauna en flora. Toenemende druk op hierdie riviere en hulle opvanggebiede kan 'n enorme impak op die lewe wat hulle onderhou, uitoefen (Buermann *et al.* 1995).

Die Olifantsrivieropvanggebied strek oor Gauteng-, Limpopo- en Mpumalangaprovinsie. Hierdie rivier ontspring naby Hendrina, kronkel deur die Witbank en Middelburg hoëveld, oor die Springbokvlakte en vloei deur die Laeveld, Kruger Nasionale Park tot in Mosambiek, waar dit as 'n sytak by die Limpoporivier aansluit (IWMI 2007). Die opvanggebied beslaan 'n oppervlak van 54 475km² en het 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 631mm (IWMI 2007). Die topografie wissel tussen 300 tot 2 300m bo seevlak en landgebruik sluit onder meer landbou (100 000ha), woude (71 00 ha) en die Kruger Nasionale Park (20 000 ha) in. Watergebruik sluit stedelike ontwikkeling, grootskaalse mynbou en industriële praktyke, besproeiing vir landbou-aktiwiteite, rekreasie en die omgewing in (IWMI 2007). Minstens 30 groot damme in die opvanggebied het elkeen 'n bepaalde impak op die Olifantsrivier, deurdat dit onder andere as opgaarbronne vir onder andere industriële kontaminasie en organiese stowwe optree (Ballance *et al.* 2001).

Meer as die helfte van Suid-Afrika se elektrisiteit word in die Olifantsrivieropvanggebied gegenereer en sewe kragstasies, wat deur steenkoolmyne in die omgewing onderhou word, is in die opvanggebied geleë (IWMI 2007). Ander omvattende mynbou-aktiwiteite sluit onder meer vanadium- en chroommyne by Steelpoort, koper- en fosformyne by Phalaborwa en platinummyne op verskeie plekke in die opvanggebied in (Beumer 2010). Daarbenewens is daar minstens 20 dorpe in die opvanggebied wat 'n steeds groeiende bevolking van mense (IWMI 2007) huisves.

Die negatiewe impakte van bogenoemde ontwikkelinge op die Olifantsrivier word te weeg gebring deur nywerheidsuitskot, huishoudelike en industriële afvalwater, suurmyndreinerings, landbou afloopwater en rommel (Ballance *et al.* 2001).

Die Olifantsrivieropvanggebied is in die konteks van ekologiese-gesondheid reeds uitgewys as een van die mees besoedelde waterstelsels in die noordoostelike deel van Suid-Afrika en een van die riviere wat onder grootste ekologiese stres verkeer (Grobler, Kempster & van der Merwe 1994; Beumer 2010). Van Vuuren (2009) beskryf die Olifantsrivier as een van die mees "bedreigde" rivierstelsels in Suid-Afrika en volgens Grobler *et al.* (1994) word die rivier ook in geheel beskou as gedegradeer en gekontamineer deur verskeie metale en ander chemiese stowwe. Alhoewel die rivier, soos bo genoem, dikwels as een van die mees besoedelde riviere in Suidelike Afrika beskryf word (Batchelor 1992; Engelbrecht 1992), varieer die kwaliteit van die ekologiese-stelsels van matig tot swak (Ballance *et al.* 2001). Hierdie verskynsel mag

stroomaf gevolge vir beide mens en dier, plaaslik en internasionaal (Mosambiek en Indiese Oseaan), inhou.

Om die reeds genoemde impakte op riviere in Suid-Afrika te evalueer, is die Riviergesondheidsprogram (RGP 2011) in 1994 deur die Departement van Waterwese en Bosbou (DWAF) geloods. Hierdie program maak gebruik van verskeie indekse, onder andere die 'South African Scoring System Version 5' (SASS5). Die SASS5-indeks word gebruik om riviere se algemene gesondheid te meet en te monitor en is gebaseer op die teenwoordigheid van akwatiese makro-invertebraatfamilies (Dickens & Graham 2002). Hierdie makro-invertebrate is bekend vir hul sensitiwiteit ten opsigte van waterkwaliteitsveranderinge asook ten opsigte van habitattransformasie. Die feit dat hierdie indeks egter 'n vinnige moniteringstegniek is, kan daartoe aanleiding gee dat die teenwoordigheid van verskeie families moontlik oorgesien kan word en sodoende mag daar belangrike inligting aangaande die makro-invertebraatdiversiteit versluier word.

Akwatiese makro-invertebrate as sodanig, kan egter nie 'n geheelbeeld van 'n rivier se gesondheid weergee nie en dit is dus noodsaaklik om parameters soos pH, geleiding, temperatuur, opgeloste suurstof en anorganiese opgeloste stowwe ook te meet. DWAF het unieke waterkwaliteitsriglyne vir Suid-Afrikaanse akwatiese ekosistels ontwikkel en bepaalde empiriese kriteria is vir 'n stel geselekteerde anorganiese gifstowwe neergelê (Roux, Jooste & MacKay 1996). Hierdie kriteria is tydens die ondersoek gebruik om verskeie gemete elemente mee te vergelyk.

Aangesien daar steeds 'n tekort aan gedetailleerde inligting aangaande die makro-invertebraatbiodiversiteit sowel as bedenkinge oor die doeltreffendheid van moniteringspogings in die Olifantsrivierstelsel (De Villiers & Mkwelo 2009) bestaan, is daar in die huidige ondersoek gepoog om die bepaalde leemte aan te vul.

Hierdie studie het oor 'n tydperk van twee jaar gestrek, waarin vier opnames tydens hoog- en laagvloeytydperke by sewe vooraf-geselekteerde lokaliteite gedoen is.

Die doel van hierdie studie was om:

- 'n volledige biodiversiteitslys vir die akwatiese makro-invertebrate van geselekteerde lokaliteite in die Olifantsrivier en sytakke saam te stel, asook om geselekteerde fisiese en chemiese elemente wat die biodiversiteit moontlik mag beïnvloed, te meet.
- die biodiversiteitslys en SASS5 se sensitiwiteitswaardes vir akwatiese organismes te gebruik om ekologiese kategorieë te bepaal om sodoende die ekosistels-gesondheid by elke lokaliteit te evalueer.
- die toksisiteitsstatus van chemiese elemente wat tydens die studie gemeet is, volgens die Suid-Afrikaanse Waterkwaliteitsriglyne Volume 7 vir Akwatiese Ekosistels (Holmes 1996) te bepaal.

Hoofstuk 2

Materiaal en Metodes

2.1 Studiegebied

Tabel 2.1: Fisiese eienskappe van lokaliteit 1.

Lokaleiteit 1 Olifantsrivier naby oorsprong, Ermelodistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Hoëveld bo. Bergrivierstreek.
Koördinate	S 26° 19' 46.4" O 29° 43' 38.9".
Hoogte bo Seevlak	1 164m.
Beskrywing	Hierdie deel van die rivier is die bo-loop, fonteinagtig, klipperig en vlak met vinnigvloeiende water. Intermediêre-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Typha capensis</i> , <i>Phragmites australis</i> en <i>Berula erecta</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 46.83%; stedelike ontwikkeling, 0.04%; mynbou, 0.23%; natuurlike grasveld, 52.21%; ander, 0.68%.
Weerstasie	Olifantsrivier by Middelkraal. S 26° 30' 1.3" O 29° 27' 30.9".

Tabel 2.2: Fisiese eienskappe van lokaliteit 2A.

Lokaleiteit 2A Olifantsrivier, Witbankdistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Hoëveld onder. Bergrivierstreek.
Koördinate	S 26° 00' 00.0" O 29° 17' 50.3".
Hoogte bo Seevlak	1 510m.
Beskrywing	Die substraat is modderig tot sanderig met helder, stadig tot vinnigvloeiende water. Afsettings-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Typha capensis</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Cyperus sp.</i> en <i>Juncus lomatophyllus</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 40.72%; stedelike ontwikkeling, 1.46%; mynbou, 9.21%; natuurlike grasveld, 46.32%; ander, 2.29%.
Weerstasie	Olifantsrivier by Wolwekrans. S 26° 00' 23.6" O 29° 15' 14.5".

Tabel 2.3: Fisiese eienskappe van lokaliteit 2B.

Lokaleiteit 2B Steenkoolspruit, Bethaldistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Hoëveld onder. Bergrivierstreek.
Koördinate	S 26° 11' 33.7" O 29° 15' 55.8".
Hoogte bo Seevlak	1 494m.
Beskrywing	Water is helder en vinnigvloeiend met 'n klipperige substraat. Sand en modder is hier afwesig. Intermediêre-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Phragmites australis</i> , <i>Cyperus sexangularis</i> , <i>Veronica anagallis-aquatica</i> en <i>Persicaria lapathifolia</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 42.22%; stedelike ontwikkeling, 1.19%; mynbou, 3.03%; natuurlike grasveld, 52.61%; ander, 0.95%.
Weerstasie	Steenkoolspruit by Middeldrift. S 26° 08' 10.9" O 29° 16' 11.2".

Tabel 2.4: Fisiese eienskappe van lokaliteit 3A.

Lokaleiteit 3A Olifantsrivier, Letabadistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Laeveld – onder. Voetheuwel.
Koördinate	S 24° 11' 14.3" O 30° 49' 31.1".
Hoogte bo Seevlak	376m.
Beskrywing	Water is helder, vlak en stadigvloeiend met 'n sanderige substraat. Erosie-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Phragmites mauritanus</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 5.70%; stedelike ontwikkeling, 3.94%; boomveld, 31.66%; ruigtes en bosveld, 23.23%; gedegradeerde woude, boomveld, ruigtes en bosveld, 31.66%; ander, 3.81%.
Weerstasie	Olifantsrivier by Oxford. S 24° 11' 05.0" O 30° 49' 22.8".

Tabel 2.5: Fisiese eienskappe van lokaliteit 3B.

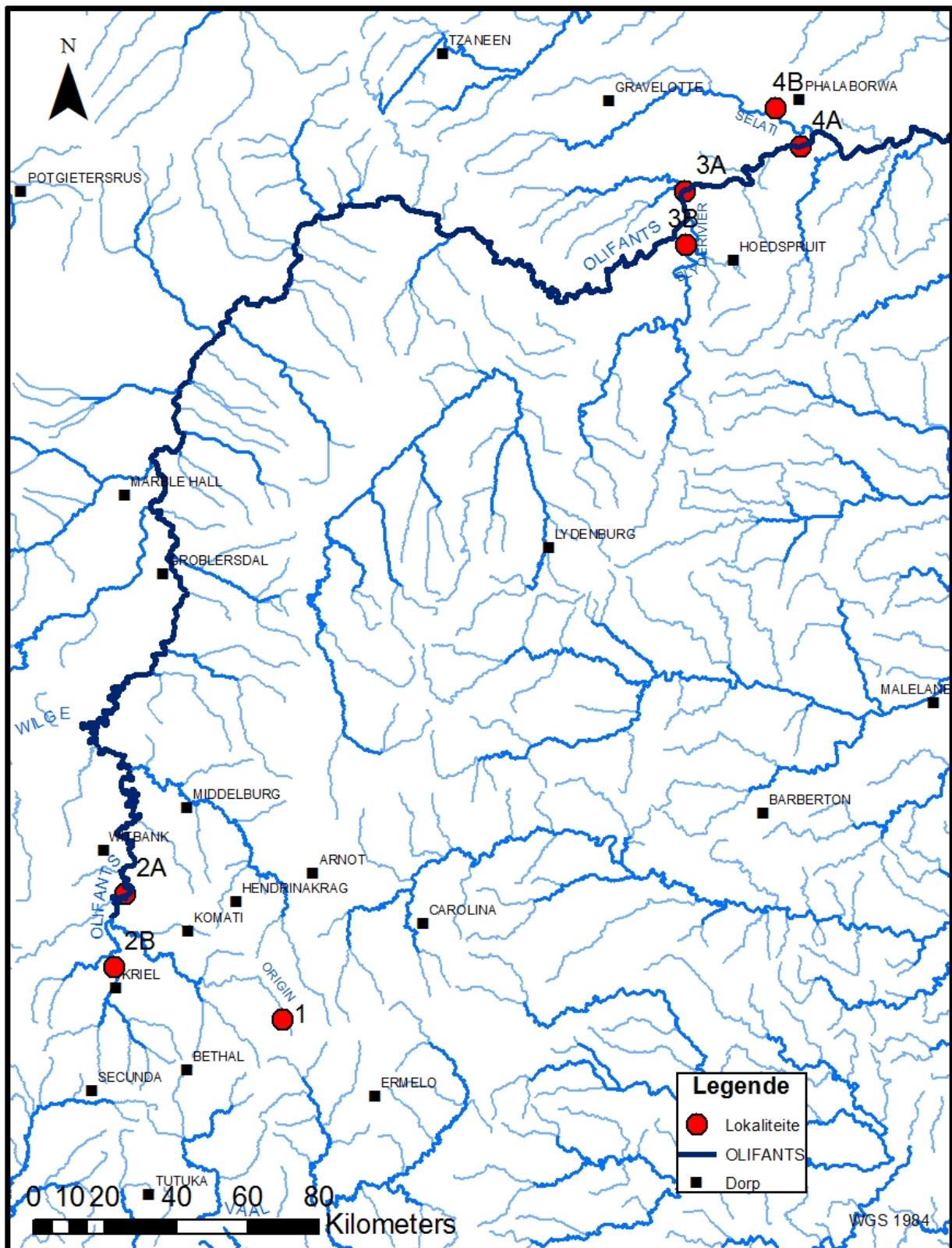
Lokaleiteit 3B Blyderivier, Pelgrimsrusdistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Oostelike Eskarp – onder. Voetheuwel.
Koördinate	S 24° 19' 47.0" O 30° 49' 50.6".
Hoogte bo Seevlak	448m.
Beskrywing	Water is helder, stadig- tot vinnigvloeiend met 'n modder- tot sanderige substraat. Erosie-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Phragmites mauritanus</i> , <i>Cyperus eragrostis</i> en <i>Persicaria decipiens</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 13.21%; stedelike ontwikkeling, 1.36%; mynbou, 0.04%, ruigtes en bosveld, 39.43%; boomveld, 40.47%; ander, 5.55%.
Weerstasie	Blyderivier by Driehoek. S 24° 31' 22.7" O 30° 40.9".

Tabel 2.6: Fisiese eienskappe van lokaliteit 4A.

Lokaleiteit 4A Olifantsrivier, suid van Phalaborwa, Letabadistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Laeveld – onder. Voetheuwel.
Koördinate	S 24° 04' 23.1" O 31° 08' 28.8".
Hoogte bo Seevlak	316m.
Beskrywing	Rivier is breed en diep met helder, stadigvloeiende water en sand- tot klipperige substraat. Afsettings-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha capensis</i> , <i>Cyperus marginatus</i> , <i>Schoenoplectus paludicola</i> , <i>Ludwigia adscendens diffusa</i> , <i>Potamogeton crispus</i> , <i>Azolla pinnata</i> en <i>Spirodela</i> sp. verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 0.26%; stedelike ontwikkeling, 0.43%; mynbou, 0.14%; boomveld, 96.10%; ander, 2.47%.
Weerstasie	Olifantrivier by Kruger Nasionale Park. S 24° 03' 58.6" O 31° 14' 34.4".

Tabel 2.7: Fisiese eienskappe van lokaliteit 4B.

Lokaleiteit 4B Ga-Selatirivier, wes van Phalaborwa, Letabadistrik.	
	
Eko-streek en Riviersone	Laeveld – onder. Laaglandstreek.
Koördinate	S 23° 58'48.0" O 31° 04' 21.6".
Hoogte bo Seevlak	297m.
Beskrywing	Water is troebel en stadigvloeiend met 'n modderige substraat. Die rivier is digbegroei met dekriet. Erosie-sone.
Plantegroei	Plantegroei word hoofsaaklik deur <i>Phragmites mauritanus</i> , <i>Cyperus marginatus</i> en <i>Veronica anagallis-aquatica</i> verteenwoordig.
Persentasie grondgebruik in die opvanggebied	Aanplantings, 0.71%; stedelike ontwikkeling, 3.38%; mynbou, 4.16%; boomveld, 75.29%; gedegradeerde woude en boomveld, 14.19%; ander, 2.27%.
Weerstasie	Ga-Selatirivier by Loole. S 24° 02'11.1" O 31° 07'41.6".



Figuur 2.1: Kaart van die studiegebied

Die studie is by sewe voorafgeselekteerde lokaliteite in die Olifantsrivier en verskeie sytakke uitgevoer. Hierdie sytakke sluit die Steenkoolspruit, Blyderivier en Ga-Selatirivier in. Die sewe lokaliteite was oor vier Eko-streke wat die Hoëveld-bo, Hoëveld-onder, Oostelike Eskarp-onder en Laeveld-onder insluit, versprei (RGP 2011). In navolging van Cummins (1972) is hierdie lokaliteite ook in erosie-, intermediêre- en afsettings-sones ingedeel.

2.2 Veldwerk

Twee veldopnames per jaar is by elke lokaliteit vir twee opeenvolgende jare uitgevoer.

Makro-invertebrate is met skepnette bestaande uit 'n stewige steel en 'n 30 cm vierkantige raamwerk waaraan 'n net van Perlon[®]-gaas met 'n maasgrootte van 1 mm geheg is, versamel. Plantegroei sowel as substraat is by elke lokaliteit vir ongeveer 15 minute elk met die genoemde skepnette versamel. Klipperige substrate is gemonster deur die klippe te skop en met die skepnet stroomaf oor die versteurde gebied heen en weer te skep (Dickens & Graham 2002). Substrate wat uit gruis, sand of modder bestaan het, is op 'n soortgelyke wyse gemonster deur die oppervlak met die voet in beroering te bring en weereens met die skepnet stroomaf heen en weer oor die versteurde gebied te skep (Dickens & Graham 2002). Die inhoud van die skepnet is telkens na 'n reghoekige, wit plastiekbak (360 X 470 X 80 mm) wat tot op 'n hoogte van ongeveer 40 mm met habitatwater gevul was, oorgedra. Growwe materiaal is vervolgens versigtig met die hand verwyder en die inhoud van die plastiekbak is in 'n kegelvormige net met 'n maasgrootte van 0.25 mm wat op staander gesuspendeer was, gedekanteer. Die inhoud van die net is daarna na 'n 1 000 ml plastiekhoutjie met 'n digsluitende deksel oorgeplaas en 'n voldoende volume 90% etanol is bygevoeg om die monster te preserveer. Die houers is vervolgens met die nodige inligting geëtiketteer. Monsters in die rand- en akwatiese plante is geneem deur die skepnet kragtig heen en weer deur die plante te sleep. Die inhoud van die net is vervolgens op 'n soortgelyke wyse as dié van die substraatmonsters behandel. Die monsters is vir verdere verwerking na die laboratorium vervoer.

Die geleidingsvermoë, pH en temperatuur is tydens elke opname *in-situ* by elke lokaliteit met behulp van draagbare, digitale instrumente gemeet. Die ruitverwysings en hoogte bo seevlak is eenmalig met behulp van 'n Garmin Nuvi 500 GPS bepaal.

Watermonsters is tydens die eerste drie opnames by elke lokaliteit vir verdere analyses versamel. Watermonsters is met 'n 1 000 ml plastiekhoutjie versamel en vir verdere analyses in geëtiketteerde 1 000 ml plastiekhoutjies geplaas.

Die dominante rand-en akwatiese plante is telkens met behulp van 'n gids (Gerber *et al.* 2004) geïdentifiseer en neergeskryf.

2.3 Laboratoriumwerkswyses

In die laboratorium is die makro-invertebraatmonsters met behulp van 'n stereo-mikroskoop, toegerus met beligting van bo en op 'n skuif tafel met beligting van onder, ondersoek om die organismes voorlopig te sorteer. Elke groep is in 'n 100 ml glasflessie met 'n digsluitende skroefdeksel oorgeplaas en 70% etanol is as preserveermiddel bygevoeg. Elke flessie is geëtiketteer waarna verdere identifikasie plaasgevind het. Identifikasie is gedoen deur van die bogenoemde mikroskoop, die Gidse tot die Varswater-invertebrate van Suidelike Afrika (Hamer 1999; Seaman, Kok & Watson 1999; Griffiths & Stewart 2001; Hart, Stewart & Bickerton 2001; Kensley 2001; Martens 2001; Rayner 2001; Van As & Van As 2001; Appleton 2002a; Appleton 2002b; Dippenaar-Schoeman 2002; Jansen van Rensburg & Day 2002; Oosthuizen & Siddall 2002; Rayner, Appleton & Millard 2002; Van Hoven & Day 2002; Barber-James & Lugo-Ortiz 2003; Coetzee 2003; De Meillon & Wirth 2003; De Moor 2003; De Moor & Scott 2003; Harrison 2003; Harrison, Prins & Day 2003a; Harrison *et al.* 2003b; Henning 2003; Mansell 2003; Reavell 2003; Samways & Wilmot 2003; Biström 2007; Endrödy-Younga 2007a; Endrödy-Younga 2007b; Endrödy-Younga & Stals 2007a; Endrödy-Younga & Stals 2007b; Endrödy-Younga & Stals 2007c; Endrödy-Younga & Stals 2007d; Grobbelaar 2007; Nelson, 2007a; Nelson 2007b; Perkins 2007; Shepard & Lee, 2007; Stals 2007a; Stals 2007b; Stals & Endrödy-Younga 2007) wat vir die Water Navorsingsraad in Pretoria voorberei is, sowel as aanvullende literatuur (Davies & Day 1998; Gerber & Gabriel 2002a; Gerber & Gabriel 2002b) gebruik te maak. Waar moontlik is elke organisme tot op genusvlak geïdentifiseer en getel maar andersins is met identifikasie tot op familievlak volstaan.

Watermonsters is vir chemiese analyses na die Eco-Analytica laboratorium, in Potchefstroom, geneem.

2.4 Dataverwerking

Data van geïdentifiseerde en gekwantifiseerde spesies is gebruik om biodiversiteitstabelle met behulp van Microsoft Office Excel 2007 saam te stel. Tabelle is vir elke lokaliteit opgestel met variasies wat hoogvloei- en laagvloei-eisoene asook aparte en gekombineerde data vir plant- en sedimentmonsters ingesluit het. Die totale aantal individue soos by die onderskeie lokaliteite gevind en totale persentasie van die taksa versamel, word in Tabel A, in die bylaag, weergegee. In gevalle waar verteenwoordigers van families tot op spesievlak geïdentifiseer is, is hierdie spesies in Tabel B, in die bylaag, saamgevat.

2.5 Sensitiwiteit- en Eko-kategoriebepalings

Nadat makro-invertebrate versamel, geïdentifiseer en die tabelle opgestel is, is 'n bestaande sensitiwiteitswaarde aan elke familie toegeken en die totale SASS-telling

(Totale Sensitiwiteitswaarde (TSW)) vir 'n lokaliteit is vervolgens bereken. Die SASS-telling is dan gedeel deur die totale aantal taksa wat by die lokaliteit versamel is en 'n gemiddelde waarde per takson (GWPT) is bereken. Die Eko-kategorie vir 'n bepaalde lokaliteit is met behulp van die voorafvasgestelde Eko-streek Vlak 2 van die lokaliteit en die GWPT vasgestel. Eko-kategorieë kan wissel tussen A en E/F waarvan A die mees natuurlike habitat en E/F 'n ernstig of krities getransformeerde habitat is (Dallas 2007).

Waar 'n bepaalde familie nie deur SASS5 se sensitiwiteitsblad gekategoriseer is nie, is na die hoër takson-klassifikasie in MiniSASS (2009) gekyk vir 'n waarde en waar daar nie in SASS5 of MiniSASS van die familie melding gemaak was nie, is daar 'n neutrale sensitiwiteitswaarde van 6 aan die bepaalde familie toegeken. Die sensitiwiteitswaardes van die verskillende families is in die bylaag (Tabel C) weergegee.

2.6 Vloedata-verwerking

Vloedata van die Olifantsrivier en sytakke is vanuit datastelle op die Departement van Waterwese se webtuiste verkry (DWAf 2011). Vloeistasies wat so na as moontlik aan 'n betrokke lokaliteit geleë was, is telkens vir elke lokaliteit volgens koördinate uit die B- Olifantsdreineringsstreek geselekteer. Riviervloedata is maandeliks vir die tydperk vanaf Januarie 2010 tot en met Oktober 2011 verkry. Data is na 'n Microsoft Office Excel 2007 werkblad oorgedra en in 'n grafiese voorstelling weergegee. Data met betrekking tot die riviervloei (m³/s) en rivierhoogte (m) vir elke lokaliteit, is in Figure A – G in die bylaag weergegee.

2.7 Statistiek

2.7.1 Statistiese ontledings

Spesierikheid (SR): die totale aantal spesies teenwoordig in 'n gemeenskap

Shannon-Wiener-indeks (H'): die waarde van H' kan tussen 1.5 en 3.5 varieer, hoe hoër die waarde, hoe groter die biodiversiteit.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Pielou se eweredigheid (J'): hierdie indeks beskryf die verspreiding van veelheid tussen spesies by 'n gegewe versamelpunt en word as die Shannon-Wiener-indeks (H') gedeel deur die natuurlike logaritme van die totale aantal spesies gedefinieer. In

'n gesonde ekostelsel word aanvaar dat daar konsekwente patrone van eweredigheid in 'n gegewe gemeenskap sal wees wat vervolgens met gemeenskapstabiliteit in verband gebring kan word. Waardes kan tussen 1 en 0 varieer, waar 1 'n eweredige verspreiding van veelheidheid en 0 'n oneweredige verspreiding van veelheid verteenwoordig.

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Standaard-ANOVA: is gedoen om statisties betekenisvolle verskille tussen die lokaliteite uit te wys.

2.7.2 Verkennende statistiek

Hoofkomponentanalises (HKA): hierdie analise verskaf 'n grafiese voorstelling wat die evaluering van groot datastelle moontlik maak (Gao *et al.* 2009). Die doel van 'n HKA is om die kombinasie van veranderlikes toe te lig wat die grootse hoeveelheid data binne in 'n datastel verklaar (Fowler, Cohen & Jarvis 1998).

Tros-analise: hierdie analise gebruik die Euklidiese-afstandmetode en die enkel-skakelingsreël om faktore (ordes en lokaliteite) in trosse te groepeer. 'n Hiërargiese klassifikasie groepeer die homogene faktore in afsonderlike trosse (Sparks, Scott & Clarke 1999).

Alle statistiese analises is gedoen deur van STATISTICA (weergawe 10) en Canoco (weergawe 4) gebruik te maak.

Hoofstuk 3

Die bepaling van die akwatiese makro-invertebraatdiversiteit en geselekteerde abiotiese faktore

Makro-invertebraatgemeenskappe is 'n spieëlbeeld van die onderliggende vloeiëregime en waterkwaliteit of -gesondheid van 'n rivier en word wêreldwyd gebruik om die biologiese integriteit van riviere suksesvol te meet (Thirion 2006). Die benadering wat in hierdie studie gevolg is, het ten doel gehad om 'n volledige beeld van die makro-invertebraatdiversiteit weer te gee deur van kwantitatiewe sowel as kwalitatiewe opnames gebruik te maak. Die feit dat habitattipe en -beskikbaarheid en omgewingsfaktore soos pH, geleiding, temperatuur, watervloei ensovoorts 'n invloed op die biodiversiteit van 'n bepaalde lokaliteit mag hê (Modde, Ford & Parsons 1991; Ebrahimnezhad & Harper 1997; Thirion 2006), is in ag geneem deur ook verskeie omgewingsveranderlikes te meet en waar te neem.

3.1 Resultate

Die resultate wat tydens hierdie ondersoek verkry is, word in Tabele 3.1 tot 3.12 en Figure 3.1 tot 3.7 weergegee.

Tydens die vier opnames by lokaliteit 1 is daar tussen 14 en 35 taksons en tussen 51 en 1 870 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel (Tabel 3.1). Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 3.6 en 77.9 gewissel. Vanuit Tabel 3.1 is dit duidelik dat die grootste aantal organismes per takson tydens die opnames uit Corixidae sp. 1, Baetidae, Chironomidae en Glossophoniidae sp. 1, bestaan het. Die hoë getalle Corixidae en Baetidae was verantwoordelik vir die hoër GGOPT in opname 3 se sedimentmonster.

Tabel 3.1: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 1 in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

Taksa	Lokaliteit 1							
	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Hydroidea								
Hydridae		5		14		7		
Veneroida								
Sphaeriidae sp. 1	5	1	20	13	19	16	1	2
Sphaeriidae sp. 2				6	1	14		9
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1	4		8		2	32	71	8
Physidae sp. 1							3	

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Planorbidae sp. 5		1	5		2	20	6	9
Planorbidae sp. 7						3		
Planorbidae sp. 9							1	
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1	5	16			6	91		
Naididae		1						31
Rhyncobdellida								
Glossophoniidae sp. 1				202		3		
Cladocera								
Daphnidae sp. 1		46		6		84	52	36
Copepoda								
Diaptomidae sp. 1				158				
Cyclopoida		14				1		
Ostracoda				11		1		7
Anostraca								4
Decapoda								
Potamonautidae	2				1		1	1
Ephemeroptera								
Baetidae	7	6	700+	74	18	28	152	102
Caenidae	2		11	4	1	1	4	2
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1			2			1	103	16
Caenagrionidae sp. 2					5			2
Anisoptera								
Aeshnidae sp. 1							3	
Aeshnidae sp. 2							1	3
Corduliidae			2					
Gomphidae sp. 1			1					
Libellulidae sp. 3							1	
Hemiptera								
Belostomatidae		1				1	7	
Corixidae sp. 1	5	12	1000+	246	19		3	163
Corixidae sp. 2	7				16			
Corixidae sp. 3	3				24			
Corixidae sp. 4		2						
Gerridae sp. 1							5	
Gerridae sp. 2					12			
Gerridae sp.3							36	
Gerridae sp. 4							41	
Hebridae							1	

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Mesoveliidae sp. 1							19	1
Naucoridae			10		3			
Notonectidae sp. 1	4	1	7		2			
Notonectidae sp. 2	2				2			
Notonectidae sp. 3			2	2		1	15	11
Pleidae sp. 1						5	96	18
Veliidae sp. 3								1
Coleoptera								
Chrysomelidae						5		
Curculionidae sp. 1							1	
Dytiscidae sp. 1	1			19		8	1	
Dytiscidae sp. 2			2					44
Dytiscidae sp. 3			1					29
Elmidae sp. 1		6				17	1	
Gyrinidae sp. 1			1	1			6	
Haliplidae	1		2		3	1	35	
Hydraenidae sp. 1						3		1
Hydraenidae sp. 2								13
Hydraenidae sp. 3								2
Hydraenidae sp. 4								5
Hydrophilidae sp. 1			1			3	4	
Hydrophilidae sp. 2						2	4	
Hydrophilidae sp. 4								8
Noteridae							7	
Trichoptera								
Hydropsychidae sp. 1			2					
Hydroptilidae sp. 1							6	
Hydroptilidae sp. 2							1	
Diptera								
Chaoboridae			1					
Chironomidae	3	428	87	57	17	320	2	42
Culicidae			1				7	
Dixidae								11
Ephydriidae						47		
Simuliidae			1	1				
Stratiomyidae		1				3		
Tipulidae			1					
Thaumaleidae			2					
Getal organismes:	51	541	1870	814	153	718	731	581
Getal taksons:	14	15	24	15	18	27	35	28
*GGOPT:	3.6	36.1	77.9	53.3	8.5	26.6	20.9	20.8

*Gemiddelde getal organismes per takson

Wat Tabel 3.2 betref, is daar tydens die vier opnames by lokaliteit 2A tussen 10 en 25 taksons en tussen 45 en 1 153 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel. Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 3.5 en 60.7 gewissel.

Die grootste aantal organismes tydens die opnames het uit Corixidae sp. 1, Baetidae, Physidae sp. 1 en Daphnidae sp. 1 bestaan.

Tabel 3.2: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 2A in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

	Lokaleiteit 2A							
	Sediment				Plante			
Taksa	1	2	3	4	1	2	3	4
Veneroida								
Sphaeriidae sp. 1			1					
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1		2				3	1	2
Ancylidae sp. 2			2					6
Lymnaeidae sp. 1		2	18	2	1	23	6	25
Lymnaeidae sp. 2		3				31	5	3
Physidae sp. 1		2		8		132	13	316
Haplotaxina								
Tubificidae sp 1		18		20				
Tubificidae sp. 2				2				
Naididae				4				
Rhynchobdellida								
Glossiphoniidae sp. 1	1				1	3		2
Glossiphoniidae sp. 2			16					
Salifidae		4						
Trombidiformes								
Pontarachnidae		2		2		11	2	7
Araneae								
Pisauridae								1
Tetragnatidae							1	
Amphipoda								
Paramelitidae		12					3	
Isopoda								
Sp.			63				2	
Branchiura								
<i>Dolops</i> sp.			1					

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Cladocera								
Daphnidae sp. 1		41				220+		16
Daphnidae sp. 2		1	3	96				234
Copepoda								
Diaptomidae sp. 1								2
Cyclopidae								8
Decapoda								
Atyidae		10	19	1		9	10	7
Ephemeroptera								
Baetidae		41	126		21	320+	900+	121
Caenidae		1	1	2				3
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1		12			1	1		20
Caenagrionidae sp. 2		4	12	3		16	4	20
Anisoptera								
Aeshnidae sp. 1						1	1	8
Libellulidae sp. 1	1	2	10	2				
Libellulidae sp. 2								1
Hemiptera								
Belostomatidae					20	5	4	
Corixidae sp. 1	1	500+	103	336	12	281	54	248
Corixidae sp. 2	1				9			
Corixidae sp. 3					11			
Corixidae sp. 4		5					3	
Gerridae sp. 2							11	
Gerridae sp. 3							46	
Mesoveliidae sp. 1							5	
Notonectidae sp. 1	15	1			1	15		
Notonectidae sp. 2	17				2			
Pleidae sp. 1					1	30	7	32
Coleoptera								
Dytiscidae sp. 1						31		
Dytiscidae sp. 5								11
Gyrinidae sp. 1	1							1
Hydrophilidae sp. 3							2	
Hydrophilidae sp. 4			2					
Trichoptera								
Hydropsychidae sp. 1	1			1			1	
Stenopsychidae	1							1

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Diptera								
Ceratopogonidae							3	
Chironomidae		31	10	7	1	19		16
Culicidae			4				13	
Ephydriidae						2		
Orthocladinae			5					
Simuliidae	6							
Tabanidae							1	
Getal organismes:	45	694	396	486	81	1153	1098	1111
Getal taksons:	10	20	17	14	12	19	24	25
*GGOPT:	3.5	33.7	23.3	33.7	6.8	60.7	45.8	43.4

*Gemiddelde getal organismes per takson

Vanuit Tabel 3.3 blyk dit dat daar tussen 10 en 16 taksons en tussen 61 en 5 040 organismes per opname in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames by lokaliteit 2B versamel is.

Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 6.1 en 458.2 gewissel. Die uitermatig hoë GGOPT by opname 2 se plantmonster, is toe te skryf aan die 5000+ organismes van Tubificidae sp. 2 wat daar versamel is. Die grootste aantal organismes het uit Tubificidae sp. 2, Simuliidae en Baetidae bestaan.

Tabel 3.3: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 2B in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

Taksa	Lokaleiteit 2B							
	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
Planariidae								1
Veneroida								
Sphaeriidae sp. 2								1
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1		7				1		
Lymnaeidae sp. 2						1	1	
Physidae sp. 1			1			1		
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1		20	39	13				
Tubificidae sp. 2			106	16		5000+		
Naididae								87

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Rhyncobdellida								
Glossiphoniidae sp. 1	2	137	47	1			3	
Araneae								
Lycosidae							1	1
Tetragnatidae							1	
Cladocera								
Daphnidae sp. 2		16		6				1
Ostracoda sp.								1
Copepoda								
Diaptomidae sp. 1			1					
Diaptomidae sp. 2				1				
Decapoda								
Potamonautidae					1			
Ephemeroptera								
Baetidae	39	24	23	4	366	26	30	2
Caenidae	2		10		1		4	
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1					3	2	12	
Anisoptera								
Libellulidae sp. 1		1		2				
Hemiptera								
Belostomatidae					1			
Corixidae sp.1	33	1	23	15	1		1	1
Corixidae sp. 2	113							
Corixidae sp. 3	68							
Corixidae sp. 4		1		1				
Gerridae sp. 1					2			
Mesoveliidae sp. 1							1	
Mesoveliidae sp. 2	3				2			
Naucoridae	8							
Veliidae sp. 1					4		9	
Veliidae sp. 2					2			
Veliidae sp. 3	2				5			
Veliidae sp. 4					8			
Coleoptera								
Dytiscidae sp. 1		2						
Elmidae sp. 1						1	8	
Gyrinidae sp. 1						1	3	17
Gyrinidae sp. 2								1

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Hydraenidae sp. 5								1
Hydrochidae			2				4	
Hydrophilidae sp. 1								1
Trichoptera								
Hydropsychidae sp. 1	1							
Hydropsychidae sp.3		83	43				60	
Diptera								
Chironomidae	8	81	22	2	1	6	63	4
Muscidae		3						
Simuliidae	259	1			8	1	15	
Stratomyidae						1		
Getal organismes:	538	377	317	61	405	5040	216	119
Getal taksons:	12	13	11	10	14	11	16	13
*GGOPT:	43.8	29	28.8	6.1	28.9	458.2	13.5	9.2

*Gemiddelde getal organismes per takson

Betreffende lokaliteit 3A is daar tussen 0 en 30 taksons en tussen 0 en 231 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel (Tabel 3.4). Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 0 en 9.1 gewissel. Die grootste aantal organismes het uit Baetidae, Caenidae, Culicidae en Chironomidae bestaan.

Tabel 3.4: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 3A in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

Taksa	Lokaliteit 3A							
	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
Planariidae				1				
Veneroida								
Corbiculidae		1				1		
Sphaeriidae sp. 1				1				
Sphaeriidae sp. 2								2
Basommatophora								
Lymnaeidae sp. 2								1
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1		1						12
Rhyncobdellida								
Glossiphoniidae sp. 1		1					1	

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Araneae								
Lycosidae								1
Pisauridae							1	
Tetragnatidae							1	1
Cladocera								
Daphnidae sp. 2								26
Copepoda								
Diaptomidae sp. 1				1				
Collembola								
Sp.								1
Ephemeroptera								
Baetidae		4	1	7	8	58	51	65
Caenidae		5		18		28	11	
Heptageniidae sp. 1								12
Heptageniidae sp. 2							4	
Leptophlebiidae sp. 1		2	2	7	1	1		
Tricorythidae			2					
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp.1					1	5		4
Caenagrionidae sp.2							8	
Anisoptera								
Gomphidae sp. 1		1	5	17	1	3	2	
Gomphidae sp. 2								1
Libellulidae sp. 3		2				19	2	1
Hemiptera								
Belostomatidae					2		5	
Corixidae sp. 1						1		3
Corixidae sp. 4								6
Gerridae sp. 1					1			1
Gerridae sp. 4							4	
Hebridae								1
Mesoveliidae sp. 1						1	3	
Naucoridae					1			
Notonectidae sp. 1						4	9	
Pleidae sp. 1					6		1	
Pleidae sp. 2					4			
Saldidae							1	
Veliidae sp. 1			2	2			1	
Veliidae sp. 2							1	5

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Coleoptera								
Curculionidae sp. 1						1		
Dytiscidae sp. 1		1				10		
Dytiscidae sp. 2						1	5	16
Dytiscidae sp. 3						3		
Dytiscidae sp. 6								1
Elmidae sp. 2		1				1		4
Gyrinidae sp. 1							2	
Gyrinidae sp. 2								29
Haliplidae							2	1
Hydraenidae sp. 2					1			
Hydrophilidae sp. 4		1			1	5		1
Noteridae					1			
Psephenidae						2		
Scirtidae					1			
Trichoptera								
Hydropsychidae sp. 3			6	2		4		
Diptera								
Ceratopogonidae								3
Chironomidae		5		26	2	14		18
Culicidae						23		16
Dixidae								1
Psychodidae sp. 1								1
Psychodidae sp. 2								1
Simuliidae			1		1	5		
Tipulidae								1
Getal organismes:	0	25	19	82	32	192	115	231
Getal taksons:	0	12	7	10	15	21	20	30
*GGOPT:	0	2.1	2.7	8.2	2.1	9.1	5.8	7.7

*Gemiddelde getal organismes per takson

Volgens Tabel 3.5 is dit duidelijk dat daar by lokaliteit 3B tussen 11 en 29 taksons en tussen 33 en 320 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel is. Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 3 en 11 gewissel (Tabel 3.5). Die grootste aantal organismes het uit Caenagrionidae sp. 1, Psephenidae, Culicidae en Chironomidae bestaan.

Tabel 3.5: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 3B in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

	Lokaliteit 3B							
	Sediment				Plante			
Taksa	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
Planariidae				21				
Veneroida								
Corbiculidae					1			4
Sphaeriidae sp. 1	1		1					
Sphaeriidae sp. 3						11		3
Prosobranchia								
Thiaridae sp. 1					1			
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1					1	1		
Lymnaeidae sp. 2						4		
Planorbidae sp. 4					1			
Planorbidae sp. 5	1							
Planorbidae sp. 6					1			
Planorbidae sp. 7					2		2	2
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1	6	6	1	3		6		40
Tubificidae sp. 2		11		2				24
Rhyncobdellida								
Glossiphoniidae sp.1							3	
Trombidiformes								
Pontarachnidae							1	
Araneae								
Lycosidae				1			1	6
Pisauridae							2	2
Tetragnatidae				2			7	2
Amphipoda								
Paramelitidae					1			
Cladocera								
Daphnidae sp. 1				1				1
Daphnidae sp. 2				1		24		
Copepoda								
Diaptomidae sp. 1				1				1
Decapoda								
Atyidae				3	5		1	
Potamonautidae			1	1	4		1	
Ephemeroptera								
Baetidae	4	5	6	10	18	1	77	3

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Caenidae	2	16	4	61	7		9	5
Heptageniidae sp. 1				4				
Heptageniidae sp. 2		10	4			1		
Leptophlebiidae sp. 1	2		7		2		20	
Leptophlebiidae sp. 2				2				
Oligoneuriidae	8				2		1	
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1	1	2		2	7	69		
Caenagrionidae sp. 2								1
Protoneuridae						1		
Anisoptera								
Aeshnidae sp. 1				6			5	
Corduliidae			1			2		
Gomphidae sp. 1	2	2		3	1			
Libellulidae sp. 4						1		
Hemiptera								
Belostomatidae		1			5		3	
Corixidae sp.1		1	6	3		1		
Corixidae sp.2								1
Gerridae sp. 4								1
Hebridae								1
Hydrometridae							1	
Mesoveliidae sp. 1						3	3	
Nepidae						1		
Notonectidae sp 1		1				7		
Paraphrynoveliidae						17		
Pleidae sp. 2					2			
Veliidae sp. 1					3			
Veliidae sp. 2								2
Veliidae sp. 3					2			
Veliidae sp. 4						2		
Coleoptera								
Curculionidae sp. 1				1		1		
Dytiscidae sp. 1						1		
Dytiscidae sp. 3							1	2
Dytiscidae sp. 6								7
Elmidae sp. 1	1	8	1	1	24	4	1	1
Hydrophilidae sp. 2						3		
Hydrophilidae sp. 3						16		

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Hydroscophidae								1
Psephenidae		2				23		
Scirtidae						11		
Trichoptera								
Barbarochthonidae						1		
Dipseudopsidae			1					
Ecnomidae				1				
Helicopsychidae			1					
Hydropsychidae sp. 1	5			1				
Leptoceridae				2	4		2	
Lepidoptera								
Crambidae							1	
Diptera								
Athericidae							3	
Ceratopogonidae				1				1
Chironomidae		25	3	79	2	75	5	11
Culicidae						25		7
Muscidae								2
Psychodidae						6		
Simuliidae		1		5	1	2	2	
Tabanidae				1				
Tipulidae							2	1
Getal organismes:	33	91	37	229	97	320	154	132
Getal taksons:	11	14	13	27	23	29	24	26
*GGOPT:	3	6.5	2.8	8.5	3.2	11	6.4	5.1

*Gemiddelde getal organismes per takson

Wat Tabel 3.6 vir lokaliteit 4A betref, is dit duidelik dat daar tussen 4 en 38 taksons en tussen 133 en 4 163 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel is. Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 16.6 en 243.9 gewissel. Thiaridae sp. 1 (*Tarebia granifera*) was tydens elke opname, op grond van die getalle, die dominante spesie in beide die sediment- en plantbiotope.

Tabel 3.6: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by lokaliteit 4A in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

	Lokaliteit 4A							
	Sediment				Plante			
Taksa	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
Planariidae				3				68
Veneroida								
Corbiculidae			3	1	6			
Prosobranchia								
Thiaridae sp.1	265	4 000+	2700+	900+	115	300	1350+	77
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1		1		7				1
Ancylidae sp. 2								2
Lymnaeidae sp. 1							1	58
Lymnaeidae sp. 2		6				8		
Physidae sp. 1		10	2	45	1	16	6	145
Physidae sp. 2				1				
Planorbidae sp. 3		5				4		
Planorbidae sp. 7		1	1	8			2	160
Planorbidae sp. 9			1	19				20
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1		52		23			1	
Tubificidae sp. 2	5	54	23	14				
Naididae								11
Rhyncobdellida								
Glossiphoniidae sp. 1				6				
Trombidiformes								
Hydrachnidae						1		
Mideopsidae		1						
Pontarachnidae			1		2		12	4
Araneae								
Lycosidae							2	
Pisauridae			1					
Tetragnathidae				1				
Cladocera								
Daphnidae sp. 2		4		94		52		450+
Collembola								
Sp.				1				1
Ephemeroptera								
Baetidae		14	2	59		43	27	54
Caenidae		1	1	4			7	
Heptagenidae sp. 2							4	

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1	1	3	8	5		8	7	6
Caenagrionidae sp. 2				10				12
Caenagrionidae sp. 3								2
Anisoptera								
Aeshnidae sp. 1		3	1	14		24		17
Corduliidae							1	
Gomphidae sp. 1	1	6	1	15				
Libellulidae sp. 2				10			1	
Libellulidae sp. 4								1
Libellulidae sp. 5								7
Libellulidae sp. 6								13
Hemiptera								
Belostomatidae			3	4	2	2	23	21
Corixidae sp. 2								1
Gerridae sp. 2						2		
Gerridae sp. 4								3
Gerridae sp. 6							1	
Gerridae sp. 7								4
Mesoveliidae sp. 1					2	2	3	6
Nepidae						1		
Notonectidae sp. 1						2		
Notonectidae sp. 3			1					
Paraphrynoveliidae						1		4
Pleidae sp. 1			1	4		1		3
Coleoptera								
Curculionidae sp. 2								1
Dytiscidae sp. 3							1	
Dytiscidae sp. 4				3				
Gyrinidae sp. 1								12
Hydraenidae sp. 4								1
Hydrophilidae sp. 1				3				1
Noteridae								1
Trichoptera								
Hydropsychidae sp. 1					1		2	
Leptoceridae							1	
Lepidoptera								
Crambidae					4	2	1	

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Diptera								
Blephariceridae				4				8
Ceratopogonidae								1
Chironomidae		2	1	26		3	2	22
Culicidae				1		14	3	4
Dixidae			1				8	
Dolidopodidae								1
Muscidae				2				
Stratiomyidae		1						
Megaloptera								
Coridalidae								1
Getal organismes:	272	4164	2753	1286	133	486	1466	1204
Getal taksons:	4	17	18	29	8	19	23	38
*GGOPT:	68	243.9	152.9	43.3	16.6	25.6	63.7	31.7

*Gemiddelde getal organismes per takson

Tydens die vier opnames by lokaliteit 4B is daar tussen 11 en 28 taksons en tussen 110 en 1 208 organismes per opname in sediment- en plantbiotope versamel. Die gemiddelde getal organismes per takson het tussen 7.5 en 43.1 gewissel (Tabel 3.7). Uit die tabel is dit duidelik dat die grootste aantal organismes per takson vir die vier opnames uit Thiaridae sp. 1, Thiaridae sp. 2, Corbiculidae, Naididae, Chironomidae en Simuliidae bestaan het.

Tabel 3.7: Biodiversiteitslys van alle makro-invertebrate soos versamel by Lokaliteit 4B in sediment- en plantbiotope tydens die vier opnames.

Taksa	Lokaliteit 4B							
	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
Planariidae				1				1
Veneroida								
Corbiculidae	12	136	2					1
Iridinidae	1							
Sphaeriidae sp. 4			1				1	
Prosobranchia								
Thiaridae sp. 1	21	340+	106	85	3	19	38	86
Thiaridae sp. 2	51	52	64	1	118	7	6	1
Basommatophora								
Ancylidae sp. 1		4			2	1		4

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Planorbidae sp. 1					1			
Planorbidae sp. 2					1			
Planorbidae sp. 3	1							
Haplotaxina								
Tubificidae sp. 1	3	8	1	11				
Tubificidae sp. 2	3			4				
Naididae								700+
Araneae								
Lycosidae								2
Pisauridae							1	
Tetragnatidae							1	25
Decapoda								
Potamonautidae					1	1		
Ephemeroptera								
Baetidae	1		2	1	7	48	34	36
Caenidae	11	9	5	8	1	47	5	34
Odonata								
Zygoptera								
Caenagrionidae sp. 1	14				21	20	4	4
Caenagrionidae sp. 2						1		
Anisoptera								
Aeshnidae sp.1		6			2			
Gomphidae sp. 1	6	15	1	15	1			1
Libellulidae sp. 3	6		2		1			
Hemiptera								
Belostomatidae	3		13		76		1	2
Corixidae sp. 1						2		
Corixidae sp. 2	1							2
Gerridae sp. 1					9			
Gerridae sp. 2					5			
Gerridae sp. 4							2	9
Gerridae sp. 5							1	1
Mesoveliidae sp. 1						1		
Naucoridae	2				1			
Notonectidae sp. 1	3				3	1		
Notonectidae sp. 4							8	
Pleidae sp. 1								2
Veliidae sp. 1					3		6	13
Veliidae sp. 2								6
Veliidae sp. 3						2		

Taksa	Sediment				Plante			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Veliidae sp. 5						2		
Coleoptera								
Curculionidae sp. 1						1		
Dytiscidae sp. 4					1			1
Dryopidae						2		
Elmidae sp. 1						5	1	1
Elmidae sp. 2							1	
Gyrinidae sp. 1					2			
Hydraenidae sp. 1					1	2		
Hydrophilidae sp. 1		1			1	5	1	
Hydrophilidae sp. 3						1		
Limnichidae						2		2
Psephenidae						1		
Spercheidae	1				1			4
Sphaeriusidae								1
Trichoptera								
Glossosomatidae	1							
Hydropsychidae sp. 1		1		1				
Diptera								
Ceratopogonidae				26				8
Chironomidae	1	34		186	1	124		250
Muscidae								2
Simuliidae						183		
Tipulidae								1
Getal organismes:	142	606	197	339	263	478	110	1208
Getal taksons:	19	11	10	11	24	23	16	28
*GGOPT:	7.5	55.1	19.7	30.8	10.9	20.8	6.9	43.1

* Gemiddelde getal organismes per takson

Tabel 3.8: Samevattende tabel met die persentasievoorkoms van al die taksa wat in totaal tydens die studie by die sewe lokaliteite versamel is.

Taksa	Voorkoms <0.1 %	Taksa	Voorkoms <1 %	Taksa	Voorkoms > 1 %
Hydridae	0.085%	Planariidae	0.315%	Thiaridae	22.029%
Iridinidae	0.003%	Corbiculidae	0.552%	Physidae	2.306%
Salifidae	0.013%	Sphaeriidae	0.427%	Tubificidae	18.613%
Hydrachnidae	0.003%	Ancylidae	0.568%	Naididae	2.740%
Mideopsidae	0.003%	Lymnaeidae	0.654%	Glossophoniidae	1.409%
Lycosidae	0.049%	Planorbidae	0.920%	Daphnidae	3.964%
Pisauridae	0.026%	Pontarachnidae	0.145%	Baetidae	12.404%
Paramelitidae	0.053%	Tetragnathidae	0.138%	Caenidae	1.143%
<i>Dolops</i> sp.	0.003%	Isopoda	0.214%	Caenagrionidae	1.528%
Collembola	0.007%	Diaptomidae	0.572%	Corixidae	11.005%
Cyclopoida	0.049%	Atyidae	0.214%	Chironomidae	7.059%
Ostracoda	0.066%	Heptageniidae	0.128%	Simuliidae	1.620%
Anostraca	0.013%	Leptophlebiidae	0.151%		
Potamonautidae	0.049%	Aeshnidae	0.312%		
Oligoneuriidae	0.036%	Gomphidae	0.332%		
Tricorythidae	0.007%	Libellulidae	0.283%		
Protoneuridae	0.003%	Belostomatidae	0.673%		
Corduliidae	0.020%	Gerridae	0.634%		
Hebridae	0.010%	Mesoveliidae	0.181%		
Hydrometridae	0.003%	Notonectidae	0.457%		
Naucoridae	0.079%	Pleidae	0.700%		
Nepidae	0.010%	Veliidae	0.273%		
Paraphrynoveliidae	0.072%	Dytiscidae	0.667%		
Saldidae	0.003%	Elmidae	0.289%		
Chrysomelidae	0.016%	Gyrinidae	0.253%		
Curculionidae	0.020%	Halipidae	0.148%		
Dryopidae	0.007%	Hydrophilidae	0.220%		
Hydraenidae	0.099%	Hydropsychidae	0.706%		
Hydrochidae	0.020%	Ceratopogonidae	0.141%		
Hydroscophidae	0.003%	Culicidae	0.388%		
Limnichidae	0.013%	Ephydriidae	0.161%		
Noteridae	0.030%				
Psephenidae	0.092%				
Scirtidae	0.039%				
Spercheidae	0.020%				
Sphaeriusidae	0.003%				
Barbarochthonidae	0.003%				
Dipseudopsidae	0.003%				
Ecnomidae	0.003%				
Glossosomatidae	0.003%				
Helicopsychidae	0.003%				
Hydroptilidae	0.023%				
Leptoceridae	0.030%				
Stenopsychidae	0.007%				
Crambidae	0.026%				
Athericidae	0.010%				
Blephariceridae	0.039%				
Chaoboridae	0.003%				

Taksa	Voorkoms <0.1 %	Taksa	Voorkoms <1 %	Taksa	Voorkoms > 1 %
Dixidae	0.069%				
Dolidopodidae	0.003%				
Muscidae	0.030%				
Psychodidae	0.026%				
Stratiomyidae	0.020%				
Tabanidae	0.007%				
Tipulidae	0.020%				
Thaumaleidae	0.007%				
Corydalidae	0.003%				

'n Totaal van 101 taksa is by die verskillende opnamepunte versamel. Agt en vyftig van die taksa het elk minder as 0.1% van die totale aantal organismes wat versamel is, uitgemaak, terwyl 31 van die taksa elk minder as 1% van die totale aantal organismes uitgemaak het (Tabel 3.8). Daarenteen het slegs 12 van die taksa elk meer as 1% van die totale aantal organismes uitgemaak. Verder toon Tabel 1 duidelik dat die Thiaridae verantwoordelik was vir 22.029% van die totale aantal organismes. Hiervan het *Tarebia granifera* 96% en *Melanoides tuberculata* 4% uitgemaak. Die Tubificidae het 18.6% van die totale aantal eksemplare beslaan waarvan *Branchiura sowerbyi* 93% en *Tubifex* die res opgemaak het. Baetidae het 12.4% van die totale aantal organismes uitgemaak, gevolg deur Corixidae wat vir 11.0% van die totale aantal organismes verantwoordelik was, met *Micronecta* as die dominante genus by laasgenoemde. Physidae, Naididae, Glossophoniidae, Daphnidae, Caenidae, Caenagrionidae, Chironomidae en Simuliidae het onderskeidelik 2.306, 2.740, 1.409, 3.964, 1.143, 1.528, 7.059, en 1.620 % van die totale aantal organismes uitgemaak. Soos reeds genoem, is die oorblywende taksa elk deur minder as 1% van die totale aantal organismes verteenwoordig.

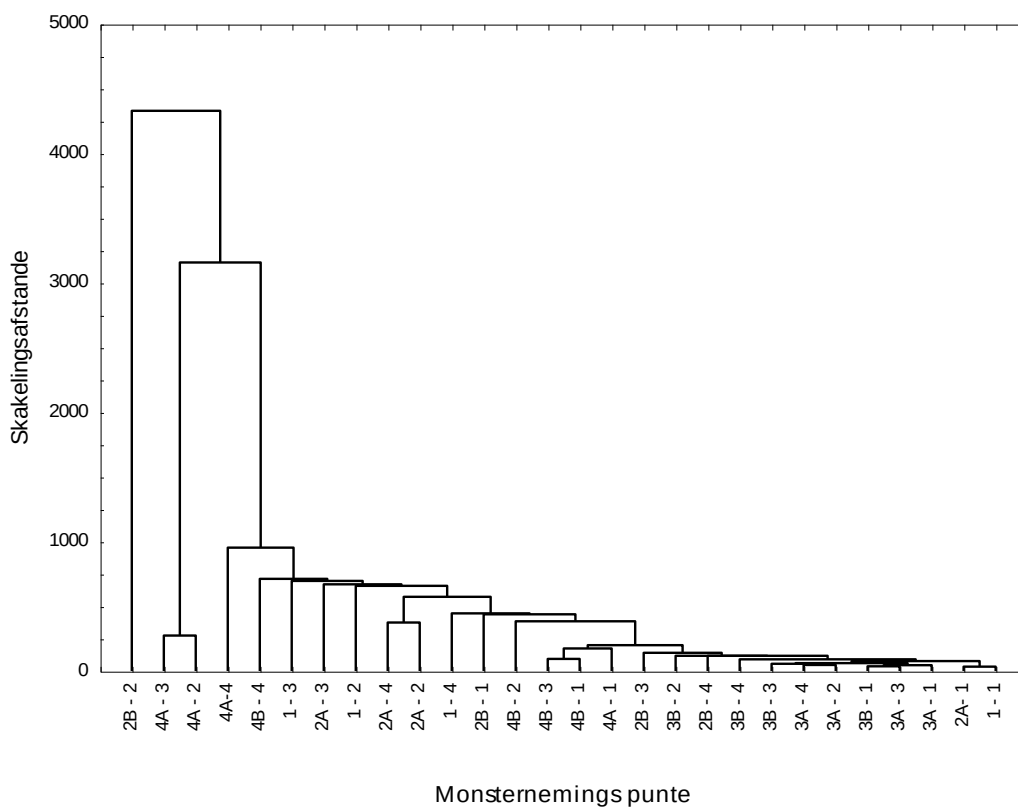
Tabel 3.9: Die gemiddelde spesierykheid, biodiversiteit en spesie-eweredigheid by die verskillende lokaliteite

Lokalteit	SR*	H'**	J'***
1	32	2.13	0.64
2A	27	1.88	0.59
2B	20	1.55	0.52
3A	25	2.47	0.79
3B	33	2.61	0.75
4A	30	0.82	0.23
4B	28	1.88	0.57

*Spesierykheid, **Biodiversiteit, ***Spesie-eweredigheid

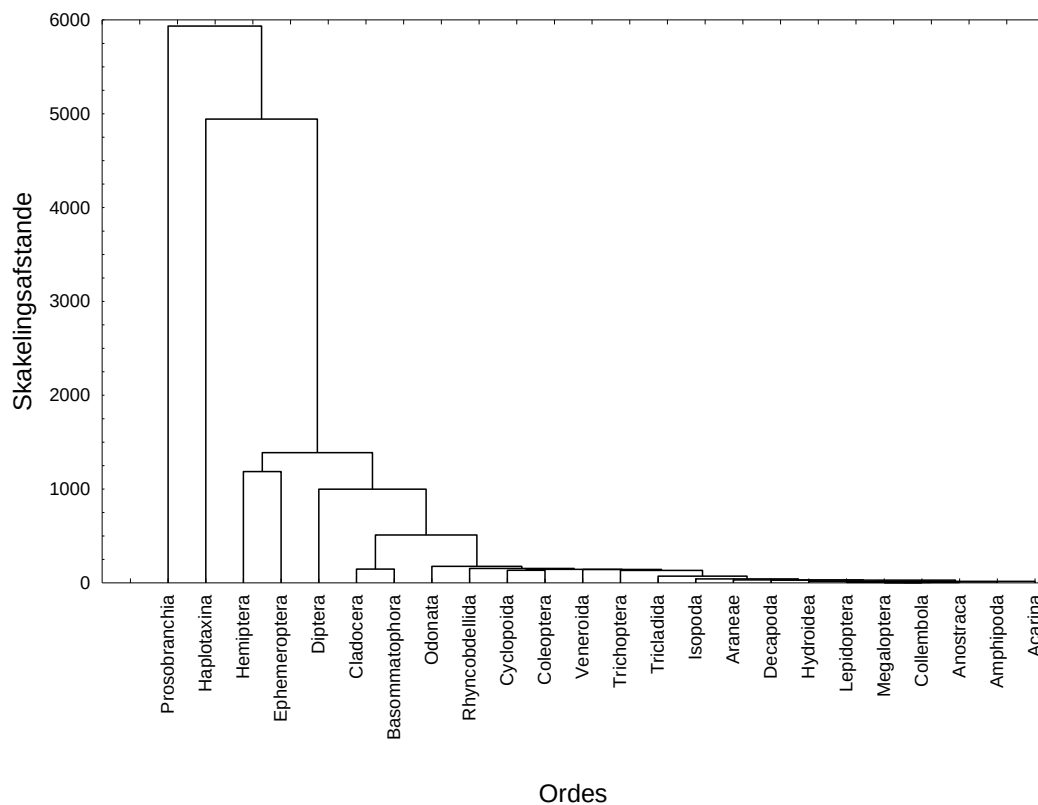
Die biodiversiteitindekse ten opsigte van spesierykheid (SR), Shannon-Wiener (H') en Pielou se eweredigheid (J') word in Tabel 3.9 weergegee. Hieruit blyk dit duidelik dat die Blyderivier (3B) die hoogste spesierykheid met 'n gemiddeld van 33 spesies en die Steenkoolspruit (2B) die laagste spesierykheid met 'n gemiddeld van slegs 20 spesies vir die vier opnames getoon het. Die gemiddelde biodiversiteit ($H' = 0.82$) was die laagste in die Olifantsrivier by Phalaborwa (4A), terwyl hierdie lokaliteit ook 'n oneweredige verspreiding van veelheid ($J' = 0.23$) getoon het. Die biodiversiteit was by lokaliteite 3A ($H' = 2.47$) en 3B ($H' = 2.61$) die hoogste. Hierdie hoë H'-waardes word ondersteun deur die eweredige verspreiding van veelheid soos weerspieël deur die J'-waardes van 0.75 en 0.79 wat onderskeidelik vir lokaliteite 3A en 3B bereken is.

Die Tros-analise in Figuur 3.1 toon dat die lokaliteite en opnames in drie afsonderlike trosse gegroeper het. Lokaliteit 2B, opname 2, kom afsonderlik in 'n tros voor, terwyl al die ander lokaliteite en opnames in twee afsonderlike trosse gegroeper het. Lokaliteit 4A, opnames 2 en 3, het saam in 'n tros gegroeper, terwyl die oorblywende lokaliteite en opnames saam in 'n derde tros gegroeper het.

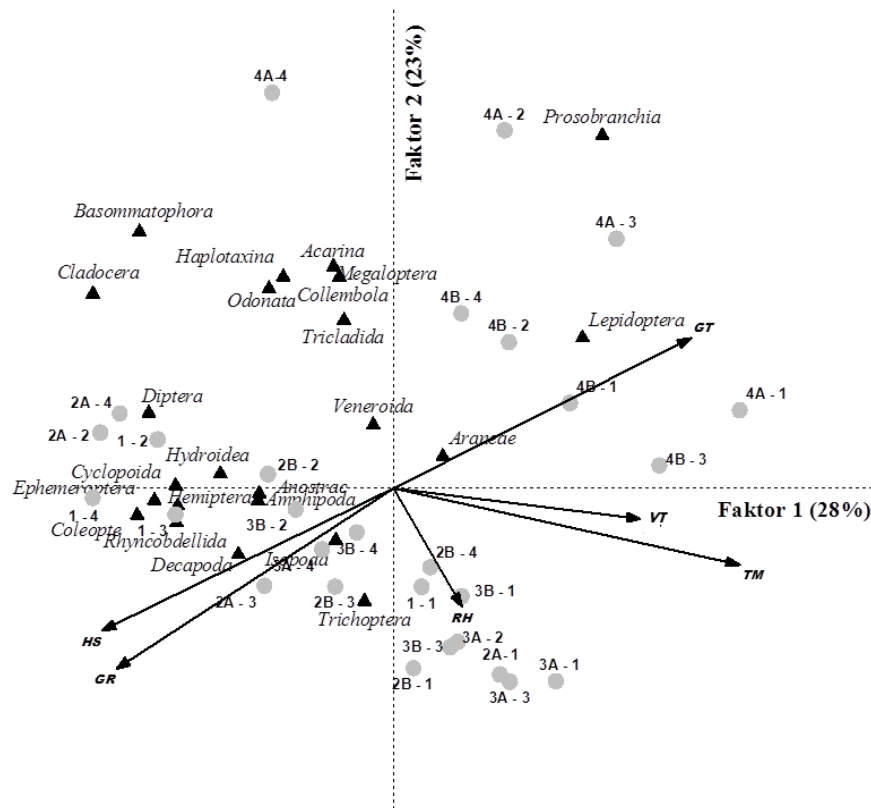


Figuur 3.1: Tros-analise van die verskillende lokaliteite tydens die verskillende opnames.

Figuur 3.2 toon dat die ordes in vyf afsonderlike trosse gegroepeer het. Die Prosobranchia en Haplotaxina het in afsonderlike trosse gegroepeer, terwyl die Hemiptera en Ephemeroptera in een tros saam gegroepeer het. Daarbenewens het die Diptera in 'n vierde tros en al die oorblywende ordes gesamentlik in 'n vyfde tros gegroepeer.



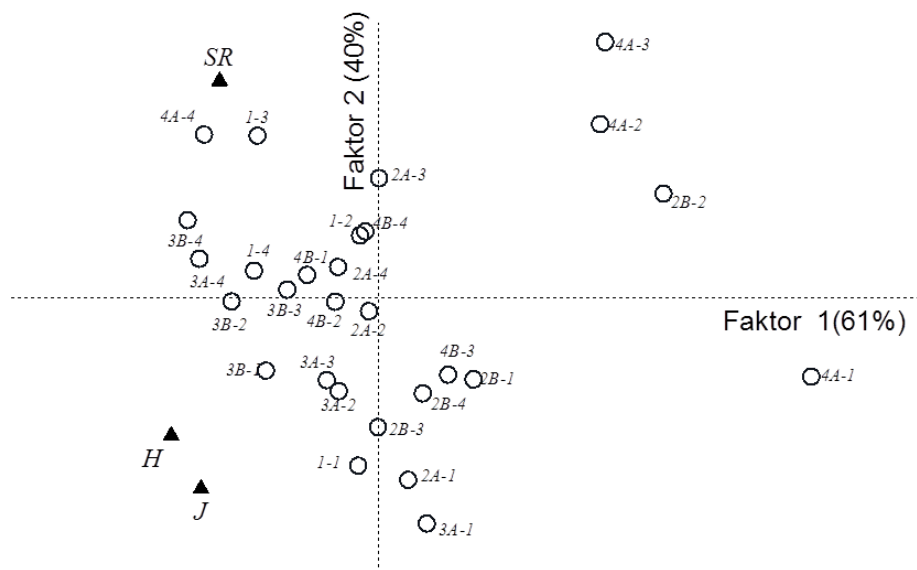
Figuur 3.2: Tros-analise van die ordes wat tydens die onderskeie opnames by die lokaliteite versamel is.



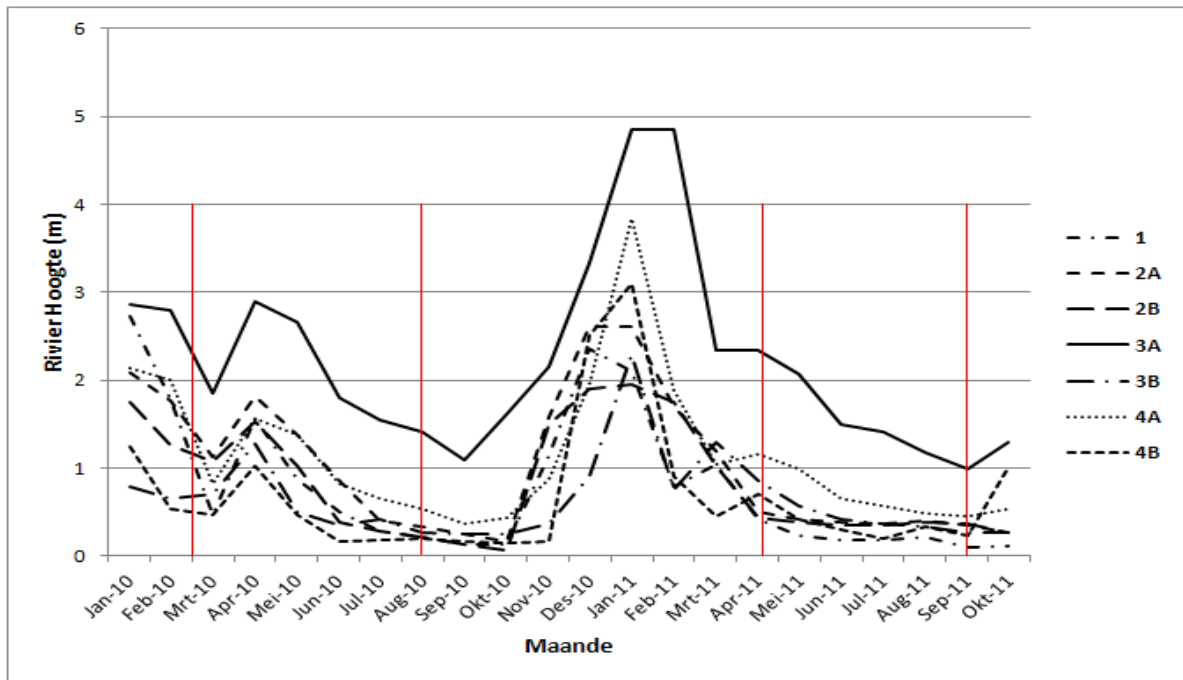
Figuur 3.3: 'n HKA tri-plot van die makro-invertebraatordes wat by die onderskeie lokaliteite versamel is, asook sommige van die omgewingsveranderlikes wat bepaal is, insluitend gemiddelde temperatuur (GT), riviervloeiempo (VT), rivierhoogte (RH), watertemperatuur tydens monsterneming (TM), gemiddelde reënval (GR) en hoogte bo seevlak (HS). Lokaliteite word met kolle, ordes met driehoeke en die omgewingsfaktore met pyle aangedui.

Hierdie HKA-analise is uitgevoer om die verspreiding en teenwoordigheid van makro-invertebraatordes by die verskillende lokaliteite en die moontlike invloed van omgewingsveranderlikes daarop te ondersoek. Hieruit is dit duidelik dat die gemiddelde temperatuur (GT), lokaliteite 4A en 4B en die ordes Prosobranchia, Lepidoptera en Araneae met die boonste regterkantste kwadrant geassosieer het. Die riviervloeiempo (VT), rivierhoogte (RH) (watervlak van die rivier) en die watertemperatuur tydens monsterneming (TM) het in die onderste regterkantste kwadrant gegroepeer. Die vloeiempo en die temperatuur tydens monsterneming (TM) het met faktor 1 geassosieer terwyl die rivierhoogte (RH) sowel as die lokaliteite in die onderste regterkantste kwadrant met faktor 2 geassosieer het. Die gemiddelde reënval (GR) en hoogte bo seevlak (HS) het in die onderste linkerkantste kwadrant voorgekom en ewe sterk met faktore 1 en 2 geassosieer.

Die HKA-bi-plot van die biologiese indekse en die verskillende lokaliteite word in Figuur 3.4 weergegee. Hierdie analise is uitgevoer om die assosiasies van die biologiese indekse wat bereken is (SR, H' en J') ten opsigte van die verskillende lokaliteite te ondersoek. Dit is hieruit duidelik dat faktor 1 en faktor 2 respektiewelik 61% en 40% van die variasie in die data verklaar het. Faktor 1 was 'n kontras tussen lokaliteite 4A opname 3, 4A- opname 2, 2B opname 2 en 4A opname 1 met 'n positiewe lading en lokaliteite 4A opname 4, 3B opname 4 en 3A opname 4 met 'n negatiewe lading. Faktor 2 was hoofsaaklik 'n kontras tussen SR, H' en J' en tussen lokaliteite 4A opname 3 en 3A opname 1. Die noue assosiasie tussen H' en J' was te verwagte op grond van die feit dat J' as 'n funksie van H' bereken word.

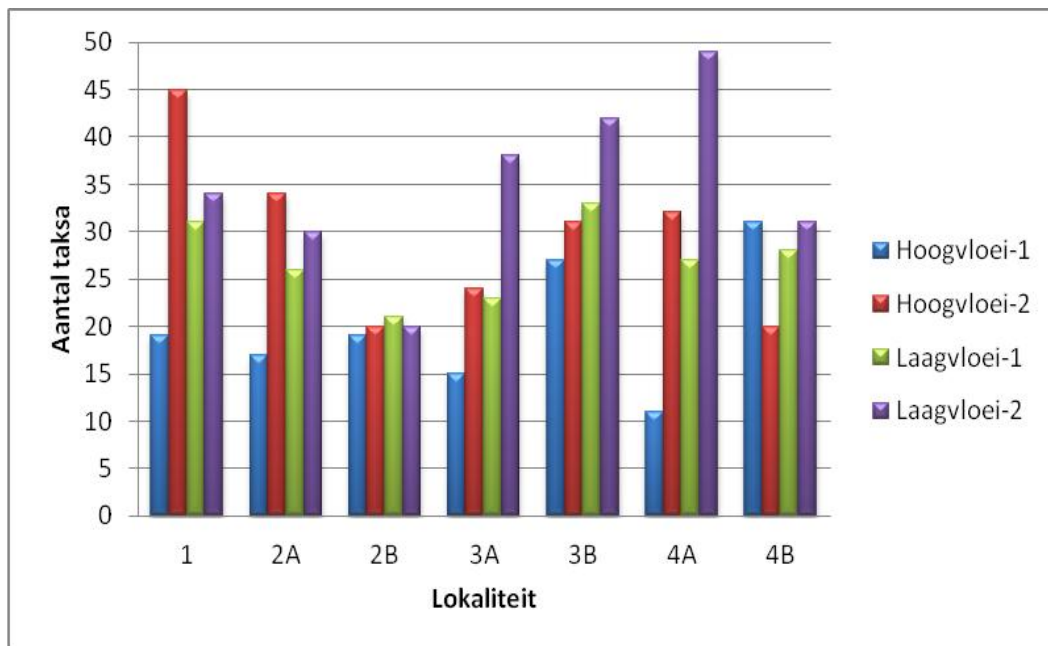


Figuur 3.4: 'n HKA bi-plot van die berekende biologiese indekse en die onderskeie lokaliteite.



Figuur 3.5: Die maandelikse watervlak (meter) van die riviere vanaf Januarie 2010 tot en met Oktober 2011, soos by die weerstasies naaste aan die verskillende lokaliteite gemeet (DWAF 2011). Die rooi lyne op die grafiek illustreer wanneer die opnames gemaak is.

Figuur 3.5 toon dat die rivierhoogte seisoenaal by al die lokaliteite geskommel het met die hoogvloeyte tydens die somermaande en die laagvloeyte tydens die wintermaande. Hieruit is dit duidelik dat die rivierhoogte nie merkwaardig tydens die opnames geskommel het nie.



Figuur 3.6: 'n Histogram van die aantal taksa (spesierikheid) van twee hoogvloeï-en laagvloeïseisoene by die onderskeie lokaliteite. Hoogvloeï-1 en -2 toon die resultate van opnames 1 en 3 en Laagvloeï-1 en -2 die resultate van opnames 2 en 4.

Volgens Figuur 3.6 het die aantal taksa by al die lokaliteite tydens die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene opvallende variasie getoon. Behalwe vir lokaliteite 1, 2A en 2B is daar oorwegend meer taksa in die twee laagvloeïseisoene versamel. Lokaliteite 2B en 4B het die mees konstante aantal taksa vir die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene getoon.

'n Eenrigtingvariëansieanalyse (ANOVA) het aangetoon dat hoogte bo seevlak, gemiddelde temperatuur en jaarlikse reënval 'n statisties-betekenisvolle invloed op beide die H'- en J'-waardes gehad het (Tabel 3.10).

Tabel 3.10: ANOVA-analises van die hoogte bo seevlak, gemiddelde temperatuur en gemiddelde reënval en die onderskeie biodiversiteitsindekse (Tabel word weergegee soos deur die Statistica-program (weergawe 10) bereken is).

Hoogte bo seevlak											
Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Basic stats combined.sta)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Species richness	0.432515	0.187065	-0.016164	397.824	5	79.5647	1728.79	20	86.4396	0.920467	0.488080
H'	0.762174	0.580905	0.476136	8.245	5	1.6491	5.95	20	0.2974	5.544459	0.002312
J'	0.746019	0.556544	0.445680	0.754	5	0.1507	0.60	20	0.0300	5.020056	0.003853
% EPT	0.617958	0.381872	0.227340	3945.430	5	789.0861	6386.37	20	319.3187	2.471155	0.067311
% Oligocheata	0.410600	0.168592	-0.039255	2179.227	5	435.8455	10746.78	20	537.3391	0.811118	0.555497
% Chironomidae	0.522770	0.273285	0.091611	1201.860	5	240.3720	3195.91	20	159.7953	1.504249	0.232998
Ratio EPT/ Chironomidae	0.402421	0.161943	-0.047572	1852.802	5	370.5603	9588.29	20	479.4146	0.772943	0.580430

Gemiddelde temperatuur											
Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Basic stats combined.sta)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Species richness	0.432515	0.187065	-0.016164	397.824	5	79.5647	1728.79	20	86.4396	0.920467	0.488080
H'	0.762174	0.580905	0.476136	8.245	5	1.6491	5.95	20	0.2974	5.544459	0.002312
J'	0.746019	0.556544	0.445680	0.754	5	0.1507	0.60	20	0.0300	5.020056	0.003853
% EPT	0.617958	0.381872	0.227340	3945.430	5	789.0861	6386.37	20	319.3187	2.471155	0.067311
% Oligocheata	0.410600	0.168592	-0.039255	2179.227	5	435.8455	10746.78	20	537.3391	0.811118	0.555497
% Chironomidae	0.522770	0.273285	0.091611	1201.860	5	240.3720	3195.91	20	159.7953	1.504249	0.232998
Ratio EPT/ Chironomidae	0.402421	0.161943	-0.047572	1852.802	5	370.5603	9588.29	20	479.4146	0.772943	0.580430

Gemiddelde reënval											
Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Basic stats combined.sta)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Species richness	0.479498	0.229915	-0.013265	488.945	6	81.491	1637.667	19	86.1930	0.945453	0.486493
H'	0.772215	0.596322	0.468845	8.464	6	1.411	5.730	19	0.3016	4.677872	0.004413
J'	0.750903	0.563855	0.426125	0.763	6	0.127	0.591	19	0.0311	4.093912	0.008377
% EPT	0.628927	0.395545	0.204665	4086.732	6	681.122	6245.073	19	328.6880	2.072245	0.105186
% Oligocheata	0.698471	0.487862	0.326134	6306.110	6	1051.018	6619.901	19	348.4158	3.016563	0.030363
% Chironomidae	0.529883	0.280776	0.053653	1234.785	6	205.798	3162.977	19	166.4725	1.236230	0.331875
Ratio EPT/ Chironomidae	0.497765	0.247770	0.010223	2834.756	6	472.450	8606.337	19	452.9651	1.043037	0.429113

Tabel 3.11: ANOVA-analise van die Shannon (H' – waarde) biodiversiteitsindeks by die onderskeie lokaliteite (Tabel word weergegee soos deur die Statistica-program (weergawe 10) bereken is).

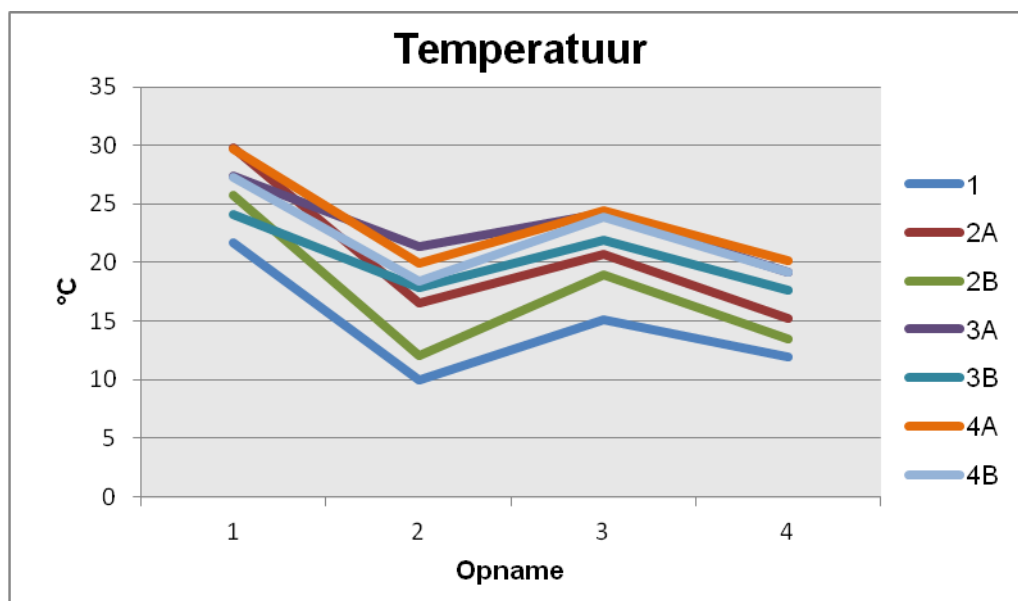
Depend:	Multiple Comparisons p values (2-tailed); H' (Basic stats combined stats)						
H'	Independent (grouping) variable: Site						
	Kruskal-Wallis test: H (6, N= 28) =10.88424 p =.0920						
	1	2B	3B	4B	2A	3A	4A
	R:13.500	R:16.500	R:24.000	R:13.500	R:12.750	R:15.000	R:5.2500
1		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2B	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
3B	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	0.026592
4B	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000
2A	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
3A	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000
4A	1.000000	1.000000	0.026592	1.000000	1.000000	1.000000	

Betreffende die ANOVA-analises van die biodiversiteitsindekse het slegs die H'-waarde 'n statisties-betekenisvolle verskil ($p = 0.026592$) getoon. Hierdie verskil is tussen lokaliteite 3B en 4A aangetoon (Tabel. 3.11, vorige bladsy).

Die temperatuur van die water by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames word in Tabel 3.12 en Figuur 3.8 weergegee.

Tabel 3.12: Temperatuur van die water in °C soos by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames gemeet.

Lokaliteit	Opnames en Temperatuur (°C)			
	1	2	3	4
1	21.7	10	15.1	11.9
2A	29.8	16.5	20.7	15.2
2B	25.8	12.1	19	13.5
3A	27.4	21.4	23.2	19.2
3B	23.1	17.9	21.9	17.6
4A	29.7	19.9	23.4	20.2
4B	27.3	18.4	23.9	19.2



Figuur 3.7: Grafiese voorstelling van die resultate wat in Tabel 3.12 weergegee is.

Uit Tabel 3.12 is dit duidelik dat die watertemperatuur wat tydens hierdie studie gemeet is, tussen 10 en 29.8°C geskommel het. Figuur 3.7 illustreer die seisoenale variasie in temperatuur met 'n duidelike hoër gemiddelde temperatuur tydens opnames 1 en 3 (somer/herfs) en laer gemiddelde temperatuur tydens opnames 2 en 4 (winter/lente).

3.2 Bespreking

Die verspreiding en samestelling van 'n akwatiese makro-invertebraatbevolking word deur die individue in 'n bevolking se verdraagsaamheid teenoor 'n verskeidenheid omgewingsfaktore bepaal. Die verspreidingspatroon word deur die habitatvoorkeure van 'n gegewe spesie bepaal en weerspieël derhalwe 'n samestelling van geskikte omgewingsfaktore wat 'n lewensvatbare bevolking oor die langtermyn kan onderhou.

Die meerderheid akwatiese organismes het spesifieke habitatvoorkeure en seisoenale skommeling in omgewingsfaktore soos hidrologie, habitatbeskikbaarheid en temperatuur kan lei tot seisoenale skommeling in die verspreiding en digtheid van makro-invertebraatgemeenskappe (Dallas 2004). Thirion (2006) het in die Handleiding vir Eko-status Bepaling 'n bylaag met tabelle saamgestel waarin die spesifieke vloeitempo-, habitat- en waterkwaliteitsvoorkeure van makro-invertebraatfamilies weergegee word.

Vanuit Tabelle 3.1 – 3.7 is dit duidelik dat die getal taksons en die getal organismes per takson aansienlike variasie tydens die verskillende opnames in die plant- en sedimentmonsters by elke lokaliteit, asook tussen die verskillende lokaliteite, getoon het. Hierdie variasie mag op habitatverskille, waterkwaliteitsverskille of verskille in die voorkeur van organismes dui (Dickens & Graham 2002; Thirion 2006).

Soos reeds in die resultate aangetoon is, het *T. granifera* in die grootste getalle voorgekom. Dit het daartoe aanleiding gegee dat die Prosobranchia, wat hierdie spesie insluit, in 'n afsonderlike tros gegroepeer het (Fig. 3.2) en so ook lokaliteit 4A, waarin dit versamel is (Fig. 3.1). Hierdie spesie is hoofsaaklik by twee lokaliteite in die rivier wat in 'n warmer omgewing (laeveld) geleë is, versamel. Dit is in ooreenstemming met die literatuur wat daarop dui dat, alhoewel *T. granifera* by temperature vanaf 0 tot 47°C kan oorleef, dit tog 'n voorkeur vir 'n warmer klimaat toon (Miranda, Perissinotto & Appleton 2002). Die bevinding dat daar slegs een individu in die Blyderivier en geen in die Olifantsrivier by Mica, wat beide ook in die laeveld geleë is, versamel is nie, is waarskynlik toe te skryf aan die habitatvoorkeure van die Thiaridae, waartoe hierdie spesie behoort. Hierdie voorkeure sluit onder andere 'n lae watervloei (<0.1 meter/s), 'n relatief organiese-verrykte habitat en welige akwatiese plantegroei in (Thirion 2006).

Die Tubificidae, waarvan die tweede grootste getalle versamel is, word veral in organiese verrykte habitats aangetref en word oor die algemeen as indikators van organiese verryking beskou (Van Hoven & Day 2002). Hierdie familie is met uitsondering van die Steenkoolspruit (2B) by al die lokaliteite in relatief lae getalle aangetref. Die feit dat dit in groot getalle by die Steenkoolspruit teenwoordig was, was waarskynlik aan bogenoemde voorkeure te danke. Die feit dat hierdie hoë getalle slegs tydens opname 2 gevind is, mag moontlik aan sporadiese organiese verryking of 'n verandering ten opsigte van die beskikbaarheid van voedingstowwe weens die invloei van water na erge reën, toegeskryf word. Bogenoemde afleiding word deur die teenwoordigheid van groot hoeveelhede filamentalge en 'n

buitengewoon hoë watervlak (Fig. 3.5) tydens die betrokke opname ondersteun. Hierdie verskynsel word deur die tros-analise, waaruit dit duidelik is dat lokaliteit 2B in 'n afsonderlike tros gegroepeer het, bevestig (Fig. 3.1), terwyl die orde Haplotaena, wat die Tubificidae insluit (Fig. 3.2), ook in 'n afsonderlike tros gegroepeer het. Die voorkoms van hierdie familie by al die lokaliteite is waarskynlik aan ander habitatvoorkeure soos byvoorbeeld die teenwoordigheid van gruis-, sand- of moddersubstrate (Thirion 2006) toe te skryf. Wat die res van die ordes betref, is gevind dat die Hemiptera en Ephemeroptera, wat respektiewelik die Corixidae en Baetidae insluit, saam in 'n tros gegroepeer het (Fig. 3.2). Die Corixidae was tydens die studie by al die lokaliteite teenwoordig maar die grootste getalle is by lokaliteite 1 en 2A versamel. Hierdie familie is grootliks deur die genus, *Micronecta*, verteenwoordig en alhoewel hierdie genus oor 'n vlugvermoë beskik, word hulle feitlik uitsluitlik in water aangetref (Thirion 2006). Waar sommige ander genera van die Corixidae 'n voorkeur vir akwatiese en randplante in die waterkolom toon (Thirion 2006), is *Micronecta* tydens hierdie studie hoofsaaklik in die sedimentmonsters aangetref.

Die Baetidae, wat 12.4% van die totale aantal individue wat versamel is, uitgemaak het, is by al die lokaliteite gevind maar die grootste getalle, soos by die Corixidae, is weereens by lokaliteite 1 en 2A versamel. Min is oor die habitatvoorkeure van die Baetidae bekend, maar tydens hierdie studie was dit in beide plant- en sedimentmonsters goed verteenwoordig. Dit is wel bekend dat sommige van die Baetidae oor die algemeen 'n voorkeur het vir habitats wat noemenswaardige organiese verryking toon (Thirion 2006).

Die Diptera wat die Chironomidae insluit, het ook in 'n afsonderlike tros gegroepeer. Die hoogste getalle van die Chironomidae is by lokaliteite 1 en 4B versamel. Hierdie familie was by al die ander lokaliteite in laer getalle teenwoordig en toon volgens die literatuur 'n voorkeur vir brakwater en water van 'n laer kwaliteit ten opsigte van organiese verryking (Thirion 2006). Ooreenstemmend met die literatuur (Harrison 2003) is hierdie organismes in beide plant- en sedimentmonsters versamel. Soos reeds genoem, het al die families wat in groot getalle teenwoordig was 'n voorkeur vir habitats met 'n lae waterkwaliteit ten opsigte van organiese verryking getoon en is die oorgrote meerderheid van hierdie families by al die lokaliteite versamel. In teenstelling hiermee het verskeie families wat volgens Thirion (2006) habitats met oënskynlik hoër waterkwaliteit verkies, in klein getalle by enkele lokaliteite voorgekom. Hierdie families sluit die Paramelitidae, Atyidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Tricorythidae, Protoneuridae, Aeshnidae, Corduliidae, Hydrometridae, Gerridae, Veliidae, Dryopidae, Elmidae, Hydraenidae, Limnichidae, Psephenidae, Barbarochthonidae, Dipseudopsidae, Ecnomidae, Glossosomatidae, Blepharoceridae, Dixidae en Corydalidae in. Die oorblywende ordes wat almal in klein getalle voorgekom het, het saam in 'n tros gegroepeer (Fig. 3.2).

Volgens Cummins (1972) kan daar by elk van die drie sones waarin varswaterhabitats ingedeel kan word, 'n kenmerkende gemeenskap van makro-invertebrate verwag word. Die families wat tydens hierdie studie voorgekom het, het grootliks ooreengestem met dit wat, volgens Cummins (1972), verwag sou kon word by die onderskeie sones.

Die feit dat die resultate van hierdie studie aangetoon het dat hoogte bo seevlak, gemiddelde temperatuur en jaarlikse reënval 'n betekenisvolle invloed op die makro-invertebraatbiodiversiteit gehad het (Tabel 3.10), kan verklaar word deur die gesamentlike invloed wat bogenoemde omgewingsfaktore op die beskikbaarheid van habitat en bevolkingdinamika van organismes in die algemeen het (Dallas & Day 2004). Soos reeds in die resultate aangedui, het hoogte bo seevlak en gemiddelde reënval met faktore 1 en 2, asook lokaliteite 1, 2A en 2B geassosieer (Fig. 3.3). Hierdie lokaliteite was almal op die hoëveld geleë, wat met 'n laer gemiddelde temperatuur gepaardgaan, en wat waarskynlik die voorkoms van die ordes wat in hierdie kwadrant geplaas is, bevoordeel het. Hierteenoor het lokaliteite 4A en 4B wat in die laevelt geleë was, met 'n hoë gemiddelde temperatuur geassosieer (Fig. 3.3), wat waarskynlik die voorkoms van die Prosobranchia, Lepidoptera en die Araneae bevoordeel het. Geen assosiasie is tussen die ordes en vloeitempo, rivierhoogte of temperatuur tydens monsterneming gevind nie (Fig. 3.3). Vloeitempo en temperatuur tydens monsterneming het met faktor 1 geassosieer terwyl rivierhoogte met faktor 2 en lokaliteite 1, 2A, 2B, 3A en 3B geassosieer het (Fig. 3.3). Hierdie lokaliteite se watervlakke het seisoenaal noemenswaardig geskommel (Fig. 3.5).

Figuur 3.4 toon duidelik dat lokaliteite 3A en 3B asook die biodiversiteitsindekse H' en J' sterk met mekaar in die linkerkantste onderste kwadrant geassosieer het. Hierdie assosiasie word ondersteun deur die ANOVA-analises wat 'n betekenisvolle verskil tussen lokaliteite 3B en 4A ($p = 0.026592$), ten opsigte van die biodiversiteitsindeks H' aangedui het (Tabel 3.11). Bogenoemde verskil was toe te skryf aan die feit dat die grootste gemiddelde biodiversiteit by lokaliteit 3B en die laagste by lokaliteit 4A gevind is. Die hoë biodiversiteit by lokaliteit 3B kan moontlik verklaar word aan die hand van goeie waterkwaliteit (Ballance *et al.* 2001) en wyer habitatbeskikbaarheid in die Blyderivier. Hierdie rivier word beskou as 'n belangrike sytak van die Olifantsrivier ten opsigte van waterkwaliteit sowel as -kwantiteit (Environomics 2009). Dit ontspring in 'n bergsone en verkeer meestal, volgens Ballance *et al.* (2001) in 'n goeie tot natuurlike ekologiese toestand en het 'n vernuwings effek op die Olifantsrivier. Tydens elk van die vier opnames het daar by die meerderheid van die lokaliteite aansienlike verskille in spesierikheid voorgekom. Hierdie verskynsel word weerspieël deur die resultate in Tabel 3.9 en Figuur 3.4 waar bykans al die lokaliteite tydens die verskillende opnames met spesierikheid (SR) in die linkerkantste boonste kwadrant geassosieer het.

Riviereienskappe verander dikwels oor tyd en toon seisoenale variasie in faktore soos hidrologie, biotoopbeskikbaarheid en temperatuur (Dallas 2004), terwyl die struktuur en samestelling van makro-invertebraatgemeenskappe ook tot 'n mate

seisoenaal verander (Vannote *et al.* 1980; Hawkins & Sedell 1981). Alhoewel die opnames in die sogenaamde hoogvloeï- en laagvloeïseisoene gedoen is, het die riviervloei tydens al die opnames relatief konstant gebly en is daar gevolglik nie in 'n piek hoogvloeïseisoen opnames gemaak nie. Wat die waargenome variasie in biodiversiteit betref, word die aantal taksa van die twee veronderstelde hoogvloeï en laagvloeïseisoene in Figuur 3.6 geïllustreer. In ooreenstemming met die bevindings van Dallas (2004) in die Wes-Kaap waar meer taksa in die laagvloeïseisoen versamel is, is daar tydens hierdie studie by vier van die sewe lokaliteite, ook meer taksa in die laagvloeïseisoene gevind (Fig. 3.6). By lokaliteite 1, en 2A is daar egter aansienlik meer taksa tydens die tweede hoogvloeïseisoen versamel. Hierdie verskynsel is in teenstelling met die literatuur, wat dit stel dat makro-invertebraatsamestellings in Mpumalanga nie seisoenale groeperings getoon het nie (Dallas 2004). Die feit dat daar by lokaliteite 1, 2A, 3A en 4A soveel meer taksa tydens die 2de hoogvloeï-opname (opname 3, Apr-11) gevind is, kan moontlik daaraan toegeskryf word dat hierdie opname na die hoogvloeïseisoen gedoen is toe die watervlakke laer was en die toestande weer na dit wat kenmerkend van 'n laagvloeï-seisoen is, teruggekeer het. As die rivierhoogte in Figuur 3.5 en die aantal taksa in Figuur 3.6 met mekaar in verband gebring word, blyk dit dat selfs geringe verskille in rivierhoogte tot groot variasie in die aantal taksa wat by elke lokaliteit versamel is, gelei het.

Alhoewel die hidrologiese regime, volgens Poff en Ward (1990), die grootste faktor verantwoordelik vir seisoenale variasie in makro-invertebraatgemeenskappe is, word seisoenale skommeling met betrekking tot biodiversiteit egter nie net deur riviervloei beïnvloed nie maar ook deur faktore soos onder andere temperatuur, voedingstof- en habitatbeskikbaarheid (Britton 1991). Volgens Dallas (2004) kan die seisoenale variasie in afloopwater 'n groot invloed op biotoopbeskikbaarheid hê. Dit word geïllustreer deur die verandering van 'n vinnigvloeïende stroombiotoop na 'n kabbelstroombiotoop onder laagvloeïtoestande of deur die verandering in plantbiotope, tydens die verskillende seisoene (Dallas 2004). Hierdie verskynsel word weerspieël deur die toename in die aantal taksa wat tydens die tweede 'hoogvloeïseisoen' maar nie tydens die eerste hoogvloeïseisoen gevind is nie. Die toename van onder andere die odonaatfamilies by lokaliteite 1, 2A en 3A tydens die derde opname kan moontlik verklaar word aan die hand van die voorkeur vir habitate met klippe en kabbelstrome, wat kenmerkend van sommige van hul verteenwoordigers is (Thirion 2006). 'n Ander rede vir die seisoenale variasie in makro-invertebraatgemeenskappe mag moontlik die beskikbaarheid van voedingstowwe en die samestelling van funksionele voedingsgroepe wees, maar volgens Britton (1991), Dallas (2004) en Alvarez-Cabria, Barquin en Juanes (2010) is literatuur aangaande hierdie onderwerp uiters beperk. Alhoewel die effek van seisoene op makro-invertebraatgemeenskappe nog nie duidelik opgeklaar is nie (Dallas 2004), is daar wel vasgestel dat die laagvloeïseisoen en spesifiek herfs, die beste periode vir makro-invertebraatopnames is (Linke, Bailey & Schwindt 1999; Dallas 2004; Alvarez-Cabria *et al.* 2010). Al is daar tydens hierdie studie slegs twee

opnames per vloeiseisoen gedoen, blyk die resultate in ooreenstemming te wees met die bogenoemde bevindings.

Alhoewel min inligting aangaande die termiese verdraagsaamheid en reaksie op temperatuurveranderinge van akwatiese organismes in Suid-Afrika beskikbaar is, is daar wel studies rakende die effek van temperatuur op akwatiese organismes gedoen (Holmes 1996). Volgens hierdie studies het organismes minimum en maksimum termiese-verdraagsaamheidsgrense, optimale temperatuur vir groei, 'n voorkeur temperatuurreeks en temperatuurbepelings vir migrasie, paar en eierinkubasie. Die uitwerking van temperatuurveranderinge op akwatiese organismes hang egter van die omvang, duur en tydsberekening van die bepaalde verandering af (Holmes 2006). Hoër temperature verlaag die oplosbaarheid van suurstof in water, wat dus die konsentrasie en beskikbaarheid van suurstof vir akwatiese organismes verminder (Dallas 2004).

Die temperature (Tabel 3.12) vir al sewe lokaliteite tydens die vier opnames was telkens binne die gerapporteerde watertemperatuurreeks vir Suid-Afrikaanse akwatiese makro-invertebrate (Holmes 2006). Daarbenewens is dit opvallend dat die temperature, soos verwag kon word, hoër tydens opnames 1 en 3 (somer/herfs) en laer tydens opnames 2 en 4 (winter/lente) was (Fig. 3.7). Alhoewel die temperature tydens hierdie studie binne die gerapporteerde temperatuurruiterstes geval het, het die aantal taksa tydens die onderskeie opnames aansienlike variasie getoon. Hierdie waarneming is teenstrydig met die bevinding van Britton (1991) dat daar in Suid-Afrikaanse bergstrome oorwegend minder taksa tydens die somermaande, wat met hoër temperature gepaardgaan, voorkom. Die variasie wat tydens hierdie studie gevind is, is moontlik toe te skryf aan die feit dat een opname in die vroeë-somer en die ander opname in die laatsomer uitgevoer is.

Hoofstuk 4

Die bepaling van akwatiese makro-invertebraatfamilie-sensitiwiteitsgroepe asook die ekologiese kategorieë van die geselekteerde lokaliteite volgens SASS5

In hierdie studie is 'n volledige makro-invertebraatbiodiversiteitsopname gedoen om sodoende soveel moontlik taksa volgens SASS5 se sensitiwiteit kategoriseringsriglyne in te deel. Deur alleenlik die biodiversiteit van 'n lokaliteit te bepaal, kan daar egter nie sinvolle uitsprake rakende die ekostelsel-gesondheid van 'n rivier of streek gemaak word nie. Die feit dat "Ekologiese Status" of "Eko-kategorie" evaluering van 'n akwatiese ekostelsel tans wêreldwyd die hoeksteen vir waterwetgewing is (Alvarez-Cabria *et al.* 2010) het bygedra tot die besluit om lokaliteite, volgens hoogvloeï- en laagvloeï-seisoene, in eko-kategorieë te klassifiseer.

4.1 Resultate

Die resultate wat tydens hierdie ondersoek verkry is, word in Tabelle 4.1 tot 4.8 en Figure 4.1 tot 4.13 weergegee.

Tabel 4.1 (volgende bladsy) is 'n opsomming van die totale aantal families sowel as die persentasie voorkoms van nie-sensitiewe, matig-sensitiewe en hoogs-sensitiewe families by elke lokaliteit. Vanuit hierdie tabel is dit duidelik dat daar nie meer as 47.5% van die totale aantal families wat tydens die studie versamel is, by enige een van die lokaliteite teenwoordig was nie. Tydens die laagvloeïseisoen is 10 meer families in totaal as tydens die hoogvloeïseisoen versamel (Tabel. 4.1). Die persentasie families wat by lokaliteite 1 (37.6%) en 2B (20.8%) in die hoogvloeïseisoen versamel is, het respektiewelik die hoogste en laagste persentasie van die totale aantal families wat versamel is, verteenwoordig. Die persentasie families wat by lokaliteite 3B (47.4%) en 2B (23.8%) in die laagvloeïseisoen versamel is, het respektiewelik die hoogste en laagste persentasie van die totale aantal families wat versamel is, verteenwoordig. Ten opsigte van die aantal nie-sensitiewe families, is dit duidelik dat dit tussen 15 (2B) en 27 (1) en 16 (2A) en 30 (4A) vir die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene onderskeidelik gewissel het, terwyl die matig-sensitiewe families tussen vyf (2B) en 14 (3B) en sewe (2B) en 17 (3B) vir die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene onderskeidelik gewissel het. Die aantal hoogs-sensitiewe families het tussen nul (1) en vier (3B) en nul (1) en twee (3A, 3B en 4A) vir die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene respektiewelik geskommel.

Tabel 4.1: Die persentasie sensitiwiteitsamestelling van die families vir elke lokaliteit soos bereken vir die hoogvloe- (opnames 1 en 3) en laagvloeiseisoene (opnames 2 en 4).

	Lokaliteit	Totale aantal families/ lokaliteit	% Van die totale aantal families**	Nie-sensitiewe families	***%	Matig-sensitiewe families	***%	Hoogs-sensitiewe families	***%
Hoogvloe	1	38	37.6	27	71.1	11	28.9	0	0
	2A	32	31.7	18	56.3	13	40.6	1	3.1
	2B	21	20.8	15	71.4	5	23.8	1	4.8
	3A	29	28.7	18	62.1	9	31.0	2	6.9
	3B	36	35.6	18	50.0	14	38.9	4	11.1
	4A	29	28.7	16	55.2	11	37.9	2	6.9
	4B	28	27.7	18	64.3	9	32.1	1	3.6
Laagvloe	1	35	34.7	23	65.7	12	34.3	0	0
	2A	27	26.7	16	59.3	10	37.0	1	3.7
	2B	24	23.8	17	70.8	6	25.0	1	4.2
	3A	39	38.6	25	64.1	12	30.8	2	5.1
	3B	48	47.5	29	60.4	17	35.4	2	4.2
	4A	45	44.6	30	66.7	13	28.9	2	4.4
	4B	35	34.7	24	68.6	11	31.4	0	0

* Hoogvloe: 74 Families

Laagvloe: 84 Families

** Persentasie van die totale aantal families wat versamel is: 101 Families

*** Persentasie van die totale aantal families wat by die betrokke lokaliteit versamel is

Tabel 4.2 is 'n kombinasie van die biologiese indekse soos bereken vir die vier opnames by die onderskeie lokaliteite. Vanuit hierdie tabel is dit duidelik dat die spesierikheid (SR) tussen 11 (4A opname 1) en 49 (4A opname 4) geskommel het. Met die uitsondering van lokaliteit 2B, het die SR tussen die verskillende opnames en lokaliteite opmerklik gevarieer. Dit is daarbenewens ook duidelik dat lokaliteit 2B, tydens die duur van die studie, die laagste gemiddelde spesierikheid gehandhaaf het.

Tabel 4.2: 'n Kombinasie van die biologiese indekse soos bereken vir die vier opnames by die onderskeie lokaliteite.

Lokaliteit	Spesierikheid	H'	J'	% EPT	% Oligochaeta	% Chironomidae	Verhouding EPT/ Chironomidae
1-1	19.00	2.56	0.87	13.73	5.39	9.80	1.40
1-2	31.00	1.68	0.49	2.78	8.58	59.41	0.05
1-3	45.00	1.87	0.49	34.13	0.00	3.47	9.84
1-4	34.00	2.42	0.69	13.05	2.22	7.10	1.84
2A-1	17.00	2.30	0.81	18.25	0.00	0.79	23.00
2A-2	26.00	1.90	0.58	19.60	0.97	2.71	7.24
2A-3	34.00	1.40	0.40	68.81	0.00	0.67	102.80
2A-4	30.00	1.91	0.56	8.02	1.63	1.44	5.57
2B-1	19.00	1.59	0.54	43.37	0.00	0.95	45.44
2B-2	21.00	0.41	0.14	2.45	92.65	1.61	1.53
2B-3	20.00	2.28	0.76	31.89	27.20	15.95	2.00
2B-4	20.00	1.90	0.63	3.33	64.44	3.33	1.00
3A-1	15.00	2.35	0.87	28.13	0.00	6.25	4.50

Lokaleiteit	Spesie rykheid	H'	J'	% EPT	% Oligochaeta	% Chironomidae	Verhouding EPT/ Chironomidae
3A-2	23.00	2.38	0.76	47.44	0.47	8.84	5.37
3A-3	24.00	2.41	0.76	57.46	0.00	0.00	
3A-4	38.00	2.74	0.75	34.91	3.77	13.84	2.52
3B-1	27.00	2.78	0.84	41.54	4.62	1.54	27.00
3B-2	33.00	2.71	0.77	8.27	5.60	24.33	0.34
3B-3	31.00	2.29	0.67	69.11	0.52	4.19	16.50
3B-4	42.00	2.64	0.71	25.36	19.66	25.64	0.99
4A-1	11.00	0.36	0.15	0.25	1.23	0.00	0.00
4A-2	27.00	0.45	0.14	1.25	2.28	0.11	11.60
4A-3	32.00	0.28	0.08	1.04	0.57	0.07	14.67
4A-4	49.00	2.17	0.56	4.70	1.93	1.93	2.44
4B-1	31.00	2.11	0.62	5.19	1.48	0.49	10.50
4B-2	28.00	2.05	0.62	9.69	0.74	14.58	0.66
4B-3	20.00	1.70	0.57	14.94	0.32	0.00	
4B-4	31.00	1.64	0.48	5.20	46.46	28.33	0.18

Met die uitsondering van lokaliteite 2B opname 2, 2A opname 3 en 4A opnames 1-3, het al die lokaliteite biodiversiteitswaardes (H') van tussen 1.5 en 3.5 getoon. Met betrekking tot Pielou se eweredigheidsindeks (J'), het die waardes tussen 0.08 (4A opname 3) en 0.87 (1 opname 1 en 3A opname 1) geskommel. Vir hierdie indeks kan die waardes tussen 0 – 1 wissel, met 0 wat 'n oneweredige- en 1 wat 'n eweredige verspreiding van veelheid verteenwoordig. Die % EPT, wat 'n indikator van waterkwaliteit verteenwoordig, neem toe met verhoging in waterkwaliteit. Vanuit Tabel 4.2 is dit opmerklik dat alhoewel lokaliteit 4A (opname 1), met 'n % EPT-waarde van 0.25 en lokaliteit 3B (opname 3), met 'n waarde van 69.11, elk die laagste en hoogste enkele % EPT verteenwoordig het, het die hoogste en laagste gemiddelde % EPT-waarde by lokaliteite 3A en 4A respektiewelik voorgekom. Die hoogste % Oligochaeta is vir lokaliteit 2B opname 2 bereken, terwyl die hoogste % Chironomidae vir lokaliteit 1 opname 2 bereken is. Die afwesigheid, in sommige gevalle, van data in die verhouding EPT/Chironomidae kolom, is toe te skryf aan die feit dat geen Chironomidae tydens die betrokke opnames by die lokaliteite gevind is nie. Die verhouding EPT/Chironomidae dui op die verhouding van sensitiewe spesies in die algemeen teenoor nie-sensitiewe spesies, waar waardes groter as 1.0 op 'n minder besoedelde omgewing dui. Met betrekking tot die ANOVA- analyse het die % EPT (Tabel 4.3) slegs tussen lokaliteite 4A en 3B statisties betekenisvol verskil ($p=0.015561$), terwyl die % EPT by lokaliteit 4A betekenisvol laer as by al die ander lokaliteite was. Die Spearman rangorde korrelasie-analise (Tabel 4.4) het getoon dat die H'-, J'- en % EPT-waardes positief met riviervloei-hoogte gekorreleer het, terwyl die % Oligochaeta en % Chironomidae negatief met die vloeitempo van die rivier gekorreleer het.

Tabel 4.3: ANOVA-analise van die % EPT biodiversiteitsindeks by die onderskeie lokaliteite (Tabel word weergegee soos deur die Statistica-program (weergawe 10) bereken is).

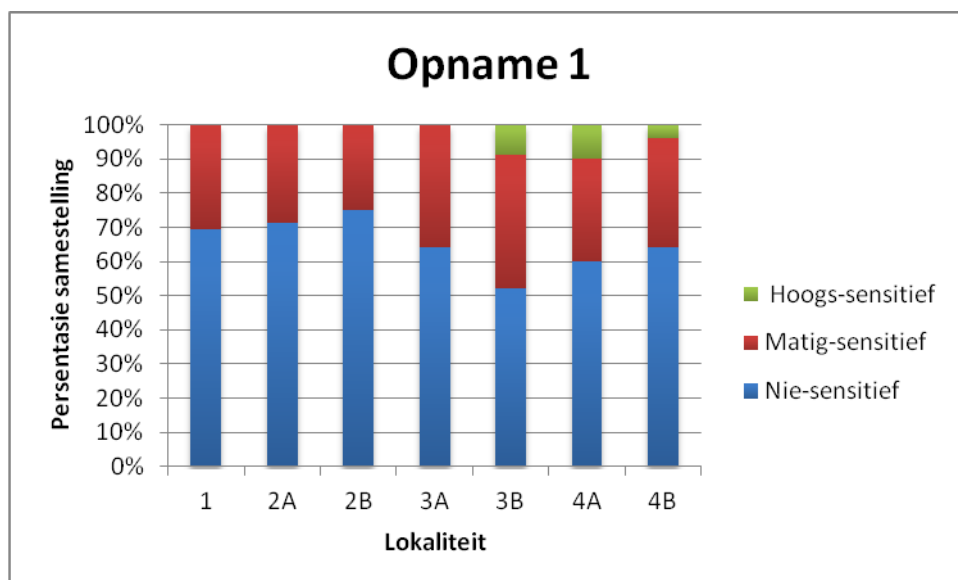
Depend: % EPT	Multiple Comparisons p values (2-tailed); % EPT (Basic stats combined) Independent (grouping) variable: Site Kruskal-Wallis test: H (6, N= 28) =14.62900 p =.0233						
	1 R:15.500	2B R:16.000	3B R:24.500	4B R:9.7500	2A R:11.750	3A R:19.125	4A R:4.8750
1		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2B	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
3B	1.000000	1.000000		0.235582	0.595991	1.000000	0.015561
4B	1.000000	1.000000	0.235582		1.000000	1.000000	1.000000
2A	1.000000	1.000000	0.595991	1.000000		1.000000	1.000000
3A	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		0.300109
4A	1.000000	1.000000	0.015561	1.000000	1.000000	0.300109	

Tabel 4.4: Spearman se rangorde korrelasie-analise van die verskeie biodiversiteitsindekse teenoor verskeie omgewings veranderlikes (Tabel word weergegee soos deur die Statistica-program (weergawe 10) bereken is).

Variable	Spearman RankOrder Correlations (Basic stats combined.sta) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <.05000					
	H'	J'	% EPT	% Oligocheat	% Chironomida	Ratio EPT/ Chironomidae
Height above sea-level (m)	0.118225	0.160608	0.211913	0.107028	0.260015	0.070197
Average Temp (°C)	-0.111436	-0.166591	-0.227374	-0.061642	-0.243265	-0.070725
Temp during sampling (°C)	0.012043	0.188313	0.201724	-0.569313	-0.553471	0.450333
Annual rainfall (mm)	-0.075162	0.046424	0.101690	0.087742	0.263213	-0.081841
Flow rate (m³/s)	-0.190502	-0.000821	0.024360	-0.490375	-0.580036	0.323474
River height (m)	0.452107	0.490969	0.430213	-0.287643	-0.193866	0.292308
pH	-0.167055	-0.219910	0.011776	-0.347967	-0.205508	0.163216
Conductivity	-0.245758	-0.279693	-0.267652	0.148496	0.260133	-0.247863
Species richness	0.140448	-0.229595	0.030174	0.136990	0.288734	0.009596

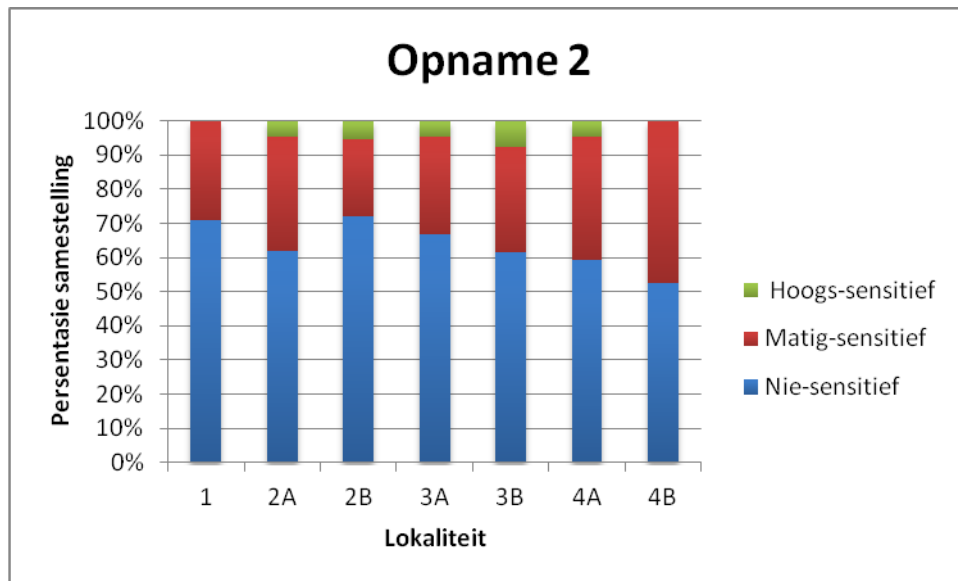
Figure 4.1 – 4.4 is grafiese voorstellings van die persentasie sensitiviteitsamestelling van die al die families tydens die onderskeie opnames.

Vanuit Figuur 4.1 is dit duidelik dat daar tydens opname 1 nie-sensitiewe en matig-sensitiewe families by elke lokaliteit teenwoordig was. Die hoogs-sensitiewe families was slegs in die Blyderivier (3B), Olifantsrivier by Mica (4A) en die Ga-Selatirivier versamel. Die makro-invertebraatgemeenskap het telkens uit tussen 60% tot 80% nie-sensitiewe en tussen 20% tot 30% matig-sensitiewe families bestaan.



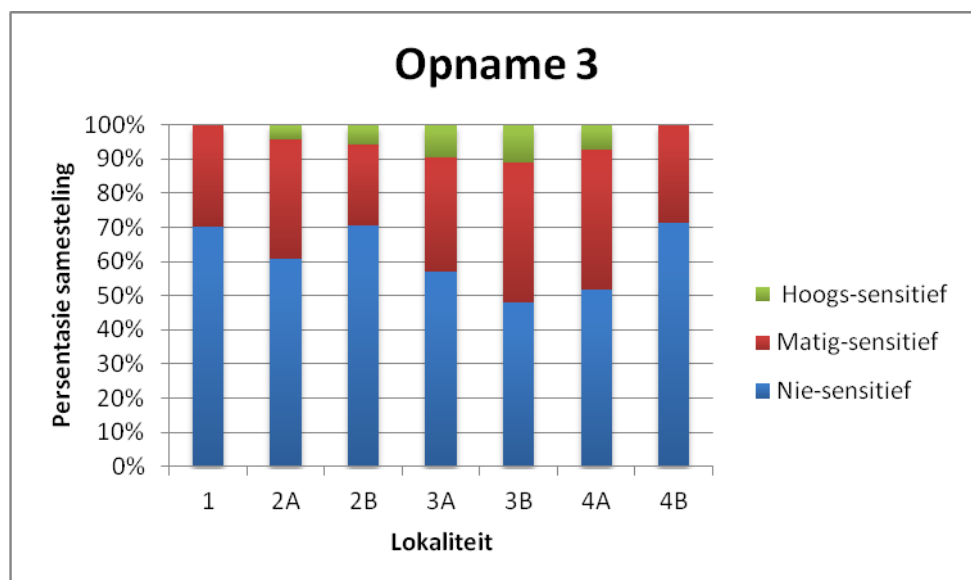
Figuur 4.1: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiviteitsamestelling van die al die families tydens opname 1.

Figuur 4.2 (volgende bladsy) toon dat daar, tydens opname 2, hoogs-sensitiewe families by alle lokaliteite behalwe lokaliteit 1 en 4B gevind is. Die grootste persentasie hoogs-sensitiewe families is by lokaliteit 3B (Blyderivier) versamel.



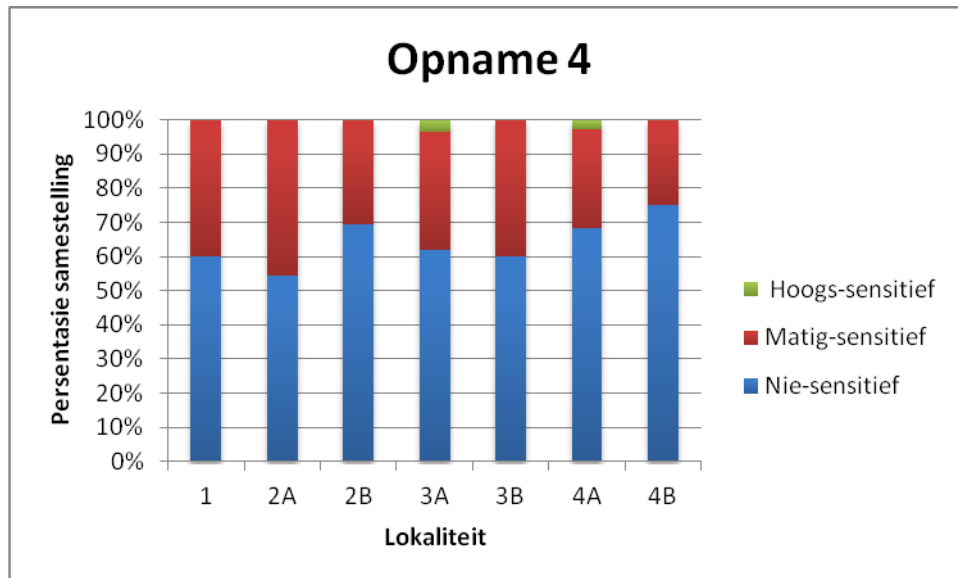
Figuur 4.2: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiwiteitsamestelling van die al die families tydens opname 2.

Wat opname 3 betref (Fig. 4.3), is daar soos met die vorige opname slegs by die Olifantsrivier-oorsprong (1) en die Ga-Selatirivier (4B) geen hoogsensitiewe families gevind nie. Die grootste persentasie sensitiewe families is, soos tydens opname 2, in die Blyderivier (3B) versamel.



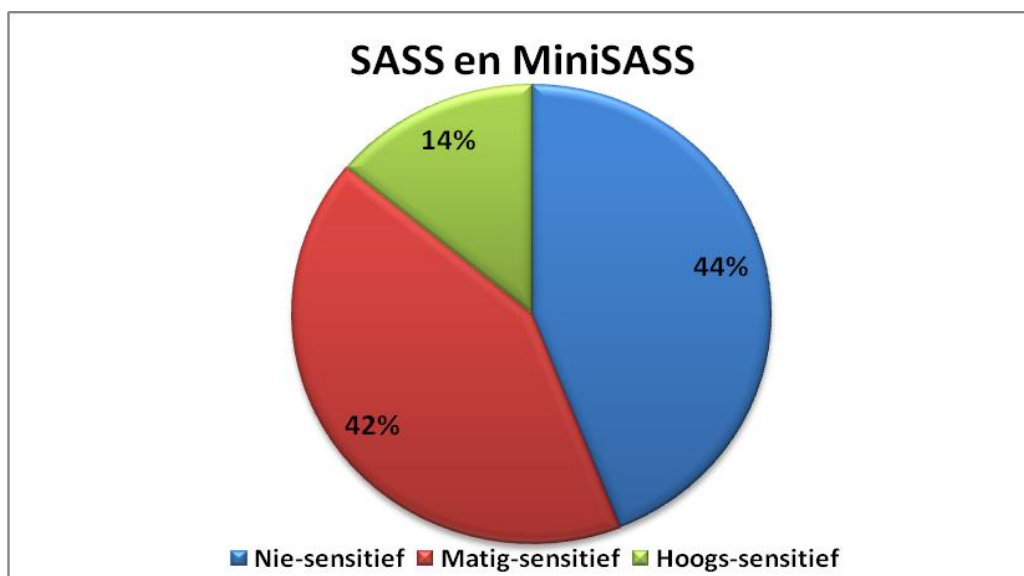
Figuur 4.3: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiwiteitsamestelling van die al die families tydens opname 3.

Vanuit Figuur 4.4 is dit duidelik dat hoogs-sensitiewe families tydens opname 4, alhoewel in klein persentasies, slegs in die Olifantsrivier by Mica (3A) en die Olifantsrivier by Phalaborwa (4A) versamel is.



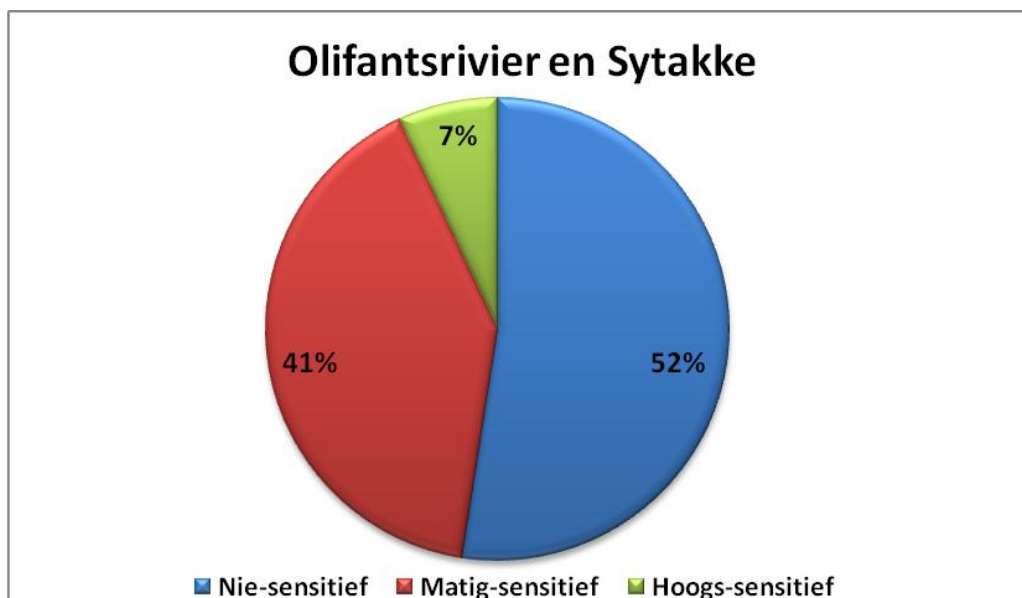
Figuur 4.4: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiwiteitsamestelling van die al die families tydens opname 4.

Figuur 4.5 weerspieël die persentasie sensitiwiteitsamestelling van alle families wat deur SASS5 en MiniSASS gekategoriseer is. Hiervolgens is 44% van die families nie-sensitief, 42% matig-sensitief en 14% hoogs-sensitief.



Figuur 4.5: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiwiteitsamestelling van alle families/taksons soos deur SASS5 en MiniSASS as nie-sensitief, matig-sensitief en hoogs-sensitief gekategoriseer.

Die persentasie sensitiviteitsamestelling van die families wat in die Olifantsrivier en sytakke versamel is, word in Figuur 4.6 weergegee. Hiervolgens is daar tydens die huidige studie 52% nie-sensitiewe, 41% matig-sensitiewe en 7% hoogs-sensitiewe families versamel.



Figuur 4.6: Grafiese voorstelling van die persentasie sensitiviteitsamestelling van alle families wat in die Olifantsrivier en sytakke gevind is.

Tabelle 4.5 en 4.6 gee die Eko-streek waarin elke lokaliteit geleë is en die Eko-kategorieë van elke lokaliteit weer. Die inligting in Tabel 4.5 is verkry vanaf die Vlak 2 kaarte in die RGP (2011). Dit is duidelik dat die sewe lokaliteite wat bestudeer is, oor vier Eko-streke versprei was. Hierdie inligting is onder andere belangrik vir die bepaling van die Eko-kategorieë.

Tabel 4.5: Die Eko-streek waarin elke lokaliteit geleë is, volgens die RGP (2011).

Lokaliteit	Eko-streek Vlak 2
1	Hoëveld bo
2A	Hoëveld onder
2B	Hoëveld onder
3A	Oostelike Eskarp – onder
3B	Laeveld onder
4A	Laeveld onder
4B	Laeveld onder

Tabel 4.6: Die Gemiddelde Waarde per Takson, Totale Sensitiwiteitswaarde en Eko-Kategorieë vir hoogvloei en laagvloei-tydperke by die sewe lokaliteite.

Lokaliteit	*Hoogvloei		*Laagvloei		Hoogvloei	Laagvloei
	*GWPT	*TSW	*GWPT	*TSW	Eko-kategorie	Eko-kategorie
1	4.65	242	4.77	224	E/F	E/F
2A	4.76	201	4.81	173	B/C	B/C
2B	4.66	135	4.39	123	C	D
3A	6.16	184	5.33	240	A	A/B
3B	6.00	246	5.3	302	C/D	D
4A	5.72	166	5.02	286	C/D	D
4B	4.81	178	4.82	212	E/F	E/F

***GWPT** Gemiddelde Waarde per Takson

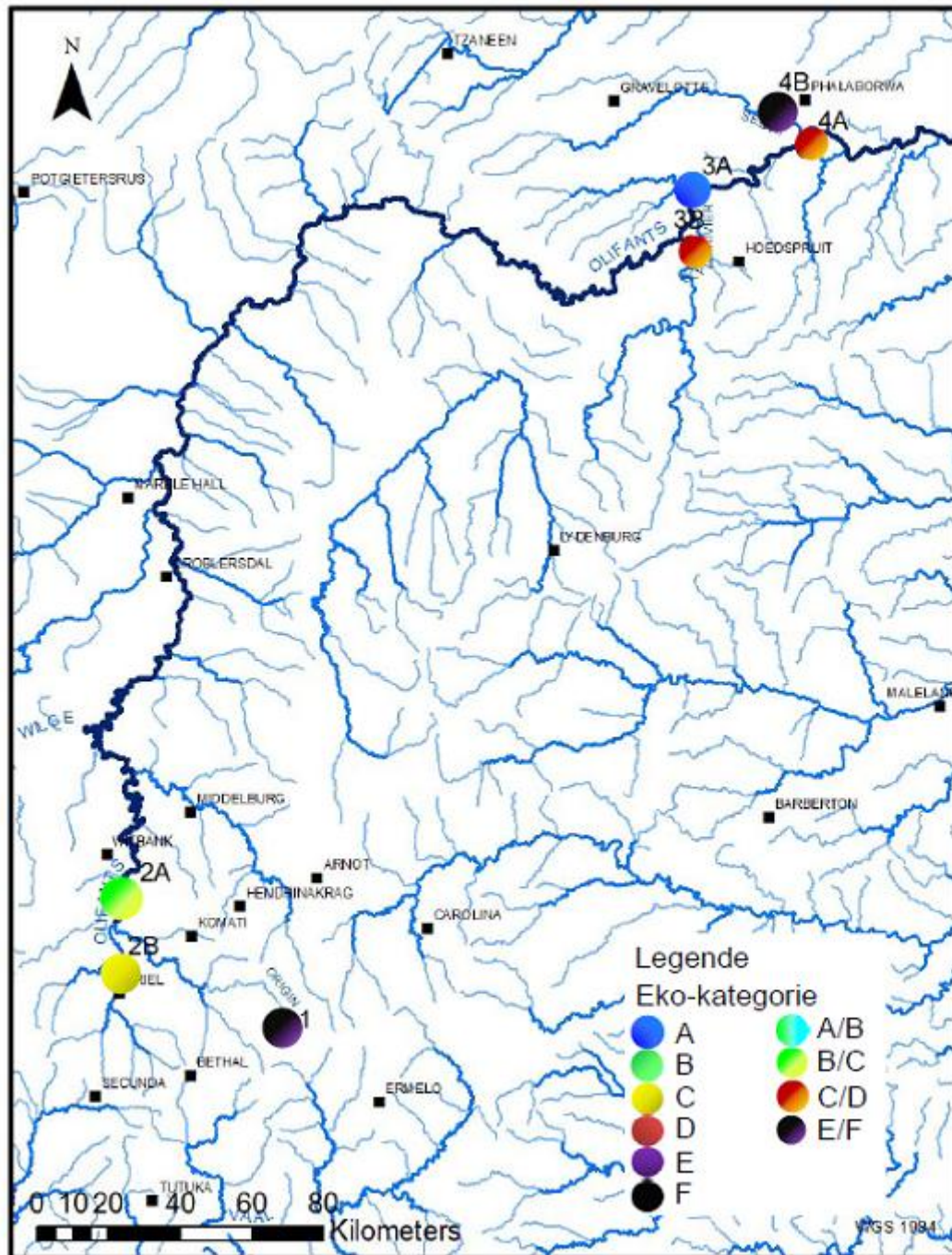
***TSW** Totale Sensitiwiteitswaarde

***Hoogvloei** Gemiddeldes van opnames 1 en 3 se data

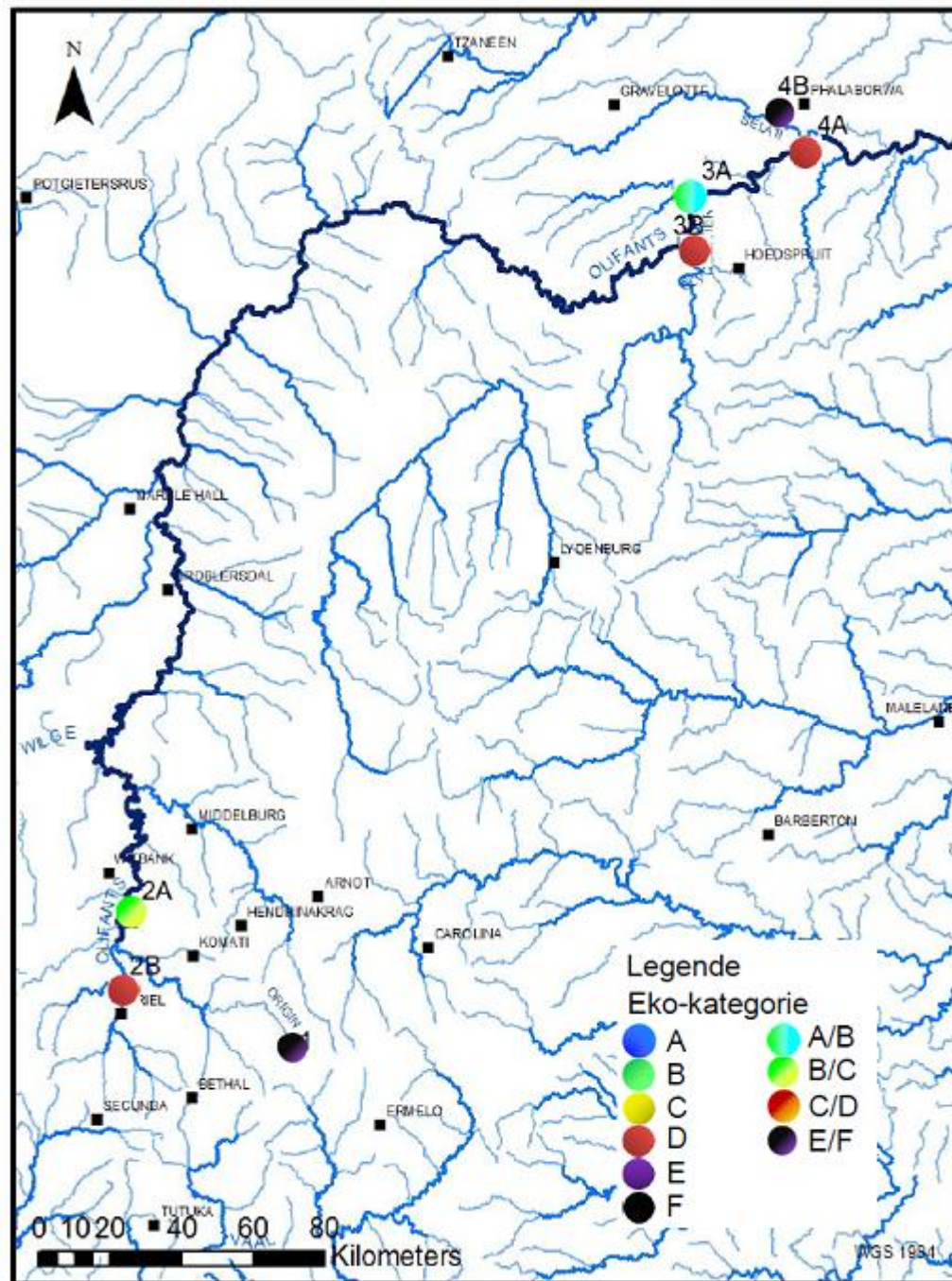
***Laagvloei** Gemiddeldes van opnames 2 en 4 se data

Uit Tabel 4.6 is dit duidelik dat die Eko-Kategorieë vir hoogvloei- en laagvloei-eisoene by die sewe lokaliteite tussen A en E/F gewissel het. Eko-kategorieë A, B, C, D, E en F word gebruik om lokaliteite respektiewelik van natuurlik, grootliks natuurlik, matig getransformeer, grootliks getransformeer, ernstig tot krities getransformeer, te klassifiseer. Slegs lokaliteit 3A het in 'n A en A/B Eko-kategorie geval en lokaliteite 1 en 4B was telkens volgens die Eko-kategorie krities getransformeer (E/F). Lokaliteite 2B, 3A, 3B en 4A het tydens laagvloei-eisoene in 'n swakker Eko-kategorie geval.

Figure 4.8 en 4.9 is grafiese voorstellings van die eko-kategorieë van die onderskeie lokaliteite tydens die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene. Slegs lokaliteit 3A het in 'n A-kategorie geval en lokaliteite 1 en 4B het telkens met 'n E/F-kategorie die swakste presteer in terme van riviergesondheid.



Figuur 4.8: Kaart van die studiegebied tydens die hoogvloeïseisoen met die Eko-Kategorieë volgens die kleurskema soos weergegee deur die RGP (2011).

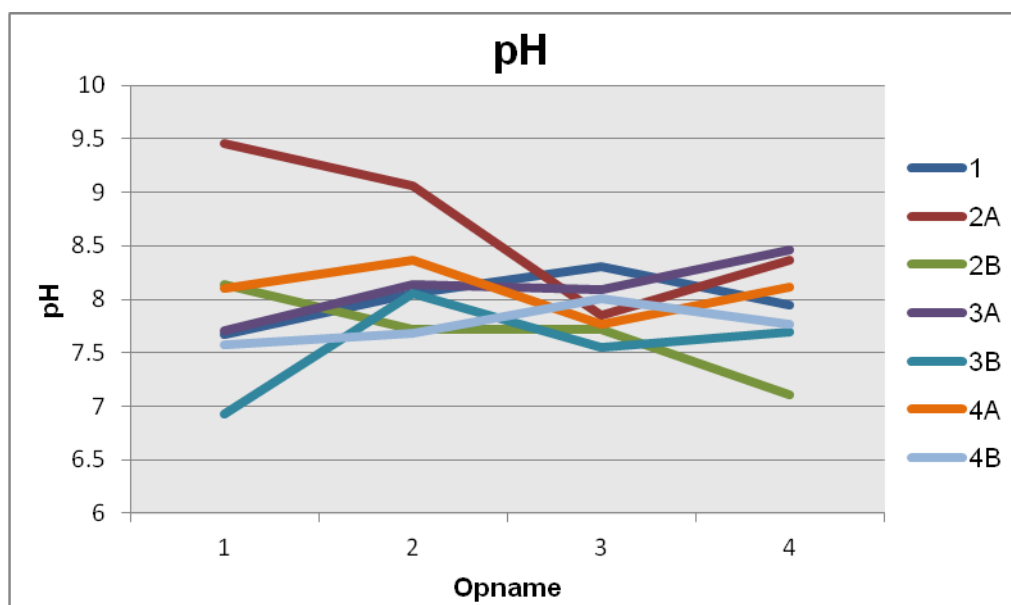


Figuur 4.8: Kaart van die studiegebied tydens die laagvloeiseisoen met die Eko-Kategorieë volgens die kleurskema soos weergegee deur die RGP (2011).

Die pH-waardes van die water by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames word in Tabel 4.7 en Figuur 4.9 weergegee. Soos reeds vermeld, is die pH van die habitatwater by elke lokaliteit *in-situ* bepaal. Uit Tabel 4.7 is dit duidelik dat die pH-waardes tussen 6.93 en 9.45 geskommel het. Die pH-waardes was oor die algemeen die hoogste by lokaliteit 2B, in die Steenkoolspruit, en die laagste by lokaliteit 3B, in die Blyderivier. Alhoewel die variasies in die pH-waardes duideliker sigbaar is in Figuur 4.9, kon daar steeds geen noemenswaardige patroon waargeneem word nie.

Tabel 4.7: Die pH van die water soos by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames gemeet.

Lokaliteit	Opname en pH-waardes by elke lokaliteit			
	1 – Hoogvloei	2 – Laagvloei	3 – Hoogvloei	4 – Laagvloei
1	7.67	8.05	8.31	7.95
2A	9.45	9.06	7.85	8.36
2B	8.14	7.72	7.72	7.11
3A	7.71	8.14	8.09	8.46
3B	6.93	8.05	7.55	7.7
4A	8.1	8.36	7.77	8.11
4B	7.58	7.68	8.01	7.77

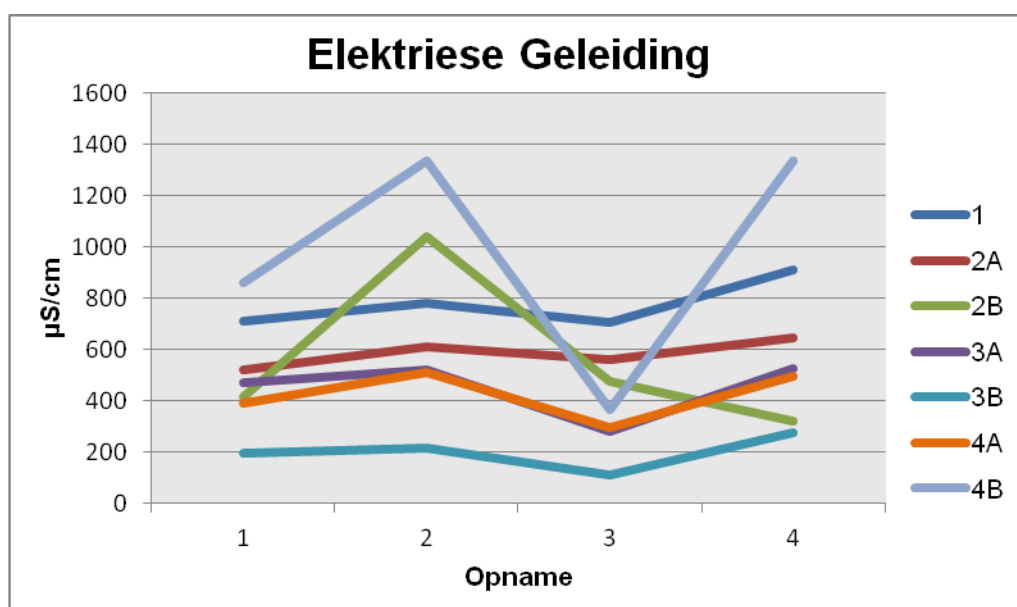


Figuur 4.9: Grafiese voorstelling van die pH-waardes soos in Tabel 4.8 weergegee.

Die geleidingsvermoë van die water wat by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames gemeet is, word in Tabel 4.8 en Figuur 4.10 weergegee. Dit is duidelik dat die geleidingsvermoë tussen 110 en 1 336 $\mu\text{S}/\text{cm}$ geskommel het (Tabel 4.8). Die laagste en hoogste geleiding is onderskeidelik by lokaliteite 3B (Blyderivier) en 4B (Ga-Selatirivier) gemeet.

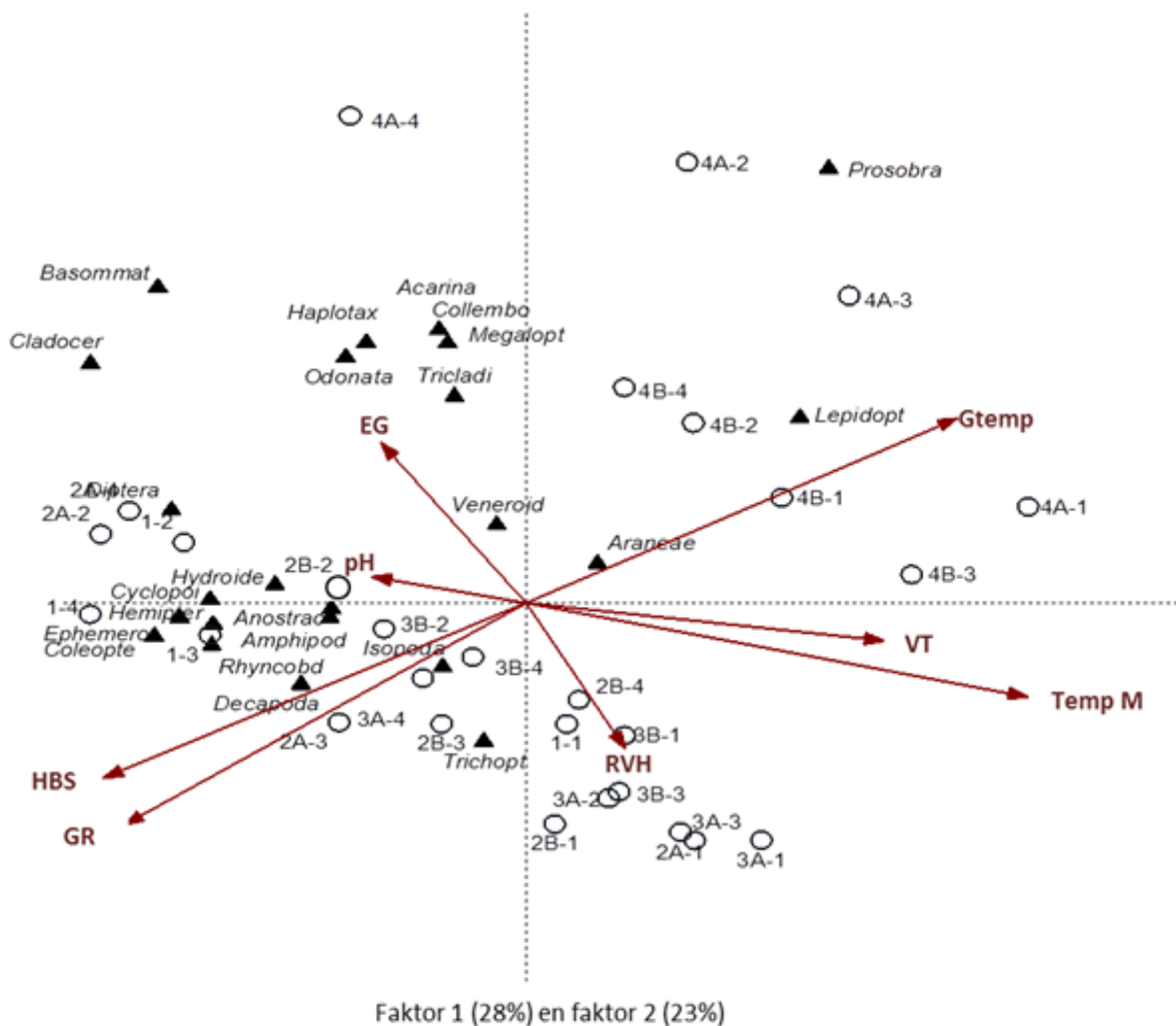
Tabel 4.8: Die geleidingsvermoë (EG), in $\mu\text{S}/\text{cm}$, van die water soos by die sewe lokaliteite tydens die vier opnames gemeet.

Lokaliteit	Opname en EG ($\mu\text{S}/\text{cm}$) -waardes by elke lokaliteit			
	1 – Hoogvloei	2 – Laagvloei	3 – Hoogvloei	4 – Laagvloei
1	712	779	705	910
2A	520	611	561	645
2B	417	1041	475	320
3A	468	521	279	527
3B	196	215	110	276
4A	388	512	295	494
4B	861	1335	366	1336



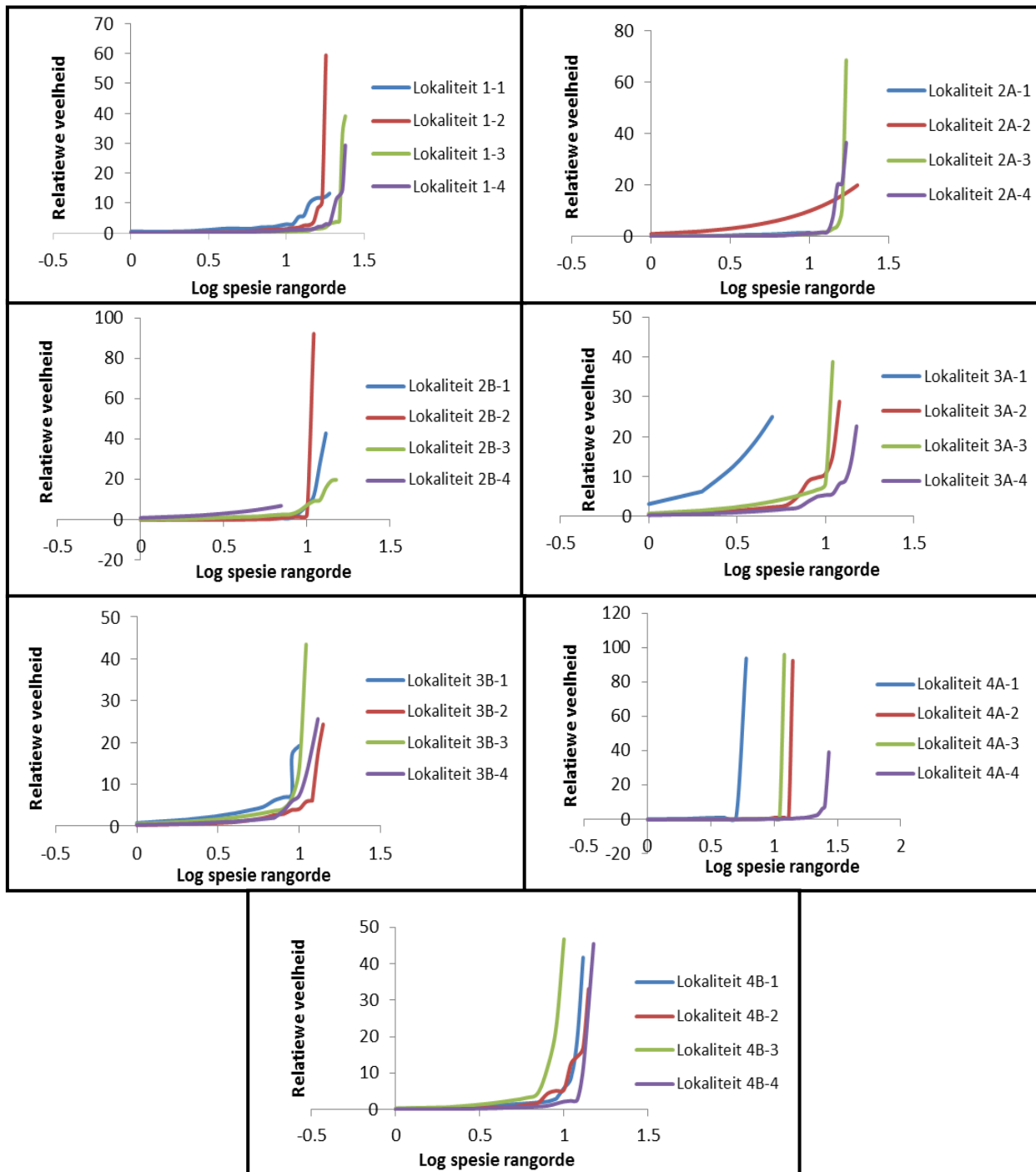
Figuur 4.10: Grafiese voorstelling van die geleidingsvermoë soos in Tabel 4.9 weergegee.

Die HKA tri-plot (Fig. 4.11) toon duidelik dat die gemiddelde temperatuur met die boonste regterkantste kwadrant en met lokaliteite 4A en 4B sowel as Prosobranchia, Lepidoptera en Araneae geassosieer het (Fig. 4.11). Die riviervloei tempo en die temperatuur tydens monsterneming het in die onderste regterkantste kwadrant gegroepeer en met faktor 1 geassosieer, terwyl die rivierhoogte met faktor 2 geassosieer het. Die gemiddelde reënval en hoogte bo seevlak het in die onderste linkerkantste kwadrant gegroepeer en met faktor 1 en 2 geassosieer. Die pH en geleiding het in die boonste linkerkantste kwadrant gegroepeer en geassosieer met lokaliteite 1, 2A, 2B en 4A, terwyl pH met faktor 1 en geleiding met faktor 2 geassosieer het. Wat die ander ordes betref, is dit duidelik dat 12, drie, nul en nege ordes respektiewelik in die kwadrante links bo, regs bo, links onder en regs onder gegroepeer het (Fig. 4.11).



Figuur 4.11: 'n HKA tri-plot van die makro-invertebraatordes wat by die onderskeie lokaliteite versamel is, asook sommige van die omgewingsveranderlikes wat bepaal is, insluitend: gemiddelde temperatuur (GTemp), riviervloei tempo (VT), riviervloeihoogte (RVH), watertemperatuur tydens monsterneming (Temp M), gemiddelde reënval (GR), hoogte bo seevlak (HBS), pH en elektriese geleiding (EG). Lokaliteite word met kolle, ordes met driehoeke en die omgewingsfaktore met pyle aangedui.

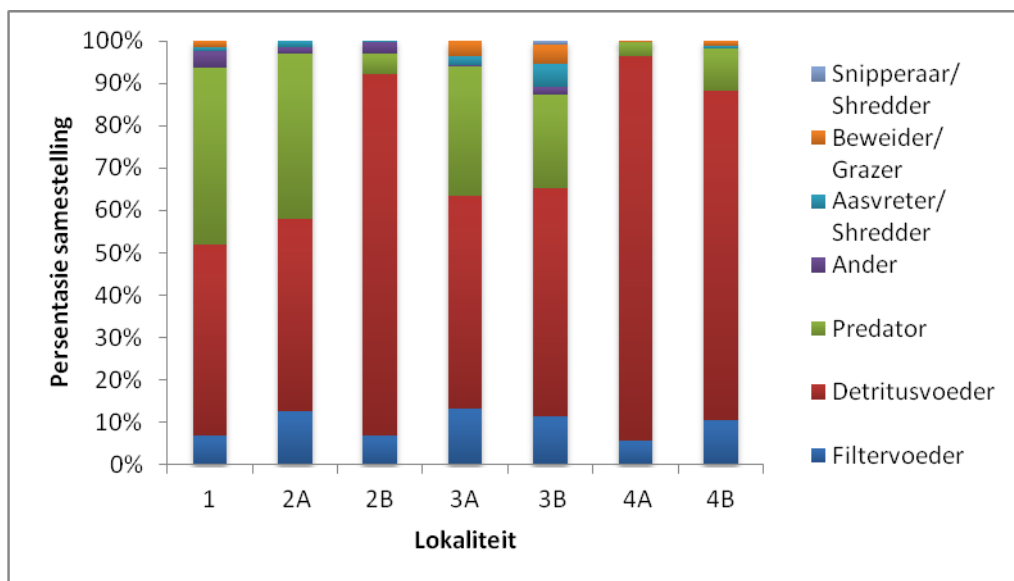
Die relatiewe veelheid van organismes is gebruik om die K-Dominansie-krommes vir elke opname per lokaliteit te plot. Krommes met 'n J-vorm dui op lokaliteite wat besoedel of aan ander negatiewe impakte onderhewig was.



Figuur 4.12: K-Dominansie-krommes van die relatiewe veelheid ('relative abundance') en die log spesie-rangorde ("log species rank order") vir elke lokaliteit tydens die onderskeie opnames.

Vanuit Figuur 4.12 is dit duidelik dat die K-Dominansie-krommes van die verskeie opnames by die verskillende lokaliteite noemenswaardig gevarieer het. Tydens die eerste opname by lokaliteite 1, 2A, 2B en 3B het die krommes 'n meer eweredige verspreiding van individue per spesie getoon. By lokaliteit 2B was daar tydens die tweede opname 'n drastiese verandering in die vorm van die K-dominansie-kromme en by lokaliteite 1, 2A, 2B, 3A en 3B was daar tydens die derde opname 'n drastiese verandering in die vorm van die kromme. Beide lokaliteite 4A en 4B het vanaf die eerste opname J- vormige krommes getoon.

Figuur 4.13 is 'n grafiese voorstelling van die persentasie samestelling van die funksionele voedingsgroepe wat by elke lokaliteit gevind is. Variasie is tussen al die lokaliteite aangetref, met detritusvoeders en predatore wat telkens in die grootste persentasies teenwoordig was.



Figuur 4.13: Persentasie samestelling van die funksionele voedingsgroepe soos tydens die studie by al elke lokaliteit gevind is.

4. 2 Bespreking

Soos reeds in die inleiding genoem, word die algemene indruk rakende die gesondheid van die Olifantsrivier deur verskeie studies as matig tot swak en baie besoedel bestempel. Hierdie ekologiese toestand kan, volgens Ballance *et al.* (2001), toegeskryf word aan antropogeniese invloede soos boerdery, mynbou en industriële praktyke. Akwatiese makro-invertebraattaksa het verskillende toleransievlakke ten opsigte van waterkwaliteitsveranderlikes (Dallas & Day 1993; Malan & Day 2002) soos byvoorbeeld pH, geleidingvermoë, die verandering in riviervloei en ander fisiese en chemiese stressors. Volgens Carlisle *et al.* (2007) is daar egter steeds tot 'n groot mate 'n leemte in die kennis met betrekking tot die invloed op en toleransievlakke van die makro-invertebraatgemeenskappe ten opsigte van die genoemde faktore.

Die feit dat daar meer families in totaal (Tabel 4.1) in die laagvloei-seisoen gevind is, is soos voorheen genoem, in ooreenstemming met die literatuur aangaande die seisoenale variasies in makro-invertebraatgemeenskappe elders in Suid-Afrika (Dallas 2004). Tydens hierdie studie is 10 meer families in totaal tydens die laagvloei-seisoen versamel. Daarbenewens is gevind dat nie meer as 47.5% van die totale aantal families tydens enige van die opnames in die hoogvloei- of laagvloei-seisoene by enige van die lokaliteite teenwoordig was nie, wat moontlik die gevolg van of spesifieke habitatvoorkeure of negatiewe impakte op die rivier mag wees.

Wat lokaliteit 1, wat digby die oorsprong van die Olifantsrivier geleë is, betref, is daar tydens die huidige ondersoek 'n relatiewe hoë spesierykheid van tot 45 taksa per opname gevind (Tabel 4.2). Daar is egter geen hoogs-sensitiewe families versamel nie (Tabel 4.1). Die feit dat die grootste persentasie van bogenoemde taksa uit families bestaan het wat 'n voorkeur vir organiesverrykte habitats toon, kan moontlik verklaar word aan die hand van die groot hoeveelhede filamentalge wat daar teenwoordig was. Die hoë voorkoms van filamentalge het gedui op organiese verryking (Dickens & Graham 2002) en hierdie verskynsel was moontlik ook die rede vir die afwesigheid van hoogs-sensitiewe families. Die voorkoms van organiese verryking word ondersteun deur die J-vorm van krommes in die K-dominansie-analise (Fig. 4.12), wat op besoedeling en habitattransformasie dui. Die verandering in die K-dominansie-kromme by lokaliteit 1, tydens opname 2, kan toegeskryf word aan die hoë getalle Chironomidae wat tydens die betrokke opname versamel is. Soos reeds genoem, het van die hoogste getalle van die Chironomidae by lokaliteit 1 voorgekom. Hierdie familie toon volgens die literatuur 'n voorkeur vir brakwater en water van 'n laer kwaliteit ten opsigte van organiese verryking (Thirion 2006). Ooreenstemmend met hierdie bevinding het lokaliteit 1 tydens die hoogvloei- en laagvloei-seisoene in 'n E/F Ekologiese-kategorie (Tabel 4.6) geval, wat op 'n krities getransformeerde habitat dui.

Bogenoemde omstandighede is teenstrydig met die feit dat die oorspronggebied van die Olifantsrivier deur Ballance *et al.* (2001) as feitlik onversteur beskryf word. Beide

die spesierikheid en verhouding EPT/Chironomidae was tydens opname 3 (Tabel 4.2) by hierdie lokaliteit (1) die hoogste. Hierdie toename kon moontlik toegeskryf word aan die hoër vloeitempo (Fig. 3.5) wat hierdie opname voorafgegaan het en die invloed daarvan op veranderinge in pH en geleidingsvermoë. Die algemene variasie in spesierikheid wat tydens die studie by lokaliteit 1 gevind is (Tabel 4.2), was moontlik ook aan bogenoemde faktore toe te skryf. Alhoewel die pH-waardes en geleidingsvermoë tydens hierdie opnames aansienlik gewissel het (Tabel 4.7), was dit op enkele uitsonderinge na binne die minimum- en maksimumwaardes soos vir Suid-Afrikaanse varswaterbronne gerapporteer is (Schutte & Frank 1964; De Kock en Van Eeden 1969; Holmes 1996). Hierdie voorkoms van variasie is gedurende die studie by al die lokaliteite waargeneem en 'n pH tussen hierdie waardes het volgens Courtney en Clements (1998) waarskynlik geen effek op akwatiese makro-invertebraatgemeenskappe nie.

Betreffende lokaliteit 2A in die Olifantsrivier naby Witbank, is daar tydens beide die hoogvloe- en laagvloeiseisoene slegs een hoogs-sensitiewe familie (Paramelitidae) gevind (Tabel 4.1). Die spesierikheid by hierdie lokaliteit het tussen 17 en 34 geskommel terwyl die H'- en J'-waardes soos by lokaliteit 1, ook opmerklike variasie getoon het (Tabel 4.2). Geen duidelike tendens het uit die verhouding EPT/Chironomidae na vore gekom nie en die variasie in hierdie verhoudings kan waarskynlik aan 'n reeks veranderlikes soos onder andere rivierhoogte, vloeitempo, pH, geleiding en ander impakte toegeskryf word. Die pH-waardes by lokaliteit 2A was oor die algemeen die hoogste met waardes wat tussen 7.85 en 9.45 geskommel het (Tabel 4.7). Die geleiding was relatief konstant, met waardes wat tussen 520 en 645 $\mu\text{S}/\text{m}$ gewissel het (Tabel 4.8), 'n verskynsel wat moontlik aan die relatief konstante watervlak, wat visueel waargeneem is, toegeskryf kon word.

Die verandering in die vorm van die K-dominansie-krommes tydens opname 3 by lokaliteit 2A (Fig. 4.12) is moontlik as gevolg van hoë getalle van die Baetidae en Corixidae wat daar gevind is. Alhoewel die teenwoordigheid van hierdie hoë getalle op organiese verryking dui (Thirion 2006) en daar slegs een hoogs-sensitiewe familie by die lokaliteit versamel is, was hierdie habitat tydens die hoogvloe- en laagvloeiseisoen in 'n B/C Eko-kategorie (Tabel 4.6). Hierdie kategorie verteenwoordig 'n grootliks natuurlik tot matig getransformeerde habitat.

By lokaliteit 2B is net een hoogs-sensitiewe familie (Hydropsychidae sp.3) versamel (tydens opnames 2 en 3), terwyl die spesierikheid tussen 19 en 21 gewissel het (Tabelle 4.1 en 4.2). Die feit dat lokaliteit 2B die laagste gemiddelde en mees konstante spesiediversiteit tydens die studie getoon het, was moontlik vanweë die gebrek aan biotoopdiversiteit. Hierdie lokaliteit is hoofsaaklik deur 'n klipbank en beperkte plantegroei gekenmerk. Soos by lokaliteit 2A, was geen duidelike tendens uit die verhouding EPT/Chironomidae waarneembaar nie. Die relatief lae biodiversiteitswaarde ($H'=0.41$) wat vir lokaliteit 2B (opname 2) bereken is, kan toegeskryf word aan die lae spesierikheid en hoë getalle van die Tubificidae, wat tydens die betrokke opname daar versamel is. Die bogenoemde bevinding word

ondersteun deur die verandering in die K-dominansie-kromme wat vir opname 2 bereken is en wat ook die gevolg van die hoë getalle Tubificidae was. Hierdie familie is bekend vir sy spesifieke voorkeur vir habitats wat organies verryk is (Thirion 2006). Die organiese verryking wat tydens hierdie opname voorgekom het, het gepaardgegaan met 'n noemenswaardige toename in geleidingsvermoë wat in hierdie geval van $417\mu\text{S}/\text{cm}$ (opname 1) na $1\,041\mu\text{S}/\text{cm}$ (opname 2) toegeneem het. Beperkte variasie ten opsigte van pH, met waardes wat tussen 7.11 en 8.14 gewissel het, het voorgekom. Die negatiewe korrelasie van die % Oligochaeta (wat die Tubificidae insluit) en % Chironomidae met vloeitempo (Tabel 4.4), kan moontlik aan spesifieke habitatvoorkeure van hierdie families toegeskryf word (Harrison 2003; Thirion 2006).

Die feit dat lokaliteit 2B tydens die hoogvloeï- en laagvloeïseisoen respektiewelik in 'n C en D Eko-kategorie geval het, word ondersteun deur die bevinding dat slegs een hoogs-sensitiewe familie by hierdie lokaliteit versamel is. Hierdie Eko-kategorieë dui op 'n matig tot grootliks getransformeerde habitat in die Steenkoolspruit.

Wat lokaliteit 3B in die Blyderivier betref, is die grootste aantal families (48) hier versamel en dit kan waarskynlik aan die groot verskeidenheid biotopie toegeskryf word. Hierdie lokaliteit is daarbenewens in 'n bergsone geleë wat 'n vernuwings effek op die Blyderivier het (Raven 2004; Ballance *et al.* 2001). Die grootste aantal hoogs-sensitiewe families (Paramelitidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Barbarochthonidae en Crambidae) is by lokaliteit 3B versamel, 'n bevinding wat in ooreenstemming met die literatuur is, wat die Blyderivier as natuurlik en relatief onversteur klassifiseer (Ballance *et al.* 2001; Raven 2004; Environomics, 2009). Die spesierikheid en biodiversiteit (H'-waarde) by lokaliteit 3B was relatief hoog met waardes wat respektiewelik van 27 – 42 en 2.29 – 2.78 gewissel het, terwyl die J'-waardes (0.67 – 0.84) 'n relatief eweredige verspreiding van veelheid getoon het. Hierdie eweredige verspreiding van veelheid dui op 'n gesonde ekosisteem, wat deur die relatief hoë % EPT waardes wat vir lokaliteit 3B bereken was, ondersteun word.

Die laagste gemiddelde geleidingsvermoë tydens die studie is by lokaliteit 3B gemeet, met waardes wat tussen $110 - 276\mu\text{S}/\text{cm}$ geskommel het. Hierdie lae waardes was waarskynlik toe te skryf aan die vernuwings effek van die bergsone waarin lokaliteit 3B geleë is. Die pH-waardes was ook oor die algemeen die laagste by lokaliteit 3B met waardes wat tussen 6.93 en 8.0 geskommel het. Hierdie waardes was telkens binne die pH-reeks wat vir Suid-Afrikaanse varswaterbronne aangegee word (Holmes 1996).

Wat die Eko-kategorieë betref (Tabel 4.6), is gevind dat die lokaliteit 3B matig tot grootliks getransformeer kon wees, wat teenstrydig met die literatuur is (Ballance *et al.* 2001; Raven 2004; Environomics 2009), waarin die Blyderivier in geheel as grootliks natuurlik beskryf word.

Soos reeds genoem, is die meeste hoogs-sensitiewe families egter by lokaliteit 3B gevind, wat waarskynlik op hoër waterkwaliteit by hierdie habitat dui (Dickens & Graham 2002).

Lokaliteit 3A het hoofsaaklik uit 'n sanderige substraat en beperkte, rietagtige plantegroei bestaan. Ten spyte van die moontlike beperkte biotoopdiversiteit, het die spesierikheid by lokaliteit 3A tussen 15 – 38 geskommel met relatiewe hoë H'-waardes (2.41 – 2.74) en 'n eweredige verspreiding van veelheid ($J'=0.75 - 0.87$). Hierdie bevindings dui op 'n gesonde ekosisteen soos weerspieël deur die teenwoordigheid van die hoogs-sensitiewe families (Heptageniidae en Hydropsychidae) by hierdie lokaliteit. Uit die bogenoemde waarnemings kan afgelei word dat die Blyderivier waarskynlik 'n vernuwingseffek op die Olifantsrivier kon gehad het, nadat dit stroomop van lokaliteit 3A by die Olifantsrivier aansluit, 'n afleiding wat ook deur die literatuur ondersteun word (Raven 2004; Environomics 2009). Die geleiding by hierdie lokaliteit was relatief laag, met waardes wat tussen 297 en 527 $\mu\text{S}/\text{cm}$ geskommel het, terwyl die pH relatief konstant was met waardes wat tussen 7.71 en 8.46 geskommel het.

Lokaliteit 3A het in die hoogvloe- en laagvloeiseisoen respektiewelik in 'n A en A/B Eko-kategorie geval, wat op 'n natuurlike en onversteurde habitat dui. Hierdie bevinding kan waarskynlik die afleiding betreffende die vernuwingseffek van die Blyderivier op die Olifantsrivier, bevestig.

In die Olifantsrivier by Phalaborwa (lokaliteit 4A) is daar drie hoogs-sensitiewe families (Heptageniidae, Crambidae en Blepharoceridae) gevind, terwyl die spesierikheid opvallend tussen waardes van 11 en 49 gevarieer het. Na aanleiding van hierdie bevindings kom dit voor asof die vernuwingseffek van die Blyderivier moontlik verder stroomaf, by lokaliteit 4A, steeds waarneembaar was. Hierdie afleiding word egter deur die relatiewe lae biodiversiteitswaardes (H') en % EPT wat vir lokaliteit 4A bereken is, weerspreek. Die lae H'-waardes kan waarskynlik aan die hoë getalle van die Thiaridae wat by hierdie lokaliteit versamel is, toegeskryf word. Soos reeds vermeld, is hierdie familie bekend vir sy voorkeur vir organiesverrykte habitats (Thirion 2006). Die feit dat die ANOVA-analise van die % EPT (Tabel 4.3) slegs tussen lokaliteite 4A en 3B statisties betekenisvol verskil ($p=0.015561$) het, kan toegeskryf word aan die % EPT wat by lokaliteit 4A betekenisvol laer was as by al die ander lokaliteite, terwyl lokaliteit 3B, soos reeds bespreek, 'n noemenswaardig hoë % EPT getoon het. Die lae % EPT (0.25 – 4.70) wat vir lokaliteit 4A bereken is, dui vermoedelik op 'n laer waterkwaliteit by hierdie habitat. Alhoewel die teenwoordigheid van families soos die Thiaridae op organiese verryking gedui het, was die geleiding by lokaliteit 4A relatief laag met waardes wat tussen 295 en 512 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gewissel het, terwyl die pH-waardes tussen 7.71 en 8.46 geskommel het.

Vanuit die HKA in Figuur 4.11, is dit waarneembaar dat die gemiddelde temperatuur met lokaliteite 4A en 4B sowel as Prosobranchia, Lepidoptera en Araneae geassosieer het. Die feit dat die Prosobranchia met lokaliteite 4A en 4B sowel as die

gemiddelde temperatuur geassosieer het, is moontlik verklaarbaar aan die hand van die feit dat hoë getalle van die Thiaridae, wat tot hierdie orde behoort, in groot getalle by beide hierdie lokaliteite versamel is en dat hierdie lokaliteite in warmer dele van die studiegebied (laeveld) geleë is. Soos reeds in Hoofstuk 3 bespreek is, is hierdie bevinding in ooreenstemming met die literatuur wat daarop dui dat *T. granifera* 'n voorkeur vir 'n warmer klimaat toon (Miranda *et al.* 2002). Die feit dat lokaliteit 4A J-vorm krommes vir al die opnames getoon het, dui ook op 'n versteurde habitat en kan moontlik ook verklaar word deur die hoë getalle Thiaridae wat telkens hier teenwoordig was. Die rede vir die hoë getalle Thiaridae kan waarskynlik aan spesifieke habitatvoorkeure, organiese verryking of 'n versteurde habitat toegeskryf word.

Hierdie lokaliteit (4A) het tydens die hoogvloeï- en laagvloeïseisoene onderskeidelik in 'n C/D en D Eko-kategorie geval, waarvolgens dit as 'n matig- tot grootliks getransformeerde habitat geklassifiseer word. Die feit dat daar egter enkele hoogsensitiewe families by hierdie lokaliteit gevind is, kan moontlik daarop dui dat die waterkwaliteit nie deurgaans laag was nie.

Wat lokaliteit 4B, wat in die Ga-Selatirivier geleë was, aanbetref, is daar slegs een hoogsensitiewe familie (Glossosomatidae) tydens die studie, in die hoogvloeïseisoen, versamel. Die spesierikheid, H'- en J'-waardes het, soos by die vorige lokaliteite, almal variasie getoon wat waarskynlik aan 'n aantal faktore soos onder andere 'n verandering in die riviervloei, pH, geleiding of voedsel- en habitatbeskikbaarheid, toegeskryf sou kon word.

Die opvallende hoë geleidingsvermoë wat tydens die laagvloeïseisoene by lokaliteit 4B (waardes van tot 1 336 $\mu\text{S}/\text{cm}$) gemeet is, kan moontlik onder andere aan die lae volume water en/of organiese verryking weens afloopwater en huishoudelike rioolwater vanaf die Phalaborwa-omgewing (Environomics 2009), toegeskryf word. Hierdie omstandighede het waarskynlik aanleiding gegee tot die J-vormige krommes wat vir elke opname bereken is. Die J-vorm krommes kan waarskynlik ook deur die hoë getalle Thiaridae, wat telkens by hierdie lokaliteit teenwoordig was verklaar word. Alhoewel lokaliteit 4B telkens in 'n E/F Eko-kategorie geval het, is daar wel een hoogsensitiewe familie tydens opname 1 versamel.

Die bogenoemde bevinding, dat lokaliteit 4B skynbaar krities getransformeer was, word deur die literatuur (Ballance *et al.* 2001; Chapman 2006; Environomics 2009) bevestig. Volgens hierdie literatuur is die swak watergehalte van die Ga-Selatirivier waarskynlik die gevolg van slikwater wat uit damme vrygestel word en huishoudelike-afvalwater uit die Phalaborwa-omgewing.

Wat die persentasie sensitiewe samestelling van families in die Olifantsrivier en sytakke teenoor die persentasie sensitiewe samestelling van SASS en MiniSASS betref, was daar geen noemenswaardige verskil by die matig-sensitiewe families nie. Volgens Figuur 4.5 is 44% van al die taksa in SASS5 en MiniSASS nie-sensitief, 42% matig-sensitief en 14% hoogsensitief (Fig. 4.5) teenoor die 52% nie-sensitiewe,

41% matig-sensitiewe en 7% hoogs-sensitiewe families in die Olifantsrivier sytakke (Fig. 4.6). Daar is dus meer nie-sensitiewe families en minder hoogs-sensitiewe families in die Olifantsrivier en sytakke gevind. Hierdie verhoudings kan aan die hand van of laer waterkwaliteit of biotoopbeskikbaarheid verklaar word.

Wat die trofiese struktuur van 'n gemeenskap betref, kan dit waardevolle inligting aangaande die omgewingsgesondheid van 'n ekosistiel inhou en tydens hierdie studie het die persentasie samestelling van die funksionele voedingsgroepe met die K-dominansie-krommes ooreengestem. Volgens Lencioni *et al.* (2007) kan groot getalle detritusvoeders en aasvreters (soos by lokaliteite 2B, 4A en 4B) op 'n besoedelde of getransformeerde omgewing dui, terwyl groot getalle predatore en filtervoeders (soos by lokaliteite 1, 2A, 3A en 3B) daarenteen, op 'n gesonder omgewing dui. Alhoewel die K-dominansie-krommes en die funksionele voedingsgroepe ooreenstem, moet die rivier-kontinuumkonsep ook in ag geneem word (Davies & Day 1998). Hierdie konsep stel dat 'n rivier 'n kontinue gradiënt is van chemiese en fisiese toestande wat toenemend en aanhoudend stroomaf verander soos wat die rivier van sy oorsprong na die see vloei. Volgens hierdie konsep verander die gemeenskapsamestellings van 'n rivier ook voortdurend en sal dit dus logies wees om byvoorbeeld meer aasvreters en minder predatore verder van 'n bergrivierstreek af te vind (Davies & Day 1998). Hierdie bevinding is in ooreenstemming met die feit dat daar meer predatore en minder aasvreters by lokaliteite 1, 2A, 3A en 3B gevind is, wat telkens na aan die oorsprong van die rivier geleë was, of waar lokaliteit 3A 'n vernuwings effek (Environomics 2009) ondergaan het.

Uit die bogenoemde bespreking is dit duidelik dat daar merkwaardige variasie in die getalle en sensitiwiteitsamestellings van die families wat by elke lokaliteit versamel is, voorgekom het. Hierdie variasies kan moontlik aan skommeling in die gesondheid van die rivier by die onderskeie lokaliteite of aan die spesifieke habitatvoorkeure van die betrokke families toegeskryf word. Alhoewel enkele families sporadiese opflukkerings in hulle getalle, as gevolg van organiese verryking getoon het, kon die tydsduur en omvang van sodanige verstourings en die moontlike impak daarvan nie vasgestel word nie. Van die 20 families wat deur SASS5 as hoogs-sensitief gekategoriseer is, is daar slegs sewe tydens hierdie studie versamel. Hierdie bevinding kan moontlik aan faktore soos swak riviergesondheid en/of die natuurlike verspreidingspatroon van hierdie families toegeskryf word.

Hoofstuk 5

Konsentrasies van geselekteerde chemiese elemente, soos gemeet tydens die eerste drie opnames en 'n vergelyking daarvan met die Suid-Afrikaanse Waterkwaliteitsriglyne vir Akwatiese Ekostelsels

Soos reeds in die inleiding genoem is, het DWAF unieke waterkwaliteitskriteria vir Suid-Afrikaanse akwatiese ekostelsels ontwikkel. Die kriteria is ontwikkel vir die evaluering en beskerming van Suid-Afrika se akwatiese ekostelsels en word ter aanvulling van die Nasionale Watergehalte Riglyne gebruik. Elke kriterium is uit die resultate van akute en kroniese toksisiteitstoetse wat op 'n aantal verteenwoordigende spesies uitgevoer was, bereken (Roux *et al.* 1996).

Vir elke potensieel giftige chemiese element is drempelvlakke ten opsigte van die volgende kriteria, bereken: "Chronic Effect Value" (CEV); Acute Effect Value" (AEV) en "Target Water Quality Range" (TWQR) (Holmes 1996). Hierdie kriteria word aangewend om die effek van genoemde elemente op varswaterbiota te voorspel. Vir gebruik in hierdie verhandeling is die bogenoemde kriteria respektiewelik soos volg vertaal: Chroniese Effekwaarde (CE); Akute Effekwaarde (AE) en Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR).

5.1 Resultate

Die resultate van hierdie studie word in Tabela 5.1 tot 5.9 weergegee.

Vanuit Tabel 5.1 (volgende bladsy) is dit duidelik dat die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde van die loodkonsentrasie in die water, by al die lokaliteite tydens elke opname oorskry is. Die Akute Effekwaarde van lood is slegs tydens opname 3 by lokaliteit 1 oorskry, terwyl 45 families tydens die betrokke opname versamel is. In teenstelling hiermee is minder families by al die ander lokaliteite versamel alhoewel die Akute Effekwaarde waarde nie oorskry is nie. Die Eko-kategorieë het tussen A en E/F by al die lokaliteite tydens die drie opnames geskommel.

Tabel 5.1: Gemete loodkonsentrasies (Pb), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierykheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Pb ($\mu\text{m/l}$)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			0.2	0.5	4		
1	1	1.4	>	>	<	E/F	19
	2	1.2	>	>	<	E/F	31
	3	4	>	>	>	E/F	45
2A	1	1.5	>	>	<	B/C	17
	2	0.96	>	>	<	B/C	26
	3	2.4	>	>	<	B/C	33
2B	1	1.5	>	>	<	C	19
	2	1.3	>	>	<	D	20
	3	2.8	>	>	<	C	18
3A	1	1.1	>	>	<	A	15
	2	1.5	>	>	<	A/B	23
	3	2.3	>	>	<	A	24
3B	1	1	>	>	<	C/D	27
	2	1.5	>	>	<	D	33
	3	1.6	>	>	<	C/D	28
4A	1	0.9	>	>	<	D/C	11
	2	1	>	>	<	D	27
	3	1.7	>	>	<	D/C	31
4B	1	0.89	>	>	<	E/F	31
	2	1.2	>	>	<	E/F	28
	3	2.1	>	>	<	E/F	18
*TWKR ($\mu\text{m/l}$)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"				Laer as *waarde	
*CE ($\mu\text{m/l}$)		"Chroniese Effekwaarde"				Hoër as *waarde	
*AE ($\mu\text{m/l}$)		"Akute Effekwaarde"					

Soos gesien in Tabel 5.2, het die chroomkonsentrasies in die water, wat tydens opnames 1 en 3 bepaal is, by al die lokaliteite voortdurend die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde bereik of oorskry. Die Akute Effekwaarde is egter nie bereik of oorskry nie, terwyl die chroomkonsentrasie tydens opname 2 by al die lokaliteite laer as die Teiken Waterkwaliteitsreeks was. Die Eko-kategorieë van al die lokaliteite wat tydens opnames 1 en 3 bepaal is, het tussen A en E/F geskommel terwyl die spesierikheid tussen 11 en 45 gevarieer het. Wat opname 2, betref het die Eko-kategorieë tussen A/B en E/F en die spesierikheid tussen 20 en 31 geskommel (Tabel 5.2).

Tabel 5.2: Gemete chroomkonsentrasies (Cr) asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierikheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Cr ($\mu\text{m/l}$)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			12	24	340		
1	1	26	>	>	<	E/F	19
	2	4.9	<	<	<	E/F	31
	3	28	>	>	<	E/F	45
2A	1	25	>	>	<	B/C	17
	2	3.9	<	<	<	B/C	26
	3	27	>	>	<	B/C	33
2B	1	27	>	>	<	C	19
	2	4.7	<	<	<	D	20
	3	31	>	>	<	C	18
3A	1	27	>	>	<	A	15
	2	4.5	<	<	<	A/B	23
	3	26	>	>	<	A	24
3B	1	24	>	>	<	C/D	27
	2	3.9	<	<	<	D	33
	3	25	>	>	<	C/D	28
4A	1	26	>	>	<	D/C	11
	2	3.9	<	<	<	D	27
	3	27	>	>	<	D/C	31
4B	1	25	>	>	<	E/F	31
	2	5.1	<	<	<	E/F	28
	3	26	>	>	<	E/F	18
*TWKR ($\mu\text{m/l}$)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"				Laer as *waarde	
*CE ($\mu\text{m/l}$)		"Chroniese Effekwaarde"				Hoër as *waarde	
*AE ($\mu\text{m/l}$)		"Akute Effekwaarde"					

Vanuit Tabel 5.3 is dit duidelik dat die mangaankonsentrasies in die water die Teiken Waterkwaliteitsreeks slegs tydens opnames 1 en 2 by lokaliteite 1, 2A en 2B oorskry het. Die Chroniese Effekwaarde is net tydens opname 1 by lokaliteit 1 oorskry en die mangaankonsentrasies in die water was deurentyd by al die lokaliteite laer as die Akute Effekwaarde. Die Eko-kategorieë wat vir al die lokaliteite bereken is, het tydens opnames 1 tot 3 tussen A en E/F geskommel (Tabel 5.3).

Tabel 5.3: Gemete mangaankonsentrasies (Mn), asook Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE) Eko-kategorie en spesierikheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Mn (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rikheid
			180	370	1300		
1	1	430	>	>	<	E/F	19
	2	30	<	<	<	E/F	31
	3	37	<	<	<	E/F	45
2A	1	210	>	<	<	B/C	17
	2	33	<	<	<	B/C	26
	3	34	<	<	<	B/C	33
2B	1	100	<	<	<	C	19
	2	190	>	<	<	D	20
	3	33	<	<	<	C	18
3A	1	3	<	<	<	A	15
	2	37	<	<	<	A/B	23
	3	33	<	<	<	A	24
3B	1	2.5	<	<	<	C/D	27
	2	98	<	<	<	D	33
	3	33	<	<	<	C/D	28
4A	1	2.7	<	<	<	D/C	11
	2	23	<	<	<	D	27
	3	34	<	<	<	D/C	31
4B	1	2.1	<	<	<	E/F	31
	2	44	<	<	<	E/F	28
	3	31	<	<	<	E/F	18
*TWKR (µm/l)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"				Laer as *waarde	
*CE (µm/l)		"Chroniese Effekwaarde"				Hoër as *waarde	
*AE (µm/l)		"Akute Effekwaarde"					

Tabel 5.4 toon dat die koperkonsentrasies die Teiken Waterkwaliteitsreeks, Chroniese Effekwaarde en Akute Effekwaarde deurentyd by al die lokaliteite oorskry het. Die konsentrasie koper het tussen 7.6 µm/l (lokaliteit 1, opname 2) en 36 µm/l (lokaliteit 4B, opname 2) geskommel (Tabel 5.4). Alhoewel die Teiken Waterkwaliteitsreeks, Chroniese Effekwaarde en Akute Effekwaarde deurentyd by al die lokaliteite oorskry is, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F en die spesierykheid tussen 11 en 45 geskommel (Tabel 5.4).

Tabel 5.4: Gemete koperkonsentrasies (Cu), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierykheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Cu (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			0.3	0.53	1.6		
1	1	10	>	>	>	E/F	19
	2	7.6	>	>	>	E/F	31
	3	10	>	>	>	E/F	45
2A	1	10	>	>	>	B/C	17
	2	14	>	>	>	B/C	26
	3	9.7	>	>	>	B/C	33
2B	1	18	>	>	>	C	19
	2	8.5	>	>	>	D	20
	3	15	>	>	>	C	18
3A	1	11	>	>	>	A	15
	2	12	>	>	>	A/B	23
	3	11	>	>	>	A	24
3B	1	10	>	>	>	C/D	27
	2	51	>	>	>	D	33
	3	9.6	>	>	>	C/D	28
4A	1	14	>	>	>	D/C	11
	2	8.4	>	>	>	D	27
	3	13	>	>	>	D/C	31
4B	1	18	>	>	>	E/F	31
	2	36	>	>	>	E/F	28
	3	11	>	>	>	E/F	18

*TWKR (µm/l)

“Teiken Waterkwaliteitsreeks”

*CE (µm/l)

“Chroniese Effekwaarde”

*AE (µm/l)

“Akute Effekwaarde”

Laer as *waarde

Hoër as *waarde

Volgens Tabel 5.5 het die sinkkonsentrasies by al die lokaliteite herhaaldelik die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde oorskry. Die Akute Effekwaarde is slegs tydens opnames 2 en 3 by lokaliteite 2A en 3B oorskry. Waar die sinkkonsentrasies die Akute Effekwaarde oorskry het, het die Eko-kategorieë tussen B/C en D geskommel en waar die sinkkonsentrasies nie die Akute Effekwaarde oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F geskommel (Tabel 5.5).

Tabel 5.5: Gemete sinkkonsentrasies (Zn), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Ekologiese-kategorie en spesierikheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Zn (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			2	3.6	36		
1	1	13	>	>	<	E/F	19
	2	11	>	>	<	E/F	31
	3	18	>	>	<	E/F	45
2A	1	18	>	>	<	B/C	17
	2	20	>	>	<	B/C	26
	3	78	>	>	>	B/C	33
2B	1	31	>	>	<	C	19
	2	10	>	>	<	D	20
	3	23	>	>	<	C	18
3A	1	13	>	>	<	A	15
	2	18	>	>	<	A/B	23
	3	22	>	>	<	A	24
3B	1	13	>	>	<	C/D	27
	2	41	>	>	>	D	33
	3	44	>	>	>	C/D	28
4A	1	15	>	>	<	D/C	11
	2	11	>	>	<	D	27
	3	33	>	>	<	D/C	31
4B	1	16	>	>	<	E/F	31
	2	13	>	>	<	E/F	28
	3	19	>	>	<	E/F	18
*TWKR (µm/l)			"Teiken Waterkwaliteitsreeks"			Laer as *waarde	
*CE (µm/l)			"Chroniese Effekwaarde"			Hoër as *waarde	
*AE (µm/l)			"Akute Effekwaarde"				

Vanuit Tabel 5.6 is dit duidelik dat die aluminiumkonsentrasies in die water by al die lokaliteite die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde herhaaldelik bereik of oorskry het. Tydens opnames 1 en 3 het die konsentrasies by lokaliteite 4A en 4B die Akute Effekwaarde ook oorskry. Die Eko-kategorieë van al die lokaliteite tydens opnames 1 tot 3 het tussen A en E/F en die spesierykheid tussen 11 en 45 geskommel (Tabel 5.6).

Tabel 5.6: Gemete aluminiumkonsentrasies (Al), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierykheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Al (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			5	10	100		
1	1	26	>	>	<	E/F	19
	2	31	>	>	<	E/F	31
	3	82	>	>	<	E/F	45
2A	1	22	>	>	<	B/C	17
	2	32	>	>	<	B/C	26
	3	59	>	>	<	B/C	33
2B	1	50	>	>	<	C	19
	2	30	>	>	<	D	20
	3	44	>	>	<	C	18
3A	1	24	>	>	<	A	15
	2	34	>	>	<	A/B	23
	3	97	>	>	<	A	24
3B	1	22	>	>	<	C/D	27
	2	29	>	>	<	D	33
	3	37	>	>	<	C/D	28
4A	1	110	>	>	>	D/C	11
	2	29	>	>	<	D	27
	3	800	>	>	>	D/C	31
4B	1	11	>	>	<	E/F	31
	2	39	>	>	<	E/F	28
	3	100	>	>	>	E/F	18
*TWKR (µm/l)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"			Laer as *waarde		
*CE (µm/l)		"Chroniese Effekwaarde"			Hoër as *waarde		
*AE (µm/l)		"Akute Effekwaarde"					

Volgens Tabel 5.7 het die seleniumkonsentrasies by al die lokaliteite die Teiken Waterkwaliteitsreeks en die Chroniese Effekwaarde deurentyd oorskry. Met die uitsondering van opname 3 by lokaliteit 3B was die seleniumkonsentrasies by al die lokaliteite tydens opnames 2 en 3, hoër as die Akute Effekwaarde. In gevalle waar die seleniumkonsentrasies nie die Akute Effekwaarde oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F geskommel en in gevalle waar die seleniumkonsentrasies die Akute Effekwaarde oorskry het, het die Eko-kategorieë ook tussen A en E/F geskommel (Tabel. 5.7).

Tabel 5.7: Gemete seleniumkonsentrasies (Se), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierikheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Se (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie Rykheid
			2	5	30		
1	1	13	>	>	<	E/F	19
	2	46	>	>	>	E/F	31
	3	48	>	>	>	E/F	45
2A	1	12	>	>	<	B/C	17
	2	54	>	>	>	B/C	26
	3	45	>	>	>	B/C	33
2B	1	10	>	>	<	C	19
	2	36	>	>	>	D	20
	3	33	>	>	>	C	18
3A	1	13	>	>	<	A	15
	2	41	>	>	>	A/B	23
	3	45	>	>	>	A	24
3B	1	10	>	>	<	C/D	27
	2	50	>	>	>	D	33
	3	27	>	>	<	C/D	28
4A	1	11	>	>	<	D/C	11
	2	41	>	>	>	D	27
	3	35	>	>	>	D/C	31
4B	1	11	>	>	<	E/F	31
	2	47	>	>	>	E/F	28
	3	43	>	>	>	E/F	18
*TWKR (µm/l)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"				Laer as *waarde	
*CE (µm/l)		"Chroniese Effekwaarde"				Hoër as *waarde	
*AE (µm/l)		"Akute Effekwaarde"					

Tabel 5.8 toon dat die arseenkonsentrasies in die water die Teiken Waterkwaliteitsreeks slegs tydens opname 1 by lokaliteit 3B oorskry het, terwyl die konsentrasies by al die ander lokaliteite laer as die Teiken Waterkwaliteitsreeks was. In die geval waar die arseenkonsentrasies die Teiken Waterkwaliteitsreeks (opname 2, lokaliteit 3B) oorskry het en waar hierdie lokaliteit 'n C/D Eko-kategorie geval het, is daar 'n relatief hoë spesierikheid van 27 families aangeteken. In gevalle waar die arseenkonsentrasies nie die Teiken Waterkwaliteitsreeks oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F en die spesierikheid tussen 11 en 45 geskommel (Tabel 5.8).

Tabel 5.8: Gemete arseenkonsentrasies (As), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierikheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	As ($\mu\text{m/l}$)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			10	20	130		
1	1	3.4	<	<	<	E/F	19
	2	2.6	<	<	<	E/F	31
	3	7.3	<	<	<	E/F	45
2A	1	3.6	<	<	<	B/C	17
	2	3.5	<	<	<	B/C	26
	3	8.3	<	<	<	B/C	33
2B	1	3.5	<	<	<	C	19
	2	2.6	<	<	<	D	20
	3	5.4	<	<	<	C	18
3A	1	2.6	<	<	<	A	15
	2	3.3	<	<	<	A/B	23
	3	6.5	<	<	<	A	24
3B	1	11	>	<	<	C/D	27
	2	9.9	<	<	<	D	33
	3	7.3	<	<	<	C/D	28
4A	1	2.1	<	<	<	D/C	11
	2	2.8	<	<	<	D	27
	3	6.9	<	<	<	D/C	31
4B	1	4.4	<	<	<	E/F	31
	2	4.5	<	<	<	E/F	28
	3	4	<	<	<	E/F	18
*TWKR ($\mu\text{m/l}$)		"Teiken Waterkwaliteitsreeks"				Laer as *waarde	
*CE ($\mu\text{m/l}$)		"Chroniese Effekwaarde"				Hoër as *waarde	
*AE ($\mu\text{m/l}$)		"Akute Effekwaarde"					

Wat Tabel 5.9 betref, was die kwikkonsentrasies in die water slegs tydens opname 2, lokaliteit 1 en opname 1, lokaliteite 2A en 4B laer as die Teiken Waterkwaliteitsreeks. Die Chroniese Effekwaarde is dikwels oorskry en die kwikkonsentrasies was tydens opname 3 by al die lokaliteite hoër as die Akute Effekwaarde. Alhoewel die Akute Effekwaarde by al die lokaliteite tydens opname 3 telkens oorskry is, het die Eko-kategorieë en spesierykheid by die lokaliteite tydens die betrokke opname onderskeidelik tussen A en E/F en 11 en 45 geskommel (Tabel 5.9).

Tabel 5.9: Gemete kwikkonsentrasies (Hg), asook die Teiken Waterkwaliteitsreeks (TWKR), Chroniese Effekwaarde (CE), Akute Effekwaarde (AE), Eko-kategorie en spesierykheid (SR) by elke lokaliteit tydens die eerste drie opnames.

Lokaliteit	Opname	Hg (µm/l)	*TWKR	*CE	*AE	Ekologiese kategorie	Spesie rykheid
			0.04	0.08	1.7		
1	1	0.046	>	<	<	E/F	19
	2	0.018	<	<	<	E/F	31
	3	62	>	>	>	E/F	45
2A	1	0.038	<	<	<	B/C	17
	2	0.15	>	>	<	B/C	26
	3	35	>	>	>	B/C	33
2B	1	0.04	>	<	<	C	19
	2	0.11	>	>	<	D	20
	3	40	>	>	>	C	18
3A	1	0.068	>	<	<	A	15
	2	0.15	>	>	<	A/B	23
	3	33	>	>	>	A	24
3B	1	0.06	>	<	<	C/D	27
	2	0.18	>	>	<	D	33
	3	37	>	>	>	C/D	28
4A	1	0.058	>	<	<	D/C	11
	2	0.15	>	>	<	D	27
	3	37	>	>	>	D/C	31
4B	1	0.035	<	<	<	E/F	31
	2	0.1	>	>	<	E/F	28
	3	30	>	>	>	E/F	18
*TWKR (µm/l)			"Teiken Waterkwaliteitsreeks"			Laer as *waarde	
*CE (µm/l)			"Chroniese Effekwaarde"			Hoër as *waarde	
*AE (µm/l)			"Akute Effekwaarde"				

5.2 Bespreking

Akwatiese makro-invertebrate word oor die algemeen as goeie indikators vir biomonitoring beskou (Myslinski & Ginsburg 1977; Lynch, Popp & Jacobi 1988, Hare 1992; Hare & Campbell 1992). In 'n studie deur Goodyear en McNeill (1999), waarin alle beskikbare literatuur rakende die bio-akkumulering van swaarmetale in varswater makro-invertebrate geanaliseer is, is tot die slotsom gekom dat daar egter steeds 'n tekort aan inligting met betrekking tot hierdie onderwerp bestaan. In ooreenstemming hiermee het Gower *et al.* (1994) en Rainbow en Dallinger (1992) ook gemeld dat daar min inligting bekend is aangaande die invloed van spoorelemente op die welstand van varswaterorganismes asook die effek wat dit op varswater-ekostelsels in die algemeen het. Tydens hierdie studie is daar uitsluitlik na die konsentrasies van verskeie elemente in die water, sowel as die moontlike invloed daarvan op die spesierykheid en eko-kategorieë by die onderskeie lokaliteite, gekyk.

Hoewel sommige van die bepalende faktore wat die toksisiteit van lood beïnvloed (byvoorbeeld die hardheid en suurstofinhoud van die water (Holmes 1996)) nie tydens hierdie ondersoek gemeet is nie, het die resultate in Tabel 5.1 getoon dat die Akute Effekwaarde van lood slegs tydens opname 3 by lokaliteit 1 oorskry is. Ofskoon die Akute Effekwaarde hier oorskry is, is daar nogtans 45 families tydens die betrokke opname versamel, terwyl minder families by die ander lokaliteite, waar die Akute Effekwaarde nie oorskry is nie, versamel is. Daarbenewens het die Eko-kategorieë tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) by al die lokaliteite tydens die drie opnames gevarieer. Hierdie teenstrydigheid in die resultate suggereer dat die hoër loodkonsentrasies soos gemeet in hierdie studie, waarskynlik nie 'n beduidende invloed op die eko-kategorieë of spesierykheid van die bepaalde lokaliteite gehad het nie.

Ondanks die feit dat chroomkonsentrasies in akwatiese ekostelsels oor die algemeen relatief laag is (Holmes 1996), het die konsentrasies in hierdie studie by al die lokaliteite tydens opnames 1 en 3 die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde deurgaans bereik of oorskry (Tabel 5.2). Die Akute Effekwaarde is egter nie bereik nie en die chroomkonsentrasie was tydens opname 2 by al die lokaliteite laer as die Teiken Waterkwaliteitsreeks. Volgens Holmes (1996) is akwatiese makro-invertebrate oor die algemeen baie sensitief vir chroom en alhoewel Daphniidae, volgens hierdie outeur, as die sensitiefste familie vir die metaal aangedui word, was hierdie familie tydens al die opnames by verskeie van die lokaliteite teenwoordig. Wat die Eko-kategorieë betref, het dit tydens opnames 1 en 3 by al die lokaliteite tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) geskommel. Tydens opname 2, waar die chroomkonsentrasie geensins die Teiken Waterkwaliteitsreeks oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A/B en E/F (grootliks natuurlik tot krities getransformeer) geskommel. Daarbenewens kon ook geen opvallende verband tussen die chroomkonsentrasies en spesierykheid tydens onderskeie opnames waargeneem word nie. In die lig van hierdie resultate kom dit derhalwe voor asof die

chromkonsentrasies in water ook geen noemenswaardige effek op die eko-kategorieë of spesierikheid van die lokaliteite gehad het nie.

Hoewel mangaan as een van die agt volopste metale in die natuur beskou word en in verskeie soute en minerale in akwatiese ekosisteme voorkom, is inligting aangaande die toksisiteit daarvan ten opsigte van makro-invertebrate baie beperk (Holmes 1996). Die mangaankonsentrasies in die water het die Teiken Waterkwaliteitsreeks slegs tydens opnames 1 en 2 by lokaliteite 1, 2A en 2B oorskry (Tabel 5.3). Die Chroniese Effekwaarde is slegs tydens opname 1 by lokaliteit 1 oorskry en die mangaankonsentrasies was deurentyd by al die lokaliteite laer as die Akute Effekwaarde. Geen duidelike tendens was waarneembaar tussen die spesierikheid, eko-kategorieë en mangaankonsentrasies nie.

Wat die koper aanbetref, kom dit natuurlik in die meeste wateromgewings voor en hoë konsentrasies word as potensieel toksies geag (Holmes 1996). Die toksisiteit van koper in varswater wat ook organiese stowwe bevat, is gewoonlik laer as wat deur laboratorium-analises voorspel word (Holmes 1996). Hierdie verskynsel is waarskynlik toe te skryf aan die adsorberingseffek wat die gesuspendeerde stowwe in die waterkolom op koper het. Natuurlike agtergrondkoperkonsentrasies kan moontlik hoër wees as die Teiken Waterkwaliteitsreeks en dus is dit nodig dat 'n opname- en/of lokaliteit-spesifieke kriterium ontwikkel word. Alhoewel die Teiken Waterkwaliteitsreeks, Chroniese Effekwaarde en Akute Effekwaarde deurentyd by al die lokaliteite oorskry is, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) gevarieer terwyl die spesierikheid tussen 11 en 45 geskommel het (Tabel 5.4). Hierdie resultate kan derhalwe daarop dui dat die konsentrasie koper ook nie 'n noemenswaardige invloed op die ekologiese-kategorie en spesierikheid van 'n bepaalde lokaliteit gehad het nie.

Sink is 'n spoormetaal en nieteenstaande die feit dat dit 'n belangrike mikronutriënt vir alle organismes is, is dit in akwatiese ekosisteme in relatief lae konsentrasies reeds toksies (Holmes 1996). Die sinkkonsentrasies (Tabel 5.5) by al die lokaliteite het die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde herhaaldelik oorskry. In gevalle waar die sinkkonsentrasies die Akute Effekwaarde oorskry het, het die Eko-kategorieë tussen B/C en D (grootliks natuurlik tot ernstig getransformeer) en die spesierikheid tussen 11 en 45 gewissel. Waar die sinkkonsentrasies egter nie die Akute Effekwaarde oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) en die spesierikheid tussen 28 en 33 gevarieer. Hiervolgens kan afgelei word dat die sinkkonsentrasies, soos al die reeds genoemde elemente, nie 'n opvallende effek op die eko-kategorieë en spesierikheid gehad het nie. Hierdie bevinding kan moontlik verklaar word aan die hand van die feit dat etlike interaksies (byvoorbeeld hardheid van die water en die teenwoordigheid van koper) die toksisiteit van sink in akwatiese ekosisteme kan beïnvloed (Holmes 1996).

Betreffende die aluminiumkonsentrasies, hang die toksiese effek daarvan ook van verskeie faktore soos byvoorbeeld die spesie en lewensstadium van die organismes,

die kalsiumkonsentrasie in die water en die pH van die water af (Holmes 1996). Die Teiken Waterkwaliteitsreeks en Chroniese Effekwaarde van die aluminiumkonsentrasies by al die lokaliteite is herhaaldelik bereik of oorskry (Tabel 5.6). Tydens opnames 1 en 3 het die konsentrasies by lokaliteite 4A en 4B daarbenewens ook die Akute Effekwaarde oorskry. Alhoewel bogenoemde lokaliteite in hierdie gevalle in ietwat swakker Eko-kategorieë (C/D – E/F) (matig tot krities getransformeer) geval het, was die spesierikheid (11 – 31) nogtans relatief hoog. Hieruit kan dus afgelei word dat die aluminiumkonsentrasies, soos tydens hierdie studie gemeet, ook nie 'n opvallende invloed op beide die eko-kategorieë en spesierikheid gehad het nie.

Alhoewel Holmes (1996) nie melding maak van die effek van seleniumkonsentrasies op varswater makro-invertebrate nie, vermeld hy wel dat die toksisiteit daarvan vir visse, direk van watertemperatuur afhanklik is. Wat die seleniumkonsentrasies wat tydens hierdie studie gemeet is, betref, is gevind dat die Teiken Waterkwaliteitsreeks, Chroniese Effekwaarde en Akute Effekwaarde tydens bykans elke opname by al die lokaliteite oorskry is. Waar die seleniumkonsentrasies nie die Akute Effekwaarde oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) geskommel en waar die seleniumkonsentrasies wel die Akute Effekwaarde oorskry het, het die Eko-kategorieë ook tussen A en E/F geskommel. Die spesierikheid het deurentyd ook geen opvallende tendens getoon nie, met waardes wat tussen 11 en 45 geskommel het. Hiervolgens kan weereens afgelei word dat die konsentrasies van hierdie element, soos gemeet tydens die verskillende opnames, waarskynlik ook nie 'n noemenswaardige effek op die eko-kategorieë en spesierikheid van die lokaliteite gehad het nie.

Arseen is 'n metalloïed-element wat toksies vir mariene- en varswaterorganismes is en wat ook as karsinogenies beskryf word (Holmes 1996). Ten spyte van die feit dat die arseenkonsentrasies die Teiken Waterkwaliteitsreeks tydens opname 1 by lokaliteit 3B oorskry het en dat hierdie lokaliteit 'n C/D Eko-kategorie (matig tot ernstig getransformeer) geval het, is daar steeds 'n relatief hoë spesierikheid van 27 families aangeteken. Waar die arseenkonsentrasies nie die Teiken Waterkwaliteitsreeks oorskry het nie, het die Eko-kategorieë tussen A en E/F (natuurlik tot krities getransformeer) geskommel en het die spesierikheid tussen 11 en 45 gevarieer. Alhoewel die blootstelling van beide visse en invertebrate aan arseen tot groeivertragings en verlaagde voortplanting kan lei (Holmes 1996), was die bestudering van sodanige effekte nie deel van die omvang van die huidige studie nie. Die resultate het egter getoon dat die arseenkonsentrasies wat tydens hierdie studie gevind is, moontlik geen opvallende invloed op die eko-kategorieë en spesierikheid gehad het nie.

In hierdie studie het die kwikkonsentrasies die Akute Effekwaarde tydens opname 3 by al die lokaliteite oorskry en die Eko-kategorieë en spesierikheid het tydens hierdie opname onderskeidelik tussen A en E/F en 18 en 45 geskommel. Bogenoemde resultate dui daarop dat die kwikkonsentrasies waarskynlik ook nie 'n

noemenswaardige effek op die eko-kategorieë en spesierykheid van die bepaalde lokaliteite gehad het nie. Hierdie afleiding kan moontlik verklaar word aan die hand van die feit dat opgeloste kwiksoute, volgens Holmes (1996), geredelik deur varswater makro-invertebrate opgeneem en geakkumuleer kan word, sonder om 'n toksiese effek na te laat.

Die bogenoemde resultate toon dat al die elemente wat in hierdie ondersoek gemeet is, beide in hoë en lae konsentrasies teenwoordig was. Die gevolgtrekking word derhalwe gemaak dat geen sinvolle verband aangedui kon word tussen die konsentrasies van enige van die chemiese elemente en die effek daarvan op die eko-kategorieë en spesierykheid by die betrokke lokaliteite nie. Alhoewel die daargestelde norme van bogenoemde elemente, in die konteks van ekostelselgesondheid, in verskeie gevalle oorskry is, kon die effek daarvan op die bevolkingsdinamika en lewensduur van die makro-invertebrate nie tydens hierdie studie bepaal word nie.

Hoofstuk 6

Samevatting

- ❖ Hierdie projek het 'n volledige studie van die akwatiese makro-invertebraatdiversiteit en geselekteerde abiotiese faktore by verskeie lokaliteite in die Olifantsrivieropvanggebied, behels.
- ❖ Tydens hierdie studie is vier opnames oor 'n tydperk van twee jaar by sewe geselekteerde lokaliteite in die Olifantsrivier en sytakke (Steenkoolspruit, Blyde- en Ga-Selatrivier) uitgevoer.
- ❖ Tydens elke opname is akwatiese makro-invertebrate in die plant- sowel as sedimentbiotope versamel, terwyl die pH, geleidingsvermoë en temperatuur van die water telkens by elke lokaliteit *in-situ* gemeet is. In die laboratorium is makro-invertebraatmonsters gesorteer, geïdentifiseer en getel waarna biodiversiteitslyste saamgestel is.
- ❖ Watermonsters is tydens elke opname by die onderskeie lokaliteite geneem en chemiese analyses is daarop uitgevoer.
- ❖ Toepaslike statistiese verwerkings is vir al die data uitgevoer.
- ❖ 'n Totaal van 101 taksa is tydens hierdie studie versamel, waarvan sewe as hoogs-sensitief, 41 as matig-sensitief en 53 as nie-sensitief gekategoriseer is.
- ❖ Uit die resultate kon afgelei word dat die betrokke lokaliteite in die Olifantsrivier en sytakke tydens hierdie studie in vanaf natuurlike tot krities getransformeerde toestande verkeer het.
- ❖ Die omvang en kompleksiteit van die data wat tydens hierdie studie verkry is, beperk egter die moontlikheid om op hierdie stadium enige sinvolle uitsprake rakende die algehele ekostelselgesondheid van die Olifantsrivier te maak.

Bedankings

My Hemelse Vader – sonder U is niks moontlik nie. Ek dank U vir die krag, insig en verstand asook die geleentheid om U naam te kan eer en verheerlik deur my werk. U openbaar U Grootheid daaglik deur U Skepping aan my.

Hiermee spreek ek my opregte dank en waardering teenoor die volgende persone en instansies uit:

- ❖ Prof. Corrie Wolmarans, my studieleier, vir sy onbaatsugtige hulp, raad en onderskraging tydens hierdie studie. My opleiding het nie net die wetenskaplike metode behels nie maar het ook lewensvaardighede ingesluit.
- ❖ Die Eenheid vir Omgewingswetenskappe en -Bestuur, in besonder Prof. L. van Rensburg, vir die beskikbaarstelling van infrastruktuur vir en befondsing van hierdie projek.
- ❖ Die “National Research Foundation” (NRF) vir finansiële steun.
- ❖ Mej. Laura Quinn, vir haar hulp met die statistiese verwerking van die resultate.
- ❖ My ouers, Stephan en Susan Kemp, vir hulle liefde, belangstelling en aanmoediging en ook vir morele en finansiële ondersteuning.
- ❖ My verloofde, Stefan Pienaar, vir sy liefde, ondersteuning, eindelose geduld en aanmoediging.
- ❖ My kollega en vriendin, Larissa Zaayman, vir haar hulp tydens die veldwerk en ondersteuning tydens die studie.

Literatuurlys

Alvarez-Cabria, M., Barquin, J. en Juanes, J. A., 2010, 'Spatial and seasonal variability of macroinvertebrate metrics: Do macroinvertebrate communities track river health?', *Ecological Indicators*, 10, 370 – 379.

Appleton, C. C., 2002a, 'Platyhelminthes', in: J. A. Day and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Non-Arthropods*, WRC Report No. TT 167/02, Water Research Commission, Pretoria. 88 - 110.

Appleton, C. C., 2002b, 'Mollusca', in: J. A. Day and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Araneae, Water Mites and Mollusca*, WRC Report No. TT 182/02, Water Research Commission, Pretoria. 42 – 125.

Balance, A., Hill, L., Roux, D., Silberbauer, M. and Strydom, W., 2001, 'State of the Rivers Report: Crocodile, Sabie- Sand and Olifants River Systems', Resource Quality Services, DWAF, Pretoria.

Barber-James, H. M. en Lugo-Ortiz, C. R., 2003, 'Ephemeroptera' in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera*, WRC Report No. TT 207/03, Water Research Commission, Pretoria. 16 – 142.

Batchelor, G.R., 1992, 'From dammed to damned', *Fauna and Flora*, 48, 22-29.

Beumer, J., 2010, 'Development of a reconciliation strategy for the Olifants River Water Supply System', WP 10197, Inception Report, Department of Water Affairs, Pretoria.

Britton, D.L., 'The benthic macroinvertebrate fauna of a South African mountain stream and its response to fire', *Southern African Journal of Aquatic Sciences*, 17 (1/2): 51 – 64.

Buermann, Y., Du Preez, H.H., Steyn, G.J., Harmse, J.T. en Deacon, A., 1995, 'Suspended silt concentrations in the lower Olifants River (Mpumalanga) and the impact of silt releases from the Phalaborwa Barrage on water quality and fish survival', *Koedoe*, 38, 11-34.

Biström, O., 2007, 'Dytiscidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 69 – 84.

Carlisle, D. M., Meador, M. R., Moulton, S. R. II en Ruhl, P. M., 2007, 'Estimation and application of indicator values for common macroinvertebrate genera and families of the United States', *Ecological Indicators*, 7, 22 – 33.

Chapman, A., 2006, '*Hydrology and land use in the Ga-Selati catchment*', CSIR, Pretoria, South Africa and International Institute for Environment and Development, London, UK.

Coetzee, M., 2003, 'Culicidae' in: J. A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 57 – 74.

Courtney, L. A. en Clements, W. H., 1998, 'Effects of acidic pH on benthic macroinvertebrate communities in stream microcosm', *Hydrobiologia*, 379, 135–145.

Cummins, K. W., 1972, 'What is a river? – Zoological description' in: R. T. Oglesby, C. A. Carlson and J. A. McCAN (eds), *River Ecology and Man*, Academic Press, New York, 456p.

Dallas, H.F., 2004, 'Seasonal variability of macroinvertebrate assemblages in two regions of South Africa: implications for aquatic bioassessments', *African Journal of Aquatic Science*, 29 (2), 173 – 184.

Dallas, H.F., 2007, 'The influence of biotope availability on macroinvertebrate assemblages in South African rivers: implications for aquatic bioassessment', *Freshwater Biol.*, 52, 370-380.

Dallas, H. F. en Day, J. A., 1993, 'The effect of waterquality variables on riverine ecosystems: A review', WRC Report No. TT 61/93, Water Research Commission, Pretoria.

Dallas, H. F. en Day, J. A., 2004, 'Appendix 1: Water Quality' in C. G. Palmer, R. S. Berold and W. J. Muller, *Environmental water quality in water resource management*, WRC Report No TT217/04, Water Research Commission, Pretoria.

Davies, B. en Day, J., 1998, '*Vanishing Waters*', University of Cape Town Press.

De Kock, K.N. en Van Eeden, J. A., 1969, 'Die verspreiding en habitatseleksie van die Mollusca in die Mooirivier, Transvaal', *Wetenskaplike Bydraes van die PU vir CHO, Reeks B: Natuurwetenskappe* 8, 1-119.

De Meillon, B. en Wirth, W. W., 2003, 'Ceratopogonidae' in: J. A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 50 – 56.

De Moor, F. C., 2003, 'Simuliidae', in: J.A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 75 – 109.

De Moor, F. C. en Scott K. M. F., 2003, 'Trichoptera' in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera*, WRC Report No. TT 214/03, Water Research Commission, Pretoria. 84 – 169.

Department of Water Affairs and Forestry (DWAF), 2011, '*Hydrological Services: Surface Water (Data, Dams, Floods and Flows)*', Datum van gebruik: 3 Nov 2011, <http://www.dwaf.gov.za/Hydrology.html>.

De Villiers, S. en Mkwelo, S. T., 2009. 'Has monitoring failed the Olifants River, Mpumalanga?', *Water SA.*, 35, 671 – 675.

Dickens, C. W. S. en Graham, P. M., 2002, 'The South African Scoring System (SASS) Version 5, Rapid Bioassessment Method for Rivers', *African Journal of Aquatic Science*, 27, 1-10.

Dippenaar-Schoeman, A. S., 2002, 'Araneae', in: J. A. Day and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Araneae, Water Mites and Mollusca*, WRC Report No. TT 182/02, Water Research Commission, Pretoria. 5 – 22.

Ebrahimnezhad, M. en Harper, D. M., 1997, 'The biological effectiveness of artificial riffles in river rehabilitation', *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7, 187-197.

Endrödy-Younga, S., 2007a, 'Spercheidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 97 – 99.

Endrödy-Younga, S., 2007b, 'Limnichidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 159 – 161.

Endrödy-Younga, S. en Stals, R., 2007a, 'Haliplidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 59 – 62.

Endrödy-Younga, S. en Stals, R., 2007b, 'Noteridae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 63 – 68.

Endrödy-Younga, S. en Stals, R., 2007c, 'Hydrochidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 93 – 95.

Endrödy-Younga, S. en Stals, R., 2007d, 'Scirtidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 133 – 137.

Engelbrecht, J., 1992, 'Acid rain and toxic water', *Fauna and Flora* 48, 15-21.

Environomics: Environmental Consultants, 2009, '*Environmental Management Framework for the Olifants and Letaba River Catchment Areas: Draft Report on the Status Quo, Opportunities, Constraints and the Desired State*,' Datum van gebruik: 14 April 2012, http://www.metrogis.co.za/docs/Draft_Status_Quo_Report_3.pdf.

Fowler, J., Cohen, L. en Jarvis, P., 1998, '*Practical statistics for field biology*' 2nd edn., John Wiley and Sons, New York.

Gao, F., Luo, X. J., Yang, Z. F., Wang, X. M. en Mai, B. X., 2009, 'Brominated flame retardants, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in bird eggs from the Yellow River Delta, North-China', *Environmental Science and Technology* 43, 6956-6962.

Gerber, A., Cilliers, C. J., Van Ginkel, C. en Glen, R., 2004, '*Easy Identification of Aquatic Plants*', Department of Water Affairs, Pretoria.

Gerber, A. en Gabriel, M. J. M., 2002a, '*Aquatic Invertebrates of South African Rivers, Field Guide*' 1st edn. Institute for Water Quality Studies, Department of Water Affairs and Forestry (DWAF), Pretoria.

Gerber, A. en Gabriel, M. J. M., 2002b, '*Aquatic Invertebrates of South African Rivers, Illustrations*', Version 2. Institute for Water Quality Studies, Department of Water Affairs and Forestry (DWAF), Pretoria.

Goodyear, K. L. en McNeill, S., 1999, 'Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review', *The Science of the Total Environment*, 229, 1 – 19.

Gower, A. M., Myers, G., Kent, M. en Foulkes, M. E., 1994, 'Relationships between macro-invertebrate communities and environmental variables in metal-contaminated streams in south-west England', *Freshwater Biol.*, 32, 199 - 221.

Griffiths, C. L. en Stewart, B. A., 2001, 'Amphipoda', in: J. A. Day, B. A. Stewart, I. J. De Moor and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea III*, WRC Report No. TT 141/01, Water Research Commission, Pretoria. 28 – 49.

Grobbelaar, E., 2007, 'Chrysomelidae: Donaciinae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 177 – 182.

Grobler, D.C., Kempster, P.L. en Van Der Merwe, L., 1994, 'A note on the occurrence of metals in the Olifants River, Eastern Transvaal, South Africa', *Water SA* 20, 195 – 205.

Hamer, M., 1999, 'Anostraca', in: J. A. Day, B. A. Stewart, I. J. De Moor and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea I*, WRC Report No. TT 121/00, Water Research Commission, Pretoria. 14 – 58.

Hare, L., 1992, 'Aquatic insects and trace metals: Bioavailability, bioaccumulation and toxicology', *Crit. Rev. Toxicol.*, 22, 327 - 369.

Hare, L. en Campbell, P. G. C., 1992, 'Temporal variations of trace metals in aquatic insects', *Freshwater Biol.*, 27, 13 - 27.

Harrison, A. D., 2003, 'Chironomidae', in: J.A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 110 – 158.

Harrison, A. D., Prins, A. en Day, J. A., 2003a, 'Lesser-known Nematocera', in: J. A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 26 – 49.

Harrison, A. D., Prins, A. en Day, J. A., 2003b, 'Brachycera', in J.A. Day, A. D. Harrison and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Diptera*, WRC Report No. TT 201/02, Water Research Commission, Pretoria. 159 – 176.

Hart, R., Stewart, B. A. en Bickerton, I., 2001, 'Decapoda', in: J. A. Day, B. A. Stewart, I. J. De Moor and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea III*, WRC Report No. TT 141/01, Water Research Commission, Pretoria. 87 – 123.

Hawkins, C.P. en Sedell, J.R., 1981, 'Longitudinal and seasonal-changes in functional-organization of macroinvertebrate communities in 4 Oregon streams', *Ecology* 62, 387-397.

Henning, S. F., 2003, 'Lepidoptera', in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera*, WRC Report No. TT 214/03, Water Research Commission, Pretoria. 182 – 188.

Holmes, S., (ed.) 1996, 'South African Water Quality Guidelines. Volume 7: Aquatic Ecosystems', Department of Water Affairs and Forestry. The Government Printer, Pretoria. 145p.

International Water Management Institute (IWMI) 2007 'Olifants River Basin, South Africa', Datum van gebruik: 20 Maart. 2011, <http://www.iwmi.cgiar.org.html>.

Jansen Van Rensburg, C. A. en Day, J. A., 2002, 'Water Mites', in: J. A. Day, and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Araneae, Water Mites and Mollusca*, WRC Report No. TT 182/02, Water Research Commission, Pretoria. 23 – 41.

Kensley, B., 2001, 'Isopoda', in: J. A. Day, B. A. Stewart, I. J. De Moor and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea II1*, WRC Report No. TT 141/01, Water Research Commission, Pretoria. 50 – 74.

Lencioni, V., Mailolini, B., Marziali, L., Lek, S. en Rossaro, B., 2007, 'Macroinvertebrate assemblages in glacial stream systems: a comparison of linear multivariate methods with artificial neural networks', *Ecological Modeling*, 203, 119 – 131.

Linke, S., Bailey, R.C. en Schwindt, J., 1999, 'Temporal variability of stream bio-assessments using benthic macro-invertebrates', *Freshwater Biol.*, 42, 575-584.

Lynch, T. R., Popp, C. J. en Jacobi, G. Z., 1988, 'Aquatic insects as environmental monitors of trace metal contamination: Red River, New Mexico', *Water Air Soil Pollut.*, 42, 19 - 31.

Malan, H. L. en Day, J. A., 2002, 'Linking discharge, water quality and potential effects on aquatic biota, within the reserve determination process', *Enviro Flow: 4th Ecohydraulics*.

Mansell, M. W., 2003, 'Megaloptera', in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera*, WRC Report No. TT 214/03, Water Research Commission, Pretoria. 72 – 78.

Martens, K., 2001, 'Ostracoda', in: J. A. Day, I. J. De Moor, B. A. Stewart and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea 1*, WRC Report No. TT 148/01, Water Research Commission, Pretoria. 9 - 77.

MiniSASS, 2009, 'A community river health monitoring tool for Southern Africa', Datum van gebruik: 24 Junie 2012, <http://www.groundtruth.co.za/Community-Projects/miniSASS.html>.

Miranda, N. A. F., Perissinotto en Appleton, C.C., 2002, 'Salinity and temperature tolerance of the invasive freshwater gastropod *Tarebia granifera*', *South African Journal of Science*, 2010;106(3/4), Art. #156, 7 pages. DOI: 10.4102/sajs.v106i3/3.156

Modde, T., Ford, R. C. en Parsons, M. G., 1991, 'Use of a habitat-based streamclassification system for categorising trout biomass', *North American Journal of Fisheries Management*, 11, 305-311.

Myslinski, E. en Ginsburg, W., 1977, 'Macro-invertebrates as indicators of pollution', *Journal of Am. Water Works Ass.*, 69, 538 - 544.

Nelson, H. G., 2007a, 'Elmidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 139 – 152.

Nelson, H. G., 2007b, 'Dryopidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 153 – 157.

Oosthuizen, J. H. en Siddall, M. E., 2002, 'Hirudinea', in: J. A. Day and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Non-Arthropods*, WRC Report No. TT 167/02, Water Research Commission, Pretoria. 237 – 263.

Perkins, P. D., 2007, 'Hydraenidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 117 – 132.

Poff, N.L. en Ward, J.V., 1990, 'Physical habitat template of lotic systems – recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity', *Environ. Manage.*, 14, 629 – 645.

Rainbow, P. S. en Dallinger, R., 1992, 'Metal uptake, regulation and excretion in freshwater invertebrates', in: R. Dallinger and P. S. Rainbow (eds) *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Boca Raton: Lewis Publishers.

Raven, B. W., 2004, 'Water Affairs in the Lower Blyde River: The role of DWAF in local water management', IMWI Working Paper, Wageningen.

Rayner, N. A., 2001, 'Copepods', in: J. A. Day, I. J. De Moor, B. A. Stewart and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea 1*, WRC Report No. TT 148/01, Water Research Commission, Pretoria. 78 – 123.

Rayner, N. A., Appleton, C. C. en Millard, N. A. H., 2002, 'Cnidaria' in: J. A. Day and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Non-Arthropods*, WRC Report No. TT 167/02, Water Research Commission, Pretoria. 74 – 87.

Reavell, P. A., 2003, 'Hemiptera', in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera*, WRC Report No. TT 214/03, Water Research Commission, Pretoria. 16 – 71.

Riviergesondheidsprogram (RGP) "South African River Health Programme", 2011, 'River Health Indicators and Indices', Datum van gebruik: 23 Maart 2011, <http://www.dwa.gov.za/iwqs/rhp/indices.html>.

Roux, D. J., Jooste, S.H.J. en Mackay, H.M., 1996, 'Substance-specific water quality criteria for the protection of South African freshwater ecosystems: methods for derivation and initial results for some inorganic toxic substances', *South African Journal of Science*, 92, 198 - 206.

Samways, M. J. en Wilmot, B. C., 2003, 'Odonata', in: I. J. De Moor, J. A. Day and F. C. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera*, WRC Report No. TT 207/03, Water Research Commission, Pretoria. 160 – 200.

Schutte, C. H. J. en Frank, G. H., 1964, 'Observations on the distribution of freshwater molluscs and chemistry of the natural waters in the South-eastern Transvaal and adjacent Northern Swaziland', *Bulletin of the World Health Organisation*, 30, 389 - 400.

Seaman, M. T., Kok, D. J. en Watson, M., 1999, 'Cladocera' in: J. A. Day, B. A. Stewart, I. J. De Moor and A. E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea 1*, WRC Report No. TT 121/00, Water Research Commission, Pretoria. 81 – 110.

Shepard, W. D. en Lee, C. F., 2007, 'Psephenidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 167 – 172.

Sparks, T.H., Scott, W.A. en Clarke, R.T., 1999, 'Traditional multivariate techniques: potential for use in ecotoxicology', *Environmental Toxicology & Chemistry*, 18, 128 - 137.

Stals, R., 2007a, 'Gyrinidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 53 – 58.

Stals, R., 2007b, 'Curculionidae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 183 – 191.

Stals, R. en Endrödy-Younga, S., 2007, 'Hydrophilidae: Hydrophilinae', in: R. Stals and I. J. De Moor (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Coleoptera*, WRC Report No. TT 320/07, Water Research Commission, Pretoria. 101 – 112.

Thirion, C., 2006, 'Module E: Macroinvertebrate Response Assessment Index in River EcoClassification: Manual for EcoStatus Determination (version 2)', Joint Water Research Commission and Departement of Water Affairs and Forestry Report, Pretoria.

Van As, J. en Van As, L. L., 2001, 'Branchiura', in: J. A. Day, I. J. De Moor, B. A. Stewart and A.E. Louw (eds) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Crustacea II*, WRC Report No. TT 148/01, Water Research Commission, Pretoria. 124 – 159.

Van Hoven, W. en Day, J. A., 2002, 'Oligochaeta', in: J.A. Day and I. J. De Moor (eds.) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Non-Arthropods*, WRC Report No. TT 167/02, Water Research Commission, Pretoria. 203 – 236.

Van Vuuren, L., 2009, 'Experts unite to save abused river from extinction', *The Water Wheel, Jan/Feb.*, 14 - 17.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, W., Sedell, J.R. en Crishing, C.E., 1980, 'The river continuum concept.' *Can. J. Fish Aquatic Sciences*, 37, 130 – 137.

Bylaag

Tabel A: Totale aantal individue soos by die onderskeie lokaliteite gevind en totale persentasie van die taksa versamel.

Taksa	Lokaliteit								
	1	2A	2B	3A	3B	4A	4B	Totaal	%
Hydridae	26	0	0	0	0	0	0	26	0.085%
Planariidae	0	0	1	1	21	71	2	96	0.315%
Corbiculidae	0	0	0	2	5	10	151	168	0.552%
Mutelidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0.003%
Sphaeriidae sp. 1	77	1	0	1	2	0	0	81	0.266%
Sphaeriidae sp. 2	30	0	1	2	0	0	0	33	0.108%
Sphaeriidae sp. 3	0	0	0	0	14	0	0	14	0.046%
Sphaeriidae sp. 4	0	0	0	0	0	0	2	2	0.007%
Thiaridae sp. 1	0	0	0	0	1	5707	698	6406	21.044%
Thiaridae sp. 2	0	0	0	0	0	0	300	300	0.986%
Ancylidae sp. 1	125	8	1	0	2	9	11	156	0.512%
Ancylidae sp. 2	0	8	7	0	0	2	0	17	0.056%
Lymnaeidae sp. 1	0	77	2	0	0	59	0	138	0.453%
Lymnaeidae sp. 2	0	42	0	1	4	14	0	61	0.200%
Physidae sp. 1	3	471	2	0	0	225	0	701	2.303%
Physidae sp. 2	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Planorbidae sp. 1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.003%
Planorbidae sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	1	0.003%
Planorbidae sp. 3	0	0	0	0	0	9	1	10	0.033%
Planorbidae sp. 4	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Planorbidae sp. 5	43	0	0	0	1	0	0	44	0.145%
Planorbidae sp. 6	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Planorbidae sp. 7	3	0	0	0	6	162	0	171	0.562%
Planorbidae sp. 8	0	0	0	0	0	10	0	10	0.033%
Planorbidae sp. 9	1	0	0	0	0	40	0	41	0.135%
Tubificidae sp. 1	118	38	72	13	62	76	23	402	1.321%
Tubificidae sp. 2	0	2	5122	0	37	96	7	5264	17.292%
Naididae	32	4	87	0	0	11	700	834	2.740%
Glossophoniidae sp. 1	205	7	190	2	3	6	0	413	1.357%
Glossophoniidae sp. 2	0	16	0	0	0	0	0	16	0.053%
Salifidae	0	4	0	0	0	0	0	4	0.013%
Hydrachnidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Mideopsidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Pontarachnidae	0	24	0	0	1	19	0	44	0.145%
Lycosidae	0	0	2	1	8	2	2	15	0.049%
Pisauridae	0	1	0	1	4	1	1	8	0.026%
Tetragnatidae	0	1	1	2	11	1	26	42	0.138%
Paramelitidae	0	15	0	0	1	0	0	16	0.053%
Isopoda sp.	0	65	0	0	0	0	0	65	0.214%
<i>Dolops</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	1	0.003%
Daphnidae sp. 1	224	277	22	0	2	0	0	525	1.725%
Daphnidae sp. 2	0	334	1	26	25	600	0	986	3.239%
Collembola sp.	0	0	0	0	0	2	0	2	0.007%
Diaptomidae sp. 1	0	0	1	1	0	0	0	2	0.007%
Diaptomidae sp. 2	158	2	1	1	2	0	0	164	0.539%
Diaptomidae sp. 3	0	8	0	0	0	0	0	8	0.026%

Taksa	Lokaliiteit								
	1	2A	2B	3A	3B	4A	4B	Totaal	%
Cyclopoida sp.	15	0	0	0	0	0	0	15	0.049%
Ostracoda sp.	19	0	1	0	0	0	0	20	0.066%
Anostraca sp.	4	0	0	0	0	0	0	4	0.013%
Atyidae	0	56	0	0	9	0	0	65	0.214%
Potamonautidae	5	0	1	0	7	0	2	15	0.049%
Baetidae	1087	1529	514	194	124	199	129	3776	12.404%
Caenidae	25	7	17	62	104	13	120	348	1.143%
Heptageniidae sp. 1	0	0	0	12	4	0	0	16	0.053%
Heptageniidae sp. 2	0	0	0	4	15	4	0	23	0.076%
Leptophlebiidae sp. 1	0	0	0	13	31	0	0	44	0.145%
Leptophlebiidae sp. 2	0	0	0	0	2	0	0	2	0.007%
Oligoneuriidae	0	0	0	0	11	0	0	11	0.036%
Tricorythidae	0	0	0	2	0	0	0	2	0.007%
Caenagrionidae sp. 1	122	34	17	10	81	38	63	365	1.199%
Caenagrionidae sp. 2	7	59	0	8	1	22	1	98	0.322%
Caenagrionidae sp. 3	0	0	0	0	0	2	0	2	0.007%
Protoneuridae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Aeshnidae sp. 1	3	10	0	0	11	59	8	91	0.299%
Aeshnidae sp. 2	4	0	0	0	0	0	0	4	0.013%
Corduliidae	2	0	0	0	3	1	0	6	0.020%
Gomphidae sp. 1	1	0	0	29	8	23	39	100	0.329%
Gomphidae sp. 2	0	0	0	1	0	0	0	1	0.003%
Libellulidae sp. 1	0	15	3	0	0	0	0	18	0.059%
Libellulidae sp. 2	0	1	0	0	0	11	0	12	0.039%
Libellulidae sp. 3	1	0	0	24	0	0	9	34	0.112%
Libellulidae sp. 4	0	0	0	0	1	1	0	2	0.007%
Libellulidae sp. 5	0	0	0	0	0	7	0	7	0.023%
Libellulidae sp. 6	0	0	0	0	0	13	0	13	0.043%
Belostomatidae	9	29	1	7	9	55	95	205	0.673%
Corixidae sp. 1	1448	1535	75	4	11	0	2	3075	10.102%
Corixidae sp. 2	23	10	113	0	1	1	3	151	0.496%
Corixidae sp. 3	27	11	68	0	0	0	0	106	0.348%
Corixidae sp. 4	2	8	2	6	0	0	0	18	0.059%
Gerridae sp. 1	5	0	2	2	0	0	9	18	0.059%
Gerridae sp. 2	12	11	0	0	0	2	5	30	0.099%
Gerridae sp.3	36	46	0	0	0	0	0	82	0.269%
Gerridae sp. 4	41	0	0	4	1	3	11	60	0.197%
Gerridae sp. 5	0	0	0	0	0	0	2	2	0.007%
Gerridae sp. 6	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Hebridae	1	0	0	1	1	0	0	3	0.010%
Hydrometridae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Mesoveliidae sp. 1	20	5	1	4	6	13	1	50	0.164%
Mesoveliidae sp. 2	0	0	5	0	0	0	0	5	0.016%
Naucoridae	13	0	8	0	0	0	3	24	0.079%
Nepidae	0	0	0	1	1	1	0	3	0.010%
Notonectidae sp. 1	14	32	0	13	8	2	7	76	0.250%
Notonectidae sp. 2	4	19	0	0	0	0	0	23	0.076%

Taksa	Lokaleiteit								
	1	2A	2B	3A	3B	4A	4B	Totaal	%
Notonectidae sp. 3	31	0	0	0	0	1	0	32	0.105%
Notonectidae sp. 4	0	0	0	0	0	0	8	8	0.026%
Paraphrynoveiidae	0	0	0	0	17	5	0	22	0.072%
Pleidae sp. 1	119	70	0	7	0	9	2	207	0.680%
Pleidae sp. 2	0	0	0	4	2	0	0	6	0.020%
Saldidae	0	0	0	1	0	0	0	1	0.003%
Veliidae sp. 1	0	0	13	5	3	0	22	43	0.141%
Veliidae sp. 2	0	0	2	6	2	0	6	16	0.053%
Veliidae sp. 3	1	0	7	0	2	0	2	12	0.039%
Veliidae sp. 4	0	0	8	0	2	0	0	10	0.033%
Veliidae sp. 5	0	0	0	0	0	0	2	2	0.007%
Chrysomelidae	5	0	0	0	0	0	0	5	0.016%
Curculionidae sp. 1	1	0	0	1	2	0	1	5	0.016%
Curculionidae sp. 2	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Dytiscidae sp. 1	29	31	2	11	1	0	0	74	0.243%
Dytiscidae sp. 2	46	0	0	22	0	0	0	68	0.223%
Dytiscidae sp. 3	30	0	0	3	3	0	0	36	0.118%
Dytiscidae sp. 4	0	0	0	0	0	4	2	6	0.020%
Dytiscidae sp. 5	0	11	0	0	0	0	0	11	0.036%
Dytiscidae sp. 6	0	0	0	1	7	0	0	8	0.026%
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	2	2	0.007%
Elmidae sp. 1	24	0	9	0	41	0	7	81	0.266%
Elmidae sp. 2	0	0	0	6	0	0	1	7	0.023%
Gyrinidae sp. 1	8	2	21	2	0	12	2	47	0.154%
Gyrinidae sp. 2	0	0	1	29	0	0	0	30	0.099%
Halipidae	42	0	0	3	0	0	0	45	0.148%
Hydraenidae sp. 1	4	0	0	0	0	0	3	7	0.023%
Hydraenidae sp. 2	13	0	0	1	0	0	0	14	0.046%
Hydraenidae sp. 3	2	0	0	0	0	0	0	2	0.007%
Hydraenidae sp. 4	5	0	0	0	0	1	0	6	0.020%
Hydraenidae sp. 5	0	0	1	0	0	0	0	1	0.003%
Hydrochidae	0	0	6	0	0	0	0	6	0.020%
Hydrophilidae sp. 1	8	0	1	0	0	4	8	21	0.069%
Hydrophilidae sp. 2	6	0	0	0	3	0	0	9	0.030%
Hydrophilidae sp. 3	0	2	0	0	16	0	1	19	0.062%
Hydrophilidae sp. 4	8	2	0	8	0	0	0	18	0.059%
Hydroscophidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Limnichidae	0	0	0	0	0	0	4	4	0.013%
Noteridae	7	0	0	1	0	1	0	9	0.030%
Psephenidae	0	0	0	2	25	0	1	28	0.092%
Scirtidae	0	0	0	1	11	0	0	12	0.039%
Spercheidae	0	0	0	0	0	0	6	6	0.020%
Sphaeriusidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0.003%
Barbarochthonidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Dipseudopsidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Ecnomidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0.003%

Taksa	Lokalteit								
	1	2A	2B	3A	3B	4A	4B	Totaal	%
Helicopsychidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0.003%
Hydropsychidae sp. 1	2	3	1	0	6	3	2	17	0.056%
Hydropsychidae sp.3	0	0	186	12	0	0	0	198	0.650%
Hydroptilidae sp. 1	6	0	0	0	0	0	0	6	0.020%
Hydroptilidae sp. 2	1	0	0	0	0	0	0	1	0.003%
Leptoceridae	0	0	0	0	8	1	0	9	0.030%
Stenopsychidae	0	2	0	0	0	0	0	2	0.007%
Crambidae	0	0	0	0	1	7	0	8	0.026%
Athericidae	0	0	0	0	3	0	0	3	0.010%
Blephariceridae	0	0	0	0	0	12	0	12	0.039%
Ceratopogonidae	0	3	0	3	2	1	34	43	0.141%
Chaoboridae	1	0	0	0	0	0	0	1	0.003%
Chironomidae	956	84	187	65	200	56	596	2144	7.043%
Culicidae	8	17	0	39	32	22	0	118	0.388%
Dixidae	11	0	0	1	0	9	0	21	0.069%
Dolidopodidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
Ephydriidae	47	2	0	0	0	0	0	49	0.161%
Muscidae	0	0	3	0	2	2	2	9	0.030%
Orthocladinae	0	5	0	0	0	0	0	5	0.016%
Psychodidae sp. 1	0	0	0	1	0	0	0	1	0.003%
Psychodidae sp. 2	0	0	0	1	6	0	0	7	0.023%
Simuliidae	2	6	284	7	11	0	183	493	1.620%
Stratiomyidae	4	0	1	0	0	1	0	6	0.020%
Tabanidae	0	1	0	0	1	0	0	2	0.007%
Tipulidae	1	0	0	1	3	0	1	6	0.020%
Thaumaleidae	2	0	0	0	0	0	0	2	0.007%
Corydalidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0.003%
							Totaal	30441	100.000%

Tabel B: Lys van spesies.

Sphaeriidae sp. 1	<i>Pisidium costulosum</i>
Sphaeriidae sp. 2	<i>Pisidium langleyanum</i>
Sphaeriidae sp. 3	<i>Sphaerium capense</i>
Sphaeriidae sp. 4	<i>Eupera ferruginea</i>
Thiaridae sp. 1	<i>Tarebia granifera</i>
Thiaridae sp. 2	<i>Melanoides tuberculata</i>
Ancylidae sp. 1	<i>Ferrissia</i> sp.
Ancylidae sp. 2	<i>Burnupia</i> sp.
Lymnaeidae sp. 1	<i>Lymnaea natalensis</i>
Lymnaeidae sp. 2	<i>Lymnaea columella</i>
Physidae sp. 1	<i>Physa acuta</i>
Physidae sp. 2	<i>Aplexa marmorata</i>
Planorbidae sp. 1	<i>Ceratophallus natalensis</i>
Planorbidae sp. 2	<i>Bulinus forskalii</i>
Planorbidae sp. 3	<i>Bulinus africanus</i> groep
Planorbidae sp. 4	<i>Gyraulus costulatus</i>
Planorbidae sp. 5	<i>Gyraulus connollyi</i>
Planorbidae sp. 6	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>
Planorbidae sp. 7	<i>Segmentorbis planodiscus</i>
Planorbidae sp. 8	<i>Bulinus tropicus</i>
Planorbidae sp. 9	<i>Bulinus depressus</i>
Tubificidae sp. 1	<i>Tubifex</i> sp.
Tubificidae sp. 2	<i>Branchiura sowerbyi</i>
Glossiphoniidae sp. 1	sp. (morfotiep 1)
Glossiphoniidae sp. 2	<i>Bartracobdelliodes</i>
Diaptomidae sp. 1	sp.(morfotiep 1)
Diaptomidae sp. 2	<i>Thermocyclops</i> sp.
Daphnidae sp. 1	<i>Daphnia magna</i>
Daphnidae sp. 2	<i>Simocephalus</i> sp.
Heptageniidae sp. 1	<i>Compsoeuria</i> sp.
Heptageniidae sp. 2	sp. (morfotiep 2)
Leptophlebiidae sp. 1	<i>Euthraulus</i> sp.
Leptophlebiidae sp. 2	sp. (morfotiep 2)
Caenagrionidae sp. 1	<i>Pseudagrion</i> sp.
Caenagrionidae sp. 2	<i>Enallagma</i> sp.
Caenagrionidae sp. 3	<i>Lestes plagiatus</i>
Aeshnidae sp. 1	<i>Anax</i> sp.
Aeshnidae sp. 2	<i>Aeshna</i> sp.
Gomphidae sp. 1	<i>Paragomphus</i> sp.
Gomphidae sp. 2	<i>Ceratogomphus</i> sp.
Libellulidae sp. 1	<i>Parazyxomma</i> sp.

Libellulidae sp. 2	<i>Trithemis weneri</i>
Libellulidae sp. 3	<i>Notiothemis</i> sp.
Libellulidae sp. 4	<i>Crocothemis erythraea</i>
Libellulidae sp. 5	<i>Trithemis dorsalis</i>
Libellulidae sp. 6	<i>Thalymis tillarga</i>
Corixidae sp. 1	<i>Micronecta</i> sp. (morfotiep 1)
Corixidae sp. 2	<i>Micronecta</i> sp. (morfotiep 2)
Corixidae sp. 3	<i>Micronecta</i> sp. (morfotiep 3)
Corixidae sp. 4	<i>Sigara</i> sp.
Gerridae sp. 1	<i>Naboandelus</i> sp.
Gerridae sp. 2	<i>Neogerris</i> sp.
Gerridae sp. 3	<i>Rhagodotarsus</i> sp.
Gerridae sp. 4	<i>Eurymetra</i> sp.
Gerridae sp. 5	<i>Aquarius</i> sp.
Gerridae sp. 6	<i>Limnogonuss</i> sp.
Mesoveliidae sp. 1	<i>Mesovelia</i> sp. (morfotiep 1)
Mesoveliidae sp. 2	<i>Mesovelia</i> sp. (morfotiep 2)
Notonectidae sp. 1	<i>Anisops</i> sp. (morfotiep 1)
Notonectidae sp. 2	<i>Anisops</i> sp. (morfotiep 2)
Notonectidae sp. 3	<i>Enithares</i> sp.
Notonectidae sp. 4	<i>Nychia</i> sp.
Pleidae sp. 1	<i>Plea</i> sp. (morfotiep 1)
Pleidae sp. 2	<i>Plea</i> sp. (morfotiep 2)
Veliidae sp. 1	<i>Rhagovelia</i> sp.
Veliidae sp. 2	<i>Ocellovelia</i> sp.
Veliidae sp. 3	<i>Angilia</i> sp.
Veliidae sp. 4	<i>Microvelia</i> sp.
Veliidae sp. 5	<i>Tenagovelia</i> sp.
Curculionidae sp. 1	<i>Neochetina</i> sp.
Curculionidae sp. 2	<i>Cyrtobagous</i> sp.
Dytiscidae sp. 1	<i>Nebrioporus</i> sp.
Dytiscidae sp. 2	<i>Hydrovatus</i> sp.
Dytiscidae sp. 3	<i>Hyphydrus</i> sp.
Dytiscidae sp. 4	<i>Yola</i> sp.
Dytiscidae sp. 5	Laccophilinae
Dytiscidae sp. 6	<i>Hydroglyphus</i> sp.
Elmidae sp. 1	<i>Leptelmis</i> sp.
Elmidae sp. 2	sp. (morfotiep 2)
Gyrinidae sp. 1	<i>Gyrinus</i> sp.
Gyrinidae sp. 2	<i>Orectogyrus</i> sp.
Hydraenidae sp. 1	<i>Mesoceration</i> sp.
Hydraenidae sp. 2	<i>Parasthetops</i> sp.

Hydraenidae sp. 3	<i>Prosthetops</i> sp.
Hydraenidae sp. 4	<i>Discozantaena</i> sp.
Hydraenidae sp. 5	<i>Pterostetops</i> sp.
Hydrophilidae sp. 1	<i>Hydroptila</i> sp.
Hydrophilidae sp. 2	sp. (morfortiep 2)
Hydrophilidae sp. 3	<i>Berosus</i>
Hydrophilidae sp. 4	<i>Laccobius</i>
Hydropsychidae sp. 1	<i>Athripsodes harrisoni</i>
Hydropsychidae sp. 2	sp. (morfortiep 3)
Hydropsychidae sp. 3	<i>Cheumatopsyche</i> sp.
Hydroptilidae sp. 1	<i>Thricholeiochiton</i> sp.
Hydroptilidae sp. 2	<i>Oxyethira</i> sp.
Psychodidae sp. 1	<i>Pericoma</i> sp.
Psychodidae sp. 2	sp. (morfortiep 2)

Tabel C: Sensitiwiteitswaardes van taksa.

Taksa	Sensitiwiteitswaarde	Taksa	Sensitiwiteitswaarde
Hydroidea		Hemiptera	
Hydridae	5	Belostomatidae	3
Turbellaria		Corixidae	3
Planariidae	3	Gerridae	5
Veneroida		Hebridae	5
Corbiculidae	5	Hydrometridae	6
Iridinidae	4	Mesoveliidae	5
Sphaeriidae	3	Naucoridae	7
Prosobranchia		Nepidae	6
Thiaridae	3	Notonectidae	3
Basommatophora		Paraphrynoveliidae	5
Ancylidae	6	Pleidae	4
Lymnaeidae	3	Saldidae	5
Physidae	3	Veliidae	5
Planorbidae	3	Coleoptera	
Haplotaxina		Chrysomelidae	5
Tubificidae	2	Curculionidae	5
Naididae	2	Dytiscidae	5
Rhyncobdellida		Dryopidae	8
Glossophoniidae	3	Elmidae	8
Salifidae	3	Gyrinidae	5
Trombidiformes		Haliplidae	5
Hydrachnidae	8	Hydraenidae	8
Mideopsidae	8	Hydrochidae	5
Pontarachnidae	8	Hydrophilidae	5
Araneae		Hydroscophidae	5
Lycosidae	6	Limnichidae	10
Pisauridae	6	Noteridae	5
Tetragnatidae	6	Psephenidae	10
Amphipoda		Scirtidae	5
Paramelitidae	13	Spercheidae	5
Isopoda sp.	6	Sphaeriusidae	5
Branchiura		Trichoptera	
Dolops	6	Barbarochthonidae	13
Cladocera		Dipseudopsidae	10
Daphnidae	6	Ecnomidae	8
Collembola sp.	6	Glossosomatidae	11
Copepoda		Helicopsychidae	5
Diaptomidae sp. 1	6	Hydropsychidae	6

Taksa	Sensitiwiteitswaarde	Taksa	Sensitiwiteitswaarde
Diaptomidae sp. 2	6	Hydroptilidae	9
Diaptomidae sp. 3	6	Leptoceridae	6
Cyclopoida	6	Stenopsychidae	9
Ostracoda	6	Lepidoptera	
Anostraca	6	Crambidae	12
Decapoda		Diptera	
Atyidae	8	Athericidae	10
Potamonautidae	3	Blephariceridae	15
Ephemeroptera		Ceratopogonidae	5
Baetidae	6	Chaoboridae	2
Caenidae	6	Chironomidae	2
Heptageniidae	13	Culicidae	1
Leptophlebiidae	9	Dixidae	10
Oligoneuriidae	15	Dolidopodidae	2
Tricorythidae	9	Ephydriidae	3
Odonata		Muscidae	1
Zygoptera		Orthocladinae	2
Caenagrionidae	4	Psychodidae	1
Protoneuridae	8	Simuliidae	5
Anisoptera		Stratiomyidae	2
Aeshnidae	8	Tabanidae	5
Corduliidae	8	Tipulidae	5
Gomphidae	6	Thaumaleidae	2
Libellulidae	4	Megaloptera	
		Coridalidae	8

Tabel D: Die spesierykheid, H'- en J'-waardes van elke opname asook die gemiddelde waardes by elke lokaliteit.

Lokaliteit	Spesierykheid	H'	J'
1-1	19	2.56	0.87
1-2	31	1.68	0.49
1-3	45	1.87	0.49
1-4	34	2.42	0.69
*1	32	2.13	0.64
2A-1	17	2.3	0.81
2A-2	26	1.9	0.58
2A-3	34	1.4	0.4
2A-4	30	1.91	0.56
*2A	27	1.88	0.59
2B-1	19	1.59	0.54
2B-2	21	0.41	0.14
2B-3	20	2.28	0.76
2B-4	20	1.9	0.63
*2B	20	1.55	0.52
3A-1	15	2.35	0.87
3A-2	23	2.38	0.76
3A-3	24	2.41	0.76
3A-4	38	2.74	0.75
*3A	25	2.47	0.79
3B-1	27	2.78	0.84
3B-2	33	2.71	0.77
3B-3	31	2.29	0.67
3B-4	42	2.64	0.71
*3B	33	2.61	0.75
4A-1	11	0.36	0.15
4A-2	27	0.45	0.14
4A-3	32	0.28	0.08
4A-4	49	2.17	0.56
*4A	30	0.82	0.23
4B-1	31	2.11	0.62
4B-2	28	2.05	0.62
4B-3	20	1.7	0.57
4B-4	31	1.64	0.48
*4B	28	1.88	0.57

* Gemiddeldes

Tabel E: Persentasie sensitiviteitsamestelling uit die totale aantal families wat tydens elke opname by die onderskeie lokaliteite versamel is.

Lokaleiteit 1								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	13		24		37		25	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	69%	17	71%	26	70%	15	60%
Matig-sensitief (6-10)	4	31%	7	29%	11	30%	10	40%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Lokaleiteit 2A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	14		21		23		22	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	10	71%	13	62%	14	61%	12	55%
Matig-sensitief (6-10)	4	29%	7	33%	8	35%	10	45%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	1	5%	1	4%	0	0%
Lokaleiteit 2B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	12		18		17		13	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	75%	13	72%	12	71%	9	69%
Matig-sensitief (6-10)	3	25%	4	22%	4	24%	4	31%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	1	6%	1	6%	0	0%
Lokaleiteit 3A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	14		21		21		29	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	64%	14	67%	12	57%	18	62%
Matig-sensitief (6-10)	5	36%	6	29%	7	33%	10	34%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0	1	5%	2	10%	1	3%
Lokaleiteit 3B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	23		26		27		30	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	12	52%	16	62%	13	48%	18	60%
Matig-sensitief (6-10)	9	39%	8	31%	11	41%	12	40%
Hoogs-sensitief (11-15)	2	9%	2	8%	3	11%	0	0%

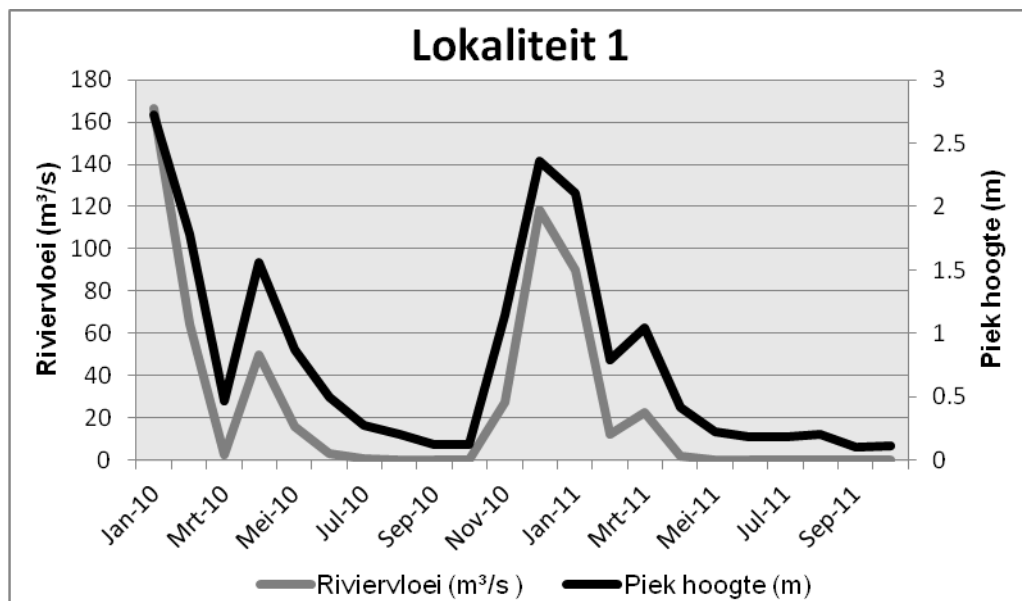
Lokaliiteit 4A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	10		22		27		38	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	6	60%	13	59%	14	52%	26	68%
Matig-sensitief (6-10)	3	30%	8	36%	11	41%	11	29%
Hoogs-sensitief (11-15)	1	10%	1	5%	2	7%	1	3%
Lokaliiteit 4B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	25		21		14		24	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	16	64%	11	52%	10	71%	18	75%
Matig-sensitief (6-10)	8	32%	10	48%	4	29%	6	25%
Hoogs-sensitief (11-15)	1	4%	0	0	0	0	0	0%

Tabel F: Persentasie sensitiwiteitsamestelling uit die totale aantal families wat tydens die studie versamel is (101), vir elke opname by die onderskeie lokaliteite.

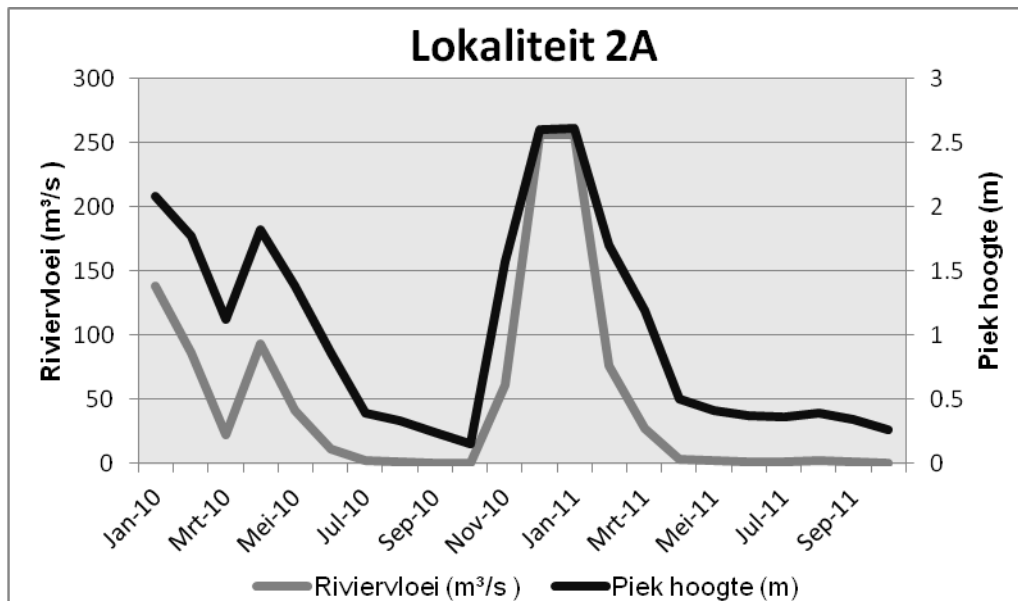
Lokaleiteit 1								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	13		24		37		25	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	9%	17	17%	26	25%	15	15%
Matig-sensitief (6-10)	4	4%	7	7%	11	11%	10	10%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Lokaleiteit 2A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	14		21		23		22	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	10	10%	13	13%	14	14%	12	12%
Matig-sensitief (6-10)	4	4%	7	7%	8	8%	10	10%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	1	1%	1	1%	0	0%
Lokaleiteit 2B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	12		18		17		13	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	9%	13	13%	12	12%	9	9%
Matig-sensitief (6-10)	3	3%	4	4%	4	4%	4	4%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0%	1	1%	1	1%	0	0%
Lokaleiteit 3A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	14		21		21		29	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	9	9%	14	14%	12	12%	18	17%
Matig-sensitief (6-10)	5	5%	6	6%	7	7%	10	10%
Hoogs-sensitief (11-15)	0	0	1	1%	2	2%	1	1%
Lokaleiteit 3B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	23		26		27		30	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	12	12%	16	16%	13	13%	18	17%
Matig-sensitief (6-10)	9	9%	8	8%	11	11%	12	12%
Hoogs-sensitief (11-15)	2	2%	2	2%	3	3%	0	0%

Lokaleiteit 4A								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	10		22		27		38	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	6	6%	13	13%	14	14%	26	25%
Matig-sensitief (6-10)	3	3%	8	8%	11	11%	11	11%
Hoogs-sensitief (11-15)	1	1%	1	1%	2	2%	1	1%

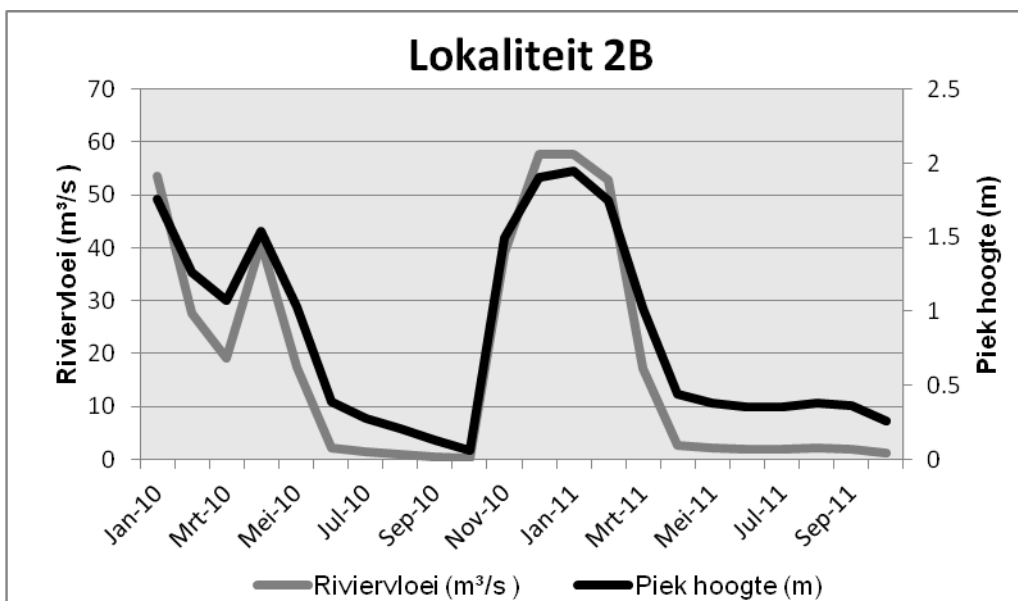
Lokaleiteit 4B								
	Opname 1		Opname 2		Opname 3		Opname 4	
Totale aantal families	25		21		14		24	
Sensitiwiteit	Families	%	Families	%	Families	%	Families	%
Nie-sensitief (1-5)	16	16%	11	11%	10	10%	18	17%
Matig-sensitief (6-10)	8	8%	10	10%	4	4%	6	6%
Hoogs-sensitief (11-15)	1	1%	0	0	0	0	0	0%



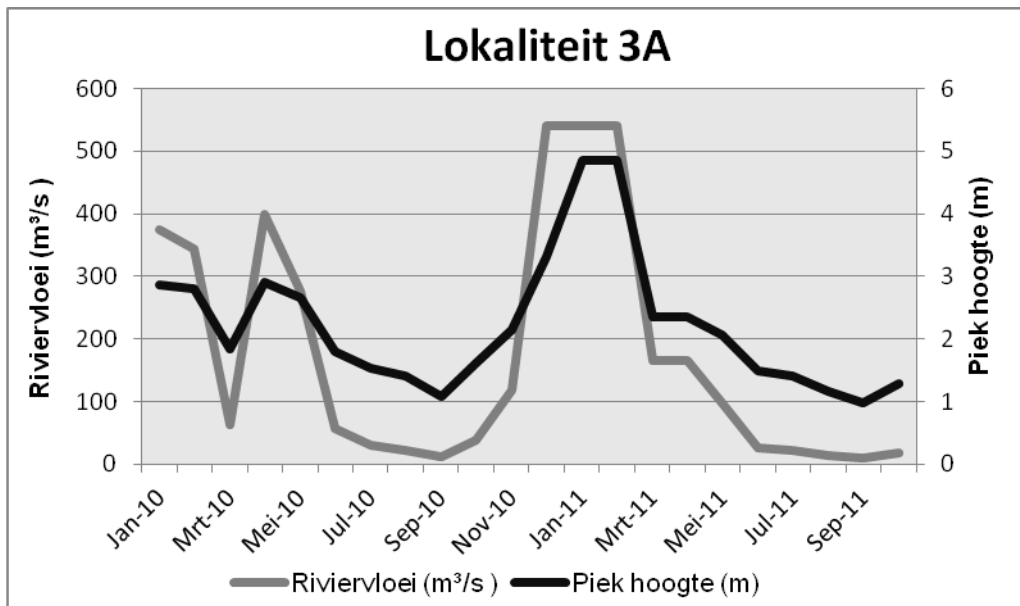
Figuur A: Hidrograaf van die riviervloei en piek waterhoogte by lokaleiteit 1 vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



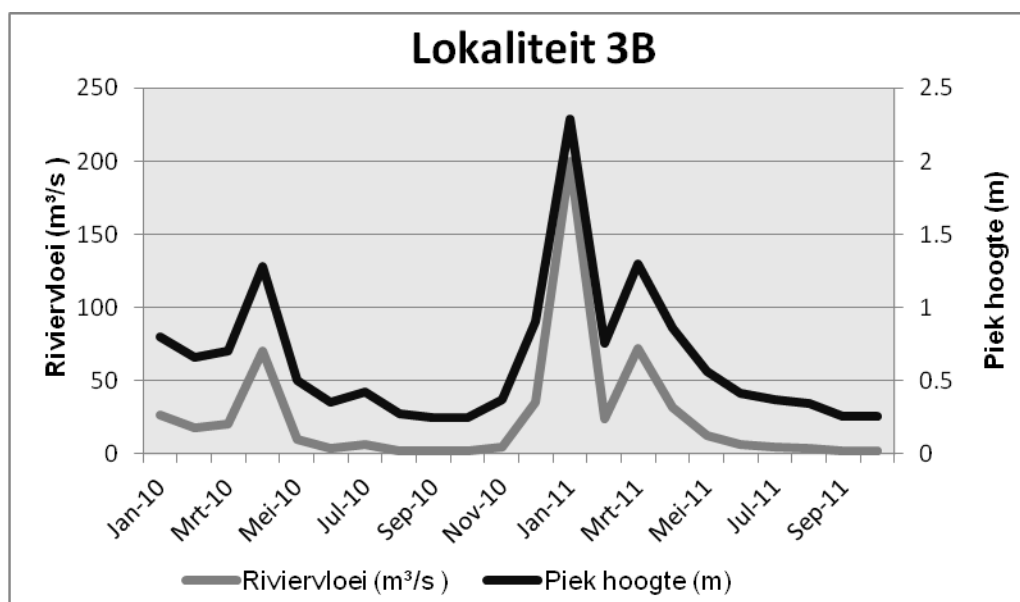
Figuur B: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaleiteit 2A vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



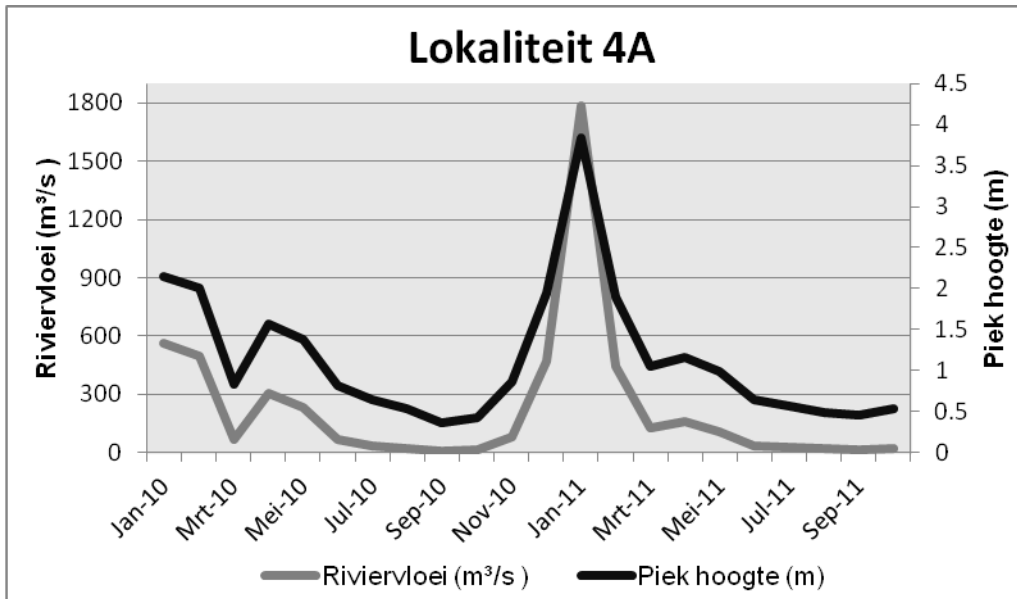
Figuur C: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaleiteit 2B vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



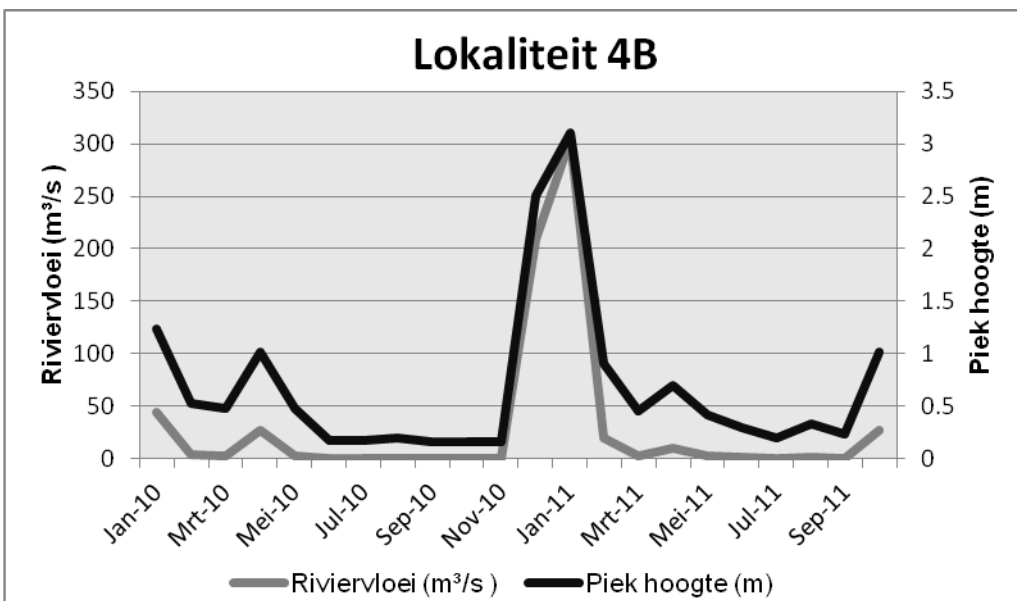
Figuur D: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaliteit 3A vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



Figuur E: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaliteit 3B vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



Figuur F: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaleiteit 4A vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.



Figuur G: Hidrograaf van die rivervloei en piek waterhoogte by lokaleiteit 4B vir die tydperk Januarie 2010 tot en met Oktober 2011.