

# Verspreiding en habitats van *Gyraulus connollyi*, slaktussengasheer van ingewandsbotte van die familie Echinostomatidae, in Suid-Afrika

K.N. de Kock\* en C.T. Wolmarans

Skool vir Omgewingswetenskappe en -ontwikkeling, Vakgroep Dierkunde, Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus, Privaat sak X6001, Potchefstroom, 2520

E-pos: drkndk@puknet.puk.ac.za

## UITTREKSEL

Hierdie artikel fokus op die geografiese verspreiding en habitats van *Gyraulus connollyi*, slaktussengasheer van ingewandsbotte van die familie Echinostomatidae, soos gereflekteer deur die 969 vindplekke wat tans in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NV) van Suid-Afrika op rekord is. Die voorkoms van hierdie spesie is deur versamelaars uit 'n totaal van 13 verskillende waterliggaamtipes gerapporteer, maar verreweg die grootste persentasie monsters is in spruite en riviere versamel en in habitats waarvan die water as standhoudend, helder van kleur en vars beskryf is. 'n Oorwegend klipperige substratum en die voorkoms van plantegroei is ook vir die grootste persentasie vindplekke vermeld. Die effekgrootte is vir elke veranderlike afsonderlik bereken om die belangrikheid daarvan vir die voorkoms van hierdie spesie te bepaal. 'n Geïntegreerde besluitnemingsboom wat uit die data saamgestel is, het getoon dat temperatuur, hoogte bo seevlak en waterliggame die belangrikste van die ondersoekte faktore is wat die geografiese verspreiding van hierdie spesie kan beïnvloed. Dit word ondersteun deur die effekgroottewaardes wat vir elke faktor bereken is. 'n Temperatuurindeks wat vir al die spesies in die databasis bereken is, het *G. connollyi* sewende uit 53 geplaas op grond van sy assosiasie met lae temperature. Alhoewel echinostomose nog nie by mense in Afrika gediagnoseer is nie, word kommer uitgespreek oor die omstandigheid dat *G. connollyi* in staat is om as eerste-tussengasheer vir die transmissie van echinostome op te tree.

## ABSTRACT

### *Distribution and habitats of Gyraulus connollyi, snail intermediate host of intestinal flukes of the family Echinostomatidae, in South Africa*

This paper focuses on the geographical distribution and habitats of *Gyraulus connollyi*, snail intermediate host of intestinal flukes of the family Echinostomatidae as reflected by the 969 collection sites on record in the database of the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa. The presence of this species was reported from 13 different types of water-bodies, however, the highest percentage by far was collected in streams and rivers and in habitats of which the water was described as perennial, clear and fresh. A predominantly stony substratum and the presence of vegetation were also reported for the majority of habitats. The effect size was calculated for each variable to determine its importance for the occurrence of this species. An integrated decision tree constructed from the data indicated that temperature, altitude and type of water-body were the most important of the factors evaluated that could have an effect on the geographical distribution of this species. This was supported by the effect size values calculated for each variable. A temperature index calculated for each species in the database ranked *G. connollyi* seventh out of 53 due to its association with low temperatures. Although human echinostomosis has not yet been diagnosed in Africa, concern is expressed that *G. connollyi* is able to serve as first intermediate host in the transmission of echinostomosis.

## INLEIDING

Die genus *Gyraulus* het 'n wêreldwye verspreiding en word deur twee spesies, *G. connollyi* en *G. costulatus* in Suid-Afrika verteenwoordig. Laasgenoemde spesie kom ook elders in Afrika voor, terwyl *G. connollyi* daarenteen tot Suid-Afrika beperk is. *Gyraulus*-spesies kan as eerste-tussengasheer vir ingewandsbotte van die genus *Echinostoma* optree, wat echinostomose by mense in Asië veroorsaak. Echinostomose by die mens is egter onbekend in Afrika en Brown<sup>1</sup> maak geen melding van enige ander parasiete wat deur *G. connollyi* gedra kan word nie. In 'n studie wat oor verskillende seisoene in die Bovenste Oog van die Mooirivier (Noordwes Provinsie) uitgevoer is, is gevind dat eksemplare van hierdie slakspesie wel by verskeie geleenthede drie verskillende tipes serkarië afgeskei het, waarvan een tipe onder die echinostome-groep geklassifiseer is.<sup>2</sup>

Hierdie artikel fokus op die geografiese verspreiding en habitats van *G. connollyi* soos gereflekteer deur data wat tans in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NV) op rekord is. Besonderhede van die habitats, soos deur versamelaars tydens versameling verstrekk is en ook die

gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur, reënval en gemiddelde hoogte bo seevlak van die lokusse ( $1/_{16}$  vierkante graad) waarin die vindplekke geleë is, is statisties verwerk en word in detail bespreek. Die implikasies van die bevinding dat *G. connollyi* as tussengasheer in die lewensiklus van verskillende tipes helmintparasiete kan optree, word kortliks aangeraak.

## MATERIAAL EN METODEDES

Inligting met betrekking tot die habitats en geografiese verspreiding van *G. connollyi* wat vanaf 1953 tot die hede dateer, is uit die databasis van die NV onttrek. Slegs monsters waarvan die vindplekke op die 1:250 000 topo-kadastraal-kaartreëks van Suid-Afrika gelokaliseer kon word, is vir die analises in aanmerking geneem. Die meerderheid van hierdie monsters is versamel tydens opnames wat deur personeel van regerings- en plaaslike gesondheidsowerhede uitgevoer is en na die voormalige Slaknavorsingseenheid by die Potchefstroomse Universiteit vir identifikasie en opname in die NV versend is. Besonderhede van die habitats is deur versamelaars tydens opnames gedokumenteer deur toepaslike opnames op vorms wat deur personeel van die

Slaknavorsingseenheid opgestel en verskaf is, te onderstreep.

Die getal lokusse waarin die vindplekke geleë is, is in intervalle van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook gemiddelde hoogte bo seevlak ingedeel om die voorkom-frekwensie in spesifieke intervalle te illustreer. 'n Temperatuur-indeks is vir elke spesie in die databasis aan die hand van die voorkom-frekwensie in die geselekteerde temperatuurintervalle opgestel en die resultate is gebruik om elke spesie in rangorde te plaas op grond van sy assosiasie met lae tot hoë klimatologiese temperature. Dit is bewerkstellig deur numeriese waardes, wat gestrek het van 1 vir die koudste tot 5 vir die warmste, aan die vyf geselekteerde intervalle toe te ken. Die proporsie van die totale getal lokusse vir elke spesie wat in 'n bepaalde temperatuurinterval geval het, is vervolgens vermenigvuldig met die waarde wat aan daardie spesifieke temperatuurinterval toegeken is. Hierdie werkwyse is vir elke temperatuurinterval waarin die spesie aangeteken is, gevolg en die som van hierdie tellings is geneem as die temperatuurindeks van 'n bepaalde spesie.<sup>3,4</sup>

Chi-kwadraatwaardes is bereken om te bepaal of daar betekenisvolle verskille in voorkoms in, op of by die verskillende opsies vir elke veranderlike, soos tipe waterliggaam, tipe substratum en temperatuurinterval bestaan. Daarbenewens is die effekgrootte volgens die metode van Cohen<sup>5</sup> vir al die verskillende veranderlikes wat in hierdie artikel bespreek word, bereken, om die invloed daarvan op die geografiese verspreiding van *G. connollyi* te evalueer. Die effekgrootte is 'n indeks wat die graad van diskrepansie meet tussen die voorkom-frekwensie van 'n gegewe spesie in die stel alternatiewe van 'n gegewe veranderlike, soos byvoorbeeld waterliggame, in vergelyking met die voorkom-frekwensie van al die ander Mollusca-spesies in die databasis in die stel alternatiewe van dieselfde veranderlike. Volgens Cohen<sup>5</sup> dui waardes vir hierdie indeks in die orde van

0.1 – 0.3 onderskeidelik op klein en medium grootte effekte, terwyl waardes van 0.5 en hoër, op prakties betekenisvolle groot effekte dui. Indien 'n waarde in die orde van 0.5 vir 'n bepaalde spesie, byvoorbeeld vir waterliggame, bereken sou word, sou die implikasie daarvan wees dat waterliggame as sodanig 'n belangrike faktor sou wees in die bepaling van die geografiese verspreiding van hierdie spesifieke spesie soos gereflekteer deur die data in die databasis.

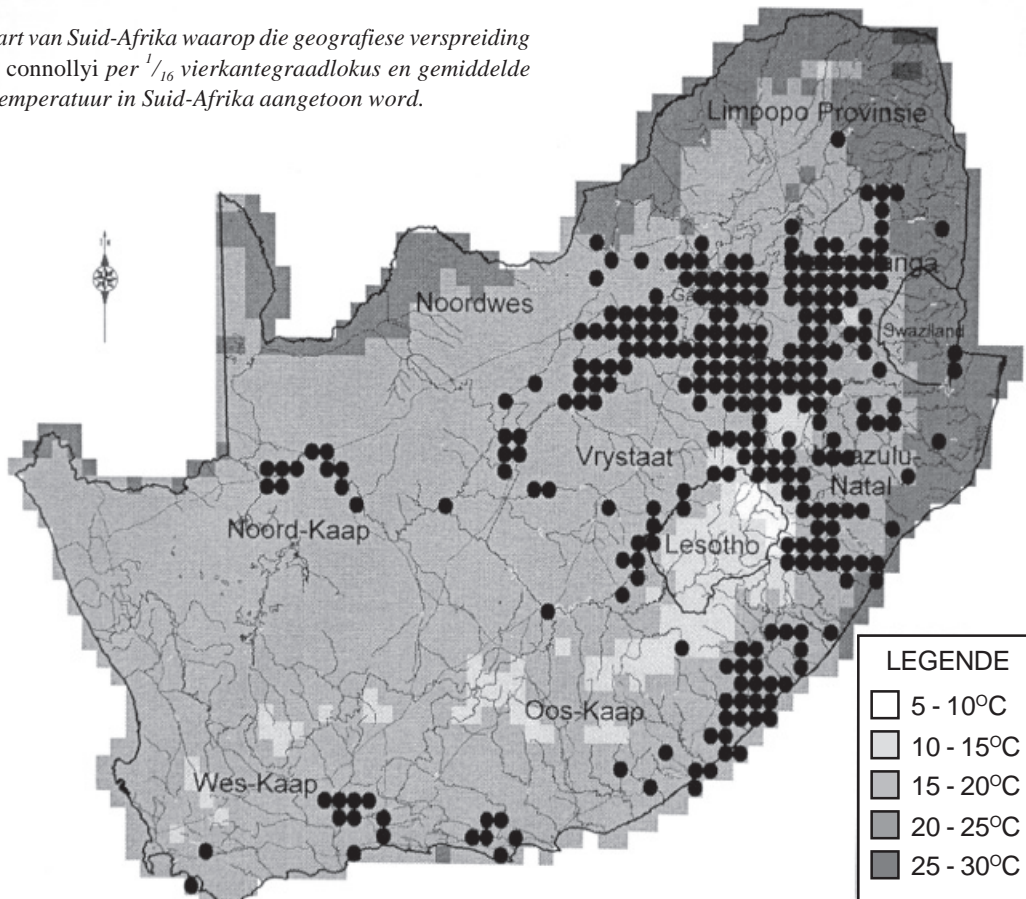
Die data is ook aangepas en verwerk om 'n geïntegreerde besluitnemingsboom saam te stel.<sup>6</sup> Dit is 'n statistiese model wat dit moontlik maak om daardie veranderlikes te selekteer en in rangorde te plaas wat maksimaal kan diskrimineer tussen die voorkom-frekwensie van 'n gegewe spesie onder bepaalde toestande in vergelyking met al die ander spesies in die databasis. Om dit te bewerkstellig, is die SAS Enterprise Miner vir Windows NT Release 4.0, April 19, 2000-program en Decision Tree Modeling Course Notes<sup>7</sup> gebruik.

## RESULTATE

Die 969 monsters waarvan die vindplekke op die topokadastraal-kaartreeks gelokaliseer kon word, was oor 270 verskillende lokusse versprei en word in figuur 1 weergegee.

Alhoewel *G. connollyi* in 'n groot verskeidenheid van habitats aangetref is, is die grootste persentasie monsters (38.8%) in spruite versamel (tabel 1). Die voorkoms in spruite het beduidend van al die ander watertipes, behalwe kanale, verskil (chi-kwadraatwaardes het gestrek vanaf  $x^2 = 4.27$ ,  $vg$  (vryheidsgraad) = 1,  $P < 0.05$  vir besproeiingskanale tot  $x^2 = 294.55$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$  vir damme). Die 376 monsters afkomstig uit spruite, het 5.2% verteenwoordig van die totale getal monster (7 211) van alle Mollusca-spesies wat in spruite versamel is (tabel 1). Die teenwoordigheid van waterplante in die habitat

**Figuur 1:** Kaart van Suid-Afrika waarop die geografiese verspreiding van *Gyraulus connollyi* per  $1/16$  vierkantegraadlokus en gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur in Suid-Afrika aangetoon word.



ten tye van versameling is in 79.9% van die gevalle gerapporteer.

Alhoewel die meerderheid monsters (64.9%) in habitats wat as standhoudend beskryf is, versamel is (tabel 2), het dit nie betekenisvol van die getal monsters wat uit seisoenale habitats afkomstig was, verskil nie.

Die grootste getal monsters (356) is gerapporteer uit habitats met stadig-vloeiende water (tabel 2) en die voorkomsvrekwensie het betekenisvol van habitats met vinnig-vloeiende  $x^2 = 19.77$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$ ) en staande water ( $x^2 = 74.48$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$ ) verskil. Onderskeidelik 66.5% en 73.7% van die monsters is in habitats versamel waarvan die water as modderig en vars beskryf is. Verreweg die grootste persentasie (41.5%) van die monsters was afkomstig van habitats waarvan die substratum as klipperig aangedui is (tabel 3) en dit het betekenisvol verskil van die frekwensievoorkoms in habitats met 'n substratum van

verrottende plantmateriaal ( $x^2 = 7.26$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$ ), 'n substratum van sand ( $x^2 = 70.88$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$ ) en 'n substratum van modder ( $x^2 = 189.72$ ,  $vg = 1$ ,  $P < 0.05$ ).

Alhoewel verreweg die grootste getal monsters (777) van *G. connollyi* in die temperatuurinterval wat vanaf 16 – 20 °C strek, geval het, verteenwoordig die 185 monsters wat in die temperatuurinterval wat vanaf 10 – 15 °C strek, 4.2% al die Mollusca-spesies in die databasis wat in hierdie interval versamel is (tabel 4). Die meerderheid monsters (72.2%) was afkomstig van lokusse met 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 601 – 900 mm (tabel 4). Betreffende hoogte bo seevlak is 83.6% van die monsters (45.1% + 38.5%) versamel in lokusse wat geval het in die twee intervale wat vanaf 1 001 – 2 000 m bo seevlak strek (tabel 4).

Die voorkomsvrekwensie in habitats wat in die vyf geselekteerde temperatuurintervalle geval het en die temperatuurindekse wat uit hierdie data bereken is, asook die plasing van die spesies in 'n rangorde op grond van hulle assosiasie met lae na hoë temperature, is in tabel 5 saamgevat. Die effekgroottes wat vir die temperatuurindekse bereken is, dui daarop dat twaalf van die

**Tabel 1** Waterliggaamtipes waarin *Gyraulus connollyi* in 969 versamelpunte aangetref is soos opgeteken deur versamelaars tydens versameling

Waterliggaamtipes	A	B	C	D
Besproeiingsvoor	1	0.1%	113	0.9%
Dam	79	8.2%	8400	0.9%
Dammetjie	9	0.9%	1566	0.6%
Fontein	7	0.7%	301	2.3%
Gruisgroef	1	0.1%	122	0.8%
Kanaal	5	0.5%	169	3.0%
Moeras	23	2.4%	2076	1.1%
Rivier	309	31.9%	7507	4.1%
Sementdam	1	0.1%	221	0.5%
Sloot	11	1.1%	636	1.7%
Spruit	376	38.8%	7211	5.2%
Vlei	2	0.2%	103	1.9%
Watergat	1	0.1%	225	0.4%
Effekgrootte	$w = 0.66$ (groot effek)			

A = voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke waterliggaam. B = % van die totale getal versamelings (969) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige verteenwoordiger van die Mollusca in 'n spesifieke waterliggaam. D = voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke waterliggaam.

**Tabel 2** Watertoestande in die habitats van *Gyraulus connollyi* soos opgeteken tydens die versameling

	Tipe		Vloeiensnelheid			Kleur		Saliniteit	
	Standhoudend	Seisoenaal	Vinnig	Stadig	Staande	Helder	Modderig	Vars	Brak
<b>A</b>	629	153	130	356	317	644	137	714	4
<b>B</b>	64.9%	15.8%	13.4%	36.7%	32.8%	66.5%	14.1%	73.7%	0.4%
<b>C</b>	22 432	5 350	2 229	9 501	16 147	20 408	6 438	24 089	657
<b>D</b>	2.8%	2.9%	5.8%	3.7%	2.0%	3.2%	2.1%	3.0%	0.6%
<b>E</b>	$w = 0.01$ (klein effek)		$w = 0.42$ (medium tot groot effek)			$w = 0.15$ (klein effek)		$w = 0.13$ (klein effek)	

A = voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke watertoestand. B = % van die totale getal versamelings (969) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige 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.

**Tabel 3** Substratums tipes in die habitats van *Gyraulus connollyi* soos beskryf tydens versamelings

	Substratums tipes			
	Modderig	Klipperig	Sanderig	Verrottende materiaal
<b>A</b>	220	402	154	2
<b>B</b>	22.7%	41.5%	15.9%	0.2%
<b>C</b>	12835	7934	6523	632
<b>D</b>	1.7%	5.1%	2.4%	
<b>E</b>	$w = 0.53$ (groot effek)			

A = voorkomsvrekwensie op 'n spesifieke substratums tipe. B = % van die totale getal versamelings (969) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige verteenwoordiger van die Mollusca op 'n spesifieke substratums tipe. D = voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings op 'n spesifieke substratums tipe. E = effekgrootte bereken vir substratums tipes.

**Tabel 4** Voorkomfrekwensie van die 969 versamelpunte van *Gyraulus connollyi* in geselekteerde intervale van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook die gemiddelde hoogtes bo seevlak in Suid-Afrika

	Temperatuur °C			Reënval (mm)						Hoogte bo seevlak (m)					
	10 - 15	16 - 20	21 - 25	0 - 300	301 - 600	601 - 900	901 - 1200	1201 - 1500	0 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	1501 - 2000	2001 - 2500		
<b>A</b>	185	777	7	29	198	700	39	3	59	96	437	373	4		
<b>B</b>	19.1%	80.2%	0.7%	3.0%	20.4%	72.2%	4.0%	0.3%	6.1%	9.9%	45.1%	38.5%	0.4%		
<b>C</b>	4 404	24 928	4 276	975	11 994	19 799	1 203	28	6 747	4 491	14 918	6 998	586		
<b>D</b>	4.2%	3.1%	0.7%	3.0%	1.7%	3.5%	3.2%	10.7%	0.9%	2.1%	2.9%	5.3%	0.7%		
<b>E</b>	$w = 0.46$ (medium tot groot effek)			$w = 0.30$ (medium effek)						$w = 0.45$ (medium tot groot effek)					

A = voorkomfrekwensie in 'n lokaliteit wat in 'n spesifieke interval val. B = % van die totale getal versamelings (969) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomfrekwensie van enige verteenwoordiger 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.

Mollusca-spesies in die databasis in hierdie opsig nie betekenisvol ( $w < 0.5$ ) van *G. connollyi* verskil het nie (tabel 5).

Effekgroottes wat as groot beskou word,<sup>5</sup> is vir waterliggaamtipes en substratumtipes bereken (tabelle 1 en 3), terwyl waardes wat as medium tot groot gereken word, vir temperatuur, vloeisnelheid van die water en hoogte bo seevlak bereken is (tabelle 2 en 4). Die besluitnemingsboom wat al die ondersoekte veranderlikes integreer en gesamentlik evalueer, het temperatuur en hoogte bo seevlak ook as die belangrikste van die ondersoekte faktore wat die geografiese verspreiding van *G. connollyi* in Suid-Afrika kan beïnvloed, uitgewys (figuur 2). Die voorkomfrekwensies en -persentasies van *G. connollyi* in vergelyking met die res van die spesies in die databasis word ook in figuur 2 weergegee.

## BESPREKING

Die genus *Gyraulus* het waarskynlik sy sentrum van oorsprong in die westelike Palearktiese wyk gehad en splitsing van die stamspesies kon reeds tydens die Jura plaasgevind het, aangesien slakke wat as *Gyraulus* geïdentifiseer is, uit hierdie periode gerapporteer is.<sup>8</sup> Die geografiese verspreiding van *G. connollyi* wat deur Brown en van Eeden<sup>9</sup> in 1969 gerapporteer is toe hulle dit as 'n nuwe spesie, uniek aan Suid-Afrika, beskryf het, het 211 verskillende lokusse ( $1/_{16}$  vierkante grade) beslaan. Die 969 monsters wat tans in die NV op rekord is, is versprei oor 270 lokusse wat die 211 lokusse wat deur Brown en van Eeden<sup>9</sup> gerapporteer is, insluit (figuur 1). Die addisionele lokusse wat sedert 1969 op rekord geplaas is, het die omvang van verspreiding van hierdie spesie verder noord-, oos- en weswaarts uitgebrei.

Harrison<sup>10</sup> het die rivier- en stroom-ongewerweldes van suidelike Afrika, sonder verwysing na Mollusca, in twee hoofgroepe ingedeel; (1) 'n ou element met Gondwanaland-affiniteite wat verwantes het in ander suidelike kontinente en (2) 'n Pan-Etiopiese (sub-Sahara) element wat spesies wat met gematigde klimaat en soms met berge geassosieer is, insluit, maar wat klaarblyklik aan die Afrika-fauna verwant is. Hierdie groep bestaan uit (a) wydverspreide spesies wat in tropiese en gematigde klimate aangetref word; (b) warm-stenotermiese-tropiese-spesies, (c) Hoëveld-gematigde-klimaat-spesies; (d) bergkoud-stenotermiese-spesies en (e) tydelike-bergstroom-spesies. *Gyraulus connollyi* resorteer onder die Hoëveld-subgroep (c) en is volgens Brown<sup>11</sup> die bekendste verteenwoordiger van die Gastropoda wat as endemies in die gematigde streek van Suid-Afrika beskou kan word en hiernaas moontlik ook *Bulinus tropicus* en sommige spesies van *Burnupia*, *Ferrissia* en *Pisidium*. Die ooreenkomste betreffende klimatologiese vereistes van hierdie spesies word ondersteun deur die data wat in tabel 5 weergegee word, waaruit dit blyk dat geen betekenisvolle verskil ( $w < 0.5$ ) tussen die betrokke spesies se temperatuurindekse en dié van *G. connollyi* aangetoon kon word nie.

Brown<sup>1</sup> beskryf die habitat van *G. connollyi* as plantegroei en klippe in riviere en strome en dit word grootliks ondersteun deur die resultate van die huidige ondersoek wat getoon het dat die oorgrote meerderheid van die monsters in spruite en riviere versamel is (tabel 1), dat plantegroei met bykans 80% van die vindplekke geassosieer kon word en dat 'n oorwegend klipperige substratum in die meerderheid habitats teenwoordig was (tabel 3).

Die effekgrootte-waardes wat vir waterliggaamtipes ( $w = 0.66$ ), substratumtipes ( $w = 0.53$ ), temperatuur ( $w = 0.46$ ), hoogte bo seevlak ( $w = 0.45$ ) en vloeisnelheid ( $w = 0.42$ ) bereken is (tabelle 1- 4), dui daarop dat dit die belangrikste van die ondersoekte faktore was wat 'n betekenisvolle invloed op die geografiese verspreiding van *G. connollyi* in Suid-Afrika gehad het. Hierdie gevolgtrekking word grootliks gesteun deur die

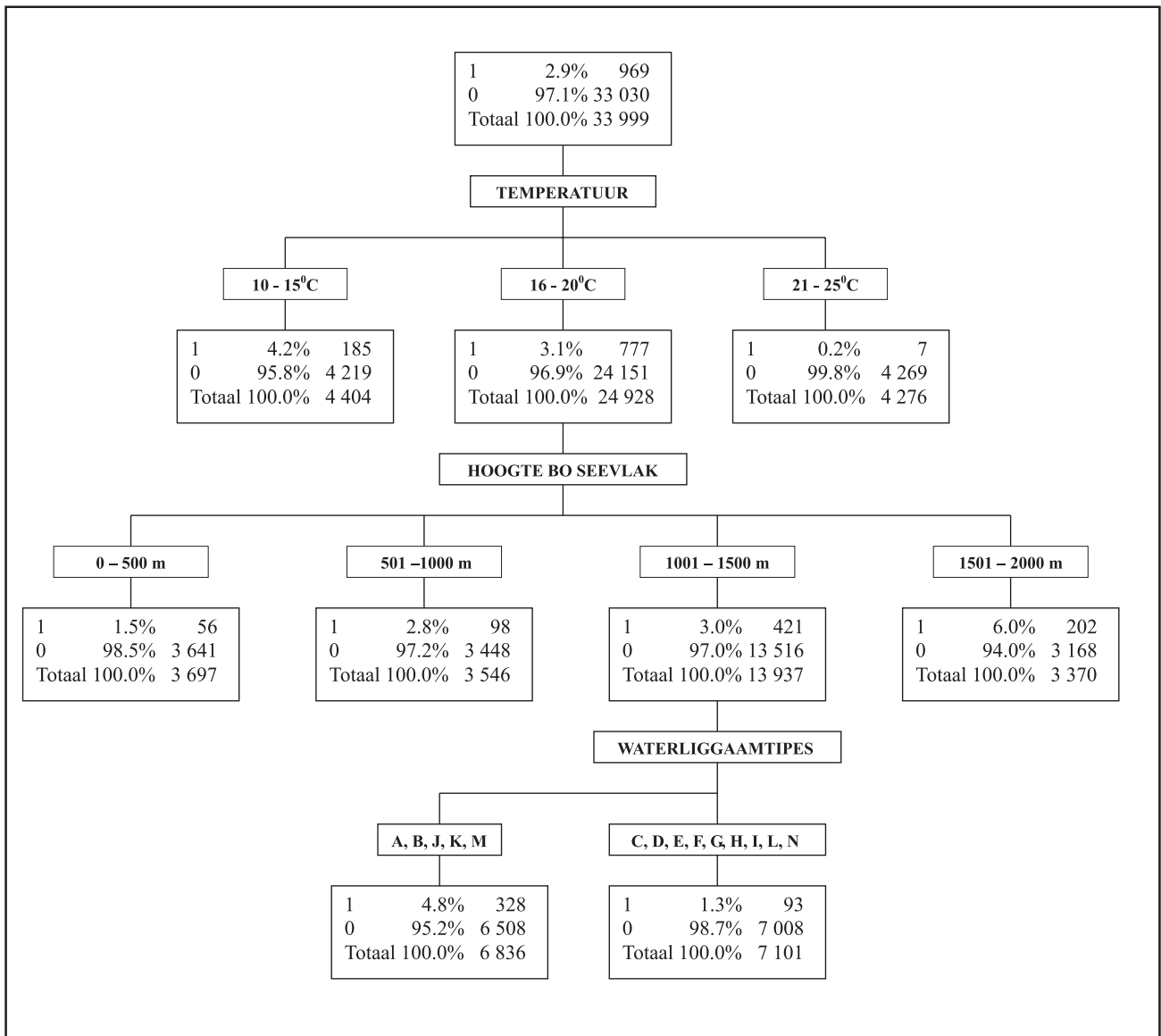
**Tabel 5** Frekwensieverspreiding in temperatuurintervalle en temperatuurindeks van *Gyraulus connollyi* in vergelyking met al die ander Mollusca in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling

Mollusca	Temperatuurintervalle en -indekse									
	Getal monsters	5 - 10°C	11 - 15°C	16 - 20°C	21 - 25°C	26 - 30°C	*Indeks	**SA	***VK	Effek-grootte (w)
<i>Pisidium viridarium</i>	636	201	270	163	2		1.947	0.764	39.22	-2.142
<i>Lymnaea truncatula</i>	723	95	281	343	4		2.354	0.709	30.14	-1.138
<i>Pisidium casertanum</i>	5		2	3			2.600	0.548	21.07	-0.532
<i>Pisidium langleyanum</i>	627	18	173	430	6		2.676	0.544	20.33	-0.344
<i>Pisidium costulosum</i>	425	1	138	282	4		2.680	0.492	18.34	-0.335
<i>Bulinus tropicus</i>	8 448	32	2 326	5 860	230		2.744	0.502	18.31	-0.177
<i>Gyraulus connollyi</i>	969		185	777	7		2.816	0.406	14.40	0.000
<i>Ceratophallus natalensis</i>	1 797		299	1 430	68		2.871	0.433	15.09	0.137
<i>Burnupia</i> (alle spesies)	2 778	7	287	2 384	100		2.928	0.380	12.97	0.275
<i>Ferrissia</i> (alle spesies)	540		72	420	47	1	2.957	0.476	16.09	0.348
<i>Bulinus reticulatus</i>	296		6	287	3		2.990	0.174	5.83	0.428
<i>Assiminea umlaasiana</i>	2			2			3.000	0.000	0.00	0.453
<i>Tomichia cawstoni</i>	4			4			3.000	0.000	0.00	0.453
<i>Tomichia differens</i>	10			10			3.000	0.000	0.00	0.453
<i>Tomichia lirata</i>	2			2			3.000	0.000	0.00	0.453
<i>Tomichia ventricosa</i>	89			89			3.000	0.000	0.00	0.453
<i>Tomichia tristis</i>	81			79	2		3.025	0.156	5.16	0.514
<i>Unio caffer</i>	76		6	63	6	1	3.026	0.461	15.24	0.518
<i>Physa acuta</i>	755			719	36		3.048	0.213	7.00	0.571
<i>Bulinus depressus</i>	552			519	33		3.060	0.237	7.76	0.600
<i>Arcuatula capensis</i>	15			14	1		3.067	0.258	8.42	0.617
<i>Lymnaea columella</i>	2 302		81	1 977	243	1	3.071	0.371	12.07	0.629
<i>Lymnaea natalensis</i>	4 721		205	3 802	713	1	3.108	0.429	13.79	0.719
<i>Assiminea bifasciata</i>	17			15	2		3.118	0.332	10.65	0.743
<i>Gyraulus costulatus</i>	736		20	580	135	1	3.159	0.437	13.84	0.845
<i>Bulinus forskalii</i>	1 209		17	985	204	3	3.160	0.409	12.95	0.846
<i>Pisidium ovampicum</i>	6			5	1		3.167	0.408	12.89	0.864
<i>Sphaerium capense</i>	25		1	17	7		3.240	0.523	16.14	1.044
<i>Bulinus africanus</i> spp. groep	2 930		9	2 155	760	6	3.260	0.450	13.82	1.095
<i>Corbicula fluminalis</i>	390		1	291	94	4	3.267	0.437	13.38	1.112
<i>Tomichia natalensis</i>	23			16	7		3.304	0.470	14.24	1.203
<i>Thiara amarula</i>	10			6	4		3.400	0.516	15.19	1.438
<i>Assiminea ovata</i>	5			3	2		3.400	0.548	16.11	1.438
<i>Melanoides victoriae</i>	49			29	19	1	3.429	0.540	15.75	1.509
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	1 639		5	880	751	3	3.459	0.508	14.69	1.583
<i>Septaria tessellaria</i>	2			1	1		3.500	0.707	20.20	1.685
<i>Coelatura framesi</i>	6			3	3		3.500	0.548	15.65	1.685
<i>Neritina natalensis</i>	16			8	8		3.500	0.516	14.75	1.685
<i>Bulinus natalensis</i>	245		2	97	146		3.588	0.510	14.20	1.901
<i>Segmentorbis planodiscus</i>	27			9	18		3.667	0.480	13.10	2.095
<i>Segmentorbis angustus</i>	32			7	25		3.781	0.420	11.11	2.377
<i>Melanoides tuberculata</i>	305			64	237	4	3.803	0.430	11.30	2.432
<i>Pisidium pirothi</i>	23			4	19		3.826	0.388	10.13	2.488
<i>Spathopsis petersi</i>	44			5	37	2	3.932	0.398	10.11	2.748
<i>Aplexa marmorata</i>	9				9		4.000	0.000	0.00	2.916
<i>Bellamya capillata</i>	31				31		4.000	0.000	0.00	2.916
<i>Eupera ferruginea</i>	169			6	157	6	4.000	0.267	6.68	2.916
<i>Lentorbis carringtoni</i>	8				8		4.000	0.000	0.00	2.916
<i>Lentorbis junodi</i>	12				12		4.000	0.000	0.00	2.916
<i>Segmentorbis kanisaensis</i>	9				9		4.000	0.000	0.00	2.916
<i>Spathopsis wahlbergi</i>	28			1	26	1	4.000	0.272	6.80	2.916
<i>Cleopatra ferruginea</i>	73				71	2	4.027	0.164	4.08	2.984
<i>Lanistes ovum</i>	41				38	3	4.073	0.264	6.47	3.096

\*Indeks = Temperatuurindeks

\*\*SA = Standaardafwyking

\*\*\*VK = Variansie-koëffisiënt



**Figuur 2:** Besluitnemingsboom van die voorkomsvrekwensie van *Gyraulus connollyi* by bepaalde veranderlikes teenoor die voorkomsvrekwensie 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 *Gyraulus connollyi*. Waterliggaamtipes: A = spruit, B = kanaal, C = sementdam, D = dam, E = sloot, F = besproeiingsvoor, G = pan, H = dammetjie, I = gruisgroef, J = rivier, K = fontein, L = moeras, M = vlei, N = watergat.

resultate van die besluitnemingsboom (figuur 2) wat temperatuur, hoogte bo seevlak en waterliggaamtipes, in hierdie volgorde, geselekteer het as die belangrikste van die ondersoekte faktore wat die voorkoms van *G. connollyi* in 'n spesifieke gebied bepaal het. Figuur 2 toon ook hoe hierdie spesie met die ander Mollusca in die databasis vergelyk het.

In 'n ondersoek na die filogenie van die familie Planorbinae, wat ook die genus *Gyraulus* insluit en die implikasies vir die evolusie van skistosoomparasiete, het dit duidelik na vore gekom dat hierdie genus nêrens 'n rol speel as tussengasheer vir enige van die *Schistosoma*-spesies nie.<sup>12</sup> Verteenwoordigers van die genus *Gyraulus* dien egter as eerste-tussengasheer vir *Echinostoma*-parasiete wat ook echinostomose by mense kan veroorsaak.<sup>1</sup> Alhoewel echinostomose tot dusver nog nie by mense in Afrika gediagnoseer is nie, spreek Malek<sup>13</sup> tog kommer uit oor die potensiaal wat daar vir infeksie bestaan, gesien in die lig van die wye verspreiding van die slakgenera *Gyraulus* en *Pila* wat onderskeidelik as eerste- en tweede-tussengasheer vir

*Echinostoma ilocanum*, 'n parasiet van die mens en ander soogdiërgashere in Suid-oois Asië, optree. In 'n ondersoek waartydens die geskiktheid van verskillende slakspesies as eerste- en tweede-tussengasheer vir *E. liei*, wat ook die mens kan besmet, geëvalueer is, is gevind dat *Physa acuta*, onder andere, hoogs verenigbaar as tweede-tussengasheer is.<sup>14</sup> Die feit dat King<sup>2</sup> bevestig het dat *G. connollyi* inderdaad echinostoom-serkarië onder natuurlike toestande kan afskei en dat *P. acuta* volgens die data in die NV wydverspreid in Suid-Afrika voorkom, versterk die rede tot kommer wat deur Malek<sup>13</sup> uitgespreek is. Daar is egter nie net negatiewe aspekte gekoppel aan die voorkoms van echinostoomparasiete nie. Trematoda-spesies wat tot die Echinostomatidae behoort, kan moontlik as biologiese beheeragente om transmissie van skistosome te bekamp, optree omdat hulle in staat mag wees om die slaktussengasheer te kastreer en die ontwikkeling van enige skistosoomlarwe wat teenwoordig mag wees, ernstig te versteur.<sup>15</sup>

## BEDANKINGS

Hiermee betuig ons ons opregte dank en waardering 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 statistiese verwerkings en prosessering van die data. Die finansiële steun van die Nasionale Navorsingstigting en die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus word met dank erken.

## SUMMARY

The genus *Gyraulus* has a worldwide distribution and is represented by two species, *G. connollyi* and *G. costulatus* in South Africa. While the latter species also occurs elsewhere in Africa, *G. connollyi* is unique to South Africa. *Gyraulus* species serve as first intermediate hosts of intestinal flukes of the genus *Echinostoma*, the cause of human echinostomosis in Asia, but this parasitic disease is still unknown in Africa. A study conducted over several seasons in the Mooi River (North West Province) revealed that specimens of *G. connollyi* shed three different types of cercariae on several occasions, including an echinostome cercaria.

This article focuses on the geographical distribution and habitats of this snail as reflected by data on record in the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa. Detail of the habitats, mean annual air temperature, rainfall and mean altitude of the loci ( $1/16$ th square degrees) in which the sampling sites were located, are statistically analysed and discussed in detail. The implications of the finding that *G. connollyi* can act as intermediate host for several helminth parasites, are briefly looked at.

Data pertaining to the habitats and geographical distribution of this species were extracted from the database of the NFSC. Only those samples for which the collection sites could be pinpointed on the 1:250 000 topo-cadastral map series of South Africa, were included in the analysis. The number of loci in which the collection sites were located, was distributed in intervals of mean annual rainfall, temperature, as well as intervals of mean altitude, to illustrate the frequency of occurrence in specific intervals. A temperature index was calculated for all mollusc species in the database from their frequencies of occurrence in the selected temperature intervals and the results used to rank them in order of association with low to high climatic temperatures.

Chi-square values were calculated to determine the significance of the difference between the frequency of occurrence in, on, or at the different options for each variable, such as type of water-body, type of substratum and temperature interval. Furthermore, an effect size was calculated for all the different variables discussed in this paper to investigate their influence on the geographical distribution of *G. connollyi*. The effect size is an index which measures the degree of discrepancy between the frequency distribution of a given species in the set of alternatives of a given variable such as water-bodies, as compared to the frequency distribution of all other mollusc species in the database in the set of alternatives of the same variable. Values for the effect size in the order of 0.5 or higher calculated for a given species for water-bodies, for instance, would indicate that water-bodies as such, should play an important role in determining its geographical distribution as reflected by the data in the database.

The data was also processed to construct an integrated decision tree, a statistical model that enables the selection and ranking of

those variables that can maximally discriminate between the frequency of occurrence of a given species under specific conditions as compared to all other species in the database.

The loci of the 969 samples of which the collection sites could be pinpointed are presented in a map. *Gyraulus connollyi* was reported from a wide diversity of water-bodies, but the largest number of samples was recovered from streams (38.8%) and the presence of aquatic plants was reported in 79.9% of the cases. The majority of samples were collected in habitats with perennial (64.9%) and slow-flowing water (36.7%) and respectively 66.5% and 73.3% of the samples, were collected in habitats with muddy and fresh water while a predominantly stony substratum was mentioned in 41.5% of the cases. Although the largest number of samples (777) fell within the temperature interval ranging from 15 – 20 °C, the 185 samples that fell within the temperature index ranging from 10 – 15 °C, represented 4.2% of all mollusc species in the database collected from localities that fell within this temperature index.

The genus *Gyraulus* most probably had its centre of origin in the western Palearctic and splitting of the stem species may have occurred as early as the Jurassic, from which snails identified as *Gyraulus* have been reported. When it was described as a new species in 1969, *G. connollyi* was reported from 211 different loci. The 969 samples currently on record in the NFSC were collected from 270 different loci, which include the 211 loci mentioned above.

The habitat of *G. connollyi* is described in literature as vegetation and stones in rivers and streams. This is corroborated to a great extent by the results of the current investigation which indicated that the majority of samples came from streams and rivers, that vegetation was associated with nearly 80% of the collection sites and that a stony substratum was reported for the majority of habitats.

Effect sizes considered as large, were calculated for type of water-body ( $w = 0.66$ ) and substratum ( $w = 0.53$ ) and moderate to large values for temperature ( $w = 0.46$ ), altitude ( $w = 0.45$ ) and water velocity ( $w = 0.42$ ), suggesting that these were the most important factors which had a significant influence on the geographical distribution of *G. connollyi* in South Africa. This conclusion is largely supported by the results of the decision tree analysis that selected temperature and altitude as the most important factors that could significantly determine the presence or absence of this species in a given area. A temperature index calculated for each species in the database ranked *G. connollyi* seventh out of 53 due to its association with low temperatures.

In a study investigating the phylogeny of the family Planorbidae, which includes the genus *Gyraulus* and its implications for evolution of schistosome parasites, it became clear that this genus is not implicated as intermediate host of any of the *Schistosoma* species anywhere in the world. However, representatives of the genus *Gyraulus* serve as first intermediate hosts of *Echinostoma* parasites that can also cause echinostomosis in humans. Although human echinostomosis is still unknown in Africa, the extensive geographical distribution of the snail genera *Gyraulus* and *Pila*, which respectively serve as first and second intermediate host for *Echinostoma ilocanum*, an intestinal parasite of humans and other mammalian hosts in South East Asia, is reason for concern. The fact that it was established that *G. connollyi* indeed shed echinostome cercaria under natural conditions in South Africa, is further reason for concern. However, there are also some positive aspects with regard to the presence of echinostome parasites: trematode species of the family Echinostomatidae may possibly serve as biological control agents to limit the transmission of

schistosomosis, because they could be able to castrate the snail intermediate hosts and could also disrupt the development of any schistosome larvae that may be present.

#### LITERATUURVERWYSINGS

1. Brown, D. S. (1994). *Freshwater snails of Africa and their medical importance*, revised 2<sup>nd</sup> edn. (Taylor & Francis, London).
2. King, P.H. (1988). 'n Ondersoek van die slakgeassosieerde trematode parasiete in die Mooirivier, Transvaal (Proefskrif, Randse Afrikaanse Universiteit).
3. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Bornman, M. (2003). Distribution and habitats of the snail *Lymnaea truncatula*, intermediate host of the liver fluke *Fasciola hepatica*, in South Africa, *Jl S. Afr. vet. Ass.*, 74,117-122.
4. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Bornman, M. (2004). Distribution and habitats of *Biomphalaria pfeifferi*, snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*, in South Africa, *Water SA*, 30, 29-36.
5. Cohen, J. (1977). *Power analysis for the behavior sciences*, revised edn. (Academic Press, Orlando).
6. Breiman, L., Friedman, J.H., Olsen, R.A., Stone, C.J. (1984). *Classification and Regression Trees*. (Chapman and Hall, London).
7. Potts, W.J.E. (1999). *Decision Tree Modeling Course Notes*. SAS Institute Inc. (Cary, USA).
8. Meier-Brook, C. (1984). A preliminary biogeography of freshwater pulmonate gastropods. In *World-wide snails. Biogeographical studies on non-marine Mollusca*, Solem, A., Van Bruggen, A.C. eds. (Brill, Leiden).
9. Brown, D.S., Van Eeden, J.A. (1969). The molluscan genus *Gyraulus* (Gastropoda: Planorbidae) in southern Africa, *Zool. J. Linn. Soc.*, 48, 305-331.
10. Harrison, A.D. (1965). Geographical distribution of riverine invertebrates in southern Africa, *Arch. Hydrobiol.* 61, 387-394.
11. Brown, D.S. (1978). Freshwater Molluscs. In *Biogeography and Ecology of Southern Africa*, Werger, M.J.A. ed. (Dr W Junk bv Publishers, The Hague).
12. Morgan, J.A.T., DeJong, R.J., Jung, Y., Khallaayoune, K., Kock, S., Mkoji, G.M., Loker, S. (2002). A phylogeny of planorbid snails, with implications for the evolution of *Schistosoma* parasites, *Molec. Phyl. Evol.* 25, 477-488.
13. Malek, E.A. (1980). *Snail-transmitted parasitic diseases*, vol. 2 (CRC Press, Boca Raton, Florida).
14. Combes, C. (1982). Trematodes: antagonism between species and sterilizing effects on snails in biological control, *Parasitol.* 84, 151-175.
15. Christensen, N.O., Frandsen, F., Roushdy, M.Z. (1980). The influence of environmental conditions and parasite-intermediate host-related factors on the transmission of *Echinostoma liei*, *Z. Parasitenkd.*, 64, 47-63.