

# Verspreiding en habitats van *Pisidium viridarium* Kuiper, 1956 (Bivalvia: Sphaeriidae) soos weerspieël deur die rekords van die Nasionale Varswaterslakversameling van Suid-Afrika

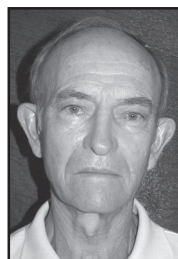
*Distribution and habitats of Pisidium viridarium Kuiper, 1956 (Bivalvia: Sphaeriidae) as reflected by the records of the National Freshwater Snail Collection of South Africa*

**KN DE KOCK\***

'Eenheid vir Omgewingswetenskappe en Bestuur,  
Noordwes-Universiteit  
Privaat sak X6001, Potchefstroom, 2520, Suid-Afrika  
kenne.dekock@nwu.ac.za

**CT WOLMARANS**

Skool vir Omgewingswetenskappe en Ontwikkeling,  
Noordwes-Universiteit  
Privaat sak X6001, Potchefstroom, 2520, Suid-Afrika  
corrie.wolmarans@nwu.ac.za



Kenné de Kock    Corrie Wolmarans

**EMERITUS PROFESSOR KENNÉ DE KOCK** is tans werksaam by die Eenheid vir Omgewingswetenskappe en Bestuur van die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus. Hy was sedert 1961 verbonde aan die Nasionale Varswaterslakeenheid wat in 1986 ontbind is, maar is huidig steeds betrokke by die Nasionale Varswaterslakversameling wat by die Skool vir Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling van die Noordwes-Universiteit gehuisves word. Sy navorsingsbelangstelling is die ekologie, geografiese verspreiding, en taksonomie van varswater Mollusca en die rol wat hulle as tussengashere van 'n groot verskeidenheid helminparasiete in die gesondheid van mens en dier speel. Hy is outeur en mede-outeur van talle wetenskaplike artikels en het vir baie jare onderrig in sitogenetika en soögeografie aan dierkunde studente van die Noordwes-Universiteit en Unisa gegee.

**EMERITUS PROFESSOR KENNÉ DE KOCK** of the Unit of Environmental Sciences and Management of the North-West University, Potchefstroom Campus was closely associated with the National Freshwater Snail Unit from 1961 until it was disbanded in 1986. He is currently still involved in activities with regard to the National Freshwater Snail Collection housed at the School of Environmental Sciences and Development of the North-West University. His research interests focus on the ecology, geographical distribution and the taxonomy of freshwater molluscs and their role as intermediate hosts of a large variety of helminth parasites in the health of man and animal. He is author and co-author of a large number of scientific papers and has for many years lectured in cytogenetics and zoogeography both at the North-West University and the University of South Africa (Unisa).

**DR. CORRIE WOLMARANS** is 'n senior lektor in die vakgroep Dierkunde aan die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus waar hy sedert 1984 werksaam is. Sy navorsingsbelangstelling behels die epidemiologie en beheer van skistosomose. Hy is outeur en mede-outeur van bykans 80 vakwetenskaplike publikasies in nasionale en internasionale tydskrifte.

**DR CORRIE WOLMARANS** is a senior lecturer in Zoology at the North-West University, Potchefstroom Campus where he has been employed since 1984. His research interests concern the epidemiology and control of schistosomosis. He is author and co-author of nearly 80 scientific publications in national and international journals.

**ABSTRACT*****Distribution and habitats of *Pisidium viridarium* Kuiper, 1956 (Bivalvia: Sphaeriidae) as reflected by the records of the National Freshwater Snail Collection of South Africa***

*The genus *Pisidium* includes some of the smallest bivalves in the family Sphaeriidae. The distribution of this group is cosmopolitan and they can utilize virtually any freshwater habitat, including peat bogs. Without doubt their centre of evolution lies in the Holarctic Region and the origin of *Pisidium* is considered to be Mesozoic. This article focuses on the geographical distribution and habitats of *P. viridarium*, the most well represented species of this genus in the database of the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa.*

*Details pertaining to the habitats of the 639 samples of *P. viridarium* as recorded at the time of collection were extracted from the database of the NFSC. The number of loci ( $1/16$ th square degrees) in which the 639 collection sites were located, was distributed in pre-selected intervals of mean annual air temperature and rainfall, as well as intervals of mean altitude, to illustrate the frequency of occurrence within specific intervals. A temperature index was calculated for all mollusc species in the database from their frequencies of occurrence within the selected intervals and the results used to rank them in order of their association with low to high climatic temperatures. To evaluate the significance of the difference between frequencies of occurrence in, on, or at the various options for each parameter investigated, chi-square values were calculated. Furthermore, an effect size value was calculated to determine the contribution of each parameter towards establishing the geographical distribution of this species as reflected by the data in the database. Additionally, a multivariate analysis in the form of a decision tree was constructed from the data which enabled the selection and ranking of those variables that maximally discriminated between the frequency of occurrence of *P. viridarium* in, on, or at the various options for each parameter as compared to all other mollusc species in the database.*

*The 132 different loci from which the samples were collected, display a relatively continuous distribution in the south-eastern part of the North West Province, the northern part of Gauteng, the central part of Mpumalanga and Lesotho. *P. viridarium* is sporadically distributed in the Eastern Cape and Free State, poorly represented in the Northern and Western Cape and completely absent from Limpopo. Its absence in certain areas of South Africa should be attributed to unfavourable environmental conditions rather than to a lack of opportunities to disperse: there are many agents and frequent opportunities for passive dispersal reported in literature for Sphaeriidae and the presence of *P. viridarium* in this country had already been recorded in 1950.*

*This species was reported from 13 of the 14 habitat types represented in the database. However, the majority of samples were collected in marshes and in habitats of which the water conditions were described as clear, fresh and standing. The decision tree analysis indicated that temperature, altitude, type of water-body and substratum were the most important factors, of those investigated, that influenced the geographical distribution of this species in South Africa. It is known from reports in literature that bivalves can accumulate heavy metals from superficial sediments and the fact that *P. viridarium* is a filter feeder, a bottom dweller and can utilize a relatively large variety of habitats under a wide range of climatic conditions, could make it a useful candidate for monitoring heavy metal levels in freshwater habitats. It is recommended that the feasibility of such a possibility be investigated. In view of the reports from elsewhere in the world that *Pisidium* species can serve as intermediate hosts for helminth parasites that can affect the well-being of humans and animals, it is suggested that the potential of *P. viridarium* to act as intermediate host for harmful helminth parasites be evaluated. Efforts should also be made to update the geographical distribution of molluscs especially those that could play an important role in the life cycle of economically important helminth parasites.*

**KEY CONCEPTS:** Mollusca, Bivalvia, *Pisidium viridarium*, helminth parasites, geographical distribution, habitat preferences, South Africa

**TREFWOORDE:** Mollusca, Bivalvia, *Pisidium viridarium*, helmintparasiete, geografiese verspreiding, habitat-voorkeure, Suid-Afrika

## OPSOMMING

Hierdie artikel fokus op die geografiese verspreiding en habitats van *Pisidium viridarium*, een van die kleinste varswatermossels teenwoordig in Suid-Afrika, soos weerspieël deur die 639 monsters wat in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling van Suid-Afrika (NVWSV) opgeneem is. Hierdie spesie is hoegenaamd nie in Limpopo aangetref nie en is yl versprei in Oos-, Noord- en Wes-Kaap. Hierteenoor is dit die mees wydverspreide verteenwoordiger van die Mollusca in Lesotho. Besonderhede van elke habitat sowel as hoogte bo seevlak, lugtemperatuur en reënval van elke lokaliteit is statisties verwerk en word deurtastend bespreek. *Pisidium viridarium* is in 13 van die 14 tipes waterliggame wat in die databasis verteenwoordig word, gevind maar verreweg die grootste getal monsters was van moerasse afkomstig en die meerderheid monsters is gerapporteer uit habitats waarvan die watertoestande as standhoudend, helder, vars en staande aangeteken is. Die resultate van 'n geïntegreerde besluitnemingsboom- en effekgrootte-analise het getoon dat temperatuur, hoogte bo seevlak, waterliggame en substratum die gedokumenteerde geografiese verspreiding van hierdie spesie, soos weerspieël deur die data in die databasis, betekenisvol beïnvloed het. In die lig van die groot verskeidenheid van geleenthede wat in die literatuur gerapporteer is waarvolgens *Pisidium*-spesies passief kan spreid, is die outeurs van mening dat die skynbare afwesigheid van *P. viridarium* in groot dele van Suid-Afrika waarskynlik aan ongunstige omgewingstoestande eerder as 'n gebrek aan geleenthede om te spreid, toegeskryf kan word. Die haalbaarheid om *P. viridarium* vir die monitering van swaarmetale te benut, behoort ondersoek te word, asook sy potensiaal om as tussengasheer vir parasitiese helminte op te tree.

## INLEIDING

Die genus *Pisidium* sluit van die kleinste varswatermossels in wat tot die familie Sphaeriidae behoort. Hierdie groep is kosmopolities versprei en kan bykans alle tipes varswaterhabitats benut, insluitende fonteine, klein lopies en veenmoerasse waar geen ander mossels sou kon oorleef nie.<sup>1</sup> Volgens Kuiper<sup>2</sup> lê die sentrum van evolusie van die Sphaeriidae ongetwyfeld in die Holarktiese Streek en is die oorsprong van *Pisidium* definitief Mesosoïes. In sy monografie oor die nie-mariene Mollusca van Suid-Afrika, vermeld Connolly<sup>3</sup> die volgende drie spesies van die genus *Pisidium*: *P. langleyanum* (Melvill & Ponsonby, 1891), *P. ovampicum* (Ancey, 1890) en *P. costulosum* (Connolly, 1931). In sy bydrae tot die kennis van die Suid-Afrikaanse spesies van hierdie genus twee en 'n half dekades later, het Kuiper<sup>4</sup> 'n verdere vier spesies vir dié gebied gerapporteer, naamlik *P. pirothi* (Jickeli, 1881), *P. viridarium* (Kuiper, 1956), *P. harrisoni* (Kuiper, 1964) en *P. casertanum* (Poli 1791). Heelwat later is nog 'n spesie, *P. (Parapisidium) reticulatum*, deur Appleton et al.<sup>5</sup> vanuit die Okavango Delta gerapporteer. Van die agt spesies van *Pisidium* wat tot dusver vir Suid-Afrika op rekord gestel is,<sup>6</sup> is daar twee, naamlik *P. harrisoni* en *P. reticulatum*, waarvan tot dusver geen rekords in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NVWSV) opgeneem is nie.

Hierdie artikel fokus op die geografiese verspreiding en habitats van *P. viridarium*, die spesie van hierdie genus waarvan die meeste monsters in die databasis van die NVWSV op rekord is. Besonderhede van die vindplekke, soos tydens versameling opgeteken is, en die gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval en gemiddelde hoogte bo seevlak van die lokusse ( $1/_{16}$  vierkante graad) waarin die vindplekke geleë is, word verstrek en die resultate van statistiese verwerking in diepte bespreek.

## MATERIAAL EN METODES

Besonderhede van slegs daardie monsters van *P. viridarium* wat op 'n 1:250 000 topo-kadastraalkaartreeks van Suid-Afrika aangedui kon word, is vir verwerking uit die databasis van die NVWSV onttrek. Die meerderheid van hierdie monsters is deur opgeleide personeel van die Staatsekoloog, plaaslike gesondheidsowerhede en voormalige Slaknavorsingseenheid van die Potchefstroomse Universiteit versamel en nadat dit geïdentifiseer is, in die NVWSV ingeskakel.

Al die lokusse waarin die vindplekke van *P. viridarium* geleë is, is in intervalle van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook gemiddelde hoogte bo seevlak ingedeel om die voorkomsvrekwensie in spesifieke intervalle weer te gee. Daarbenewens is 'n temperatuur-indeks vir elke spesie aan die hand van sy voorkomsvrekwensie in 'n geselekteerde temperatuur-interval bereken, en die resultate gebruik om elke spesie in 'n rangorde, gegrond op sy assosiasie met lae tot hoë klimatologiese temperature, te plaas. Statistiese verwerkings is gedoen om die betekenisvolheid van enige verskil tussen die temperatuur-indeks van *P. viridarium* en dié van die ander spesies in die databasis te bepaal. 'n Volledige uiteensetting van die wyse waarop die berekeninge gedoen is, is in vroeëre publikasies verstrek.<sup>7,8</sup>

Chi-kwadraatwaardes (Statistica, Release 7, Nonparametrics, 2X2 Tables, McNemar, Fischer exact) is bereken om betekenisvolheid in verskille aan te toon in die voorkoms in, op of by verskillende alternatiewe vir elke veranderlike, soos byvoorbeeld tipe waterliggaam, tipe substratum of temperatuur-interval. Daarbenewens is die effekgrootte volgens die metode van Cohen<sup>9</sup> bereken wat dit moontlik maak om die moontlike invloed van die verskillende veranderlikes wat in hierdie artikel bespreek word op die geografiese verspreiding van *P. viridarium* te kwantifiseer. Dit behels kortliks dat waardes vir die effekgrootte in die orde van 0.1 en 0.3 onderskeidelik op klein en medium groot effekte dui, terwyl waardes van 0.5 en hoër op prakties betekenisvolle groot effekte dui. So sou 'n waarde van 0.5 wat byvoorbeeld vir temperatuur vir 'n bepaalde spesie bereken word, daarop dui dat temperatuur as sodanig 'n belangrike rol gespeel het om die gedokumenteerde geografiese verspreiding van die betrokke spesie, soos weerspieël deur die data in die databasis, tot stand te bring. Die interpretasie en ekologiese implikasies van die waardes wat vir hierdie statistiek bereken word, word in die konteks van ondersoeke van hierdie aard in meer besonderhede deur De Kock en Wolmarans<sup>7,8</sup> bespreek.

Die data is daarbenewens verwerk om 'n multi-variensie-analise in die vorm van 'n geïntegreerde besluitnemingsboom te doen.<sup>10</sup> Met behulp van hierdie statistiese model word veranderlikes geselekteer en in 'n rangorde geplaas wat maksimaal kan diskrimineer tussen die voorkomsvrekwensie van 'n gegewe spesie onder spesifieke toestande in vergelyking met al die ander Mollusca-spesies wat in die databasis verteenwoordig word. Die voorkomsvrekwensie van die betrokke spesie by alternatiewe keuses vir 'n bepaalde veranderlike wat betekenisvol van mekaar verskil, word ook deur die besluitnemingsboom geskei of andersins saam gegroepeer as dit nie betekenisvol sou verskil nie. Om hierdie statistiek te bereken, is gebruik gemaak van die SAS Enterprise Miner vir Windows NT Release 4.0, April 19, 2000-program en Decision Tree Modeling Course Notes.<sup>11</sup>

## RESULTATE

Die 639 monsters wat op die genoemde kaart-reëks gelokaliseer kon word, dateer vanaf 1963 tot die hede (2008) en is oor 134 lokusse versprei (figuur 1). Hierdie spesie is uit 13 van die 14 tipes waterliggame wat in die databasis verteenwoordig word, gerapporteer. Verreweg die grootste getal monsters (392) is in moerasse versamel en dit het ook 18.9% van die totale getal monsters van alle Mollusca wat in hierdie tipe waterliggaam voorgekom het, verteenwoordig (tabel 1). Die

**TABEL 1:** Waterliggaamtipes waarin *Pisidium viridarium* in 639 versamelpunte aangetref is soos tydens versameling opgeteken

Waterliggaamtipes	A	B	C	D
Besproeiingsvoor	1	0.2%	113	0.9%
Dam	46	7.2%	8 400	0.5%
Dammetjie	12	1.9%	1 566	0.8%
Fontein	19	3.0%	301	6.3%
Gruisgroef	1	0.2%	122	0.8%
Kanaal	1	0.2%	169	0.6%
Moeras	392	61.3%	2 076	18.9%
Pan	2	0.3%	306	0.7%
Rivier	44	6.9%	7 507	0.6%
Sloot	2	0.3%	636	0.3%
Spruit	79	12.4%	7 211	1.1%
Vlei	4	0.6%	103	3.9%
Watergat	11	1.7%	225	4.9%

Effekgrootte:  $w = 2.22$  (groot effek)

A: voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke waterliggaamtipe. B: % van die totale getal versamelings (639) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomsvrekwensie van alle verteenwoordigers van die Mollusca in 'n spesifieke waterliggaamtipe. D: voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke waterliggaamtipe.

voorkomsvrekwensie in moerasse het gevolglik betekenisvol ( $p < 0.05$ ) van al die ander tipes waterliggame verskil. Die teenwoordigheid van waterplante in die habitat tydens versamelings is in 96.4% van die gevalle vermeld. Die oorgrote meerderheid van die monsters is in waterliggame versamel waarvan die water as standhoudend, helder en vars beskryf is (tabel 2). Die grootste getal

**TABEL 2:** Watertoestande in die habitats van *Pisidium viridarium* soos tydens versameling opgeteken

	Tipe		Vloeisnelheid			Turbiditeit		Saliniteit	
	Standhou- dend	Seisoe- naal	Vinnig	Stadig	Staande	Helder	Modderig	Vars	Brak
A	578	36	33	268	312	567	36	607	2
B	90.5%	5.6%	5.2%	41.9%	48.8%	88.7%	5.6%	95.0%	0.3%
C	22 432	5 350	2 229	9 501	16 147	20 408	6 438	24 089	657
D	2.6%	0.7%	1.5%	2.8%	1.9%	2.8%	0.6%	2.5%	0.3%
E	$w = 0.38$ (matige effek)		$w = 0.21$ (klein effek)			$w = 0.42$ (matige tot groot effek)		$w = 0.14$ (klein effek)	

A: voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke watertoestand. B: % van die totale getal versamelings (639) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomsvrekwensie van alle verteenwoordigers van die Mollusca in 'n spesifieke watertoestand. D: voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke watertoestand. E: Effekgrootte bereken vir 'n bepaalde watertoestand.

monsters is in habitats versamel waarvan die water as of stilstaande of stadigvloeiend beskryf is (tabel 2) en dit het in beide gevalle betekenisvol verskil van die getal monsters wat vanuit waterliggame met vinnigvloeiende water afkomstig was. Die meer as 75% monsters wat van waterliggame waarvan die substratum as oorwegend modderig aangedui is, afkomstig was (tabel 3), het betekenisvol van die voorkoms in waterliggame met enige van die ander drie substratuumtipes verskil ( $p < 0.05$ ).

**TABEL3:** Substratuumtipes in the habitats van *Pisidium viridarium* soos tydens versameling opgeteken

	Substratuumtipes			
	Modderig	Klipperig	Sanderig	Verrottende materiaal
A	485	64	56	2
B	75.9%	10.0%	8.8%	0.3%
C	12 835	7934	6523	632
D	3.8%	0.8%	0.9%	0.3%
E	$w = 0.68$ (groot effek)			

A: voorkomsvrekwensie op 'n spesifieke substratuumtipe. B: % van die totale getal versamelings (639) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomsvrekwensie van alle verteenwoordigers van die Mollusca op 'n spesifieke substratuumtipe. D: voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings op 'n spesifieke substratuumtipe. E: effekgrootte bereken vir substratuumtipes.

Alhoewel die meerderheid monsters (271) vanuit habitats afkomstig was waarvan die lokusse in die 11-15°C-temperatuur-interval geval het, het die 201 monsters in die 0-10°C-temperatuur-interval 'n veel groter persentasie (56.8%) verteenwoordig van die totale getal monsters van alle Mollusca-spesies in die databasis (354) waarvan die lokusse in die betrokke interval geval het (tabel 4). Die voorkomsvrekwensie van *P. viridarium* in die 0-10°C-temperatuur-interval het in hierdie opsig derhalwe betekenisvol ( $p < 0.05$ ) van al die ander temperatuur-intervalle verskil. Verreweg die grootste getal monsters is gevind in habitats waarvan die lokusse in die 601-900 mm-reënval-interval geval het (tabel 4) en die voorkomsvrekwensie by hierdie interval het gevolglik volgens die berekende chi-kwadratwaardes betekenisvol van die res van die reënval-intervalle verskil. Alhoewel die meerderheid monsters (201) afkomstig was van habitats waarvan die lokusse in die 2 001-2 500 m bo seevlak-interval geval het, het die 156 monsters afkomstig van lokusse wat in die 2 501-3 000 m interval geval het 'n veel hoër persentasie (60.2%) van die totale getal monsters van alle Mollusca-spesies wat in die databasis op rekord is, verteenwoordig (tabel 4). Gevolglik het die voorkomsvrekwensie volgens die berekende chi-kwadratwaardes betekenisvol van al die ander intervalle verskil.

Besonder hoë effekgrootte-waardes is bereken vir temperatuur, hoogte bo seevlak, waterliggame as sodanig en die substratum (tabelle 1-4) waarvan afgelei kan word dat hierdie parameters 'n belangrike rol gespeel het in die daarstelling van die geografiese verspreiding van *P. viridarium* in Suid-Afrika soos in figuur 1 weergegee. Hierdie afleiding word ondersteun deur die resultate in figuur 2 wat toon dat dieselfde vier parameters hierbo vermeld, as belangrik geselekteer is.

Die temperatuur-indeks wat vir *P. viridarium* bereken is, plaas dit heel eerste in rangorde van die 53 spesies in die databasis op grond van sy assosiasie met lae klimatologiese temperature (tabel 5) en die effekgroottes wat vir hierdie indeks bereken is, dui daarop dat hierdie spesie,

**TABEL 4:** Voorkomfrequentie van die 639 versamelpunte van *Pisidium viridarium* in geselekteerde intervale van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook die gemiddelde hoogtes bo seevlak in Suid-Afrika

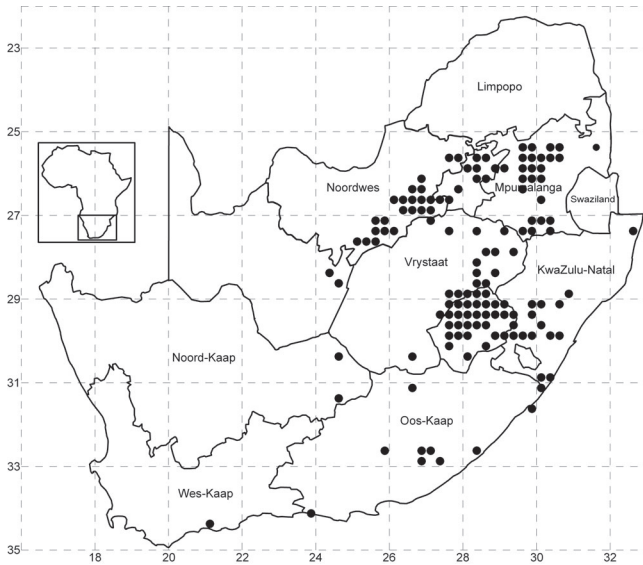
	Temperatuur-intervalle (°C)				Reënval-intervalle (mm)				Hoogte bo seevlak-intervalle (m)				
	0 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	0 - 300	301 - 600	601 - 900	901 - 1 200	0 - 500	501 - 1 000	1 001 - 1 500	1 501 - 2 000	2 001 - 2 500
A	201	271	164	3	3	163	454	19	15	106	140	201	156
B	31.5%	42.4%	25.7%	0.5%	0.5%	25.5%	71.0%	3.0%	2.3%	16.6%	21.9%	31.5%	24.4%
C	354	4 404	24 928	4 276	975	11 994	19 799	1 203	6 747	14 918	6 998	586	259
D	56.8%	6.2%	0.7%	0.1%	0.3%	1.4%	2.3%	1.6%	0.2%	0.7%	2.0%	34.3%	60.2%
E	w = 3.32 (groot effek)				w = 0.28 (klein tot matige effek)				w = 2.67 (groot effek)				

A: voorkomfrequentie in 'n lokaliteit wat in 'n spesifieke interval val. B: % van die totale getal versamelings (639) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomfrequentie van alle verteenwoordigers van die *Mollusca* in 'n lokaliteit wat in 'n spesifieke interval val. D: voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke interval. E: effekgrootte bereken vir 'n bepaalde faktor.

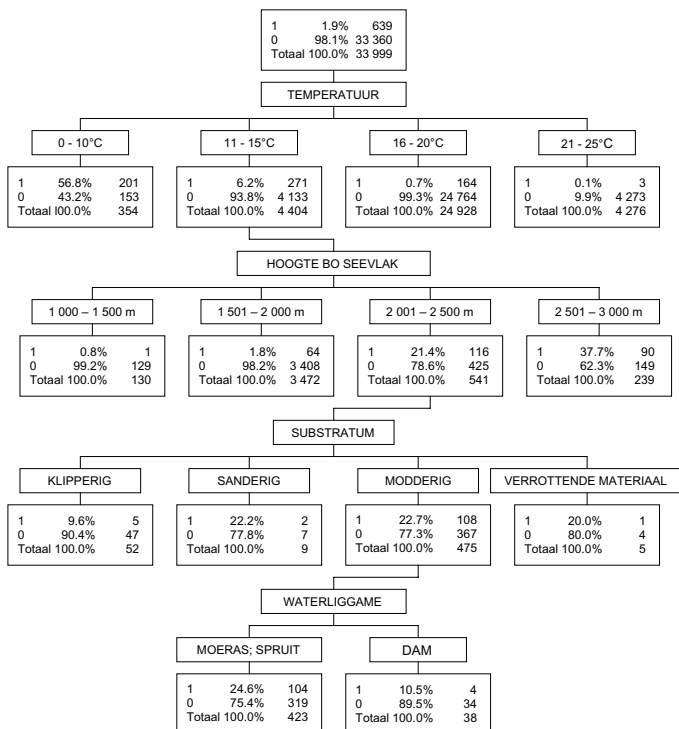
**TABEL5:** Frekwensieverspreiding in temperatuur-intervalle en temperatuur-indeks van *Pisidium viridarium* in vergelyking met die ander Mollusca in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling

Mollusca	*Indeks = Temperatuur-indeks    **SA = Standaardafwyking    ***VK = Variansiekoëffisiënt					*Indeks	**SA	***VK	Effek-
	Getal	0 - 10°C	11 - 15°C	16 - 20°C	21 - 25°C				
<i>Pisidium viridarium</i>	639	201	271	164	3	1.947	0.764	39.22	0.000
<i>Lymnaea truncatula</i>	723	95	281	343	4	2.354	0.709	30.14	0.534
<i>Pisidium casertanum</i>	5		2	3		2.600	0.548	21.07	0.856
<i>Pisidium langleyanum</i>	632	18	173	435	6	2.676	0.544	20.33	0.956
<i>Pisidium costulosum</i>	428	1	139	284	4	2.680	0.492	18.34	0.961
<i>Bulinus tropicus</i>	8.448	32	2.326	5.860	230	2.744	0.502	18.31	1.045
<i>Gyraulus connollyi</i>	969		185	777	7	2.816	0.406	14.40	1.139
<i>Ceratophallus natalensis</i>	1.797		299	1.430	68	2.871	0.433	15.09	1.211
<i>Burnupia</i> (alle spesies)	2.778	7	287	2.384	100	2.928	0.380	12.97	1.285
<i>Ferrissia</i> (alle spesies)	540		72	420	47	2.957	0.476	16.09	1.324
<i>Bulinus reticulatus</i>	296		6	287	3	2.990	0.174	5.83	1.366
<i>Assiminea umlaasiana</i>	2			2		3.000	0.000	0.00	1.380
<i>Tomichia cawstoni</i>	4			4		3.000	0.000	0.00	1.380
<i>Tomichia diferens</i>	10			10		3.000	0.000	0.00	1.380
<i>Tomichia lirata</i>	2			2		3.000	0.000	0.00	1.380
<i>Tomichia ventricosa</i>	89			89		3.000	0.000	0.00	1.380
<i>Tomichia tristis</i>	81			79	2	3.025	0.156	5.16	1.412
<i>Unio caffer</i>	76		6	63	6	3.026	0.461	15.24	1.414
<i>Physa acuta</i>	755			719	36	3.048	0.213	7.00	1.442
<i>Bulinus depressus</i>	552			519	33	3.060	0.237	7.76	1.458
<i>Arcuatula capensis</i>	15			14	1	3.067	0.258	8.42	1.467
<i>Lymnaea columella</i>	2.302		81	1.977	243	3.071	0.371	12.07	1.473
<i>Lymnaea natalensis</i>	4.721		205	3.802	713	3.108	0.429	13.79	1.521
<i>Assiminea bifasciata</i>	17			15	2	3.118	0.332	10.65	1.534
<i>Gyraulus costulatus</i>	736		20	580	135	3.159	0.437	13.84	1.588
<i>Bulinus forskalii</i>	1.209		17	985	204	3.160	0.409	12.95	1.589
<i>Pisidium ovampicum</i>	7			5	2	3.167	0.408	12.89	1.598
<i>Sphaerium capense</i>	25		1	17	7	3.240	0.523	16.14	1.694
<i>Bulinus africanus</i> groep	2.930		9	2.155	760	3.260	0.450	13.82	1.721
<i>Corbicula fluminalis africana</i>	390		1	291	94	3.267	0.437	13.38	1.730
<i>Tomichia natalensis</i>	23			16	7	3.304	0.470	14.24	1.778
<i>Thiara amarula</i>	10			6	4	3.400	0.516	15.19	1.904
<i>Assiminea ovata</i>	5			3	2	3.400	0.548	16.11	1.904
<i>Melanooides victoriae</i>	49			29	19	3.429	0.540	15.75	1.941
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	1.639		5	880	751	3.459	0.508	14.69	1.981
<i>Septaria tessellaria</i>	2			1	1	3.500	0.707	20.20	2.035
<i>Coelatura framesi</i>	6			3	3	3.500	0.548	15.65	2.035
<i>Neritina natalensis</i>	16			8	8	3.500	0.516	14.75	2.035
<i>Bulinus natalensis</i>	245		2	97	146	3.588	0.510	14.20	2.150
<i>Segmentorbis planodiscus</i>	27			9	18	3.667	0.480	13.10	2.253
<i>Segmentorbis angustus</i>	32			7	25	3.781	0.420	11.11	2.403
<i>Melanooides tuberculata</i>	305			64	237	3.803	0.430	11.30	2.432
<i>Pisidium pirothi</i>	39			4	35	3.826	0.388	10.13	2.462
<i>Chambardia wahlbergi</i>	36			7	28	3.932	0.398	10.11	2.600
<i>Aplexa marmorata</i>	9				9	4.000	0.000	0.00	2.689
<i>Bellamyia capillata</i>	31				31	4.000	0.000	0.00	2.689
<i>Eupera ferruginea</i>	169			6	157	4.000	0.267	6.68	2.689
<i>Lentorbis carringtoni</i>	8				8	4.000	0.000	0.00	2.689
<i>Lentorbis junodi</i>	12				12	4.000	0.000	0.00	2.689
<i>Segmentorbis kanisaensis</i>	9				9	4.000	0.000	0.00	2.689
<i>Chambardia petersi</i>	39			1	36	4.000	0.272	6.80	2.689
<i>Cleopatra ferruginea</i>	73				71	4.027	0.164	4.08	2.725
<i>Lanistes ovum</i>	41				38	4.073	0.264	6.47	2.785





**Figuur 1:** Kaart van Suid-Afrika waarop die geografiese verspreiding van *Pisidium viridarium* per  $1/16$  vierkantegraad- lokus in Suid-Afrika aangetoon word.



**Figuur 2:** Besluitnemingsboom van die voorkomingsfrekwensie van *Pisidium viridarium* by bepaalde veranderlikes teenoor die voorkomingsfrekwensie van alle ander spesies wat in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling opgeneem is. 0 : persentasies en getalle van alle ander spesies, 1 : persentasies en getalle van *P. viridarium*.

betreffende hierdie opsig, volgens die norme van Cohen<sup>9</sup> betekenisvol ( $w > 0.5$ ) van alle ander spesies in die databasis verskil het.

## BESPREKING

Volgens Korniuschin<sup>1</sup> is 'n studie van die familie Sphaeriidae belangrik, nie net omdat dit kan lei tot 'n beter begrip van die struktuur en geskiedenis van die fauna nie, maar ook omdat die slakke benut sou kon word vir die monitering van omgewingstoestande. Die omstandigheid dat elders ter wêreld bevind is dat verskeie spesies van *Pisidium* as eerste of tweede tussengasheer vir parasitiese helminte kan optree,<sup>12,13</sup> is verdere motivering vir die bestudering van hierdie familie.

In vergelyking met Europese *Pisidium*-spesies waar 'n veel groter stel liggaamskenmerke in sistematiek-studies betrokke is, is die anatomie van die klein varswatermossels van Afrika grootliks onbekend.<sup>14</sup> Kuiper<sup>2</sup> is egter van mening dat die skulp as sodanig tans nog belangriker is as die sagte liggaamsdele in die beoefening van identifikasiewerk met betrekking tot die Sphaeriidae en dat dit bykans onmoontlik is om eksemplare waarvan die skulp ontbreek, te identifiseer. Volgens hierdie outeur is die vorm van die skulp, die relatiewe konveksiteit, die vorm en posisie van die umbo en skulpturering en glans van die periostracum diagnosties belangrik, terwyl Korniuschin<sup>1</sup> daarop wys dat die porieë in die skulp ook deur resente navorsers as taksonomies belangrik geag word.

Slegs drie *Pisidium*-spesies, *P. viridarium*, *P. langleyanum* en *P. costulosum*, is relatief goed verteenwoordig in die databasis van die NVWSV. Die identiteit van hierdie spesies is uitsluitlik op skulpkenmerke volgens die riglyne van Kuiper<sup>4</sup> en die hersiene sleutel van Appleton<sup>6</sup> bepaal. Mandahl-Barth<sup>15</sup> voer egter redes aan waarom *P. viridarium* moontlik as twyfelagtige spesie beskou kan word en spreek verbasing uit oor die relaas wat Kuiper<sup>16</sup> lewer oor hoe om tussen *P. viridarium* en *P. ovampicum* te differensieer want volgens Mandahl-Barth<sup>15</sup> kan hy nie insien hoe die twee spesies enigsins met mekaar verwar kan word nie. Betreffende die monsters in die NVWSV is ook min probleme ervaar om tussen hierdie twee spesies te onderskei. Volgens Kuiper<sup>4</sup> is die affiniteite tussen *P. viridarium*, *P. kenianum* en *P. langleyanum* egter tot dusver nie opgeklar nie en Appleton<sup>6</sup> is ook van mening dat die genus *Pisidium* hersien behoort te word.

Soos reeds vermeld, is *P. viridarium* die verteenwoordiger van hierdie genus waarvan die meeste monsters in die NVWSV op rekord is. Min moeite is ervaar om hierdie spesie van eksemplare van die ander twee relatief wyd verspreide spesies (*P. langleyanum* en *P. costulosum*) te onderskei. Die twee mees uitstaande kenmerke wat anders as by die ander twee spesies is, is sy umbo wat minder prominent is en min of meer in die middel van die skulp geleë is en daarbenewens die voorkoms van 'n veel groter aantal, relatief kleiner porieë op die skulp, 'n kenmerk wat ook deur Piechocki en Korniuschin<sup>14</sup> uitgelig word.

Die tieplokaleiteit van *P. viridarium* is aangegee as die Karurarivier noordwes van Nairobi, Kenia.<sup>15</sup> Hierdie spesie is in 1956 deur Kuiper<sup>17</sup> beskryf maar eksemplare wat reeds in 1950 in die Gwyangrivier naby George, Wes-Kaapprovinsie, versamel is, is meer as 'n dekade later as *P. viridarium* geïdentifiseer.<sup>4</sup> Die oudste rekord van hierdie spesie in die databasis van die NVWSV dateer uit 1963 en is in die Mooirivier op die plaas Kromdraai, in die Potchefstroom-distrik, Noordwesprovinsie versamel.

Die 134 lokusse waarin die versamelpunte van die 639 monsters van *P. viridarium* geleë is, val grootliks in die oostelike dele van Suid-Afrika (figuur 2). Hierdie spesie is goed verteenwoordig in die suid-oostelike dele van Noordwes, die noordelike dele van Gauteng en die sentrale dele van Mpumalanga. Dit is egter die mees wydverspreide verteenwoordiger van varswater Mollusca in Lesotho, wat nie verbasend is nie gesien in die lig van sy nouer assosiasie met lae omgewingstemperature as enige ander spesie in die databasis (tabel 5). Volgens die rekords in die

databasis is dit sporadies versprei in die Oos-Kaap, Vrystaat en KwaZulu-Natal. Dit word deur slegs vier lokusse in Noord-Kaap en een lokus in Wes-Kaap verteenwoordig terwyl daar absoluut geen vindplek vir Limpopo op rekord is nie (figuur 1). Na ons mening mag die afwesigheid van *P. viridarium* in bepaalde streke van Suid-Afrika eerder aan ongunstige omgewingstoestande as aan 'n gebrek aan geleentheid om te spreid, toe te skryf wees. Hierdie mening word gegrond op die omstandigheid dat sy eerste vindplek in Suid-Afrika meer as 150 jaar later as dié van *P. langleyanum* gerapporteer is, maar dat die omvang van sy geografiese verspreiding nogtans gunstig met dié van *P. langleyanum* vergelyk, die spesie wat volgens die rekords in die NVWSV die mees wydverspreide verteenwoordiger van die genus in Suid-Afrika is. Daarbenewens wys Kuiper<sup>2</sup> daarop dat Sphaeriidae baie geleenthede het om passief van een waterliggaam na 'n ander te spreid, selfs van een rivierstelsel na 'n ander en ook oor berge en seë. Hulle kan passief deur insekte, voëls, amfibieërs en vis vervoer word.<sup>2</sup> Die kleppe van 'n rustende *Pisidium* is effens oop en word vinnig gesluit wanneer dit deur die antenna of tarsus van 'n insek aangeraak word en kan dan, op hierdie wyse vasgeklem, oor lang afstande vervoer word.<sup>2</sup> Die belangrike rol wat aktiewe en passiewe spreiding gespeel het om die geografiese verspreiding van Sphaeriidae in Michigan, Verenigde State van Amerika daar te stel, word in besonderhede deur Heard<sup>18</sup> bespreek en beklemtoon. Die mening van Brown<sup>19</sup> dat *P. langleyanum* moontlik tot die koeler gebiede van Suid-Afrika beperk mag wees, bied ook 'n aanvaarbare verklaring vir die totale gebrek aan rekords van *P. viridarium* uit Limpopo, gegewe die omstandigheid dat die temperatuur-indekse van hierdie twee spesies (tabel 5) toon dat *P. viridarium* nouer met koeler klimaatstoestande geassosieer is en in hierdie opsig betekenisvol van *P. langleyanum* verskil. Dit mag ook verklaar waarom *P. viridarium* net uit bepaalde dele van Mpumalanga en KwaZulu-Natal gerapporteer is. Soos vir *Corbicula fluminalis africana* gerapporteer,<sup>20</sup> is *P. viridarium* wydverspreid in 'n verskeidenheid van varswaterhabitats, insluitende moerasse, dwarsoor suidelike Afrika behalwe vir die dorre westelike streke. Alhoewel rekords van verskeie ander verteenwoordigers van die Mollusca vir hierdie dorre streke gerapporteer is, is die diversiteit betekenisvol kleiner in vergelyking met die situasie in die oostelike dele van die land.<sup>21,22,23,24</sup> Volgens Brown<sup>19</sup> is die voor die hand liggende verklaring vir hierdie verskynsel dat water op sigself 'n voorvereiste vir die voortbestaan van akwatiese Mollusca is en dat daar geen twyfel kan bestaan dat die bykans dorre sone wat vanaf die Wes-Kaap deur Namibië, die Noord-Kaap en Botswana strek van deurslaggewende belang in hierdie streek is nie. Die moontlikheid bestaan dat die omvang van verspreiding van *P. viridarium* wyer mag wees as wat deur die monsters in die NVWSV weerspieël word omdat dit 'n bodembewoner is wat op, of in die substratum voorkom en dit mag wees dat dit soms tydens die versamelingsproses oorgeslaan kan word. Soos egter in 'n vorige publikasie vermeld,<sup>20</sup> is die oorgrote meerderheid van die opnames deur personeel van verskeie staatsinstansies en van die voormalige Slaknavorsingseenheid uitgevoer wat spesiale opleiding in versameltegnieke ontvang het en ook van gedrukte instruksies voorsien was waarin versoek is om ook aandag aan versameling op en in die substratum te skenk.

Die omstandigheid dat die meerderheid van die monsters van *P. viridarium* in moerasse aangetref is en in habitats met 'n modderige substratum en baie akwatiese plante, ondersteun die waarneming van Kuiper<sup>4</sup> dat hierdie spesie moerasagtige biotope verkies en ook in die modder buite die stroom van riviere met digte akwatiese pantegroei leef. Dit was ook die bevinding van De Kock en Van Eeden<sup>25</sup> in 'n kwantitatiewe opname van die Mollusca in die Mooirivier, Noordwesprovinsie.

Dit is reeds vermeld deur Korniuschin<sup>1</sup> dat Sphaeriidae benut sou kon word vir die monitering van omgewingstoestande in sommige lande. In die lig van 'n lewensduur van ongeveer 1-3 jaar wat vir *Pisidium*-spesies gerapporteer is<sup>26,27,28,29</sup> en die omstandigheid dat *P. viridarium* 'n groot verskeidenheid van waterliggame in uiteenlopende omgewingstoestande, veral ten opsigte van

temperatuur, kan benut, sou dit sinvol wees om sy potensiaal as indikator van swaar-metaalbesoedeling te ondersoek. Dit is bekend dat mossels swaarmetale vanaf oppervlakkige sedimente kan akkumuleer.<sup>30</sup> Die feit dat *P. viridarium* 'n bodembewoner en filtervoeder is, is verdere motivering vir sodanige ondersoeke.

Na ons wete is die potensiaal om as tussengasheer vir helmintparasiete te kan optree nog eensins vir enige van die Suid-Afrikaanse verteenwoordigers van die genus *Pisidium* ondersoek nie. 'n Hoë prevalensie van die helmintparasiet *Bunodera luciopercae* wat die baars as eindgasheer benut, is vir 'n bevolking van *P. amnicum* in 'n rivierstelsel in oostelike Finland gerapporteer<sup>29</sup> en dit is ook bevind dat die geel baars die eindgasheer van *B. luciopercae* in Kanada is.<sup>12</sup> Daarbenewens is dit eksperimenteel vasgestel dat *Pisidium coreanum* as tweede tussengasheer vir *Echinostoma cinetorchis*, wat echinostomose by die mens kan veroorsaak, kan optree,<sup>13</sup> 'n ingewandsbot wat wydverspreid in Korea, Japan, Taiwan en Java voorkom.

Op grond van moontlike implikasies wat dit vir die akwakultuurbedryf en die gesondheid van mense mag inhou, word aanbeveel dat die moontlike rol wat *P. viridarium* in die lewensiklus van skadelike helminparasiete mag speel, ondersoek behoort te word. Omdat bestaande rekords meestal verouderd is, behoort pogings ook aangewend te word om die geografiese verspreiding van alle varswater Mollusca in Suid-Afrika op te dateer. Daar behoort veral gekonsentreer te word op spesies wat die potensiaal besit om as tussengasheer vir ekonomies belangrike helmintparasiete op te tree.

## BEDANKINGS

Ons opregte dank en waardering word hiermee betuig aan prof. H.S. Steyn van die Statistiese Konsultasiediens en prof. D.A. de Waal van die Sentrum vir Bedryfswiskunde en Informatika van die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus vir hulp met die prozessering en statistiese verwerking van die data. Finansiële steun en beskikbaarstelling van infrastruktuur deur die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus word ook met dank erken.

## BIBLIOGRAFIE

- 1 Korniusshin, A.V. (2000). Review of the family Sphaeriidae (Mollusca: Bivalvia) of Australia, with the description of four new species, *Records of the Australian Museum*, 52: 41-102.
- 2 Kuiper, J.G.J. (1983). The Sphaeriidae of Australia. *Basteria*, 47: 3-52.
- 3 Connolly, M. (1939). A monographic survey of the South African non-marine Mollusca, *Annals of the South African Museum*, 33: 1-660.
- 4 Kuiper, J.G.J. (1964). Contribution to the knowledge of the South African species of the genus *Pisidium* (Lamellibranchiata), *Annals of the South African Museum*, 48: 77-95.
- 5 Appleton, C.C., Curtis, B.A., Alonso, L.E., Kipping, J. (2003). Freshwater invertebrates of the Okavango Delta, Botswana. In: *A rapid biological assessment of the aquatic ecosystems of the Okavango Delta: high water survey, RAP Bulletin of Biological Assessment*, 27: 58-68: 123-136.
- 6 Appleton, C.C. (2002). Mollusca. In *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Arachnida & Mollusca, Araneae, Water Mites & Mollusca*, De Moor I.J. & Day J.A. (eds). WRC Report No 182/02 (Water Research Commission, Pretoria, South Africa).
- 7 De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2005). Distribution and habitats of the *Bulinus africanus* species group, snail intermediate hosts of *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma mattheei* in South Africa, *Water SA*, 31: 117-125.
- 8 De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2005). Distribution and habitats of *Bulinus depressus* and possible role as intermediate host of economically important helminth parasites in South Africa, *Water SA*, 31: 491-496.

- 9 Cohen, J. (1977). Power analysis for the behavior sciences, revised edn (Academic Press, Orlando).
- 10 Breiman, L., Friedman, J.H., Olsen, R.A. & Stone, C.J. (1984). *Classification and regression trees* (London:Chapman and Hall).
- 11 Potts, W.J.E. (1999). *Decision tree modeling course notes*. SAS Institute Inc. (Cary, USA).
- 12 Cannon, L.R.G. (1972). Studies on the ecology of the papillose allocreadiid trematodes of the yellow perch in Algonquin Park, Ontario, *Canadian Journal of Zoology*, 50: 1231-1239.
- 13 Park, Y.K., Soh, C.T., Park, G.M., Hwang, M.K. & Chung, P.R. (2006). Host specificity of *Pisidium coreanum* (Bivalvia: Sphaeriidae) to larval infection with a human intestinal fluke *Echinostoma cinetorchis* (Trematoda Echinostomatidae) in Korea, *Journal of Parasitology*, 92:1118-1120.
- 14 Piechocki, A., Korniuszin, A.V. (1994). Anatomy of two African pill-clams: *Pisidium viridarium* Kuiper, 1956 and *P. kenianum* Preston, 1911 (Bivalvia: Pisidioidea), *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, 17: 57-64.
- 15 Mandahl-Barth, G. (1988). *Studies on African Freshwater Bivalves*. Danish Bilharziasis Laboratory, (Charlottenlund, Denmark).
- 16 Kuiper, J.G.J. (1966). Les espèces africaines du genre *Pisidium*, leur synonymie et leur distribution (Mollusca, Lamellibranchiata, Sphaeriidae), *Annales du Musée Royal de l'Afrique Central, ser. In 8° (Sc. Zool.)*, Tervuren, 151: 1-78.
- 17 Kuiper, J.G.J. (1956). *Pisidium viridarium*, eine neue Art aus Ost-Afrika, *Archiv für Molluskenkunde*, 85: 61-63.
- 18 Heard, W.H. (1962). Distribution of Sphaeriidae (Pelecypoda) in Michigan, U.S.A., *Malacologia*, 1: 139-161.
- 19 Brown, D.S. (1978). Freshwater Molluscs. In *Biogeography and Ecology of Southern Africa*, Werger, M.J.A. ed. (Dr W. Junk b.v. Publishers, The Hague).
- 20 De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2007). Distribution and habitats of *Corbicula fluminalis africana* (Mollusca: Bivalvia) in South Africa, *Water SA*, 33: 709-715.
- 21 De Kock K.N., Joubert, P.H. & Pretorius, S.J. (1989). Geographical distribution and habitat preferences of the invader freshwater snail species *Lymnaea columella* (Mollusca: Gastropoda) in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 56: 271-275.
- 22 De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Bornman, M. & Maree, D.C. (2002). Verspreiding en habitats van *Bulinus tropicus*, tussengasheerslak van die peervormige bot, *Calicophoron microbothrium*, in Suid-Afrika, *Suid Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 21: 114-120.
- 23 De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2005). Distribution, habitats and role as intermediate host of the freshwater snail, *Bulinus forskalii*, in South Africa, *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 72: 165-174.
- 24 De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2007). Verspreiding en habitats van *Ceratophallus natalensis* (Mollusca: Planorbidae) in Suid-Afrika. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 26: 109-119.
- 25 De Kock, K.N. & Van Eeden, J.A. (1969). Die verspreiding en habitatseleksie van die Mollusca in die Mooirivier, Transvaal. *Wetenskaplike Bydraes van die Potchefstroom Universiteit vir C.H.O.. Reeks B: Natuurwetenskappe*, 8: 1-119.
- 26 Heard, W.H. (1965). Comparative life histories of North American pill clams (Sphaeriidae: *Pisidium*),<sup>1,2</sup> *Malacologia*, 2: 381-411.
- 27 Holopainen, I.J. (1979). Population dynamics and production of *Pisidium* species (Bivalvia: Sphaeriidae) in the oligotrophic and mesohumic lake Pääjärvi, southern Finland, *Archive für Hydrobiologie/Supplement*, 54: 466-508.
- 28 Vincent B., Vaillancourt, G. & Lafontaine, N. (1981). Cycle of development, growth, and production of *Pisidium amnicum* (Mollusca: Bivalvia) in the St. Lawrence River (Quebec), *Canadian Journal of Zoology*, 59: 2350-2359.
- 29 Rantanen, J.T., Valtonen, E.T. & Holopainen, I.J. (1998). Digenean parasites of the bivalve mollusc *Pisidium amnicum* in a small river in eastern Finland, *Diseases of Aquatic Organisms*, 33: 201-208.
- 30 Pourang, N. (1996). Heavy metal concentrations in superficial sediments and benthic macroinvertebrates from Anzali wetland, Iran, *Hydrobiologia*, 331: 53-61.